

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE D'EL HARRACH (ALGER)  
المعهد الوطني للعلوم الفلاحية بالحرش (الجزائر)

## THESE

*Présentée en vue de l'obtention du*

DOCTORAT D'ETAT EN SCIENCES AGRONOMIQUES

# Les sols du complexe humide de l'Algérie Nord Orientale (Formation, Organisation et Evolution)

Par **BENSLAMA Mohamed**

Soutenue le .....2007

Devant le jury composé de :

**M. DAOUD Youcef (Professeur) : Président**  
**M. DJILI Kaddour (Professeur) : Directeur de thèse**  
**M. DRIDI Bachir (Maître de Conférence) : Examineur**  
**M. HAMDI AISSA Belhadj (Maître de Conférence) : Examineur**  
**M. KHALDI Abdelkader (Maître de Conférence) : Examineur**

## **REMERCIEMENTS**

J'aimerais remercier ici, un certain nombre de personnes qui, à des titres divers, ont contribué à ce travail.

Ma reconnaissance va tout d'abord au professeur **DJILI Kaddour** Professeur à l'Institut National Agronomique Alger qui a accepté de diriger et d'orienter ce modeste travail malgré ses nombreuses charges. Il m'a fait bénéficier de sa longue expérience. Je le remercie sincèrement de son soutien et de son amitié.

Mes vifs remerciements vont également à **M<sup>r</sup>: DAOUD Youcef** : Professeur à l'Institut National Agronomique Alger, qui par ses conseils et ses encouragements m'a beaucoup aidé à la finalisation de ce document. En plus de ses nombreuses charges, il a bien voulu accepter de présider ce jury. Qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance.

Que Monsieur **DRIDI Bachir**, Maître de conférence au Département de Sciences du sol à l'I.N.A. trouve l'expression de ma profonde gratitude car malgré ces préoccupations a accepté de juger ce travail.

Je remercie monsieur **HAMDI AISSA Bel hadj**, Maître de conférence à l'université de Ouagla d'avoir accepté de participer au jury de cette thèse malgré ses nombreuses occupations. Qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance.

Ma gratitude va également à monsieur **KHALDI Abdelkader**, Maître de conférence et Directeur du Centre Universitaire de Mascara qui a accepté, malgré ses nombreuses charges, de participer à ce jury, qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance.

Je suis redevable au défunt professeur **SEMADI Ammar** pour le rôle qu'il a joué tout au long des années passées dans son équipe de recherche.

Ma profonde gratitude à Monsieur De Beaulieu J.L. ancien directeur l'Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléocologie (IMEP) de Marseille et ancien directeur du Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie (LBHP) de m'avoir accueilli dans son équipe et de m'avoir accordé des moments de son précieux temps, qu'il trouve ici mes vifs remerciements ainsi qu'à toute l'équipe du centre.

Ma reconnaissance à Monsieur Reille Maurice Chercheur au Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie pour les enseignements sur l'identification du pollen, je le remercie également pour son cadeau (3Atlas pollinique ainsi que la collection de référence qu'ont rendu et continu de rendre plus qu'un service aux étudiants de la spécialité).

Un grand merci à toute l'équipe de palynologie de Marseille Ponel-Andrieu V. Frédéric Guibal, Anne,...etc.

Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé et encouragé au cours de ce travail. Ils sont nombreux a Annaba, El-kala, et Souk-Ahras particulièrement R. Djamaï et Y. Chabi

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude à tous mes étudiants et ils sont nombreux.

Que chacune et chacun trouvent ici l'expression de ma gratitude.

**SOMMAIRE**

**Introduction générale**

**1<sup>ère</sup> Partie : Formation et organisation des sols de complexe humides d'El-Kala**

**Chapitre I- GENERALITE SUR LES ZONES HUMIDES**

**1.1- Introduction et définition des zones humides**

**1.2- Typologies**

**1.3 Répartition des zones humides**

1.3.1 Dans le monde

1.3.2 En méditerranée

1.3.3 En Algérie

**1.4 Importance et fonction des zones humides**

1.4.1 Les fonctions écologiques

1.4.1.1 les fonctions hydrologiques

1.4.1.2 Les fonctions biologiques :

1.4.1.3 Les fonctions climatiques

1.4.2 Les valeurs ou services rendus

1.4.2.1 La ressource en eau

1.4.2.2 La prévention des risques naturels

1.4.2.3 La production des ressources biologiques

1.4.2.4 Les valeurs culturelles et touristiques

1.4.2.5 Les valeurs éducatives, scientifiques et patrimoniales

1.4.3 Les valeurs économiques des zones humides

1.4.4 Investissement dans la restauration des zones humides

1.4.5 Menace et dégradation des zones humides

Conclusion

**1.5 Caractéristiques pédologiques des grands types de zones humides**

1.5.1 Zones humides littorales méditerranéennes

1.5.2 Zones humides des plaines alluviales

1.5.3 Zones humides de montagne

1.5.4 Zones humides tourbeuses

1.5.5 Cas des sols alluviaux très filtrants

**1.6 - Typologie des zones humides Algérienne**

## **1.7- Les zones humides de la Numidie orientale**

### **Conclusion**

## **Chapitre II- Matériels et Méthodes**

### Introduction

#### 2.1-Typologie Géomorphologique des zones humides d'El-Kala

#### 2.2- La prospection et l'échantillonnage sur le terrain

#### 2.3- Méthodes d'analyse au laboratoire

##### 2.3.1- Analyse du sol

##### 2.3.2- La végétation

##### 2.3.3- l'eau

##### 2.3.4- la matière organique

##### 2.3.5- L'analyse pollinique

#### 2.4- Analyse des Résultats

## **Chapitre III- Cadre physiographique**

### 3.1. Situation géographique

### 3.2- Géologie

### 3.3- Lithologie

### 3.4- Géomorphologie

#### 4. 1- Les bassins intra montagnards

#### 4.2- la terminaison orientale de la plaine de la Bounamousa

### 3.5- Le Réseaux hydrographique

#### 5.1 L'ensemble d'El-Kala

#### 5.2. L'ensemble de l'Oued El-Kébir Est

#### 5.3. Les bassins du cordon dunaire

### 3.6- Le climat

#### 3.6.1- La pluviométrie

#### 3.6.2- Les températures

#### 3.6.3 - L'Humidité de l'air

#### 3.6.4- Les Vents

#### 3.6. 5 Autres composantes climatiques

#### 3.6.6- Synthèse bioclimatologique

#### 3.6.7- Le bilan hydrique

3.6.8- Conclusion

3.7- La Végétation

3.7.1- Les séries de végétation

3.7.2- les groupements écologiques

3.8- la couverture pédologique.

#### **CHAPITRE IV: Caractères morpho analytiques des sols du complexe humide d'El-Kala**

Introduction

4.1- La prospection et l'échantillonnage

4.2- description morpho analytique

4.2.1- Dépression inter dunaire

4.2.2- Zone de contact flysch Numidien/dune.

4.2.3- Zone de contact Plaine Alluviale/dune

4.2.4- Les dépressions Lacustre

4.2.4.1 Lac Mellah

4.2.4.2- Lac Oubeïra

4.2.4.3- Lac Tonga

4.5- Discussion et conclusion

**2<sup>ème</sup> partie Evolution des sols des zones humides**

**Chapitre I- Evolution des sols en milieu humide**

Introduction

- 1.1 Définitions
- 1.2. Conditions de formation
- 1.3- Evolution et répartition
- 1.4- Typologie des tourbières
- 1.5- La biocénose des tourbières
- 1.6-Intérêt de la tourbe et de la tourbière
- 1.7- Les tourbières et l'homme
- 1.8 Classification des tourbes

**Chapitre II- La végétation des zones humides**

Introduction:

- 2.1- la diversité spécifique du couvert végétale
- 2.2- La répartition écologique
- 2.3-L'origine biogéographique du couvert végétal du complexe humide d'El-kala

Conclusion

**Chapitre III- Caractéristique physico chimique des eaux du complexe humide d'El-Kala**

**Introduction**

- 3.1-Matériels et Méthodes :
- 3.2. Résultats et discussion
  - 3.2.1- Variation des paramètres physico-chimiques selon les deux périodes
  - 3.2.2-Les analyses statistiques des résultats
    - 2.2.2.1-L'analyse hiérarchique
    - 3.2.2.2-L'analyse en composantes principales (ACP)

Conclusion

**CHAPITRE IV- Caractérisation de la matière organique des sols des zones humides**

- 4.1 Généralité sur la matière organique du sol
- 4.2 Evolution de la matière organique
- 4.3- Les voies de transformation de la matière organique
- 4.4- Influence de la matière organique sur les propriétés du sol
- 4.5- Mode d'action de la matière organique sur la pédogenèse

- 4.6- Méthodes d'étude des composés humiques
- 4.7- Critères de choix des stations
- 4.8- Différentes fractions de la matière organique
- 4.9-Résultats et Commentaire
- 4.10- Discussion

## **CHAPITRE V- Etude pollen analyse des sols tourbeux.**

Introduction

5.1 Méthode d'échantillonnage

5.1.1 -Prélèvement en laboratoire

5.1.2- La méthode de traitement utiliser

5.2 - Etude Palynologique de cinq marais tourbeux

5.2.1 - Présentation des sites étudiés:

5.2 .2- Sondage et Stratification

5.2.3 - Lecture des diagrammes

5.3 - Discussion

Conclusion

*Conclusion générale*

*Références bibliographiques*

*Annexes*

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Relation type de zone humide indice d'hydromorphie des sols  
Tableau 2 : Influence du climat et du couvert végétal sur les caractéristiques des sols  
Tableau 3: Relation entre le type de sol, le régime hydrique et la nature du couvert végétal  
Tableau 4 : Les zones humides Algériennes d'importance internationale.....  
Tableau 5 : Estimation de la surface des sites humides du complexe d'El-kala.....  
Tableau 6 : Répartition de la surface tourbeuse dans les sites humides d'El-Kala.....  
Tableau 7 : Localisation des stations météorologiques utilisées.....  
Tableau 8 : Précipitations annuelles moyennes en mm .....  
Tableau 9 : Répartition saisonnière des pluies dans la région.....  
Tableau 10 : Températures moyennes mensuelles et annuelles.....  
Tableau 11 : Minima et maxima absolus de la température de la région, en °C.....  
Tableau 12 : Humidité relative de l'air dans la région d'étude .....  
Tableau 13 : Humidité de l'air journalière dans la station d'El-Kala.....  
Tableau 14 : Fréquence des vents au niveau de la station d'El-Kala.....  
Tableau 15- Grêle, gelée et siroco à El-Kala.....  
Tableau 16 : Coefficients pluviométriques d'Emberger.....  
Tableau 17 : Valeurs du quotient de sécheresse estivale d'Emberger  
Tableau 18 : Valeurs de Ig. selon la latitude des stations.....  
Tableau 19- Précipitation, Evapotranspiration et Drainage Climatique. dans la région  
Tableau 20 : distribution biogéographique des espèces inventoriées  
Tableau 21 : Principales Aulnaies du Complexe humide d'El-Kala  
Tableau 22 : Principales Ripisylves du Complexe humide d'El-Kala  
Tableau 23 : Répartition des profils décrits et les profils analysés dans les stations  
Tableau 24- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de  
Gareat Estah (G. Es).....  
Tableau 25- Caractères des analyses Physiques des profils de la station de  
Gareat Estah (G. Es).....  
Tableau 26- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de  
lac noir bassin 1(LNBI.....  
Tableau 27- Caractères des analyses Physiques des profils de la station de  
lac noir bassin 1(LNBI.....  
Tableau 28- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de  
lac noir bassin 2(LNB2.....  
Tableau 29- Caractères des analyses Physiques des profils de la station de  
lac noir bassin 2(LNB2.....  
Tableau 30- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de  
Lac bleu (LB).....  
Tableau 31- Caractères des analyses Physiques des profils de la station de  
Lac bleu (LB).....  
Tableau 32- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de  
Gareat El-Khoubzi (KH).....  
Tableau 33- Caractères des analyses Physiques des profils de la station de  
Gareat El-Khoubzi (KH).....  
Tableau 34- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de  
El-Gouriat- Okréra (GOK).....  
Tableau 35- Caractères des analyses Physiques des profils de la station de  
El-Gouriat- Okréra (GOK).....  
Tableau 36- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de  
Bourdim (Bour).....

---

Tableau 37- Caractères des analyses physiques des profils de la station de Bourdim (Bour).....

Tableau 38- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de Gareat El-Ouez (GO).....

Tableau 39- Caractères des analyses physiques des profils de la station de Gareat El-Ouez (GO).....

Tableau 40- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de Nechaa Righia (NR).....

Tableau 41- Caractères des analyses physiques des profils de la station de Nechaa Righia (NR).....

Tableau 42- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de Nechaa Oum El-Aguerreb.....

Tableau 43- Caractères des analyses physiques des profils de la station de Nechaa Oum El-Aguerreb.....

Tableau 44- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de Ain Kheiar (AK).....

Tableau 45- Caractères des analyses physiques des profils de la station de Ain Kheiar (AK).....

Tableau 46- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de Boumahacen (Bh).....

Tableau 47- Caractères des analyses physiques des profils de la station de Boumahacen (Bh).....

Tableau 48- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de l'Oued Erriguibet lac Mellah (OEM).....

Tableau 49- Caractères des analyses physiques des profils de la station de l'Oued Erriguibet lac Mellah (OEM).....

Tableau 50- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de l'Oued Bouaroug Le lac Mellah (OBM).....

Tableau 51- Caractères des analyses physiques des profils de la station de l'Oued Bouaroug Le lac Mellah (OBM).....

Tableau 52- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de l'Aulnaie de Boumilek Le lac Mellah (BOUM).....

Tableau 53- Caractères des analyses physiques des profils de la station de l'Aulnaie de Boumilek Le lac Mellah (BOUM).....

Tableau 54- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de OUED MESSIDA Ouest Lac Oubeïra .....

Tableau 55- Caractères des analyses physiques des profils de la station de OUED MESSIDA Ouest Lac Oubeïra .....

Tableau 56- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de BOUMERCHEN Lac Oubeïra (OB).....

Tableau 57- Caractères des analyses physiques des profils de la station de BOUMERCHEN Lac Oubeïra (OB).....

Tableau 58- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de Demnet Errihane (DE).....

Tableau 59- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de Demnet Errihane (DE).....

Tableau 60- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de delta de Oued El-Hout Lac Tonga .....

Tableau 61- Caractères des analyses physiques des profils de la station de delta de Oued El-Hout Lac Tonga .....

---

Tableau 62- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de Delta de Oued El-Eurg Lac Tonga.....

Tableau 63- Caractères des analyses physiques des profils de la station de Delta de Oued El-Eurg Lac Tonga .....

Tableau 64- Caractères des analyses physico- chimiques des profils de la station de l'Aulnaie de Tonga.....

Tableau 65- Caractères des analyses physiques des profils de la station de l'Aulnaie de Tonga.....

Tableau 66 : résultats statistiques des paramètres étudiés

Tableau 67 : Résultats des tests de comparaison des moyennes

Tableau 68- Fractionnement du carbone organique des sols du lac Noir .....

Tableau 69- Fractionnement du carbone organique des sols du marais de Bourdim...

Tableau 70 - Fractionnement du carbone organique des sols de la Nechaa Righia ....

Tableau 71- Fractionnement du carbone organique des sols de l'Aulnaie du Lac Tonga

**Liste des figures**

- Figure1: Schéma de relations entre les critères de caractérisation des zones humides
- Figure2 : Les étapes de formations d'une tourbière
- Figure3 : Typologie des tourbières
- Figure4 : Situation du complexe humide d'El-Kala
- Figure5 : Répartition des sites humides du complexe d'El-Kala
- Figure6 : Formations géologiques du Nord Est algérien
- Figure7 : Organisation des bassins intra montagnards
- Figure8 : Organisation du réseau hydrographique du complexe humide d'El-Kala.
- Figure9 : Réseau hydrographique de l'ensemble d'El-Kala
- Figure10: Réseau hydrographique de l'Oued El-Kébir et les bassins du cordon dunaire
- Figure11: Diagrammes ombrothermiques des stations étudiées
- Figure12: Dépression interdunaire
- Figure13: Contact Dune côtière et Grès et argile de Numidie
- Figure14: Contact entre Dune et plaine argileuse.
- Figure15: Dépression lacustre
- Figure16- Triangle texturale des différents horizons des sols étudiés
- Figure17- Distribution des composantes de la texture dans les différents Horizons
- Figure18- Distribution des composante physico chimique des sols.
- Figure19- Distribution des propriétés chimiques des sols.
- Figure20- Carte de répartition des zones d'échantillonnage
- Figure 21- Analyse hiérarchique (période sèche).
- Figure 22- Analyse hiérarchique (période humide)
- Figure 23- Analyse en composante principale (ACP) plan 1-2 (période sèche)
- Figure 24- Analyse en composante principale (ACP) plan 1-2 (période humide)
- Figure 25- Variation du résidu sec en fonction des périodes
- Figure 26- Variation de l'extrait sec en fonction des périodes
- Figure 27- Teneurs des eaux en Calcium en hiver et en été
- Figure28- Teneurs des eaux en Magnésium en hiver et en été
- Figure 29- Teneurs des eaux en Sodium en hiver et en été
- Figure 30- Teneurs des eaux en Potassium en hiver et en été
- Figure 31- Teneurs des eaux en phosphates en hiver et en été
- Figure32- Teneurs des eaux en Bicarbonates en hiver et en été
- Figure 33- Teneurs des eaux en sulfates en hiver et en été

- Figure 34- Teneurs des eaux en chlorures en hiver et en été
- Figure 35- pH des eaux en hiver et en été
- Figure36- Conductivité électrique des eaux en hiver et en été
- Figure37- Schéma de l'évolution de la matière organique fraîche .
- Figure38- Schéma de la méthode d'extraction des composés humiques.
- Figure39- Fractionnement du carbone organique des sols du lac noir..
- Figure 40- Fractionnement du carbone organique des sols du marais de Bourdim
- Figure 41- Fractionnement du carbone organique des sols de la Nechaa Righia
- Figure 42- Fractionnement du carbone organique des sols de l'Aulnaie du Lac Tonga
- Figure 43- Les Etapes de l'étude du pollen (du prélèvement au diagramme)
- Figure44- Diagramme pollinique du Lac Noir.
- Figure45- Diagramme pollinique de la Nechaa Righia
- Figure46 - Diagramme pollinique du Marais de Bourdim.
- Figure47- Diagramme pollinique du Marais de Gareat El-Ouez
- Figure48- Diagramme pollinique de l'Aulnaie du Lac Tonga.

**Liste des photos**

**Photo 1-** succession des sols dans les dépressions humides du nord Est Algérien.....

**Photo 2-** succession de sols dans la zone de contact plaie argileuse – dune.....

**Photo 3-** Succession de la dune /dépression /des grès et argiles de Numidie.....

**Photos 4-** les éco complexes des trois lacs.....

**Photos 5-** Quelques profils de la zone.....

**Photos 6-** carottier Russe et carotte tourbeuse de 60cm de longueur

# Introduction générale

## **Introduction générale**

L'extrême nord-est de l'Algérie fait partie d'un ensemble de paysages dont les étages bioclimatiques s'étendent du sub-humide à l'humide et qui sont générateurs de nuances éco systémiques (DE BELAIR, 1990). Cet ensemble est connu pour l'importance de ses formations forestières qui sont liées à la présence d'un substratum géologique d'origine acide et d'un climat doux et humide. Ce territoire chevauche un ensemble important d'unités physiques opposant en général un relief de montagne et de basses plaines marécageuses (Benyacoub et Chabi, 2000).

La variabilité climatique, hydrologique et géologique est à l'origine d'une grande diversité des milieux naturels. En effet, cette région est la plus riche d'Algérie par ses biotopes terrestres et aquatiques, abritant une faune et une flore très diversifiées.

Par ailleurs l'un des aspects les plus étonnant de cette région réside dans la présence de populations animales et végétales reliques d'origines biogéographiques fort différentes. En effet, on y rencontre des espèces européennes, orientales, atlantiques et même tropicales, espèces apparemment liées aux multiples zones humides connues actuellement sous le nom du « complexe humide d'El-Kala ».

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

Les sols tourbeux se caractérisent par la présence d'une couche organique d'au moins 30 cm d'épaisseur résultant de l'accumulations de débris organiques plus ou moins décomposés provenant généralement d'une végétation dense et variée. Pour des raisons diverses, la matière organique ne se décompose pas ou très peu et s'accumule dans le profil (Real, 1982 ; sieffermann, 1988 ; Muller, 1990 ; Julve, 1994). La genèse des sols tourbeux est donc liée à une mauvaise décomposition ou à une décomposition partielle des débris organiques qui retournent au sol (Levesque et al, 1980). Il résulte de cette accumulation un sol organique pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseurs (Duchaufour, 1977), sol développé et entretenu par des conditions particulières liées souvent au climat et aux conditions stationnelles (Julve, 1994).

Deux conditions sont nécessaires à la genèse et à l'entretien d'une tourbière. D'abord, il faut que le taux de production de matière organique doit rester supérieure à son taux de décomposition, autrement dit, il faut que les apports soient supérieurs aux pertes. Ensuite, il faut que le sol demeure suffisamment saturé suite à une stagnation temporaire ou permanente d'eau (Sieffermann, 1988). Il s'agit, en fait, de deux bilans excédentaires, celui de la matière organique et celui de l'eau.

L'eau reste le facteur le plus déterminant dans la genèse des tourbes et du développement des tourbières, car elle permet la croissance des plantes aquatiques et inhibe toute activité biologique ayant pour but la dégradation de la matière organique (Buttler 1992). Seule une altération physico-chimique peut être observée sur les débris organiques accumulés, mais cette altération reste réduite à sa plus simple expression (Franzén.2006 ; Julve, 1994). La quantité d'eau peut être maintenue constante dans les climats à pluviosité forte et régulière (influences atlantique) et des régions de montagnes (Ramade, 1981 ; Blanc, 1987) d'une part et, d'autre part, quand le sous sol est imperméable et le relief susceptible de retenir les eaux

de ruissellement ou de pluie (Cuvettes naturelles, dépressions glaciaires, vallées des plaines alluvionnaires) (Real, 1982).

Les eaux des tourbières sont souvent acides d'où la réduction de l'activité bactérienne malgré que certaines d'entre elles résistent et se développent même dans les tourbières très acides. Par ailleurs, la présence de certaines mousses du genre *Sphagnum* produit des substances inhibitrices de l'activité biologique (Goubet et al, 2006). La présence continue de l'eau a un effet de constante thermique à cause d'une végétation toujours gorgée d'eau (Sphaigne) dont l'eau s'évapore continuellement provoquant ainsi une baisse de température de l'eau de la tourbière assurant ainsi un microclimat spécifique (Ramade, 1981 ; Wastiaux, c., 2000).

Les sols caractéristiques de ces écosystèmes manifestent une évolution qui échappe à l'influence du climat méditerranéen à saisons contrastées. Ils renferment des traces d'un ancien climat probablement plus humide. C'est pourquoi, la présence de formations tourbeuses sous notre climat est une véritable curiosité pour les scientifiques (Gobat, 1992).

Dans le monde, de nombreux travaux sur les zones humides ont porté essentiellement sur la faune et la flore de ces milieux mais aussi sur l'organisation et le fonctionnement de leurs sols et tourbières (fonctionnement hydrologique, fonctionnement écologique et paléo écologique) (Julve, 1997, Manneville, 2007).

En Algérie, les travaux sur les zones humides ont été orientés exclusivement vers l'étude de la biodiversité faunistique et floristique, aucune recherche n'ayant été menée sur les sols de ces milieux malgré leur importance et spécificité. Les travaux de pédologie antérieurs sont rares et disparates et se résument à des études ponctuelles ou cartographiques à petites échelles, la pédogenèse et le fonctionnement physico-chimique et hydrique de ces sols ayant été peu ou pas abordé. Sur la base des travaux de Joleaud (1936), Durand (1954), Marre (1987), De Belaire (1990), Benslama, (1993), Benslama et al, (1997) et Benslama et al (2004), il s'avère les sols hydromorphes et les tourbes sont les sols typiques de ce milieu humide. Les sols hydromorphes se développent en condition d'anaérobiose liée à l'inondation ou à la saturation temporaire. Ils se situent généralement au fond des cuvettes mal drainées là où la nappe phréatique est poche de la surface. Les sols tourbeux, quant à eux, se développent dans les tourbières où ils prospèrent grâce à un certaines plantes de types carex, laïches, sphaignes, etc. Ces plantes poussent sur une litière qui s'accumule sans subir de transformations pédogénétiques car les conditions pédoclimatiques, l'absence d'oxygène et l'acidité de l'eau empêchent le développement des microorganismes décomposeurs. De cette manière, l'accumulation de cette litière dans l'eau produit de la tourbe.

En Algérie les milieux humides sont identifiés essentiellement sur la base des formes géomorphologiques, de la quantité d'eau et la nature du couvert végétal. Le sol, quant à lui, est réduit à une constatation sommaire comme étant un sol hydromorphe plus au moins riche en matière organique. Aussi, l'un des objectifs de cette recherche est de mettre en évidence la spécificité des sols qui s'y développent ou qui y survivent dans des conditions souvent différentes des conditions initiales de leurs formations dans le complexe humide d'El-Kala.

L'inventaire des sols et leur morphogénèse et évolution dans ces milieux nécessite une typologie des milieux humides basée sur des critères géomorphologiques et de caractérisation du couvert végétal et de la qualité des eaux qui les alimentent. Par ailleurs, on sait que les sols tourbeux conservent les indices d'évolution progressive ou régressive du climat, de la végétation et de l'action de l'homme. C'est pourquoi une caractérisation de la matière organique et une analyse palynologique s'avèrent très utiles dans ce genre d'étude.

Pour ce faire, la démarche adoptée pour réaliser ce travail s'articule autour de deux grandes parties. La première partie est réservée à la présentation du contexte naturel de formation des sols du complexe humide d'El-Kala en analysant d'une manière détaillée les

facteurs de formation des sols et leur organisation verticale et horizontale. C'est aussi dans cette partie que sera présentée la méthodologie adoptée pour cette recherche.

Dans la deuxième partie nous aborderons l'évolution des sols organiques en s'appuyant sur la nature du couvert végétal et sur la qualité de l'eau comme facteurs externe et sur l'évolution de la matière organique et l'analyse pollinique comme indicateur de la dynamique évolutive dans le temps et dans l'espace de ces types de sols. Nous concluons ce travail par une discussion et conclusion générale.

1<sup>ère</sup> partie

Formation et Organisation  
Des sols du complexe humide  
d'El-kala

***Chapitre I-  
Généralités sur les zones humides***

### 1.1- Les zones humides

Les zones humides sont considérées parmi les ressources naturelles les plus précieuses de la planète. Sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle, elles arrivent en seconde position après les forêts tropicales (Pears *et al.*, 1994). L'inscription des zones humides dans un espace à trois dimensions (temps, espace, profondeur) pose de réelles difficultés dans l'élaboration d'une définition englobante. En outre, pris dans son ensemble, chaque objet zone humide se révèle « comme une fine mosaïque de milieux interactifs » (Sajaloli, 1994 ; Quinly et Rechfort, 2003).

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) en a recensé plus d'une cinquantaine - et une relative difficulté à leur appliquer une définition unique. L'une des caractéristiques des zones humides à l'origine de cette complexité est leur localisation "entre terre et eau" qui leur confère le statut d'interface entre un milieu aquatique et un milieu terrestre. Il est donc 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. De même, 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.

La définition des zones humides a évolué en fonction de l'état d'évolution des concepts du à l'acquisition d'informations précises et à la prise de conscience vis à vis de ces milieux très fragiles (Laplace dolonde,1996) (définition de la Conférence Internationale des Saintes-Maries-de-la-mer, 1964 ; définition de la Convention de Ramsar, 1971 ; Définition de Jouanin, in Penn ar Bed, 1979 ; Définition de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) et de ses ressources, 1973 ; définition du groupe «zones humides» du Programme Biologique International MAB UNESCO, 1974 ; Définition de l'UNESCO (PBI, 1975) ; définition du Canadian Wetland Registry, 1979 ; définition du service de la conservation de la nature européen, 1979 ; définition de Manaud et Monbet, 1980 ; Dictionnaire essentiel d'écologie (Touffet, 1982 ; définition du Comité Canadien de Classification Ecologique, 1987 ; définition scientifique française de Barnaud *et al.*, 1990 ; définition de la Loi sur l'eau du 3 janvier 1992 (Bernard,1994); définition du dictionnaire encyclopédique de l'écologie (Ramade, 1993).

A titre de comparaison, nous présentons l'une des premières définitions (définition de la Conférence Internationale des Saintes-Maries-de-la-mer, 1964) et la définition scientifique française de Barnaud *et al.* (1990) in Barnaud (1998) que nous estimons être très explicites.

- Définition de la Conférence Internationale des Saintes-Maries-de-la-mer (1964) : Sont considérées comme zones humides «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 scientifique française de Barnaud *et al.*, 1990 in Barnaud (1998): «Les zones humides se caractérisent par la présence permanente ou temporaire, en surface ou à faible profondeur dans le sol, d'eau disponible douce, saumâtre ou salée. Souvent en position d'interface, de transition, entre milieux

terrestres et aquatiques proprement dits, elles se distinguent par une faible profondeur d'eau, des sols hydromorphes ou non évolués, et/ou une végétation dominante composée de plantes hygrophiles au moins pendant une partie de l'année. Enfin, elles nourrissent et/ou abritent de façon continue ou momentanée des espèces animales inféodées à ces espaces. Les zones humides correspondent aux marais, marécages, fondrières, fagnes, pannes, roselières, tourbières, prairies humides, marais agricoles, landes et bois marécageux, forêts alluviales et ripisylves marécageuses, mares y compris les temporaires, étangs, bras-morts, grèves à émerision saisonnière, vasières, lagunes, prés-salés, marais salicoles, sansouires, rizières, mangroves, etc. Elles se trouvent en lisière de sources, de ruisseaux, de fleuves, de lacs, en bordure de mer, de baies et d'estuaires, dans les deltas, dans les dépressions de vallée ou dans les zones de suintement à flanc de collines.»

## 1.2- Typologies

La forte diversité des états de transition entre la terre et l'eau et l'ancienneté et la permanence des actions anthropiques dans les espaces humides rendent extrêmement complexes les démarches d'analyses préalables à des interventions. L'insertion des zones humides dans des continuums spatio-temporels très dynamiques rentre dans ces difficultés.

Sur la base de cette approche méthodique, Barnaud (1998) distinguent deux ensembles :

- L'un, regroupant les opérations d'identification, envisage tour à tour les questions de **définition** (où est-on en zone humide ?) de **classification** (typologie) et d'**inventaire** (repérage, délimitation, cartographie).
- L'autre, permettant de les évaluer, fait le constat de leur **état**, de leurs **fonctions** et de leurs **valeurs**.

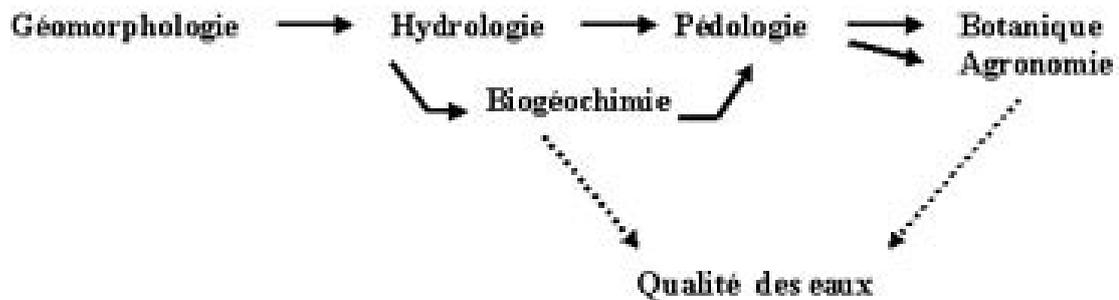
Ce positionnement rend nécessaire de considérer au même niveau les deux valeurs des zones humides : patrimoniale (biodiversité...) et fonctionnelles (rôles...) (Leclerc, 1999). Barnaud (1998) considère qu'une bonne typologie doit être « hiérarchisée, cohérente, flexible, ouverte, compatible, simple, claire – surtout du point de vue de la terminologie - détaillée si possible, compréhensive, couvrir tous les types de zones humides, intégrer les caractères abiotiques et être utilisable dans un système d'information géographique ».

L'utilisation de typologies de référence permet d'établir des ponts entre les différents inventaires et donc en principe, de pouvoir établir des comparaisons et des synthèses sur les zones humides. Les principales typologies normalisées employées sont :

- **Ramsar** (cf. Annexe I) : Elle a pour objectif de créer un cadre large pour permettre une identification rapide des principaux habitats de zones humides représentés dans chaque site désigné Ramsar (Frazier, 1999)
- **Corine-Biotopes et les versions améliorées EUR15 et EUNIS** (cf. Annexe II) : L'objectif est d'identifier tous les groupements majeurs dont la présence contribue à l'évaluation de l'importance d'un site en matière de conservation. Cette typologie est adoptée par la directive «Habitats» à l'échelle de l'union européenne. (Barnaud, 1998)
- **SDAGE/SAGE** (cf. Annexe III) : La typologie SDAGE/SAGE établie par le Muséum National d'Histoire Naturelle (Mareau, 2003) est axée sur des objectifs de gestion des ressources en eau. Selon Barnaud (1998), la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 impose une planification systématique et obligatoire de toutes les ressources en eau par la création des SDAGE et des SAGE.

– **Med/Wet (cf. Annexe IV) :** 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).

Ces typologies recouvrent un vaste ensemble de zones humides qui implique parfois des regroupements selon le schéma suivant (figure1).



**Figure1:** Schéma de relations entre les critères de caractérisation des zones humides (Mérot , 2000).

### 1.3 Répartition des zones humides

**1.3.1 Dans le monde :** Les zones humides sont des écosystèmes complexes, elles représentent 6 % environ de la surface du globe, soit approximativement 9 000 000 km<sup>2</sup> (Maurin et al, 1998). Elles sont le produit de processus écologiques, hydrologiques et climatiques auquel s'est associée l'action des organismes vivants, y compris celle de l'homme. Elles se rencontrent partout, sous tous les climats et dans tous les pays.

**1.3.2 En méditerranée :** Les zones humides méditerranéennes sont principalement côtières et se situent à faible altitude. L'estimation de leurs superficies est controversée (Allaoua, 1997). Les diverses définitions de ces territoires ouvrent la porte à de nombreuses interprétations, en particulier les superficies couvertes par les chotts et sebkhas inondées, ainsi que par les retenues d'eau artificielles ou barrages remaniés ou créés par l'homme. Le déficit d'information est dû essentiellement au fait que les différents travaux en la matière se sont basés sur des données de cartes déjà existantes plutôt que sur un travail de prospection de terrain (Pearce et Crivelli ,1994). Malgré ces lacunes, on peut raisonnablement estimer que les régions méditerranéennes disposent de près de 28 500 km<sup>2</sup> de zones humides constitués de 6 500 km<sup>2</sup> de lagune côtière, 12 000 km<sup>2</sup> de lacs et marais naturels et jusqu'à 10 000 km<sup>2</sup> de zones humides composées essentiellement de lacs et de barrages à l'intérieur des terres (Allaoua, 1997).

**1.3.3 En Algérie :** La position géographique de l'Algérie, sa configuration physique et la diversité de son climat lui confèrent une importante richesse de zones humides. Sa configuration physique se traduit globalement par une zonation latitudinale caractérisée par l'existence de plusieurs types de climats sur lesquelles l'influence méditerranéenne s'atténue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer. Cette diversité de climat a engendré une grande diversité d'écosystèmes de zones humides. Ainsi, la partie nord-est de l'Algérie, la plus arrosée, renferme un complexe lacustre particulièrement important, le complexe d'El Kala. La frange nord-ouest soumise à un régime pluviométrique moins important se caractérise surtout

par des plans d'eau salée tels que les marais de la Macta et la sebkha d'Oran. Dans les hautes plaines steppiques, on rencontre principalement des chotts et des sebkhas. Ce sont des lacs continentaux salés de très faible profondeur qui se sont formés au pléistocène et s'étendent sur de très grandes superficies en centaines de km carré, tels que les chotts El Hodna, Chergui et Melghir. Le Sahara renferme lui aussi de nombreuses zones humides artificielles représentées par les oasis. Les massifs montagneux de l'Ahaggar et du Tassili renferment dans leur réseau hydrographique de nombreuses zones humides permanentes appelées Guelta qui témoignent encore d'une période humide du Sahara.

#### **1.4 Importance et fonction des zones humides**

Trop souvent, le rôle multifonctionnel et l'interdépendance des zones humides n'ont été constatés et compris qu'après leur destruction (Acherar et Vilaret., 2000). 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 (Bec, 1999).

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 fournissent. Il est alors possible de distinguer :

- Les fonctions remplies par ces milieux, déduites directement de leurs caractéristiques et de leurs fonctionnements écologiques;
- Les valeurs ou services rendus, estimés par les avantages économiques et culturels (exploitation des ressources agricoles, halieutiques, cynégétiques; régulation des régimes hydrologiques et de la qualité de l'eau; loisirs, etc.) retirés par les populations locales et plus largement par la société.

**1.4.1. Les fonctions écologiques :** On distingue les fonction hydrologiques, les fonctions biologiques et les fonction climatiques.

a- Les 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 et la rétention des matières en suspension...
- filtre biologique car elles sont aussi le siège privilégié de dégradations biochimiques (grâce notamment aux bactéries), de désinfection par destruction des germes pathogènes grâce aux ultraviolets, d'absorption et de stockage par les végétaux, de substances indésirables ou polluantes tels que les nitrates (dénitrification) et les phosphates à l'origine de l'eutrophisation des milieux aquatiques, de certains pesticides et métaux.

Elles ont aussi un rôle déterminant dans la régulation des régimes hydrologiques. Le comportement des zones humides à l'échelle d'un bassin versant peut être assimilé à celui d'une éponge (Chambaud et Oberti, 2003). Lorsqu'elles ne sont pas saturées en eau, les zones humides retardent globalement le ruissellement des eaux de pluies et le transfert immédiat des eaux superficielles vers les fleuves et les rivières situés en aval. Elles "absorbent" momentanément l'excès d'eau puis le restituent progressivement lors des périodes de sécheresse. Ce faisant, elles diminuent l'intensité des crues et soutiennent les débits des cours d'eau en période d'étiage. Certaines d'entre elles participent à l'alimentation en eau des nappes phréatiques superficielles (Chabrol et Grajon, 2002).

b- Les fonctions biologiques : Les zones humides constituent un réservoir de biodiversité ou diversité biologique. Elles assument dans leur globalité les différentes fonctions essentielles à la vie des organismes qui y sont inféodés (Chambaud et al, 2003) :

– fonction d'alimentation : découlant de la richesse et de la concentration en éléments nutritifs observés dans ces zones, les marais assurent ainsi une mise à disposition de ressources alimentaires pour de nombreuses espèces animales localement et à distance par exportation de matière organique,

– fonction de reproduction : la présence de ressources alimentaires variées et la diversité des habitats constituent des éléments essentiels conditionnant la reproduction des organismes vivants,

– fonction d'abri, de refuge et de repos, notamment pour les poissons et les oiseaux. Ces fonctions biologiques confèrent aux zones humides une extraordinaire capacité à produire de la matière vivante; elles se caractérisent ainsi par une productivité biologique nettement plus élevée que les autres milieux (Ferrez et Carteron, 2004).

c- Les 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 (Mareau, 2003).

**1.4.2 Les valeurs ou services rendus :** La présence de zones humides en bon état de fonctionnement écologique assure aux populations locales un certain nombre de bénéfices par l'exploitation de diverses ressources produites ou entretenues sur ces territoires et par des usages en relation avec leurs valeurs. Ainsi, le concept d'utilisation rationnelle des zones humides développé dans le cadre de la convention de Ramsar (Frazier, 1999) dans le but de faire comprendre l'utilité de conserver ces milieux au profit du plus grand nombre fut élaboré dans ce sens (Ferrez et Carteron, 2004).

a- La ressource en eau : Les zones humides constituent avant tout un des éléments importants de la gestion qualitative et quantitative sur le moyen terme de la ressource en eau grâce à leurs fonctions hydrologiques. A ce titre, elles remplissent un rôle socio-économique indéniable en participant à l'alimentation en eau potable pour la consommation humaine et aux besoins liés aux activités agricoles et industrielles.

b- La prévention des risques naturels : Les fonctions hydrologiques contribuent également à la prévention contre les inondations. Ainsi, en période de crue, les zones humides des plaines inondables jouent le rôle de réservoir naturel. Inversement, le rôle de réservoir et l'influence des zones humides sur le microclimat permettent de limiter l'intensité des effets de sécheresses prononcées (soutien des débits d'étiage, augmentation de l'humidité atmosphérique). Elles jouent aussi un rôle dans la stabilisation et la protection des sols. Ainsi, la végétation des zones humides adaptée à ce type de milieu fixe les berges, les rivages, et participe ainsi à la protection des terres contre l'érosion.

c- La production des ressources biologiques : La forte productivité biologique qui caractérise les zones humides est à l'origine d'une importante production agricole (herbage, pâturage, élevage, rizières, cressonnières, exploitation forestière, roseaux...), piscicole (pêches, piscicultures) et conchylicole (moules, huîtres...) dont les répercussions financières peuvent être considérables (Maurin et al, 1998).

d- Les valeurs culturelles et touristiques : Les zones humides font en effet parti du patrimoine paysager et culturel. Elles forment en quelque sorte la vitrine d'une région et contribuent à l'image de marque de celle-ci. Elles sont aussi le support d'activités touristiques ou récréatives socialement et économiquement importantes.

e- Les valeurs éducatives, scientifiques et patrimoniales : L'exubérance des manifestations biologiques des zones humides constitue un excellent support pédagogique pour faire prendre conscience de la diversité, de la dynamique et du fonctionnement des écosystèmes. Les opérations de sensibilisation et d'information sont essentielles pour la prise de conscience des enjeux économiques et écologiques de ces milieux.

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.

Enfin, l'ensemble de ces propriétés attribue aux zones humides une valeur patrimoniale reconnue à l'échelle mondiale dans le cadre de la convention de Ramsar (Ecosphère, 2001)

**1.4.3 Les valeurs économiques des zones humides :** Les ressources naturelles liées aux zones humides conditionnent l'exercice d'activités économiques des secteurs primaire (agriculture, élevage, production et distribution d'eau), secondaire (consommation d'eau dans l'industrie) ou tertiaire centré sur les loisirs et le plein air et la consommation d'eau potable (Ecosphère, 2001). Ces dernières années, on assiste à l'augmentation du tourisme "vert", dépendant en grande partie des richesses naturelles locales (Ecosphère, 2001).

**1.4.4 Investissement dans la restauration des zones humides :** Vouloir investir aujourd'hui dans la restauration et la préservation des zones humides, c'est vouloir pérenniser l'utilisation des ressources et des services qui s'y rapportent, dans le cadre d'un développement économique respectueux de l'environnement. Dans cette optique, de nombreux pays restaurent ou réhabilitent des zones humides préalablement drainées et polluées.

**1.4.5 Menaces et dégradation des zones humides :** Selon Mérot (2000), les diverses menaces qui peuvent porter atteinte à l'intégrité et au bon fonctionnement des zones humides sont la modification de la superficie de la zone humide (destruction physique), la perturbation des conditions d'alimentation en eau (drainage, assainissement, modification du bassin versant...), l'exploitation non durable des produits de la zone humide, l'introduction d'espèce exogène, le changement dû aux actions de gestion et restauration et le 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, la modification de l'une de ses composantes peut perturber le système écologique dans son ensemble. 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.

## **1.5 Caractéristiques pédologiques des grands types de zones humides**

**1.5.1 Zones humides littorales méditerranéennes :** Les sols des zones humides littorales (prés salés, sansouires, lagunes, scirpaies, jonçaias,...) se caractérisent par des accumulations de sels sous formes de chlorures, de sulfates ou carbonates. Ces sols salés ou halomorphes résultent de la submersion périodique par les eaux marines (cas des lidos submersibles) ou de la faible profondeur de la nappe phréatique salée (cas des basses plaines).

Servant (1975) distingue en région méditerranéenne plusieurs types de sol dont les deux principaux sont les sols salins ou solontchaks et les sols salés à alcali. Les sols salins ou solontchaks sont généralement proches de la mer et présentent une forte salinité et un profil peu différencié. Ils sont colonisés par des espèces d'halophytes du genre *Salicornia*, *Arthrocnemum*, *Obione*, *Statice*, *Suaeda*, *Frankenia*, etc. Par contre, les sols salés à alcali ont une salinité moins importante. Les contraintes liées aux sels étant moins fortes, ils peuvent être colonisés par plusieurs groupes d'espèces.

Par ailleurs, l'hydromorphie est l'une des principales caractéristiques des sols des zones humides. Le tableau 1 résume les indices d'hydromorphie observés dans le sol des principaux types de zones humides littorales.

Tableau 1: Relation type de zone humide indice d'hydromorphie des sols

Type de zone humide	Indices d'hydromorphie observés
Enganes à <i>Salicornia fruticosa</i> <i>Arthrocnemum glaucum</i>	Taches de gley dès la surface de couleur bleu gris Efflorescences blanches liées aux dépôts de sels
Phragmitaies à <i>Phragmites australis</i> Scirpaies à <i>Scirpus maritimus</i>	Couleur grise dans tout le profil marquant une saturation plus longue que les enganes, l'hydromorphie est accentuée
Prés salés humides à submersion périodique à <i>Juncus subulatus</i> et <i>Aeluropus littoralis</i>	Taches d'hydromorphie dans tout le profil couleur gris-brun
Prés salés à submersion accidentelle à <i>Alopecurus bulbosus</i> et <i>Aster squamatus</i>	La marque d'hydromorphie n'apparaît qu'en profondeur vers 25 à 30 cm ou plus, indiquée par une couleur ocre (sulfate de fer)

**1.5.2 Zones humides des plaines alluviales :** Ces zones humides, alimentées par la nappe souterraine, se caractérisent par des sols à gley dans les plaines alluviales où les oscillations de la nappe sont faibles. Dans ce cas, la nappe est très réductrice et le fer peu mobile s'accumule en bas du profil donnant une couleur caractéristique verdâtre ou bleuâtre (gley réduit). On peut y trouver également des sols alluviaux à gley ou pseudo-gley dans les zones où la nappe subit de fortes oscillations et quand elle est peu réductrice. Dans ce cas, l'horizon à gley n'est pas de couleur uniforme et la ré-oxydation du fer donne des taches de couleur rouille. Les caractéristiques de l'hydromorphie sont moins évidentes dans ces sols puisqu'ils forment une transition entre les sols hydromorphes et les sols alluviaux non hydromorphes.

**1.5.3 Zones humides de montagne :** En montagne, l'hydromorphie du sol est favorisée par le climat froid et humide (précipitations importantes, ETP faible, basses températures) en milieu peu drainant à cause de la nature du sol (argiles, ...) et/ou de la topographie (dépressions, combes, ...). Ces conditions où se combinent froid et humidité sont à l'origine de l'existence de nappes superficielles et de la faible décomposition de la matière organique (Duchaufour, 1977). Le Tableau 2 résume l'effet combiné de ces facteurs et définit les caractéristiques des milieux humides de montagne.

Tableau 2 : Influence du climat et l'étage de végétation sur les caractéristiques des sols

Etage bioclimatique	Exemples de végétation	Caractéristiques
Etage alpin	Combes à neige Pelouses alpines	Stagno-gley initial : ségrégation du fer incomplète. Taches rouille sur fond beige
Sub-alpin ou Montagnard supérieur	Forêts subalpines à Sphagnum Landes humides	Stagno-gley podzolique : réduction et élimination complète du fer. Décoloration complète. Pas de concrétions ni d'horizon d'accumulation du fer
Montagnard moyen	Landes humides Pelouses dégradées à Molinia coerulea	Stagno-gley modal. Réduction et élimination complète du fer. Décoloration complète.

(Duchaufour, 1977).

**1.5.4 Zones humides tourbeuses :** Ce type de zone humide peut se rencontrer aussi bien dans l'étage alpin que sub-alpin ou montagnard. Dans ce cas, les indices de l'hydromorphie du sol sont plus faciles à mettre en évidence puisque les sols se caractérisent par des dépôts de matières organiques (histosols) dont la hauteur varie de 0,3/0,5 m à plusieurs mètres. Le tableau 3 indique la relation entre le type de sol, le régime hydrique et la nature du couvert végétal....

Tableau3: Relation entre le type de sol, le régime hydrique et la nature du couvert végétal

Type de formation	Régime hydrologique	Type de sol
Prairies à <i>Deschampia cespitosa</i>	Nappe phréatique (0,5 à 1m) Submersion périodique	Sols alluviaux à gley moyen ou gley profond
Cariçaies eutrophes à <i>Carex acutiformis</i> et <i>C.elata</i>	Nappe phréatique superficielle (<0,5 m) submersion périodique de faible profondeur	Sols humiques à gley Tourbe eutrophe
Cladiaie à <i>Schoenus nigricans</i>		Tourbe eutrophe

(Duchaufour, 1977).

**1.5.5 Cas des sols alluviaux très filtrants :** Cette situation se rencontre dans les zones d'alluvions composées de matériaux grossiers qui sont trop filtrants et excluent le phénomène d'hydromorphie (Duchaufour, 1977). Ces zones sont, malgré la non satisfaction aux critères sol et végétation, des zones humides particulières. Elles se rencontrent dans les grèves de certaines rivières méditerranéennes qu'elles soient à débit permanent ou pas. L'absence d'hydromorphie dans ce type de sols a conduit certains auteurs (Mermet L. et Barnaud G., 1997) à ne pas proposer l'utilisation du critère pédologique pour identifier les zones humides car cela exclurait de nombreuses zones humides situées sur les substrats filtrants ou combinant de forts battements de nappe.

### 1.6. Typologie des zones humides d'Algérie

En Algérie, on utilise la définition de RAMSAR 1971 pour identifier les zones humides (Boumezber 2002). Sur la base de cette classification, 42 sites ont été reconnus en 2004 (DGF, 2004) comme sites humides d'importance internationale (Tableau 4).

Tableau 4 - Les zones humides Algériennes d'importance internationale

	Les sites	L'année d'inscription	Superficie (ha)
01	La réserve intégrale du lac Tonga	1982	2.700
02	La réserve intégrale du lac Oubeira	1982	2.200
03	La réserve naturelle du lac des oiseaux	1999	170
04	Le chott Ech Chergui	2001	855.500
05	Le complexe humide de Guerbes-Sanhadja	2001	42.100
06	Le chott El Hodna	2001	362.000
07	La vallée d'Iherir	2001	6.500
08	Les gueltates d'issakarassene	2001	35.100
09	Le chott Merouane et Oued Khouf	2001	337.700
10	Les marais de la Macta	2001	44.500
11	Les oasis de Ouled Saïd	2001	25.400
12	La sebkha d'Oran	2001	56.870
13	Les oasis de Tamentit et Sid Ahmed Timmi	2001	59.700
14	Les oasis de Moghrar et Tiout	2002	195.500
15	Le chott de Zehrez Chergui	2002	50.589
16	Le chott de Zehrez Gharbi	2002	52.500
17	Les gueltates d'Afilal	2002	20.900
18	La grotte kratsique de Ghar boumâaza	2002	20.000
19	Le marais de Mekrada	2002	8.900
20	Le chott Melghir	2002	551.500
21	La réserve naturelle du lac de Réghaïa	2002	842
22	La réserve intégrale de la tourbière du lac Noir	2002	5
23	Les aulnaies de Aïn Khiar	2002	170
24	La réserve naturelle du lac de Béni Bélaïd	2002	600
25	Le Cirque de Aïn Ouarka	2002	2.350
26	Le lac de Fetzara	2002	20.680
27	Sebkhet El Hamiet	2004	2509
28	Sebkhet Bazer	2004	4379

29	Chott El Beïdha – Hammam Essoukhna	2004	12.223
30	Gareat Annk Djemel-El Merhssel	2004	18140
31	Gareat Guellif	2004	24.000
32	Chott Tibsilt	2004	2154
33	Gareat El Taref	2004	33.460
34	Dayet El Ferd	2004	3323
35	Oglat Edaira (Ain Ben Khelil	2004	23430
36	Les Salines d'Arzew	2004	5778
37	Le lac de Tellamine	2004	2399
38	Le lac Mellah	2004	2257
39	Sebkhet El Meleh (Lac d'ElGoléa)	2004	18947
40	Chott oum Raneb	2004	7155
41	Chott Sidi Slimane	2004	616
42	Chott Aïn El Beïda	2004	6853
<b>Total</b>			<b>2.959.704</b>

(Source DGF, 2004)

### 1.7 - Les zones humides de la Numidie orientale

La Numidie orientale abrite le complexe d'El-Kala qui est le plus important complexe humide de l'Algérie. Il est formé de plusieurs sites disséminés entre l'Oued Mafragh et le Cap Seghleb. Cet ensemble couvre une surface de 8 484 ha. La répartition des différents sites est indiquée dans le tableau 5. Certains de ces sites sont classés comme site Ramsar depuis 1982.

Tableau 5- Estimation de la surface des sites humides du complexe d'El-kala

Lieu dit	Superficie (Ha)	Lieu dit	Superficie (Ha)
Aulnais de Righia	300	Aulnais d'Oum el-Aguerreb	200
Garaat El-Khoubzi	150	El-Goureat	100
Aulnais de Boumehacen	50	Aulnais de Boumerchen	30
Ain Kheiar	170	Garaat Bourdim	30
lac Tonga	2700	lac Mellah	2257
Aulnais de Berrihane	10	Lac Noir	5.0
Aulnais du lac Bleu	0,5	Demnet errihane	4.5
Garaat Estah	2.0	Garaat el-Ouez	5.0
Lac Oubeïra	2200	Lac des oiseaux	170

Certaines zones humides ont évolué vers des tourbières et c'est au niveau du complexe humide d'El-Kala qu'on dénombre la plus grande surface tourbeuse d'Algérie, car elle abrite 957 ha de tourbe sur les 1 400 ha à l'échelle nationale (Tableau 6)

Tableau 6: Répartition de la surface tourbeuse dans les sites humides d'El-Kala

Lieu dit	Superficie (Ha)	Lieu dit	Superficie (Ha)
Aulnais de Righia	300	Aulnais d'Oum el-Aguerreb	200
Garaat El-Khoubzi	150	El-Goureat	100
Aulnais de Boumehacen	50	Aulnais de Boumerchen	30
Aulnais de Ain Kheiar	20	Garaat Bourdim	30
Aulnais du lac Tonga	20	Aulnais du lac Mellah	20
Aulnais de Berrihane	10	Lac Noir	5.0
Aulnais du lac Bleu	0,5	Demnet errihane	4.5
Garaat Estah	2.0	Garaat el-Ouez	5.0

Il ressort de cette analyse que les zones humides sont considérées parmi les ressources naturelles les plus précieuses de la planète aussi bien sur le plan de la diversité biologique et que sur le plan de la productivité naturelle.

Les zones humides sont des écosystèmes complexes, Elles sont le produit de processus écologiques, hydrologiques et climatiques auquel s'est associée l'action des organismes vivants, y compris celle de l'homme. Elles se rencontrent partout, sous tous les climats et dans tous les pays. Les zones humides sont interdépendantes et jouent un rôle multifonctionnel. La dégradation ou la disparition de ces milieux est à l'origine de problèmes socio-économiques et écologiques. Les mesures de protection et de conservation de ces milieux passent par un inventaire et une caractérisation adéquate de ces milieux.

En Algérie cet inventaire a permis de mettre en évidence des zones humides réparties dans les différentes zones climatiques, mais la plus grande concentration se retrouve dans la région d'El-Kala où un véritable complexe humide s'est développé et dont certaines zones humides ont évolué vers des tourbières.

***Chapitre II-  
Evolution des sols en milieu humide***

## Introduction

Les sols des zones humides sont souvent assez saturés en eau. En conséquence, tout l'espace poral du sol disponible initialement pour l'air est remplacé par l'eau, et les échanges gazeux sont limités entre le sol et l'atmosphère. Ce sont principalement les échanges d'oxygène qui sont alors restreints, et un sol engorgé d'eau est donc un sol appauvri en oxygène, on parle alors de milieu anoxique.

La présence d'eau dans le sol modifie les propriétés physiques de ce dernier. La structure se dégrade plus facilement et est moins cohérente. Ainsi, les sols deviennent plus sensibles au compactage et donc au piétinement des animaux et au passage des engins agricoles. La température du sol est aussi modifiée par cet excès d'eau. Le réchauffement printanier est plus lent, car il faut chauffer aussi l'eau du sol. La chimie du sol est également transformée. En effet, dans la nature, les éléments chimiques se trouvent sous plusieurs formes selon le milieu rencontré. En milieu riche en oxygène, les éléments sont sous leur forme " oxydée " et quand le milieu est pauvre en oxygène, ils sont sous leur forme " réduite ". Les zones humides sont des milieux appauvris en oxygène et de nombreux éléments sont donc observés sous leur forme réduite. L'activité biologique du sol est modifiée. La respiration des plantes est altérée en raison du manque d'oxygène. De plus, l'excès d'eau ne leur est pas bénéfique et provoque un flétrissement des parties aériennes. Le manque d'oxygène entraîne la disparition de nombreuses bactéries du sol qui en avaient besoin pour respirer. La minéralisation de la matière organique est donc ralentie. Le sol est alors enrichi en matière organique et évolue vers un dépôt tourbeux.

Les milieux humides se caractérisent par la présence d'un plan d'eau ou d'une nappe peu profonde et permanente. La présence de l'eau dans le sol sature les pores, chasse l'air et provoque un déficit en O<sub>2</sub> et oriente la pédogenèse vers l'hydromorphie. Le degré d'évolution des sols hydromorphes dépend donc du degré et de la durée de saturation. C'est ainsi que nous distinguons plusieurs types de sols hydromorphes :

- Les pseudo-gley et stagnogley qui se développent quand la nappe est temporaire et généralement d'origine pluviale.
- Quand la nappe est permanente et profonde, la formation des sols hydromorphes à gley est souvent favorisée sous l'action d'un pH proche de la neutralité.
- Quand le pH est acide, la dégradation de la matière organique est bloquée aboutissant à l'accumulation des débris organiques et formation d'un humus hydromorphe de type Anmoor ou de tourbe.

### 1- Définition et genèse de la tourbe

La tourbe est un sol organique à structure le plus souvent fibreuse formée par la décomposition lente de débris organique en milieu asphyxiant (Gobat et al, 2003). Les tourbes sont donc constituées par l'accumulation d'une grande quantité de matière organique incomplètement décomposée et qui s'accumule souvent sur plusieurs mètres d'épaisseur (Ramade, 1984). D'aspect spongieux, compressible et à teneur en carbone élevée (60 %), elle peut contenir entre 65 % et 90 % d'eau en poids, sa couleur varie du brun jaunâtre au noir. La tourbe contient 15 % à 30 % de cellulose, 20 % à 30% d'hémicellulose, 10 % à 40 % de lignines et 2 % à 15 % de protéine (Gobat et al, 2003).

Selon Delcour (1983), il existe la tourbe neutre et la tourbe acide. La tourbe neutre est généralement fréquente dans les tourbières basses. Elle occupe des bas fonds à nappe d'eau permanente qui ne s'abaisse pas à plus de 50 cm de profondeur. Pendant l'été, la végétation

des tourbes neutres est formée de roseaux, laïches, aulnes, hypnacées, etc. La tourbe acide est, quant à elle, fréquente dans les tourbières hautes. Elle se développe dans les cuvettes à substrat imperméable et pauvre en élément chimique en climat froid et humide. La végétation des tourbes acides est à base de mousse du genre sphagnum (Delcour, 1983).

## **2- Définition et genèse de la tourbière**

Les tourbières constituent un type particulier de zone humide. Elles sont des milieux qui résultent de l'accumulation de matière organique d'origine végétale non décomposée et qui constitue la tourbe. 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, hypnacées, carex, roseaux, joncs...) dont la croissance engendre une accumulation importante de matière organique. Ces végétaux sont qualifiés de turbogènes ou turfigènes. Une tourbière est active tant que se poursuivent les processus d'élaboration et d'accumulation de la tourbe (processus de tourbification ou turfigénèse). Si ces processus cessent, la tourbière devient inactive mais est parfois capable de se régénérer. Les tourbières sont des milieux fragiles dont l'édification se réalise sur une période qui s'étale de 2 000 à 5 000 ans (Manneville et al, 1999).

### **2.1. Conditions de formation**

Deux conditions sont nécessaires à la genèse et à l'entretien d'une tourbière. Il y a d'abord la production de matière organique qui doit rester supérieure à sa décomposition à cause du ralentissement de l'activité microbologique et, ensuite, il y a la présence de l'eau qui 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). De même, les eaux des tourbières sont souvent acides et favorisent donc le développement de certaines mousses du genre Sphagnum qui produisent des substances inhibant l'activité biologique.

#### **2.1.1. Les étapes de formations d'une tourbière**

A partir un plan d'eau libre suite à une dépression topographique (stade 1), des plantes pionnières forment un radeau (stade 2), la matière organique s'accumule et la pièce d'eau originelle est complètement envahie (stade 3) jusqu'à ce que la tourbière se bombe sous la croissance des sphaignes (stade 4) comme indiqué dans la figure 2.

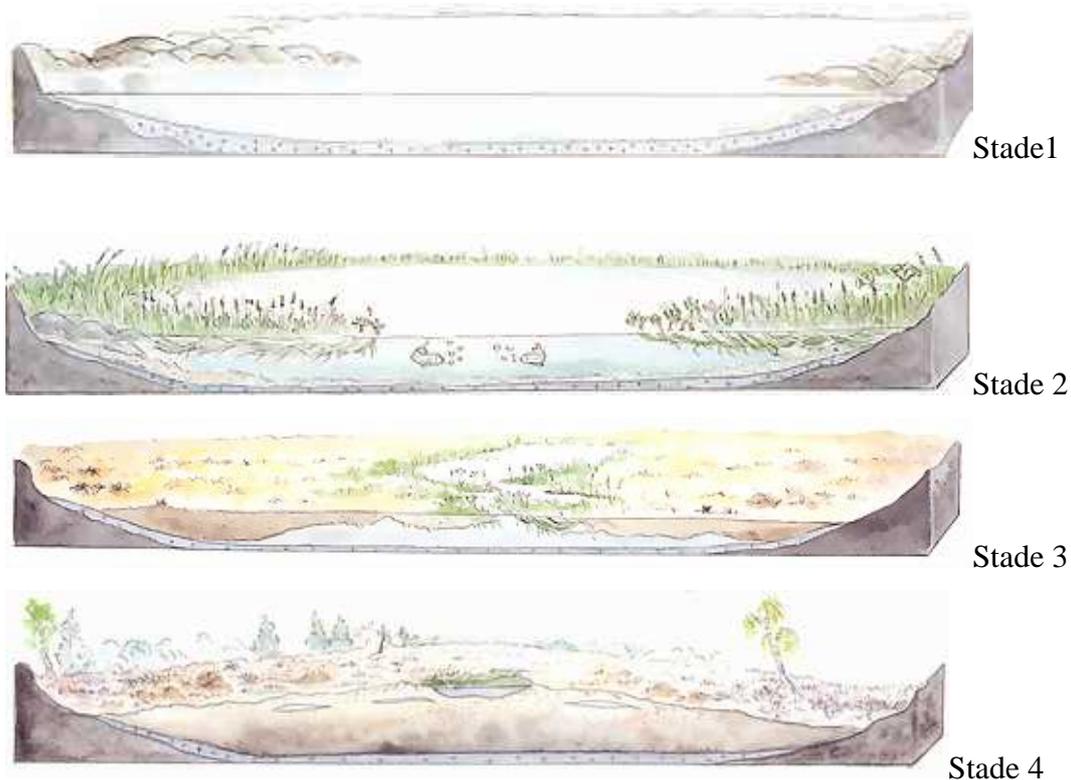


Figure 2 : Les différents stades de l'évolution d'une tourbière (Duvigneaud ,1974)

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

### 2.1.2. Les sources d'alimentation en eau

Les eaux qui alimentent les sols tourbeux sont dues soit au ruissellement soit au phénomène de percolation/infiltration.

Le ruissellement est dû à l'écoulement d'une partie des eaux de pluies à la surface des sols ou à la réapparition des eaux d'infiltration sous forme de sources. Ces deux composantes se rencontrent pour former un réseau hydrographique qui s'achemine vers les tourbières assurant ainsi leur alimentation en eau. L'intensité du ruissellement est fonction de la pente, de la nature du substrat géologique, des obstacles naturels rencontrés (roches, végétation) et de l'état de l'humidité du sol (Dupont, 1978).

Le phénomène percolation/infiltration joue un rôle essentiel puisqu'il assure la réhydratation du sol qui emmagasine l'eau en particulier dans les couches superficielles (Ramade, 1984). Lorsque la quantité d'eau de pluie infiltrée dans le sol dépasse la capacité de rétention maximale en eau, elle percole jusqu'à la nappe aquifère. Cette percolation est d'autant plus importante quand le climat est plus pluvieux et le sol plus filtrant et d'autant plus réduite quand le sol est plus riche en racines de plantes à transpiration élevée (Duvigneaud, 1974). Une fois l'eau arrivée dans son réservoir souterrain, nappes ou gisements, elle y restera rarement au repos. Si, toutefois, l'eau devait rester stagnante sans écoulement, la région serait marécageuse. C'est ce que l'on observe dans les fonds plats des vallées occupés par des rivières ou ruisseaux aux cours tranquilles, sans crues ou encore en bordure des étangs et des lacs où l'eau affleure à raz le sol et où la tourbe s'y développe d'une manière quasi-constante (Dupond, 1978).

## 2.2. Evolution et répartition des tourbières

### 2.2.1. Evolution des tourbières

La tourbière est un écosystème aquatique qui évolue au cours du temps vers la forêt. Cette évolution de la tourbière vers une forêt se fait généralement en trois étapes ou stades (Manneville et al, 1999). Il y a d'abord le stade pionnier qui se caractérise par une végétation à base de sphaignes (mousses), des carex et de différentes herbes. Ce stade est suivi ensuite par le stade de la lande dont les représentants sont entre autres la mouline (Graminée), les bruyères quatre angles et la callune (des autres bruyères). Enfin, la tourbière évolue vers le stade boisé qui est représenté par l'aulne, le bouleau et le frêne entre autres.

### 2.2.2. Répartition des tourbières

Les tourbières représentent 1 % environ de la surface totale des terres. Leur répartition est essentiellement conditionnée par le climat d'où une répartition zonale, l'altitude venant parfois corriger les effets de la latitude.

Sous le climat arctique, la productivité végétale trop faible ne permet pas la genèse de la tourbière. Tout au plus peut-on observer au sud de l'arctique, dans des bas marais semi-tourbeux, la formation de petites buttes de tourbe à noyau de glace, les thufurs. Sphaignes, andromèdes et aïrelles rappelle la flore des tourbières ombrogènes avec des *Carex* (*C. rariflora*, etc.), des linaïgrettes, la ronce arctique (*Rubus chamaemorus*), etc. Les premières vraies tourbières (ombrogènes) apparaissent au voisinage de la limite des arbres. Elles sont formées par la juxtaposition d'énormes couples de tourbe et de glace, les palses dépassent parfois 7 mètres de hauteur. Leur végétation, qui dispose d'à peine trois mois de températures diurnes positives (moyenne annuelle un peu inférieure à 0°C (Manneville et al, 1999), est dominée par des sous-arbrisseaux éricoides xéromorphes.

Plus au sud, dans le subarctique moyen (Finlande centrale, Nouveau-Québec vers 53 degrés de latitude N., par exemple), l'augmentation conjointe des précipitations et de la température (moyenne entre 0°C et 2°C) détermine une énorme extension des tourbières qui peuvent occuper de 40 % à 60 % de ces territoires (Manneville et al, 1999). S'échappant des zones basses, elles couvrent pentes et plateaux, envahissant les forêts qui sont détruites. On y retrouve, au sein d'immenses nappes de sphaignes, les carex, eriophorum et surtout les éricacées (*Andromeda*, *Oxycoccus*, *Vaccinium*, *Ledum*, par exemple) ainsi que les *Drosera*, immuable cortège des tourbières oligotrophes dans l'hémisphère Nord. Les tourbières réticulées sont les formes prédominantes.

Dans la zone tempérée froide, l'élévation des températures et de la durée de végétation augmente la productivité végétale mais aussi la décomposition de la matière organique et l'évapotranspiration. Celle-ci reste cependant inférieure aux précipitations sous le climat hyper atlantique (Ecosse, Irlande, par exemple). Les tourbières revêtent alors la plupart des reliefs (tourbières de couverture). Partout ailleurs, vers l'est et le sud, les tourbières concentrées dans les dépressions sont topogènes. Si ces tourbières, parfois immenses, subsistent en grands nombres de la Russie moyenne au bassin parisien, elles se limitent à l'approche du bassin méditerranéen aux étages montagnards et parfois subalpins. Les pozzines oroméditerranéennes (Corse, Pyrénées) en sont l'ultime expression au sud de l'Europe avec quelques rares tourbières en Afrique du Nord (Algérie, Tunisie).

Il faut atteindre ensuite le voisinage de l'équateur pour que des tourbières réapparaissent à faible altitude par suite de l'augmentation considérable de la pluviosité et de la productivité végétale. Bien que ces formations ombrogènes aient une grande originalité floristique, on y retrouve des sphaignes et des *Drosera* ; de même les sphaignes forment

d'épais peuplement à l'étage des brouillards froids des montagnes intertropicales (vers 3 000 m dans le Ruwenzori, par exemple).

Les tourbières de l'hémisphère sud se sont surtout cantonnées aux rares terres émergées des latitudes moyennes. Dans certaines régions, d'épaisses couches de tourbe résultent de la croissance en masse de spermatophytes spéciaux tels que *Azorella*, *Poa cookii* et *Juncus pusillus*.

En dehors du climat, la topographie joue un rôle essentiel dans la répartition des tourbières (Roland, 1988). Ainsi, on distingue les tourbières des dépressions, les tourbières des berges de fleuves, les tourbières des interfluves et les tourbières des zones littorales.

- Les tourbières de dépression : Les tourbières de dépression des vallées majeures peuvent avoir plus de 20 Km de largeur. Elles forment un placage légèrement bombé de tourbe qui peut dominer en son centre de 5 à 8 m le plan d'eau moyen du fleuve. Les tourbes épaisses sont très difficilement utilisables pour l'agriculture, les difficultés de mise en valeur viennent de leurs propriétés physiques et de leur composition chimique. Ces tourbes sont pauvres en éléments nutritifs, la grande perméabilité de la tourbe fait qu'elle peut très vite s'assécher en surface (Roland, 1988).

- Les tourbières de berges de fleuves : Ces tourbières se situent le long des fleuves en position intermédiaire entre les cours d'eau et les grandes tourbières de vallées majeures. Leur tourbe contient une quantité variable de matière minérale mélangée à la matière organique. Cette matière minérale très fine de la taille d'argile et de limons est apportée par l'eau de fleuve qui pénètre dans ces tourbières en période de crue. Lorsque les fleuves drainent un amont ferrallitique comme au Brésil, la nature minérale de la charge solide ne diffère guère de celle du bassin (argiles kaolinitique, quartz très fin). Malgré la valeur fertilisante de cette charge minérale, le potentiel organique de ces tourbes est très supérieur à celui des tourbes d'eau pluviale du centre de bassin et leur pH est nettement moins acide. Au contraire, lorsque le bassin versant est très vaste comme c'est le cas de l'Amazonie où une importante part du matériel minérale confère alors aux tourbes des berges une grande fertilité potentielle (Roland, 1988).

- Les tourbes des interfluves : Les tourbes des interfluves ne diffèrent fondamentalement de la tourbe de dépression que par son altitude plus élevée. Des travaux récents montrent que ces tourbes sont plus anciennes que celle des dépressions, leur âge C<sup>14</sup> se situe autour de 6 000 B.P. et à un mètre de la surface, il dépasse 8 000 B.P. Elles ne sont actuellement pas en accroissement mais se détruisent dans leur partie superficielle par oxydation. Depuis 3 millénaires, ces tourbes sont en voie de destruction et perdent environ 10 cm d'épaisseur par siècle au centre de l'interfluve sous végétation naturelle (Manneville et al., 1999). Ce type de tourbières constitue, avec les tourbières de dépression, l'essentiel des tourbières des basses terres de Kalimantan, de Sumatra et de la nouvelle guinée Indonésienne (Manneville et al, 1999).

- Les tourbières des zones littorales : Les tourbes de ces zones sont moins épaisses, reposant fréquemment sur des sédiments d'eau saumâtre à pyrite. Ces tourbes dépassent rarement 2 mètres d'épaisseurs et se situent à moins de 10 à 30 Km de la côte, elles deviennent imperceptiblement plus épaisses et passent progressivement à des tourbes d'eau pluviales. On les trouve dans toute la région équatoriale du globe, du delta de l'Orinoco en passant par les côtes guyanaise jusqu'à l'embouchure de l'Amazonie, en Afrique occidentale et dans le sud-est asiatique (Roland, 1988). De toutes les tourbes, ce sont celles qui ont le potentiel de fertilité le plus élevé (40 % de matière minérale). Ces tourbes reposent sur des

vases littorales qui ont une composition minéralogique différente des sédiments qu'apportent les rivières. La fraction fine de ces tourbes contient une proportion importante d'argile à teneur en silice, magnésium, fer et potassium plus élevée que celle des argiles des dépôts fluviaux. Ces tourbes à matière minérale marquée par le milieu marin sont d'un pH proche de la neutralité tant qu'elles ne sont pas drainées. En cas de mise en culture, il y a une chute de pH et donc il faut toujours procéder très progressivement à leur drainage pour permettre aux pluies d'éliminer l'acidité au fur et à mesure de son apparition (Roland, 1988).

### 2.3. Typologie des tourbières

L'origine et le fonctionnement des tourbières sont tributaires de leur type d'alimentation hydrique (Figure 3). De ce fait, une classification des tourbières a été établie en fonction des différents types d'alimentation hydrique (Gobat, 1990 ; Manneville, 2007). On distingue deux types d'alimentation en eau, une alimentation géotrophique et une alimentation ombrotrophique.

- L'alimentation géotrophique : L'eau d'alimentation mise en contact avec le sol minéral est chargée plus ou moins en ions minéraux. Dans ce mode d'alimentation en eau, on distingue quatre types différents de tourbières :

- Les tourbières topogènes qui se développent dans les creux ou dépressions topographiques là où la nappe d'eau affleurante stagne,
- les tourbières soligènes qui s'installent sur de faibles pentes où la nappe d'eau affleurante est mobile, l'eau ruisselle,
- les tourbières limnogènes qui se forment par atterrissement d'un lac ou d'un étang, inhibé jusqu'à sa surface d'eau minérale. Elles sont en contact avec les eaux telluriques phréatiques ou de pente. La végétation reflète les différentes propriétés de ces eaux (acidité, dureté, teneur en éléments nutritifs et fluctuations des niveaux diversifiés). Le plus souvent, se sont les laîches qui sont les plus prédominants et
- les tourbières telmatogènes (fluviogène) qui naissent dans les zones d'inondations périodiques d'une nappe alluviale, elles dépendent autant des eaux météoriques que des eaux phréatiques minérales.

- L'alimentation ombrotrophique : L'eau d'alimentation d'origine météorique (apport atmosphérique par la pluie ou la neige) n'est pas en contact avec le sol minéral et est donc pauvre en nutriments. Ici, l'écosystème tourbeux s'affranchit au maximum des conditions de son environnement immédiat. On les appelle les tourbières ombrogènes. La particularité de ces tourbes est que leur surface s'est isolée de la nappe phréatique minérale grâce à la croissance de sa végétation « sphaigne ». Par leur excrétion et les produits de leur décomposition, les sphaignes contribuent encore à l'acidification de l'eau propre à la tourbière.

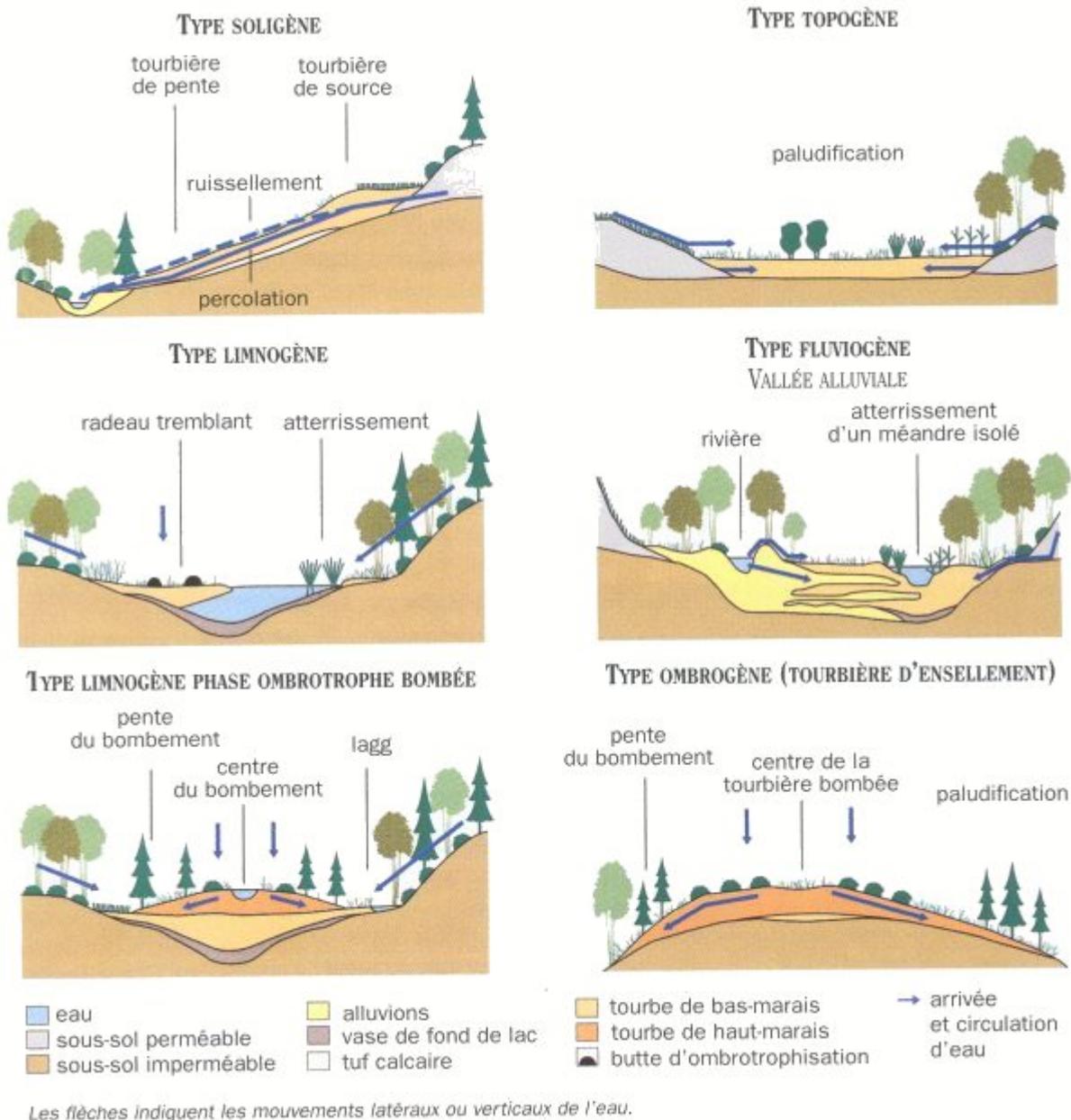


Figure 3 - Typologie des tourbières (MANNEVILLE O ET AL 2006)

## 2.4. La biocénose des tourbières

### 2.4.1. La Végétation

Les sphaignes prolifèrent vite et forment des colonies très denses. Elles ont la particularité de mourir par leur base et de croître sur leurs parties mortes. Elles contiennent une grande quantité d'eau dans les cellules mortes de leurs tiges et surtout de leurs feuilles ; ces cellules sont appelées hyalocystes. Les hyalocystes n'ont plus qu'une paroi percée de plusieurs pores (2 à 5) qui permettent l'entrée de l'eau dans la plante. Ainsi, les sphaignes peuvent absorber jusqu'à 40 fois leur poids sec (Butler, 1987).

Comme les sphaignes, les autres plantes des tourbières grandissent en règle générale sur leurs parties mortes enfouies. C'est le cas pour la droséra, la linaigrette, la canneberge ou l'andromède. Ce sont souvent des plantes à rosettes vivant à même le sol ce qui leur permet de mieux résister au froid ou des plantes de petite taille dont les bourgeons sont ainsi protégés par la neige.

Dans les tourbières, les conditions climatiques particulières ont permis aux plantes de survivre après la fin des glaciations. Cette flore des milieux humides est riche en espèces tardiglaciaires relictuelles aussi rares que fragiles (Linaigrette, Andromède, Myrtille de loup (Butler, 1987).

### 2.4.2. Les animaux

Ce sont essentiellement les invertébrés qui présentent les meilleures adaptations aux tourbières. En effet, les gros animaux, mammifères ou oiseaux peuvent s'affranchir facilement de ce milieu alors que les petits, insectes ou araignées, en sont vite devenus très dépendants et se sont peu à peu adaptés comme c'est le cas de certains papillons qui utilisent les tourbières. Par exemple, le nacré de la canneberge pond ses oeufs sur les feuilles de canneberge et les chenilles se nourrissent exclusivement de cette plante. Pour se développer, les larves de quelques libellules et de petites mouches ont absolument besoin d'eau très froide et acide et de la protection de la tourbe. Les femelles de certains diptères (mouches, moustiques, tipules...) sont peu à peu devenues aptères, c'est-à-dire que leurs ailes se sont atrophiées. Quand ces insectes naissent, il règne dans la tourbière des conditions climatiques très difficiles. L'évolution, surprenante, a voulu que les ailes des femelles disparaissent, leur évitant ainsi d'être emportées par le vent loin de leur lieu de vie (Gobat et al, 2003).

Dans les tourbières, on dénombre jusqu'à plus de 200 espèces d'araignées. Ce sont des espèces nordiques qui ont trouvé refuge dans ces milieux froids après la dernière glaciation. Ces reliques glaciaires à huit pattes sont capables de s'accommoder de l'humidité ambiante et même de chasser dans l'eau. C'est le cas de la Dolomède, araignée plongeuse, qui chasse sous l'eau les larves d'insectes, les têtards et les petits poissons (Gobat et al, 2003).

## 2.5. Intérêt de la tourbe et des tourbières

La tourbe et les tourbières présentent des intérêts scientifiques, économiques, patrimoniaux, paysagiques et écologiques certains.

- Les intérêts scientifiques sont d'ordres paléontologique, zoologique, botanique et climatologique.

- L'intérêt paléontologique : Les pouvoirs conservateurs de la tourbe permettent de retrouver intacts des objets bien conservés (des restes végétaux, animaux et humains). Ces fossiles sont d'une aide précieuse dans la reconstitution de l'histoire de l'homme et de l'évolution végétale et des variations climatiques (palynologie, microrestes végétaux et

animaux) (Benslama-Zanache, 1998). Les grains de pollen, très résistants et facilement identifiables, permettent de reconstituer le paysage végétal ainsi que les climats qui existaient à différentes périodes. Les restes animaux ou humains nous renseignent sur les conditions de vie et les pratiques agricoles, pastorales ou artisanales préexistantes (Gobat et al, 2003). Certaines tourbières ont également restitué des cadavres dans un parfait état de conservation, momifiés et tannés par la tourbe, datant de l'âge du fer ou même du bronze (Butler, 1987).

- L'intérêt zoologique : Les tourbières sont des milieux favorables aux développement de nombreuses espèces animales (libellules, trichoptères, mollusques, coléoptères) (Benslama-Zanache, 1998).

- L'intérêt botanique : Parmi les nombreuses espèces typiques des tourbières, un grand nombre est déjà sacrifié. Ces plantes à répartition géographique particulière offrent de plus une biologie très originale. La raréfaction des tourbières (assèchement naturel ou artificiel) mérite qu'on se préoccupe de la protection de ces espèces et de leur milieu de vie (Benslama-Zanache, 1998).

- L'intérêt climatologique : La température est souvent plus basse dans les tourbes au niveau des sphaignes que dans l'air ambiant. Le réchauffement estivale de la couverture des sphaignes provoque une forte évaporation et donc une grande consommation d'énergie qui peut abaisser la température jusqu'au 0° C créant ainsi un microclimat froid et humide favorable à l'installation et au maintien des plantes des régions froides dans les tourbières (Vesset, 1986).

- Sur le plan économique, les tourbes et les tourbières trouvent leurs intérêts dans le fait qu'elles constituent un réservoir d'eau et qu'elles régulent le réseau hydrographique.

- La réserve d'eau : Les tourbières sont capables d'emmagasiner des quantités énormes d'eau qui représentent un capital inestimable et qui sont capables de rivaliser avec celles des barrages aussi bien sur les plans quantitatifs et biologiques que sur le plan de la qualité des eaux (cette eau peut être très pure). Ceci est la conséquence du pouvoir auto-épurateur du milieu, une tourbière de 30 ha en moyenne peut accumuler jusqu'à 60 000 m<sup>3</sup> d'eau) (Gobat et al 1998). Dans les régions montagneuses, cette eau a une importance pour les activités pastorales (point d'eau pour les animaux sauvages et domestiques, lutte contre l'érosion) (Benslama-Zanache, 1998). D'immenses quantités d'eau sont piégées dans la masse de tourbe, au moins autant que dans un barrage. On a longtemps pensé que cette eau était lentement redistribuée aux cours d'eau, selon les besoins. En fait, il s'agirait probablement d'une eau fossile, prisonnière de la tourbière depuis sa création, c'est-à-dire depuis 10 ou 15 000 ans (Gobat et al, 2003).

- La régulation du réseau hydrographique : Les tourbières absorbent l'eau et l'emmagasinent lors de la saison humide et la restituent en été par leurs déversoirs (ruisseaux). Fonctionnant comme de véritables éponges, leur rôle est essentiel dans la régulation du débit des sources et des cours d'eau des zones situées en aval (Buttler et Gobat, 1991).

- Sur le plan patrimonial et paysagique, les tourbières constituent un atout touristique potentiel et sont emblématiques de la qualité environnementale d'une région. Ainsi, pour satisfaire les besoins du tourisme, des tourbières (Vosges, Jura, Alpes, Auvergne, Basse Normandie) ont été aménagées pour le public dans le respect du milieu (Chambaud et Oberti, 2003).

- L'intérêt écologique des tourbières réside dans la présence d'espèces végétales et animales originales et spécifiques, témoins des périodes climatiques froides antérieures (Chambaud et al, 2003). Leur rôle dans le cycle de l'eau revêt d'ailleurs une importance capitale. Même si les tourbières ne sont pas toujours les "éponges" que l'on décrivait parfois, elles possèdent une réelle capacité de stockage de l'eau, leur permettant de retenir des volumes importants et de les restituer progressivement aux hydrosystèmes adjacents. Les tourbières participent ainsi activement à la régulation des débits des eaux superficielles (écrêtement des crues, soutien des étiages) et souterraines (rechargement des nappes). Elles assurent également un rôle de filtration et d'épuration des eaux (dénitrification, piégeage et stockage des sédiments, filtration des polluants) leur permettant de restituer dans l'environnement des eaux de grande qualité, ce qui en fait des sources naturelles d'eau potable à préserver absolument (Dupieux, 1998).

## 2.6. Les tourbières et l'homme

L'homme n'hésite pas à détruire ces zones humides sans que cela soulève beaucoup d'objection alors que nos forêts sont plus farouchement défendues. Plus encore que pour les autres zones humides, l'homme avoue des sentiments d'hostilité vis à vis des tourbières. Improductives au sens économique du terme, foyers de maladies (malaria), terres d'élection d'indésirables (moustique), paysages peu rassurants (platitude, humidité), les tourbières demeurent, par excellence, des lieux sauvages, non apprivoisés.

La matière organique spongieuse, la végétation mouvante, l'abondance particulière des algues et des petites bêtes incitent à une répugnance de ces milieux, répugnance que l'on retrouve dans l'environnement culturel de l'homme (légendes, feu-follets, lutins sorcières, diables, récits d'accidents, toponymie, rites..).

- Conservation et exploitation de la tourbe : La conservation des tourbières passe par la maîtrise du foncier ou de l'usage des sites et par le contrôle de la dynamique de la végétation pour la maintenir au stade des sites jeunes par une gestion adaptée telle que le pâturage et la fauche. De même, l'alimentation en eau des tourbières doit être prise en compte aussi bien sur le plan qualitatif que quantitatif afin de ne pas perturber le fonctionnement de milieu naturel. En fin, la protection ou la gestion des écosystèmes dont l'évolution influence directement la conservation des tourbières mérite la plus grande attention.

- Exploitation de la tourbe : La tourbe a été le seul combustible des européens du Nord et de certains montagnards jusqu'après la guerre. En Irlande, Écosse, France, Allemagne, dans les pays scandinaves et en Belgique, les paysans pratiquaient le tourbage familial avec les mêmes gestes. Dès la fonte des neiges, on allait dans la tourbière. Après avoir décapé la couche végétale supérieure, on coupait des blocs de tourbe à la bêche qu'on étalait à terre ou qu'on dressait en tas pour le séchage. On pratiquait des techniques appropriées différentes selon les régions et les types de tourbières. Quand la tourbe avait séché tout l'été, on la rentrait. Elle alimentait poêles et cheminées pendant tout l'hiver. Le trou d'exploitation se remplissait d'eau et était vite envahie par la végétation pionnière. Aujourd'hui en Europe, l'exploitation industrielle des tourbières pour en sortir un produit horticole est ravageuse. Les horticulteurs et les maraîchers ont recours à la tourbe pour améliorer les sols des jardins ainsi que pour les cultures ou les semis en pots. De nombreuses études ont été réalisées pour la conservation des tourbières tel que le programme « life-Nature » en France (Gobat et al, 2003).

### 3. Classification des tourbes

Les tourbes ont été classifiées selon les préoccupations des auteurs. Ainsi, on peut retrouver plusieurs classifications.

- La classification de Ullman (1966) : cette classification est basée sur les conditions de la station, les types de végétation (tourbe à sphaigne, tourbe riche en bois), l'humification et la composition et minérale du matériaux (Menut, 1974).
- La classification fondée sur la composition végétale : Il existe plusieurs classification qui distinguent les types de tourbes selon la végétation de départ (Buckmann et Brady in Menut, 1974). Certains auteurs complètent cette classification par l'intervention de différents critères tels que la morphologie, la structure et le lieu d'origine. Kivinen (1971) in Menut (1974) propose une classification en tourbe blanche, brune ou noire selon le degré de décomposition des végétaux et qui est subdivisé selon la composition floristique (tourbe à sphagnum,....).
- La classification a but industriel : Elle est établie selon les propriétés des tourbes (taux de cendre pour les tourbes brunes et tourbes blanches). Cette classification est détaillée par l'emploi du degré d'humification de Von post (Ekono 1981)
- La classification pédologique selon la saturation en base de milieu : Cette classification (Duchaufour, 1970 in Menut1974) distingue deux types principaux de tourbes :
  - Les tourbes calciques (mésotrophes ou eutrophes) : Elles se sont formées dans les tourbières infra- aquatiques à hypnacés sous cypéracées, elles sont riches en calcium.
  - Les tourbes acides (oligotrophes) : Elles se sont formées dans les tourbières supra-aquatiques ou tourbières hautes à sphaignes, elles sont désaturées en bases (pH = 4 à 5).
- La classification pédologique Américaine : La classification américaine ou Soil Taxonomy (1992) classe les tourbes dans l'ordre des Histosols et utilise les caractères morphologiques diagnostiques basés sur la proportion de fibres. Elle reconnaît trois types de fibres :
  - Tourbe fibrist : C'est une tourbe peu évoluée, les 2/3 de la masse sont constitués 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 a moins de 1/3 de fibres.
- La classification pédologique française (C.P.C.S ; 1967) : Les tourbes appartiennent à la classe XI des sols hydromorphe organique. Cette classification distingue les tourbes oligotrophes (pH<5.5) des tourbes mésotrophes ou eutrophes (pH>5.5).
- La classification canadienne : Le système canadien de classification des sols organiques est basé, au niveaux de l'ordre et du grand groupe, sur les caractères morphologiques, physiques et chimique des couches tourbeuses identifiées dans le

profil. Les critères utilisés pour définir les classes de tourbe (Levesque et al., 1980) sont le test de fibre frottée et l'indice de pyrophosphate de sodium.

- Le test de fibre frottée (Gobat et al,1991) classe les tourbe comme suit :
  - ✓ La tourbe fibrique (fibrist) : Elle contient plus de 40 % de fibres (poids sec).
  - ✓ La tourbe mesique (hemist) : Elle contient entre 10 % et 40 % de fibres.
  - ✓ La tourbe humique (saprism) : Elle contient moins de 10% de fibres.
- L 'indice de pyrophosphate de sodium (Levesque et al, 1980) propose les limites suivantes :
  - ✓ La tourbe fibrique quand l'indice « PYRO » est inférieur à 15: fibrique.
  - ✓ La tourbe mésique quand l'indice « PYRO » se situe entre 15 et 30.
  - ✓ La tourbe humique quand l'indice « PYRO » est supérieur à 30.

Selon (Gobat et Portal, 1985), un indice bas (1-10) signifie que la tourbe est peu évoluée chimiquement alors qu'un indice fort (>50) est le témoin d'une tourbe chimiquement très décomposée.

***Chapitre III-  
Cadre physiographique***

### 3.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Les zones humides du nord-est algérien se situent entre le Djebel Fil Fila à l'ouest (long. E.  $7^{\circ}10'$ ) et le Cap Seghleb (ex. Cap Roux) à l'est (long. E.  $8^{\circ}30'$ ), elles se situent toutes au nord de la latitude  $36^{\circ}05'$ . Ces milieux humides se composent de deux complexes situés de part et d'autre de Djebel Edough (figure4) :

- A L'ouest, on trouve le complexe de Ben Azzouz (Guerbès Senhadja) qui s'étale sur une superficie d'environ 375 ha et forme le bassin versant de l'oued El-Kebir Ouest dans son cours inférieur,
- A l'est, on trouve le complexe d'El-Kala qui est formé de plusieurs sites disséminés entre l'oued Mafragh et le cap Seghleb (ex : cap Roux). Cet ensemble couvre une surface d'environ 1975 ha.

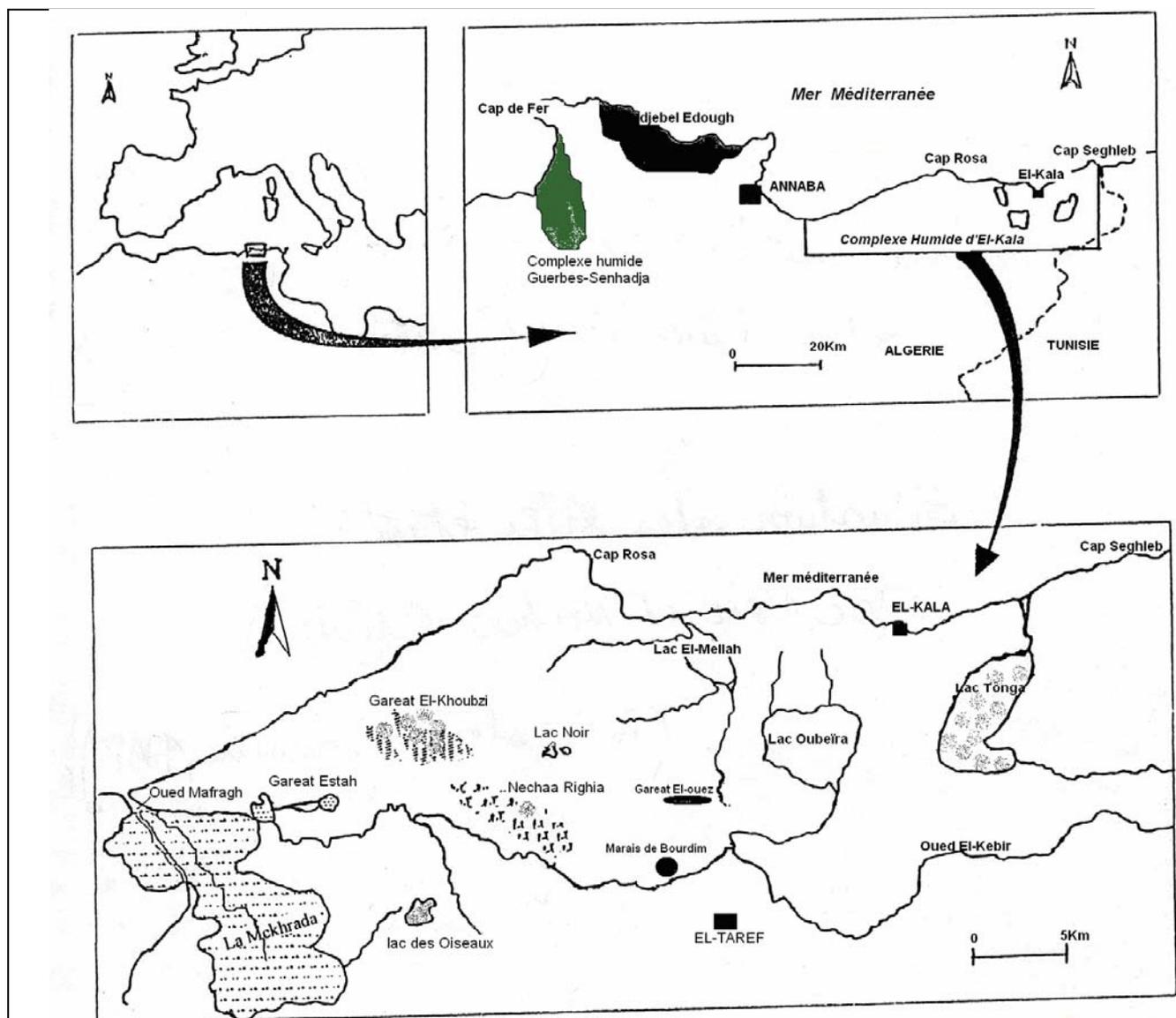


Figure4 : Situation géographique du complexe humide d'El-Kala

Le complexe humide d'El-Kala s'est formé le long des cours d'eau sur des berges, des étangs, dans les creux inter et intradunaires et à proximité des lacs Mellah, Oubeira et Tonga.

Composé de 975 ha de tourbe disséminés entre l'Oued Mafragh et le Cap Seghleb (Tableau 6, Figure 5), il représente la plus grande surface de tourbière active en Algérie.

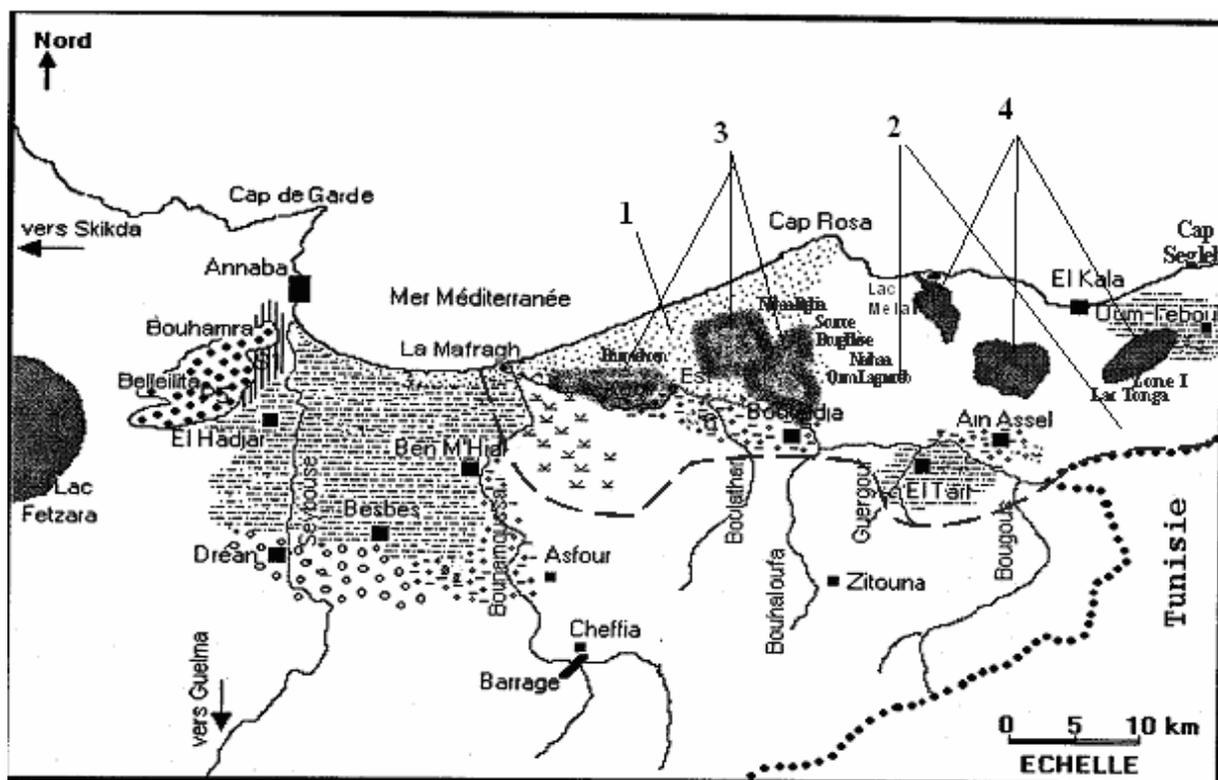


Figure 5- Répartition des sites humides du complexe d'El-Kala

- 1- Cordon dunaire (dépression dunaire)
- 2- Massif gréseux (grès et argiles de Numidie)
- 3- Aulnaies (contact dune plaine argileuse)
- 4- Eco complexe lacustre (Lac mellah, lac Oubeira et lac Tonga)

### 3.2- GEOLOGIE

Les formations géologiques du complexe d'El-Kala sont en étroite relation avec les grands ensembles morphologiques locaux. En effet, à l'est, on trouve une zone montagneuse plissée correspondant au grand fossé de sédimentation défini par le sillon tellien (Fladrin, 1952). Cette région est formée essentiellement de flyschs numidiens ou grès de Numidie (Figure 6) avec des argiles subordonnées (Joleaud, 1936 ; Aouadi, 1989 ; Othmani, 2000). Au nord, la zone littorale entre Annaba et El-Kala est occupée par des dunes du quaternaire (Kherici, 1993) qui recouvrent des sables rouges plus anciens. La plaine de la Mekrada, qui est une plaine de subsidence, est constituée de sédiments du Quaternaire. Ailleurs, dans les autres plaines et vallées, le substratum géologique est représenté par les formations du Pléistocène moyen et récent (Joleaud, 1936).

Cette région se caractérise par des structures plissées qui ont subi pour la plupart d'entre elles une forte érosion, mais on peut y rencontrer d'autres structures encore beaucoup plus complexes (contacts anormaux et failles) qui régissent la disposition géologique des

roches. Cette nature géologique instable due aux accidents tectoniques a fortement influencé le réseau hydrographique de cette région (Figure 6).

### 3.3- LITHOLOGIE

L'âge des affleurements rocheux de cette région se situe entre le Trias pour les formations les plus anciennes et le Quaternaire récent pour les plus récentes.

– Les affleurements triasiques : Le Trias gypso-salifère affleure à Ain Draham et en divers lieux de la zone jusqu'au voisinage du Djebel Rhedir (713 m). Le Trias qui se traduit par de simples pointements est particulièrement altéré par les eaux courantes qui entraînent les argiles gypsifères et laissent en saillie les brèches calcaires.

– L'ensemble des marno-calcaires : C'est un ensemble constitué de marnes et marno-calcaires d'âge Sénonien à Eocène (Glaçon et al, 1971). Il s'étend du Nord-Est à Ain Draham jusqu'au Sud-Ouest non loin du Djebel Rhorra. Les marno-calcaires, par leur dureté modérée, forment une topographie assez forte de collines morcelées parmi lesquelles on trouve Djebel Sra (942 m), Djebel Tedj Ez Zit (846 m) et Kef Sidi Abdallah (874m).

– Le flysch mixte : Ce faciès, d'une superficie assez réduite, s'étend du Sud-Ouest au Nord-Est jusqu'en Tunisie. Un large piémont de la barre gréseuse de Djebel Rhorra se développe sur ce flysch du Sénonien marneux à microbrèches (contenant aussi les argilites et calcaires) et sur la formation d'Adissa de l'Eocène (marnes, calcaires et microbrèches) dont fait partie le soubassement de Djebel Adissa, dans les environs de Fernana.. A Sidi Trad, on trouve un Crétacé constitué essentiellement de marnes et de calcaire et un Eocène marneux et marno-calcaire. Cet ensemble se manifeste à cet endroit en anticlinal dont l'axe court est de direction Sud-Ouest à Nord-Est, parallèlement à la frontière tunisienne.

– Les grès numidiens : Ces roches forment la masse principale des reliefs du complexe d'El-Kala et supportent en général la forêt de chêne liège et les maquis. Ces grès sont quartzeux, plus au moins fortement consolidés. Le modelé type est constitué de petites crêtes déchiquetées et de rochers abrupts. Leur base est constituée d'argiles par l'intermédiaire desquelles s'effectue le passage vers la formation subordonnée.

La série des grès présente des anticlinaux et des synclinaux de direction SW-NE pouvant être détectés depuis la plaine d'Annaba jusqu'aux massifs frontaliers avec la Tunisie. A cet ensemble structural viennent s'ajouter des failles normales de direction SW-NE d'âge Plio-Quaternaire caractéristiques d'une phase de distension et compression. Par endroit, le sommet du substratum gréseux est nettement tronqué ce qui met à nu l'Oligo-Miocène qui se subdivise en trois termes (Selmi, 1985):

a- Le terme basal de l'Oligocène supérieur est composé essentiellement d'argiles où s'intercalent, d'une façon discontinue, des barres gréseuses et des niveaux conglomératiques (très rares). Les argiles grises, rouges, noires, quelquefois vertes ou couleur tabac présentent à certains niveaux des formations calcaro-glaucôneuses ainsi que des concrétions cylindriques d'oxydes de fer. Les formations gréseuses sont à grains fins ou moyens, à patine de couleur rousse, présentant des diaclases soulignées par l'hématite. Les conglomérats sont constitués par un ensemble d'éléments grossiers noyés dans une matrice de grès grossiers à dragées de quartz.

b- Le terme médian de l'Oligocène supérieur où le grès numidien est formé à sa base par des conglomérats, des bancs gréseux et des strates d'argiles grises glaucôneuses à petits bancs de grès. A son sommet, on trouve des formations argileuses kaolinitiques claires. L'étude des argiles (Benslama, 1993) a fait apparaître en plus de la kaolinite, des

montmorillonites, des illites et des fractions variées de minéraux primaires (séricite, feldspaths potassiques, quartz et des minéraux lourds en faible proportion). Quant aux formations gréseuses, elles sont à patine jaune.

c- Le terme sommital de L'Oligo-miocène constitue une formation argileuse de couleur grise à peine jaune ou blanche, avec des intercalations à la base et au sommet d'assises siliceuses et la présence plus disséminée de bancs de grès glauconieux, ou encore de concrétions dolomitiques. Les formations de l'Oligo-Miocène ont subi des phases tectoniques à grands rayons de courbure (à l'origine du relief) pendant le charriage et durant les périodes quaternaires (Villa,1980).

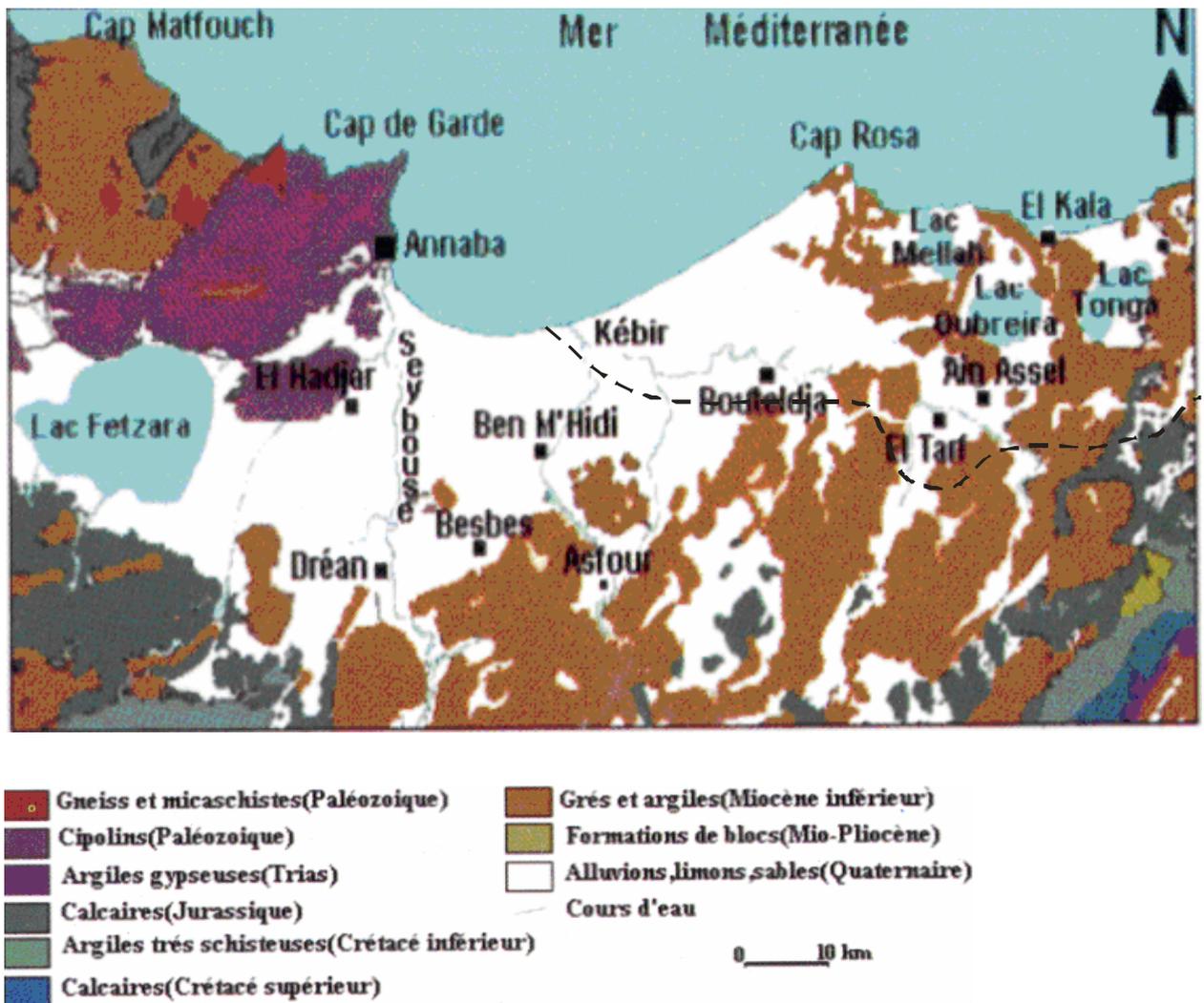


Figure 6- Formations géologiques du Nord Est algérien (Villa, 1980)

Le Quaternaire : le quaternaire est très présent dans le complexe humide et montre une évolution régulière avec différenciation du relief.

- Le Quaternaire ancien est représenté par les grands bancs qui descendent des sommets de la barre gréseuse de Kef Erradjala (frontière algéro-tunisienne).
- Le Quaternaire moyen est représenté par les bassins intra-montagnards et la dépression du lac Tonga.

- Le Quaternaire récent indique la période durant laquelle les phénomènes de creusement se sont poursuivis avec la mise en place de plaines de subsidence (plaine ou marais de la Mekrada). Selon Marre (1992), les formations littorales date du dernier pluvial et c'est durant cette période qui se caractérise par trois grandes régressions que des formations continentales se sont mises en place.

Il ressort donc, que le nord-est algérien se caractérise par une diversité d'affleurements rocheux dominés par les grès de Numidie, surtout au sud et au sud-est. Par contre, dans sa partie nord, les sables dunaires sont très répandus et forment une véritable barrière devant la progression des eaux vers la mer.

Les caractéristiques granulométriques de ces deux formations favorisent l'infiltration des eaux de pluie et accélèrent l'altération. Elles favorisent donc la mise en mouvement des solutions, des pseudo solutions et des particules fines qui vont se déposer dans les dépressions marécageuses, donnant ainsi une chaîne de sols caractéristique de ce milieu d'altération.

#### 4- GEOMORPHOLOGIE

Le complexe humide d'El-Kala fait partie de deux ensembles structuraux (Marre, 1992) :

- Le premier ensemble est constitué par le prolongement des monts gréseux du sud, les monts de la Cheffia et de la Medjerda vers le Cap Rosa à l'Ouest et par le Cap Seghleb à l'Est. On y trouve une série de bassins intra montagnards représentés par les bassins d'El-Taref et d'Ain El-Assel et des trois bassins autour de la ville d'El-Kala qui ne sont autre que les bassins des lacs Mellah, Oubeïra et Tonga.

- Le second ensemble est formé par la terminaison orientale de la plaine de la Bounamoussa avec Garaet El-M'khada au centre, le cordon dunaire au nord et la plaine de Bouteldja à l'Est. (Othmani, 2000 ; Marre, 1992).

**4. 1- Les bassins intra montagnards :** Dans cet ensemble, on retrouve les bassins de El-Taref, de Ain El-Assel et ceux de la région d'El-Kala (Figure 7)

**a-** Le bassin d'El-Taref et de Ain El-Assel : Ce bassin est une véritable plaine interne. Le fond plat se situe à 25m d'altitude et est parcouru par l'oued El-Kébir. Au nord, le lac Oubeïra est installé dans une dépression qui prolonge cette plaine. L'ensemble du bassin est dominé par des escarpements gréseux qui le ceinturent complètement. Pour y pénétrer ou en ressortir, les oueds utilisent des vallées étroites. C'est le cas du couloir qui met en communication le bassin d'El-Taref avec la plaine de Bouteldja à l'Ouest ou avec le lac Oubeïra au Nord.

**b-** Les bassins de la région d'El-Kala : La région d'El-kala est constituée par trois bassins qui sont occupés par les trois grands lacs à savoir le lac Mellah, le lac Oubeïra et le lac Tonga.

- Le bassin du lac Mellah (côte 0 m d'altitude) : Au sud du cap Rosa, les structures synclinales et anticlinales plongent vers le Sud Est et disparaissent sous le synclinal du lac Oubeïra. La vallée drainée par l'Oued Erreguibet et le delta de l'Oued Mellah sont ainsi à une altitude zéro. La mer a pu alors persister dans ces régions lors de la dernière transgression. Le retrait progressif de la mer a favorisé la formation d'un cordon dunaire qui isole naturellement le lac Mellah de la mer. Ce lac est aussi le lieu de convergence des oueds Mellah et Bouarough. Le cordon a été percé récemment par l'ouverture d'un chenal reliant le lac Mellah à la mer.

- Le lac Oubeïra (25m d'altitude) : Séparé du lac Mellah par un seuil de 44 m d'altitude, le lac Oubeïra est occupé par de l'eau douce. Le lac s'est installé dans une large cuvette synclinale bordée au Nord par le pli en genou de Bouliff et au sud par le chevauchement du Djebel Ach Lahmar sur le Djebel Hellilif (Marre, 1992). Dans cette cuvette, les argiles numidiennes qui sont en général décapées sur tous les massifs, ont pu se maintenir créant au-dessus des grès perméables une cuvette imperméable. Les eaux de ruissellement peuvent persister dans cette cuvette et constituer le lac Oubeïra. Il est alimenté au Nord par l'Oued Messida dont les sources sont situées dans les marais du Nord d'El-Taref et par le système hydrologique complexe des crues de l'Oued El-Kébir. Lors des grosses pluies d'hiver, les eaux de l'Oued El-Kébir envahissent ces marais et rejoignent le lac Oubeïra par l'Oued Messida qui est alimenté indirectement par les monts de la Cheffia. En été, le système hydrologique fonctionne en sens inverse. Ainsi la Messida est un Oued qui à la particularité de s'écouler alternativement dans les deux sens (Benyacoub et Chabi ; 2000).

- Le lac Tonga (2-3m d'altitude) : La région du lac Tonga fait partie de l'ensemble structural inférieur. On y trouve une alternance d'ondulations de direction Sud Ouest-Nord-Est. C'est dans un val que le lac Tonga s'est installé. Ce val est limité au Nord par un flanc d'anticlinal au pendage très fort de Kef Oum Echtab (de Belair, 1990). Le versant Sud-Est est plus visible. Les pendages, là aussi très forts, donnent naissance à des crêtes ou des barres comme les Kefs Oum-Tboul, Dzair et Erradjala. Sur la bordure ouest, le synclinal du lac Oubeïra chevauche le synclinal du lac Tonga. Un escarpement de faille domine ainsi le lac. Le lac Tonga, qui est drainé incomplètement vers la baie de la Messida, prend aujourd'hui un aspect de plaine très humide.



Figure 7- Organisation des bassins intra montagnards

**4. 2- la terminaison orientale de la plaine de la Bounamoussa :** Cet ensemble regroupe la plus importante concentration de surfaces humides de la région avec comme

limite Gareat El-M'Khada à l'ouest, le cordon dunaire au Nord, la plaine de Bouteldja à l'Est, au Sud ce sont les monts de la Cheffia et de la Medjerda qui se dressent comme de véritables barrières.

**a-** Gareat El-M'Khada : Coincée entre le cordon dunaire et la retombée du massif du sud, Garaet El-M'khada s'élève seulement à 2 ou 3 m d'altitude. Elle est traversée par les oueds El-Kébir, Bounamoussa et Bou Allellah qui convergent pour former l'Oued Mafragh. Prairie humide en été, elle devient un vrai lac en hiver, profond de 2 à 3m.

**b-** Le cordon dunaire : Un grand cordon dunaire s'étend le long du littoral, de l'embouchure de la Seybouse jusqu'au Cap Rosa. Peu large et peu épais à l'Ouest, il se développe vers l'Est où il atteint 120 m d'altitude et 7 à 8 km de largeur. Il constitue ainsi une véritable barrière entre la plaine intérieure et la mer gênant ainsi le drainage. Seul l'Oued Mafragh est capable de le traverser bien qu'il soit souvent obstrué en été (Marre, 1992).

L'ensemble de la zone dunaire forme une pente plus raide vers la méditerranée que vers l'intérieur des terres. L'aire occupée par les dunes finit sur la mer par une falaise abrupte de 40 m de haut à l'Est de l'embouchure de la Mafragh. A la hauteur de la Mafragh, trois rangées de dunes, aisément discernables mesurant 27 à 30 m de hauteur pour la dune proche de la mer, 17 à 19 m pour la dune intermédiaire et 12 m environ pour la dune intérieure. Entre la dune extérieure et la dune intermédiaire, il y a le creusement d'un premier vallonement avec formation de 'gareats' descendant jusqu'à 40 m de fond. De même, entre la dune intermédiaire et la dune interne, se développe la ligne de 'gareats' de 7 à 8 m de dénivellation. Le réseau de dunes se développe considérablement dans la zone du cap Rosa, et également plus à l'Est, entre la mer et les lacs Mellah et Oubeïra. Formées de sables meubles dénudés tout à fait à l'ouest, ces dunes sont occupées par les broussailles denses aux pieds ouest et sud des chaînons des djebels Koursi où elles atteignent en divers points la côte de 100 m. Les rides que dessinent ces masses de sables sont séparées les unes des autres par des bas fonds occupés par d'innombrables gareats. D'autres rides sont assez largement étalées comme c'est le cas du lac Noir, gareat Okréra et le lac Bleu. Ces dunes et gareats sont d'orientation Nord Ouest – Sud Est.

**c-** La plaine de Bouteldja : A l'est de gareat El-M'Khada, la plaine de Bouteldja correspond à la basse vallée de l'oued El-Kébir qui est occupée sur ses bordures par des étangs marécageux (lac des oiseaux, région de Righia et d'Oum El-Aguereb). Cette plaine est légèrement bombée de part et d'autre de l'oued.

Il s'avère donc que les zones humides de l'Algérie Nord Orientale se situent dans la zone de contact du massif dunaire (dunes côtières) avec la plaine alluviale et dans les dépressions inter ou intra dunaies, mais rarement dans les grès et argiles de Numidie. L'orientation des dépressions suit sensiblement la direction des vents dominants (Nord Ouest).

### **5- Le Réseau hydrographique**

L'importance saisonnière des pluies avec leur irrégularité annuelle et inter-annuelle et leur forte intensité pendant la période automnale et la structure géologique expliquent les principales caractéristiques du réseau hydrographique et des débits hydrologiques. L'observation du réseau hydrographique du complexe humide d'El-Kala (figure 8) permet de distinguer trois types d'organisations, l'un à l'Est orienté surtout vers le drainage des bassins versants des lacs Mellah, Oubeïra et Tonga (ensemble d'El-Kala) (Figure 9), le second à l'ouest où le réseau est organisé dans sa majeure partie le long de l'Oued El-Kébir Est (figure

10) et le troisième qui correspond à l'ensemble des bassins du cordon dunaire est dominé surtout par des écoulements en nappe sans formation d'un véritable réseau (figure 10).

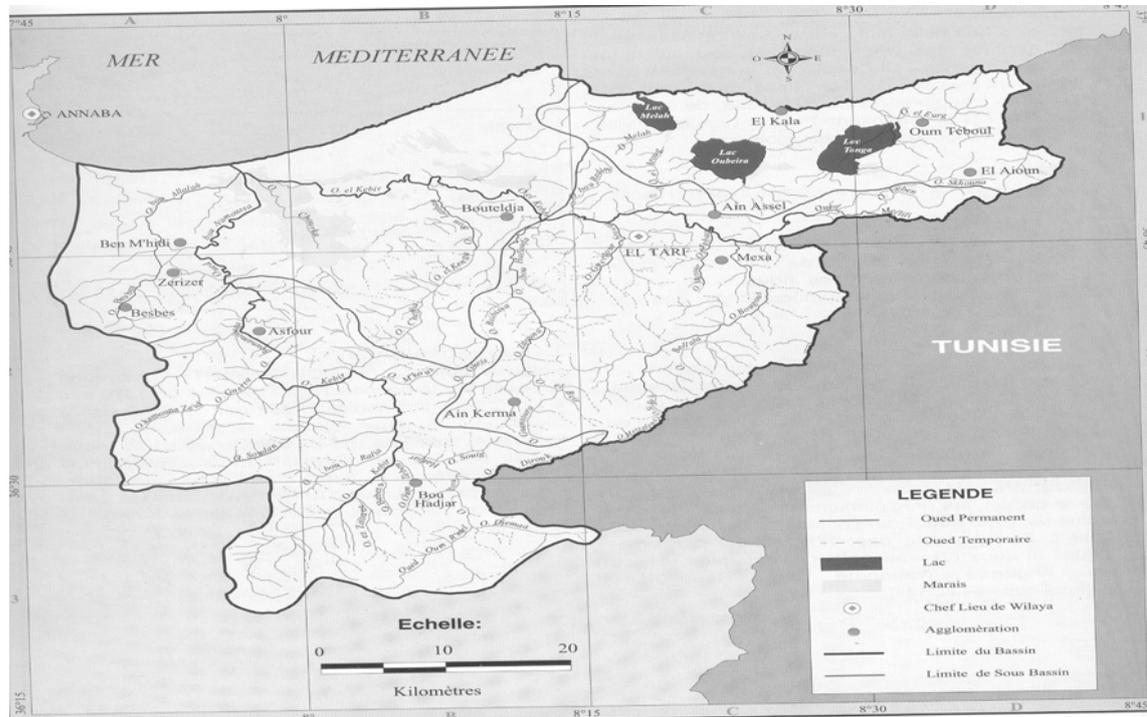


Figure 8- Organisation du réseau hydrographique du complexe humide d'El-Kala

### 5.1 L'ensemble d'El-Kala

Dans cet ensemble, nous regroupons les bassins versants des lacs Tonga, Oubeïra et Mellah (figure 9).

**5.1.1. Le bassin versant du lac Tonga :** La largeur du bassin versant du lac Tonga varie de 500 m à 1 500 m. A l'Ouest et au sud, le réseau hydrologique ne s'est jamais développé et n'est représenté que par des chaabats qui sont en eau en hiver uniquement. A l'Est et au Nord Est, les affluents sont de véritables oueds qui sont à secs lors des grands déficits pluviométriques.

Les principaux cours d'eau que reçoit le lac Tonga sont l'Oued El-Hout au Sud Est et l'Oued El-Eurg au Nord Est. Ils ont édifié de véritables deltas dont les apports ont progressivement réduit la surface du plan d'eau au profit de près riverains des Oueds El-Hout et d'Oum Teboul (Joleaud, 1936).

Dans la partie Sud, le sous bassin versant de l'Oued El-Hout qui draine les eaux du sud-est est limité au Sud par une série de Kefs dont l'altitude varie entre 209 m à l'ouest et 531 m à l'est. La limite est formée par la route d'El-Aioun - Ain Draham et au Sud par la route d'El-Aioun - Mechta Oued El-Hout.

Le sous bassin versant de l'Oued El-Eurg est nettement plus important. Il draine les eaux du Nord Est et de l'Est. Ses limites sont la route Oum-Teboul - El-Aioun qui trace la ligne de partage des eaux entre ces deux sous bassin-versants au Sud et au Sud-Ouest, alors qu'à l'Est, sa limite correspond à la ligne des frontières algéro-tunisienne. Enfin, Kef Seghle



distance d'environ 50 km parallèlement à la côte, à environ 12 à 15 km de la mer avant de rejoindre la Bounamoussa pour former l'Oued Mafragh et pénétrer le massif dunaire et se jeter à la mer.

L'Oued El-Kébir Est traverse successivement la plaine d'El-Taref où il conflue avec l'oued Guergour. Dans la plaine de Bouteldja, il conflue avec les Oueds bou-Halloufa et Bou-Lathan. la plaine de Bouteldja est séparée de la plaine précédente par le seuil de Bourdim. L'Oued El-Kébir Est joue alors le rôle de bassin pour les cours d'eau du cordon dunaire de Bouteldja (Bourdim, Bougles, M'Djez et El-Baheim). Après la localité de Mouassia, l'Oued El-Kébir Est atteint la région d'El-Mkhada, il n'est plus en mesure d'assurer le passage des crues, inondant ainsi le territoire adjacent pour former le marais d'El-Mkhada (10 000 ha).

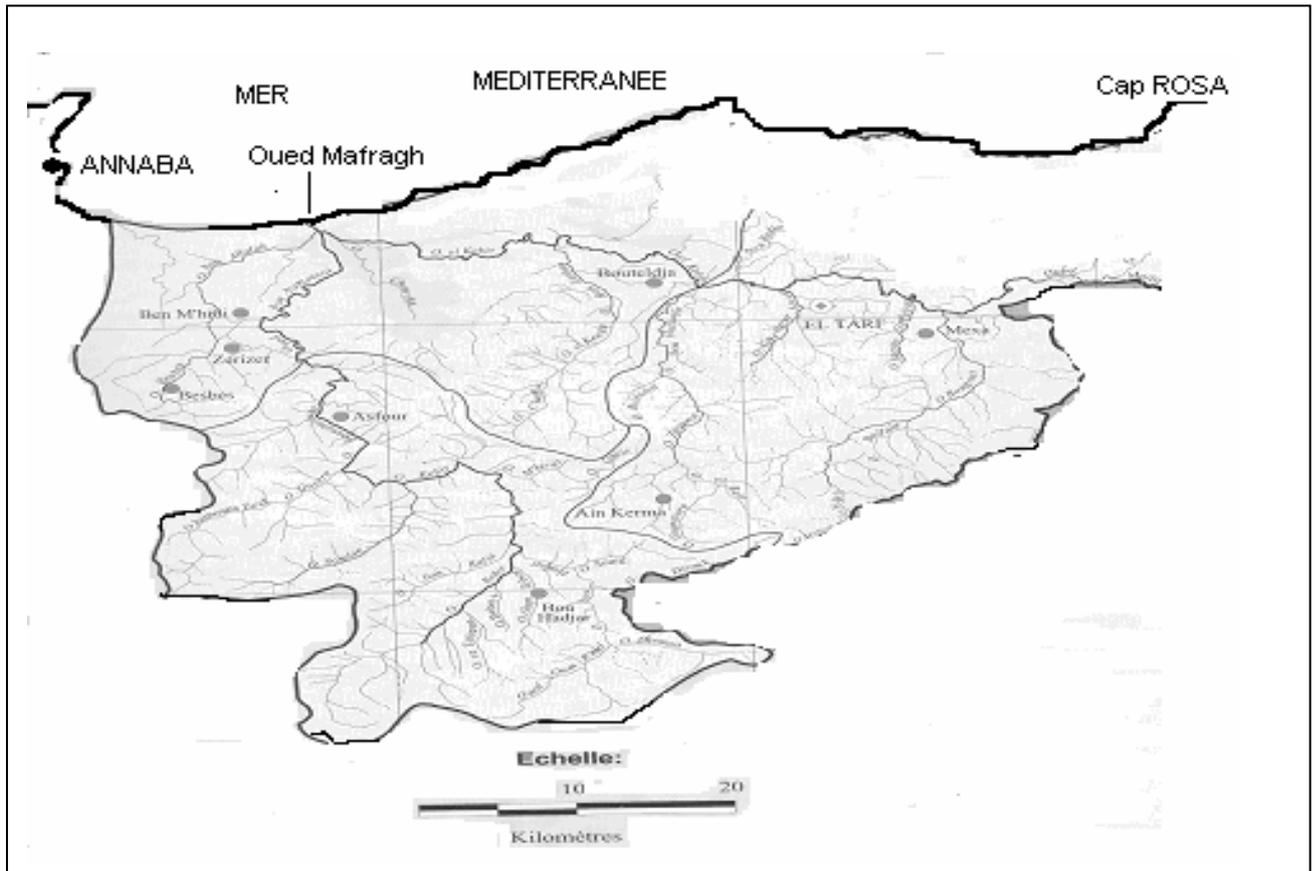


Figure 10- Réseau hydrographique de l'Oued El-Kébir et les bassins du cordon dunaire

### 5.3. Les bassins du cordon dunaire

Ils sont surtout dominés par un écoulement en nappe sans formation d'un véritable réseau, seules les résurgences de sources de trop plein seraient à l'origine des bassins suivants :

**5.3.1- Bassin de l'Oued Bourdim :** L'Oued Bourdim prend source dans les grès et argiles de Numidie situés au Nord. Il traverse les dunes et récupère les eaux de ruissellement direct ou retardé du complexe argilo-gréseux. Il forme un bassin versant de 20 km<sup>2</sup> dont 11 km<sup>2</sup> sous dunes pour se jeter enfin dans le marais de Bourdim. Ce dernier est relié directement à l'Oued El-Kébir Est par un exutoire qui joue le rôle de drain de trop plein du marais.

**5.3.2- Bassin de Bougles et de l'Oued Mdjez :** A l'ouest du bassin de Bourdim, au pied d'une falaise de sable de 25 m de hauteur, apparaît le talweg de Bougles drainant une

surface de 24 km<sup>2</sup> environ dont 17 km<sup>2</sup> de formation dunaire et 7 km<sup>2</sup> de ruissellement numidien (Marre ; 1992). A l'amont du talweg, par un creusement d'érosion régressive sort la source de Bouglès dont le débit est de 15 à 20 l/s. Plus au sud-est, dans le sens d'une pente de 1,4 à 2 % se développe l'une des plus belles aulnaies de la région sur les berges de l'Oued M'djez. Il s'agit de l'aulnaie d'Oum-El-Aguereb avec une surface de 250 ha et une orientation approximative est-ouest.

**5.3.3- Bassin de l'Oued El-Baheim :** Ce bassin vient chevaucher le bassin de Bouglès, le cours de l'oued El-Baheim est orienté NE-SO et draine environ 53 km<sup>2</sup> dont 1,2 km<sup>2</sup> d'argiles gréseuse du Numidien et 2 km<sup>2</sup> de Nechaa. C'est au bassin versant de l'Oued El-Baheim qu'on attribue les plus importantes perméabilités et épaisseurs de sables. C'est au niveau de la rupture de pente que se développe la plus importante forêt d'aulne de la région (aulnaie de Righia d'une surface estimée sur carte à 500 ha).

En conclusion, il s'avère que dans la région d'El-Kala et au tour des lacs, le réseau s'organise en écoulement endoréique, d'une densité très élevée. Cette densité est sous la dépendance de la nature de la roche qui contrôle l'infiltration et le ruissellement et donc la nature et la taille des éléments transportés le long du versant et dans le cône de déjection. Elle maintient le sol en rajeunissement constant.

Le sous bassin de l'oued El-Kébir Est, quant à lui, draine la zone sud ouest de la région d'étude et son substrat est identique à celui de la région d'El-Kala. Il se caractérise par une densité du réseau hydrographique très élevée. Au nord de ce bassin versant, il n'existe que quelques cours d'eau qui émergent des dunes et qui coulent difficilement pour rejoindre l'oued El-Kébir est. Cette organisation donne naissance à deux systèmes, l'un agressif au sud qui conjugue l'arrachage, le transport et le dépôt des matériaux selon la composition granulométrique et la nature chimique des produits mis en suspension, l'autre, au nord qui se caractérise par un écoulement en nappe sans déplacement de masse solide, seuls les produits hydrosolubles sont transportés.

La différence dans le mode d'action des eaux de surface ainsi que la nature et la quantité des produits transportés ont eu certainement une influence sur la formation, l'évolution et l'organisation des profils pédologiques et sur l'hydrochimie de l'ensemble de la région.

### 3.6- Le climat

La zone d'étude dispose de peu de stations météorologiques. Aussi, pour mieux cerner les caractéristiques bioclimatiques de cette région, nous avons utilisé les données climatologiques de Seltzer (1946) que nous avons complété par des données récentes issues des stations météorologiques locales et par celles de deux stations situées en Tunisie. Les stations retenues sont, d'ouest en est, celles des Salines, de Ben M'hidi, de Bouteldja Ain Assel, d'El-Kala, de Tabarka et de Ain Drahem comme indiqué dans le tableau 7.

Tableau 7- Localisation des stations météorologiques utilisées

Stations	N°	Long E	Latitude N	Altitude (m)	Durée	Source
Les Salines	1	7°51'	36°36'	2	1942-1971	Aéroport Annaba
Ben M'Hidi	2	7°54'	36°46'	7	1925-1976	I.N.R.H
Bouteldja	3	8°13'	36°41'	20	1943-1978	I.N.R.H
Ain-Assel	4	8° 20'	36° 50'	36	1968-1989	I.N.R.H
El-Kala	5	8° 27'	36° 54'	10	1913-1938	SELTZER
Tabarka	6	8° 47'	36° 38'	12	1900-1980	SELMI
Ain-Drahem	7	8° 28'	36° 35'	729	1900-1980	SELMI

**3.6.1- La pluviométrie :** La zone d'étude reçoit environ 640 mm/an dans les Salines, 910 mm/an à El Kala et 1550 mm/an à Ain Drahem (tableau 8). De ce fait, cette région se caractérise par une augmentation de la pluviométrie moyenne annuelle quand on se dirige de l'ouest vers l'est.

Tableau 8- Précipitations annuelles moyennes en mm

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Les Salines	103	79	54	45	32	14	3	10	35	72	89	102	638
Ben M'Hidi	113	84	56	48	40	16	3	13	41	76	92	121	703
Bouteldja	129	99	90	73	51	13	7	9	51	89	111	129	851
Ain-Assel	113	100	96	80	38	15	4	9	47	96	111	128	830
El-Kala	145	120	79	64	44	21	4	11	44	85	137	156	910
Tabarka	164	130	89	70	40	17	4	10	53	123	141	173	1014
Ain-Drahem	248	203	161	137	79	29	6	14	67	151	197	263	1553

La répartition saisonnière des pluies (tableau 9) indique que 50 % des précipitations sont enregistrées en hiver et uniquement 3 % en été. Le reste des précipitations est partagé équitablement ou presque entre le printemps et l'automne.

Tableau 9 : Répartition saisonnière des pluies dans la région

STATIONS	PLUIE	HIVER	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE	TOTAL
1	mm % du Total.	248 45	131 21	27 4	196 30	638 100
2	mm % du Total	318 45	144 20	32 5	209 30	703 100
3	mm % du Total	357 42	214 25	29 3	251 30	851 100
4	mm % du Total	334 40	214 26	28 3	254 31	830 100
5	mm % du Total	421 46	187 21	36 4	266 29	910 100
6	mm % du Total	467 46	199 20	31 3	317 31	1014 100
7	mm % du Total	714 46	377 24	48 3	415 27	1553 100

**3.6.2- Les températures :** Les températures moyennes annuelles varient peu d'une station à l'autre. Elles ne dépassent guère les 20°C et ne descendent pas en dessous de 15° C (tableau 10).

Tableau 10- Températures moyennes mensuelles et annuelles

P	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
1	11	11.5	12.9	18.1	21.5	23.2	25.2	28.5	19.7	15.7	15.5	12.3	17.92
2	11.3	11.6	13.5	15.5	18.9	22.7	25.3	26.1	24.1	20.0	15.5	12.2	18.1
3	10.7	11.3	16.7	15.2	18.1	21.8	25.5	25.3	23.3	25.1	16.1	12.3	18.4
4	12.9	12	15.1	17.81	21.5	23.2	25.2	23.5	19	15	11.5	11	17.3
5	12	12.6	14.4	16.3	19.2	22.5	25.4	25.4	24.7	21.7	16.8	13.2	18.7
6	11.3	11.6	13.4	15.5	18.4	22	27.7	25.4	23.6	19.7	15.5	12.6	17.8
7	6.8	7.3	9.8	12.3	16.1	20.0	23.4	24.4	21.5	16.7	11.9	8.4	14.9

Les données du tableau 10 révèlent le caractère tempéré du climat mais masquent ses fortes variations journalières, mensuelles et saisonnières. En effet, les amplitudes thermiques au cours des mois et des saisons peuvent être très importantes comme indiquées dans le tableau 11.

Tableau 11- Minima et maxima absolus de la température de la région, en °C

Station	T°C	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
2	Min	-0.9	-0.8	0.9	1.4	3.7	8.6	11.8	12.8	10	5.4	1.1	-0.6	4.45
	Max.	32.8	31.0	35.5	36.3	41.5	45.8	46.	46.4	44.0	39.1	37.0	29.8	38.78
	Amp.	33.7	31.8	34.5	34.9	37.8	37.2	34.2	33.6	34	33.7	35.9	30.4	34.33
5	Min	1,2	2,2	2,0	4,8	6.4	12.2	14.6	16.7	11.9	8.00	5.6	0.6	7.18
	Max.	26.2	30.2	33.7	35.8	41.4	43.0	45.8	49.4	40.8	38.2	34.0	26.5	37.08
	Amp	25.0	28.0	31.7	31.0	34.0	30.8	31.2	32.7	28.9	30.8	28.4	25.9	29.90
6	Min.	0	0	2	4	5	7	12	12	8	6	2	-1	4.75
	Max.	25	29	34	34	38	42	45	47	43	40	31	29	36.41
	Amp	25	29	32	30	33	36	33	35	35	34	29	30	31.66
7	Min.	-4	-5	-2	0	2	7	9	11	9	4	-1	-2	2.33
	Max	21	24	27	32	34	38	42	49	39	30	29	22	32.25
	Amp	25	29	29	32	32	31	33	38	30	26	30	24	30.25

Les températures maximales sont enregistrées en août et coïncident souvent avec des incendies de forêts (De Belair, 1990). De même, on enregistre trois mois de risque de gelée à Ben M'hidi et Tabarka, six mois à Ain- Drahem et aucun à El-Kala. D'une façon générale, ces températures sont sans incidence sur la végétation naturelle, des incidents ont été notés plusieurs fois sur les cultures (De Belair, 1990).

**3.6.3 - L'humidité de l'air :** Concernant ce paramètre, seules les données des stations des Salines, de Ben M'Hidi et d'El-Kala sont disponibles comme indiqué dans le Tableau 12. L'observation de ce tableau montre que l'humidité de l'air de cette région est très élevée durant toute l'année à cause probablement de sa proximité de la mer et de la présence de plusieurs plans d'eau permanents.

Tableau 12- Humidité relative de l'air dans la région d'étude

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
1	76	74	75	76	73	70	68	70	72	74	74	76	73
2	77	76	72	68	66	61	59	60	65	71.0	74	78	69
5	74	74	70	72	72	73	70	69	70	71	73	75	72

Les plus fortes valeurs d'humidité de l'air dans cette zone sont enregistrées au lever et au coucher du soleil, en particulier durant les mois les plus froids (tableau 13).

Tableau 13- Humidité de l'air journalière dans la station d'El-Kala (De Belair, 1990)

Stations	7h	7h	7h	13h	13h	13h	18h	18h	18h	Moyenne annuelle
	Min.	Ann.	Max.	Min.	Ann.	Max.	Min.	Ann.	Max.	
5	66	72	77	64	68	70	72	76	78	72

Cette humidité élevée, même en période estivale, explique la présence de voiles brumeux propices aux cultures d'été et à la végétation naturelle, compensant ainsi le déficit en pluie durant l'été.

**3.6.4- Les Vents :** Les vents jouent un grand rôle dans la région et sont relativement stables depuis le Quaternaires récent (De Belair, 1990). En effet, les vents violents du N-W sont à l'origine de la formation des rides de direction NW-SE du cordon dunaire. Ces vents sont souvent liés aux pluies d'équinoxes qui apportent les précipitations les plus importantes venues de l'Atlantique. Le sirocco qui souffle dans le sens opposé (SE-NW), principalement en été, assèche l'atmosphère et favorise, avec les températures élevées, les incendies de forêts.

Selon les données de Seltzer (1946) complété par Debièche (2002) pour la station d'El Kala, les vents du N-O sont les plus fréquents comme le montre le tableau 14..

Tableau 14- Fréquence des vents au niveau de la station d'El-Kala.

		N	N.E	E	S.E	S	S.O	O	N.O
HIVER	7h	13	15	12	32	15	41	23	149
	13h	13	18	13	16	06	22	19	191
	18h	14	16	12	20	06	16	22	194
PRINT.	7h	19	23	19	31	11	37	26	134
	13h	19	52	22	15	04	09	21	158
	18h	20	34	21	14	05	09	23	174
ETE	7h	21	30	20	25	13	38	28	125
	13h	19	67	34	10	04	14	23	129
	18h	27	55	30	11	02	09	24	142
AUTOM.	7h	18	14	09	29	17	50	22	141
	13h	18	26	11	14	05	18	17	190
	18h	21	18	10	18	05	18	19	194

Seltzer (1946) complété par Debièche (2002)

**3.6. 5 Les autres composantes climatiques :** Les données relatives à la grêle, la gelée blanche et au sirocco concernent uniquement la station d'El-Kala et sont résumées dans le tableau15

Tableau 15- Grêle, gelée et sirocco à El-Kala

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Grêle	1.3	2.2	0.9	0.6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	1.2	6.8
Gelée	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
Sirocco	0.0	0.2	1.2	1.6	1.8	1.1	2.0	2.3	1.9	1.1	1.0	1.02	14.4

Debièche (2002)

Dans cette région, avec une fréquence moyenne de 1,2 jour/an, les risques de gel sont pratiquement nuls. De même, avec une fréquence de 7 jours/an, la grêle provoque peu de

dégâts. Quant au sirocco qui souffle pendant 15 jours durant l'année, sa fréquence dépasse 2 jours durant les mois chauds et secs (juillet et août) et favorise l'apparition des incendies de forêts.

**3.6.6- Synthèse bioclimatologique :** Dans ce qui suit, nous calculons le quotient pluviométrique ( $Q_2$ ) d'Emberger selon la formule  $Q_2 = 1000 P / [(M+m) (M-m)]/2$  pour la zone d'étude et nous présentons les diagrammes ombrothermiques (figure 11) pour quelques stations météorologiques.

a- Le coefficient pluviométrique d'Emberger : Nous avons calculé les coefficients pluviométriques d'Emberger pour les stations 2, 5 et repris ceux calculés par Selmi (1985) pour les stations 6 et 7 comme indiqué dans le tableau 16.

Tableau 16- Coefficients pluviométriques d'Emberger

Stations	P (en mm)	M(en °C)	M en °C	Q2	Etage Bioclim.	Source
2	703	33.4	6.1	93.42	S.H.F	Calculé
5	910	30,4	8,5	123,1	S.H.C	Calculé
6	1013	30,4	8,5	146	H.C	Selmi (1985)
7	1553	30,4	8,5	194	H.T	Selmi (1985)

S.H.F. : Subhumide frais ; S.H.C. : Subhumide chaud ; H.C. : Humide chaud ; H.T. : Humide tempéré

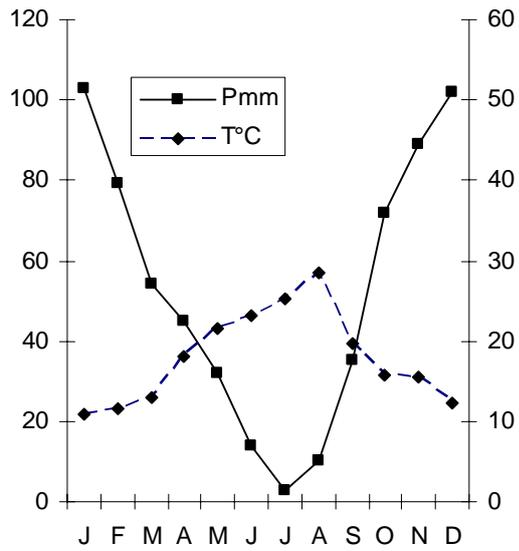
Ce résultat indique que la zone d'étude se caractérise par une importante diversité climatique favorable au développement de la riche biodiversité locale. En effet, les étages bioclimatiques de la région se situent entre le subhumide et l'humide sans être jamais froid. Cette caractéristique favorise d'une part les processus de l'altération chimique des roches et des minéraux et stimule la croissance des végétaux qui seront les pourvoyeurs de la formation des tourbières là où les conditions locales le permettent. Cependant, les valeurs du quotient de sécheresse estivale  $Q$  pour quelques stations (tableau 17) sont toutes inférieures à 1,5 et mettent donc en évidence une sécheresse estivale très forte. Avec des hivers très pluvieux, ce résultat révèle un contraste saisonnier très accentué (El-Afsi, 1978) in Selmi, 1985).

Tableau 16- : Valeurs du quotient de sécheresse estivale d'Emberger

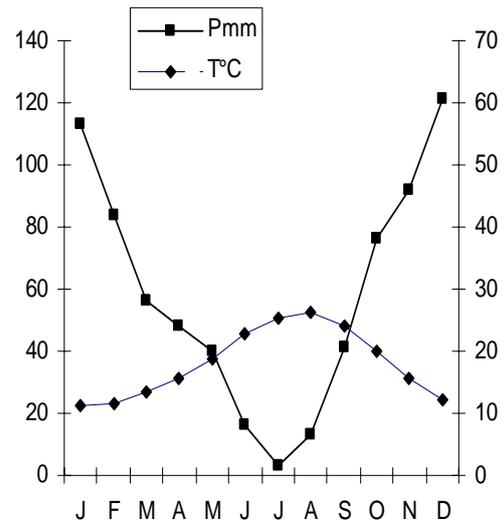
	2	EL-KALA	TABARKA	AIN-DRAHEM
Q	0.26	0,37	0,99	1,47

$Q = P/M$  avec  $P$  = pluviométrie en mm du mois le plus sec et  $M$  = la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °C.

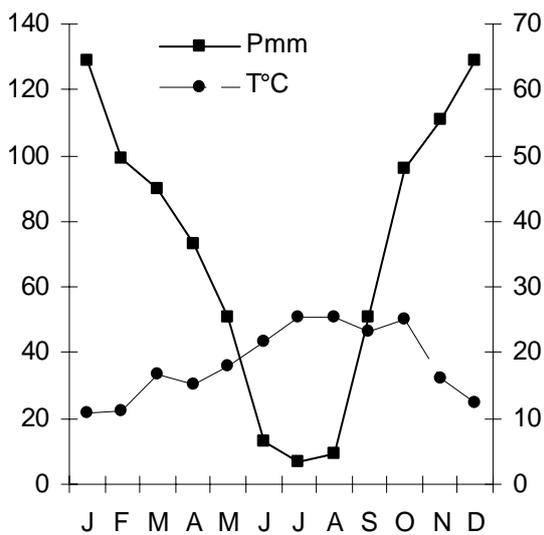
b- Les diagrammes ombrothermiques : Nous avons réalisé les diagrammes ombrothermiques pour les sept stations (figures 11). L'analyse de ces diagrammes indique l'existence d'une période sèche de cinq mois environ qui s'étale approximativement de la moitié du mois d'avril jusqu'à la moitié du mois de septembre.



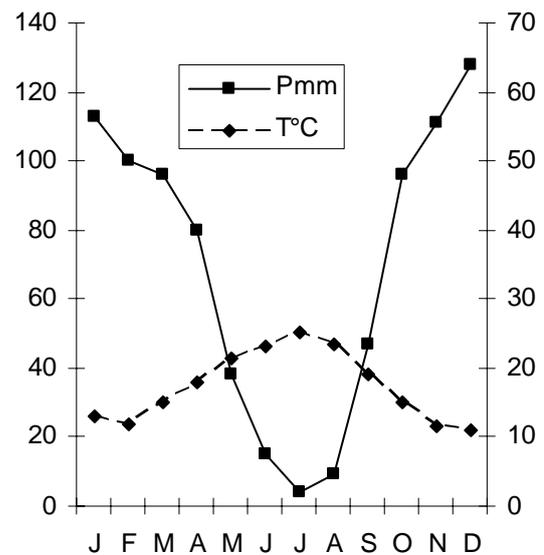
Les salines



Ben M'hidi



Ain Assel



Bouteldja

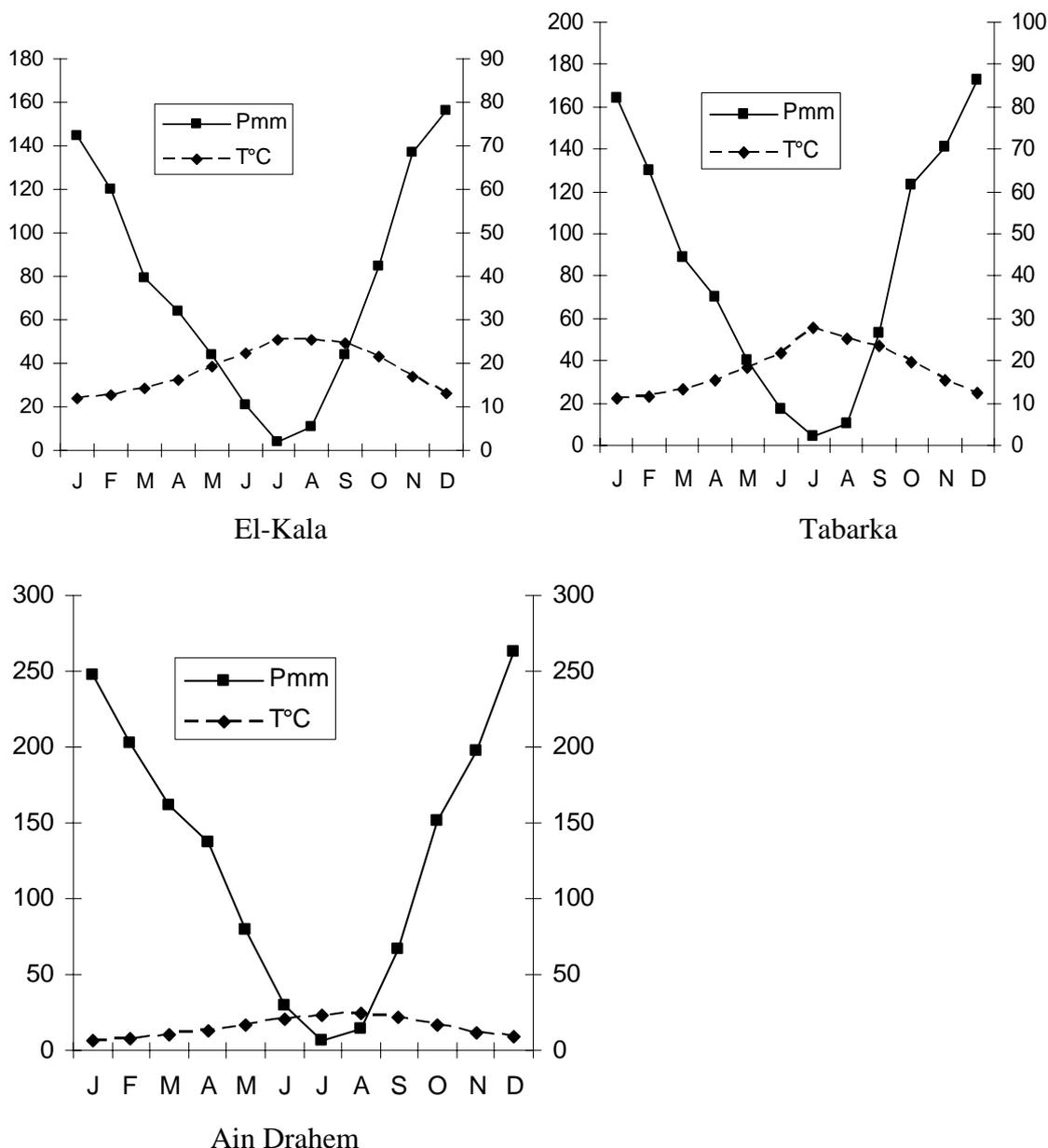


Figure N°11- Diagrammes ombrothermiques des stations étudiées

**3.6.7- Le bilan hydrique :** Le bilan hydrique (ou bilan du drainage climatique) correspond au bilan des apports et des pertes d'eau d'une région. Le plus souvent, les apports d'eau sont le fait exclusif des précipitations atmosphériques alors que les pertes sont le fait du ruissellement, de l'infiltration en profondeur et de l'évapotranspiration. Ce dernier paramètre est important à connaître car il conditionne l'abondance ou le manque d'eau pour la végétation (Halimi, 1980).

L'évaporation et la transpiration, appelées évapotranspiration, équivalent à la quantité d'eau restituée à l'atmosphère sous forme de vapeur à partir de la surface terrestre (sol, végétation et eau libre). L'évapotranspiration est calculée généralement par la formule de Turc selon l'équation :

$E.T.P \text{ mm/mois} = 0,4 \cdot t / (t+15) \times (I_G + 50)$  avec :

$I_g$  = moyenne mensuelle de radiation solaire exprimée en  $\text{cal/cm}^2/\text{jour}$ .

T = Température moyenne mensuelle.

0,4 = Constante résultant du produit 0,013 x Nbre de jour du mois.

La radiation solaire peut être mesurée ou calculée à partir des valeurs indiquées sur les cartes spécifiques rapportées par TURC in Halimi (1980). En se basant sur ces valeurs, l'estimation des valeurs de la radiation solaire est reportée sur le tableau 18

Tableau 18 : Valeurs de  $I_g$  selon la latitude des stations

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4	410	536	702	848	946	981	957	868	735	575	434	369
5	409	535	701	847	945	980	956	867	734	574	433	368

La détermination de la valeur moyenne de la radiation solaire (tableau I8) permet de calculer l'évapotranspiration (E.T.P) pour les deux stations situées en Algérie (Ain Assel et El-Kala). Pour les deux autres stations situées en Tunisie, nous avons utilisé les valeurs de l'E.T.P et du drainage climatique des travaux de Selmi (1985).

Les données du tableau19 mettent en évidence l'existence d'un bilan mensuel déficitaire qui dure neuf (09) mois à l'ouest (Algérie) et cinq (05) mois seulement à l'est (Tunisie). Ce déficit n'est pas sans conséquence, ses effets sont multiples sur la végétation et dans les phénomènes de pédogenèse. Les espèces végétales qui résistent à une aussi longue durée de sécheresse totale (09 mois/an) sont rares. Cette situation se traduit par des difficultés de régénération naturelle observée sur le terrain (Selmi 1985).

Tableau 19- Précipitation, Evapotranspiration et Drainage Climatique dans la région

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
4	A	113	100	96	80	38	15	4	9	47	96	111	128	837
	B	85	104	151	195	235	250	253	224	175	125	84	71	1952
	C	48	-4	-55	-115	-197	-235	-249	-215	-128	-29	27	57	-1095
5	A	145	120	79	64	44	21	4	11	44	85	137	156	910
	B	82	107	147	187	234	247	253	231	195	145	102	78	2008
	C	63	13	-68	-123	-190	-226	-249	-220	-151	-60	35	78	-1098
6	A	164	130	88	70	40	17	4	10	53	123	141	173	1013
	B	41	59	82	105	142	162	183	165	125	85	54	42	1245
	C	123	71	6	-35	-102	-145	-179	-155	-72	38	87	131	-232
7	A	248	203	161	137	79	29	6	14	67	151	197	263	1555
	B	31	43	69	92	128	155	184	165	122	73	48	32	1142
	C	217	160	92	45	-49	-126	-178	-151	-55	78	149	231	413

A: Précipitation en mm (P) B: Evapotranspiration en mm (E.T.P) C: P-E.T.P en mm

Au niveau du sol, les cycles humectation-dessiccation interviennent sur le mode d'humification, les cycles géochimiques et sur les comportements des constituants des sols, notamment sur les argiles et les oxyhydroxydes (Duchaufour, 2001 ; Gallali, 1980 ; Selmi, 1985 ; Gury, 1990). Ces variations d'humidité qui vont se retrouver amplifiées au niveau du sol, en particulier là où les horizons passent très rapidement à un régime de dessiccation accentuée conduiront à une évolution particulière de la matière organique d'une part, et à des processus d'altération originaux relativement importants d'autre part (Duchaufour, 1988 ; Duchaufour, 2001).

L'étude du climat du complexe humide d'El-Kala fait ressortir son originalité. Selon De Belair (1990), ce complexe se trouve dans le sub-humide tempéré (SHT) au Nord, dans l'humide doux (HD) et l'humide chaud (HC) au Nord-Est, dans l'humide tempéré (HT) au Sud et à l'Est, et dans l'humide chaud et tempéré à l'Ouest sur les collines occidentales. C'est donc à une véritable mosaïque d'étages bioclimatiques que nous avons à faire. Joleaud (1936) a écrit que c'est à El-Kala que s'observe la plus grande analogie entre le milieu vivant de la France méridionale et celui de l'Algérie. Durand (1954) compare cette région aux régions atlantiques à climat tempéré.

C'est cette mosaïque climatique, à l'origine d'une extraordinaire diversité botanique et écosystémique qui fera écrire à Joleaud (1936) "..., cette région a conservé la trace très nette de l'ancien climat tropical Nord Africain, juxtaposé ici étroitement à un peuplement végétal et animal aux affinités européennes franchement prépondérantes. Tel est le double caractère biogéographique fort curieux de l'extrême Nord-Est Algérien".

### 3.7- La Végétation

La Numidie est remarquable par la diversité de son couvert végétale particulièrement dans le complexe d'El-Kala. Selon Thomas (1975), Aouadi (1989) et De Belair (1990), la végétation de la région se répartit en cinq principales séries.

a- Série de chêne liège (*Quercus suber*). Elle s'étend entre 400 et 900 m d'altitude sur les versants Nord et Nord-Est. Le cortège floristique qui accompagne cette série est composé d'*Erica arborea*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea angustifolia* et *Cytisus triflorus*.

b- Série de chêne zeen (*Quercus faginea*). Cette série se limite au niveau des stations fraîches et humides, son cortège floristique est composé essentiellement d'*Ilex aquifolium*, *Erica arborea*, *Cytisus triflorus*, *Crategus monogyna*, *Myrtus communis*, *Laurus nobilis*.

c- Série de chêne Kermes (*Quercus coccifera*): cette série occupe surtout les dunes littorales, son cortège floristique est composé de *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Halimium halimifolium*, *Chamerops humilis*.

d- Série de pin maritime (*Pinus maritima*) : Le pin maritime croît sur les collines sublittorales souvent en mélange avec *Quercus suber*, *Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Phillyrea angustifolia*, *Cistus salvifolius*, *Arbitus unido*, etc.

e- 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 : constitué de *Nymphaea alba*, *Callitriche pallustris*, *Ranunculus aqualitis*, *Polygonum salicifolium* et *Salvinia natans*.
- Végétation amphibie : on trouve *Scirpus lacutus*, *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Juncus capitulatus*, etc.

- Végétation hydrophile : elle est représentée par *Orminis mixta*, *Mentha rotundifolia*, *Trifolium maritimum*, etc.
- Végétation héliophile formé de *Alnus glutinosa*, *Salix pedicillata*, *Erica scoparia*, *Rubus ulmifolus*, *Vitis vinifera*, *Athyrium filix femina*, *Osmenda regalis*, *Laurus nobilis*, etc...

L'inventaire de la végétation du complexe humide d'El-Kala montre l'existence d'environ 850 espèces végétales (De Belair, 1990). Le patrimoine floristique est ainsi constitué par 550 Spermaphytes et 300 Cryptophytes. Sur le plan botanique, ce sont incontestablement les Angiospermes qui dominent. Les Gymnospermes ne sont représentés que par les *Cupressaceae* et les *Pinaceae*. Parmi les Cryptophytes, on recense 30 fougères, 110 champignons, 40 mousses, 70 algues et 50 lichens.

La région d'El-Kala abrite près du tiers de la flore algérienne dont 36 % d'espèces inventoriées sont considérées comme assez rares, rares ou très rares (De Belair, 1990 ; Fetni, 1992 ; Debache, 1997 ; Allaoua, 1997).

La grande diversité des biotopes et le climat humide ont permis le maintien et la diversification des espèces d'origine biogéographique variable (Tableau 20) car on retrouve des espèces aussi bien tropicales, particulièrement au niveau des zones humides avec *Marsilea diffusa* (Leprieur), *Utricularia exoleta* (Robert Brown), *Dryopteris gongyloides* (Schkuur), *Najas pectinata* (Parlatore) Magnus, *Jussieua repens* (Linné), *Rhynchospora glauca* (Vahl) et *Cyperus corymbosus* (Rottb) qu'euro-péennes telles que *Alnus glutinosa* (Linné) Gaertner, *Fraxinus angustifolia* (Vahl), *Salix alba* (Linné), *Ulmus campestris* (Linné) et *Ilex aquifolium* (Linné) (Benslama et al, 1997). Les espèces typiquement méditerranéennes constituent la trame de fond de la flore de la région d'El Kala (De Belair, 1990). Cette diversité a permis le développement d'une multitude de formations végétales dont certaines constituent un patrimoine à préserver soit pour sa rareté, sa fragilité, son originalité, sa diversité ou encore pour sa valeur potentielle. Il s'agit de la zéenaie d'altitude, des subéraies, des aulnaies, des ripisylves et de la cocciféraie du cordon dunaire.

Tableau 20- distribution biogéographique des espèces inventoriées

Origine biogéographique	%
Méditerranéennes	31%
Cosmopolites et Sub-Cosmopolites	15%
Euro-asiatiques	07%
Tropicale et Subtropicale	07%
Méditerranéenne et euro-méditerranéenne d'altitude	11%
Endémiques pour l'Algérie et la Tunisie	12%
Paléo-tempéré, Circomboréal, endémique humide, thermo-cosmopolite.	16%

(Benslama et al, 1997)

Le climat présente des liens étroits avec la végétation naturelle, celle-ci intègre l'action des deux facteurs climatiques, humidité et température. La couverture végétale modifie le régime hydrique et le pédoclimat. Elle est également une source de matière organique qui, par sa combustion, libère l'énergie nécessaire aux réactions diverses de décomposition et de synthèse dont le sol en est le siège. Les caractéristiques des groupements végétaux qui fournissent de la matière organique au sol du complexe humide d'El-Kala sont plus ou moins

encore proches de l'état naturel. Toutefois, la combinaison de plusieurs facteurs d'altération a modifié les surfaces, la composition et la nature de l'humus. Ce dernier reflète l'état des différents groupements écologiques qui agissent de prêt ou de loin sur la formation, l'évolution et le fonctionnement de l'écosystème sol.

**3.7.2- les groupements écologiques :** Dans la région, la description des groupements écologiques a permis de reconnaître les groupements suivants :

a- La cocciferaie et la juniperaie : La cocciferaie occupe les formations dunaires consolidées du littoral. On y distingue trois groupements végétaux :

- Le groupe des pionniers: Ce groupe est représenté par *Eryngium maritimum*, *Agropyrum junccum* et *Euphorbia peplis*,
- Le groupe des sables mobiles: Il est représenté par *Pancretium maritimum* et *Retama boveiet*
- Le groupe des dunes consolidées qui est représenté par *Juniperus phoenicea* , *Juniperus oxycedrus* , *Quercus coccifera* , *Pistacia lentiscus*.

Ces formations jouent un rôle primordial pour la fixation des sables côtiers soumis à l'action directe des vents dominant de l'ouest.

b- Les pelouses : Les milieux ouverts herbacés de la région résultent généralement de l'abondant de terres agricoles. Ces milieux se caractérisent par la présence dominante d'*Asphodelus microcarpus*, *Urginea maritima*, *Ormenis mixta*, *Inula squarosa*...

c- Les maquis non arborés : Ils se présentent sous la forme d'une nappe buissonnante dont la hauteur varie selon les sites de 0,7 m à 4 m avec un taux de recouvrement qui se situe entre 60 et 90 %. Ces milieux se caractérisent par la présence dominante d'*Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Oleá europea* et de *Callicotum villosa*. Localisés par taches entre les massifs forestiers non dégradés, ils peuvent couvrir des étendues relativement importantes.

d- Les maquis arborés : Ces maquis sont constitués d'une strate buissonnante de 2 m de haut en moyenne dont le taux de recouvrement moyen est de 60 % et d'une strate arborée de chêne liège généralement de faible hauteur et d'un taux de recouvrement moyen de 40 %. Ce groupement se caractérise principalement par une grande étendue qui avoisine les 20 000 hectares. Plusieurs fois éprouvées par des incendies importants (1983, 1993 pour ces dix dernières années), ces forêts se sont naturellement régénérées mais n'en présentent pas moins des signes de dégradation, parfois sévères. La diversité botanique du maquis diminue par endroit sous l'action répétée des incendies et se traduit par un remplacement d'espèces de feuillues (lentisque, myrte, arbousier...) par des épineux (calycotome).

e- Les aulnaies : Les Aulnaies du complexe humide d'El-Kala sont un écosystème de plus haut intérêt écologique, biologique et paléoécologique. Elles se développent sur les surfaces d'atterrissement des oueds là où la permanence de l'eau sur des alluvions fluviales permet la formation d'une sorte de tourbe acide résultant de la mauvaise décomposition de la matière organique. Elles se situent également dans les zones de contact dune/lac ou au niveau des zones de résurgence des eaux souterraines accumulées dans les réservoirs constitués par les ensembles dunaires.

La diversité des espèces végétales rencontrées dans les aulnaies est liée à des variations du milieu dues à la permanence de l'inondation des sols, à la profondeur de l'eau et à l'intensité de l'éclaircissement. Ainsi on distingue plusieurs faciès qui dépendent de la densité du peuplement d'*Alnus glutinosa* : aulnaie sèche, aulnaie humide inondée temporairement, aulnaie inondée en permanence. Certaines de ces aulnaies ont tendance à évoluer en

tourbières basses ou tourbières à hypnacées comme c'est le cas de l'aulnaie de Nechâa de righia, Oum Laguerb, Ain Khiar, Demnt Rihâna, Eriguibet, Boumalek.

Les Aulnaies du Tonga appartiennent à l'association *Alnetum glutinosae*, (Tonga, Laouledj, Melloul) celles de l'Oubeïra à l'association *Alnetum-Fraxinetum oxycarpae* (Oubeira, Boumerchen, Demnet Rihâna, Dey grâ, Ezzana) et plus du Mellah (Boumalek, Mellah sud, boullâroug, R'guibet) au *Fraxinetum oxycarpae* ou à *Alnetum-Fraxinetum oxycarpae*.

Il est difficile de circuler dans ces Nechâa à cause de la forte densité du couvert végétal et de l'inondation du sol qui dure parfois plus de six mois par an (tableau 21). Ces ensembles présentent des spécificités naturelles d'intérêt écologique certain par l'existence d'une diversité biologique d'un niveau de conservation naturelle élevée, et présentent une spécificité intrinsèque de ces biotopes.

f- Les ripisylves : La région d'El Kala compte parmi les régions les plus abondamment arrosées en Algérie (900-1200mm/an) et aussi l'une des plus drainées. Aussi, les cours d'eau sont jalonnés par des peuplements ripicoles diversifiés. On y rencontre selon les caractéristiques du cours d'eau (permanence, débit de l'écoulement, longueur et largeur des lits majeur et mineur, altitude et latitude) des formations d'importance et de composition différentes, marquées par l'imbrication de plusieurs strates arborées (*Alnus glutinosa*, *Ulmus campestris*, *Fraxinus angustifolia*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Salix triandra*, *Salix cinerea*, *Salix pedicelata*, *Tamarix africana*), arbustives (*Laurus nobilis*, *Nerium oleander* laurier rose, *Erica scoparia*), herbacée (surtout des graminées, cypéracées, fougères...) et lichens, bryophytes, helophytes, d'origine diverse (endémique, européenne, tropicale, cosmopolite...).

Les ripisylves les plus importantes sont celles des oueds El Kebir, Bougous, Bourdim, Eriguibet, Dey graâ, Demt Rihane, El-Ereg, Mellah et El Hout. Les ripisylves de moindre importance sont celles des oueds Boumerchene, Bouhchicha, El Eurg, Messida, N'hal, Ain Bergougaya et Boutribiche (tableau 22). La partie occidentale est la région qui compte le plus de formations ripicoles.

Tableau 21 - Principales Aulnaies du Complexe humide d'El-Kala

Aulnaie	Superficie (ha)	Alimentation en eau	Permanence de l'eau	Faciès
Tonga	50	Lac-nappe	Inondée/ sèche	<i>Alnetum-Fraxinetum oxycarpae</i>
Mellah Boumalek	02	Châabet Esatha - nappe	humide	<i>Alnetum glutinosae</i>
Mellah-sud	03	oued Boulâaroug	Inondée/ sèche	<i>Alnetum-Fraxinetum oxycarpae</i>
Mellah S-O ( Oued El-eroug )	1,5	O. Mellah	humide	<i>Alnetum-Fraxinetum oxycarpae</i>
Oubeira	50	Lac	humide	<i>Alnetum-Fraxinetum oxycarpae</i>
Ain Khair	180	O Khelidj Bouir, O. EcChouf - nappe	inondée	<i>Alnetum glutinosae</i>
Bourdim	10	O. Bourdim, O. Kebir	Inondée/ sèche	<i>Fraxinetum oxycarpae</i>
Erguibet	05	O. Rguibet –nappe	humide	<i>Alnetum-Fraxinetum oxycarpae</i>
Laouledj	01	source Laouledj- Bergougaya	humide	<i>Alnetum glutinosae</i>
Melloul	01	source Melloul	humide	<i>Alnetum glutinosae</i>
Boumerchen	01	oued Boumerchen-lac	Inondée/ sèche	<i>Alnetum-Fraxinetum oxycarpae</i>
Demnt Rihana	05	source-nappe	inondée	<i>Alnetum glutinosae</i>
Bouhchicha	01	O. bouhchicha – Messida- lac	inondée	<i>Alnetum-Fraxinetum oxycarpae</i>
Oum Laguereb	150	Oued Bouglèzse	inondée	<i>Alnetum glutinosae</i>
Righia	300	Oued Lebhèim	inondée	<i>Alnetum glutinosae</i>
Boumahacen	100	Oued El-Kébir	inondée	<i>Alnetum glutinosae</i>

(Plan de gestion du PNEK , 1998)

Tableau 22- Principales Ripisylves du Complexe humide d'El-Kala

Noms des Oueds	Longueurs (km)	Débit (m/s)	Régime	Exutoires
Eriguibet	08	--	Permanent	Lac Mellah
N'hal	03,5	--	Permanent	Plage Cap Rosa
Mellah	07	--	Intermittent	Lac Mellah
El-Ereg	05	--	Permanent	Lac Mellah
Demt'Rihane	01,5	--	Permanent	Lac Oubeira
Boumerchene	02	--	Intermittent	Lac Oubeira
Messida	10	--	Permanent	Lac Oubeira
Day Grâa	05	--	Permanent	Lac Oubeira
El Eurg	10	--	Permanent	Canal Messida
El Hout	14	--	Intermittent	Lac Tonga
Bougous	24	--	Permanent	Barrage Mexna
El Kebir	55	--	Permanent	Mafragh
Bourdim	05	--	Permanent	Marais Bourdim
Boutribiche	02		Permanent	Plage Boutribiche
Ain Boumalek		17	Permanent	Lac Mellah
Ain Boulif		300	Permanent	Mer
Ain Dardara		28.5	Permanent	
Ain Khanguet Aoun		29	Permanent	lac Tonga
Ain El Hammam		9,9	Permanent	
Ain El aich		18	Permanent	
Ain Souani		9	Permanent	
Ain Kebir		7	Permanent	Oued Bougous
Ain Si Belgacem		3,6	Permanent	
Ain Bergougaya		8,5	Permanent	Oued Laouledj

(Plan de gestion du PNEK,1998)

g- La pineraie : Deux essences différentes constituent ce type de milieu, le Pin d'Alep qui forme un peuplement naturel mûr qui se localise à l'Ouest du lac Mellah et le Pin maritime qui forme des peuplements artificiels de plus grande superficie que le précédent dont les principaux se localisent au Nord du lac Tonga et à la frontière algéro-tunisienne. Ces deux formations ont la particularité, sauf pour celle localisée à la frontière, de croître sur sol dunaire. Le sous-bois est composé surtout de *Quercus coccifera*, *Mirtus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Halimium halimifolium*. Sa hauteur moyenne est de 2.50 m avec un taux de recouvrement moyen de 63 %.

h- L'Eucalyptaie : A peu près contemporain des reboisements de Pins, l'Eucalyptus occupe d'importantes superficies (30 000 ha). L'essence s'est parfaitement acclimatée et régénère facilement par semis naturel en envahissant le maquis à chêne liège environnant. Non entretenues, les forêts d'eucalyptus sont denses et broussailleuses. Plantées dans des maquis ou dans des subéraies dégradées, elles en ont gardé la structure et la composition du sous-bois. Celui-ci est caractérisé par la présence de *Calycotome villosa*, *Genista fero*, *Pistacia lentiscus*, *Mirtus communis*, *Rubus ulmifolius*. Cependant, ce sous-bois s'est progressivement clairsemé à mesure que les conditions édaphiques et d'ensoleillement se modifient avec la croissance des arbres.

i- La subéraie de plaine : Ce type de milieu correspond à la forêt au sens strict avec la présence de trois strates fondamentales: la strate arborée, la strate buissonnante des sous bois et enfin, la strate herbacée.

La strate arborée, monospécifique, est composée de *Quercus suber* dont les sujets peuvent atteindre 8 m de hauteur. Leur recouvrement moyen est de 60% environ. Le sous-bois est haut et dense. Il est caractérisé par la présence de *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus monogyna*, *Erica arborea*, *Erica scoparia*.... La strate herbacée est relativement rare du fait de la densité du sous-bois; elle est composée de quelques graminées et de pieds épars d'*Asphodelus microcarpus*, *Urginea maritima*.

j- La subéraie de montagne : Ce type de milieu se caractérise par l'absence partielle ou totale de sous-bois. La strate arborée est composée essentiellement de chêne liège (*Quercus suber*) parfois en mélange avec le chêne zeen formant une ambiance forestière primitive. Les arbres peuvent atteindre 18 m de haut pour une moyenne de 10.5 m. L'importante densité des arbres conduit à un recouvrement de 65 % en moyenne, avec une répartition très homogène.

L'absence du sous-bois, qui semble d'ailleurs assez ancienne, est due à l'action combinée du défrichage et du surpâturage. La strate herbacée est moyennement développée. Elle est composée des opportunistes *Asphodelus microcarpus* et *Urginea maritima*, de quelques graminées et composées.

k- La zeenaie : La forêt de chêne zeen occupe généralement les expositions Nord à Nord-Ouest dans des altitudes comprises entre 800 et 1 200 m. Le chêne zeen (*Quercus canariensis*) est la seule essence caducifoliée qui est constituée en peuplement homogène sur une superficie relativement importante dans les limites du complexe humide d'El-Kala. La strate arborée est généralement monospécifique, rarement en mélange avec le chêne liège (*Quercus suber*) dans les stations défavorables et avec les saules ou les lauriers dans les stations humides. De grande taille, les arbres peuvent atteindre une hauteur de près de 30 m pour une moyenne de 18 m et un taux de recouvrement d'environ 70 %. Le sous-bois est peu développé et se caractérise par la présence de *Cytisus triflorus*, *Rubus ulmifolius*, *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Lorus nobilis*, *viburnum tinus*, *Ilex aquifolium*, *Fruscus hypophyllum* et de quelques transgressives des groupements thermophiles telles que *Myrtus communis*, *Calycotome villosa*. La strate herbacée est représentée par des espèces sciaphiles telles que *Pteris aquilina* et *Osmunda regalis*; des graminées *Hyparrhenia hyrta*, *bromus sp.* Les liannisants sont très présents et sont représentés par *Hedera helix* et *Smilax aspera*. Dans cette strate, nous enregistrons la présence de mousses et des lichens.

k - Les Tourbières : Les tourbières de cette région se localisent sur les rives des lacs Tonga, Oubeira et El Mellah. On les trouve également dans les dépressions dunaires et dans les zones de contacts du substrat perméable avec le substrat imperméable.

Les tourbières abrite une biodiversité riche et variée et constituent un dernier refuge pour plusieurs espèces menacées, rares ou très rares telles que *Carex pendula*, *Laurentia bicolor*, *Lythrum salicaria* et *Echinodora ranunculoides* entre autres.

### **3.8- la couverture pédologique**

La couverture pédologique de la région se caractérise par une distribution des chaînes de sol en fonction de la topographie, de la végétation et de la roche mère (Benslama, 1993). Selon la les cartes des sols Durand, 1954 ; Marre, 1992 ; Benslama, 1993 ; Kheireddine,1993 ; Othmani-Sendid, 2000) les principaux types de sols de cette région sont les suivants :

- Les sols peu évolués sur les crêtes gréseuses et les dunes,
- les mollisols dont l'évolution est influencée par le couvert végétal source de matière organique ; ces sols occupent les dépressions et les plaines argileuses ou argilo-sableuses,
- les sols des dépressions humides dont l'évolution est conditionnée par le degré de saturation en eau, l'absence d'oxygène et l'apport considérable en débris organique. Dans cette catégorie, on reconnaît des sols tourbeux, des sols hydromorphes humifères et des sols à gley et à pseudo-gley (Benslama, 1996 ; Benslama et al, 1997).

Dans un premier temps, nous avons déterminé la typologie géomorphologique des zones humides d'El Kala. Par la suite, nous avons effectué une prospection assez détaillée qui nous a permis de subdiviser chaque type géomorphologique en zones représentatives qui ont été caractérisées à leur tour par des profils pédologiques représentatifs. Sur cette base, nous avons réalisé un inventaire de la végétation et décrit et analysé des profils types. L'analyse de l'eau, de la matière organique et du pollen ont été nécessaires pour comprendre le fonctionnement hydrochimique de ce milieu et pour mieux comprendre la dynamique de l'évolution des sols tourbeux.

Dans ce qui suit, nous regroupons les méthodes de travail et du matériel utilisé dans cette recherche. Par la suite, des précisions complémentaires et plus détaillées seront apportées et explicitées quand les chapitres correspondants seront abordés.

#### **4.1-Typologie géomorphologique des zones humides d'El-Kala**

L'objectif de cette typologie est de proposer un classement cohérent et opérationnel des zones humides. Le fonctionnement des zones humides ne peut être dissocié de celui du bassin versant dans lequel elles s'inscrivent. La typologie proposée sera donc basée tout d'abord sur l'analyse de la zone humide considérée au sein de son bassin versant.

Le premier niveau de cette typologie définit des zones humides potentielles, représentant en quelque sorte une enveloppe extérieure quant à leur délimitation. Le deuxième niveau définit, au sein de cette première délimitation, les zones humides effectives, qui présentent réellement un caractère de milieu humide, caractère qui a pu disparaître du fait notamment d'aménagements, et d'en définir la temporalité. Enfin, le troisième niveau définit les zones humides efficaces vis à vis du fonctionnement hydrologique du bassin versant ou plus généralement vis à vis d'une fonction particulière.

Le complexe humide d'El-Kala abrite une importante richesse naturelle qui se traduit par une mosaïque d'écosystèmes interdépendants. En allant de la mer vers l'intérieur, on rencontre des dépressions dunaires, des zones de contact flyschs numidiens/dunes, des zones de contact plaine alluviale/dunes et des dépressions lacustres.

**a- Les dépressions dunaires (figure 12):** Elles se développent dans le cordon dunaire qui s'étend de l'Est à l'Ouest sur une longueur de 40 km et qui se prolonge vers le sud jusqu'au pied du Djebel Segleb. Ce cordon est colonisé par une végétation dense de chêne kermès bien stabilisée. Les dépressions dunaires sont occupées par des formations hygrophytes à base de phragmites, joncs et aulnes.

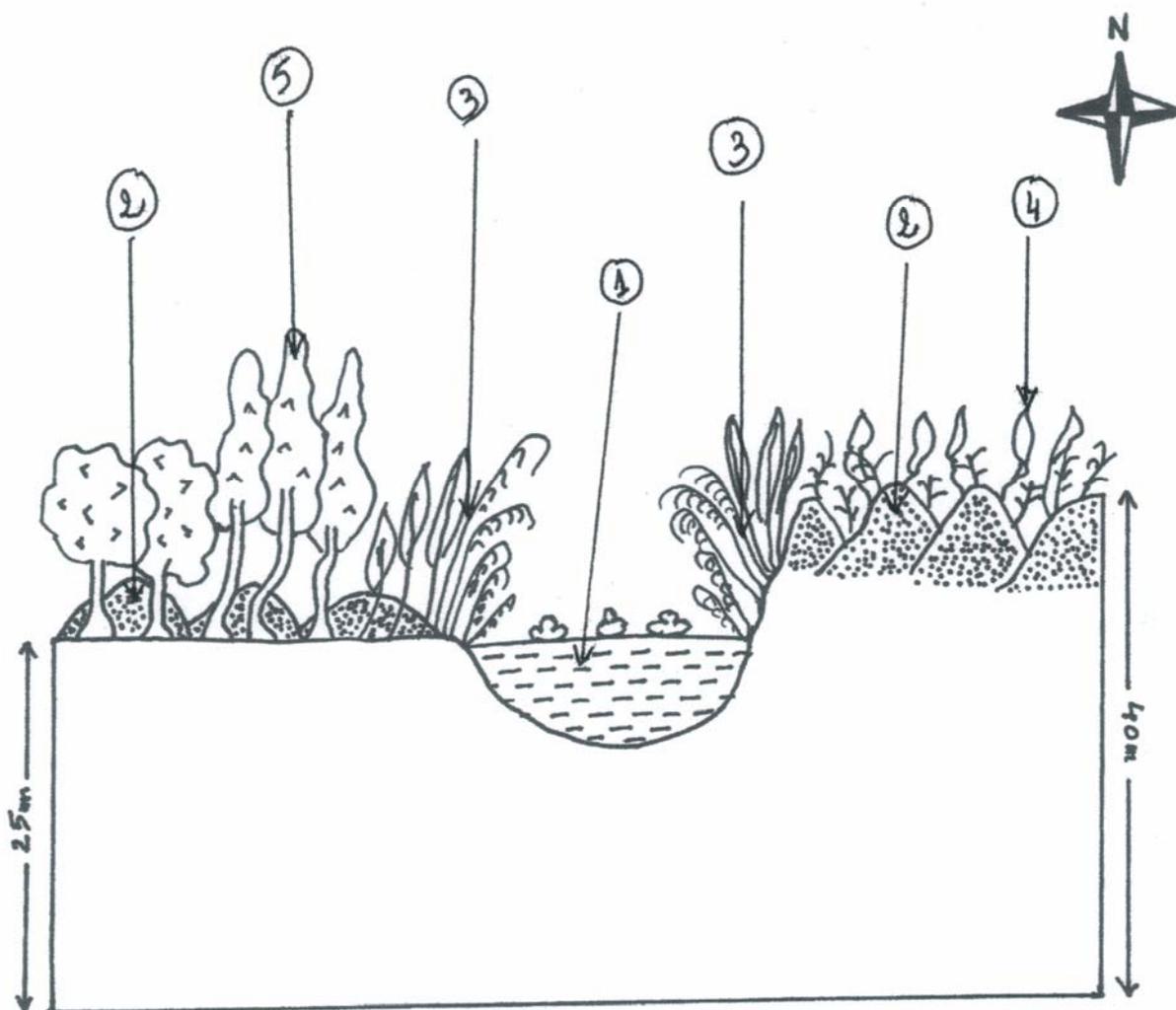


Figure 12 : Schéma d'une dépression interdunaire

**Légende :**

- 1- Plan d'eau
- 2- Dune côtière
- 3- Végétation semi aquatique
- 4- Végétation dunaire
- 5- aulnaie sur sable

**b- Les zone de contact flyschs Numidiens/dunes** (Figure13) : Ce sont des milieux humides développés en faveur du contact entre le banc argileux du flysch numidien et la dune, le mouvement de l'eau étant bloqué par la bande argileuse. Ces dépressions sont occupées par des hygrophytes tel les joncs, cypéracées et des phragmites. L'aulne occupe les milieux exondés là où la nappe est proche de la surface. Le chêne liège et son cortège floristique à base d'*Erica arborea*, *Myrtus communus* et *Calycotum villosa* forme la dernière ceinture de végétation dans ces milieux.

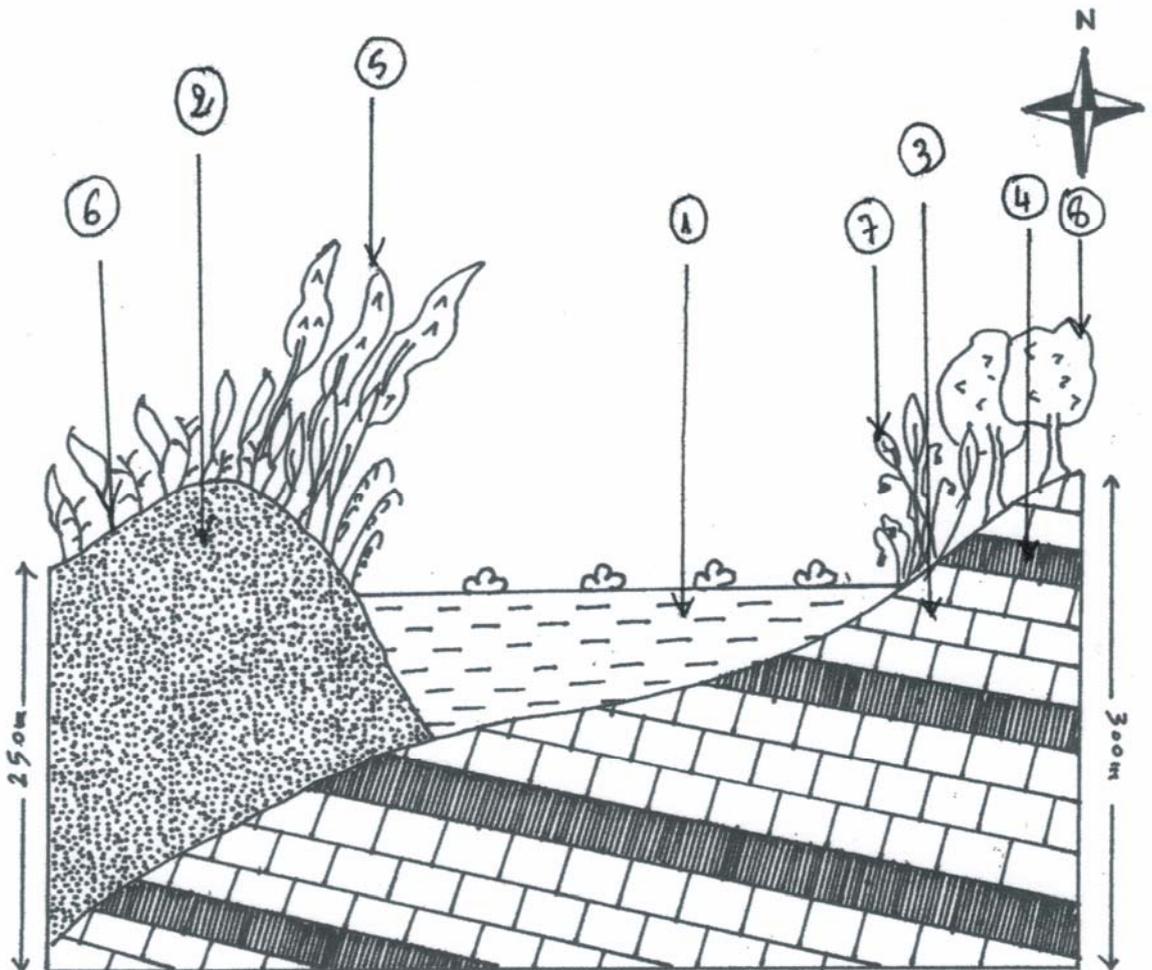


Figure 13 - Contact Dune côtière et Grès et argile de Numidie

**Légende :**

- 1- Plan d'eau
- 2- Dune côtière
- 3- Bande de Grès Numidien
- 4- bande d'Argiles Numidien
- 5- Aulnaie sur sable et végétation semi aquatique
- 6- Végétation dunaire
- 7- Aulnaie sur argile et végétation semi aquatique
- 8- Végétation Forestière (Forêt de chêne liège)

c- **Les zones de contact plaine alluviale/dune** (figure 14): Ce sont des écosystèmes qui ont été mis en place par une mauvaise circulation de l'eau provenant de la nappe dunaire d'une part et par l'excès d'eau drainée par l'oued El Kébir d'autre part. C'est dans ces milieux que nous avons rencontré les plus belles aulnaies de la région.

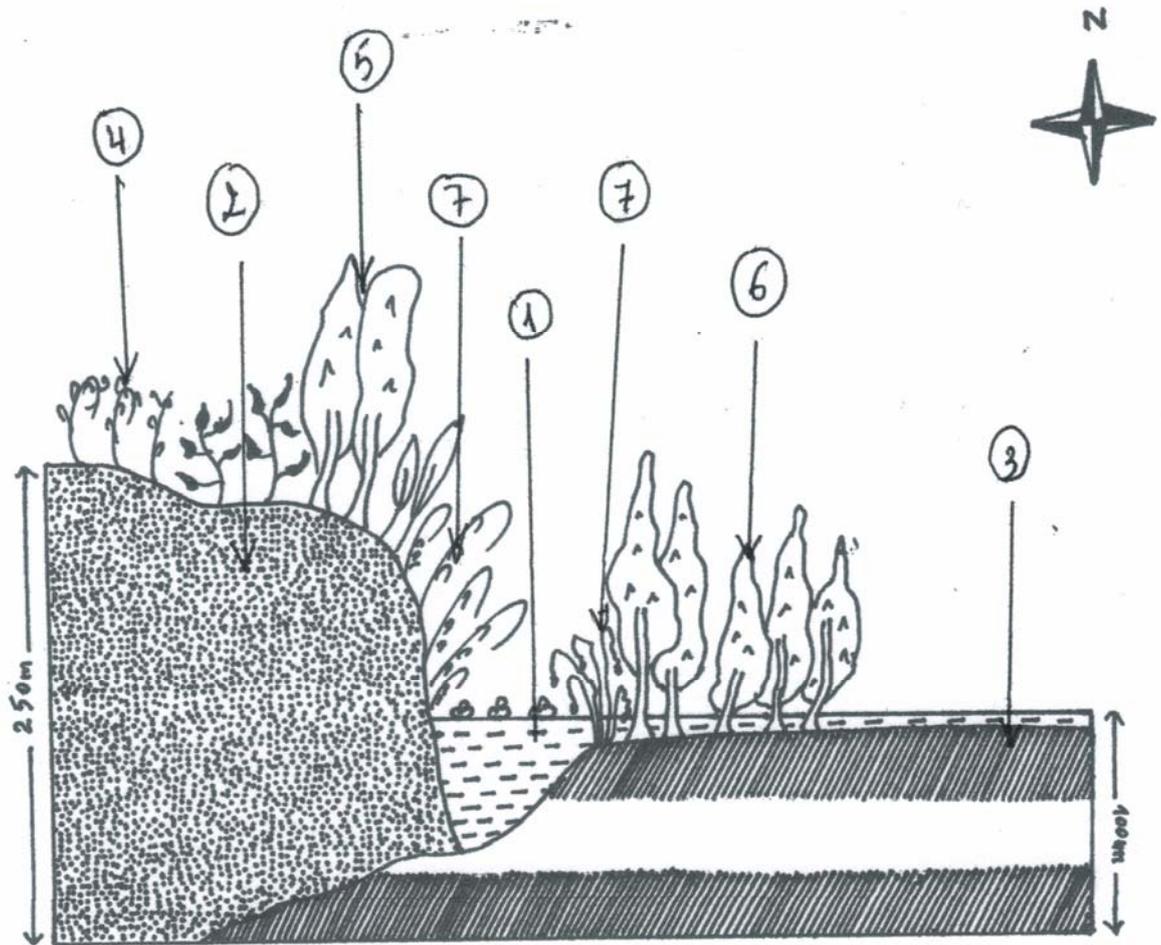


Figure 14 : Contact entre Dune et plaine argileuse

**Légende :**

- 1- Plan d'eau
- 2- Dune côtière
- 3- Argiles et plaine alluviale
- 4- Végétation dunaire
- 5- Aulnaie sur sable
- 6- Aulnaie sur argile
- 7- végétation semi aquatique

**d- Les dépressions lacustres** (Figure 15) : Les lacs de la région (lac Mellah, lac Oubeïra, lac Tonga) se sont développés durant le quaternaire à la faveur d'une dépression humide qui s'oriente d'une manière générale dans la même direction que les vents dominants. La différenciation de ces lacs est liée à la qualité de l'eau et à la diversité de leur couvert végétal :

- Le lac Mellah : Il s'agit d'une ancienne vallée fluviale envahie par la mer et qui s'est transformée en lagune, celle-ci est reliée à la mer par un chenal. D'une profondeur maximale de 6 m, sa profondeur moyenne est de 2,5 m environ et sa superficie est de 860 ha. Le lac Mellah est alimenté surtout par les oueds Bouarroug, Mellah et Reguibet. Son bassin versant couvre une superficie de 77 Km<sup>2</sup>.

- Le lac Oubeïra : C'est un site de 2 200 ha, profond de 4 mètres au maximum. Il s'inscrit dans un quadrilatère de 5 x 4 km et développe 19 km de rives. La superficie de son bassin versant est de 125 Km<sup>2</sup> dont 40 Km<sup>2</sup> en terrain plat et 85 Km<sup>2</sup> en collines. Fonctionnant de manière endoréique, il est alimenté par une dizaine d'oueds. En hiver, à l'occasion des fortes précipitations, les eaux de l'oued El-Kebir parviennent au lac principalement par l'oued Messida qui prend naissance au sud. En été, quand le niveau de l'oued El-Kebir est au plus bas niveau, le système hydrologique fonctionne en sens inverse, la Messida ayant la particularité de couler dans les deux sens.

- Le lac Tonga : Il occupe une vaste dépression côtière de 7,5 km de long et 4 km de large, sa superficie est de 2 200 ha environ. Il est limité sur toute sa moitié Ouest, Sud et Est par les derniers contreforts des montagnes de la Kroumirie, au Nord-Ouest par les collines sableuses qui le sépare du lac Oubeïra et au Nord par les dunes qui le séparent de la mer. D'une profondeur moyenne de 1 à 1,5 m, il est relié à la mer par le canal de la Messida. Son bassin versant est plus important que celui de l'Oubeïra et s'étend sur 155 Km<sup>2</sup>. Ce grand bassin versant est constitué par le sous bassin versant de Oued El-Hout au Sud et par celui de Oued El-Eurg au Nord.

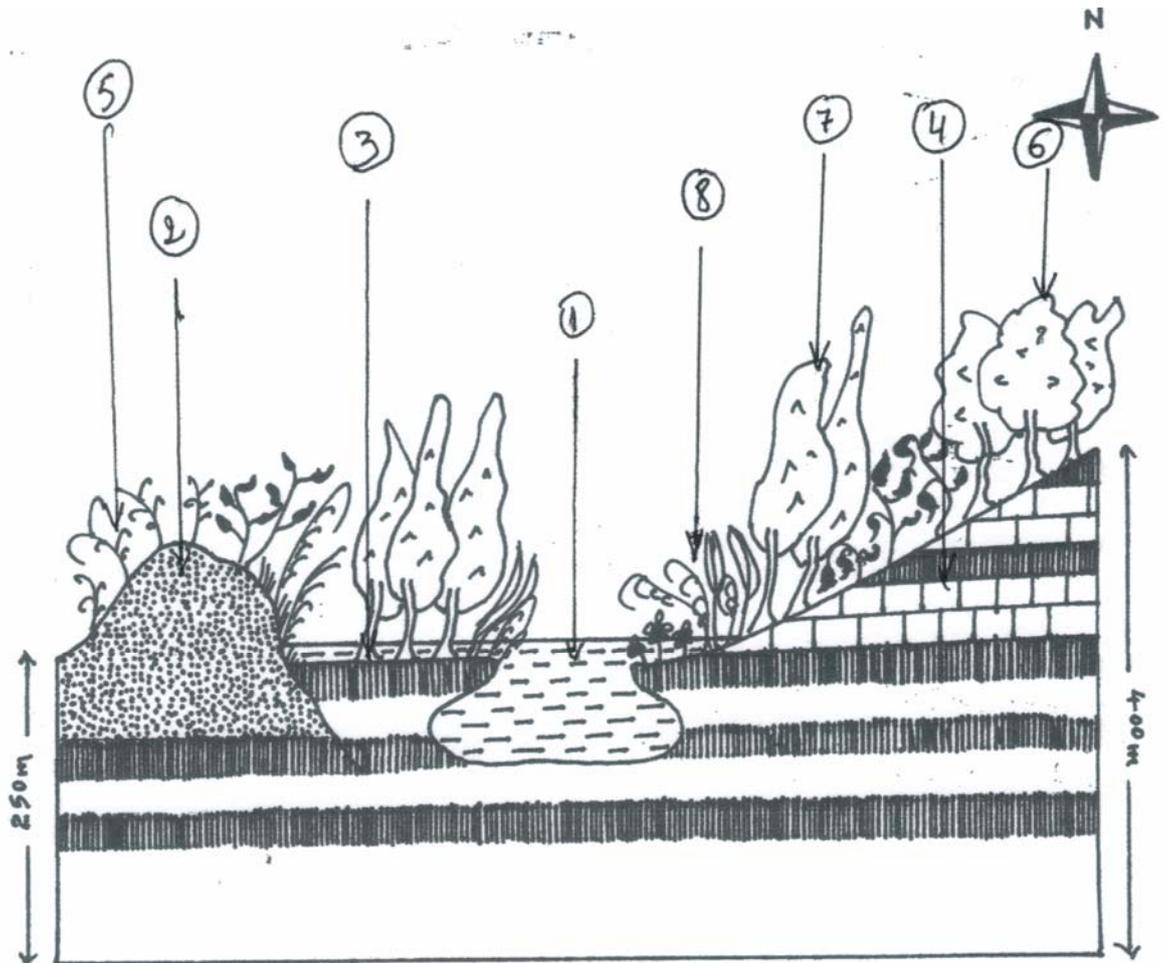


Figure 15- Schéma de la dépression lacustre

**Légende :**

- 1- Plan d'eau
- 2- Dune côtière
- 3- bande d'Argiles Numidien
- 4- Bande de Grès Numidien
- 5- Végétation dunaise Aulnaie sur sable et végétation semi aquatique
- 6- Végétation Forestière (Forêt de chêne liège)
- 7- Aulnaie
- 8- Végétation semi aquatique

#### 4.2- Prospection et l'échantillonnage sur le terrain

Sur la base de la typologie géomorphologique, la prospection pédologique a intégré le maximum de sites humides accessibles durant une période de l'année. Ainsi, dans le complexe humide d'El-Kala, nous avons étudié 174 coupes et profils que nous avons décrits. Parmi eux, 73 profils ont fait l'objet d'une analyse pédologique au laboratoire (tableau 23).

Tableau 23- Répartition des profils décrits et des profils analysés dans les stations et dans les zones

Zone	Station	Surface	Nombre de profils décrits	Nombre de Profils étudiés
Dépression dunaire	Stah	2.0	06	03
	Lac Noir	5.0	14	06
	Lac bleu	0,5	06	03
	El-Khoubzi	150	14	03
	El-Goureat Okréra	100	13	04
Zone de contact	Bourdim	30	16	06
Flysch Numidien /dune	Garaat el-Ouez	5.0	08	04
Zone de contact plaine alluviale /dune	Nechaa Righia	300	18	07
	Oum El-Aguerreb	200	07	03
	Ain Kheiar	50	05	03
	Boumehacen	20	11	03
Lac Mellah	Oued Erriguibet	7800	08	03
	Oued Bouroug		06	03
	Boumelek		06	03
Lac Oubeïra	Demnet Errihane	12504.5	07	04
	Messida		04	03
	Boumerchen		08	03
Lac Tonga	Oued El-hout	15500	08	03
	Oued El-Eurg		05	03
	Aulnaie Tonga		04	03
Total			174	73

### 4.3- Méthodes d'analyse au laboratoire

**a- Analyse du sol :** Après échantillonnage, le sol est séché à la température du laboratoire, broyé et tamisé à 2 mm, les analyses physico-chimiques suivantes ont été réalisées :

- Granulométrie : Méthode International à la pipette Robinson.
- pH : mesure électrométrique dans une suspension de terre: (1/10) dans l'eau distillée et dans une solution normale de KCL.
- Le carbone organique : oxydation par voie humide en milieu sulfochromique avec chauffage (méthode Anne).
- L'azote total (organique et ammoniacal) : Méthode Kjeldahl.
- La capacité d'échange cationique : Saturation à l'acétate d'ammonium et extraction au KCL.
- Les bases échangeables: Ca, Mg. par absorption atomique, Na et K par spectrophotométrie à flamme.
- Le fer total : dosage colorimétrique.

**b- La végétation :** L'inventaire de la végétation a été réalisé selon la technique phyto-écologique (De Belair, 1990).

**c- Echantillonnage et analyse de l'eau :** L'échantillonnage de l'eau a été effectué sur 64 sites choisis en fonction de leur représentativité, leur accessibilité et surtout en fonction de la présence de l'eau de nappes souterraines ou superficielles. L'analyse des eaux a porté sur :

- Détermination des matières en suspension (MSE) : Méthode par filtration : l'eau est filtrée et le poids de matière retenu par le filtre est déterminé par pesée différentielle (RODIER, 1978).

- Détermination du résidu sec : Une certaine quantité d'eau est évaporée à partir d'une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé (RODIER, 1978).

- Mesures physico-chimiques :

- Le pH (mesure électrométrique) est mesuré à l'aide d'un pH-mètre étalonné.
- La conductivité électrique est mesurée par un conductimètre étalonné.
- Dosages des anions : Les carbonates ( $\text{CO}_3^{--}$ ) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) ont été dosés par gravimétrie), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) sont dosés par la méthode de MOHR (argentométrie) et les sulfates ( $\text{SO}_4$ ) par gravimétrie après précipitation à l'état de sulfate de baryum (Buttler 1992).
- Dosages des cations : Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ ) sont dosés par absorption atomique et le sodium ( $\text{Na}^+$ ) et le potassium ( $\text{K}^{+1}$ ) par spectrophotométrie à flamme.

**d- la matière organique :** Le fractionnement de la matière organique a été réalisé selon le protocole adopté par Dabin (1976). qui consiste en une séparation densimétrique pour obtenir la matière organique légère, suivie par une attaque avec une base relativement faible (le pyrophosphate de  $\text{Na}^+$ ) pour extraire les acides peu polymérisés et une attaque par une base forte (le NaOH) pour puiser les acides humique extractibles très polymérisés (figure 38)

**e- L'analyse pollinique :** La purification, la séparation et l'identification des pollens des sédiments ont été réalisées selon la méthode standard. Qui se base sur l'acétolyse après élimination des différents complexes organométallique (figure 43).

**4.4- Analyse statistiques des données :** L'analyse statistique de données a été réalisé par le logiciel ADE4.

***Chapitre V-  
Caractères morpho analytiques***

**Introduction**

Les méthodes qui reposent sur la zonalité climatique des sols considèrent que les étages bioclimatiques méditerranéens humides se caractérisent par une pédogenèse fersialitique (Duchaufour, 1988). L'influence des contrastes saisonniers, avec une succession de périodes très humides et de périodes très sèches sur un substrat riche en argile et en fer favoriserait à la fois les mécanismes d'hydrolyse et les processus de rubéfaction où l'altération est limitée (Pedro, 1994). Selon Selmi (1985), ces interprétations sont complémentaires, le sol étant soumis à un certain nombre de processus complexes auxquels peut s'ajouter l'influence des cycles successifs d'évolution comme c'est souvent le cas en climat méditerranéen. Cependant, l'action du climat général sur la pédogenèse est difficile à étudier en raison de la fréquence élevée des sites marqués par un facteur stationnel (pente, roche mère...) (Bruckert, 1994). Dans les sols méditerranéens, des points obscurs ou des incertitudes subsistent, ils concernent essentiellement le degré de liaison de la matière organique avec la fraction minérale, la nature des cations, le degré de polymérisation et la résistance à la biodégradation des composés humiques.

Toutefois, en présence d'une végétation naturelle génératrice d'une quantité de litière relativement importante, d'une roche mère acide, facilement altérable et riche en sesquioxydes et d'un climat à caractère humide et frais lors de la saison des pluies, les facteurs déterminants pour créer des conditions pédogénétiques deviennent analogues à ceux des régions tempérées avec formation de sols brunifiés, de sols lessivés et de sols podzolisés (Dimanche, 1967, 1973, 1985 ; Selmi, 1981, 1985). Cette réorientation de la pédogenèse à l'échelle d'une région peut l'être également à l'échelle locale et surtout à l'échelle de la station (dépression, roche mère et végétation particulières, présence de l'eau ...). Ceci est en partie le cas des sols du complexe humide d'El Kala qui semble être particulièrement sous la dépendance des facteurs régionaux tels que le climat et la végétation et des facteurs locaux ou de stations tels que la roche mère, la position géomorphologique et la saturation en eau par exemple.

Les relations sol végétation sont multiples. Le sol fournit aux plantes l'eau et les éléments nutritifs nécessaires à leur croissance et héberge une faune et une microflore dont les fluctuations influencent dans un large spectre le développement et la croissance de ces plantes (Duchaufour et Toutain 1986). En revanche, lorsque les conditions lui sont défavorables, la végétation manifeste une plasticité en répondant par des adaptations à ces fluctuations et réoriente donc la pédogenèse (Duchaufour, 1989). L'assemblage des espèces végétales en groupes écologiques peut se faire en fonction d'un ou de plusieurs paramètres auxquelles ces espèces manifestent les mêmes affinités.

Dans le complexe humide d'El-Kala, la confrontation des facteurs biotiques et abiotiques nous a permis de mettre en évidence six zones homogènes. Il s'agit des dépressions dunaires, de la zone de contact flyschs numidiens /dunes, de la zone de contact plaine alluviale/dunes, du lac Mellah, du lac Oubeïra et du lac Tonga. Les critères utilisés pour identifier ces zones sont la géologie, la géomorphologie, l'hydrographie et le couvert végétal. Les conditions climatiques ont été volontairement omises, l'ensemble de cette région étant soumis à la même influence du climat. Dans ces zones, nous avons décrit 174 coupes et profils (tableau 23) dont 73 profils ont fait l'objet d'une analyse pédologique complète.

Dans ce qui suit, nous présentons successivement les différentes zones étudiées, les stations qui les composent et les solums décrits et analysés.

### 5.1. Les dépressions interdunaires

Dans les dépressions interdunaires, nous avons étudié 5 stations et décrits 53 profils dont 19 profils ont été également analysés au laboratoire. Les stations étudiées sont celles de Gareat Stah, du lac Noir, du lac Bleu, de Gareat El Khoubzi et celle de El Gouriati-Okréra.

**a. La dépression de Gareat Estah :** Gareat Stah est une dépression dunaire. Elle se situe à l'est de l'embouchure de l'oued Mafragh, à 18km de la ville de Annaba sur la RW 109. Ses coordonnées géographiques sont 36° 50' 55''N et 7° 58' 93'' E et délimitée par les coordonnées Lambert de longitude 971 et 972 et de latitude 406 et 407 ; son altitude est de 6 m.. Sa superficie est d'environ 2 hectares. L'eau est présente toute l'année, peu profonde en hiver elle devient uniquement saturante pendant la période estival. Elle se caractérise par la nature de son substrat qui est formé de sable et de tourbe. La portion tourbeuse diminue avec la profondeur. La végétation est représentée par *Phragmites australis*, *Juncus effesus*, *Nymphaea alba* et *Salvinia natans*. Dans le détail, cette dépression est constituée de trois zones ou trois séries de végétation. Les différents sondages réalisés montrent que la tourbe évolue des berges vers le centre de la dépression et que les éléments fins sont abondants au centre. Dans cette station, nous avons décrit et analysé 3 solums correspondant chacun à une zone de végétation bien déterminée. Les résultats des analyses sont mentionnés dans les tableaux 24 et 25.

**Le Solum 1 :** il se situe au milieu de la dépression dans une végétation hygrophyte qui poussent sur les sols recouverts par un plan d'eau permanent.

Description morphologique :

**0- 40 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; très riche en débris organiques facilement reconnaissables ; texture argilo-limoneuse ; pas de réaction à l'HCl.

**40 - 120cm :** Gris marron (10YR5/1) ; très humide ; beaucoup de débris organiques ; texture argileuse ; structure fibreuse ; présence de fibres de tailles variables. Taches beiges et rouges ; doux au touché ; transition diffuse ; pas de réaction à l'HCl.

**120 - 250cm :** Noire sombre (10YR2/1) ; très humide ; hydromorphe ; texture argileuse ; peu de débris organique ; sans structure visible ; doux au touché ; transition diffuse ; pas de réaction à l'HCl.

**250 - 360 cm :** Gris Marron noir (10YR3/2) ; texture argileuse ; matière organique très dégradée ; sans structure visible ; présence de morceaux de bois et des restes de fruits ; quelques taches rouges ; transition diffuse ; pas de réaction à l'HCl.

**360 - 440 cm :** Noire marron (10YR3/2) ; très humide ; texture fibreuse ; présence de fragments de bois ; non argileux ; présence de grains de sable ; matière organiques non reconnaissable ; transition diffuse ; pas de réaction à l'HCl.

**440 - 480 cm :** Noire (10YR2/1) en mélange avec du gris jaune ; très humide ; sableux ; peu organique ; structure particulière ; saturé en eau.

A partir de cette profondeur la sonde ne pénètre plus, nous considérons que nous avons atteint le fond de la dépression.

Le sondage réalisé dans cette zone a mis en évidence 5 couches (ou horizons) qui se distinguent par leur couleur et surtout par leurs teneurs en débris organiques reconnaissables. Les analyses physico-chimiques (tableaux 24 et 25) révèlent qu'il s'agit d'un profil tourbeux développé sur sable avec une forte teneur en eau, un pH très acide, un taux de fibres très élevé, un faible taux de saturation et avec des bases échangeables dominées par le calcium.

**Le solum2 :** Il se situe au niveau des phragmites sur les berges de la dépression. La végétation est représentée surtout par les amphiphytes (Phragmites, Typha, Joncus,...etc.) qui occupent un milieu souvent saturé en eau au moins 6 mois par année.

Description morphologique :

**0 - 60 cm :** Noir sombre (10YR2/2) ; très humide ; très riche en débris organiques facilement reconnaissables ; texture sablo-argilo-limoneuse ; pas de réaction à l'HCl ; présence de taches d'hydromorphie.

**60 - 150cm :** Gris marron (10YR5/2) ; très humide ; beaucoup de débris organiques reconnaissables ; texture argileuse ; structure fibreuse ; présence de fibres de tailles variables ; taches d'hydromorphie ; doux au touché ; transition diffuse ; pas de réaction à l'HCl.

**150 - 220cm :** Noire sombre (10YR2/1) ; très humide ; texture argilo-sableuse ; peu de débris organiques reconnaissables ; sans structure visible ; doux au touché ; transition diffuse ; pas de réaction à l'HCl.

**220 - 300 cm :** Gris Marron noir (10YR3/2) ; texture sableuse ; matière organique très dégradée sans structure visible ; présence de quelques fibres ; présence de quelques taches rouges ; transition diffuse ; pas réaction à l'HCl.

Le sondage réalisé a livré une carotte longue de 240 cm composée de quatre couches. La texture de ce sol est sableuse partout, le pH est acide en surface et devient très acide en profondeur. Le complexe adsorbant est dessaturé, les bases échangeables restent dominées par le calcium. Ce solum est très riche en carbone et pauvre en azote, le rapport C/N est très élevé (>30). Ici, la matière organique est abondante, peu décomposée, mais reste non reconnaissable avec un taux de fibres frottés supérieur à 50 %. Ce profil est caractéristique des zones inondables des dépressions dunaires.

**Le solum 3 :** il se situe sur la zone inondable (bas de la dune). La végétation est représentée à ce niveau par *Quercus illex*, *Olea europea* et *Pestacia lentiscus*.

Description morphologique :

**0 - 30 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; humide ; très riche en débris organiques reconnaissables ; beaucoup de racines de graminées ; texture sableuse ; structure particulière ; pas de réaction à l'HCl.

**30 - 80cm :** Gris beige (10YR7/1) ; humide ; peu de débris organiques ; texture sableuse ; structure particulière ; présence de quelques racines ; transition nette ; pas de réaction à l'HCl.

**80 - 120cm :** Beige (10YR8/3) ; humide ; texture sableuse ; structure particulière ; pas de racines ; pas de réaction à l'HCl.

Le fond de la dépression est atteint à une profondeur de 120 cm. Le profil réalisé dans cette zone au niveau de la rupture de pente et qui est sous l'influence des battements de la nappe se caractérise par une texture sableuse et par un taux d'humidité qui augmente avec la profondeur. Le taux de cendre relativement important augmente également avec la profondeur. Ce taux évolue dans le sens opposé du taux de fibre qui caractérise le degré de décomposition de la matière organique. Cette dernière diminue considérablement avec la profondeur, elle passe de 46 % en surface à 22 % en profondeur. Malgré cette chute du taux de MO, le sol reste riche en carbone. En revanche, les taux d'azote sont faibles sur l'ensemble du profil à cause probablement d'une forte demande en surface d'où les faibles valeurs du

rapport C/N. Ce profil est acide (pH<6) et son complexe adsorbant est dessaturé. Les bases échangeables sont dominées par le calcium.

Tableau 24 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de **Gareat Estah (G. Es)**

Solum	Horizon en cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib%	Tx cd%	L.pyr	REG	pH	C.E Ds/cm	C.org %	N %	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
<b>SI G. Es</b>	<b>0- 40</b>	73.2	68.9	12.4	28.6	2.41	4.9	0.1	45.2	1.1	41.09	65	3.2	1.3	0.02	0.1	618	4.62	7.10
	<b>40 –120</b>	77.5	64.5	16.9	30.9	2.09	5.1	0.15	48.2	1.3	37.07	64	4.5	2.1	0.02	0.12	621	6.74	10.53
	<b>120 - 250</b>	78.5	63.10	18.25	32.10	1.96	5.20	0.14	51.30	1.4	36.64	68.4	4.95	1.95	0.02	0.13	615	7.05	10.96
	<b>250 - 360</b>	80.1	61.6	21.6	34.7	1.77	5.3	0.12	52.7	1.8	29.27	76	5.3	1.80	0.02	0.13	610	7.25	9.54
	<b>360- 440</b>	84.7	58.9	22.5	37.4	1.57	4.4	0.13	56.6	1.9	29.79	75	4.8	2.6	0.03	0.12	713	7.55	10.06
	<b>440 - 480</b>	85.6	52.0	31.3	42.5	1.22	4.1	0.10	54.8	1.7	32.23	70	4.1	3.3	0.02	0.08	620	7.50	10.71
<b>SII G. Es</b>	<b>0- 60</b>	68.9	66.8	16.7	23.4	2.85	5.0	0.10	48.6	1.3	37.38	69	3.6	3.2	0.02	0.09	645	6.91	10.01
	<b>60 – 150</b>	77.8	63.10	24.3	29.6	2.13	4.5	0.10	52.4	1.5	34.93	68	6.5	5.5	0.01	0.16	660	12.17	17.89
	<b>150 - 220</b>	68.5	55.4	31.5	24.5	2.26	4.2	0.10	54.5	1.2	45.41	90	5.7	4.4	0.01	0.14	689	10.25	11.38
	<b>220 - 300</b>	72.8	52.1	39.5	30.12	1.73	3.9	0.12	32.1	1.7	45.86	102	4.6	3.4	0.01	0.19	683	8.2	8.04
<b>SIII G. Es</b>	<b>0- 30</b>	58.6	48.8	32.6	28.4	1.71	5.6	0.12	45.9	1.4	32.78	86	5.2	3.5	0.03	0.17	643	8.9	10.34
	<b>30 – 80</b>	63.4	43.12	38.4	28.6	1.51	5.2	0.11	28.5	1.5	19.0	70	4.9	1.2	0.05	0.15	718	6.3	9.00
	<b>80 - 120</b>	73.00	37.10	46.5	41.1	0.90	5.5	0.11	22.3	1.3	17.15	20	1.5	1.1	0.02	0.25	752	2.87	14.35

Tableau 25- Analyse granulométrique des profils de la station de Gareat Estah (G. Es)

Station Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg. %	Lf%	Lg %	Sf %	Sg %	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
<b>SI G. Es</b>	<b>0- 40</b>	06.25	8.17	25.13	20.44	40.01	-	-	-	17.79	42.41	-
	<b>40 –120</b>	06.75	9.25	23.59	25.16	35.25	10.67	16.06	19.33	25.53	28.41	46.06
	<b>120 - 250</b>	06.3	10.2	16.2	26.35	40.95	17.32	16.5	18.3	25.8	22.08	52.12
	<b>250 - 360</b>	06.17	14.33	15.98	26.40	37.12	25.79	18.16	23.18	8.24	24.63	67.13
	<b>360- 440</b>	07.27	17.02	09.85	24.71	41.15	24.67	16.42	24.39	9.36	25.16	65.48
	<b>440 - 480</b>	07.34	18.03	07.08	23.42	44.13	21.06	13.69	21.41	15.51	28.36	56.13
<b>SII G. Es</b>	<b>0- 60</b>	04.16	6.12	15.92	33.15	40.65	8.67	10.37	16.24	13.58	51.14	35.28
	<b>60 – 150</b>	04.33	8.19	10.04	35.27	42.17	9.14	14.42	09.48	10.34	56.62	43.04
	<b>150 - 220</b>	04.56	9.26	7.54	36.06	42.58	10.43	17.21	11.13	09.65	47.43	42.92
	<b>220 - 300</b>	04.68	10.05	4.02	37.12	44.13	12.28	19.34	15.28	04.34	48.76	46.90
<b>SIII G. Es</b>	<b>0- 30</b>	04.62	05.14	21.97	35.6	32.67	7.21	12.43	17.12	19.08	44.16	36.76
	<b>30 – 80</b>	04.79	06.18	20.52	31.24	37.27	5.43	17.62	18.66	13.07	45.22	41.71
	<b>80 - 120</b>	05.25	7.43	12.76	36.14	38.42	4.32	19.11	21.02	12.44	43.11	44.45

Dans cette station, nous avons décrit une séquence de sol qui évolue sur dunes et qui est contrôlée par le niveau de la nappe. Le couvert végétal présente des adaptations liées aux battements de la nappe qui définissent des cycles de dessiccation et d'humectation et donc des phases de minéralisation et de conservation de la matière organique. Ce phénomène est confirmé par nos observations sur le terrain qui ont pu mettre en évidence que plus la durée d'inondation est longue et plus la matière organique s'accumule et se conserve mieux. Cette situation est décrite dans les zones où la tourbe est en phase d'accumulation et qui se caractérise par un indice de régénération (REG) supérieur à 1.

Dans cette dépression dunaire, comme d'ailleurs dans l'ensembles des autres dépressions dunaires, il y a une très forte concentration de fer total dans les sols. Ce fer proviendrait de l'altération des grès et des argiles et serait responsable de coloration rouge des dunes anciennes de la région.

**b. Le Lac Noir :** La tourbière du lac noir se situe au nord-ouest de Bouteldja sur la route départementale Annaba - El-Kala, près de la localité de Bordj Ali Bey. Ses coordonnées géographiques sont 36°54'N et 08° 12' E et son altitude est de 35 m. Elle est formée par deux bassins B1 et B2 de 3,25 ha et 1,75 ha respectivement. Ces deux bassins sont d'orientation NO-SE et sont séparés par une accumulation de sable dunaire. Cette tourbière a été découverte suite à la destruction du couvert végétal et au pompage excessif de son eau. En effet, la végétation de ce site a subi plusieurs perturbations, en particulier des incendies fréquents et l'eau de la nappe dunaire a subi une exploitation intensif provoquant ainsi l'assèchement total du lac. Les espèces qui ont survécu sporadiquement sont *Phragmites australis*, *Osmunda regalis*, *Fumaria hydrometrica*, *Carex stricta*, *Chenopodium album*, *Juncus bulbosus* et *Galium palustre*.

Pour caractériser cette tourbière, nous avons étudié un transect S-N dans le premier bassin et un transect SO-NE dans le deuxième bassin. Dans chaque transect, nous avons décrit et échantillonné trois profils et relevé le cortège floristique actuel de chacun d'eux.

**Le Solum I du bassin I (SIBI) :** Au niveau de la zone de contact avec la dune, la végétation est représenté par des espèces de transition telles que *Callicotum spinosa*, *Rubus ulmoflous*, *Erica arboréa...*etc. Le sol est sous l'influence des mouvements de la nappe ou du plan d'eau du lac.

Description morphologique :

**0 – 20 cm :** Beige jaune claire (10YR7/6) ; argilo sableux ; pas de racine ; pas de matière organique. Il s'agit d'une couche de cendre formée après l'incendie de 1993.

**20 – 80 cm :** Brun (10YR5/3) ; débris organiques peu décomposés ; beaucoup de fibres ; pas d'éléments minéraux ; structure lamellaire ; sec ; présence de débris de bois à 35 cm de profondeur.

**80 – 130 cm :** Noir (10YR2/1) ; beaucoup de débris organiques de toute nature surtout des gaines de cypéracées et des morceaux de bois à 175cm de profondeur.

**130 – 200 cm :** Noir sombre (10YR2/2) ; beaucoup de fibres ; très humide ; structure fibreuse ; peu de sable au début et qui augmente en profondeur ; matière organique très dégradée.

Le sondage réalisé dans cette zone a mis en évidence 4 couches (ou horizons) qui se distinguent par leur couleur et surtout par leurs teneurs en débris organiques reconnaissables.

Les analyses physico-chimiques (tableaux 26 et 27) révèlent qu'il s'agit d'un profil tourbeux développé sur sable avec une forte teneur en eau, un pH légèrement acide en surface (6.5) à très acide en profondeur (5.2), un taux de fibres très élevé, un faible taux de saturation en bases échangeables qui sont dominées par le calcium.

**Le Solum 2 du bassin 1 (S2BI) :** La surface de ce site est ondulée et se caractérise par la présence de fissures et d'affaissements. Ce solum est situé sur une pente faible entre la dune et le plan d'eau, la végétation est représentée par une pelouse à graminée et garde les vestiges d'un couvert végétal plus dense et plus diversifié où nous avons pu reconnaître la dominance d'*Erica* (présence de plusieurs racines). Le sol est sous l'influence des mouvements du plan d'eau du lac qui est inondé plus de 6mois/an.

Description morphologique :

**0 - 10 cm :** Beige jaune clair (10YR7/6) ; argilo-sableux ; pas de racine ; pas de matière organique ; couche de cendre formée après l'incendie de 1993 ; quelques taches de rouille.

**10 - 90 cm :** Brun (10YR5/3) ; débris organiques peu décomposés ; beaucoup de fibres ; pas d'éléments minéraux ; très doux au toucher ; structure lamellaire ; sec ; présence de débris de bois entre 35 et 55 cm de profondeur.

**90 - 150 cm :** Brun beige (10YR5/6) ; beaucoup de débris organiques non décomposés (graines de cypéracées et fibres) ; pas de sable ; présence de débris de bois au niveau 104-125 cm ; présence de racines mortes d'*Erica arborea*.

**150 - 220 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; matière organique très dégradée avec beaucoup de fibres ; très humide ; structure fibreuse ; pas de sable ni d'argile ; très doux au toucher ; débris de bois à 215 cm de profondeur.

**220 - 240 cm :** Noir sombre (10YR2/2) ; sableux ; matière organique très humifiée.

Le sondage réalisé dans cette zone a mis en évidence 5 couches (ou horizons) qui se distinguent par leur couleur et surtout par leurs teneurs en débris organiques reconnaissables. Les analyses physico-chimiques (tableaux 26 et 27) révèlent qu'il s'agit d'un profil tourbeux développé sur sable avec une forte teneur en eau, un pH très acide (5.6-3.9), un taux de fibres très élevé, un faible taux de saturation et avec des bases échangeables dominées par le calcium. L'indice pyrophosphate qui indique le degré de décomposition du matériel tourbeux augmente avec la profondeur (21.5 - 50.12) indiquant une forte accumulation des composés organiques humifiés en profondeur.

**Le Solum 3 du bassin I (S3BI) :** Ce solum se situe au centre de la cuvette du lac ( il a été décrit pendant la période sèche au moment de l'assèchement du lac, 1999). La végétation est représentée par une pelouse à graminée et il garde les vestiges d'une végétation aquatique et semi aquatique très diversifiée dominée par *Cypéraceae*, *Typha* et *Sparganium* ( présence de plusieurs racines et de tiges). Le sol est sous l'influence d'un plan d'eau permanent (même durant la période d'assèchement du lac le niveau de la nappe se situait à 15-20cm de profondeur).

Description morphologique :

**0 - 70 cm :** Brun (10YR5/3) ; débris organiques peu décomposés ; beaucoup de fibres ; pas d'éléments minéraux ; structure lamellaire ; sec ; présence de bois entre 35 et 45cm de profondeur ; beaucoup de racines fines et moyennes ; nombreux affaissements et fissures.

**70 – 140 cm :** Brun beige (10YR6/6) ; beaucoup de débris organiques non décomposés formés de gaines et fibres de cypéracées ; pas de sable ; présence de débris de bois au niveau de 125cm de profondeur.

**140 – 220 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; beaucoup de fibres ; très humide ; structure fibreuse ; pas de sable ni d'argile ; formé uniquement de matière organique très dégradée ; très doux ; débris de bois à 205 cm de profondeur.

**220 - 240 cm :** Brun beige (10YR6/6) ; beaucoup de débris organiques peu décomposés ; non reconnaissable ; pas de sable ; présence de débris de bois au niveau 225 cm de profondeur.

**240 –300cm:** Noir sombre (10YR2/2) ; sableux ; matière organique très humifiée ; saturé en eau.

Le sondage réalisé dans cette zone a mis en évidence 5 couches (ou horizons) qui se distinguent par leur couleur et surtout par leurs teneurs en débris organiques reconnaissables. Les analyses physico-chimiques (tableaux 26 et 27) révèlent qu'il s'agit d'un profil tourbeux développé sur sable avec une forte teneur en eau, un pH très acide (4.6 -3.6), un taux de fibres très élevé particulièrement en surface (52.8%), L'indice pyrophosphate augmente avec la profondeur (22.6 – 43.21) indiquant une forte accumulation des composés organiques humifiés en profondeur, un faible taux de saturation et avec des bases échangeables dominées par le calcium.

**Le Solum 1 Bassin II (S1BII).** Il se situe au niveau de la zone de contact avec la dune. La végétation est représentée par des espèces de transition tel que *Callicotum spinosa*, *Rubus ulmoflous*, *Erica arboréa...* etc. Le sol est sous l'influence des mouvements de la nappe ou du plan d'eau du lac et des propriétés des sables dunaires.

Description morphologique :

**0 – 25cm cm :** Beige jaune clair (10YR7/3) ; argilo-sableux ; pas de racine ; pas de matière organique ; couche formée de cendres suite à l'incendie de 1993 ; quelques taches de rouilles.

**25 – 95 cm :** Brun (10YR5/3) ; débris organiques peu décomposés ; beaucoup de fibres ; pas d'éléments minéraux ; structure lamellaire ; sec ; présence de débris de bois à 35, 50 et 74 cm de profondeur ; peu de racines fines et moyennes ; plusieurs fissures ; passage brutal et déformation des couches.

**95 –140cm :** Brun noir (10YR2/2) ; débris organiques décomposés ; beaucoup de fibres ; pas d'éléments minéraux ; structure lamellaire ; sec ; présence de bois à 135cm de profondeur ; plusieurs fissures et déformation des couches.

**140 - 180cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; sableux ; matière organique très humifiée ; saturé en eau.

Le sondage réalisé dans cette zone a mis en évidence 4 couches (ou horizons) qui se distinguent toujours par leur couleur et surtout par leurs teneurs en débris organiques reconnaissables. Les analyses physico-chimiques (tableaux 28 et 29) révèlent qu'il s'agit d'un profil tourbeux développé sur sable avec une forte teneur en eau, un pH légèrement acide en surface (6.4) à très acide en profondeur (4.6), un taux de fibres très élevé en surface (49.1) et qui diminue avec la profondeur (37.7%). L'indice pyrophosphate évolue dans le sens opposé du taux de fibres et il augmente avec la profondeur où il passe de 20.5 à 44.0, un faible taux de saturation et avec des bases échangeables dominées par le calcium.

**Le Solum 2 bassin II (S2BII) :** Ce solum est situé sur une pente faible entre la dune et le plan d'eau, la végétation est représentée par une pelouse à graminée qui garde les vestige d'un couvert végétal plus dense et plus diversifié où nous avons réussi à reconnaître la dominance d'*Erica arborea* (présence de plusieurs racines), de *Quercus suber* et du bois d'*Alnus glutinosa*. Le sol est sous l'influence des mouvements du plan d'eau du lac, il est inondé plus de 6mois./an.

Description morphologique :

**0 - 30cm cm :** Beige jaune clair (10YR7/3) ; argilo-sableux ; pas de racines ; pas de matière organique ; couche formée par les cendres suite à l'incendie de 1993 ; quelques taches de rouilles.

**30 - 100cm :** Brun (10YR3/3) ; débris organique peu décomposés ; beaucoup de fibres ; pas d'éléments minéraux ; structure lamellaire ; sec ; présence de bois à 35cm et à 65cm de profondeur.

**100 - 160cm :** Brun beige (10YR7/4) ; débris organiques reconnaissables constitués essentiellement de gaines ; fibres et tiges de cypéracées ; pas de sable ni d'argile ; présence de débris de bois de bruyère entre 114 et 130 cm de profondeur.

**160 - 200 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; matière organique très dégradée avec beaucoup de fibres ; très humide ; structure fibreuse ; pas de sable ni d'argile ; très doux au toucher ; débris de bois à 185 cm de profondeur.

**200 – 240cm :** Noir sombre 10YR2/1) ; sableux ; matière organique très humifiée.

Les cinq horizons de ce sondage se distinguent par leur couleur et surtout par leurs teneurs en débris organiques reconnaissables. Les analyses physico-chimiques (tableaux 28 et 29) révèlent qu'il s'agit d'un profil tourbeux développé sur sable avec une forte teneur en eau, un pH acide (5.5) en surface, très acide dans la partie médiane (4.1) et qui redevient acide en profondeur (5.3). Cette fluctuation est probablement due à une forte accumulation de calcium en profondeur, au taux de fibres très élevé et au faible taux de saturation du complexe adsorbant dont les bases échangeables sont dominées par le calcium. L'indice pyrophosphate augmente avec la profondeur (22.4 - 50.2) indiquant une forte accumulation des composés organiques humifiés vers le bas du profil.

**Le Solum 3 bassin II (S3BII):** Ce solum est situé au centre de la dépression dans la cuvette du lac (il a été décrit à partir d'une tranchée pendant la période sèche au moment de l'assèchement du lac, 1999). La végétation est représentée par une pelouse à graminées qui garde les vestiges d'une végétation aquatique et semi aquatique très diversifiée dominée par *Cypéraceae*, *Typha*, *Sparganium* et *Osmunda régalis* (présence de plusieurs racines et de tiges) Le sol est sous l'influence d'un plan d'eau permanent où même durant la période d'assèchement du lac, le niveau de la nappe se situe entre 15 et 20 cm de profondeur.

Description morphologique :

**0 – 80cm :** Brun (10YR3/3) ; débris organiques peu décomposés ; beaucoup de fibres ; pas d'éléments minéraux ; structure lamellaire ; sec ; présence de bois le long de la couche ; beaucoup de racines fines et moyennes ; plusieurs fissures verticales dues probablement à la dessiccation de la tourbe.

**80 – 190cm** brun beige (10YR3/4) ; beaucoup de débris organiques non décomposés formés de gaines et fibres de cypéracées ; pas de sable ; présence de débris de bois au niveau 112 cm de profondeur.

**190 – 225cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; beaucoup de fibres ; très humide ; structure fibreuse ; pas de sable ni d'argile ; constitué uniquement de matière organique très dégradée ; très doux au toucher ; débris de bois au niveau 215 cm de profondeur.

**225 – 280 cm :** Brun beige (10YR3/4) ; beaucoup de débris organiques non décomposés et non reconnaissables ; pas de sable ; présence de débris de bois entre 244 et 255 cm de profondeur ; présence d'une grosse racine de bruyère morte.

**280 – 300cm:** Noir sombre (10YR2/1) ; sableux ; matière organique très humifiée ; saturé en eau.

Le sondage réalisé dans cette zone a mis en évidence 5 couches qui se distinguent par leur couleur et surtout par leurs teneurs en débris organiques reconnaissables. Les analyses physico-chimiques (tableaux 28 et 29) révèlent qu'il s'agit d'un profil tourbeux développé sur sable avec une forte teneur en eau, un pH acide (5.5) en surface qui devient très acide en profondeur (3.9), un taux de fibres très élevé. L'indice pyrophosphate qui est relativement élevé en surface (30.6) augmente vers le bas pour atteindre 53.0 à 300 cm de profondeur indiquant ainsi une forte accumulation des composés organiques humifiés. Le complexe adsorbant est faiblement saturé en bases échangeables où le calcium est dominant.

Tableau 26 : Résultats des analyses physico-chimiques des profils de la station de lac Noir bassin 1(LNBI)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
SI	0 - 20	23.2	48.9	24	18.6	0.38	6.5	0.1	31.2	1.72	18.14	35	8	7	0.2	1.0	815	16.2	46.28
	20 – 80cm	27.5	44.5	18.9	30	0.67	6.0	0.15	43.4	1.65	26.30	44	10	8.5	0.2	1.2	830	19.9	45.23
LNBI	80 – 130	30.1	41.6	25.6	35.6	0.85	5.2	0.12	48.2	1.81	26.63	46	11.5	10	0.2	1.25	870	22.95	49.89
	130 – 200	44.7	38.9	32.5	43.4	1.8	4.4	0.13	51.6	1.90	27.15	50	14	11	0.1	1.14	938	26.24	52.48
SII	0 – 10	25.6	42.0	21.3	21.5	0.51	5.6	0.10	34.8	1.84	18.91	40	10	06	0.2	0.8	840	17	42.5
	10 – 90	28.9	36.8	26.7	33.4	0.9	5.0	0.10	38.6	1.6	24.12	49	12	09	0.2	1.2	865	22.4	45.71
LNBI	90 – 150	37.8	33.10	33.3	39.6	1.19	4.5	0.10	46.4	1.55	29.93	80	13.5	10.5	0.15	1.5	880	25.65	32.06
	150 – 220	48.5	25.4	40.5	44.5	1.75	4.2	0.10	54.5	1.42	38.38	120	15	11.5	0.15	1.56	885	28.21	23.50
SIII	220 – 240	52.8	22.1	46.54	50.12	2.26	3.9	0.12	42.1	1.37	30.73	112	15.6	7.3	0.1	1.2	890	24.2	21.60
	0 – 70	38.6	52.8	22.6	28.4	0.53	4.6	0.12	45.9	1.48	31.01	65	10	6.5	0.3	1.4	860	18.2	28.00
LNBI	70 – 140	48.4	44.12	38.4	38.6	0.87	5.2	0.11	48.5	1.45	33.45	90	13	10.1	0.25	1.3	910	24.65	27.38
	140 – 220	53.00	36.10	36.5	48.1	1.33	4.5	0.11	52.3	1.36	38.45	130	15.5	11	0.2	1.25	945	27.95	21.5
LNBI	220 – 240	68.12	28.8	40.2	52.36	1.81	3.8	0.10	47.3	1.28	36.95	150	18	11.2	0.15	1.2	1002	30.55	20.36
	240 – 300	72.41	18.3	43.21	56.41	3.08	3.6	0.10	40.9	1.21	33.80	162	12	8.3	0.1	1.1	1008	21.5	13.27

Tableau 27 : Résultats des analyses physiques des profils de la station de lac Noir bassin 1 (LNBI)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
SI	0 - 20	04.10	33.42	16.00	21.36	25.12	-	65.8	6.22	9.98	18	72.02
	20 – 80	04.50	25.14	28.40	17.31	24.65	-	68.00	0.44	13.53	18.03	68.44
LNBI	80 – 130	4.70	24.19	30.82	19.12	21.17	-	69.95	1.05	16.8	18.20	65.00
	130 – 200	5.14	20.15	26.10	21.06	27.55	-	36.12	1.02	17.78	18.0	64.14
SII	0 – 10	3.24	26.34	15.61	28.66	26.15	18.20	30.3	18.9	11.87	20.73	67.4
	10 – 90	5.33	28.13	09.39	29.49	27.66	18.25	32.06	19.2	11.24	19.25	69.51
LNBI	90 – 150	5.22	29.42	06.11	31.12	28.13	19.30	35.17	20.5	6.62	18.41	74.97
	150 – 220	5.81	27.05	11.13	24.14	31.87	17.15	33.14	18.66	8.81	22.34	68.85
SIII	220 – 240	5.80	26.12	11.52	21.84	34.72	15.33	31.17	17.13	10.94	25.43	63.63
	0 – 70	6.44	21.83	34.77	22.25	14.71	22.14	32.13	25.48	5.92	14.33	79.75
LNBI	70 – 140	7.13	20.66	26.50	28.29	17.42	14.16	29.24	26.73	14.66	15.21	70.13
	140 – 220	8.24	19.41	23.74	27.36	21.25	18.33	27.21	31.12	5.72	17.62	76.66
LNBI	220 – 240	10.02	17.36	13.43	25.04	34.15	17.44	25.0	28.32	11.04	17.80	71.16
	240 – 300	10.1	17.05	15.24	21.13	36.48	13.21	27.26	25.06	16.49	17.98	65.53

Tableau 28- Résultats des analyses physico-chimiques des profils de la station de lac Noir bassin 2 (LNB2)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	l.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
<b>SI</b> <b>LNB2</b>	<b>0 – 25</b>	20.5	49.1	24.6	20.5	0.42	6.4	0.1	32.4	1.8	18	40	10	06	0.8	1.5	835	18.3	40.75
	<b>25 – 95</b>	26.9	43.8	19.1	32.0	0.73	6.1	0.1	38.7	1.71	22.63	62	12	07	0.7	1.52	856	21.22	34.22
	<b>95 – 140</b>	31.4	42.3	14.8	37.5	0.65	5.3	0.1	45.5	1.78	25.56	89	12.5	07.5	0.6	1.56	880	22.16	24.90
	<b>140 – 180</b>	45.2	37.7	18.3	44.0	1.17	4.6	0.1	49.3	1.64	30.06	130	11	07	0.6	1.6	930	20.2	15.53
<b>SII</b> <b>LNB2</b>	<b>0 – 30</b>	26.8	44.4	22.4	22.4	0.50	5.5	0.1	30.1	1.74	17.29	45	09	05	0.4	1.4	844	15.8	35.11
	<b>30 – 100</b>	30.7	38.5	18.1	28.9	0.75	4.1	0.1	36.87	1.69	21.81	70	10.5	07	0.52	1.45	876	19.47	27.81
	<b>100 – 160</b>	35.1	34.6	14.6	35.0	1.01	4.8	0.1	44.10	1.60	27.56	103	11	07	0.66	1.47	910	20.13	19.54
	<b>160 – 200</b>	38.5	27.5	13.5	44.7	1.62	5.1	0.1	49.0	1.98	24.74	151	12	08.5	0.7	1.5	940	22.7	15.03
	<b>200 – 240</b>	45.4	22.4	42.5	50.2	2.24	5.3	0.1	46.2	1.12	41.25	112	15	08.7	0.72	1.56	965	25.98	23.19
<b>SIII</b> <b>LNB2</b>	<b>0 – 80</b>	39.0	37.1	22.5	30.6	0.82	5.4	0.1	38.3	1.50	25.53	56	12.5	08	0.4	1.46	915	22.36	39.93
	<b>80 – 190</b>	43.2	29.0	19.4	39.0	1.34	4.8	0.1	47.13	1.44	32.73	90	13.9	09.5	0.45	1.48	965	25.33	28.14
	<b>190 – 225</b>	48.6	24.5	15.7	43.2	1.76	4.2	0.1	51.3	1.7	30.17	164	14.4	09.5	0.58	1.50	990	25.98	15.84
	<b>225 – 280</b>	49.5	20.8	26.3	50.1	2.40	4.1	0.1	54.0	1.76	30.68	182	15.0	10.2	0.67	1.49	995	27.36	15.03
	<b>280 – 300</b>	55.6	17.9	44.5	53.0	2.96	3.9	0.1	36.9	1.03	35.82	103	15.5	08.3	0.56	1.45	965	25.81	25.05

Tableau 29- Résultats des analyses physiques des profils de la station de lac Noir bassin 2 (LNB2)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
<b>SI</b> <b>LN</b> <b>B2</b>	<b>0 – 25cm</b>	4.49	6.24	31.43	25.68	32.16	6.41	8.36	28.15	32.7	24.38	42.92
	<b>25 – 95</b>	5.22	6.78	30.43	27.16	30.41	6.50	7.14	27.38	33.72	25.26	41.02
	<b>95 – 140</b>	5.74	7.39	30.70	26.16	30.01	6.05	7.08	25.14	33.59	28.14	38.27
	<b>140 – 180</b>	6.38	10.02	23.04	29.15	31.41	5.61	7.44	23.49	28.05	35.41	36.54
<b>SII</b> <b>LN</b> <b>B2</b>	<b>0 – 30</b>	5.21	11.81	23.06	29.64	30.28	10.84	12.67	27.61	10.72	38.16	51.12
	<b>30 – 100</b>	6.12	11.07	20.60	30.05	32.16	12.25	12.51	28.44	7.32	39.48	53.2
	<b>100 – 160</b>	6.78	10.61	19.43	31.69	31.49	13.28	10.1	25.16	12.54	38.61	48.85
	<b>160 – 200</b>	7.25	10.6	14.49	35.16	32.50	10.13	09.36	24.12	14.23	42.16	43.61
	<b>200 – 240</b>	6.31	09.24	19.94	31.44	33.07	06.25	7.25	25.61	18.09	42.80	39.11
<b>SIII</b> <b>LN</b> <b>B2</b>	<b>0 – 80</b>	5.35	7.19	32.45	25.38	29.63	08.16	10.10	24.69	13.00	44.05	42.95
	<b>80 – 190cm</b>	7.14	6.89	25.81	28.16	32.00	07.44	12.14	28.44	6.38	45.6	48.02
	<b>190 – 225</b>	8.19	8.14	22.22	29.61	31.84	07.05	11.61	29.79	5.45	46.1	48.45
	<b>225 – 280</b>	10.13	9.36	16.69	30.68	33.14	06.90	10.90	32.16	3.24	46.8	49.96
	<b>280 – 300</b>	6.24	10.41	18.61	30.33	34.41	06.02	10.01	34.14	2.77	47.06	50.17

La description morphologique a révélé la présence d'un sol tourbeux très épais avec une bonne conservation de la matière organique. Le développement du profil suit la configuration du terrain. En effet, il s'est avéré que plus on se rapproche du centre de la dépression et plus le profil est profond et plus les débris organiques sont mieux conservés et facilement reconnaissables.

L'analyse physico-chimique réalisée sur six profils types a montré que, après élimination des débris organiques, la texture est sableuse avec des taux de sable qui augmentent selon la profondeur. Dans cette station, le taux d'humidité est très important, particulièrement dans les couches profondes.

La caractérisation physique de la tourbe a montré que le taux de fibre est particulièrement élevé quand on se rapproche du centre du lac. Il existe donc un gradient de conservation de la matière organique de l'extérieur vers l'intérieur du lac. Le fond des carottes étudiées referme une couche de sable riche en matière organique humifiée.

L'évaluation de l'indice pyrophosphate (qui est un indicateur du taux de décomposition de la matière organique de la tourbe) donne des valeurs très faibles (<15) qui suggèrent une tourbe fibrique en régénération. Toutes les couches analysées sont acides, avec une acidité qui augmente avec la profondeur. Cette augmentation de l'acidité vers le bas du profil serait liée à la migration et à l'accumulation des acides organiques au fond des profils, surtout en absence de processus d'oxydation et en absence d'électrolytes. La pauvreté en éléments minéraux se traduit par une faible conductivité électrique (source d'eau oligotrophe). La teneur en azote ne dépasse pas 2 % dans l'ensemble des couches analysées. Il est donc clair que l'azote est rapidement transformé par les micro-organismes en surface, le peu qui en reste est éliminé sous forme de gaz (NH<sub>3</sub>). La bonne conservation du carbone et les pertes d'azote font que le rapport C/N est très élevé, notamment dans les couches profondes.

Le complexe adsorbant est partout assez désaturé, mais cette désaturation est nettement plus marquée dans les horizons du bas. Dans le transect, les profils situés au centre de la dépression sont les plus désaturés. En effet, ici, la teneur en éléments minéraux du complexe adsorbant est très faible avec un taux de saturation qui ne dépasse pas 20 % et où le calcium et le magnésium sont les plus dominants (80 % de l'ensemble des bases).

La présence d'une quantité appréciable de fer dans les profils est en relation avec l'environnement lithologique de ce milieu composé dans une large mesure par des grès et argiles ferrugineux et par du sable rouge.

Il ressort que les sols de cette dépression dunaire évoluent sous le contrôle du niveau de la nappe et de la quantité de matière organique que fournit un couvert végétal souvent dense et diversifié. En fonction du niveau de la nappe d'eau dunaire, la matière organique qui arrive au sol est soit minéralisée quand les conditions d'aération le permettent, soit humifiée quand les conditions de transformation lui sont défavorables d'où son accumulation. L'accumulation de débris organique sur des épaisseurs importantes incite à caractériser ce dépôt par une analyse pollinique et un fractionnement de la matière organique.

**c. Le lac Bleu** : Le lac bleu est une étendue d'eau douce avec une saulaie avoisinante. Il occupe une dépression dunaire au Nord Est du lac Mellah. Ses coordonnées géographiques sont 36°54'701N et 8°20'291<sup>E</sup> et son altitude est de 15 m (coordonnées Lambert : X=1002-1003 ; Y=415-416). Ce lac est limité au Nord et au Nord Est par les crêtes du cordon dunaire dont l'altitude varie de 160 m à 207 m, à l'Est et au Sud Est par la forêt de Kourata et au sud Ouest et à l'ouest par une ligne de crêtes de 75 à 150 m d'altitude qui le sépare du lac Mellah.

Pour caractériser les sols de ce site, nous avons étudié un transect de direction sud-nord et ce de la saulaie jusqu'au plan d'eau. Nous avons retenu trois profils caractéristiques qui explicitent l'évolution des sols de la dune vers la vase en passant par la tourbière. Le carottage a été réalisé à la sonde russe et à la tarière pédologique, ce qui nous a permis de mettre en évidence les solums suivants :

**Solum I (S<sub>1</sub>LB) :** Ce solum se situe au niveau de la zone de contact avec la dune, dans la section inondable durant trois mois et plus. La végétation y est représentée des espèces de transition telles que *Callicotum spinosa*, *Rubus ulmoflous*, *Quercus coccifera* et par quelques fougères...etc. Le sol est sous l'influence des mouvements de la nappe ou du plan d'eau du lac.

Description morphologique :

**0 – 25 cm :** Humide ; noir (10YR3/1) ; sableux ; organique ; beaucoup de débris reconnaissables ; structure particulière ; racines fines et moyennes ; activité biologique moyenne ; transition nette.

**25 – 55cm:** Humide ; noir sombre (10YR2/1) ; sableux ; organique sans débris visibles ; racines moyennes ; friable ; structure particulière ; pas d'activité biologique ; transition nette.

**55 – 120 cm :** Gris noir (5YR4/1) ; humide ; peu organique ; sable blanc ; pas de racines.

Le sondage réalisé dans cette zone a mis en évidence 3 horizons qui se distinguent par leur couleur et surtout par leurs teneurs en débris organiques reconnaissables. Les analyses physico-chimiques (tableaux 30 et 31) indiquent qu'il s'agit d'un profil de sol peu évolué développé sur sable avec une teneur en eau qui augmente selon la profondeur (10.5-33.4), un pH légèrement acide (6.3) sur l'ensemble du profil, un taux de fibres très bas et un indice pyrophosphate moyen en surface (20.5) qui augmente vers le bas (37.5 aux environs de 120 cm de profondeur) indiquant ainsi une forte décomposition des débris organiques. Le complexe adsorbant est moyennement saturé en bases échangeables qui sont dominées par le calcium.

**Solum 2 (S<sub>2</sub>LB) :** Ce solum se situe dans une section inondable durant six mois et plus par an. La végétation est représentée par des espèces semi-aquatiques telles que *Typha*, *Alnus*, *Phragmites*, *Rubus* et *Osmunda regalis*...etc. Le sol est sous l'influence des mouvements de la nappe ou du plan d'eau du lac.

Description morphologique :

**0 – 40 cm :** Humide ; brun (10YR5/2) ; sableux ; riche en débris organiques peu décomposés ; structure lamellaire ; présence de beaucoup de racines fines et moyennes.

**40 – 85 cm :** brun (10YR5/3) ; débris organiques peu décomposés ; beaucoup de fibres ; pas d'éléments minéraux ; structure lamellaire ; peu de racines fines et moyennes.

**85 – 135 cm :** brun (10YR5/4) ; sable en mélange avec des débris organiques peu décomposés de couleur marron ; beaucoup de fibres ; structure fibreuse nette.

**135 – 195 cm :** Noir Sombre (10YR3/1) ; très organique ; beaucoup de fibres ; pas d'éléments minéraux ; structure peu nette ; saturé en eau ; présence de quelques taches de rouille.

**195 – 240 cm** brun (10YR3/3) ; débris organiques décomposés ; beaucoup de fibres ; peu d'éléments minéraux ; structure lamellaire peu nette ; doux ; saturé en eau.

**240 – 320 cm** : Noir sombre (10YR2/1 ; débris organiques très décomposés de couleur noire en mélange avec du sable ; peu de fibres ; sans structure visible ; saturé en eau.

**320 – 420 cm** : sable en mélange avec de la matière organique très décomposée de couleur noire sombre.

Le sondage réalisé dans cette zone a mis en évidence 7 horizons identifiés surtout par la couleur et les teneurs en débris organiques reconnaissables. Les tableaux 30 et 31 révèlent qu'il s'agit d'un profil tourbeux développé sur sable avec une forte teneur en eau, un pH acide (5.5) en surface et très acide dans la partie médiane du sondage (4.1) et qui redevient acide en profondeur (5.4). Le taux de fibres est très élevé particulièrement au milieu du sondage (67.5) entre 195 et 204 cm de profondeur ; l'indice pyrophosphate est relativement élevé en surface (24.0) mais diminue (14.7) entre 195 et 204 cm puis augmente de nouveau (30.6) vers la base du sondage à 420 cm de profondeur indiquant une forte accumulation des composés organiques humifiés en profondeur. Le complexe adsorbant est très faiblement saturé en bases échangeables.

**Solum 3 (S<sub>3</sub>LB)** : Ce solum se situe à la limite du plan d'eau. La végétation y est représentée par des espèces de transition entre le milieu aquatique (*Nuphea*, *Callitriche*, *Potamogeton*) et le milieu semi-aquatique (*Alnus*, *Typha Sparganium*). Le sol est sous l'influence du plan d'eau du lac.

#### Description morphologique

**0 – 60 cm** : Humide ; noir ; sableux ; organique ; beaucoup de débris reconnaissables ; structure particulière ; racines fines et moyennes ; activité biologique moyenne ; pas d'effervescence à l'HCl ; transition nette.

**60 – 145 cm** : Couleur brune ; débris organiques peu décomposés ; beaucoup de fibres ; peu d'éléments minéraux constitués particulièrement de sables ; structure peu visible ; peu de racines fines et moyennes.

**145 – 220cm** : Noir Sombre ; très organique ; beaucoup de fibres ; pas d'éléments minéraux ; structure peu nette ; saturé en eau ; présence de quelques taches d'hydromorphie.

**220 – 300cm** : Gris noir ; organique ; peu de fibres ; présence d'argile en mélange avec du sable ; structure peu nette ; saturé en eau ; présence de quelque tache de rouille ; très plastique.

**300 – 420cm** : Gris Noir ; peu organique ; pas de fibres ; présence d'éléments minéraux composés d'argile et de sable ; pas de structure visible ; gorgé d'eau ; présence de beaucoup de taches d'hydromorphie.

**420 – 480 cm** : Gris ; non organique ; mélange de sable et d'argile ; hydromorphe.

Ce profil est constitué de 6 horizons. Les tableaux 30 et 31 révèlent qu'il s'agit d'un profil tourbeux développé sur sable avec une très forte teneur en eau, un pH acide (4.8) en surface et très acide en profondeur (4.2). Le taux de fibres est très élevé en surface (proche de 30 % dans les premiers 300 cm de surface) et diminue à la base (12.2%). L'indice pyrophosphate augmente du haut (39.0) vers le bas (52.2) du profil révélant ainsi une forte

accumulation des composés organiques humifiés. Le complexe adsorbant est insaturé en bases échangeables qui restent dominées par le calcium.

Tableau 30- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de Lac bleu (LB)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
SI LB	0 - 25	10.5	09.1	44.6	20.5	0.44	6.2	0.1	12.4	1.18	10.50	16	2.5	0.6	0.08	0.31	545	4.65	29.1
	25 - 55	24.9	13.8	29.1	32.0	0.43	6.4	0.1	18.7	1.10	17.0	22	4.0	1.7	0.07	0.42	586	6.19	28.1
	55 - 120	33.4	12.3	64.8	37.5	0.33	6.3	0.1	15.5	1.08	14.35	19	1.5	0.75	0.06	0.56	530	2.57	15.1
SII LB	0 - 40	45.2	27.7	18.3	24.0	1.15	5.6	0.1	19.3	1.94	09.5	60	3.1	0.82	0.06	0.16	620	4.14	6.9
	40 - 85	46.8	44.4	12.4	22.4	1.98	5.5	0.1	32.1	1.34	23.95	75	2.9	0.85	0.04	0.14	544	3.39	5.2
	85 - 135	50.7	58.5	08.1	18.9	3.09	4.8	0.1	38.7	1.29	30	90	2.05	0.87	0.02	0.41	526	3.35	3.7
	135 - 195	55.1	64.6	10.6	15.0	4.3	4.3	0.1	44.1	1.20	36.75	105	1.9	0.78	0.06	0.70	530	3.44	3.3
	195 - 240	58.5	67.5	13.5	14.7	4.59	4.1	0.1	52.0	1.18	44.06	132	1.4	0.85	0.07	0.52	510	2.84	2.2
	240 - 320	65.4	62.4	22.5	20.2	3.09	4.3	0.1	54.2	1.22	44.42	102	1.3	0.87	0.02	0.64	625	2.83	2.8
	320 - 420	69.0	37.1	32.5	30.6	1.21	5.4	0.1	38.3	1.10	34.81	56	1.25	0.81	0.04	0.47	615	2.57	4.6
SIII LB	0 - 60	73.2	29.0	39.4	39.0	0.74	4.8	0.1	46.3	1.54	30.06	90	1.39	0.92	0.05	0.80	645	3.16	3.5
	60 - 145	78.6	34.5	25.7	43.2	0.80	4.2	0.1	50.1	1.17	42.82	104	1.4	0.91	0.08	0.59	660	2.98	2.9
	145 - 220	79.5	30.8	26.3	50.1	0.61	4.1	0.1	52.0	1.26	41.27	82	1.5	1.02	0.07	0.43	665	3.02	3.7
	220 - 300	85.6	27.9	24.5	53.0	0.52	4.0	0.1	39.9	1.23	32.44	73	1.5	0.83	0.06	0.53	625	2.92	4.0
	300 - 420	88.2	16.6	26.8	53.1	0.31	4.1	0.1	31.2	1.12	27.85	65	1.0	0.95	0.08	0.44	521	2.47	3.8
	420 - 480	89.2	12.2	25.3	52.2	0.23	4.2	0.1	16.21	1.09	14.87	41	0.9	0.75	0.09	0.38	498	2.12	5.2

Tableau 31- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de Lac bleu (LB)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie organique					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
SI LB	0 - 25	06.14	7.28	17.78	36.16	32.64	25.10	19.7	16.05	19.00	20.15	60.85
	25 - 55	06.21	9.83	17.11	35.24	31.61	20.2	18.8	20.16	18.68	22.16	59.16
	55 - 120	06.16	12.44	16.34	34.17	30.89	14.06	16.4	22.9	21.45	25.19	53.36
SII LB	0 - 40	05.41	10.42	26.77	31.19	26.21	7.21	16.16	25.7	23.72	27.21	49.07
	40 - 85	07.42	11.41	19.20	34.61	27.36	9.33	19.25	28.9	13.35	29.17	57.48
	85 - 135	08.21	10.9	19.53	33.17	28.19	12.50	18.39	31.05	09.94	28.12	61.94
	135 - 195	08.66	09.88	21.12	28.17	32.17	14.43	19.41	27.67	7.36	31.13	61.51
	195 - 240	08.72	09.6	20.28	26.19	35.21	15.24	19.68	28.17	6.11	30.8	63.09
	240 - 320	09.05	09.01	21.35	24.17	36.42	12.65	21.41	29.81	4.53	31.6	63.87
	320 - 420	09.70	8.24	22.51	21.39	38.16	10.71	22.88	30.12	4.42	31.87	63.71
SIII LB	0 - 60	05.14	07.21	18.99	34.49	34.17	12.6	14.9	18.86	17.59	36.05	46.36
	60 - 145	08.17	08.62	14.84	35.18	33.19	11.3	15.5	19.12	15.98	38.1	45.92
	145 - 220	09.41	09.14	11.64	36.21	33.6	8.2	12.2	21.70	20.10	37.8	42.10
	220 - 300	10.61	12.21	10.80	34.19	32.19	6.7	10.8	22.89	23.21	36.4	40.39
	300 - 420	12.72	17.16	6.02	32.41	31.69	6.5	10.1	23.01	76.81	37.2	39.61
	420 - 480	12.89	18.15	09.50	28.69	30.77	5.1	08.16	23.8	24.70	38.24	37.06

Il ressort de la caractérisation de cette séquence de sols que la texture est sableuse dans l'ensemble des horizons, mais les taux de sables augmentent au fur et mesure que l'on s'éloigne du plan d'eau. Les taux d'humidité augmentent similairement de l'extérieur vers l'intérieur de la dépression et du haut vers le bas des profils. Le taux de fibres est plus important au niveau de l'aulnaie que sur la dune ou dans la zone de contact avec le plan d'eau. Ceci s'explique par le fait que le sol situé au niveau de l'aulnaie représente le profil le plus équilibré de la séquence où l'apport en débris organiques est important et où les conditions de conservation sont optimales.

L'acidité augmente d'amont en aval de la séquence et du haut vers le bas du profil, c'est à dire des endroits les moins humides vers les endroits les plus humides. Toutefois, la réaction acide des sols est à lier avec la nature du substrat géologique et au degré de saturation du complexe adsorbant. Les taux de carbone organique augmentent en allant vers le lac et les teneurs en azote sont relativement faibles d'où des rapports C/N très élevés. Ici, le fer total est présent en quantité importante mais ses teneurs restent relativement faibles par rapport aux teneurs des sols du lac Noir. Cette différence serait probablement liée à l'âge de la dépression dunaire, hypothèse qui mérite d'être étudiée par une analyse pollinique et des mesures de radiocarbone.

**d- Gareat El-Khoubzi:** Il s'agit d'une dépression dunaire inondable saisonnièrement, sa surface est d'environ 600 ha. Elle est se trouve au Nord Ouest de Bouteldja entre Nechaa Righia et Gareat Estah (coordonnées géographiques : 8°07'26'' et 8°09'14'' E ; coordonnées Lambert : X= 982-986 ; Y= 408- 412 ; altitude : 32m à 48m). Elle est limitée au nord par koudiet Madjen Zitoun, à l'est par la piste qui mène à Mechta Hennaya, à L'Ouest par koudiat El Mehiris et au Sud par Koudiat Dar El-Lemna. Les bas fonds de la Gareat sont constitués de limons et de sables dunaires (Joleaud, 1936). Sur la carte au 1/50 000 de Boutelja, ce site figure comme un marais de 740 ha et qui s'est transformé maintenant en prairie à *Isoetes histrix* et *Isoetes velata*. Cet ancien marécage demeure partiellement en eau (quelques hectares) durant la période pluvieuse. Cette dépression est alimentée par les eaux de pluie et par la nappe dunaire, les nombreux forages au sud-ouest du cordon dunaire sont une cause de son dessèchement périodique.

La végétation de cette dépression évolue d'une prairie humide à isoètes vers la cocciferae dunaire. L'inventaire des sols met en évidence des unités de sols contrôlés directement par l'aspect morphologique du terrain, le niveau de la nappe et la nature du couvert végétal. Trois unités de sol ont été retenues et ont fait l'objet d'une description morphologique et d'analyse au laboratoire.

**Solum1 (S1Kh) :** Il se situe dans la zone de contact avec la dune dans la section inondable durant au moins trois mois. La végétation est représentée des espèces de transition tel que *Callicotum spinosa*, *Rubus ulmoflous*, *Quercus coccifera*, *Pinus maritima* et par quelques fougères... etc. Le sol est sous l'influence des mouvements de la nappe.

Description morphologique

**0 – 10 cm :** Noir (10YR2/1) ; Humide ; sableux ; organique ; beaucoup de débris reconnaissables ; particulière ; racines fines et moyennes ; activité biologique moyenne ; pas de réaction à l'HCl ; transition nette.

**10 – 50 cm :** Noir sombre (10YR2/2) ; Humide ; sableux ; organique sans débris visibles ; racines moyennes à grosses ; friable ; structure particulière ; pas d'activité biologique ; transition nette.

**50 –110 cm :** Gris noir (10YR5/1) ; humide ; peu organique ; sable blanc ; pas de racines.

Le sondage réalisé dans cette zone a mis en évidence 3 horizons morphologiquement différents. Les analyses (tableaux 32 et 33) révèlent qu'il s'agit d'un profil de sol peu évolué développé sur sable. La teneur en eau est faible, le pH est légèrement acide (5.9 à 5.5) et le taux de fibres (45.02% à 37.85%) est très élevé mais diminue avec la profondeur. Par ailleurs, le taux de saturation est faible et les bases échangeables sont dominées par le calcium.

**Solum2 (S2Kh):** Ce solum se situe sur les berges au niveau de la zone de contact avec la dune, dans la section inondable durant au plus trois mois par an. La végétation est représentée par une pelouse à graminée en mélange avec des composées et des légumineuses, la végétation arborescente se limite à *Erica arborea*, *Olea europea*, *Cistus salvifolius*, *Lavandula stoeckas* et *Callicotum spinosa*. Le sol est sous l'influence des mouvements de la nappe et de la dune.

Description morphologique :

**0 - 25 cm:** Noir ; (10YR2/1) ; sableux ; humide ; organique ; beaucoup de racines ; peu de fibres friables ; bonne activité biologique.

**25 – 70 cm :** Noir sombre (10YR2/2) ; sableux ; très organique ; peu de racines ; quelques débris très dégradés.

**70 – 130 cm :** Noir sombre (10YR3/1) ; sableux ; très organique ; beaucoup de débris très altérés.

**130 – 180 cm :** Gris noir (10YR5/1) ; sableux ; non organique.

Ce profil est composé de quatre horizons qui se différencient par la couleur et par les teneurs en débris organiques reconnaissables. Les tableaux 32 et 33 révèlent qu'il s'agit d'un profil de sol peu évolué humifère développé sur sable. Le taux d'humidité est moyen, le pH est légèrement acide (5.9 à 6.0), le taux de fibres est très élevé et augmente dans la partie médiane du sondage (40.65% en surface ; 49.44 % à 70cm et 42.2% à la base) et le taux de saturation en bases échangeable est faible et diminue vers le bas.

**Solum3 (S3Kh) :** Ce solum se situe au centre du marais mais la durée d'inondation reste inférieure à 9 mois sauf durant les années pluvieuses. La végétation est représentée par une pelouse à graminées en mélange avec des composées et des légumineuses, la végétation arborescente est totalement absente de cette dépression. Le sol est sous l'influence des mouvements de la nappe. La profondeur maximale prospectée est de 160 cm, l'utilisation de la sonde russe est impossible dans ce genre de terrain.

Description morphologique :

**0 – 15 cm:** Noir (7.5YR2/0) ; saturé en eau ; beaucoup de racines denses fines et moyennes ; sableux ; friable ; structure particulière ; faible activité biologique ; pas de réaction à l'HCl.

**15 – 35 cm:** Gris noir (10YR3/0) ; saturé en eau ; racines moyennes ; très organique ; sableux ; pas d'activité biologique.

**35- 80 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; saturé en eau ; très riche en débris végétaux ; sableux ; non organique ; pas de réaction à l'HCl ; transition nette.

**80 – 120 cm:** Noir sombre (10YR2/2) ; il y a plus de débris non reconnaissables ; sableux ; pas d'activité biologique ; pas de réaction à l'HCl ; transition nette.

**120 –160cm:** Gris noir (10YR3/0) ; sableux ; peu organique ; saturé en eau ; structure particulière ; pas de racines visibles ; pas d'activité biologique.

Comme pour les autres sols, la couleur et les leurs en débris organiques reconnaissables sont les principaux critères de distinction entre les horizons. Les analyses (tableaux 32 et 33) indiquent qu'il s'agit d'un profil de sol peu évolué humifère développé sur sable. Le pH est légèrement acide (5.5 à 5.2), le taux de fibres très élevé en surface (45.58%) et diminue en profondeur (27.3%) à la base du sondage, le taux de saturation en bases est bas et légèrement stable sur tout le profil (13.7% en surface 12.0% en profondeur). Les bases échangeables sont dominées par le calcium.

**Tableau 32- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de Gareat El-Khoubzi (KH)**

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
<b>SI KH</b>	<b>0 – 10</b>	15.2	45.02	93.8	-	-	5.9	0.14	3.62	0.4	9.05	12.9	1.4	0.8	0.1	0.29	726	2.59	20
	<b>10 – 50</b>	15.6	43.91	95.6	-	-	5.8	0.11	2.55	0.18	14.1	12.1	1.2	0.7	0.08	0.25	758	2.23	18.4
	<b>50 – 110</b>	17.6	37.85	97.5	-	-	5.5	0.07	1.44	0.04	36	11.5	1.0	0.6	0.07	0.20	789	1.87	16.3
<b>SII KH</b>	<b>0 – 25</b>	20.7	40.65	87.6	15.5	2.62	5.9	0.10	7.22	0.25	28.8	18.9	1.9	0.9	0.15	0.28	812	3.23	17.1
	<b>25 – 70</b>	23.2	49.44	88.7	17.3	2.85	5.8	0.11	6.54	0.22	29.7	15.2	1.5	0.9	0.11	0.27	896	2.78	18.3
	<b>70 – 130</b>	26.1	46.66	92.5	19.6	2.38	5.6	0.12	4.33	0.12	36.1	14.4	1.2	0.5	0.1	0.24	924	2.04	14.2
	<b>130 – 160</b>	29.6	42.2	95.5	21.7	1.94	6.0	0.11	2.61	0.09	29.0	12.2	1.0	0.4	0.05	0.13	735	1.58	12.9
<b>SIII KH</b>	<b>0 – 15</b>	22.3	43.58	78.9	16.6	2.62	5.5	0.12	12.25	0.6	20.4	21.6	1.7	0.8	0.14	0.32	829	2.96	13.7
	<b>15 – 35</b>	33.5	45.39	81.4	18.6	2.44	5.6	0.14	10.84	0.4	27.1	19.1	1.3	0.7	0.11	0.21	887	2.32	12.1
	<b>35 – 80</b>	35.4	40.1	83.8	20.2	1.98	5.8	0.18	9.38	0.25	37.5	17.8	1.1	0.7	0.09	0.21	910	2.10	11.8
	<b>80 – 120</b>	45.9	31.8	90.9	21.1	1.50	5.3	0.18	5.26	0.15	35.1	15.3	1.0	0.6	0.07	0.19	945	1.86	12.2
	<b>120 -160</b>	51.3	27.3	95.7	15.4	1.77	5.2	0.12	2.51	0.09	27.9	13.1	1.0	0.4	0.05	0.12	895	1.57	12.0

**Tableau 33- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de Gareat El-Khoubzi (KH)**

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	<50	>50	Fibre >200
<b>SI KH</b>	<b>0 – 10</b>	1.2	2.1	19.90	42.2	34.6	14.1	14.9	16.02	16.58	38.4	45.02
	<b>10 – 50</b>	1.6	6.2	14.2	41.9	36.1	10.7	12.61	20.6	18.59	37.5	43.11
	<b>50 – 110</b>	0.96	4.94	12.5	42.7	38.9	6.8	8.25	22.8	21.45	40.7	37.85
<b>SII KH</b>	<b>0 – 25</b>	2.5	2.9	21.0	38.2	35.4	8.24	12.2	20.21	14.19	45.16	40.65
	<b>25 – 70</b>	2.3	2.8	15.2	41.4	38.3	10.8	16.5	22.14	6.16	44.4	49.44
	<b>70 – 130</b>	1.8	2.2	5.4	48.0	42.6	08.9	14.6	23.16	10.54	42.8	46.66
	<b>130 – 160</b>	1.8	1.5	7.3	46.3	43.1	05.6	10.8	25.8	14.2	43.6	42.2
<b>SIII KH</b>	<b>0 – 15</b>	8.5	9.2	17.2	28.4	36.7	8.14	14.2	21.24	20.32	36.1	43.58
	<b>15 – 35</b>	7.6	9.6	18.0	26.3	38.5	7.7	13.5	24.19	16.11	38.5	45.39
	<b>35 – 80</b>	6.9	8.3	19.6	25.4	39.8	5.6	19.7	22.8	20.2	39.7	40.1
	<b>80 – 120</b>	4.2	6.4	15.9	32.9	40.6	2.1	10.1	19.6	27.00	41.2	31.8
	<b>120 -160</b>	1.5	3.6	14.2	36.5	44.2	1.2	8.8	17.3	29.90	42.8	27.3

Gareat El-khoubzi est une dépression dunaire qui reste en eau durant la période humide. Elle se caractérise donc par une alternance de phase d'inondation où les processus de biodégradation de la matière organique sont bloqués et une phase d'exondation durant laquelle le sol est aéré et l'activité biologique stimulée. L'évolution des sols de cette dépression est donc sous le contrôle des inondations et de leurs durées qui régulent l'évolution de la matière organique.

La texture de ces sols est sableuse et leur humidité est plus importante de l'amont vers l'aval de la dépression et du haut vers le bas du profil. Le pH des sols est compris entre 5-6 et leur taux de saturation est très bas (< 22 %). Par rapport à la moyenne régionale, les taux de carbone organique sont relativement bas (5.5% en moyenne) et la conductivité électrique relativement élevée (018 ds/cm) à cause probablement de l'influence marine. Le rapport C/N est inférieur à 30.

Dans ces profils, malgré une texture sableuse favorable à l'activité biologique minéralisatrice de la matière organique, nous avons trouvé une quantité de fibre très importante (>40%) qui serait due à une minéralisation incomplète de la matière organique durant la période sèche et donc de son accumulation au centre de la dépression en particulier.

La profondeur maximale prospectée est de 160 cm, l'utilisation de la sonde russe est impossible dans ce genre de terrain.

**e- El-Gouriat- Okréra** : C'est une dépression dunaire d'inondation saisonnière. La superficie de cette dépression est de 45 ha et son altitude moyenne est de 22 m. Elle se situe aux coordonnées géographiques (GPS) 36°50' 832N et 8°10' 792 E. Il s'agit d'une saulaie accompagnée d'une magnocariçaie à *Carex elata* qui a subi les effets négatifs des incendies répétés. Ce site est temporairement asséché et est relié au lac Okréra qui se trouve au sud ouest et dont la superficie potentielle est de 32 ha mais avec une superficie réelle de 5ha et souvent moins. Cette dépression est alimentée par la nappe d'eau dunaire dont la résurgence constitue le point de départ de l'Oued El-baheim qui coule vers le sud-ouest et alimente Nechaa Righia avant de se déverser dans l'Oued El-Kébir Est. La végétation actuelle est très perturbée et il n'y a que quelques espèces reliques qui subsistent. L'inventaire de cette végétation révèle des groupements constitués d'une cocciferaia sur sable dunaire, d'une aulnaie saulaie mêlé d'une prairie humide sur zone inondable et d'une végétation semi-aquatique vers le centre du lac Okréra.

L'inventaire des sols dans cette dépression humide montre le passage progressif des sols de marée vers des sols tourbeux puis vers des sableux dunaires. Dans ce site, nous avons étudié quatre sols représentatifs.

**Solum1 (S1GOk)**: Ce solum se situe sur la dune, la durée d'inondation est inférieure à 3 mois sauf durant les années pluvieuses où elle est un peu plus longue. La végétation est représentée par des espèces de dune telles que *Callicotum spinosa*, , *Quercus coccifera*, *Pinus maritima* et par des espèces de transition vers les milieux plus humides telles que *Rubus ulmoflous*, quelques fougères, etc. Le sol est sous l'influence du couvert végétal et des oscillations de la nappe.

Description morphologique :

**0 – 15 cm** : Noir sombre (7.5YR2/0) ; humide ; sableux ; débris organiques reconnaissables ; bonne activité biologique ; beaucoup de racines de toutes tailles ; friable.

**15 – 40cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; humide ; organique ; beaucoup de racines fines et moyennes ; sableux ; friable.

**40 – 60 cm** : Gris noir (7.5YR3/0) ; débris organiques non reconnaissables ; peu de racines ; activité biologique moyenne ; pas d'effervescence à l'HCl.

**60 – 90 cm** : gris jaune (10YR7/4) ; sableux ; non organique ; friable ; peu humide.

Ce solum est constitué de quatre couches qui se distinguent par la couleur et surtout par la teneur en débris organiques reconnaissables. Les tableaux 34 et 35 révèlent qu'il s'agit d'un profil de sol peu évolué développé sur sable. La teneur en eau augmente selon la profondeur (19.2 % en surface à 28.8 % en profondeur). Le pH est légèrement acide (6.2) dans tout le profil. Les taux de fibres (40% à 37.55%) et les indices pyrophosphates (17.1 à 19.4) sont moyens et varient peu avec la profondeur ce qui suggère une décomposition moyenne des débris organiques. Le complexe adsorbant est désaturé en bases échangeables (20 % en moyenne).

**Solum2 (S2 GOk)** : Ce solum se situe dans l'aulnaie où la durée d'inondation est supérieure à 3 mois par an. La végétation est représentée par des espèces des milieux exondés telles que *Alnus glutinosa*, *Rubus ulmifolius*, *Joncus effesus*, *Carex remota*, etc. Le sol est sous l'influence de la quantité de matière organique fournie par le couvert végétal d'une part et des mouvements de la nappe d'autre part.

Description morphologique :

**0 – 50cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; très riche en matière organique ; peu humide ; sableux ; friable ; beaucoup de racines fines ; beaucoup de débris organiques frais ; bonne activité biologique.

**50 – 110 cm** : Noir sombre (10YR2/2) ; très riche en débris organiques plus au moins reconnaissables ; avec plusieurs fibres en mélange avec des racines ; sableux ; friable.

**110 – 160 cm** : marron noir (10YR3/3) ; très doux ; très organique ; fibreux ; sans argile ; peu sableux ; pas de trace d'activité biologique.

**160 – 190 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; saturé en eau ; très fibreux ; pas de débris organiques reconnaissables ; sableux ; très doux ; pas d'activité biologique.

**190 – 240 cm** : gris noir (10YR4/1) ; sableux ; saturé en eau.

Le sondage réalisé dans cette zone a mis en évidence 5 couches reconnaissables grâce à la couleur et surtout par aux teneurs en débris organiques reconnaissables. Il s'agit d'un profil de sol peu évolué humifère développé sur sable. Les analyses (tableaux 34 et 35) révèlent une augmentation des taux d'humidité du haut vers le bas du sol (25 % à 44.4 %) et un pH acide (5.9-5.4) sur l'ensemble du profil. de même, le taux de fibres est élevé (40.46%) en surface et devient plus fort vers la base du sol (55.51%). L'indice pyrophosphate est moyen et varie peu avec la profondeur (22.2 à 29.1), il suggère que la décomposition des débris organiques est moyenne. Le complexe adsorbant est désaturé en bases échangeables (19.22-21.28).

**Solum3 (S3 GOk) :** Ce solum se situe sur la berge entre l'aunaie et le marais, la durée d'inondation dépasse 9 mois par an. La végétation est représentée par des hygrophytes telles que *Typha*, *Phragmites*, *Salix*, *Alnus glutinosa*, *laurus nobilis*, *Rubus ulmiflorus*, *Iris pseudo acorus*, *Isoetes histrix*, etc. Le sol est sous l'influence de la quantité de matière organique fournie par le couvert végétal d'une part et par les rabattements du plan d'eau d'autre part.

Description morphologique :

**0 – 10 cm :** gris beige (7.5YR5/2) ; sec ; sableux ; non organique ; friable sans structure ; bonne activité biologique.

**10 – 40 cm :** Marron clair (7.5YR5/6) ; argileux ; peu organique ; bien structuré (polyédrique fine) ; peu de racines fines et moyennes ; taches d'hydromorphie ; taches de rouille.

**40 – 70 cm :** Marron clair (7.5YR4/6) ; peu argileux ; beaucoup de débris organiques en décomposition ; très humide.

**70 – 120 cm :** Marron clair (7.5YR5/6) ; non argileux ; débris organique ; en décomposition ; beaucoup de fibres.

**120 – 210 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; non argileux ; doux ; organique ; fibreux ; sans racines ; pas activité biologique.

**210 – 240 cm :** Gris noir (7.5YR4/0) ; argileux ; hydromorphe.

Ce profil est constitué par six horizons qui se différencient par la couleur et surtout par les teneurs en débris organiques reconnaissables. Ce sol est un sol tourbeux développé sur sable. Les teneurs en eau augmentent du haut vers le bas (41.2 % à 86.9 %) alors que le pH est partout acide (5.1 à 5.6). Les taux de fibres sont très élevés (47.35 % à 62.8 %) et ont tendance à augmenter vers la base du profil alors que l'indice pyrophosphate moyen varie peu avec la profondeur (25.9 à 29.5). Ces résultats (tableau 34 et 35) indiquent une décomposition plus que moyenne des débris organiques. Le taux de saturation en bases échangeables est bas (26.9-16.7).

**Solum4 (S4 GOk) :** Ce solum se situe dans le marais qui est, sauf exception, inondé en permanence. La végétation est représentée par des aquatiques telles que *Callitiche*, *Sparganium*, *Potamogeton* et par des hygrophytes telles que *Typha*, *Phragmites*, *Salix*, *Iris pseudo acorus*, *Isoetes histrix*, etc. Le sol est soumis à l'influence de la quantité de matière organique fournie par le couvert végétal, de l'oscillation du niveau de la nappe et de la charge solide déposée par le mouvement des eaux.

Description morphologique :

**0 – 40 cm :** Gris noir (7.5YR4/0) ; beaucoup de débris organiques reconnaissables ; saturé en eau ; sableux.

**40 – 90 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; beaucoup de débris reconnaissables.

**90 – 150 cm :** marron clair (10YR6/2) ; débris organiques dégradés ; argileux ; riche en fibres.

**150 – 220 cm :** noir sombre (10YR2/1) ; argileux ; débris organiques décomposés.

**220 – 300 cm :** Marron clair (7.5YR3/4) ; débris organiques reconnaissables ; argileux.

**300 – 360 cm :** gris noir (7.5YR4/0) ; peu organique ; sableux ; saturé en eau.

Le sondage réalisé dans cette zone a mis en évidence horizons qui se différencient par la couleur et surtout par les teneurs en débris organiques reconnaissables. il s'agit d'un sol tourbeux développé sur sable. Les tableaux 34 et 35 révèlent c une teneur en eau très élevée et qui augmente avec la profondeur (70.2 à 87.4 %). Le pH est partout très acide (4.8-4.6) et les taux de fibres sont très élevés et constant dans ce profil (52.7 à 58.1 %). De même, l'indice pyrophosphate moyen varie peu avec la profondeur (21.6 à 28.2). Ces résultats révèlent une décomposition plus que moyenne des débris organiques et une accumulation des produits organiques. Le complexe adsorbant est désaturé en bases échangeables notamment en profondeur (30.32-8.53 %).

Tableau 34:- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de El-Gouriat- Okréra (GOK)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
<b>SI GOK</b>	<b>0 – 15</b>	19.2	40.35	92.1	17.1	2.36	6.2	0.11	4.62	0.5	9.24	13.2	1.5	0.9	0.1	0.3	786	2.8	21.2
	<b>15 – 40</b>	21.7	45.93	95.3	16.2	2.83	6.3	0.13	2.75	0.21	1.09	12.6	1.3	0.7	0.08	0.28	748	2.36	18.7
	<b>40 – 60</b>	27.4	39.00	96.8	17.5	2.23	6.03	0.08	1.84	0.09	20.44	11.4	1.2	0.8	0.06	0.24	829	2.3	20.2
	<b>60 – 90</b>	28.8	37.55	97.7	19.4	1.93	6.2	0.1	1.7	0.08	21.25	09.7	1.1	0.6	0.02	0.17	842	1.89	19.48
<b>SII GOK</b>	<b>0 – 50</b>	25.1	41.46	61.1	22.2	1.86	5.9	0.09	22.6	1.1	20.54	29.1	3.1	0.9	0.04	0.1	762	4.14	14.22
	<b>50 – 110</b>	34.5	51.84	58.9	24.3	2.13	5.7	0.09	35.5	1.4	25.35	32.7	5.1	1.2	0.06	0.8	769	7.16	21.89
	<b>110 – 160</b>	38.2	51.43	46.5	24.3	2.11	5.5	0.09	31.10	1.2	25.9	44.6	7.2	1.4	0.07	0.9	781	9.57	21.45
	<b>160 – 190</b>	41.8	52.63	42.4	27.6	1.93	5.4	0.1	33.5	1.3	25.77	45.7	8.1	1.6	0.05	0.9	789	10.65	23.30
	<b>190 – 240</b>	44.4	55.51	48.2	29.1	1.90	5.4	0.1	30.1	1.2	25.08	48.1	7.3	2.0	0.04	0.9	810	10.24	21.28
<b>SIII GOK</b>	<b>0 – 10</b>	41.2	47.35	52.0	25.9	1.83	5.1	0.1	27.9	1.5	18.6	40.3	8.1	1.8	0.04	0.9	743	10.84	26.9
	<b>10 – 40</b>	45.3	51.24	54.0	26.2	1.95	5.2	0.1	26.7	1.39	19.20	44.4	7.1	1.9	0.03	0.9	789	9.93	22.36
	<b>40 – 70</b>	56.5	54.66	53.0	27.4	1.99	5.2	0.1	27.3	1.31	20.84	45.4	7.2	1.9	0.03	0.8	850	9.93	21.87
	<b>70 – 120</b>	69.6	59.04	50.0	27.6	2.14	5.3	0.1	29.1	1.12	25.98	48.6	8.2	2	0.02	1.0	879	11.22	24.32
	<b>120 – 210</b>	70.7	63.9	49.0	28.9	2.21	5.6	0.1	29.6	1.18	25.08	49.3	6.2	1.5	0.03	1.0	924	8.73	17.70
	<b>210 – 240</b>	86.9	62.8	65.0	29.5	2.13	5.0	0.1	20.3	0.8	25.37	52.2	6.2	1.7	0.02	0.8	961	8.72	16.70
<b>SIV GOK</b>	<b>0 – 40</b>	70.2	52.7	40.0	21.6	2.44	4.8	0.1	34.9	1.4	24.92	39.4	9.2	2	0.05	0.7	745	11.95	30.32
	<b>40 – 90</b>	76.3	53.06	42.0	24.1	2.20	4.9	0.1	33.7	1.2	28.08	45.3	8.1	1.9	0.04	0.8	821	10.84	23.93
	<b>90 – 150</b>	79.2	58.8	46.0	25.1	2.34	5.0	0.1	31.4	1.1	28.54	48.2	6.1	1.4	0.03	0.7	867	8.23	17.07
	<b>150 – 220</b>	81.1	59.7	49.0	26.2	2.28	4.8	0.1	29.6	1.00	29.6	52.4	6.1	1.4	0.03	0.5	889	8.03	15.32
	<b>220 – 300</b>	82.2	58.00	55.0	27.2	2.13	4.8	0.1	26.1	0.8	32.62	56.6	5.1	1.7	0.02	0.5	921	7.22	12.93
	<b>300 - 360</b>	87.4	58.10	60.0	28.2	2.06	4.6	0.1	23.30	0.6	38.83	61.2	4.2	0.5	0.02	0.5	944	5.02	8.53

Tableau 35- Résultats des analyses physiques des profils de la station de El-Gouriat- Okréra (GOK)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
<b>SI GOK</b>	0 – 15	04.25	15.33	20.6	25.02	34.8	-	22.14	18.21	15.05	44.6	40.35
	15 – 40	06.35	17.12	11.23	28.9	36.4	-	26.21	18.72	07.37	46.7	45.93
	40 – 60	09.15	18.21	07.84	29.7	35.1	-	19.12	19.88	12.80	48.2	39.00
	60 – 90	06.37	21.14	04.29	32.6	35.6	-	15.14	22.41	11.35	51.1	37.5
<b>SII GOK</b>	0 – 50	04.13	17.25	19.32	28.16	31.14	8.12	14.2	19.14	32.34	26.2	41.46
	50 – 110	04.59	21.30	12.93	29.42	31.76	9.44	17.8	24.6	19.76	28.4	51.84
	110 – 160	04.78	22.15	10.64	30.29	32.14	7.13	19.1	25.2	16.37	32.2	51.43
	160 – 190	05.14	27.56	04.10	30.13	33.07	6.13	20.6	25.9	13.67	33.7	52.63
	190 – 240	05.28	25.01	06.25	29.65	33.81	4.21	24.2	27.1	09.79	34.7	55.51
<b>SIII GOK</b>	0 – 10	12.33	18.62	06.20	29.16	33.69	6.25	14.6	26.5	26.05	26.6	47.35
	10 – 40	14.13	20.14	03.33	30.26	32.14	8.14	17.7	25.4	21.56	27.2	51.24
	40 – 70	15.21	20.39	03.01	31.13	30.26	9.26	18.5	26.9	15.84	29.5	54.66
	70 – 120	13.14	21.61	08.81	31.26	25.18	10.14	19.4	29.5	12.26	28.7	59.04
	120 – 210	13.06	20.05	05.32	30.16	31.41	12.1	22.1	29.7	05.00	31.1	63.9
	210 – 240	12.58	18.61	06.08	29.61	33.12	12.8	22.6	27.4	05.90	31.3	62.8
<b>SIV GOK</b>	0 – 40	6.44	12.36	28.73	18.16	34.31	6.4	18.2	28.1	17.30	30	52.7
	40 – 90	8.20	18.4	22.98	19.21	31.21	7.1	19.16	26.8	14.94	32	53.06
	90 – 150	10.43	17.5	22.09	21.42	28.56	8.5	20.4	29.9	5.20	36	58.8
	150 – 220	12.61	15.1	16.97	26.19	29.13	8.1	22.5	29.1	02.30	38	59.7
	220 – 300	10.11	12.6	17.93	28.24	31.12	5.1	24.4	28.5	02.00	40	58.00
	300 – 360	06.19	10.7	19.99	31.12	32.00	5.7	24.7	27.7	2.9	39	58.10

Dans cette station, nous avons étudié une séquence de sol qui prend naissance sur la dune le long et qui se termine dans le marais. Les taux d'humidité sont croissant d'amont en aval et sont contrôlés par le niveau de la nappe. Le couvert végétal présente des adaptations liées aux battements de la nappe qui définissent des cycles de dessiccation et d'humectation et donc des phases de minéralisation et de conservation de la matière organique. Ce phénomène est confirmé par nos observations sur le terrain qui ont pu mettre en évidence que plus la durée des inondations est longue et plus la matière organique s'accumule et se conserve mieux. Cette situation est décrite dans les zones qui évoluent vers des tourbières où la tourbe est en phase d'accumulation et qui se caractérise par un indice de régénération (REG) supérieur à 1.

La présence d'une nappe d'eau affleurante liée à un cours d'eau capable d'assurer le transport de particules en suspension puis de les déposer dans la dépression crée une zone d'accumulation de matériaux allochtones d'origine souvent organiques qui évolue vers un sol hydromorphe humifère à gley. Dans cette dépression dunaire, comme ailleurs dans l'ensembles des autres dépressions dunaires, il y a une très forte concentration de fer total dans les sols. Ce fer proviendrait de l'altération des grès et des argiles de Numidie et serait responsable de la coloration rouge des dunes anciennes de la région.

L'analyse des différents résultats morpho-analytiques obtenus dans les zones des dépressions dunaires révèle que les sols ont tendance à être sableux à cause de l'influence de leur texture par les dunes. Par ailleurs, ces sols sont acides à très acides du fait qu'ils sont alimentés par les eaux de précipitation et se développent sur un substrat peu ou difficilement altérable (sable dunaire). Le complexe adsorbant est généralement fortement désaturé, ce résultat est à mettre en parallèle avec le pH du sol. De même, ces sols se caractérisent par une faible conductivité électrique et par conséquent, ils ne sont pas salés. Ces résultats classent ces milieux dans la catégorie des milieux doux.

L'accumulation de la matière organique est plus importante dans le fond des dépressions où les conditions sont favorables à la formation et à l'organisation de profils tourbeux. Les valeurs de l'indice de régénération (REG) révèlent que la tourbe est bien conservée au centre des dépressions et au milieu du profil, car la partie sommitale du profil est soumise aux fluctuations de la nappe et donc à des cycles périodiques de dessiccation et donc de biodégradation des substances humiques.

L'alimentation en eau de ces milieux est assurée par les pluies et par la remontée de la nappe dunaire ce qui permet de classer cette tourbe dans la catégorie des tourbes oligotrophes.

**4.2. Zone de contact flysch Numidien/dune :** Dans les zones de contact flysch numidien avec les dunes, nous avons étudié deux stations (Bourdim et GareatEl Ouez) et décrits 24 profils dont 10 ont fait l'objet d'analyses au laboratoire.

**a- Bourdim :** Le marais de Bourdim occupe une vallée dont les coordonnées géographiques sont 36°48' 12'' N et 8° 15' 14''E; son altitude varie entre 10 et 18 m. Il est entouré au nord par le massif dunaire, à l'est et à l'ouest par des collines de grès et argiles de Numidie et au sud par une plaine basse argilo-limoneuse (alluvions de l'oued El-Kibir Est). Sa superficie est estimée à 85 ha dont 12 ha constituent la cuvette du marais proprement dit.

Le marais de Bourdim est alimenté par les Oueds Bourdim et Lâater qui prennent leurs sources dans les collines gréseuses et traversent la dune située au Nord ; à l'ouest et au nord ouest les eaux arrivent au marais par écoulement diffus (alimentation en nappe avec formation de chaabats). Les eaux de ce marais sont drainées vers l'oued El- Kibir Est soit par nappe soit par un affluent au sud.

La végétation du marais est très diversifiée (Debache ; 1997). Elle est constituée de nombreux groupements constitués par une forêt mixte à *Quercus suber* et *Quercus coccifera*, une Suberaie dégradée à *Halimium halimifolium*, une magnocariçaie à *Cladium mariscus* et *Juncus effesus*, une magnocariçais à *Carex elata* et *Nypheae alba*, une aulnaie à *Alnus glutinosa*, une frênaie humide à *Fraxinus angustifolia*, un peuplement mixte à *Fraxinus angustifolia* et *Quercus suber*, une Suberaie-Zenaie une Cocciferaie dunaire et par une pelouse argileuse.

L'inventaire des sols de cette dépression révèle la présence de sols de marais au centre (Sol hydromorphe à gley), des sols hydromorphes à pseudogley tourbeux, des sols tourbeux, des sols peu évolués (alternance de tourbe et de sable), des sols lithiques (dune), des sols lessivés hydromorphes et des vertisols. Chaque sol a été caractérisé par un profil décrit et analysé. De même un sondage réalisé au niveau de la tourbière a fait l'objet d'une analyse de pollen.

**Solum 1 (S1 B) : Hydromorphe à gley :** Ce solum se situe au centre du marais, il n'est jamais à sec. La végétation est représentée par des aquatiques tel que *Callitiche*, *Sparganium* *Potamogeton* *Numphea* et quelques hygrophytes tel que *Typha*, *Phragmites*, *Salix*, ...etc. Le sol est sous l'influence de la quantité de matière organique fournis par le couvert végétal sur place et la quantité de sédiment transporté par les mouvements des eaux.

Description morphologique :

**0 - 130 cm :** Noir gris (10YR4/1) ; vaseux ; sans structure visible ; présence de débris organiques sous forme de racines.

**130 – 220 cm :** Gris marron (7.5YR5/4) ; vaseux ; beaucoup de débris organiques encore reconnaissables ; plusieurs fibres.

**220 – 360 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; sans débris ; doux ; peu d'éléments fin ; quelques morceaux de bois d'aulne à 290 cm de profondeur.

**360 – 480 cm :** Marron (7.5YR5/2) ; très organique beaucoup de débris organiques dont certains sont reconnaissables ; peu d'éléments fin ; saturée en eau.

**480 – 540 cm :** Gris noir (7.5YR4/0) ; argilo-sableux ; peu de débris organiques ; quelques fibres ; matière organique très dégradée.

Le profil du centre du marais est constitué de 5 couches qui se distinguent par la couleur, la texture et la teneur en débris organiques reconnaissables. Ce profil est un sol hydromorphe à gley développé dans un marais sablo argileux. Les analyses (tableaux 36 et

37) indiquent que ce sol est pratiquement saturé en eau (80.5 à 87.2 %) et que le pH est acide (5.6) en surface et très acide à la base (4.1). Les taux de fibres et les valeurs de l'indice pyrophosphate sont très élevés surtout en profondeur avec respectivement des valeurs qui se situent entre 45.3 et 59 pour les premières et entre 55.1 et 84.3 pour les secondes. Ce résultat signifie qu'il y a une accumulation des produits organiques vers la base du profil. Le complexe adsorbant est partout fortement désaturé en bases échangeables (16.54 à 16.28 %) et confirme le caractère acide de ce sol.

**Solum 2 (S2 B) Hydromorphe à pseudogley tourbeux.** Ce solum se situe sur les berges du marais où la durée d'inondation est rarement inférieure à 12 mois par an. La végétation est représentée par des plantes aquatiques telles que *Callitiche*, *Sparganium Potamogeton*, *Numphea* et des hygrophytes tel que *Typha*, *Phragmitès*, *Salix*, *Iris pseudo acorus*, *Isoetes histrix*, etc. Le sol est sous l'influence des quantités de matière organique issues du couvert végétal en place et par celles déposées par les eaux de ruissellement et par les rejets des débris organiques du marais en période de grande eau.

#### Description morphologique

**0 – 120 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; sans structure visible ; présence de nombreux débris organiques sous forme de racines et de tiges. Présence de taches d'hydromorphie et de taches de rouille.

**120 – 190 cm :** Gris marron (7.5YR5/4) ; saturé en eau ; présence de beaucoup de débris organiques encore reconnaissables ; plusieurs fibres avec des débris de bois à 130, 145 et 160cm de profondeur.

**190 – 260 cm** Noir sombre (10YR2/2) ; sans débris ; doux peu d'éléments fins ; quelques morceaux de bois d'aulne ; tiges de phragmites et typha entre 220 et 240 cm.

**260 – 520 cm :** Marron foncé (10YR3/2) ; très organique ; beaucoup de débris organiques dont certains sont reconnaissables ; peu d'éléments fins ; saturée en eau ; très doux au touché ; présence de beaucoup de fibres.

**520 – 660 cm:** Gris noir (7.5YR4/0) ; argileux ; peu de débris organiques ; quelques fibres ; matière organique très dégradée.

Le sondage réalisé sur les berges du marais a mis en évidence 5 horizons qui se distinguent par leur couleur, la nature, l'état et surtout la teneur en débris organiques reconnaissables. Il s'agit d'un profil hydromorphe à pseudogley développé dans un matériau sablo argileux. Les tableaux 36 et 37 indiquent que les taux de saturation en eau augmentent du haut (60.5 %) vers le bas (72.8 %) du profil et que le pH est acide (5.5) en surface et très acide à la base (4.6). Le taux de fibres est très élevé et augmente en profondeur (43.3 à 55.5 %). L'indice pyrophosphate augmente lui aussi avec la profondeur passant de 17.2 en surface à 30.1 à la base du profil. Il y a donc une accumulation des produits organiques à la base du profil. Le complexe adsorbant est fortement désaturé en bases échangeables (13.68 à 10.49 %).

**Solum 3 (S3 B) Sol tourbeux :** Ce solum se situe à la limite du marais où la durée d'inondation est souvent de plus de 6 mois par an. La végétation est représentée par des semi-aquatiques telles que *Iris pseudo acorus*, *Isoetes histrix*, *Typha*, *Phragmitès*, *Salix*, et *Alnus*, ...etc. Le sol est sous l'influence de la nature du couvert végétale producteur de matière organique d'une part et des fluctuations du niveau de la nappe, notamment en période estivale, d'autre part.

Description morphologique :

**0 – 127 cm** : Noire (10YR2/1) ; beaucoup de débris organiques bien conservés. Dans cette couche nous avons noté deux niveaux d'accumulation d'éléments minéraux entre 40 et 47 cm et entre 86 et 93 cm qui peuvent correspondre à des périodes de forte accumulation de particules solides.

**127 – 152 cm** : Beige jaune (7.5YR7/2) ; argileux ; peu de débris organiques ; sans structure visible ; pas de réaction à l'HCl ; limite nette.

**152 – 270 cm** : Noire (10YR2/2) ; débris organiques très fins (tourbe saprist) ; doux ; structure lamellaire fine ; peu de minéraux argileux ; pas de réaction à l'HCl.

**270 – 430 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; débris organiques très dégradés en alternance avec des dépôts argileux de faible épaisseur et qui réagissent à l'HCl.

**430 – 660 cm** : Noir sombre (10YR2/2) ; débris organiques très fins ; doux ; sans structure visible ; saturé en eau.

La couleur, la nature, l'état et la teneur en débris organiques reconnaissables sont les principaux critères de différenciation des 5 horizons de ce sol. Ce sol est un sol tourbeux formé dans un matériau sableux. Les tableaux 36 et 37 révèlent que les taux de saturation en eau (65.6 à 89.8 %), les taux de fibres (52.0 à 59.8 %) et l'indice pyrophosphate (18.4 à 29.3) augmentent du haut vers le bas du profil et expliquent ainsi l'accumulation des produits organiques à la base du sol. Le pH est partout très acide (4.3- 4.2) et le complexe adsorbant est désaturé (10.49 à 12.56 %).

**Solum 4 (S4 B) : sol peu évolué** : Ce solum se situe dans la zone de contact entre la dune et le marais, la durée d'inondation est rarement supérieure à 3mois. La végétation est représentée par le sous bois de la forêt de chêne liège (*Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Oléa europea*). Le sol est sous l'influence de la quantité de matière organique fournis par le couvert végétal et par le degré de tassement des sables.

Description morphologique :

**0 – 30cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; très riche en matière organique ; présence de débris reconnaissables provenant de la litière ; sableux ; peu humide.

**30 – 45cm** : Noir sombre (10YR2/2) ; très riche en débris organiques de toute nature facilement reconnaissables ; peu de sable ; sans structure visible ; très doux au toucher ; transition nette.

**45 – 55 cm** : Gris noir (10YR4/1) ; sableux ; non organique ; pas de fibres ni racines.

**55 – 70 cm** : Marron noir (10YR3/3) ; très organique ; peu de fibres ; structure lamellaire fine peu visible ; peu de sable ; transition graduelle.

**70 – 90cm** : Gris noir (10YR4/1) ; humide ; sableux ; présence de matière organique très dégradée et intégrée à la fraction minérale ; pas de racine ; pas d'effervescence à l'HCl.

**90 – 130 cm** : Gris beige (10YR7/3) ; sableux ; peu organique ; humide ; structure particulière ; très friable.

La description morphologique et les analyses au laboratoire (tableaux 36 et 37) indiquent qu'il s'agit d'un profil peu différencié développé sur sable dunaire. La teneur en eau est moyenne et augmente vers le bas du sol (44.9 à 55.4 %). Le pH est acide et varie peu dans le profil (5.2-5.4). Le taux de fibres est élevé et augmente avec la profondeur (35.1- à

50.1). L'indice pyrophosphate augmente également selon la profondeur (14.6-25.7). Ces deux derniers paramètres traduisent une accumulation des produits organiques à la base du profil. Le complexe adsorbant est faiblement saturé en bases échangeables (13.03-14.72).

**Solum 5 (S5 B) sol lessivé hydromorphe :** Ce sol se situe dans la zone de contact entre le marais et la plaine argileuse, la durée d'inondation est souvent supérieur à 6 mois. La végétation est représentée par des aquatiques telles que *Callitiche*, *Sparganium Potamogeton* et par une pelouse à graminée qui pousse en période de dessiccation. La strate arbustive est représentée par *Fraxinus et Salix, etc.* Le sol est sous l'influence de la quantité de matière organique fournis par le couvert végétal d'une part et des rabattements du plan d'eau et de la charge solide déposée par le mouvement des eaux d'autre part.

Description morphologique :

**0 – 30cm:** Marron noir (10YR3/3) ; argilo-sableux ; structure prismatique sub-angulaire ; organique ; beaucoup de racines fines et moyennes ; peu friable.

**30 – 70cm:** Noir sombre (10YR2/1) ; argileux ; structure prismatique peu nette à massive ; organique ; beaucoup de débris organique encore reconnaissables ; présence de taches rouilles ; pas de réaction à l'HCl.

**70 – 130 cm:** Gris noir (10YR4/1) ; peu organique ; argileux ; structure massive ; présence de taches ocres et rouilles.

Le sondage réalisé sur les berges du marais dans la zone de contact avec la plaine argileuse a mis en évidence 3 horizons qui se différencient par la couleur, la texture, la nature, l'état et surtout par la teneur en débris organiques reconnaissables. Les analyses physico-chimiques (tableaux 36 et 37) révèlent qu'il s'agit d'un profil hydromorphe lessivé développé dans un matériau argileux avec une teneur en eau qui augmente avec la profondeur (36.6-40.9). Le pH est légèrement acide (5.8-6.0). Le taux de fibres varie peu avec la profondeur (49.3- à 51.8%), l'indice pyrophosphate évolue de la même manière (21.6-26.6) indiquant ainsi une faible accumulation des produits organiques à la base du profil. Le complexe adsorbant est faiblement saturé en bases échangeables (14.28-13.32%).

**Solum 6 (S6 B) : Vertisol (Zone de dépôt d'argile)** Ce solum se situe presque dans la plaine argileuse, il est rarement saturé en eau (mois de 3 mois par ans). La végétation est composée par des herbacées notamment des graminées vivaces telles que *Phalaris nodosa* et par des liliacées telles que *Asphodelus microcarpa* *Urginea maritima*. Le sol est sous l'influence des argiles qui se déposent lors des phases d'inondation, de la quantité de matière organique fournie par le couvert végétal et du rabattement du plan d'eau.

Description morphologique :

**0 – 20 cm:** Noir sombre (10YR2/1) ; argileux ; structure polyédrique ; beaucoup de racines fines et moyennes ; très riche en débris organiques encore reconnaissables ; transition peu nette.

**20 – 50cm:** Marron noir (10YR3/3) ; argileux ; structure massive ; taches rouilles ; matière organique très humifiée liée au substrat ; peu de racines.

**50 – 110 cm:** Gris noir (10YR4/1) ; non organique ; argileux ; structure massive ; taches de rouilles ; de taches jaunes et taches grises.

Le sondage réalisé sur les berges du marais dans la partie inondable de la zone de contact marais- plaine argileuse a mis en évidence 3 couches (ou horizons) qui se distinguent par la couleur, la texture, la nature, l'état et surtout par les teneurs en débris organiques reconnaissables. Les analyses physico-chimiques (tableaux 36 et 37) révèlent qu'il s'agit d'un

sol vertique hydromorphe développé sur un matériau argileux avec une teneur en eau qui augmente avec la profondeur le long du sondage (25.1-29.9 %). Le pH est très faiblement acide (6.2-6.6). Le taux de fibres varie peu et diminue selon la profondeur (56.0%- à 55.9%), l'indice pyrophosphate évolue de la même manière (17.4-16.1) indiquant une faible accumulation des produits organiques à la base du profil. Le complexe adsorbant est très faiblement saturé en bases échangeables (15.86%-13.88 %).

Tableau 36- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de Bourdim (Bour)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
SI Bour	0 – 130	80.5	45.3	55.9	16.5	2.74	5.6	-	25.58	0.79	32.38	89	9.6	3.6	0.02	1.5	861	14.72	16.54
	130- 220	84.4	59.4	52.2	19.6	3.03	5.2	-	27.72	0.81	34.22	94	9.1	3.8	0.02	1.9	789	14.82	15.76
	220 – 360	86.3	58.4	70.7	22.7	2.57	5.0	-	16.99	0.44	38.61	102	8.7	3.9	0.01	1.7	752	14.31	14.03
	360 – 480	85.6	60.1	41.2	24.6	2.44	4.9	-	34.10	0.92	37.06	96	7.6	4.1	0.03	1.3	708	13.03	13.58
	480 – 540	87.2	59.0	84.3	26.7	2.21	4.1	-	9.10	0.22	41.36	76	7.2	3.9	0.05	1.2	682	12.35	16.25
SII Bour	0 - 120	60.5	43.3	55.1	17.6	2.51	5.5	-	26.04	0.80	32.55	90	8.2	2.2	0.02	1.8	762	12.32	13.68
	120 - 190	65.3	50.9	44.9	19.6	2.59	5.4	-	31.96	0.87	36.73	87	7.6	2.8	0.01	2.1	790	12.51	14.38
	190 – 260	68.1	56.4	46.1	22.1	2.55	5.1	-	31.26	0.87	35.93	102	7.5	3.6	0.01	2.0	744	13.11	12.85
	260 – 520	70.2	55.6	42.2	29.5	1.88	4.9	-	33.52	0.91	36.83	109	7.1	4.6	0.01	1.6	730	13.31	12.21
	520 – 660	72.8	55.5	59.7	30.1	1.84	4.6	-	23.37	0.71	32.91	103	6.6	3.1	0.01	1.4	712	11.11	10.78
SIII Bour	0 – 127	65.6	52.00	41.1	18.4	2.82	4.3	-	34.16	0.93	36.73	112	6.9	3.2	0.05	1.6	689	11.75	10.49
	127 – 152	66.4	53.5	46.2	21.6	2.48	4.8	-	31.20	0.92	33.91	116	7.3	3.4	0.04	1.5	678	12.24	10.55
	152 – 270	86.2	56.5	49.1	24.6	2.17	4.7	-	29.52	0.84	35.14	124	7.8	3.7	0.03	1.3	690	12.83	10.34
	270 – 430	88.1	56.3	52.5	26.2	2.15	4.6	-	27.55	0.82	33.59	130	8.2	4.2	0.02	1.4	650	13.82	10.63
	430 – 660	89.8	59.8	55.1	29.3	2.04	4.2	-	26.04	0.77	33.81	90	6.6	3.1	0.01	1.6	641	11.31	12.56
SIV Bour	0 –30	41.7	35.5	78.2	13.8	2.57	5.2	0.2	12.64	0.39	32.41	806	7.3	2.9	0.01	1.3	788	11.51	14.37
	30 – 45	44.9	35.1	78.8	14.6	2.40	5.6	0.2	12.29	0.39	31.51	83.7	6.8	2.8	0.01	1.3	786	10.91	13.03
	45 – 55	48.6	39.8	81.3	16.4	2.42	5.8	0.2	10.84	0.32	33.87	87.6	6.8	2.8	0.01	1.4	767	11.01	12.56
	55 – 70	51.3	44.7	84.6	22.9	1.95	5.5	0.3	8.93	0.21	42.52	76.4	6.4	2.5	0.01	1.5	751	10.41	13.62
	70 – 90	52.2	49.00	88.3	24.1	2.03	5.4	0.3	6.78	0.20	33.9	70.2	6.5	2.4	0.01	1.6	740	10.51	14.97
	90 –180	55.4	50.1	92.6	25.7	1.95	5.4	0.2	4.29	0.19	22.57	70.0	6.30	2.4	0.01	1.6	712	10.31	14.72
SV Bour	0 –30	36.6	49.3	90.6	21.6	2.28	5.8	0.2	5.45	0.19	28.68	52.1	4.6	1.8	0.04	1.0	824	7.44	14.28
	30 – 70	38.2	49.9	92.1	22.7	2.20	5.9	0.3	4.58	0.17	26.94	48.7	4.2	1.7	0.03	0.9	846	6.83	14.02
	70 - 130	40.9	51.8	93.2	26.6	1.95	6.0	0.3	3.94	0.16	24.62	46.7	3.8	1.6	0.02	0.8	858	6.22	13.32
SVI Bour	0 – 20	25.1	56.0	94.8	17.4	3.21	6.2	0.3	3.01	0.16	18.81	46.2	4.6	1.8	0.03	0.9	821	7.39	15.86
	20 – 50	28.2	53.6	95.2	18.4	2.91	6.5	0.3	2.78	0.12	23.16	41.7	3.7	1.4	0.02	0.6	839	5.72	13.71
	50 - 110	29.9	55.9	95.9	16.1	3.47	6.6	0.3	2.37	0.13	18.23	36.8	3.3	1.3	0.01	0.5	852	5.11	13.88

Tableau 37- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de Bourdim (Bour)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
<b>SI Bour</b>	0 – 130	16.2	24.4	8.8	22.4	28.2	16.2	18.6	20.5	33	21.7	45.3
	130- 220	17.8	26.5	4.3	24.6	26.8	14.7	20.3	24.4	16.4	24.2	59.4
	220 – 360	16.5	28.7	3.9	25.3	25.6	8.8	24.5	25.3	13.9	27.5	58.4
	360 – 480	15.3	28.2	6.2	26.2	24.1	6.7	26.2	27.2	12.6	27.3	60.1
	480 - 540	13.6	29.3	7.1	27.4	22.6	4.3	26.8	27.9	12.5	28.5	59.0
<b>SII Bour</b>	0 - 120	12.2	24.5	18.4	21.4	23.5	14.1	12.6	16.6	29.4	27.3	43.3
	120 - 190	13.7	26.3	16.7	21.9	21.4	16.2	15.5	19.2	20.6	28.5	50.9
	190 – 260	10.5	26.6	22.2	22.5	18.2	18.7	17.2	20.5	15.3	28.3	56.4
	260 – 520	9.8	25.9	24.5	23.2	16.6	13.5	20.8	21.3	14.3	30.1	55.6
	520 – 660	6.7	23.1	30.3	23.8	16.1	10.6	21.2	23.7	12.3	32.2	55.5
<b>SIII Bour</b>	0 – 127	13.2	24.5	22.1	23.6	16.6	19.2	12.7	20.1	27.8	20.2	52.00
	127 – 152	20.6	26.7	13.8	22.8	16.1	16.4	14.9	22.2	24.9	21.6	53.5
	152 – 270	16.7	23.3	24.4	21.1	14.5	15.3	16.7	24.5	19.7	23.8	56.5
	270 – 430	18.5	21.2	27.00	20.5	12.8	14.7	16.3	25.3	19.8	23.9	56.3
	430 – 660	14.3	22.6	32.5	20.3	10.3	12.6	18.6	28.6	15.1	25.1	59.8
<b>SIV Bour</b>	0 –30	8.1	16.2	20.6	26.5	28.6	13.6	10.7	11.2	37.2	27.3	35.5
	30 – 45	6.8	20.5	18.2	27.1	27.4	8.7	12.6	13.8	37.0	27.9	35.1
	45 – 75	6.2	19.2	17.8	28.6	28.2	7.5	14.7	17.6	31.8	28.4	39.8
	75 – 90	5.7	18.5	17.9	29.2	28.7	6.4	15.6	22.7	26.6	28.6	44.7
	90 – 140	4.5	16.7	18.2	29.5	31.1	5.3	19.2	23.5	22.1	28.9	49.00
	140 –180	4.1	14.3	18.0	30.1	33.5	4.1	20.6	25.4	20.4	29.5	50.1
<b>S V Bour</b>	0 –30	8.44	17.7	18.06	26.5	29.3	12.5	17.6	19.2	20.3	30.4	49.3
	30 – 70	7.61	18.6	20.59	25.4	27.8	8.7	19.5	21.7	19.4	30.7	49.9
	70 - 130	12.34	18.5	25.36	20.2	23.6	7.3	19.9	24.6	14.1	34.1	51.8
<b>S VI Bour</b>	0 – 20	21.8	20.2	19.97	18.33	19.70	13.6	21.1	21.3	14.3	29.7	56.0
	20 – 50	26.4	23.7	15.48	16.50	17.92	7.8	22.2	23.6	15.2	31.2	53.6
	50 - 110	27.8	24.6	18.74	15.25	13.61	5.5	24.5	25.9	11.3	32.8	55.9

La station de Bourdim est connue sous le nom de marais de Bourdim. Les différents travaux réalisés dans ce site révèlent l'existence d'une chaîne de sol dont l'évolution et l'organisation dépendent de la roche mère, de la nature et densité du couvert végétal et de la durée d'inondation. Pour caractériser ces sols, nous avons étudié deux transects qui traversent le marais, l'un du nord vers le sud et l'autre de l'est vers l'ouest.

La prospection sur terrain a permis de retenir six profils représentatifs des sols de cette station et qui présente un lien génétique entre eux très nette. Lors de la prospection, nous avons décrit et analysé deux coupes naturelles (solums 5 et 6) et nous avons utilisé la sonde russe pour les quatre autres dont trois ont fait l'objet d'analyse pollinique.

La description morphologique et l'analyse physicochimique ont permis de mettre en évidence six types de sol.

- Un sol hydromorphe à gley avec des accumulations de débris organiques bien conservés en alternance avec des phases argileuses. Ce sol se situe dans le centre du marais.

- Un sol hydromorphe humifère à pseudo Gley situé sur les berges du plan d'eau et qui se caractérise par une alternance de couches organiques et de couches minérales dont les épaisseurs varient en fonction de la durée du retrait de l'eau. Le degré de décomposition de la matière organique dépend de la durée d'inondation.

- Un sol tourbeux qui se développe au contact de la dune avec la formation d'une couche très épaisse de débris organiques souvent bien conservés d'origine reconnaissable qui alterne avec des couches sableuses ou argileuses minces.

- Un sol peu évolué à texture sable qui se développe au contact de la dune (zone de transition entre la dune et le marais), très riche en matière organique reconnaissable en surface et très humifiée en profondeur.

- Un sol lessivé hydromorphe très riche en matière organique plus au moins bien conservée et assure la transition entre le marais et la prairie humide. Ce type de sol se caractérise par une texture sableuse en surface qui devient argileuse en profondeur.

- Un vertisol qui s'est développé entre la prairie humide et le massif gréseux. Il se caractérise par une texture argileuse et une richesse en fer et en matière organique bien intégrée.

L'analyse physico-chimique révèle une transition texturale entre la dune sableuse et la prairie argileuse. La texture est sableuse grossière au contact de la dune, elle devient progressivement organique et argileuse vers le centre du marais. Cette tendance s'inverse du centre du marais vers la prairie humide car nous constatons que le taux de sable diminue de même que le taux de matière organique tandis que le taux d'argile augmente pour devenir dominant dans la prairie humide.

Tous les sols étudiés sont acides. Cette acidité des sols est bien marquée au centre de la dépression. Sur les berges, les sols sont plus acides coté dune et tendent vers la neutralité coté argiles. Le complexe adsorbant est partout désaturé est traduit la forte acidité de ce milieu. La teneur en carbone organique dans ces sols est importante et son évolution dans l'espace est similaire à celle du pH. En effet, elle est très importante au centre et quand on se rapproche des dunes et décroît relativement vers la prairie argileuse. La présence du fer en quantité appréciable est à lier à l'altération des grès et des sables dunaires.

Il ressort de l'étude des sols du marais de Bourdim que la pédogenèse est influencée par les conditions locales d'une part et par la nature de la roche mère d'autre part. La roche est contrôlée le couvert végétal et le niveau de la nappe. Par ailleurs, les fluctuations du niveau de

la nappe est déterminant non seulement sur le couvert végétal mais aussi sur l'accumulation de la matière organique. Le rôle de la topographie dans cette station est très net, l'accumulation des débris organiques et la pérennité des eaux étant liées intimement à la dépression.

**b - Gareat El-Ouez :** C'est une zone qui se situe au contact Flysch avec la dune. La période d'inondation dépasse 6 mois par an. Cette station s'est développée dans une dépression dans les grès et argiles de Numidie entre Bourdim et Ain-Khiar. Ses coordonnées géographiques sont de 36° 49' 06'' N et 8° 20' E et son altitude varie entre 35 et 45 m. Elle est entourée par la forêt de Kourrata au Nord, la forêt de l'Oubeira à l'est, le djebel Hadjar siah à l'Ouest et par l'oued El-Kibir au sud.

Garaat El-Ouez occupe une surface estimée à 20 ha. Elle est alimentée par les eaux de la nappe et par les eaux de sources. Par sa position, Garrat el-Ouez constitue un lieu de départ de trois cours d'eau dans des directions différentes (Oued El-Aroug coule vers le nord et se déverse dans le lac mellah, Oued Ain Khiar coule vers le sud ouest et alimente l'aulnaie du même nom pour se déverser ensuite dans l'oued Messida ouest; Oued Bourdim coule vers l'ouest et alimente le marais du même nom).

L'inventaire de la végétation de ce site (Allaoua,1997) fait état de la présence de formations très dégradées, particulièrement la suberaie à l'est (*Quercu suber*, *Olea europea*, *Pistacea lentiscus*, *Calicotum villosa*, *Erica arborea*) et l'aulnaie très dégradée (*Osmenda rigalis*, *Ulmus campestris*, *Pistacia lentiscus*, *Quercu faginea*), alors que la magnocariçais à (*Caldium mariscus* et *Juncus effesus* et *Erica scoparea*) semble bien résister aux différentes agressions anthropiques. nous retrouvons *Quercus coccifera*, *Myrtus communis*, *Erica arborea*, *Cystus salvifolius*, *Cystus monspeliensis* sur les dunes.

Les sols de cette dépression sont régis par l'influence de la pente, de la végétation et de la roche mère. La combinaison de ces trois facteurs a abouti à la formation de quatre types de sols différents. Ainsi, nous avons pu identifier un sol de marais tourbeux au centre, une tourbe argileuse vers les grès, un sol brun forestier sous chêne liège et un régosol sous la Cocciferaea dunaire. De ce fait, nous avons étudié ici quatre solum dont un a fait également l'objet d'une détermination pollinique.

**Solum 1 (S1 GO) : Tourbe :** Ce solum se situe au centre de la dépression, il est inondé en permanence (12 mois par ans). La végétation est composée de plantes aquatiques (*Callitriche*, *Potamogeton*) et de plante semi-aquatique (*Phragmites*, *Juncus*, *Cladium mariscus*, *Alnus glutinosa*, etc). Le sol est développé sur un fond sablo-argileux.

Description morphologique :

**0 - 53 cm :** Brun Noir (10YR3/2) ; beaucoup de débris organiques ; argileux ; humide ; fibreux ; structure lamellaire nette ; transition nette ; pas de réaction à d'HCl.

**53 - 55cm :** Jaune beige (10YR7/4) ; argileux ; non organique ; structure massive ; transition nette.

**55 - 185cm :** Noir sombre (10YR3/1) ; argilo-sableux ; structure massive ; matière organique très dégradée ; pas de fibres sauf à la base ; transition graduelle.

**185 à 270 cm :** Marron gris (10YR4/2) avec beaucoup de débris organiques bien conservés ; pas de sable ni d'argile ; structure fibreuse ; transition nette (tourbe fibreuse).

**270 à 432 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; argilo-sableux ; matière organique très dégradée voir liée aux argiles ; structure massive ; transition peu nette (tourbe amorphe ou humist).

**432 à 480 cm** : Gris noir (10YR4/1) ; argilo-sableux à tendance sableux à la base ; pas de débris organiques mais ce niveau reste affecté par l'accumulation des acides organiques d'où la couleur noire.

À partir de cette profondeur la sonde n'avance plus, vu l'état de saturation des sables.

Le sondage réalisé au centre de la dépression a permis de reconnaître 6 horizons. Ce sol est une tourbe développée sur sable. Les analyses (tableaux 37 et 38) révèlent que les taux d'humidité qui augmentent du haut (25.4%) vers le bas (78.1%). Les taux de fibres varient de 25.4% en surface à 68.47% au milieu du profil pour redescendre à (47.26%) à sa base. L'indice pyrophosphate augmente également avec la profondeur, il passe de 16.4 en surface à 25.4 en profondeur indiquant ainsi une accumulation des produits organiques à la base du profil. Le complexe adsorbant est désaturé en bases échangeables (16.95 à 9.46) et le pH est acide en surface (5.2) et très acide (4.6) en profondeur.

Ce sondage se caractérise par une couche argileuse de 2 cm d'épaisseur qui se situe entre 53 –55 cm de profondeur. Elle représente une zone qui sépare deux cycles d'évolution (voir résultat de l'analyse pollinique).

**Solum2 (S2GO), tourbe argileuse** : Ce solum se situe au niveau de la zone de contact entre la zone argileuse et le plan d'eau. Cette zone est saturée en eau pendant une partie de l'année (6 à 9 mois par ans). La végétation se compose de graminées vivaces, de plantes aquatiques et de quelques cypéracées. On y retrouve également l'aulne et le freine. Le sol est développé sur un fond argileux.

Description morphologique :

**0 – 30 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; humide ; texture argileuse ; structure massive ; présence de beaucoup de graviers et de débris organiques reconnaissables ; peu friable.

**30 – 80cm**: Marron (10YR4/3) ; humide ; argileux ; débris organique peu reconnaissables ; structure fibreuse à massive ; dur ; transition graduelle.

**80 – 130 cm** : Marron clair (10YR5/6) ; peu argileux ; humide ; très organique ; débris organiques reconnaissables et débris très dégradés sous forme de fibres ; structure lamellaire peu nette ; transition nette.

**130 – 180 cm**: Beige à gris (10YR6/2) ; argileux ; structure massive ; humide ; non organique ; pas de réaction à l'HCl.

Le sondage réalisé au niveau de la zone de contact zone argileuse et les analyses au laboratoire (tableaux 37 et 38) révèlent qu'il s'agit d'un sol tourbeux développé sur argile. Les teneurs en eau augmentent du haut (36.2 %) vers le bas du profil (61.1 %). Le taux de fibres varie peu dans ce sol (44.02 % à 49.23 %) tandis que l'indice pyrophosphate voit ses valeurs augmenter selon la profondeur passant de 19.4 en surface à 26.1 à la base. Il y a donc accumulation des composés organiques à la base du profil. Le pH est acide à très acide le long du profil (5.3 à 4.9) et concorde avec les faibles valeurs des taux de saturation en bases échangeables du complexe adsorbant (9.23 à 11.62 %).

**Solum 3 (S3 GO), Sol brun Forestier** : Ce solum se situe sur les grès et argiles de Numidie au contact de la dépression. Il est rarement saturé en eau. La végétation est une forêt de chêne liège dégradée où on retrouve *Quercus suber*, *Erica arborea*, *Myrtus*

*communis*, *Phylliréa angustifolia*, *Chamérops humilis* *Lavandula stoeckas*, etc. Le sol est développé sur un fond sablo-argileux.

#### Description morphologique

**0 – 10cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; beaucoup de débris organiques frais reconnaissables ; beaucoup de graviers d'origine gréseuse ; argilo-limoneux ; structure particulière ; présence de racines de différentes tailles ; transition graduelle.

**10 – 50cm :** Noir clair à gris (10YR3/1) ; argileux ; structure massive ; peu organique ; peu de graviers ; quelques racines moyennes à grosses ; transition graduelle.

**50 – 90cm :** Marron clair à beige (10YR5/4) ; argileux ; structure massive ; quelques graviers et fragments de roches altérées ; taches rouges et beiges ; transition graduelle.

**90 – 110cm :** Jaune rouge (7.5YR6/6) ; sablo-argileux ; structure massive ; non organique ; humide (roche mère en altération).

Ce sondage se situe sur les grès et argile de Numidie au contact de la dépression. La description morphologique et les résultats des analyses au laboratoire (tableaux 37. et 38) indiquent qu'il s'agit d'un sol brun forestier. Les taux d'humidité augmentent avec la profondeur le long du profil passant de 12.3 % en surface à 36.5 % en profondeur. Le pH est partout acide (5.3 à 5.6). Le taux de fibres varie peu dans le profil (38.4 % à 48.26 %). L'indice pyrophosphate augmente peu avec la profondeur avec 26.9 en surface et 29.2 à la base du profil et indique donc une faible accumulation des produits organiques à la base du profil. Le complexe adsorbant est très faiblement saturé en bases échangeables (10.43 à 14.59).

**Solum4 (S4GO) Régosol :** Ce solum se situe sur les sables au contact de la dépression, il est rarement saturé en eau. La végétation est un maquis à *Quercus coccifera*, *Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Olea europea*, *Chamérops humilis* *Lavandula stoeckas*...etc. Le sol est développé sur fond sableux.

#### Description morphologique :

**0 – 20 cm :** Noir sombre (7.5YR2/0) ; sableux ; friable ; organique ; structure particulière ; débris organiques reconnaissables ; transition nette.

**20 – 80cm :** Gris noir (7.5YR4/1) ; sableux ; friable ; peu organique ; transition nette

**80 – 110cm :** Gris-claire à blanc (7.5YR7/2) ; sableux ; friable ; non à peu organique ; très humide.

Le sondage se situe sur les sables des berges de la dépression. Il s'agit d'un régosol. Les tableaux 37. et 38 révèlent que ce sol est peu humide (10.1-18.2%) et que son pH est partout légèrement acide (6.2). La matière organique est complètement intégrée à la fraction minérale.

Tableau 37- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de Gareat El-Ouez (GO)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
<b>S I GO</b>	<b>0 – 53</b>	24.3	25.14	46.2	16.4	1.54	5.2	0.02	31.2	0.24	130	78.4	6.2	1.8	0.04	0.9	682	8.94	11.4
	<b>50 – 55</b>	16.4	-	78.4	-	-	6.2	0.02	12.53	0.11	113.9	54.2	5.9	2.1	0.09	1.1	521	9.19	16.95
	<b>55 - 185</b>	65.2	58.34	41.2	19.6	2.98	5.4	0.02	34.10	0.26	131.1	69.4	3.4	1.5	0.06	1.0	621	5.96	8.58
	<b>185 – 270</b>	70.6	68.47	36.5	21.4	3.20	5.1	0.02	35.67	0.27	132.1	80.3	3.6	1.6	0.04	1.1	631	6.34	7.89
	<b>270 – 432</b>	76.8	57.91	41.2	24.6	2.35	4.8	0.02	34.10	0.23	148.3	96.8	3.2	1.8	0.04	1.1	634	6.14	6.34
	<b>432 – 480</b>	78.1	47.26	79.0	25.4	1.86	4.6	0.02	12.18	0.12	100.5	51.9	2.8	1.3	0.01	0.8	524	4.91	9.46
<b>S II GO</b>	<b>0 – 30</b>	36.1	44.02	70.0	19.4	2.27	5.3	0.04	17.14	0.13	131.8	62.1	4.2	2.1	0.02	0.9	682	7.22	11.62
	<b>30 – 80</b>	44.3	46.04	58.0	22.6	2.05	4.8	0.04	24.36	0.16	152.2	69.2	3.6	1.8	0.03	1.0	641	6.43	9.29
	<b>80 - 130</b>	52.7	48.04	41.0	24.2	1.98	4.4	0.03	34.22	0.27	126.7	78.6	3.7	1.6	0.04	1.0	632	6.34	8.06
	<b>130 – 180</b>	61.2	49.23	90.0	26.1	1.88	4.9	0.03	5.8	0.09	64.4	52.2	2.8	1.2	0.02	0.8	591	4.82	9.23
<b>S III GO</b>	<b>0 – 10</b>	12.3	48.26	88.0	26.9	1.79	5.3	0.04	6.96	0.09	77.3	62.7	4.5	1.1	0.04	0.9	642	6.34	10.43
	<b>10 - 50</b>	14.7	46.50	74.0	25.4	1.83	5.6	0.05	15.08	0.12	125.7	53.6	4.3	1.0	0.03	1.2	635	6.53	12..18
	<b>50 – 90</b>	18.2	43.3	76.0	26.6	1.63	5.7	0.05	13.92	0.11	126.5	48.1	4.2	1.3	0.03	1.1	721	6.63	13.78
	<b>90 110</b>	36.5	38.4	90.0	29.2	1.31	5.6	0.05	5.8	0.06	96.7	43.3	3.9	1.4	0.02	1.0	763	6.32	14.59
<b>S IV GO</b>	<b>0 – 20</b>	10.1	-	96.0	-	-	6.2	0.01	2.32	0.04	58.0	28.6	1.2	0.1	0.01	0.04	621	1.35	4.72
	<b>20 – 80</b>	14.2	-	98.0	-	-	6.4	0.01	1.16	0.03	38.7	26.4	0.9	0.1	0.01	0.04	692	1.05	3.97
	<b>80 - 120</b>	18.2	-	98.0	-	-	6.2	0.01	1.16	0.03	38.7	14.2	0.7	0.1	0.01	0.05	710	0.86	6.05

Tableau 38- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de Gareat El-Ouez (GO)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
<b>SI GO</b>	0 – 53	10.63	16.36	19.98	24.61	28.42	10.69	8.40	6.13	21.654	53.21	25.14
	50 – 55	36.8	24.41	14.31	14.28	10.20	-	-	-	-	-	-
	55 - 185	12.24	17.63	33.13	22.10	14.90	24.72	19.41	14.21	09.36	32.30	58.34
	185 – 270	14.41	18.22	27.17	23.50	16.70	20.61	28.16	19.7	4.67	36.2	68.47
	270 – 432	14.21	14.31	31.78	22.10	17.60	11.14	24.63	22.14	13.49	28.6	57.91
	432 – 480	10.24	14.36	31.10	23.10	21.20	10.16	12.6	24.50	23.31	29.43	47.26
<b>S II GO</b>	0 – 30	34.36	28.5	10.92	14.12	12.10	12.6	14.21	17.21	21.18	34.8	44.02
	30 – 80	33.42	26.61	17.16	12.21	10.60	10.16	16.26	19.62	17.8	36.16	46.04
	80 - 130	29.61	26.74	22.45	11.10	10.10	8.24	18.4	21.4	13.5	38.46	48.04
	130 – 180	28.72	24.62	25.89	10.82	09.95	06.46	16.20	26.6	11.35	39.42	49.23
<b>SIII GO</b>	0 – 10	16.43	17.12	15.69	24.4	26.36	10.00	17.10	21.16	17.64	34.1	48.26
	10 - 50	14.1	16.24	24.76	23.7	21.2	006.00	18.20	22.3	17.30	36.2	46.50
	50 – 90	12.62	16.10	21.18	26.6	23.5	04.00	16.10	23.2	15.80	40.9	43.3
	90 110	12.5	15.24	20.26	27.4	24.6	00.00	14.30	24.1	15.30	46.3	38.4
<b>SIV GO</b>	0 – 20	4.21	10.24	16.45	32.2	36.9	-	-	-	-	-	-
	20 – 80	4.05	12.60	11.65	34.5	37.2	-	-	-	-	-	-
	80 - 120	3.92	14.20	9.68	36.1	36.1	-	-	-	-	-	-

Cette zone humide se situe sur un plateau de faible pente dans la zone de contact entre les dunes et le massif gréseux. Elle est alimentée par les résurgences de la nappe dunaire. L'étude d'un transect d'orientation NO-SE révèle une succession des sols lorsqu'on se dirige de la dune vers les grès de Numidie en passant par la dépression. C'est ainsi que dans la zone de contact entre la dune et la dépression, on trouve un sol peu évolué à texture sableuse très riche en matière organique finement décomposée alors que dans la zone lacustre, on trouve une tourbe brune à noire bien conservée (480cm de profondeur) et dont le fond est constitué par une accumulation sableuse de couleur gris noire. Quand on progresse vers le massif gréseux, on rencontre successivement un sol tourbeux riche en argile et sol brun forestier de texture argilo sableuse.

Les résultats des analyses au laboratoire ont révélé un pH acide, un taux de saturation en bases échangeables faibles et un rapport C/N est très élevé, en particulier dans la dépression où les conditions du milieu sont favorables à la conservation de la matière organique. Cette matière organique est de moins en moins bien conservée lorsqu'on s'éloigne de la zone dépressionnaire.

Par ailleurs, la tourbe de cette zone se caractérise par une fine (2 cm) accumulation de texture argilo-sableuse très pauvre en matière organique. Elle peut être interprétée comme étant une limite d'une sédimentation organique ou d'un changement de conditions climatiques.

D'une manière générale, la différenciation pédologique dans cette zone est régie par la nature de la roche, le type et la nature du couvert végétal, le niveau de la nappe et la topographie.

En conclusion, nous pouvons dire que l'étude des sites de Bourdim (6 profils) et de Gareat El-Ouez (4 profils) qui sont représentatifs de la zone de contact entre dunes et Grès et argiles de Numidie a confirmé que la distribution des sols dans le paysage est particulièrement influencée par la roche mère (dune, grès argileux) et par la présence et les fluctuations d'une nappe superficielle. Le couvert végétal qui est en relation intime avec la nature du substrat géologique et le taux de saturation des sols est un pourvoyeur de quantité non négligeables de matière organique qui sera différemment transformée en fonction de sa nature, mais surtout en fonction des conditions pédologiques (taux et durée de la saturation en eaux). C'est ainsi que la zone inondée favorise le développement des sols tourbeux alors qu'ailleurs, on peut retrouver des sols peu évolués ou même des sols minéraux bruts (régosols) sur les dunes sableuses ; la zone de transition entre les grès de Numidie et le plan d'eau favorise la formation d'une tourbe argileuse constituée de débris organiques très décomposés qui sera relayée progressivement par des sols bruns forestiers au fur et à mesure que l'effet de la saturation en eau du sol s'estompe.

Dans cette zone la pédogenèse est contrôlée par le niveau de la nappe et par la nature et l'origine des débris organiques qui arrivent à la surface du sol. En s'éloignant du plan d'eau, l'influence de la roche devient visible et l'évolution de la matière organique est contrôlée par les variations climatiques. Cette zone se caractérise également par une forte teneur en fer qui confère aux dunes consolidées une couleur rougeâtre.

**4.3. Zone de contact plaine alluviale/dune :** A ce niveau, nous avons étudié 4 stations (Nechâa Righia Oum El-Aguerreb Ain Kheiar Boumahacen) et décrits 41 profils dont 16 ont été également analysés au laboratoire.

**a - Nechaa Righia :** La Nechâa Righia se situe entre le bassin versant du lac Oubeïra et celui de la plaine de la Mafragh et s'étale sur une surface de 300 ha (Habbache, 1991). De coordonnées géographiques 36°-50' N et 8°-09' E, son altitude varie entre 7 et 25 m. Les terrains de la Nechâa Righia sont constitués d'argiles et grès de Numidie dans les bordures et fonds des vallées et dans les bordures des plaines, de sable, conglomérats et argiles rouges au Sud – Est et de dépôts marins et fluviaux au centre (Joleaud, 1936 in Fetni, 1992).

La distribution du couvert végétal selon le gradient d'humidité permet de retrouver les espèces suivantes (Benslama et al, 1994, Benslama, 1996) :

- Milieu exondé : *Quercus coccifera* , *Arbutus unedo* , etc.
- Milieu humide : *Mentha rotundifolia* , *Hypericum afrum* , etc.
- Milieu inondé : *Lycopus europeus* , *Carex remota* , *Phragmites communis*.
- Eau libre : *Callitriche pallustris* , *Potamegeton nodosus* , etc
- Les espèces intermédiaires entre le milieu exondé et le milieu humide : *Myrtus communis* , *Rosa canina* , *Fraxinus angustifolia*.
- Les espèces intermédiaires entre le milieu humide et le milieu inondé : *Alnus glutinosa* , *Laurus nobilis* et *Athyrium filix femina*.

La couverture pédologique de cette cuvette de subsidence est constituée par quatre types de sols (les sols tourbeux, les sols hydromorphes à gley et à pseudo-gley, les sols brun forestier et les régosols). Nous avons étudié un transect SE – NW et décrits les solums suivants :

**Solum 1 (S1NR) :** Ce solum se situe dans la plaine argileuse au contact de la dépression, il est souvent saturé en eau pendant la période hivernale. La végétation naturelle est une pelouse à graminées alors que la végétation cultivée est variable (souvent des cultures d'été tels que le melon, la pastèque. Le sol est formé sur des alluvions de l'oued El-kébir.

Description morphologique

**0 – 40 cm :** Marron clair (10YR5/4) ; humide ; argileux ; riche en débris organiques encore reconnaissables ; beaucoup de racines fines et moyennes ; structure particulière assez compacte ; bonne activité biologique ; ne réagit pas à l'HCl ; transition peu nette

**40 – 80cm:** Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; argileux ; beaucoup de débris organique décomposés ; fibreux ; structure massive ; peu de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelque traces de rouille ; transition graduelle.

**80 – 130 cm:** Gris beige (10YR7/4) ; argileux ; non organique ; saturé en eau ; structure massive ; très plastique ; présence de taches de rouille et des traces d'hydromorphie.

Le sondage réalisé dans la plaine a mis en évidence 3 couches (ou horizons) qui se distinguent par leur couleur, la nature, l'état et surtout la teneur en débris organiques reconnaissables. La description morphologique et les analyses physico-chimiques (tableaux 40 et 41) révèlent qu'il s'agit d'un sol peu évolué formé sur des alluvions argileux, peu acide

(6.5-6.9 avec des teneurs en eau qui augmentent du haut (16.6 %) vers le bas (26.9 %) du profil. Le taux de fibres est moyen et diminue selon la profondeur (48.89- 31.81%).

**Solum2 (S2 NR), tourbe argileuse :** Ce solum se situe dans la zone de contact plaine argileuse avec la dépression humide, il est souvent saturé en eau pendant 6 mois et plus. La végétation naturelle est une ripisylve à base d'*Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *Ulmus campestris* et la végétation herbacée est représentée par une pelouse à graminée. Le sol est développé sur des alluvions de l'oued El-kébir.

Description morphologique :

**0 – 30 cm :** Marron noir (10YR3/3) ; humide ; argileux riche en débris organiques encore reconnaissables ; beaucoup de racines fines et moyennes ; structure massive assez compacte ; pas d'activité biologique ; ne réagit pas à l'HCl ; transition progressive.

**30 – 120cm :** Noir (10YR2/2) ; très humide ; argileux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; fibreux ; structure massive ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; présence de débris de bois au niveau 95 cm de profondeur ; quelques taches de rouille ; transition graduelle.

**130 - 160 cm :** beige jaune (2.5Y7/8) ; argileux ; non organique ; saturé en eau ; structure massive ; très plastique ; présence de taches rouilles et des traces d'hydromorphie.

La description morphologique et les analyses au laboratoire (tableaux 40 et 41) indiquent qu'il s'agit d'un sol peu évolué, organique développé sur des alluvions argileuses. Les taux d'humidité augmentent légèrement en profondeur et passent de 21 % à 28 %. Le pH est légèrement acide et oscille entre 6.1 et 5.7 et le complexe adsorbant est très désaturé. Le taux de fibres est moyen (41 % à 42 %) alors que l'indice pyrophosphate augmente selon la profondeur passant de 18.6 au sommet à 30.7 à la base du profil. De même, l'indice de régénéralité (REG) est supérieur à 1. Ces résultats indiquent une faible décomposition de la matière organique et donc une accumulation des produits organiques à la base du sol.

**Solum 3 (S2 NR), sol hydromorphe à gley.** Ce solum se situe au centre de la dépression, il est souvent saturé en eau pendant toute l'année. La végétation naturelle est une aulnaie. Le sol est développé sur des sédiments organiques.

Description morphologique :

**0 – 90 cm :** Marron clair (10YR3/3) ; humide ; argileux ; riche en débris organiques encore reconnaissables ; structure feuilletée ; pas d'activité biologique ; ne réagit pas à l'HCl ; transition peu nette

**90 – 180cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; argileux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; fibreux ; structure massive à lamellaire peu nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelques traces de rouille ; transition graduelle.

**180 – 240 cm :** beige ocre (10YR6/8) ; argileux ; non organique ; saturé en eau ; pas de structure ; très plastique ; beaucoup de taches de rouille et des traces d'hydromorphie.

Ce solum est un sol hydromorphe à gley. les résultats des analyses au laboratoire sont indiqués dans les tableaux 40 et 41. Dans ce sol, la teneur en eau augmente légèrement en profondeur (30 % à 38 %), le pH est légèrement acide (5.7-5.5) et les taux de fibres sont moyens (entre 30 et 36 %). L'indice pyrophosphate augmente selon la profondeur passant de

17.76 en surface à 24.3 en profondeur révélant ainsi une accumulation des produits organiques à la base du profil. L'indice de régénéralité (REG) est supérieur à 1, il suggère une faible décomposition de la matière organique qui arrive au sol.

**Solum 4 (S4 NR), sol hydromorphe à pseudo-gley :** Ce solum se situe dans la dépression proprement dite, du côté dune. Il est souvent saturé pendant toute l'année. La végétation naturelle est une aulnaie en association à une saulée. Le sol est développé sur des sédiments organiques et des sables.

Description morphologique :

**0 – 90 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; argilo-sableux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; fibreux ; structure massive à lamellaire peu nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelques traces de rouille ; transition graduelle.

**90 – 240 cm :** Marron clair (10YR3/3) ; humide ; pas d'argile ; peu de sables ; riche en débris organiques encore reconnaissables ; structure feuilletée ; pas d'activité biologique ; ne réagit pas à l'HCl ; transition peu nette.

**240 – 480 cm :** Noir sombre (10YR2/2) ; très humide ; argilo-sableux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; fibreux ; structure massive à lamellaire peu nette ; très doux ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelques traces de rouille ; transition graduelle.

**480 – 660cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; gorgé d'eau ; sablo-argileux ; beaucoup de débris organiques décomposés dispersés ; pas de fibres ; structure compact à lamellaire peu nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelques traces de rouille ; transition graduelle.

Le sondage réalisé au centre de la dépression du côté des dunes est constitué par 4 horizons qui se distinguent par la couleur, la nature, l'état et surtout la teneur en débris organiques reconnaissables. Il s'agit d'un sol hydromorphe à pseudo-gley. Les analyses (tableaux 40 et 41) indiquent que les teneurs en eau augmentent selon la profondeur (36 % à 44 %) et que le pH acide est acide et homogène dans l'ensemble du profil (5.1 à 5.3). Le taux de fibres est plus important au milieu de la carotte (40 à 42 %) par rapport à sa surface (33 %) et sa base (28 %). Ce résultat met en évidence l'alternance de couche de tourbe à différents stades de décomposition. Par contre, l'indice pyrophosphate augmente en profondeur (18.4-27.2) d'où une accumulation des produits organiques à la base du profil. L'indice de régénéralité (REG) est supérieur à 1 indiquant ainsi une bonne conservation des débris organiques dans ce solum

**Solum5 (S5 NR), sol tourbeux sur sable :** Ce solum se situe dans les berges de la dépression du côté des dunes. Il est souvent saturé en eau pendant presque toute l'année. La végétation naturelle est une aulnaie. Le sol est développé sur des sédiments organiques et des sables.

Description morphologique

**0 – 80 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; fibreux ; structure particulière à lamellaire fine peu nette ; peu de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelques traces de rouille ; transition graduelle.

**80 – 230cm :** Marron clair (10YR3/3) ; très humide ; peu de sables ; beaucoup de débris organiques très décomposés ; beaucoup de fibres ; structure fibreuse à

feuilletée peu décelable ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelques taches d'hydromorphie ; transition graduelle.

**230 – 360 cm :** Noir sombre (10YR2/2) ; humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; fibreux ; structure particulière à lamellaire fine peu nette ; présence de débris de bois de différentes tailles.

**360 - 440 cm :** Jaune à marron clair (10YR5/4) ; très humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques très décomposés ; beaucoup de fibres ; structure fibreuse à feuilleté nette ; présence de taches jaune et rouge ; transition graduelle.

**440 – 480 cm :** Jaune clair (10YR7/6) ; très humide ; sableux ; pas de débris organiques ; beaucoup de taches ocres et rouilles ; transition graduelle.

Le sondage réalisé sur les berges de la dépression vers la dune est un sol tourbeux constitué de 5 couches qui se différencient par la couleur, la nature, l'état et surtout la teneur en débris organiques reconnaissables. Les analyses (tableaux 40 et 41) montrent une légère augmentation des taux d'humidité en profondeur (18 % en surface ; 27 % en profondeur). Le pH est plus acide en bas du profil (4.2) qu'en haut (5.4). Les taux de fibres qui sont plus importants en surface qu'à la base du profil (42 % contre 39 %) mettent en évidence une faible décomposition de la matière organique. Par ailleurs, l'indice pyrophosphate qui augmente du haut vers le bas (19.7-32.1) et l'indice de régénéralité (REG) qui est supérieur à 1 révèlent une accumulation des produits organiques à la base du profil et une bonne conservation des débris organiques dans ce solum.

**Solum 6 (S6 NR), sol organique sableux :** Ce solum se situe au contact de la dune, il est rarement saturé en eau (3 à 6 mois /an). La végétation naturelle est un maquis à *Quercus coccifera*. Le sol est formé sur des sables.

Description morphologique :

**0 – 20 cm:** Noir sombre (10YR2/1) ; humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; structure particulière ; beaucoup de racines de différentes tailles ; bonne activité biologique ; transition graduelle.

**20 – 80 cm :** Gris noir (2.5Y4/0) ; très humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques très décomposés ; beaucoup de fibres ; structure particulière nette ; peu de racines ; faible activité biologique ; quelques taches jaunes et ocres ; transition graduelle.

**80 – 160 cm :** Marron noir (10YR3/3) ; très humide ; peu de sable ; beaucoup de débris organiques très décomposés ; beaucoup de fibres ; structure fibreuse peu nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes et ocres ; transition graduelle.

**160 – 180cm :** Jaune clair (10YR7/8) ; très humide ; sableux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure particulière nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique.

Le sondage réalisé à la limite externe de l'aulnaie vers la dune a mis en évidence un sol organique sur sable. Les horizons se distinguent par la couleur, la texture, la nature, l'état et surtout la teneur en débris organiques reconnaissables. Les analyses (tableaux 40 et 41) indiquent que les taux d'humidité sont relativement faibles et augmentent légèrement en profondeur (8 % à 13 %) et que le pH est plus acide en surface (5.6 en surface contre 6.4 en profondeur). Le taux de fibres diminue du haut (34 %) vers le bas (25 %) du profil. L'indice

pyrophosphate augmente selon la profondeur (15.1 à 26.6) indiquant ainsi une accumulation des produits organiques à la base du profil.

**Solum 7 (S7NR), sol sableux :** Ce solum se situe au contact de la dune, il est rarement saturé en eau (moins de 3 mois /an). La végétation naturelle est un maquis dégradé à *Quercus coccefera*. Le sol est formé sur des sables.

Description morphologique :

**0 – 30 cm:** Noir sombre (10YR2/1) ; peu humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; structure particulaire nette ; beaucoup de racines de différentes tailles ; bonne activité biologique ; transition graduelle.

**30 – 80cm :** Marron noir (10YR3/1) ; très humide ; sableux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure particulaire nette ; quelques racines ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes et ocre ; transition graduelle.

**80 – 120 cm:** Jaune clair (10YR7/4) ; très humide ; sableux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure particulaire nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique.

Le sondage réalisé au niveau de la dune proche de l'aulnaie est un sol peu évolué sur sable. Les trois horizons qui le forment se distinguent par la couleur et la présence débris organiques reconnaissables. Les analyses (tableaux 40 et 41) indiquent que les teneurs en eau sont très faibles (4 % -6.28%) et que le pH proche de la neutralité (6.5-6.9).

Tableau 40- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de Nechaa Righia (NR)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.-pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
SI NR	0 – 40	16.6	48.89	61.2	-	-	6.5	1.25	22.50	0.89	25.28	62	1.5	0.6	0.01	0.09	656	2.2	3.54
	40 – 80	22.4	32.39	68.4	-	-	6.6	1.4	18.33	0.71	25.81	69	1.7	0.7	0.01	0.1	681	2.51	3.63
	80 – 130	26.9	31.81	69.6	-	-	6.9	1.5	17.63	0.70	25.58	72	2.1	1.0	0.01	0.3	679	3.41	4.73
SII NR	0 – 30	21.2	41.81	51.2	18.6	2.25	6.1	0.8	28.30	0.94	30.10	90	2.7	1.1	0.01	0.4	742	3.21	3.56
	30 – 120	24.4	40.25	48.9	23.5	1.71	5.8	0.9	29.63	0.94	31.52	105	3.1	1.4	0.01	0.6	745	5.11	4.86
	120 – 160	28.6	42.08	45.3	30.7	1.37	5.7	1.00	31.72	0.96	33.04	108	3.2	1.4	0.01	0.7	735	5.31	4.91
SIII NR	0 – 90	30.1	30.29	81.2	17.7	1.71	5.7	0.2	10.90	0.42	25.95	49	1.2	0.4	0.00	0.01	720	1.61	3.28
	90 – 180	36.5	34.05	87.6	21.2	1.60	5.6	0.3	7.19	0.13	55.30	71	1.4	0.5	0.00	0.02	735	1.92	2.70
	180 – 240	38.2	36.25	90.1	24.3	1.49	5.5	0.3	5.74	0.10	57.40	82	1.6	0.8	0.00	0.05	740	2.45	2.98
SVI NR	0 – 90	36.4	33.29	82.9	18.4	1.81	5.1	0.2	9.92	0.14	70.85	72	1.2	0.6	0.00	0.02	732	1.82	2.52
	90 – 240	39.5	40.26	83.1	20.6	1.95	5.2	0.2	9.80	0.14	70.00	90	1.9	0.8	0.00	0.07	737	2.77	3.07
	240 – 480	42.7	42.93	84.5	25.1	1.70	5.3	0.2	8.99	0.14	64.21	89	1.8	0.6	0.00	0.07	741	2.47	2.77
	480 - 660	44.16	28.07	85.2	27.2	1.03	5.3	0.1	8.58	0.14	61.28	68	1.2	0.4	0.00	0.03	730	1.63	2.39
SV NR	0 – 80	18.14	42.86	65.2	19.7	2.17	5.4	0.4	20.18	0.85	23.74	125	4.2	1.1	0.01	0.4	649	5.71	4.56
	80 – 230	22.16	48.90	70.7	23.2	2.11	4.6	0.3	16.99	0.71	23.92	121	3.9	1.0	0.00	0.2	705	5.1	4.21
	230 – 360	23.14	49.29	72.1	26.3	1.87	4.8	0.4	16.18	0.71	22.78	116	2.5	1.0	0.00	0.1	712	3.6	3.10
	360 – 440	25.2	39.11	73.9	29.6	1.32	4.4	0.2	15.13	0.70	21.61	90	1.3	0.6	0.00	0.1	783	2.0	2.22
	440 - 480	27.4	39.45	75.2	32.1	1.22	4.2	0.1	14.38	0.69	20.84	36	1.1	0.5	0.00	0.09	762	1.69	4.69
SVI NR	0 – 20	8.2	34.10	55.1	15.1	2.25	5.6	-	26.04	0.91	28.61	41	0.8	0.2	0.00	0.06	650	1.06	2.58
	20 – 80	10.4	34.92	58.2	19.2	1.81	5.9	-	24.24	0.91	26.63	22	0.6	0.1	0.00	0.03	684	0.73	3.31
	80 – 160	12.2	31.03	59.1	24.7	1.25	6.2	-	23.72	0.89	26.65	12	0.4	0.06	0.00	0.02	702	0.48	4.00
	160 - 180	13.5	25.13	62.0	26.6	0.87	6.4	-	22.04	0.88	25.04	11	0.4	0.09	0.00	0.04	719	0.53	4.81
SVII NR	0 – 30	3.29		98.4	-	-	6.5	-	1.06	0.04	26.50	14	0.6	0.04	0.00	0.01	669	0.65	4.64
	30 – 80	4.63		99.6	-	-	6.9	-	0.23	0.009	25.55	13	0.7	0.08	0.00	0.02	682	0.80	6.15
	80 - 120	6.28		99.6	-	-	6.9	-	0.23	0.008	28.75	10	0.7	0.1	0.00	0.01	694	0.81	8.10

Tableau 41-Résultats des analyses Physiques des profils de la station de Nechaa Righia (NR)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	>50	Fibre >200
<b>SI NR</b>	0 – 40	24.12	20.33	24.07	18.42	13.06	4.16	20.32	24.41	15.95	35.16	48.89
	40 – 80	26.75	19.42	23.08	17.61	13.14	3.75	12.42	16.22	31.44	36.17	32.39
	80 – 130	28.32	19.16	21.24	17.05	14.23	-	10.38	21.43	27.46	40.73	31.81
<b>SII NR</b>	0 – 30	28.72	24.36	23.86	12.44	10.62	10.10	14.21	17.50	27.98	30.21	41.81
	30 – 120	25.45	26.14	23.76	13.01	11.64	8.70	13.42	18.13	24.10	35.65	40.25
	120 – 160	27.19	25.23	21.71	13.8	12.07	6.90	15.69	19.49	21.94	35.98	42.08
<b>SIII NR</b>	0 – 90	34.19	28.16	21.62	10.32	05.71	6.60	13.28	10.41	34.84	34.87	30.29
	90 – 180	36.26	29.16	18.44	10.59	05.55	7.01	16.42	10.62	30.89	35.06	34.05
	180 – 240	39.44	27.89	16.34	11.01	05.32	7.19	18.19	10.87	28.58	35.17	36.25
<b>SIV NR</b>	0 – 90	31.72	31.07	22.60	9.4	05.21	5.22	15.46	12.61	24.55	32.16	33.29
	90 – 240	34.56	32.21	19.43	08.9	04.90	7.63	16.21	16.42	15.98	43.76	40.26
	240 – 480	36.84	34.6	15.45	08.6	04.51	9.44	16.88	16.61	12.46	44.61	42.93
	480 - 660	37.21	31.7	19.47	7.5	04.12	04.16	07.02	16.89	27.03	44.90	28.07
<b>SV NR</b>	0 – 80	10.65	14.49	13.21	30.49	31.16	10.01	11.21	21.64	35.45	21.69	42.86
	80 – 230	8.33	15.28	13.33	31.41	31.65	12.6	14.16	22.68	27.66	23.44	48.90
	230 – 360	7.12	16.37	12.54	31.79	32.18	13.2	13.41	19.33	20.65	30.06	49.29
	360 – 440	6.69	17.61	11.14	32.08	32.48	07.5	12.28	20.62	29.75	31.14	39.11
	440 - 480	6.41	19.52	8.24	32.74	33.09	04.3	14.43	16.42	28.76	31.89	39.45
<b>SVI NR</b>	0 – 20	4.5	13.61	18.84	28.89	34.16	03.4	14.28	16.42	41.47	24.43	34.10
	20 – 80	4.08	14.42	17.35	29.34	34.81	04.8	13.43	16.69	36.91	28.16	34.92
	80 – 160	3.19	15.21	16.55	29.87	35.18	05.6	11.12	14.31	39.13	29.84	31.03
	160 - 180	3.06	10.61	20.33	30.44	35.56	02.9	10.02	12.21	42.68	32.19	25.13
<b>SVII NR</b>	0 – 30	3.51	08.24	23.25	30.79	34.21	-	-	-	-	-	-
	30 – 80	3.4	7.79	22.74	31.19	34.88	-	-	-	-	-	-
	80 - 120	2.92	7.41	21.87	32.61	35.19	-	-	-	-	-	-

En conclusion, la prospection pédologique dans la Nechaa Righia a mis en évidence sept sols différents qui se distinguent essentiellement par la profondeur, la texture, les taux d'humidité, la couleur et surtout par la teneur en matière organique et sa qualité :

- Sol peu évolué d'apport
- Sol argilo-tourbeux (tourbe argileuse).
- Sol hydromorphe humifère à gley.
- Sol hydromorphe humifère à pseudogley
- Sol tourbeux sur sable
- Sol organique sur sable
- Sol sableux (peu évolué et parfois minéral brut ou régosol).

Les analyses ont mis en évidence un gradient d'acidité qui augmente de la plaine vers le centre de la dépression pour remonter au contact de la dune. Le pH est légèrement acide sur la plaine argileuse à cause probablement des travaux agricoles, franchement acide au centre de la dépression (Taux de matière organique important et milieu réducteur) et redevient légèrement acide moins acide au contact de la dune.

La capacité d'échange très forte au contact de la plaine argileuse et très faible dans la zone dunaire. Malgré la grande capacité d'échange, le complexe adsorbant reste désaturé avec un taux qui dépasse rarement 20%. Les bases échangeables sont dominées par le calcium et le magnésium tandis que le sodium et le potassium ont des valeurs négligeables. L'absence de sodium confirme les faibles valeurs de la conductivité électrique et donne des sols non salés.

La teneur en carbone est très importante notamment en surface. Nous avons constaté que la rive argileuse est beaucoup plus riche en carbone organique que la rive sableuse. Le rapport C/N est de l'ordre de 25 à 30 sur les berges et dépasse les 50 au centre de l'aulnaie et traduit donc une faible minéralisation des composés organiques de cette région. L'évaluation du degré de décomposition de la matière organique montre que nous sommes dans un milieu où le taux de fibres est très important avec un indice pyrophosphate relativement bas permettant de définir un indice de régénéralité moyen à fort, particulièrement au centre de la dépression. Dans cette zone, l'accumulation de la matière organique et l'absence de processus de décomposition biologique favorisent la formation d'une tourbe fibrique considérée comme un puits de carbone et un facteur de lutte contre l'effet de serre.

**b - Oum El-Aguerreb:** Elle se situe dans la zone de contact plaine alluviale/dune. Ses coordonnées géographiques sont 36°12'16''N et 8°12'17''E et son altitude moyenne est de 16 m. Sa superficie estimée sur carte est de 300 ha sur terrain à 150 ha environ. Cette dépression s'est formée dans la zone de subsidence créée par le contact plaine argileuse de Bouteldja et le cordon dunaire situé au nord. Elle est orientée NE-SW et elle est alimentée par la nappe dunaire et par l'oued M'Djez. L'inventaire de la végétation montre que nous sommes en présence d'une aulnaie très dense et très pauvre en espèces végétales (*Alnus glutinosa*, *osmenda rigalis*, *fraxinus angustifolia*, *Laurus nobilis*, *Vitis vinifera* *Smilax aspera*, *Herda hili*, *Carex remota*). Dans la zone de contact avec la dune, nous retrouvons les espèces de lizière avec notamment *Mantha pulegium*, *Mantha rotundifolia* *Juncus effesus*, *myrtus connunis*, *Quercus coccifera*, *Halimium halimifolium*, etc. Dans la partie sud et au contact avec la plaine argileuse et vue la pression anthropique, la végétation naturelle a complètement disparu et il n'en reste que quelques reliques très protégés par les débordements de l'oued. L'inventaire des sols a permis de mettre en évidence trois types de sols qui se distribuent du NW vers le SE comme suit :

**Solum 1 (S1GA). Lisière dune aulnaie :** Ce solum se situe au niveau de la zone de contact dune/dépression, il est partiellement saturé en eau pendant presque toute l'année. La végétation naturelle est une aulnaie dégradée. Le sol est développé sur un substrat sableux.

Description morphologique :

**0 – 30 cm:** Gris noir (2.5Y4/0) ; sableux ; humide ; beaucoup de débris organiques encore reconnaissables ; structure particulière nette ; racines de différentes tailles ; bonne activité biologique ; beaucoup de fragments de roche ; transition graduelle.

**30 – 50cm** Noir sombre (2.5Y2/0) ; très humide ; sableux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure particulière nette ; quelques racines ; pas de trace d'activité biologique ; pas de taches jaunes ou ocres ; transition graduelle.

**50 – 60 cm** Gris beige (2.5Y6/2) ; humide ; sableux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure particulière nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes et ocres ; transition graduelle.

**60 – 120cm** Noir sombre (2.5Y2/0) ; très humide ; sableux ; matière organique très décomposée ; structure particulière nette ; quelques racines ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes et ocres ; transition graduelle.

**120 – 140cm :** Jaune beige (2.5Y7/8) ; très humide ; sableux ; pas de débris organiques ; structure particulière nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches rouges et ocres.

Il s'agit d'un sol organique sur sable constitué par 5 horizons qui se distinguent par la couleur, la nature, l'état et surtout la teneur en débris organiques reconnaissables. Les tableaux 42 et 43 indiquent que les taux d'humidité augmentent fortement du haut (16 %) vers le bas 37 %). De même le pH a tendance à plus s'acidifier avec la profondeur, il passe de 4.8 en haut à 4.1 en bas. Par contre, le taux de fibres est plus important en surface (23 %) par rapport à la base (8 %) du profil. L'indice pyrophosphate enregistre des valeurs variables selon la couche considérée, ce qui pourrait traduire une succession de phases d'humectation et de dessiccation de ce solum et donc des phases de conservation et de minéralisation de la matière organique. Le complexe adsorbant est faiblement saturé en bases échangeables (22 %).

**Solum2 (S2 GA) Aulnaie :** Ce solum se situe au centre de la dépression entre la dune et la plaine argileuse, il est souvent saturé en eau pendant toute l'année. La végétation naturelle est une aulnaie. Le sol s'est formé sur des sédiments organiques et des sables argileux.

Description morphologique :

**0 – 50 cm:** Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; sableux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure particulière nette ; beaucoup de racines de différentes tailles ; faible activité biologique ; transition graduelle.

**50 – 110cm** Marron noir (2.5Y3/2) ; très humide ; sablo-argileux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure massive nette ; quelques racines ; présence de débris de bois au niveau 95 cm de profondeur ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes et ocres ; transition graduelle.

**110 – 320 cm** Noir sombre (2.5Y2/0) ; très humide ; sablo-argileux ; débris organiques très décomposés ; structure lamellaire fine ; spongieux ; doux ; transition graduelle.

**320 – 400 cm** : Marron clair (10YR5/6) ; très humide ; sablo-argileux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; structure feuilletée ; beaucoup de taches jaunes et ocres ; transition graduelle.

**400 – 420cm** : Noir (10YR2/2) ; très humide ; argilo-sableux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure massive nette ; beaucoup de taches jaunes et rouges.

Ce sondage réalisé au centre de la dépression a mis en évidence un sol tourbeux développé sur sable constitué par 5 couches qui se distinguent par la couleur, la nature, l'état et surtout la teneur en débris organiques reconnaissables. Les analyses (tableaux 42 et 43) montrent que les taux d'humidité augmentent fortement du haut (49 %) vers la base (89 %) du profil. Le pH est très acide (4.1) et s'acidifie encore plus en profondeur (3.6). Le taux de fibres est plus important en surface et au milieu qu'à la base de la carotte (45 % et 32 %). L'indice pyrophosphate augmente avec la profondeur ce qui pourrait être une indication d'une accumulation de composés dégradés à la base du profil. Le complexe adsorbant est très faiblement saturé en bases échangeables (10 à 15 %).

**Solum3 ( S3 GA) Plaine argileuse** : Ce solum se situe à la limite entre la plaine argileuse et l'aulnaie, il est souvent saturé en eau durant plus de 6mois/an. La végétation naturelle est une pelouse à graminées, la strate arbustive est dominée par *Fraxinus angustifolia*. Le sol est formé sur des sédiments argileux plus au moins organiques.

Description morphologique :

**0 – 50 cm**: Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; argileux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure massive nette ; beaucoup de racines de différente taille ; faible activité biologique ; transition graduelle.

**50 – 90cm** : Gris beige (2.5Y7/4) ; très humide ; argileux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; structure massive ; peu de racines fines ; pas de trace d'activité biologique ; présence de taches d'hydromorphie ; transition graduelle.

**90 – 120 cm** : beige (2.5Y7/2) ; très humide ; argileux ; pas de débris organiques ; structure massive.

La description morphologique et les analyses (tableaux 42 et 43) indiquent qu'il s'agit d'un sol peu évolué riche en matière organique développé sur des alluvions. Ce sol qui se situe sur les berges de la dépression du côté de la plaine argileuse se caractérise par des teneurs en eau qui augmentent en profondeur (44 % au sommet, 65 % à la base), un pH proche de la neutralité (6.2-6.8) et par des taux de fibres plus importants en surface (41 %) qu'en bas (26 %) du profil. L'indice pyrophosphate augmente selon la profondeur passant de 12.4 en haut à 19.1 en bas du sol. Le complexe adsorbant est désaturé en bases échangeables (19 %).

**Tableau 42- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de Nechaa Oum El-Aguerreb (NOG)**

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I,pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
<b>SI NOG</b>	<b>0 – 30</b>	16.6	23.6	68.9	12.7	1.86	4.8	0.01	18.03	0.29	94.89	36.1	6.2	1.2	0.01	0.8	521	8.21	22.74
	<b>30 – 50</b>	22.2	32.1	74.6	16.1	1.99	4.3	0.01	14.73	0.23	64.04	38.4	6.6	1.3	0.01	0.7	543	8.61	22.42
	<b>50 – 60</b>	26.7	22.40	81.8	22.6	0.99	4.2	0.01	10.55	0.21	50.23	32.4	5.8	1.6	0.01	0.7	579	8.11	24.86
	<b>60 – 120</b>	32.1	13.40	89.2	14.5	0.92	4.3	0.01	6.26	0.16	39.12	46.1	7.4	1.9	0.02	0.8	625	10.12	21.95
	<b>120 – 140</b>	37.4	8.50	94.1	10.4	0.81	4.2	0.01	3.42	0.09	38.00	40.2	6.4	1.8	0.02	0.9	641	9.12	22.68
<b>SII NOG</b>	<b>0 – 50</b>	49.6	45.82	44.6	16.3	2.81	4.1	0.01	32.13	0.45	71.4	62.1	6.9	1.8	0.02	0.7	642	9.42	15.17
	<b>50 – 110</b>	62.1	50.7	36.2	19.1	2.65	3.9	0.01	37.00	0.48	77.08	68.1	7.2	1.7	0.01	0.8	655	9.71	14.25
	<b>110 – 320</b>	65.9	44.7	21.1	22.6	1.97	3.6	0.01	45.76	0.51	89.72	94.2	6.1	1.6	0.01	0.9	662	8.61	9.14
	<b>320 – 400</b>	72.3	48.46	14.2	25.2	1.84	3.4	0.01	49.76	0.54	92.14	103.5	7.21	1.7	0.01	0.7	670	9.62	9.29
	<b>400 – 420</b>	89.6	32.95	59.2	28.1	1.17	3.6	0.01	23.66	0.31	76.32	51.1	4.33	1.2	0.02	0.7	692	6.25	12.23
<b>SIII NOG</b>	<b>0 - 50</b>	44.2	41.75	63.2	12.4	3.36	6.2	0.02	21.34	0.30	71.13	54.6	8.22	1.33	0.03	0.9	571	10.48	19.19
	<b>50 – 90</b>	49.1	39.03	69.5	14.6	2.67	6.6	0.04	17.69	0.26	68.03	58.2	7.6	1.2	0.04	0.9	592	9.74	16.73
	<b>90 -120</b>	65.2	26.71	76.7	19.1	1.39	6.8	0.05	13.51	0.21	64.33	60.4	7.4	1.6	0.06	0.9	608	9.96	16.49

**Tableau 43- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de Nechaa Oum El-Aguerreb (NOG)**

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	>50	Fibre >200
<b>SI NOG</b>	<b>0 – 30</b>	4.75	16.1	18.75	28.3	32.1	5.2	6.3	12.1	26.00	50.4	23.6
	<b>30 – 50</b>	6.25	15.8	15.15	29.5	33.3	8.3	9.2	14.6	22.3	45.6	32.1
	<b>50 – 60</b>	9.30	15.4	10.90	29.8	34.6	4.4	7.5	10.5	29.4	48.2	22.40
	<b>60 – 120</b>	10.4	10.2	14.10	30.4	34.9	1.1	4.1	8.2	38.00	48.6	13.40
	<b>120 – 140</b>	11.5	11.2	13.4	30.3	33.6	0.9	2.2	5.4	42.2	49.3	8.50
<b>SII NOG</b>	<b>0 – 50</b>	14.10	15.22	29.68	19.66	21.34	23.55	12.17	10.10	21.02	33.16	45.82
	<b>50 – 110</b>	13.8	17.13	28.27	20.3	20.5	24.8	14.3	11.6	23.50	25.80	50.7
	<b>110 – 320</b>	13.2	19.5	26.50	19.5	21.3	20.2	13.6	10.9	30.75	24.55	44.7
	<b>320 – 400</b>	10.4	20.4	28.20	18.40	22.6	18.16	14.7	15.6	25.88	25.66	48.46
	<b>400 – 420</b>	8.1	22.1	34.50	17.16	18.14	6.44	10.21	16.30	34.39	32.12	32.95
<b>SIII NOG</b>	<b>0 - 50</b>	22.6	25.4	29.59	10.25	12.16	11.71	14.43	15.61	26.04	32.21	41.75
	<b>50 – 90</b>	24.7	26.8	23.27	12.13	13.10	10.62	14.81	13.6	22.81	38.16	39.03
	<b>90 -120</b>	26.3	29.3	21.40	11.4	11.60	2.29	8.22	10.2	31.12	42.17	26.71

L'aulnaie d'Oum El-Agguereb s'est développée dans la zone de contact entre les dunes de Bouglès et la plaine de Bouteldja, elle est d'orientation presque Est –Ouest. Le transect étudié est d'orientation Nord-Sud réalisé dans la zone la plus large de l'aulnaie. Il a mis en évidence trois types de sol :

- Des sols peu évolués d'apport alluvial riches en argile au contact de la plaine,
- Des sols tourbeux au centre de l'aulnaie et
- Des sols peu évolués sur sable de dune.

L'analyse physico-chimique a révélé l'existence de sols très acides au centre de la dépression au niveau de la tourbe, des sols légèrement acides du côté des dunes et des sols de pH qui se rapprochent de la neutralité au contact de la plaine argileuse. La tendance des taux de saturation en bases échangeables du complexe adsorbant suit celle du pH. La capacité d'échange cationique forte importante au niveau de la tourbe et sur les argiles et elle est faible sur les dunes.

Le carbone organique est très important au centre de la dépression (50 % environ) et diminue au contact des sables à (10 %) et au contact des argiles à (15 %). Malgré une relative richesse en carbone, le taux d'azote reste faible donnant un rapport C/N très fort et hétérogène. La matière organique est bien conservée dans la dépression humide mais se dégrade rapidement lorsqu'on se dirige vers les sables ou vers les argiles.

Les différentes analyses ont mis en évidence des différences morphologiques et analytiques entre les sols d'une part et entre les couches de la même coupe d'autre part. Ces différences sont le reflet d'une intense activité pédogénétique dans ce milieu, activité qui serait contrôlée essentiellement par le niveau de la nappe, la température de l'eau et la quantité de matière organique apportée.

**c - Ain Kheiar :** Cette station se localise selon les coordonnées géographiques 36° 48' 31''N et 8° 20' 05 E ; son altitude est de 63 m. Elle est limitée au Nord par la forêt de Khouata et Gareat El-Ouez, à l'est par la forêt de l'Oubeïra, au sud par l'Oued El-kébir Est et à l'Ouest par Djebel Hadjar Siah. Cette aulnaie se trouve au Nord de Ain Assel dans la zone de contact de la dune avec la plaine de Ain Assel. Le contact plaine/dune crée souvent une zone de subsidence dans laquelle se développe une végétation caractéristique des zones humides. Cette dépression est orientée E-W et elle est alimentée par la résurgence de la nappe dunaire et par l'oued qui se jette dans la Messida ouest.

L'inventaire de la végétation indique que ce site est à la fois une aulnaie et une prairie humide à Carex. L'inventaire des sols met en évidence trois types de sols, les sols argileux sur la rive Sud de l'Oued El-Kébir, les sols tourbeux au niveau de l'aulnaie et les sols organiques sableux au niveau de la zone de contact avec la dune.

**Solum 1 (S1AK), sol argileux :** Ce solum se situe entre la plaine argileuse et l'aulnaie. Il est souvent saturé en eau pendant plus de 6 mois/an. La végétation naturelle est composée d'une pelouse à graminée et d'une strate arbustive dominée par *Fraxinus angustifolia*. Le sol est développé sur des sédiments argileux plus au moins organiques.

Description morphologique :

**0 – 40 cm :** Noir sombre (2.5YR2/0) ; très humide ; argileux ; peu de débris organiques non décomposés ; structure massive ; beaucoup de racines de différentes tailles ; faible activité biologique ; transition graduelle.

**40 – 80cm** : Gris beige (2.5YR6/2) ; très humide ; argileux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; structure massive ; présence de quelques graviers ; peu de racines fines ; pas de trace d'activité biologique ; présence de tache d'hydromorphie, transition graduelle.

**80 – 120 cm** : beige (2.5Y7/6) ; très humide ; argileux ; pas de débris organiques ; structure massive ; beaucoup de graviers.

Le sondage a été réalisé sur les berges de la dépression du côté de la plaine argileuse. Les résultats des analyses sont mentionnés dans les tableaux 44 et 45. Il s'agit d'un sol peu évolué riche en matière organique développée sur des alluvions argileux. Les taux d'humidité augmentent légèrement du haut (44 %) vers le bas (52 %) du profil alors que le pH est légèrement acide et constant (6.5). Le taux de fibres est plus important à la base du profil où il atteint 24 %. Le complexe adsorbant est fortement désaturé en bases échangeables

**Solum2 (S2AK), Sol tourbeux** : Ce solum se situe au centre de la dépression entre la dune et la plaine argileuse, il est souvent saturé en eau pendant toute l'année. La végétation naturelle est une aulnaie en association avec quelques saules. Le sol est formé sur des sédiments organiques et des sables argileux.

Description morphologique :

**0 – 30 cm** : Noir sombre (5Y2.5/1) ; très humide ; sablo-argileux ; peu de débris organiques décomposés ; beaucoup de fragments de bois et de tiges encore reconnaissables ; structure particulière peu nette ; beaucoup de racines de différentes tailles ; faible activité biologique ; transition graduelle.

**30 – 90 cm** : Noir sombre (5Y2.5/1) ; très humide ; sablo-argileux ; plusieurs fragments de bois peu décomposés ; structure massive peu nette ; quelques racines ; présence de débris de bois au niveau 65cm de profondeur ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes et ocres ; transition graduelle.

**90 - 110cm** Gris clair (2.5Y7/2) ; très humide ; sablo-argileux ; pauvre en débris organiques ; structure massive fine ; transition graduelle.

**110 – 170cm** : Marron clair (2.5Y5/4) ; très humide ; sablo-argileux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; structure lamellaire ; spongieux ; doux ; beaucoup de taches jaunes ; transition graduelle.

**170 – 180 cm** : Noir (2.5Y2/0) ; très humide ; argilo-sableux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure massive nette ; beaucoup de taches jaunes et rouges ; présence de fragments de roche.

Ce sol est un sol tourbeux développé sur sable. Les analyses physico-chimiques sont mentionnées les tableaux 44 et 45. Les taux d'humidité sont forts (64 %) et augmentent considérablement en profondeur pour atteindre 81 %. Le pH est acide et se situe entre 4.4 en surface et 5.1 en profondeur. Le taux de fibres est constant le long de la carotte (47 %) mais l'indice pyrophosphate augmente selon la profondeur, il passe de 17.8 à 26.6 ce qui peut signifier une accumulation de composés dégradés à la base du profil.

**Solum3 (S3AK), sablo-organique** : Ce solum se situe au niveau de la zone de contact dune/dépression, il est partiellement saturé en eau pendant presque toute l'année. La végétation naturelle est une aulnaie dégradée. Le sol est formé sur un substrat sableux.

Description morphologique :

**0 – 20 cm:** Noir sombre (2.5Y2/0) ; humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; structure particulière ; beaucoup de racines de différentes tailles ; bonne activité biologique ; transition graduelle.

**20 – 60cm :** Gris noir (2.5Y3/0) ; très humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques très décomposés ; structure particulière ; peu de racines ; faible activité biologique ; quelques taches jaunes ; transition graduelle.

**60 – 70 cm :** Noir (2.5Y2/0) ; humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques très décomposés ; beaucoup de fibres ; structure particulière à fibreuse peu nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes ; transition graduelle.

**70 – 120cm :** Jaune clair (2.5Y7/6) ; très humide ; sableux ; pas de débris organiques ; structure particulière nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique.

Cette observation a été réalisée sur les berges de la dépression du côté de la dune. Il s'agit d'un sol organique sur sable. Les analyses physico-chimiques sont mentionnées dans les tableaux 44 et 45. Le pH est acide et constant dans le profil ( $4 < \text{pH} < 5$ ) et la teneur en eau augmente légèrement pour atteindre (55 %). Le taux de fibres est homogène le long de la carotte (28 %) mais l'indice pyrophosphate augmente selon la profondeur, il varie de 16.9 à 25.4 et traduit donc une accumulation de composés organiques dégradés.

Tableau 44- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de Ain Kheiar (AK)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I,pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
SI AK	0 – 40	44.1	10.6	74.4	-	-	6.2	0.01	14.85	0.29	51.20	53.1	6.2	2.9	0.01	1.6	522	10.71	20.17
	40 – 80	46.7	25.1	82.9	-	-	6.3	0.01	9.92	0.21	47.23	56.6	5.9	2.4	0.01	1.4	543	9.71	17.15
	80 – 120	52.6	24.1	91.7	-	-	6.5	0.01	4.81	0.11	43.72	58.8	5.1	1.8	0.01	1.1	572	8.01	13.62
SII AK	0 – 30	64.1	47.2	55.1	17.8	2.65	4.4	0.01	26.04	0.35	74.4	72.1	5.6	1.7	0.01	1.3	663	8.61	11.94
	30 – 90	69.2	49.0	56.9	14.9	3.28	4.6	0.01	24.99	0.33	75.72	76.2	5.1	1.6	0.01	1.4	682	8.11	10.64
	90 – 110	74.5	47.3	59.6	22.4	2.11	4.8	0.01	23.43	0.33	71.00	88.6	4.8	1.8	0.01	1.2	692	7.81	8.81
	110 – 170	76.4	48.5	42.7	24.1	2.01	5.1	0.01	33.23	0.42	79.12	92.4	4.2	1.7	0.01	1.6	661	7.51	8.12
	170 – 180	81.6	46.1	48.6	26.6	1.73	5.2	0.01	29.81	0.37	80.56	46.1	2.9	1.6	0.01	1.7	622	6.21	13.47
SIII AK	0 – 20	41.2	28.82	41.4	16.9	1.70	4.8	0.01	31.08	0.38	81.79	56.9	3.6	1.7	0.01	0.4	523	5.71	10.03
	20 – 60	42.6	29.70	36.2	19.2	1.54	4.8	0.01	37.00	0.44	84.09	55.2	5.2	1.8	0.01	0.6	641	7.61	13.78
	60 – 70	46.7	29.60	26.2	22.6	1.30	4.6	0.01	42.57	0.46	92.54	51.7	5.7	1.9	0.01	0.5	689	8.11	15.68
	70 - 120	55.6	28.5	17.1	25.4	1.12	4.3	0.01	48.08	0.47	102.3	48.1	4.3	1.9	0.01	0.7	702	6.91	14.36

Tableau 45- Résultats des analyses physiques des profils de la station de Ain Kheiar (AK)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
SI AK	0 – 40	31.1	24.6	14.10	16.00	14.2	4.2	8.4	10.6	46.4	30.4	10.6
	40 – 80	33.6	24.9	12.30	15.6	13.6	4.8	7.9	12.4	38.4	36.50	25.1
	80 – 120	34.7	25.4	11.20	15.1	13.6	4.9	6.4	12.8	35.2	40.7	24.1
SII AK	0 – 30	16.7	25.3	24.3	19.1	14.6	15.6	15.2	16.4	16.6	36.2	47.2
	30 – 90	17.5	28.6	17.2	20.2	16.5	14.3	17.1	17.6	13.6	37.4	49.0
	90 – 110	18.2	28.9	14.9	20.8	17.2	12.1	17.6	18.1	15.9	36.8	47.3
	110 – 170	19.1	30.2	11.7	21.2	17.8	10.2	18.5	19.8	14.2	37.3	48.5
	170 – 180	19.4	32.4	8.00	22.1	18.1	6.4	19.4	20.3	7.6	36.3	46.1
SIII AK	0 – 20	10.6	14.7	9.9	30.5	34.3	8.12	10.1	10.6	37.58	33.6	28.82
	20 – 60	09.4	16.1	8.6	31.1	34.8	6.5	11.4	11.8	36.2	34.1	29.70
	60 – 70	09.2	16.5	4.00	34.6	35.7	4.3	12.6	12.7	35.2	35.2	29.60
	70 - 120	06.5	16.9	4.9	35.4	36.3	2.1	12.9	13.5	35.7	35.8	28.5

Cette aulnaie s'est développée dans la zone de contact entre la plaine argileuse d'El-Taref et le dépôt sableux de Koudiet Eechéir qui forment respectivement les limites Sud et Nord. Elle est orientée E-O et s'ouvre sur la vallée de l'oued El-Kébir Est dans sa limite Ouest, alors qu'à l'Est c'est la massif gréseux de djebel El-Koursi qui se dresse comme une limite. Par cette position, l'aulnaie de Ain Khiair présente la particularité d'être entre trois formations géomorphologiques. L'évolution des sols semble influencée par la plaine argileuse mais la texture sableuse est dominante au contact de la dune ; le contact avec les grès de Numidie est brutal et ne donne aucun effet détectable à l'échelle de notre investigation.

L'inventaire des sols a permis de décrire plusieurs coupes et de réaliser plusieurs sondages qui ont abouti à la reconnaissance de trois profils types.

Le premier sol est un sol argileux peu évolué d'apport. Il représente les sols de la zone de contact avec la plaine argileuse et se caractérise par une texture relativement équilibrée, un pH légèrement acide, une teneur en carbone organique très importante en surface et qui diminue brutalement avec la profondeur et un C/N faible. La matière organique est très peu bien conservée.

Le second sol est un sol tourbeux, très profond, de texture sableuse, acide et le complexe adsorbant désaturé. La tourbe est fibreuse d'où une bonne conservation des débris organiques. Ce profil est représentatif des sols du centre de l'aulnaie.

Le troisième sol se situe dans la zone de contact avec les sables. Le sol est très léger, aéré, peu organique et légèrement acide. La matière organique est dégradée avec peu d'éléments reconnaissables.

**d - Boumahacen :** Cette station se situe à 20Km à l'Est de la ville de Annaba, sur le chemin de Wilaya 109. Il s'agit d'une dépression formée par le contact alluvions argileux de l'Oued El-Kébir avec le massif dunaire. Elle est orientée E-W sur une longueur de 6 km et couvre une surface de 50 ha. Elle se localise selon les coordonnées géographiques 36° 50' 17'' N et 8° 03' 20 E, son altitude est de 63 m.

La végétation de cette dépression traduit bien la nature du substrat géologique. Ainsi, on retrouve des espèces indicatrices de milieux lourds sur la rive sud de cette dépression, une aulnaie dégradée au centre de la dépression et une pelouse sèche sur les sables dunaires. L'inventaire des sols confirme cette stratification et définit trois types de sols, les sols argileux au contact des alluvions de l'Oued El-Kébir, les sols tourbeux au niveau de l'aulnaie et les sols organiques sableux au niveau de la zone de contact avec la dune.

**Solum 1 (S1Bh), sol argileux :** Ce solum se situe à la limite entre la plaine argileuse et l'aulnaie, il est souvent saturé en eau pendant plus de 6 mois/an. La végétation herbacée est une pelouse à graminées et la strate arbustive est dominée par *Fraxinus angustifolia*. Le sol est développé sur des sédiments argileux plus au moins organiques.

Description morphologique :

**0 – 30 cm :** Noir sombre (2.5Y2/0) ; très humide ; argilo-sableux ; peu de débris organiques non décomposés ; structure massive ; beaucoup de racines fines et moyennes ; bonne activité biologique ; transition graduelle.

**30 – 120 cm :** Gris noir (2.5Y4/0) ; très humide ; argileux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; structure massive ; quelques taches rouges ; peu de racines fines ; pas de trace d'activité biologique ; présence de taches d'hydromorphie ; transition graduelle.

**120 – 150 cm :** beige (2.5Y7/4) ; très humide ; argileux ; pas de débris organiques ; structure massive.

Ce sondage a été réalisé sur les berges de la dépression du côté de la plaine argileuse. Les résultats de analyses sont mentionnés dans les tableaux 46 et 47. Ce sol est un sol peu évolué riche en matière organique développé sur des alluvions argileuses. Le pH est légèrement acide et se situe entre 6.2 et 6.6. Les taux d'humidité passent de 28 % en surface à 37 % en profondeur. Le taux de fibres est plus important en surface (51 %) qu'en profondeur (31 %).

**Solum2 (S2Bh), Sol tourbeux :** Ce solum se situe au centre de la dépression entre la dune et la plaine argileuse, il est souvent saturé en eau pendant toute l'année. La végétation naturelle est une aulnaie dégradée. Le sol s'est formé sur des sédiments organiques et sablo-argileux.

Description morphologique :

**0 – 20 cm:** Noir sombre (2.5Y2/0) ; très humide ; sablo-argileux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; beaucoup de fragments de bois et de tiges encore reconnaissables ; structure particulaire peu nette ; beaucoup de racines de tailles moyennes et grosses ; faible activité biologique ; transition graduelle.

**20 – 70 cm :** Noir sombre (2.5Y3/0) ; très humide ; sablo-argileux ; plusieurs fragments de bois peu décomposés ; structure massive peu nette ; quelques grosses racines ; présence de débris de bois au niveau 45cm de profondeur ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes et ocres ; transition graduelle.

**70 – 150 cm :** Marron clair (10YR5/4) ; très humide ; sablo-argileux ; pauvre en débris organiques reconnaissables ; très riche en composés organiques et en fibres ; structure massive à fibreuse fine ; transition graduelle.

**150 – 180cm :** Marron clair à jaune beige (10YR6/8) ; très humide ; sablo-argileux ; peu de débris organiques décomposés ; structure massive ; beaucoup de taches jaunes.

Le sondage réalisé au centre de la dépression est un sol tourbeux développé sur sable. Les tableaux 46 et 47 révèlent que les taux d'humidité (44 % environ), le pH (5.4) et les taux de fibres (57 %) sont constants dans l'ensemble du profil. Par contre, l'indice pyrophosphate augmente du haut (12.1) vers le bas (28.1) du profil et suggère donc une accumulation de composés organiques dégradés à la base du profil.

**Solum3 (S3Bh), sablo-organique :** Ce solum se situe au niveau de la zone de contact dune/dépression, il est partiellement saturé en eau pendant 9 mois par an. La végétation naturelle est une aulnaie dégradée. Le sol s'est formé sur substrat sableux.

Description morphologique :

**0 – 60 cm:** Noir sombre (2.5Y2/0) ; humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; structure particulaire ; beaucoup de racines de différentes tailles ; bonne activité biologique ; transition graduelle.

**60 – 70cm :** Gris clair (2.5Y5/2) ; très humide ; sableux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure particulaire ; peu de racines ; faible activité biologique ; quelques taches jaunes, transition graduelle.

**70 – 110 cm :** Noir sombre (2.5YR2/0) ; humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques très décomposés ; beaucoup de fibres ; structure particulaire à fibreuse

peu nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes ; transition graduelle.

**110 – 120cm :** Jaune clair (2.5Y7/8) ; très humide ; sableux ; pas de débris organiques ; structure particulaire nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique.

Le sondage réalisé sur les berges de la dépression du côté de la dune correspond à un sol organique formé sur un substrat sableux. Les analyses physico-chimiques (tableaux 46 et 47) indiquent que ce sol est acide (pH = 5) et que les teneurs en eau varient peu (42 à 47 %) selon la profondeur. Les taux de fibres diminuent légèrement du haut (56 %) vers le bas (40 %) du profil. Le complexe adsorbant est partout désaturé en bases échangeables.

Tableau 46- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de Boumahacen (Bh)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
<b>SI Bh</b>	0 – 30	42.1	56.26	55	-	-	5.25	0.2	26.16	0.9	29.06	42	4.6	1.2	0.04	0.5	952	6.34	15.09
	30 – 60	41.9	52.50	61	-	-	5.3	0.2	22.67	0.8	28.33	41	5.1	1.7	0.05	0.56	936	7.41	18.07
	60 – 70	44.6	47.36	62	-	-	5.4	0.18	22.09	0.4	55.22	39	3.4	0.9	0.07	0.64	897	5.01	12.84
	70 - 110	45.4	41.78	77	-	-	5.2	0.15	13.37	0.32	41.75	35	2.8	0.6	0.08	0.28	887	3.76	10.74
	110 - 120	47.02	40.42	81	12.1	3.89	4.9	0.15	11.04	0.30	36.8	30	2.1	0.4	0.05	0.41	856	2.96	09.86
<b>SII Bh</b>	0 – 20	44.7	56.7	41	19.7	2.87	5.4	0.1	34.30	0.8	42.87	76	4.2	1.2	0.01	0.36	889	5.97	07.8
	20 – 70	46.1	54.8	44	24.6	2.22	5.5	0.1	32.55	0.7	46.5	87	4.0	1.35	0.01	0.15	851	5.51	06.33
	70 – 150	44.2	55.9	46	28.1	1.99	5.3	0.1	31.39	0.7	44.84	98	3.6	1.21	0.01	0.13	848	4.95	5.05
	150 – 180	45.2	59.3	48	24.6	2.41	5.2	0.1	30.23	0.96	31.49	102	3.1	0.87	0.1	0.4	841	4.47	4.38
<b>SIII Bh</b>	0 – 30	28.1	51.74	72	16.3	3.17	6.6	1.24	16.28	0.45	36.17	74	8.5	1.50	0.09	0.26	864	10.35	13.98
	30 – 120	32.7	46.39	78	19.1	2.45	6.4	1.65	12.79	0.39	32.79	66	6.3	1.00	0.12	0.24	849	7.66	11.60
	120 – 150	37.4	31.68	84	24.4	1.30	6.2	1.67	9.30	0.14	66.42	58	4.2	1.02	0.14	0.21	842	5.57	09.60

Tableau 47- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de Boumahacen (Bh)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
<b>SI Bh</b>	0 – 30	4.21	14.24	23.80	28.14	29.61	1.22		25.4	31.14	12.6	56.26
	30 – 60	4.8	15.22	19.78	29.14	31.06	1.05	23.25	28.2	33.80	13.7	52.50
	60 – 70	4.9	16.16	16.66	30.12	32.16	0.90	13.86	32.6	35.24	17.4	47.36
	70 - 110	4.1	19.12	12.18	31.19	33.41	2.24	7.64	31.9	39.12	19.1	41.78
	110 - 120	3.8	20.05	12.24	29.90	34.01	0.84	9.38	30.2	38.08	21.5	40.42
<b>SII Bh</b>	0 – 20	8.24	23.1	26.86	20.4	21.4	14.16	16.48	26.06	22.2	21.1	56.7
	20 – 70	8.6	24.5	23.70	22.1	21.1	24.80	0.90	29.1	24.6	20.6	54.8
	70 – 150	9.1	26.9	19.90	23.5	20.6	19.60	3.90	32.4	24.9	19.2	55.9
	150 – 180	9.7	24.3	24.40	21.4	20.2	14.21	12.99	32.1	19.9	20.8	59.3
<b>SIII Bh</b>	0 – 30	26.1	21.4	22.70	18.1	11.7	12.33	12.21	27.2	26.16	22.1	51.74
	30 – 120	29.6	23.1	15.60	17.2	14.5	04.61	14.08	27.7	27.41	26.2	46.39
	120 – 150	32.5	25.6	05.40	16.6	19.9	0.12	13.46	18.1	29.16	39.16	31.68

Cette aulnaie qui est d'orientation globale est-ouest constitue une limite entre la plaine argileuse de la Mekrada et le massif dunaire de Bouteldja. Elle s'est développée dans la section de ralentissement maximale de l'oued El-Kébir Est sur des dépôts argileux. Le contact entre la dune sableuse et la plaine argileuse est presque direct ce qui a abouti à une aulnaie de 100 m de largeur et de 10 km de longueur. Nous y avons étudié une toposéquence nord sud qui a permis de reconnaître trois profils types. Ainsi, dans la zone située entre le marais de la Mekrada et l'aulnaie, on retrouve des sols peu évolués d'apport alluvial à texture fine, légèrement acide, riche en matière organique plus au moins bien conservée, avec un complexe adsorbant est désaturé mais où les teneurs en sodium dans la solution du sol sont relativement élevées. Dans le cœur de l'aulnaie, les sols sont représentés par des sols tourbeux, acides et dont la matière organique est bien conservée. La zone située entre la dune et l'aulnaie est représentée par des sols peu évolués d'apport colluvial à texture sableuse, acides et relativement riches en fer.

Par ailleurs, il ressort que les milieux humides développés entre les dunes et la plaine argileuse sont occupés par une forêt humide à végétation dense peu diversifiée où l'aulne glutineux associé au saule et à leur cortège floristique constitue l'unique source de matière organique. Ce milieu qui est une interface entre la plaine argileuse (faible perméabilité des eaux) et la dune côtière (forte perméabilité) a abouti d'une façon globale à une dynamique de l'eau peu favorable à son évacuation rapide provoquant ainsi une saturation des sols puis une stagnation des eaux. Ce phénomène serait à l'origine de l'installation d'un couvert végétal adapté et producteur de matière organique qui ne trouve pas les conditions favorables à sa minéralisation d'où son accumulation et formation des sols riches en matière organique voir de sols tourbeux.

**4.4. Les dépressions lacustres :** La zone des dépressions lacustres est représentée par les lacs Mellah, Oubeira et Tonga.

**4.4.1. Lac Mellah :** Le lac Mellah est limité au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par les forêts des deux Lacs et de Aïn Khiar, à l'Est par la Forêt de Boumilek et l'agglomération du Pont de la République (Melha) et, à l'Ouest, par les plaines de Boutheldja et de Ben M'hidi. Le lac El-Mellah couvre une surface de 2.257 hectares. Ses coordonnées sont 36° 53' N et 8° 20' E et son altitude varie entre 0 et 1m.

Le lac Mellah s'est développé dans une dépression située entre le massif gréseux de Cap Rosa et les dunes d'El-Kala. Il est alimenté par les eaux des oueds Erriguibet au nord ouest, bouarroug au sud et le Mellah à l'Ouest et à l'est, il reçoit les eaux d'écoulement en nappe de la dune. Le contact de ces sources d'eau avec le plan du lac favorise la formation de zones humides.

Le lac El Mellah se caractérise par ses rives extrêmement réduites dont une grande partie de la végétation qui est très diversifiée est terrestre. En effet, la configuration générale des rives permet à la végétation ligneuse constituée de maquis de *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Calycotum villosa*, *Cistus salvifolius*, *Quercus coccifera*, *Quercus suber* et *Quercus faginea* de s'installer très près de la limite des eaux du lac. Au niveau de la rive Ouest on trouve les massifs de chêne liège (*Quercus suber*) avec un cortège de végétation allant jusqu'à 2 ou 3 mètres de la limite des eaux. La partie Nord-Ouest a fait l'objet d'un reboisement d'eucalyptus qui cède la place vers le Nord à une vaste aulnaie développée à la faveur du delta de l'Oued Erriguibet. Sur le plan floristique, il existe aussi une variété de groupements végétaux composés d'une suberaie, d'une cocciferaie, d'un mélange de chêne liège (*Quercus suber*) et de chêne kermes (*Quercus coccifera*) avec la bruyère (*Erica arborea*). Le maquis à *Myrtus communis*, celui à *Calycotum villosa* et à lavande (*Lavandula stoechas*), les pelouses, le peuplement à Pin maritime (*Pinus maritima*), les peuplements à Eucalyptus, l'oliveraie et

les cultures constituent la couverture végétale du bassin versant de la lagune. Sur la rive-est, l'aulnaie de Boumillek s'est développée à la faveur de la nappe phréatique dunaire (Aounallah et Bensouilah, 1992).

Plusieurs sites humides s'individualisent autour de cette lagune saumâtre. Il s'agit de l'aulnaie de Oued Erriguibet à l'ouest, du delta de l'Oued Bouaroug au Sud et de l'aulnaie de Boumillek à l'Est. Ce sont ces trois stations que nous avons étudiées. Ici, nous avons décrit 20 profils pédologiques dont 9 ont été également analysés au laboratoire.

**a-Oued Erriguibet** : elle se localise aux coordonnées 36° 53' 40'' N et 8° 18' 16'' E, son altitude maximale est de 120 m. Il s'agit d'une zone de contact entre le massif gréseux et le plan d'eau du lac avec formation d'une zone d'accumulation de matériaux colluvionnaires de texture variable et qui sont souvent saturés en eau. La végétation est une forêt humide à dominance d'*Alnus glutinosa*, *fraxinus angustifolia*, *Ulmus campestris*. Plus près de l'eau, nous retrouvons *Carex remota*, *Phragmites communis* *Typha latifolia* et à l'extérieur, dans la zone de contact avec la suberaie, nous retrouvons le cortège de *Quercus suber*. Nous avons caractérisé les sols de cette station par trois profils.

**Solum1 (S1 OEr) sur grès** : Ce solum se situe au sommet d'un versant dans la zone forestière sur grès et argile de Numidie. Il est sec pendant 6 mois et plus. La végétation naturelle est une forêt de chêne liège relativement bien conservée comportant un sous bois très dense. Le sol s'est développé sur des grès très facilement altérables.

Description morphologique :

**0 – 25 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; beaucoup de débris organiques reconnaissables ; beaucoup de graviers d'origine gréseuse ; limoneux ; structure particulière ; présence de racines de différentes tailles ; transition graduelle.

**25 – 60 cm** : Noir clair à gris (10YR3/1) ; argileux ; structure massive ; peu organique ; peu de graviers ; quelques racines moyennes à grosses ; transition graduelle.

**60 – 100 cm** : Marron clair à beige (7.5YR8/2) ; argileux ; structure massive ; apparemment non organique ; quelques graviers et fragments de roche en altération ; taches rouges et beiges ; transition graduelle.

**100 – 120 cm** : Jaune rouge (7.5YR6/2) ; sablo-argileux ; structure massive ; non organique ; humide (roche mère en altération).

Il s'agit d'un sol peu évolué humifère. Les analyses des tableaux 48 et 49 révèlent que ce sol est acide (pH = 5) et humide (42 < % < 47 %), Le taux de fibres diminue légèrement du haut (56 %) vers le bas (40 %) du profil. Le complexe adsorbant est désaturé en bases échangeables.

**Solum2 (S2 OEr)** : Ce solum se situe en bas de pente sur un terrain plat correspondant à une zone d'accumulation sous forêt et sur grès et argile de Numidie. Il est souvent saturé durant plus de 6 mois par an. La végétation naturelle est une forêt de chêne liège bien conservé avec un sous bois très dense. Le sol est développé sur des grès très facilement altérables.

Description morphologique :

**0 – 30 cm** : Marron foncé (5YR3/3) ; humide ; argileux ; riche en débris organiques encore reconnaissables ; structure lamellaire ; beaucoup de racines fines ; faible activité biologique ; ne réagit pas à l'HCl ; transition peu nette.

**30 – 100 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; argileux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; fibreux ; structure massive ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelques traces de rouille ; transition graduelle.

**100 – 180 cm :** beige ocre (5YR6/6) ; argileux ; débris organiques non décomposés et bien conservés ; saturé en eau ; pas de structure ; beaucoup de taches de rouille et d'hydromorphie.

**180 – 240cm :** Gris (5YR5/1) ; argilo-sableux ; vaseux ; doux au toucher ; non organique ; saturé en eau ; pas de structure ; beaucoup de taches de rouille et d'hydromorphie.

Ce sol est un sol organique sur alluvions. Ce sol est très humide ( $H \% > 72$ ) et acide ( $5.4 < pH < 6.4$ ). Le taux de fibres (tableaux 48 et 49) diminue du haut vers le bas (44 % à – 33 %) à l'inverse de l'indice pyrophosphate qui augmente (19.2-27.2). Le complexe adsorbant est fortement désaturé en bases échangeables.

**Solum3 (S3Oer)**, Ce solum se situe au contact du plan d'eau dans une zone d'accumulation de produits fins. Il est saturé durant toute l'année. La végétation naturelle est une aulnaie mélangée à une saulée dense très bien conservée avec un sous bois très dense. Le sol s'est formé sur un produit d'accumulations de particules fines et de débris organiques.

Description morphologique :

**0 – 60 cm :** Marron noir (5YR3/1) ; très humide ; argileux ; riche en débris organiques encore reconnaissables ; pas de structure ; quelque racines fines ; pas de traces d'activité biologique ; ne réagit pas à l'HCl ; transition peu nette.

**60 – 180 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; argileux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; fibreux ; structure massive ; doux ; spongieux ; pas de racines ; pas de traces d'activité biologique ; quelques traces de rouille ; transition graduelle.

**180 – 320 cm :** Gris noir (5YR2/1) ; argileux ; pas de débris organiques ; saturé en eau ; pas de structure ; beaucoup de taches de rouille et des traces d'hydromorphie.

**320 – 360cm :** beige jaune (5YR7/4) ; argilo-sableux ; non organique ; gorgé d'eau ; pas de structure ; beaucoup de taches de rouille et d'hydromorphie.

Le sondage réalisé dans la dépression juste à côté du plan d'eau du lac est constitué de 4 horizons qui se distinguent par la couleur, la texture, la nature, l'état et surtout la teneur en débris organiques reconnaissables. Il s'agit d'un sol hydromorphe organique sur sable. Les analyses (tableaux 48 et 49) révèlent ce sols est extrêmement humide ( $80 \% < H \% < 94 \%$ ) et partout acide ( $5.8 > pH > 5.5$ ). Le taux de fibres diminue selon la profondeur (50.5 % à 36.6 %) contrairement à l'indice pyrophosphate.

Tableau 48- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de l'Oued Erriguibet lac Mellah (OEM)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
<b>SI OEM</b>	<b>0 – 25</b>	60	45.00	68.2	16.7	2.69	6.5	0.02	18.44	0.36	51.22	68.4	6.2	1.2	0.06	0.9	665	8.36	12.22
	<b>25 – 60</b>	64	41.35	74.3	19.6	2.11	6.6	0.02	14.90	0.32	46.56	56.3	6.0	1.1	0.06	0.7	675	7.86	13.96
	<b>60 – 100</b>	68	39.03	81.5	21.5	1.81	6.6	0.02	10.73	0.26	41.27	46.2	5.8	1.1	0.05	0.6	689	7.55	16.34
	<b>100 – 120</b>	74	33.61	92.1	25.6	13.1	6.2	0.02	4.58	0.10	45.8	38.1	5.3	1.0	0.04	0.4	689	6.74	17.69
<b>SII OEM</b>	<b>0 – 30</b>	72	44.84	65.9	19.2	2.33	6.3	0.05	19.77	0.37	53.43	79.3	8.3	2.3	0.08	1.3	670	11.98	15.10
	<b>30 – 100</b>	76	42.72	71.6	23.5	1.81	5.6	0.05	16.47	0.35	47.05	76.4	5.2	2.5	0.07	1.3	692	9.07	11.87
	<b>100 – 180</b>	78	40.6	79.3	24.6	1.65	5.5	0.06	12.00	0.29	41.38	74.1	4.9	2.1	0.06	1.1	702	8.16	11.01
	<b>180 – 240</b>	79	33.1	84.6	27.0	1.22	5.4	0.07	8.93	0.27	33.07	70.3	4.3	1.9	0.05	1.00	724	7.25	10.31
<b>SIII OEM</b>	<b>0 – 60</b>	80	53.3	68.7	16.2	3.29	5.8	0.05	18.15	0.37	49.05	88.4	8.6	1.4	0.06	1.3	712	11.36	12.85
	<b>60 – 180</b>	84	50.5	71.2	19.4	2.6	5.6	0.05	16.70	0.33	50.60	90.6	7.4	1.4	0.08	1.3	744	10.18	11.56
	<b>180 – 320</b>	86	41.7	75.5	22.6	1.84	5.5	0.08	14.21	0.31	45.83	94.3	6.3	1.2	0.05	1.2	756	8.75	9.27
	<b>320 - 360</b>	94	36.6	79.4	25.2	1.45	5.5	0.09	11.95	0.29	41.20	81.2	5.1	1.3	0.05	1.1	780	7.55	9.29

Tableau 49- Résultats des analyses physiques des profils de la station de l'Oued Erriguibet lac Mellah (OEM)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	>50	Fibre >200
<b>SI OEM</b>	<b>0 – 25</b>	10.21	28.4	27.69	16.4	17.3	6.28	17.12	21.6	17.4	37.6	45.00
	<b>25 – 60</b>	10.68	27.5	25.42	18.6	17.8	4.3	16.25	20.8	20.45	38.2	41.35
	<b>60 – 100</b>	19.4	24.3	18.70	19.2	18.4	4.0	15.73	19.3	20.17	40.8	39.03
	<b>100 – 120</b>	10.6	26.5	24.50	19.9	18.5	3.8	15.21	14.6	22.99	43.4	33.61
<b>SII OEM</b>	<b>0 – 30</b>	12.6	30.5	21.90	16.4	18.6	8.24	20.2	16.4	18.66	36.5	44.84
	<b>30 – 100</b>	13.2	29.7	21.50	17.2	18.4	6.12	21.4	15.2	21.98	35.3	42.72
	<b>100 – 180</b>	12.8	29.6	21.30	18.5	17.8	5.3	19.6	15.7	24.70	34.7	40.6
	<b>180 – 240</b>	11.4	28.5	28.50	14.3	17.3	4.2	14.3	14.6	28.80	38.1	33.1
<b>SIII OEM</b>	<b>0 – 60</b>	16.4	26.5	21.30	16.6	19.2	10.3	20.6	22.4	16.00	30.7	53.3
	<b>60 – 180</b>	19.3	28.4	15.60	18.3	18.4	10.5	19.7	20.3	16.60	32.9	50.5
	<b>180 – 320</b>	20.2	29.4	13.7	19.4	17.3	8.4	14.8	18.5	25.20	33.1	41.7
	<b>320 - 360</b>	21.6	30.5	10.9	20.3	16.7	6.2	12.1	18.3	29.80	33.6	36.6

Cette zone de contact entre le plan d'eau et le massif gréseux est drainée par l'oued Erguibet. L'étude des sols a révélé la présence de sols peu évolués sur les grès de Numidie, de sols peu évolués d'apport colluvial hydromorphe en bas de pente et de sols tourbeux dans la partie marécageuse. Ces sols sont généralement riches à très riches en matière organique qui est diversement conservée selon les conditions hydriques, acides, hydromorphes, peu saturés en bases échangeables et surtout très humides.

**b- Oued Bouaroug :** De coordonnées 36° 51' 44'' N et 8° 20' 15'' E, son altitude maximale est de 33 m. L'oued Bouaroug prend naissance au niveau de Gareat El-Ouez, draine vers le Nord Est pour se jeter dans le lac qui forme un véritable delta. La strate arborescente est formée d'*Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *Ulmus campestris*, nous trouvons également *Rubus ulmifolius*, *Smilax aspera*. Vers la section plus inondée, nous retrouvons des *carex*, des *scirpes* des *Juncus*, *Typha*, *Fragmites australis*. La zone la plus inondée est le domaine de *Salicornia arabica* et *Salsola fruticosa*. Nous avons décrit ici trois profils pédologiques.

**Solum1 (S1 Bg) :** Ce solum se situe au niveau de l'aulnaie, dans la ripisylve. Il est saturé en eau durant au moins 9 mois/an. La végétation naturelle est une aulnaie dégradée. Le sol est formé sur des sédiments déposés par l'eau et sur des débris organiques.

Description morphologique :

**0 – 20 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; sablo-argileux ; beaucoup de débris organiques décomposés encore reconnaissables ; structure particulière ; beaucoup de racines de tailles moyennes et grosses ; présence de quelques graviers de nature gréseuse ; faible activité biologique ; transition graduelle.

**20 – 100 cm :** Noir sombre (10YR2/2) ; très humide ; sablo-argileux ; plusieurs fragments de bois peu décomposés associés à une matière organique très altérés ; structure lamellaire fine peu nette ; quelques grosses racines ; présence de débris de bois ; pas de trace d'activité biologique ; transition graduelle.

**100 - 150cm :** Marron clair (7.5YR6/4) ; très humide ; organique ; pauvre en débris organiques reconnaissables ; très riche en composés organiques et en fibres ; structure lamellaire à fibreuse fine ; transition graduelle.

**150 – 180 cm :** Marron clair à jaune beige (7.5YR7/6) ; très humide ; sablo-argileux ; pas de débris organiques décomposés ; structure massive ; beaucoup de taches jaunes et fragments de roche.

Le sondage réalisé dans la ripisylve au niveau de l'aulnaie de oued Bouaroug a mis en évidence un sol hydromorphe organique sur sable. Les analyses physico-chimiques (tableaux 50 et 51) indiquent que ce sol est partout acide (pH  $\approx$  5.4), fortement saturé en eau (84 < H % < 90) et que le taux de fibres diminue en profondeur passant de 41 % en surface à 29 % en profondeur. L'indice pyrophosphate augmente quand à lui du haut (14.1) en bas (22.6). Cette situation permet d'obtenir un indice de régénération de la tourbe plus important en surface qu'en profondeur.

**Solum2 (S2 Bg), sol hydromorphe à pseudo-gley :** Ce solum se situe dans un endroit proche de la zone saturée. La végétation naturelle est une aulnaie en association avec une saulée dense très bien conservée et comportant un sous bois très dense. Le sol est formé sur un produit d'accumulation constitué de sédiments minéraux et organiques.

Description morphologique :

**0 – 60 cm:** Marron (7.5YR5/2) ; très humide ; argilo-sableux ; riche en débris organiques encore reconnaissables ; pas d'organisation structurale visible ; quelques

racines fines ; pas de trace d'activité biologique ; ne réagit pas à l'HCl ; transition peu nette.

**60 – 150 cm** : Noir sombre (10YR2/2) ; très humide ; argilo-sableux ; vaseux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; fibreux ; pas de structure ; doux ; spongieux ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelques taches de rouille ; transition graduelle.

**150 – 220 cm** : Gris noir (7.5YR4/0) ; argileux ; pas de débris organiques ; saturé en eau ; pas de structure ; beaucoup de taches rouilles ; taches d'hydromorphie ; accumulations de matière organique ; transition graduelle.

**180 – 240 cm** : Gris beige jaune (5YR6/4) ; argilo-sableux ; non organique ; gorgé d'eau ; pas de structure ; beaucoup de taches rouilles et d'hydromorphie.

Ce sol est un sol hydromorphe à pseudo gley très riche en débris organiques, très humide ( $H \% \approx 90 \%$ ), acide ( $pH \approx 5.5$ ). Les analyses physico-chimiques révèlent qu'il s'agit d'un sol e, avec une saturation en eau qui varie peu (82-95%), un pH acide, presque stable le long de la profondeur (5.9-5.0). Les taux de fibres diminuent du haut vers le bas (50 à 29 %) alors que l'indice pyrophosphate augmente dans le sens contraire (11.2 à 19.4) comme indiqué dans les tableaux 50 et 51. L'indice de régénération est très élevé en surface (4.67).

**Solum3 (S3Bg), sol hydromorphe à gley** : Ce solum se situe au contact du plan d'eau, il est saturé le long de l'année. La végétation naturelle est une aulnaie mélangée à une saulée dense très bien conservée avec un sous bois très dense. Le sol est développé sur des sédiments minéraux et organiques.

Description morphologique :

**0 – 60 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; argileux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; structure massive ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelques traces de rouille ; transition graduelle.

**60 – 180cm** : Marron clair (7.5YR5/8) ; humide ; argileux ; riche en débris organiques encore reconnaissables ; structure massive ; pas d'activité biologique ; ne réagit pas à l'HCl ; transition peu nette.

**180 – 240 cm** : Noir sombre (7.5YR2/0) ; très humide ; argileux ; pas de trace de débris organique ; structure massive ; très doux ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelques taches rouilles ; transition graduelle.

**240 – 300cm** : Gris Noir (7.5YR3/0) ; gorgé d'eau ; argileux ; très doux ; structure massive ; hydromorphe ; présence de gley.

Ce sol est un sol hydromorphe, organique, à gley sur sable. Il est fortement saturé en eau ( $H \% \approx 95 \%$ ) et acide ( $5.9 > pH > 4.9$ ) comme indiqué dans les tableaux 50 et 51. Le taux de fibres diminue selon la profondeur (36.1-28.6) mais l'indice pyrophosphate évolue dans le sens contraire (15.1-26.2). L'indice de régénération de l'accumulation organique est supérieur à 1.

Tableau 50- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de l'Oued Bouaroug Le lac Mellah (OBM)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
<b>SI OBM</b>	<b>0 – 20</b>	84.1	41.7	64.1	14.1	2.95	5.5	0.05	20.82	0.48	43.37	88.8	4.7	2.2	0.4	0.9	625	8.20	9.23
	<b>20 – 100</b>	85.2	44.3	88.7	17.4	2.54	5.3	0.07	6.55	0.12	54.58	82.4	4.3	2.1	0.3	0.9	639	7.6	9.22
	<b>100 – 150</b>	87.3	33.6	92.6	20.3	1.65	5.2	0.08	4.29	0.1	42.9	76.6	3.6	2.0	0.3	1.00	652	6.9	9.00
	<b>150 – 180</b>	90.5	29.7	94.2	22.6	1.31	5.2	0.09	3.36	0.09	37.33	72.2	3.5	1.9	0.3	1.00	664	6.7	9.28
<b>SII OBM</b>	<b>0 – 60</b>	82.3	50.32	82.5	11.2	4.67	5.9	0.02	10.15	0.26	39.03	68.1	5.8	2.4	0.2	1.8	667	10.2	14.97
	<b>60 – 150</b>	86.2	39.7	85.3	14.9	2.66	5.5	0.07	8.52	0.22	38.72	74.6	5.6	2.2	0.1	1.9	651	9.8	13.13
	<b>150 – 220</b>	90.9	32.4	87.1	17.5	1.85	5.2	0.09	7.48	0.21	35.62	76.5	5.4	2.1	0.09	2.1	631	9.69	12.66
	<b>220 – 240</b>	95.2	29.4	91.5	19.4	1.51	5.0	0.07	4.93	0.12	41.08	82.3	5.2	1.8	0.08	2.0	642	9.08	11.03
<b>SIII OBM</b>	<b>0 – 60</b>	91.1	36.1	78.2	15.1	2.39	5.6	0.05	12.64	0.32	39.5	86.7	5.1	1.6	0.4	2.5	621	9.6	11.07
	<b>60 – 180</b>	92.5	33.1	86.7	19.5	1.70	5.5	0.04	7.71	0.24	32.12	88.9	5.3	1.4	0.3	2.4	663	9.4	10.57
	<b>180 – 240</b>	95.4	31.5	89.5	24.4	1.29	4.1	0.02	6.09	0.23	26.47	84.1	5.6	1.8	0.2	2.3	657	9.9	11.77
	<b>240 - 300</b>	96.2	28.6	89.2	26.2	1.09	4.9	0.03	6.26	0.24	26.08	81.6	5.8	1.9	0.1	2.5	681	10.3	12.62

Tableau 51- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de l'Oued Bouaroug Le lac Mellah (OBM)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	>50	Fibre >200
<b>SI OBM</b>	<b>0 – 20</b>	14.2	22.6	21.30	17.3	24.6	12.2	14.3	15.2	29.5	28.8	41.7
	<b>20 – 100</b>	16.3	23.4	16.30	18.6	25.4	10.7	15.2	18.4	23.3	32.4	44.3
	<b>100 – 150</b>	14.6	23.8	16.40	19.3	25.9	6.5	12.3	14.8	31.9	34.5	33.6
	<b>150 – 180</b>	12.3	21.2	18.90	20.2	27.4	6.1	10.2	13.4	37.7	35.6	29.7
<b>SII OBM</b>	<b>0 – 60</b>	14.3	20.3	22.70	23.5	19.2	12.6	13.4	24.32	24.18	25.2	50.32
	<b>60 – 150</b>	15.6	22.4	14.30	24.4	23.3	10.5	12.8	16.4	30.6	29.7	39.7
	<b>150 – 220</b>	15.3	23.7	12.10	24.8	24.1	7.6	12.3	12.5	37.1	30.5	32.4
	<b>220 – 240</b>	14.2	23.2	12.70	25.1	24.8	6.5	8.5	14.4	40.2	30.4	29.4
<b>SIII OBM</b>	<b>0 – 60</b>	18.6	16.1	22.30	22.6	20.4	8.6	14.9	12.6	38.5	25.4	36.1
	<b>60 – 180</b>	17.4	19.8	18.70	22.9	21.2	7.3	12.6	13.2	39.7	27.2	33.1
	<b>180 – 240</b>	17.1	24.6	12.8	23.2	22.3	5.9	12.1	13.5	40.1	28.4	31.5
	<b>240 - 300</b>	16.8	26.6	08.30	23.8	24.5	4.2	10.3	14.1	42.10	29.3	28.6

L'Oued Bouarroug prend naissance dans le marais de Gareat El-Ouez, draine le massif gréseux de Brabtia pour se jeter dans le lac en développant un delta occupé par une frênaie mêlée d'une saulaie. Dans cette station, nous avons mis en évidence trois types de sols qui sont tous acides, hydromorphes et riches en matières organiques.

**c- Aulnaie de Boumilek :** Cette station se situe à la latitude 36° 54' 09'' N et la longitude 8° 20' 12'' E, son altitude moyenne est de 12 m. Elle se trouve sur la rive Est du lac et reçoit l'eau de la nappe dunaire. Cette zone est très pauvre en espèces car on ne retrouve qu'*Alnus glutinosa*, *Nerium oleander*, *Fraxinus angustifoli*, et *Carex remota*. Le sol est constitué par une tourbe à l'intérieur de l'aulnaie et par un sol hydromorphe sur les berges du lac. Vers l'extérieur et vue la pression anthropique, le sol est souvent remanié et la minéralisation de la matière organique est rapide aboutissant à un sol squelettique.

**Solum1 (S1 Boum) :** Ce solum se situe au niveau de la dune, il est souvent sec. La végétation naturelle est un maquis dégradé à *Quercus coccifera*. Le sol développé sur ce sable est un sol peu évolué et parfois un sol minéral brut (régosol).

Description morphologique :

**0 – 20 cm :** Noir sombre (2.5YR2/0) ; humide ; débris organiques reconnaissables ; bonne activité biologique ; beaucoup de racines de toutes tailles ; friable ; transition nette.

**20 – 80cm :** Gris noir (2.5YR3/0) ; humide ; organique ; beaucoup de débris organiques reconnaissables ; quelques racines fines et moyennes ; sableux ; friable ; transition nette.

**80 – 90 cm :** jaune rouge (2.5YR7/8) ; sableux ; structure particulière ; peu de débris organiques ; beaucoup de taches rouges ocres ; pas de trace d'activité biologique ; ne réagit pas à l'HCl.

**90 – 110 cm :** Noir sombre (2.5YR2/0) ; sableux ; structure particulière ; beaucoup de débris organiques décomposés ; transition nette.

**110 – 120 cm :** jaune beige (2.5YR8/6) ; sableux ; structure particulière ; sans racines ni activité biologique.

Il s'agit d'un sol peu évolué, humifère, développé sur sable. Les analyses (tableaux 51 et 52) indiquent que ce sol est humide (H %  $\approx$  50 %) et légèrement acide (6.5 < pH < 5.9). Le taux de fibres diminue le long de la carotte (30 % à 24 %).

**Solum2. (S2 Boum), tourbe :** Ce solum se situe au niveau de l'aulnaie, il est saturé durant au moins 9 mois/an. La végétation naturelle est une aulnaie dégradée. Le sol s'est formé à partir de sédiments minéraux et organiques.

Description morphologique :

**0 – 30 cm :** Noir sombre (5YR2.5/1) ; très humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; beaucoup de fragments de bois et de tiges encore reconnaissables ; structure particulière nette ; beaucoup de racines de tailles moyennes et grosses ; faible activité biologique ; transition graduelle.

**30 – 100 cm :** Noir sombre (5YR3/1) ; très humide ; sableux ; nombreux fragments de bois peu décomposés ; structure particulière ; Présence de débris de bois ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes et ocres ; transition graduelle.

**100 – 160 cm :** Marron clair (10YR5/8) ; très humide ; sableux ; riche en débris organiques reconnaissables ; riche en composés organiques et en fibres ; structure massive à fibreuse fine ; transition graduelle.

**160 – 180cm :** jaune beige (10YR7/6) ; très humide ; sableux ; pas de débris organiques décomposés ; structure massive ; beaucoup de taches jaunes.

Le sondage réalisé dans l'aulnaie de Boumilek a mis en évidence un sol tourbeux sur sable. Les analyses (tableaux 52 et 53) montre que ce sol est très humide ( $63 < H \% < 76$ ), acide ( $5.6 > pH > -5.0$ ) et que le taux de fibres diminue selon la profondeur de 56 % à 44 %. L'indice pyrophosphate (16.4 en surface contre 26.1 à la base) évolue en sens inverse aux taux de fibres, il suggère un indice de régénération plus important en surface qu'en profondeur.

**Solum3 (S3Boum), sol hydromorphe :** Ce solum se situe au contact du plan d'eau d'où sa saturation en eau durant toute l'année. La végétation naturelle est une aulnaie dégradée. Le sol est formé sur des sédiments minéraux et organiques.

Description morphologique :

**0 – 40 cm :** Noir sombre (2.5YR3/0) ; très humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; structure particulière peu nette ; beaucoup de racines de tailles moyennes et grosses ; faible activité biologique ; transition graduelle.

**40 – 120 cm :** Noir sombre (2.5YR2/0) ; très humide ; sableux ; matière organique très dégradée ; quelques fragments de bois peu décomposés ; structure massive peu nette ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes et ocre ; transition graduelle.

**120 – 170 cm :** Marron clair (10YR5/8) ; très humide ; sableux ; pauvre en débris organiques reconnaissables ; très riche en composés organiques et en fibres ; structure massive à fibreuse fine ; transition graduelle.

**170 – 200 cm :** gris clair (10YR6/1) ; très humide ; sableux ; pas de débris organiques décomposés ; structure massive ; beaucoup de taches jaunes.

Ce sondage correspond à un sol hydromorphe organique à gley sur sable. Les tableaux 52 et 53 révèlent que ce sol est très humide ( $74 < H \% < 90$ ) et acide ( $5 < pH < 5.3$ ). Le taux de fibres diminue vers le bas du profil (43% à 20%) en sens inverse de l'indice pyrophosphate qui passe de 12.3 en haut à 26.1 à la base du sol. L'indice de régénération de l'accumulation organique est supérieur à 1 sauf à la base du profil.

Les trois formations pédologiques de l'aulnaie de Boumilek sont acides, hydromorphes et riches en matière organique. Leurs différences semblent contrôlées par les conditions locales de la station, autrement dit par la densité du couvert végétal, le niveau de la nappe et le degré de saturation en eau du sol. Le chimisme des eaux ne semble pas jouer un rôle important dans la répartition des sols de la séquence.

En conclusion, nous pouvons dire que les caractéristiques des sols étudiés dans les trois sites humides du lac Mellah sont influencées par le substrat sur lequel les sols se développent, la nature du couvert végétal et par le niveau de la nappe (ou degré de saturation des sols en eau). Ces facteurs ont une influence particulière sur la texture du sol, sur la quantité et qualité de la matière organique fournie aux sols et sur les processus d'hydromorphie qui agissent sur sa conservation ou minéralisation selon les cas.

**Tableau 52- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de l'Aulnaie de Boumilek\_Le lac Mellah (BOUM)**

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
<b>SI BOUM</b>	<b>0 – 20</b>	56.5	30.1	72.1	19.2	1.56	6.5	0.01	16.18	0.37	43.73	42.2	6.6	1.4	0.01	0.8	656	8.89	21.06
	<b>20 – 80</b>	58.6	30.9	74.4	21.6	1.43	6.4	0.01	14.84	0.35	42.3	38.1	6.4	1.3	0.01	0.8	681	8.51	20.11
	<b>80 – 90</b>	44.2	28.7	78.3	16.2	1.77	6.2	0.01	12.58	0.33	38.12	36.5	6.0	1.5	0.01	0.9	689	8.41	23.04
	<b>90 – 110</b>	48.1	26.2	81.2	14.9	1.75	5.9	0.01	10.90	0.31	35.16	34.1	5.2	1.1	0.01	0.9	710	7.21	21.14
	<b>110 – 120</b>	45.2	23.9	83.5	14.1	1.69	5.8	0.01	9.57	0.29	33.0	30.4	5.0	1.1	0.01	1.2	712	7.31	24.04
<b>SII BOUM</b>	<b>0 – 30</b>	63.5	56.70	48.3	16.4	3.45	5.6	0.05	29.98	0.51	58.78	68.5	5.3	2.5	0.01	0.6	688	8.41	12.27
	<b>30 – 100</b>	68.2	53.6	53.2	19.5	2.74	5.2	0.04	27.14	0.49	55.38	74.6	5.3	2.2	0.01	0.9	694	8.61	11.54
	<b>100 – 160</b>	74.3	39.7	56.6	22.6	1.75	5.1	0.04	25.17	0.48	52.43	78.4	5.1	1.8	0.01	1.1	708	8.01	10.21
	<b>160 – 180</b>	76.4	42.3	64.4	26.1	1.62	5.0	0.01	20.65	0.41	50.36	52.4	5.0	1.6	0.01	1.1	721	7.71	14.71
<b>SIII BOUM</b>	<b>0 – 40</b>	74.5	43.1	65.3	12.3	3.50	5.3	0.04	20.12	0.41	49.07	63.1	4.8	2.1	0.01	0.7	674	7.61	12.06
	<b>40 – 120</b>	80.2	33.9	69.2	19.1	1.77	5.2	0.03	17.86	0.38	47.00	64.5	4.6	1.9	0.01	0.6	692	7.11	11.02
	<b>120- 170</b>	88.5	27.6	70.1	24.5	1.12	5.2	0.01	17.34	0.38	45.63	61.9	4.3	1.6	0.01	0.5	698	6.41	10.35
	<b>170 - 200</b>	90.2	20.8	71.9	26.1	0.79	5.0	0.01	16.30	0.37	44.05	54.4	3.2	1.4	0.01	0.5	704	5.11	9.39

**Tableau 53- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de l'Aulnaie de Boumilek\_Le lac Mellah (BOUM)**

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
<b>SI BOUM</b>	<b>0 – 20</b>	6.5	17.8	18.7	25.6	31.4	4.6	10.9	14.6	34.3	35.6	30.1
	<b>20 – 80</b>	5.6	18.2	16.1	27.5	32.6	4.5	11.2	15.2	30.9	38.2	30.9
	<b>80 – 90</b>	5.4	19.1	14.4	27.9	33.2	3.7	9.2	15.8	32.6	38.7	28.7
	<b>90 – 110</b>	4.3	19.5	17.3	28.4	30.5	3.4	8.5	14.3	35.6	38.2	26.2
	<b>110 – 120</b>	3.2	19.6	18.1	30.9	28.2	3.0	8.1	12.8	39.8	36.3	23.9
<b>SII BOUM</b>	<b>0 – 30</b>	10.2	24.6	16.50	22.5	26.2	12.6	18.7	25.4	09.8	33.5	56.70
	<b>30 – 100</b>	12.3	28.4	09.90	21.2	28.2	12.2	17.5	23.9	12.2	34.2	53.6
	<b>100 – 160</b>	10.3	28.8	11.9	20.6	28.4	10.1	14.8	20.2	25.4	34.9	39.7
	<b>160 – 180</b>	8.5	32.2	13.2	21.9	24.2	8.5	14.3	19.5	22.1	35.6	42.3
<b>SIII BOUM</b>	<b>0 – 40</b>	12.2	24.5	25.7	15.1	22.5	4.9	17.3	20.9	16.3	40.6	43.1
	<b>40 – 120</b>	14.7	24.8	20.7	15.2	24.6	4.5	15.2	14.2	24.4	41.7	33.9
	<b>120- 170</b>	13.6	25.2	22.6	14.7	23.9	3.6	13.5	10.5	29.9	42.5	27.6
	<b>170 - 200</b>	13.7	28.4	18.20	14.5	25.2	2.1	12.3	6.40	35.00	44.2	20.8

**4.4.2. Lac Oubeïra :** Le lac Oubeïra a un bassin versant de 9 800 ha. Il est délimité par les coordonnées Lambert de longitudes 1004 et 1010 de latitudes 406 et 411, son altitude moyenne est de 25 m. la superficie du lac est de 2 400 ha. Il est délimité au Nord par les crêtes septentrionales, au Nord Est par djebel Boumerchen (164 m), à l'Est par les monts d'El-Kala (175 m), à l'Ouest par le bassin versant du lac Mellah et au sud Ouest par la forêt de L'Oubeïra.

Le lac Oubeïra est alimenté par plusieurs cours d'eau à écoulements souvent permanents tel que l'Oued Messida à l'Ouest, L'Oued Boumerchen à L'Est et L'oued Demnet Errihane au Nord Est alors qu'au nord ouest c'est par le ruissellement et par l'écoulement en nappe qu'il reçoit son eau.

Les milieux humides qui se développe autour du lac Oubeïra sont représentés par les ripisylves des oueds Messida à l'ouest, Boumerchen au nord est et Demnet-Errihane au nord ouest.

Dans cette zone, nous avons étudié les stations de Messida, oued Boumerchen et Demnet Errihane que nous avons caractérisé par 19 profils dont 10 ont été également analysés au laboratoire.

**a- Messida Ouest (MO) :** Elle se localise selon les coordonnées 36° 49' 09'' N et 8° 24' 18'' E, son altitude moyenne est de 26 m. La ripisylve de l'oued Messida s'est développée sur les berges de l'oued Messida qui est un cours d'eau permanent qui assure la liaison entre le Lac Oubeïra et l'oued El-Kébir. L'oued Messida se caractérise par le sens de son écoulement qui varie selon le niveau d'eau du lac ou de l'oued lui même, il est soit un collecteur ou un drain pour le lac.

**Solum1 (S1MO):** Ce solum se situe au niveau de la zone de contact ripisylve avec la plaine argileuse. Il est saturé par l'eau au moins 6 mois par an. La végétation naturelle est constituée d'une pelouse à herbacée. Le sol est développé sur des alluvions.

Description morphologique :

**0 – 20 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; argileux ; peu de débris organiques non décomposés ; structure massive ; beaucoup de racines fines et moyennes ; faible activité biologique ; transition graduelle.

**20 – 100cm :** Gris noir (7.5YR4/0) ; très humide ; argileux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; structure massive ; quelques taches rouges ; peu de racines fines ; pas de traces d'activité biologique ; présence de taches d'hydromorphie ; transition graduelle.

**100 – 120 cm :** Jaune beige (5YR7/3) ; très humide ; argileux ; pas de débris organiques ; structure massive.

La description morphologique et les analyses physico-chimiques (tableaux 54 et 55) révèlent qu'il s'agit d'un sol peu évolué d'apport alluvial, fortement saturé en eau ( $72\% < H\% < 81\%$ ) et légèrement acide ( $6.5 > pH > 6.0$ ). Le taux de fibres passe de 45 % au sommet du profil à 37 % à sa base. L'indice pyrophosphate se situe entre 12.8 en surface et 15.6 en bas et suggère donc un indice de régénération plus important en surface qu'en bas.

**Solum2 (S2MO) :** Ce solum se situe dans une ripisylve. Il est en permanence saturé en eau, la végétation naturelle est une aulnaie dégradée. Le sol s'est formé sur des sédiments constitués de matière minérale transportée et déposée par les eaux et de débris organiques issus du couvert végétal.

Description morphologique :

**0 – 40 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; sablo-argileux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; structure particulière peu nette ; beaucoup de racines de tailles moyennes et grossières ; faible activité biologique ; transition graduelle.

**40 – 120 cm** : Noir sombre (10YR2/2) ; très humide ; organique ; spongieux ; doux ; plusieurs fragments de bois peu décomposés ; structure lamellaire peu nette ; quelques grosses racines ; présence de débris de bois dans les niveaux 45 cm, 75 cm et 105 cm ; pas de trace d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes et ocres ; transition graduelle.

**120 – 180 cm** : Marron clair (7.5YR5/2) ; très humide ; sablo-argileux ; très riche en débris organiques reconnaissables ; structure massive à fibreuse fine ; transition graduelle.

**180 – 240 cm** : Marron clair à jaune beige (7.5YR7/3) ; très humide ; sablo-argileux ; peu de débris organiques décomposés ; structure massive ; nombreuses taches jaunes.

Ce sondage correspond à un sol hydromorphe organique sur alluvion, acide ( $\text{pH} \approx 5.5$ ) et fortement saturé en eau ( $\text{H} \% \approx 80 \%$ ) comme indiqué dans les tableaux 54 et 55. Le taux de fibres est constant dans le profil (40 %) mais l'indice pyrophosphate augmente selon la profondeur passant de 18.7 au sommet du sol à 25 à sa base d'où un indice de régénération plus important en surface qu'en profondeur.

**Solum3 (S3MO)** : Ce solum se situe au contact du plan d'eau, il est constamment saturé en eau. La végétation naturelle est une aulnaie dégradée associée à une saulée. Le sol s'est développé à partir de sédiments minéraux et organiques.

Description morphologique :

**0 – 60 cm** : Marron clair (7.5YR5/2) ; humide ; argileux ; riche en débris organiques encore reconnaissables ; structure feuilletée ; beaucoup de racines fines ; faible activité biologique ; ne réagit pas à l'HCl ; transition peu nette.

**60 – 140 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; argileux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; fibreux ; structure massive à lamellaire peu nette ; pas de racines ; pas de traces d'activité biologique ; quelques taches rouilles ; transition graduelle.

**140 – 180 cm** : Beige ocre (7.5YR5/6) ; argileux ; débris organique non décomposés bien conservés ; saturé en eau ; pas de structure ; beaucoup de taches rouilles et d'hydromorphie.

**180 – 240 cm** : Beige ocre (7.5YR5/2) ; argilo-sableux ; non organique ; saturé en eau ; pas de structure ; nombreuses taches rouilles et d'hydromorphie.

Cette observation correspond à un sol hydromorphe organique à gley sur sable et argile, acide ( $5.1 < \text{pH} < 5.7$ ) et extrêmement humide ( $\text{H} \% \approx 90 \%$ ) comme indiqué dans les tableaux 54 et 55. Le taux de fibres diminue légèrement en profondeur (44 % à 30 %) mais l'indice pyrophosphate évolue en sens inverse passant de 16.1 en surface à 25.3 à la base du profil. L'indice de régénération de l'accumulation organique est supérieur à 1.

Tableau 54- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de OUED MESSIDA Ouest Lac Oubeïra

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
SI OM	0 – 20	72.4	45.82	76.7	12.5	3.58	6.5	0.02	13.69	0.39	35.10	7.2	4.4	1.2	0.01	0.7	645	6.31	8.74
	20 – 100	76.4	43.41	76.9	13.5	3.21	6.6	0.02	13.40	0.39	34.35	78.1	4.8	1.3	0.02	0.8	658	6.92	8.86
	100 – 120	81.8	37.3	78.5	15.6	2.39	6.0	0.02	12.47	0.37	33.70	76.3	4.2	1.8	0.01	0.8	672	6.81	8.92
SII OM	0 – 40	80.2	39.1	70.2	18.7	2.09	5.7	0.04	17.28	0.41	42.14	90.1	3.1	1.3	0.01	0.6	651	5.01	5.56
	40 – 120	82.3	38.8	71.4	21.5	1.80	5.5	0.03	16.59	0.41	40.46	94.5	3.9	1.4	0.02	0.5	654	5.82	6.16
	120 – 180	84.5	39.9	72.8	24.6	1.62	5.4	0.03	15.77	0.40	39.42	93.4	4.1	1.5	0.02	0.3	662	5.92	6.34
	180 – 240	84.7	41.0	76.6	25.2	1.62	5.3	0.02	13.57	0.38	35.71	94.3	4.2	1.2	0.03	0.3	681	5.73	6.07
SIII OM	0 – 60	86.2	44.8	46.6	16.1	2.78	5.7	0.06	30.97	0.61	50.77	96.2	3.6	1.3	0.04	0.7	612	5.64	5.86
	60 – 140	88.4	41.5	58.2	18.3	2.26	5.6	0.04	24.24	0.52	46.61	88.5	4.8	1.3	0.03	0.6	688	6.73	7.60
	140 – 180	89.6	37.6	64.6	21.6	1.74	5.4	0.03	20.53	0.51	40.25	82.5	6.12	1.1	0.02	0.4	698	7.64	9.29
	180 - 240	92.7	30.3	72.2	25.3	1.19	5.1	0.04	16.12	0.42	38.385	70.1	4.6	1.0	0.02	0.1	684	5.72	8.16

Tableau 55- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de OUED MESSIDA Ouest Lac Oubeïra

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	>50	Fibre >200
SI OM	0 – 20	14.6	20.5	06.3	30.2	28.4	8.2	18.12	19.5	23.48	30.7	45.82
	20 – 100	13.2	20.2	16.8	25.4	24.4	9.61	15.2	18.6	24.99	31.6	43.41
	100 – 120	10.5	21.3	26.4	21.3	20.5	6.2	13.5	17.6	30.3	32.4	37.3
SII OM	0 – 40	18.4	22.4	22.42	16.38	20.4	10.2	12.5	16.4	26.6	34.3	39.1
	40 – 120	19.3	24.3	14.4	19.4	22.6	8.2	13.4	17.2	26.0	35.2	38.8
	120 – 180	19.6	24.8	11.5	20.6	23.5	6.4	16.1	17.4	24.8	35.3	39.9
	180 – 240	16.4	22.6	14.9	21.7	24.4	5.3	17.3	18.40	22.5	36.5	41.0
SIII OM	0 – 60	20.4	24.6	21.25	17.33	16.42	10.4	19.6	14.8	23.1	32.1	44.8
	60 – 140	20.8	25.7	19.66	18.6	15.24	9.6	18.7	13.2	26.3	32.2	41.5
	140 – 180	21.4	26.6	20.99	16.8	14.21	8.8	16.2	12.6	28.3	34.1	37.6
	180 - 240	22.5	28.4	21.00	14.3	13.8	6.7	10.4	13.2	35.2	34.5	30.3

Cette zone se caractérise par l'existence d'un cours d'eau à écoulement permanent mais tantôt il joue le rôle de drain pour le lac tantôt il alimente le lac selon le niveau dans le lac et dans l'oued El-Kebir est. L'inventaire des sols le long de cette ripisylve fait apparaître trois types de sols à savoir des sols peu évolués vertiques développés dans la plaine de Ain El-Assel et d'El-Frine, des sols peu évolués d'apport alluvial très riches en carbone et qui se développent dans la ripisylve et des sols hydromorphes humifères à pseudogley voir à gley dans la zone de contact du plan d'eau, dans le cône de déjection de l'oued.

Les analyses physicochimiques montrent que nous sommes en présence de sols à texture sablo-limoneuse fine, légèrement acide (pH compris en 5-6.5) avec un gradient d'acidité qui augmente dans le sens du lac. Le carbone organique suit la même évolution. Les très fortes teneurs en eau de ces sols inhibent l'activité biologique qui intervient dans les processus de décomposition de la matière organique ; ce blocage favorise l'accumulation des débris organiques sous forme de fibres résistants à la biodégradation ou à la décomposition chimique et favorise donc la formation d'une tourbe fibrique. Ainsi, il s'avère que l'évolution du sol le long de cette séquence est sous le contrôle du degré de saturation du milieu en eau, la durée d'inondation, la nature du couvert végétale et par la topographie.

**b. Oued Boumerchen (OBou):** Cette station se localise à 36° 51' 46'' N et 8° 24' 52'' E, son altitude moyenne est de 34 m. La ripisylve s'est développée sur les berges de l'oued Boumerchen qui est un cours d'eau saisonnier qui draine les eaux des collines gréseuses situées au Nord Est du lac Oubeïra.

**Solum1 (S1OBou):** Ce solum se situe sur les grès et argile de Numidie, il est rarement saturé en eau, la végétation naturelle est une subéraie dégradée en association avec des aulnes et quelques phragmites. Le sol s'est formé sur des grés altérés et des débris organiques en décomposition.

Description morphologique :

**0 – 30cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; sablo-limoneux ; beaucoup de débris organiques mélangés à des fragments de roche peu altérée ; structure particulière ; beaucoup de racines ; bonne activité biologique ; transition graduelle.

**30 – 50 cm :** Gris noir (7.5YR4/0) ; sablo-limoneux ; peu organique ; beaucoup de graviers ; quelques racines ; plusieurs galeries ; transition graduelle.

**50 – 110 cm :** Gris clair (7.5YR6/0) ; sableux ; compact sans aucune trace d'activité biologique.

> **110 :** Contact lithique avec les grés.

Le sondage réalisé sur grès et argile de Numidie est un sol brun forestier, acide (pH compris entre 6 et 6.6) et très humide (H %  $\approx$  40 %) comme indiqué dans les tableaux 56 et 57. Le taux de fibres diminue selon la profondeur passant de 41 % en haut à 21 % en bas. Par contre, l'indice pyrophosphate évolue en sens inverse passant de 19.5 à 2.3 du bas vers le haut. L'indice de régénéralité de l'accumulation organique est supérieur à 1.

**Solum2 (S2OBou) : sol organique hydromorphe :** Ce solum se situe dans la limite grès de Numidie/dépression, il est souvent saturé en eau, la végétation naturelle est une aulnaie associée à une subéraie relativement bien conservée en présence de phragmites. Le sol est développé sur des sédiments et débris organiques plus au moins décomposés.

Description morphologique :

**0 – 40 cm:** Noir sombre (10YR2/1) ; argileux ; structure polyédrique moyenne ; nombreuses racines de toutes tailles ; présence d'une couche de litière en surface ; débris organiques plus ou moins transformés.

**40 – 120 cm** : Marron clair (7.5YR5/2) ; argilo-sableux ; beaucoup de débris organiques reconnaissables ; structure lamellaire grossière ; transition graduelle.

**120 – 150 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; argileux ; très riche en matière organique décomposée ; structure lamellaire fine ; transition peu nette.

**150 – 200 cm** : Marron beige (7.5YR5/4) ; argileux ; beaucoup de débris organiques reconnaissables ; structure massive ; transition graduelle.

**200 – 240 cm** : Beige bariolé de rouge (7.5YR6/6) ; argileux ; plastique ; non organique ; structure massive.

Il s'agit d'un sol hydromorphe organique sur sable et argile, acide et saturé en eau (tableaux 57 et 58). Le taux de fibres diminue vers le bas du profil tandis que l'indice pyrophosphate varie peu. L'indice de régénéralité de l'accumulation organique est supérieur à 1. Le complexe adsorbant est désaturé en bases échangeables.

**Solum3 (S3OBou)** : Ce solum se situe à la limite du plan d'eau qui le sature, la végétation naturelle est une aulnaie avec un sous bois dense et diversifié. Le sol est formé sur un dépôt de particules souvent de taille très fine en mélange avec des débris organiques plus au moins décomposés.

Description morphologique :

**0 – 40cm**: Noir sombre avec quelques taches rouges (10YR2/1) ; argileux ; débris organiques reconnaissables ; bien structuré ; transition graduelle.

**40 – 180 cm**: Marron jaune (7.5YR5/6) ; argileux ; très riche en débris organiques bien conservés ; transition graduelle.

**180 – 260cm**: Noir (10YR2/2) ; argileux ; organique ; structure lamellaire fine ; hydromorphe ; transition nette.

**260 – 300cm**: gris beige (7.5YR7/2) ; argileux ; non organique.

Une odeur de méthane se dégage de ce profil.

Le sondage réalisé dans la zone d'accumulation près du plan d'eau du lac correspond à un sol hydromorphe organique à gley sur sable et argile, saturé en eau, acide et dont les taux de fibres augmentent du haut vers le bas et dont l'indice pyrophosphate est constant dans le profil (tableaux 56 et 57). L'indice de régénéralité de l'accumulation organique est supérieur à 2 et donc favorable à l'accumulation et la conservation de celle-ci.

Tableau 56- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de BOUMERCHEN Lac Oubeïra (OBou)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
SI OB	0 – 30	43.6	41.3	74.8	19.5	2.11	6.6	0.01	14.61	0.38	38.44	98.4	6.4	2.3	0.08	1.6	645	10.38	10.54
	30 – 50	44.3	28.8	76.8	17.5	1.64	6.5	0.01	13.46	0.37	36.37	81.5	6.3	2.1	0.04	1.7	669	10.14	12.44
	50 – 110	46.2	23.2	78.2	21.6	1.07	6.2	0.02	12.64	0.37	34.16	78.1	5.8	2.0	0.02	1.4	702	9.22	11.80
	110 – 120	43.6	21.0	79.5	24.8	0.84	6.0	0.01	11.89	0.35	33.97	74.3	4.3	1.8	0.01	1.0	744	7.11	9.54
SII OB	0 – 40	74.5	59.6	61.2	28.3	2.10	6.3	0.01	22.50	0.42	53.57	68.4	7.2	2.8	0.09	2.0	668	12.09	17.67
	40 – 120	76.8	55.2	62.5	29.5	1.87	5.8	0.01	21.75	0.41	53.03	62.5	7.0	2.8	0.09	1.8	674	11.69	18.70
	120 – 150	78.4	50.3	65.4	29.9	1.68	5.6	0.01	20.06	0.39	51.43	61.3	6.8	2.1	0.05	1.4	682	10.35	16.88
	150 – 200	81.5	45.9	66.6	30.5	1.50	5.4	0.01	19.37	0.39	49.66	60.4	5.4	1.8	0.02	1.1	690	8.32	13.77
	200 – 240	84.6	37.8	67.2	31.4	1.20	5.2	0.02	19.02	0.41	46.39	56.4	4.8	1.7	0.02	1.0	698	7.52	13.33
SIII OB	0 – 40	90.5	61.0	56.7	29.6	2.06	6.1	0.05	25.11	0.46	54.58	90.4	5.6	1.8	0.04	1.6	648	9.04	9.97
	40 – 180	92.6	62.5	59.8	29.8	2.09	5.8	0.04	23.39	0.43	54.20	92.4	5.2	1.8	0.04	1.4	661	8.44	9.13
	180 – 260	94.7	64.7	66.5	30.2	2.14	5.3	0.03	19.43	0.39	49.82	85.4	4.8	1.4	0.03	1.3	689	7.53	8.81
	260 -300	96.5	65.3	70.2	30.6	2.13	5.1	0.02	17.28	0.38	45.87	80.2	4.9	1.2	0.02	1.5	706	7.62	9.50

Tableau 57- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de BOUMERCHEN Lac Oubeïra (OBou)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
SI OB	0 – 30	10.6	16.2	14.70	26.3	32.2	10.5	14.3	16.5	28.7	30.3	41.3
	30 – 50	11.2	17.3	15.80	25.4	30.3	6.2	10.5	12.1	38.8	32.4	28.8
	50 – 110	11.9	18.4	16.30	25.1	28.3	4.3	8.4	10.5	43.6	33.2	23.2
	110 – 120	12.7	19.6	16.10	26.2	25.4	3.6	8.1	09.3	43.3	35.7	21.0
SII OB	0 – 40	14.5	19.25	30.75	17.3	18.2	22.6	18.4	16.8	11.9	28.5	59.6
	40 – 120	13.1	22.4	30.3	16.5	17.7	20.6	17.3	17.3	15.6	29.2	55.2
	120 – 150	13.2	28.4	26.6	15.6	16.2	16.7	17.5	16.1	19.2	30.5	50.3
	150 – 200	12.3	31.5	26.8	14.2	15.2	14.8	15.3	15.8	22.9	31.2	45.9
	200 – 240	11.2	32.6	27.3	14.1	14.8	10.2	14.4	13.2	29.8	32.4	37.8
SIII OB	0 – 40	12.6	24.3	25.0	18.9	19.2	22.5	20.6	17.9	10.6	28.4	61.0
	40 – 180	10.5	26.2	28.7	18.1	16.5	20.6	21.7	20.2	7.9	29.6	62.5
	180 – 260	16.5	26.8	26.00	16.5	14.2	18.7	22.5	23.5	4.6	30.7	64.7
	260 -300	17.2	28.6	24.60	15.6	14.0	16.4	23.6	25.3	3.0	31.7	65.3

La ripisylve de Boumerchèn s'est développée le long d'un cour d'eau à écoulement intermittent dont la source se trouve dans les dunes du Nord est du lac Oubeïra. La végétation est une forêt de chêne liège qui cède la place à une aulnaie quand on se rapproche de la zone inondée. Trois principaux types de sols caractérisent cette ripisylve. Il y a d'abord les sols bruns forestiers (suberaie) de texture sablo-limoneuse, acides, bien pourvus en matière organique et qui comportent une litière. Ils sont également riches en fer. Ces sols se situent en amont du relief dans la partie la moins affectée par l'humidité du sol. Vers l'aval, les taux d'humidité augmentent, l'aulnaie remplace la subéraie et l'apport en matière organique augmente. Cette dernière se dégrade lentement et favorise l'accumulation de couches organiques plus au moins reconnaissables. Les sols qui s'y développent ici sont des sols argilo-sableux, acides et qui se caractérisent par leur richesse en composés organiques. Enfin, sur les berges du lac et dans le cône de déjection de l'oued, on trouve des sols hydromorphes humifères à gley et qui se caractérisent par une alternance de couches argileuses de couleur grise et de couches organiques plus au moins conservé de couleur noir sombre. Ces sols sont acides ou très acide et très riche en fibres organiques peu décomposés, le carbone est évalué à 20%. Il s'avère que Il s'est avéré que cette chaîne de sol de la ripisylve est sous le contrôle direct de l'humidité, du niveau de la nappe, de la nature du couvert végétal (composition floristique et de degré de recouvrement du sol) et de la topographie.

**c : Demnet Errihane :** Il s'agit d'une dépression située au Nord Est du lac Oubeïra. Elle se localise aux coordonnées 36° 52' 09'' N et 08° 24' 18'' E, son altitude varie de 26 m à 70 m. d'orientation générale SW-NE, elle est limitée au Nord, Nord Ouest et au Nord Est par la forêt de chêne liège sur grés et argile de Numidie. Le lac Oubeïra constitue la limite Sud et Sud Ouest alors qu'à l'Est, elle est limitée par le cordon dunaire d'El-Kala.

Demnet Errihane reçoit les eaux de ruissellement des collines gréseuses du Nord et du Nord- Est. Elle est également parcourue par un ruisseau du même nom qui entretient une aulnaie dégradée. L'influence anthropique est très importante dans cette zone, le couvert végétale est complètement modifié, seules quelques espèces résistent ou se réfugient près du ruisseau. L'inventaire floristique révèle une stratification horizontale très limitée contre une distribution longitudinale plus marquée avec *Quercus suber*, *Erica arborea*, *myrtus communis* dans la zone de contact dépression grés, *Alnus glutinosa*, *Ulmus campestris*, *Salix pedicellata*, *Rubus ulmifolius*, *Osmunda regalis* *Fraxinus angustifolia* et *Myrtus communis* dans l'aulnaie, au niveau du marais nous retrouverons : *Thypaha angustifolia*, *Fragmites communis*, *Erica scoparea*, *cladium mariscus*, *Scirpus lacustris*, *juncus effesus*. Les abords du lac Oubeïra sont recouverts par une pelouse humide.

L'étude d'un transect d'orientation NE-SO a révélé que cette station se caractérise par une chaîne de quatre sols constituée d'un sol brun lessivé dans la zone de contact avec la dune, d'un sol organique peu tourbeux au niveau de l'aulnaie, d'un sol hydromorphe à gley au contact du plan d'eau et d'une tourbe au niveau du marais.

**Solum1 (S1DR):** Ce solum se situe au contact de la dune, il est rarement saturé en eau, la végétation naturelle est une cocciféraie dégradée en association avec des aulnes et quelques phragmites. Le sol est formé sur substrat sableux.

Description morphologique :

**0 – 30 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; argilo-sableux ; friable ; structure particulière fine ; beaucoup de débris organiques provenant de la litière fraîche ; beaucoup de racines de toutes tailles ; transition graduelle.

**30 – 75 cm** : Noir marron clair (7.5YR3/4) ; argilo-sableux ; peu organique ; bariolé de taches rouges et beiges ; quelques racines moyennes ; peu de débris organiques reconnaissables ; transition graduelle.

**75 – 90 cm** : Jaune beige (7.5YR7/4) ; présence de nombreuses taches rouges et ocres ; sablo-argileux ; non organique ; structure massive ; compact.

Il s'agit d'un sol peu évolué, acide et très humide comme le montre les résultats des analyses des tableaux 58 et 59. Les taux de fibres diminuent légèrement en profondeur mais l'indice pyrophosphate est constant dans le profil. L'indice de régénéralité de l'accumulation organique est proche de 2.

**Solum2 (S2 DR) Aulnaie** : Ce solum se situe dans la zone d'accumulation des produits difficilement transportables tels que les sables car la pente est presque nulle. Il est saturé en eau au moins 6 mois/an, la végétation naturelle est une aulnaie mélangée à une suberaie dégradée en présence de quelques phragmites. Le sol s'est développé sur des sédiments minéraux et organiques.

Description morphologique :

**0 – 50 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; argilo-sableux ; friable ; beaucoup de débris organiques reconnaissables ; structure particulière ; transition progressive.

**50 – 120cm** : Marron clair (7.5YR5/4) ; sablo-argileux ; beaucoup de débris organiques souvent reconnaissables ; doux au toucher ; structure fibreuse ; transition nette.

**120 – 150 cm** : gris clair à jaune (7.5YR7/2) ; sableux ; peu organique.

Ce sondage a mis en évidence un sol tourbeux sur sable, acide ( $5 < \text{pH} < 5.6$ ), saturé ( $\text{H}\% \approx 70\%$ ). Les tableaux 58 et 59 indiquent les taux de fibres diminuent selon la profondeur et que l'indice pyrophosphate est relativement bas dans la partie médiane du profil. L'indice de régénéralité reste élevé et est supérieur à 1.

**Solum3 (S3 DR)**: Ce solum se situe dans la zone d'accumulation des produits fins tel que les sables fins et les limons. Il est saturé au moins 9 mois/an, la végétation naturelle est une aulnaie relativement bien conservée. Le sol formé est une tourbe développée sur sables fins.

Description morphologique :

**0 – 60 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; argileux ; très organique ; saturé en eau ; beaucoup de racines ; structure massive ; transition graduelle.

**60 – 150 cm** : Noir sombre (10YR2/2) ; argileux ; beaucoup de débris organiques reconnaissables ; fibreux ; structure lamellaire.

**150 – 240cm** : gris noir (7.5YR4/0) ; argileux ; aspect vaseux ; peu de débris organiques.

**240 – 300cm** : jaune à rouge (7.5YR6/8) ; argileux ; non organique ; vaseux ; taches ocres.

**300 – 360cm** : jaune rouge (2.5YR6/2) ; sablo-argileux ; saturé en eau plusieurs ; taches ocres.

Le sondage réalisé dans la zone d'accumulation à proximité du plan d'eau du lac a mis en évidence un sol tourbeux développé sur sable. Les analyses (tableaux 58 et 59) indiquent que ce sol est saturé en eau ( $68\% < \text{H}\% < 82$ ), acide ( $5.6 > \text{pH} > 4.8$ ) et que les taux de fibres

diminuent selon la profondeur (50 % à 26%). L'indice pyrophosphate augmente du haut en bas et l'indice de régénéralité de l'accumulation organique est supérieur à 1.

**Solum4 (S4 DR);** Ce solum se situe dans la zone de contact avec le plan d'eau. Il est issu de l'accumulation des produits très fins tel que les limons fins et les argiles car la pente est nulle. Il est en permanence saturé en eau (12 mois/an), la végétation naturelle est une aulnaie associée à des plantes semiaquatiques. Le sol formé est un sol hydromorphe humifère à gley.

Description morphologique :

**0 – 40cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; argileux ; vaseux ; peu organique ; peu de racine.

**40 – 120cm :** Marron noir (7.5YR7/2) ; argileux ; saturé en eau ; organique ; quelques débris organiques reconnaissables.

**120 – 240 cm :** Marron clair (7.5YR4/2) ; argileux ; beaucoup de débris reconnaissables ; fibreux.

**240 – 360 cm :** Gris noir (7.5YR4/0) ; vase ; non organique ; hydromorphe.

Ce sondage correspond à un sol hydromorphe organique à gley sur sable et argile, acide, très humide avec des taux de fibres qui diminuent du haut vers le bas du profil (tableaux 57 et 58). L'indice pyrophosphate est constant (20 % environ) et l'indice de régénéralité de l'accumulation organique est supérieur à 1.

L'Oued Demnet Errihane est un petit cours d'eau locale qui prend source dans les dunes du nord ouest de la ville d'El-Kala. Il coule vers l'ouest pour se jeter dans le lac Oubeïra. La nature sableuse du terrain traversé ainsi que sa configuration peu accidentée ont favorisé un écoulement long et une large dispersion des eaux qui donne l'impression de former un marécage.

Au total, la distribution des sols est sous l'influence du couvert végétal et du niveau de la nappe et de la topographie. Au niveau de la dune et sous un couvert végétal dominé par le chêne Kermès, on trouve des sols peu évolués, sableux, acides, très riche en matière organique peu décomposé en surface et qui est bien intégrée à la fraction minérale au milieu du profil et absente totalement en profondeur. Ce type de sol est caractéristique des sols de la coccoféraie. Au niveau de la zone de contact de la dune avec le marais, on trouve des sols hydromorphes peu humifères acides. Au niveau du marais de Demnet Errihane, on trouve un sol tourbeux avec une bonne conservation de débris végétaux, acides. Dans la zone de contact avec le plan d'eau, le cours d'eau perd son lit et se développe une zone marécageuse inondée en hiver et avec un niveau de la nappe souvent proche de la surface qu'en été. Ici, on trouve des sols acides dans lesquels la matière organique s'accumule et se conserve bien et où les débris organiques se déposent en alternance avec les dépôts minéraux. Cette stratification est à lier probablement à une alternance de conditions climatiques différentes.

L'étude de cette séquence a révélé l'existence de l'amont vers l'aval d'un gradient d'accumulation de la matière organique, de la texture qui devient plus fine et de la couverture végétale qui devient plus dense mais qui perd de sa richesse spécifique.

Tableau 58- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de Demnet Errihane (DE)

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
SI DE	0-30	68.2	36.0	65.8	12.6	2.85	5.8	0.01	19.83	0.41	48.36	142	8.7	2.8	0.07	1.3	659	12.87	9.06
	30-75	69.5	31.6	68.7	13.4	2.36	5.8	0.02	18.15	0.40	45.37	138	7.2	2.5	0.04	1.2	678	10.94	7.92
	75-90	70.6	27.3	69.6	14.2	1.92	5.4	0.02	17.63	0.40	44.07	121	6.4	2.1	0.02	1.2	691	9.72	8.03
SII DE	0-50	70.7	47.9	54.3	21.2	2.59	5.6	0.01	26.50	0.46	57.60	136	7.8	2.6	0.02	1.6	661	12.02	8.83
	50-120	74.6	40.5	45.2	17.5	2.31	5.2	0.02	31.78	0.51	62.31	128	8.3	2.5	0.02	1.4	652	12.22	9.54
	120-150	76.5	35.5	40.4	24.3	1.46	5.0	0.02	34.57	0.53	65.22	114	8.7	2.5	0.01	1.2	640	12.41	10.88
SIII DE	0-60	68.7	50.4	35.1	17.1	2.94	5.6	0.03	37.64	0.55	68.43	132	9.1	3.2	0.06	1.8	652	14.66	10.72
	60-150	71.2	40.5	32.2	14.9	2.71	5.5	0.02	39.32	0.51	77.09	141	8.4	3.1	0.05	1.7	665	13.25	9.39
	150-240	76.5	35.1	31.3	17.8	1.97	5.5	0.03	39.84	0.53	75.17	148	8.1	3.0	0.05	1.6	670	12.75	8.61
	240-300	81.2	33.3	36.7	22.4	1.48	5.4	0.04	36.71	0.52	70.59	135	7.4	2.8	0.06	1.4	682	11.66	8.63
SIV DE	0-40	81.6	49.3	52.1	13.6	3.62	5.3	0.01	27.78	0.41	67.75	110	6.21	2.1	0.02	1.2	641	9.53	8.66
	40-120	82.3	38.6	55.2	18.2	2.12	5.2	0.02	25.98	0.40	64.95	103	6.0	1.8	0.04	1.4	655	9.24	8.97
	120-240	84.4	32.4	59.7	19.3	1.68	5.0	0.03	23.37	0.39	59.92	96	5.8	1.7	0.05	1.3	670	8.85	9.21
	240-360	85.2	27.5	63.2	22.1	1.22	4.6	0.03	21.34	0.36	59.27	84	5.2	1.4	0.02	1.4	685	8.02	9.54

Tableau 59- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de Demnet Errihane (DE)

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
SI DE	0-30	18.4	13.6	14.3	25.4	28.3	10.5	11.2	14.3	33.9	30.1	36.0
	30-75	14.2	16.7	18.4	24.2	26.5	8.3	10.7	12.6	36.7	31.7	31.6
	75-90	12.1	19.2	16.9	24.5	27.3	7.2	09.6	10.5	37.2	35.5	27.3
SII DE	0-50	16.2	16.6	28.3	14.2	24.7	16.7	14.5	16.7	18.4	33.7	47.9
	50-120	14.3	18.2	20.3	18.6	28.6	12.4	13.5	14.6	24.9	34.6	40.5
	120-150	12.6	18.5	16.8	22.7	29.4	10.2	11.6	13.7	27.00	37.5	35.5
SIII DE	0-60	13.5	19.3	20.2	21.6	25.4	12.3	16.5	11.6	19.20	30.4	50.4
	60-150	10.2	20.5	21.8	23.2	24.3	6.5	14.7	19.3	29.00	30.5	40.5
	150-240	09.4	23.4	22.7	24.3	20.2	4.2	12.3	18.6	32.50	32.4	35.1
	240-300	06.4	22.6	29.2	21.2	20.6	4.2	12.7	16.4	32.40	34.3	33.3
SIV DE	300-360	06.2	28.3	27.0	20.6	17.9	3.1	10.5	13.2	36.60	36.6	26.8
	0-40	16.42	24.6	13.98	22.8	22.2	10.5	21.10	17.7	22.50	28.2	49.3
	40-120	14.2	23.3	17.00	21.9	23.6	8.2	14.2	16.2	30.9	30.5	38.6
	120-240	12.70	22.2	17.50	23.4	24.2	6.3	10.4	15.7	34.00	33.6	32.4
240-360	13.6	21.1	19.00	21.4	24.9	5.1	7.3	15.1	37.8	34.7	27.5	

L'étude des trois séquences de la zone du lac Oubeïra fait ressortir l'influence des facteurs liés à la roche, au relief et à la végétation dans les profils situés à l'amont alors qu'à l'aval c'est plutôt la durée d'inondation qui détermine la nature de l'accumulation et le degré de conservation de la matière organique et donc des types de sols. Les profils tourbeux sont morphologiquement peu différenciés. Les analyses physico-chimiques ont révélé la présence d'une tourbe régénérable notamment dans les zones d'accumulation des produits fins. L'alternance de sédiments organiques et minéraux a formé un dépôt hétérogène qui conserve mal les traces de l'évolution, surtout lorsque le niveau du plan d'eau varie en fonction des cycles d'humectation et dessiccation.

**4.4.3. LAC TONGA :** Le lac Tonga est délimité par les coordonnées Lambert 1014 et 1021 de longitude et 407 et 414 de latitude. Le bassin versant du lac Tonga s'étend sur une superficie de 15 500 ha dont 2 200 ha forment la cuvette du lac, il se situe entre El-Kala et la frontière algéro-tunisienne. Ce bassin versant est limité au Nord par la ligne des crêtes dunaires dont l'altitude varie de 75 m à 100 m et à l'Ouest par la ligne de partage des eaux qui séparent les deux bassins versants des lacs Tonga et Oubeïra. Au Sud Ouest, il est délimité par la forêt d'El Kala sur des collines dont l'altitude ne dépasse guère 171 m et au Sud par une série de collines d'altitudes inférieures à 174 m au niveau de Ras El Feid et à 122 m au niveau de Koudiet Oum-Djdour. Au Sud Est, il est délimité par les hauteurs d'El Aioun avec 573 m au Djebel Kourima, 561 m au Kef El-Hammam, puis la route d'El Aioun – Oued El Hout, qui emprunte la vallée séparant les deux bassins versants de l'Oued El Hout et la vallée supérieure de l'Oued el Kebir. A l'Est, c'est la ligne frontalière Algéro-Tunisienne qui le délimite le long de Djebel Haddada dont les barres de grès culminent à une altitude variant de 530 m (Kef Radjala), 573m (Kef Baba Brik) et 594 m (Kef Eddemen) et au Nord Est, par Kef Seghleb qui culmine à 327 m et Chabet Drider.

Le lac Tonga est alimenté par l'Oued El-Hout au Sud Est, l'Oued El-Eurg au Nord Est, par la nappe dunaire au Nord et Nord Ouest, alors que l'Ouest est parcouru par des chebats à écoulement hivernal qui se jettent directement dans le lac. Au tour de ce lac s'individualisent trois ensembles paysagiques représentés par le delta de Oued El-Hout au Sud Est (*Paspalum distichum*, *Phalaris bulbosa*, *Asphodelus microcarpus*, *Ormenis mixta* et *Heleocharis palustris*), le delta de Oued El-Eurg au Nord Est (*Plantago coronopus*, *Poa annua*, *Galactites duriaei* et *Cynodon dactylon*) et par l'aulnaie du Tonga au Nord (*Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *Typha latifolia*, *Carex remota* et *Iris pseudo-acorus*). L'inventaire de la végétation a montré que la zone marécageuse non occupée par l'agriculture est couverte par *Paspalum distichum*, graminée omniprésente sur le pourtour du lac.

Dans cette région, nous avons étudié 3 stations et décrits 17 profils pédologiques dont 9 profils ont fait l'objet d'analyses au laboratoire.

**a- Le delta de Oued El-Hout :** Il se localise selon les coordonnées 36° 51' 16'' N et 8° 31' 38'' E, son altitude se situe entre 8 et 150 m. L'oued El-Hout est un cours d'eau saisonnier rarement en eau toute l'année. Il draine les eaux du sous bassin versant sud et sud ouest du lac Tonga. Il traverse les grès et argiles de Numidie qui supportent l'une des plus belles forêts de chêne liège de la région et se jette dans le lac Tonga en formant un delta. Le couvert végétal est représenté par des hygrophytes bien individualisées et une pelouse à graminées vivaces. A ce niveau, nous avons étudié trois sols pour caractériser les sols de ce site.

**Solum 1 (S1OH) :** Ce solum se situe au contact des grès et argiles de Numidie, il est rarement saturé en eau, la végétation naturelle est une forêt de chêne liège. Le sol est développé sur un substrat sablo argileux.

Description morphologique :

**0 – 10 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; beaucoup de débris organiques frais reconnaissables ; beaucoup de graviers d'origine gréseuse ; argilo-limoneux ; structure particulière ; présence de racines de différentes tailles ; transition graduelle.

**10 – 50 cm** : Noir à gris (10YR3/1) ; argileux ; structure massive ; peu organique ; peu de graviers ; quelques racines moyennes à grosses ; transition graduelle.

**50 – 70 cm** : Marron clair à beige (10YR3/2) ; argileux ; structure massive ; quelques graviers et fragments de roche en altération ; taches rouges et beiges ; transition graduelle.

**70 – 90 cm** : Jaune rouge (10YR7/8) ; sablo-argileux ; structure massive ; non organique ; humide (roche mère altérée)

Dans cette coupe est remarquable par son importante litière. Les tableaux 60 et 61 ont montré que la texture est sablo-argilo-limoneuse, le pH légèrement acide (6.5-6.3) et que la teneur en carbone organique est relativement faible. Le complexe adsorbant est désaturé (25 % environ). C'est sol brun forestier

**Solum 2 (S2OH):** Ce solum se situe dans la zone d'épandage, il est souvent saturé en eau, la végétation naturelle est une ripisylve où on retrouve le chêne liège, le freine, l'orme et l'olivier. Le sol est développé sur dépôt alluvial.

Description morphologique :

**0 – 30 cm:** Noir sombre (10YR2/1) ; beaucoup de débris organiques frais reconnaissables ; argilo-limoneux ; structure particulière ; présence de racines de tailles moyennes ; beaucoup de graviers et de cailloux ; transition graduelle.

**30 – 120cm** : Noir à gris(10YR3/2) ; argileux ; structure massive ; peu organique ; alternance de couches de graviers et de couches d'éléments fins sur des épaisseurs très réduites ; quelques racines moyennes à grosses ; transition graduelle.

**120 – 180 cm** : Jaune rouge (5YR5/6) ; sablo-argileux ; vaseux ; non organique ; humide ; alternance de couches d'éléments fins d'éléments grossiers.

Les tableaux 60 et 61 montrent que ce sol est légèrement acide, que les taux de fibres (35% à 30%) et l'indice pyrophosphate (19.6-15.2) diminuent selon la profondeur. L'indice de régénéralité de l'accumulation organique est supérieur à 1.

**Solum 3 (S3OH) Sol hydromorphe :** Ce solum se situe dans la zone d'épandage au contact avec le plan d'eau, il est souvent saturé en eau, la végétation naturelle est une ripisylve représentée surtout par le freine, l'orme et l'olivier. Le sol s'est formé sur un dépôt alluvial.

Description morphologique :

**0 – 30 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; beaucoup de débris organiques frais reconnaissables ; argilo-limoneux ; structure massive ; pas de racines ; beaucoup de graviers et de cailloux ; transition graduelle.

**30 – 120 cm** : Noir à gris (7.5YR3/0) ; argileux ; structure massive ; peu organique ; alternance de couche d'argile et de matière organique sur de épaisseur très réduites ; transition graduelle.

**120 – 240 cm** : Gris noir (7.5YR4/0) ; argileux ; structure massive ; peu organique ; quelques taches ocres.

Ce sol se distingue par sa texture argileuse, la présence de taches d'hydromorphie et de quelques débris organiques et par sa couleur sombre au sommet et claire à la base. Ce sol est acide (tableaux 60 et 61) et les taux de fibres diminuent du haut (35 %) vers le bas (29) du profil alors que l'indice pyrophosphate est constant (18 environ) sur l'ensemble du solum. L'indice de régénéralité de l'accumulation organique est supérieur à 1.

La zone humide de oued El-Hout s'est développée là où les conditions du milieu (pente très faible) ont favorisé la sédimentation de la charge solide charriée par le cours d'eau. La station de Oued El-Hout a montré que les caractéristiques des sols étudiés sont particulièrement affectées par le degré de saturation en eau, la nature et la densité du couvert végétal et surtout par la topographie.

Tableau 60- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de delta de Oeud El-Hout Lac Tonga

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	Lpyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
SI OH	0 – 10	45.6	35.2	76.4	19.6	1.79	6.5	0.1	13.68	0.35	39.08	62.5	12.4	3.2	0.8	1.3	655	17.7	28.32
	10 – 50	48.4	34.6	79.5	22.6	1.53	6.4	0.1	11.89	0.32	37.15	66.3	12.8	2.8	0.8	1.4	642	17.8	26.84
	50 – 70	52.2	26.8	79.9	25.1	1.06	6.3	0.1	11.65	0.32	36.40	68.4	11.5	2.6	0.7	1.2	660	16.0	23.39
	70 – 90	60.3	21.6	84.3	28.5	0.75	6.3	0.1	9.10	0.28	32.5	69.2	10.3	2.5	0.6	1.3	680	14.7	21.39
SII OH	0 – 30	72.2	35.00	78.4	19.6	1.78	6.0	0.2	12.53	0.34	36.85	70.2	7.4	1.8	0.2	0.9	643	10.3	14.67
	30 – 120	75.4	34.4	79.6	18.7	1.84	5.9	0.1	11.83	0.32	36.96	68.5	6.8	1.7	0.2	0.9	667	9.6	14.01
	120 – 180	81.2	30.6	81.3	15.2	2.01	6.9	0.1	10.84	0.30	36.13	65.4	6.5	1.3	0.1	0.7	682	8.6	13.14
SIII OH	0 – 30	88.2	35.8	82.4	19.2	1.86	5.5	0.1	10.21	0.30	34.23	83.4	6.8	1.8	0.02	0.9	650	9.52	11.41
	30 - 120	89.4	33.5	83.5	19.6	2.01	5.4	0.1	9.57	0.29	33.00	81.2	6.2	1.4	0.07	1.1	645	8.77	10.80
	120 - 240	92.6	29.8	83.6	17.4	1.71	5.4	0.1	9.51	0.29	32.79	78.1	6.1	1.5	0.1	1.0	613	8.70	11.14

Tableau 61- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de delta de Oeud El-Hout Lac Tonga

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
SI OH	0 – 10	14.4	21.4	23.3	18.4	22.5	-	14.8	20.4	23.4	41.4	35.2
	10 – 50	14.3	22.5	21.3	17.6	24.3	-	14.4	20.2	26.9	38.5	34.6
	50 – 70	10.6	23.5	24.00	16.4	25.5	-	8.5	18.3	35.5	39.7	26.8
	70 – 90	9.8	23.7	23.90	16.2	26.4	-	5.2	16.4	37.9	40.5	21.6
SII OH	0 – 30	18.4	24.7	14.90	19.6	22.4	-	12.1	22.9	21.9	43.1	35.00
	30 – 120	16.2	23.6	18.20	17.7	24.3	-	10.7	22.7	21.3	44.3	34.4
	120 – 180	15.1	23.2	20.30	15.9	25.5	-	10.4	20.2	25.2	44.2	30.6
SIII OH	0 – 30	19.4	25.9	17.90	16.1	20.7	-	11.2	24.6	18.1	46.1	35.8
	30 - 120	18.1	25.1	20.40	14.8	21.6	-	9.8	23.7	19.3	47.2	33.5
	120 - 240	18.5	24.6	21.30	14.2	21.4	-	6.7	23.1	22.4	47.8	29.8

**b- Delta de Oued El-Eurg :** Il se situe aux coordonnées 36° 53' 41'' N et 8° 31' 31'' E au niveau de la mer (altitude 0 m). L'oued El-Eurg est un cours d'eau saisonnier rarement en eau toute l'année. Il draine les eaux du sous bassin versant sud est et nord est du lac Tonga. Il traverse les grès et argiles de Numidie qui comportent une forêt de chêne liège et se jette dans le canal de la Messida en formant un marais au pied de Kef Oum Chetab. Le marais est occupé par une végétation hygrophite bien individualisée et une pelouse à graminées vivaces. Nous y avons caractérisé les sols par trois profils.

**Solum 1 (S1OE) :** Ce solum se situe dans la zone de contact des grès et argiles de Numidie et des sables dunaire, il est rarement saturé en eau, la végétation naturelle est une belle forêt de chêne liège. Le sol est développé sur un substrat sablo argileux

Description morphologique :

**0 – 30 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; structure particulière ; beaucoup de racines de différentes tailles ; bonne activité biologique ; transition graduelle.

**30 – 80 cm :** Gris noir (7.5YR4/0) ; très humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques très décomposés ; beaucoup de fibres ; structure particulière nette ; peu de racines ; faible activité biologique ; quelques taches rouilles, jaunes et ocres ; transition nette.

**80 – 90 cm :** jaune (10YR8/61) ; sableux ; structure particulière ; non organique humide.

**90 – 130 cm :** Marron noir (7.5YR3/4) ; très humide ; peu de sables ; beaucoup de débris organiques très décomposés ; beaucoup de fibres ; structure fibreuse peu nette ; pas de racines ; pas de traces d'activité biologique ; transition nette.

**130 – 140 cm :** Jaune clair (7.5YR6/6) ; très humide ; sableux ; pas de débris organiques ; structure particulière nette ; pas de racines ; pas de traces d'activité biologique.

Ce sondage se situe dans la zone de contact marais dune de sable. Les analyses (tableau 62 et 63) révèlent qu'il s'agit d'un sol hydromorphe humifère de texture sableuse, acide ( $6.5 < \text{pH} < 6.1$ ). Les taux de fibres et l'indice pyrophosphate augmentent selon la profondeur (29 % à 46% et 19 à 25). L'indice de décomposition des composés organiques est supérieur à 1.

**Solum 2 (S2OE) :** Ce solum se situe dans une zone d'épandage, il est souvent saturé en eau, la végétation naturelle est une ripisylve dominée par le saule, le freine, l'orme et l'olivier. Le matériau parental est un dépôt alluvial.

Description morphologique :

**0 – 30 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; sableux ; sans structure visible ; présence de nombreux débris organiques sous forme de racines et de tiges ; taches rouilles et taches d'hydromorphie.

**30 – 120 cm :** Gris marron (7.5YR6/4) ; saturé en eau ; présence de beaucoup de débris organiques encore reconnaissables ; nombreuses fibres avec mélangée à des débris de tige de typha et Phragmites aux niveaux 50 et 65cm de profondeur.

**120 – 300 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; sans débris ; doux ; peu d'éléments fins ; quelques débris de bois d'aulne et de saule et de tiges de phragmites et typha dans le niveau situé entre 220 et 240 cm de profondeur.

**300 – 420 cm** : marron foncé (7.5YR3/4) ; très organique ; beaucoup de débris organiques dont certains sont reconnaissables ; beaucoup de fibres ; peu d'éléments fins ; saturée en eau ; très doux au toucher.

**420 – 660 cm** : Gris noir (7.5YR3/0) ; argileux ; peu de débris organiques ; quelques fibres ; matière organique très dégradée.

Le second sondage se situe au centre du marais, il est profond (660 cm) et constitué de 5 horizons d'épaisseurs variables. La couleur très sombre en surface se décolore progressivement avec la profondeur. La matière organique est partout présente et contient des débris souvent reconnaissables. La base est constituée d'une vase composée d'un mélange d'argiles, de sable et de matière organique humifiée. Les analyses (tableau 62 et 63) indiquent que la texture sablo-limono-argileuse en surface, franchement argileuse au milieu de la carotte sablo argileuse en bas. Le pH est acide ( $5.8 < \text{pH} < 5.4$ ). Le taux de fibres diminue du haut (42 %) vers le bas (32 %) du profil à l'inverse de l'indice pyrophosphate qui augmente (19.1 en haut contre 25.4 en bas) d'où un indice de décomposition supérieure à 1.

**Solum 3 (S3OE) : Sol hydromorphe** : Ce solum se situe dans la zone d'épandage au contact avec le canal, il est souvent saturé en eau, la végétation naturelle est une végétation hygrophytique à base de cyperaceae. Le sol s'est formé sur des sédiments alluviaux.

Description morphologique :

**0 – 50 cm** : Noir gris (7.5YR3/0) ; vaseux ; sans structure visible ; présence de débris organiques sous forme de racines.

**50 – 140cm** : Gris marron (7.5YR6/4) ; vaseux ; beaucoup de débris organiques encore reconnaissables ; nombreuses fibres.

**140 – 280 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; sans débris ; doux ; peu d'éléments fins ; quelques débris de bois d'aulne et de saule au niveau 200 cm de profondeur.

**280 – 390 cm** : marron (7.5YR5/2) ; très organique ; nombreux débris organiques dont certains sont reconnaissables ; peu d'éléments fins ; saturé d'eau.

**390 – 600 cm** : marron foncé (7.5YR3/2) ; très organique ; beaucoup de débris organiques non reconnaissables ; peu d'éléments fins ; saturé en eau ; très doux au toucher ; présence de fibres organiques.

**600 – 660 cm** : Gris noir (7.5YR6/4) ; argilo-sableux ; peu de débris organique ; quelques fibres ; matière organique très dégradée.

Ce sondage a été réalisé dans la zone de contact entre le marais et le canal de la Messida. Il est inondé le long de l'année. Ce solum est très épais (660cm). Il s'agit d'un sol hydromorphe humifère à gley. La texture est presque la même le long de la carotte. L'analyse au laboratoire (62-63) indique que ce sol est argilo-sableux et acide avec un taux de fibres qui diminue selon la profondeur (32 % en haut contre 25 % en bas) et que l'indice pyrophosphate est plus fort en bas (30.9) par rapport à en haut (13.2). L'indice de décomposition de la matière organique est supérieur à 1.

Tableau 62- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de Delta de Oued El-Eurg Lac Tonga

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
SI OEE	0 – 30	55.6	29.2	88.6	19.1	1.53	6.5	0.1	6.61	0.27	24.48	42.1	6.2	3.1	0.1	0.9	724	10.3	24.46
	30 – 80	60.7	30.4	88.7	20.6	1.47	6.4	0.1	6.55	0.26	25.19	48.2	6.1	2.8	0.1	0.9	744	9.9	20.54
	80 – 90	62.2	31.4	90.1	22.6	1.39	6.4	0.1	5.74	0.25	22.96	53.3	5.4	2.7	0.1	0.7	756	8.9	16.69
	90 – 130	68.1	31.7	93.2	24.9	1.27	6.2	0.1	3.94	0.18	21.88	55.1	5.2	2.4	0.1	0.7	762	8.4	15.24
	130 – 140	74.3	31.7	96.4	25.4	1.83	6.1	0.1	2.08	0.12	17.33	58.2	4.8	2.1	0.1	0.6	790	7.6	13.05
SIIT OEE	0 – 30	76.4	46.5	66.1	16.5	2.55	5.8	0.2	19.66	0.48	40.95	74.4	5.4	2.4	0.1	1.2	624	9.1	12.23
	30 – 120	78.3	42.1	68.4	19.4	2.04	5.8	0.2	18.33	0.45	40.73	76.5	5.6	2.4	0.1	1.0	627	9.1	11.89
	120 – 300	82.5	39.6	68.6	21.6	1.66	5.7	0.2	18.21	0.45	41.38	77.1	5.3	2.1	0.08	0.9	641	8.38	10.87
	300 – 420	86.2	36.0	70.2	24.2	1.39	5.6	0.1	17.28	0.42	41.14	82.4	5.1	2.0	0.06	0.9	672	8.06	9.78
	420 – 660	90.8	33.8	70.9	26.4	1.22	5.4	0.3	16.87	0.41	41.14	62.5	4.8	1.8	0.04	0.8	641	7.44	11.90
SIII OEE.	0 – 50	74.4	32.2	65.2	13.2	2.44	5.9	0.1	20.18	0.50	40.36	75.8	6.2	2.7	0.1	1.3	624	10.3	13.58
	50 – 140	78.3	31.00	64.5	16.6	1.93	5.6	0.2	20.59	0.51	40.37	78.9	6.1	2.5	0.09	1.1	653	9.79	12.40
	140 – 280	81.2	29.0	63.3	19.4	1.50	5.6	0.2	21.28	0.51	41.72	83.7	5.6	2.4	0.07	0.8	662	8.87	10.59
	280 – 390	86.1	27.1	63.1	21.5	1.11	5.2	0.3	21.40	0.51	41.96	84.5	5.3	2.2	0.06	0.7	650	8.26	9.77
	390 – 600	90.2	25.4	62.2	26.6	0.95	4.9	0.4	21.92	0.52	42.15	81.3	4.2	2.0	0.03	0.7	639	6.93	7.66
600 – 660	92.5	23.9	61.4	30.9	0.71	4.7	0.4	22.38	0.52	43.03	69.5	4.0	1.6	0.02	0.5	622	6.12	8.80	

Tableau 63 : Résultats des analyses physiques des profils de la station de Delta de Oued El-Eurg Lac Tonga

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
SI OEE	0 – 30	10.5	20.4	25.15	18.64	25.31	6.4	10.2	12.6	32.4	38.4	29.2
	30 – 80	11.4	22.2	22.70	19.4	24.3	6.2	10.8	13.4	30.0	39.6	30.4
	80 – 90	13.2	22.8	19.20	20.6	24.2	5.8	11.3	14.3	27.9	40.7	31.4
	90 – 130	8.1	24.3	20.6	21.7	25.3	5.2	11.7	14.8	27.4	40.9	31.7
	130 – 140	6.7	24.2	20.8	22.5	25.8	4.3	12.5	14.9	25.3	43.0	31.7
SII OEE	0 – 30	15.3	20.4	21.1	22.4	20.8	8.2	17.8	20.5	20.3	33.2	46.5
	30 – 120	16.5	20.8	21.6	21.8	19.3	6.9	16.9	18.3	22.2	35.7	42.1
	120 – 300	18.7	21.4	20.8	20.6	18.5	5.4	16.4	17.8	23.6	36.8	39.6
	300 – 420	19.2	21.9	22.30	19.4	17.2	3.2	15.7	17.1	25.9	38.1	36.0
	420 – 660	16.6	22.4	26.40	18.2	16.4	1.8	15.2	16.8	26.0	40.2	33.8
SIII OEE	0 – 50	18.5	20.9	28.90	16.4	15.3	4.9	10.5	16.8	36.4	31.4	32.2
	50 – 140	19.6	22.1	26.40	16.2	15.7	4.5	10.3	16.2	34.4	34.6	31.00
	140 – 280	20.2	24.3	25.50	15.8	14.2	3.8	9.5	15.7	35.6	35.4	29.0
	280 – 390	20.6	25.3	24.10	15.4	14.6	3.2	8.4	15.5	37.0	35.9	27.1
	390 – 600	19.8	28.2	22.10	14.6	15.3	2.3	7.8	15.3	38.4	36.2	25.4
600 – 660	16.1	30.4	24.10	14.2	15.2	1.5	7.4	15.3	39.3	36.8	23.9	

La zone humide de oued El-Eurg s'est développée dans une zone de sédimentation des produits charriés par le cours d'eau. L'étude d'un transect constitué de trois sols a révélé que l'amont est influencé par le sable dunaire (et éventuellement le sable fin éolien) et que la partie médiane (marais semi-permanent) par des sédiments fins tels que les sables fins et les limons donnant une texture limono- sableuse plus au moins fine soumise à un processus d'oxydation en période estivale et un processus de réduction en période hivernale d'où la présence des pseudo gley. Dans la partie aval du transect, au contact du cours d'eau artificiel, le marais est permanent d'où des conditions d'hydromorphie permanentes suivie d'accumulation de débris organiques non décomposés.

**c- Aulnaie de Tonga :** Cette aulnaie se localise selon les coordonnées 36° 52' 42'' N et 8° 31' 08'' E, son altitude est de 3 m environ. L'aulnaie du lac Tonga s'est développée dans la zone de contact des dunes avec le plan d'eau où la durée d'inondation ne dépasse pas les 9 mois/an. La végétation est composée d'*Alnus glutinosa*, *salix alba*, *Iris pseudo-acorus*, etc. Nous y avons étudié trois profils pédologiques.

**Solum 1 (S1AT) :** Ce solum se situe dans la zone de contact avec les sables dunaires, il est rarement saturé en eau, la végétation naturelle est une belle coccoferée. Le sol s'est formé sur un substrat sableux.

Description morphologique :

**0 – 40 cm :** Noir sombre (10YR2/1) ; humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques non décomposés ; fibreux ; structure particulière à lamellaire fine peu nette ; peu de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelques traces de rouille ; transition graduelle.

**40 – 140 cm :** Marron clair (7.5YR5/2) ; très humide ; peu de sables ; beaucoup de débris organiques très décomposés ; beaucoup de fibres ; structure fibreuse à feuilletée peu détectable ; pas de racines ; pas de traces d'activité biologique ; quelques taches jaunes et ocres ; transition graduelle.

**140 – 170 cm** Noir sombre (10YR2/1) ; humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques décomposés ; fibreux ; structure particulière à lamellaire fine peu nette ; présence de débris de bois de différentes tailles.

**170 - 180 cm :** Jaune clair (7.5YR7/2) ; très humide ; sableux ; pas de débris organiques ; beaucoup de taches ocres.

Ce sondage se caractérise par une texture sableuse très riche en débris organiques reconnaissables. La description morphologique révèle une alternance de couches riches en matière organique et de couches riches en sable. Cette stratification suggère plusieurs phases de dépôt. L'analyse au laboratoire (tableau 64-65) indique que ce sol est légèrement acide ( $6.9 < \text{pH} < 5.8$ ) avec un taux de fibres organiques qui diminue vers le bas (33 % contre 27 %) et un indice pyrophosphate qui, au contraire, augmente (17.2 contre 23.4) d'où un indice de décomposition supérieure à 1.

**Solum 2 (S2AT) : la zone tourbeuse :** Ce solum se situe dans l'aulnaie, il est souvent saturé en eau, la végétation naturelle est une aulnaie, le matériau parental est un substrat sableux.

Description morphologique :

**0 – 40 cm:** Noir sombre (10YR2/1) ; très humide ; sableux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure particulière nette ; nombreuses racines de différentes tailles ; faible activité biologique ; transition graduelle.

**40 – 180 cm** : Marron noir (7.5YR3/4) ; très humide ; sableux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure massive nette ; quelques racines ; présence de débris de bois aux environs de 125 cm de profondeur ; pas d'activité biologique ; beaucoup de taches jaunes et ocre ; transition graduelle.

**180 – 200 cm** : jaune blanchâtre (7.5YR8/0) ; couche de sable non organique ; très humide.

**200 – 360 cm** : Marron clair (7.5YR5/2) ; très humide ; sableux ; nombreux débris organique non décomposés ; structure feuilletée ; nombreuses taches jaunes et ocre ; transition graduelle.

**360 – 420cm** : Noir (10YR2/1) ; très humide ; sableux ; peu de débris organiques très décomposés ; structure massive nette ; beaucoup de taches jaunes et rouges.

Ce sondage révèle une alternance de couches de sables et de couches organiques plus au moins décomposées. Les couches organiques sont plus épaisses et contiennent des fragments reconnaissables, les couches sableuses sont moins épaisses et pauvres en matière organique. Les tableaux 64-65 indiquent que cette tourbe est acide ( $5.6 < \text{pH} < 4.6$ ) et riche en fibre (37 % à 46 %).

**Solum 3 (S3At) : Sol hydromorphe** : Ce solum se situe dans la zone de contact avec le plan d'eau du lac, il est saturé en eau, la végétation naturelle est saulée associée à des hygrophytes et des aquatiques. Le sol s'est formé sur un substrat sableux.

Description morphologique :

**0 – 50 cm** : Noir gris (7.5YR6/4) ; sableux ; sans structure visible ; présence de débris organiques sous forme de racine.

**50 – 240cm** : Gris marron (7.5YR6/4) ; sableux ; beaucoup de débris organiques encore reconnaissables ; nombreuses fibres.

**240 – 360 cm** : Noir sombre (10YR2/1) ; sans débris ; doux ; peu d'éléments fins ; quelques racines de Iriss ; présence de débris de bois d'aulne et de saule à 280 cm de profondeur.

**360 – 500 cm** : marron (7.5YR5/2) ; très organique ; nombreux débris organiques dont certains sont reconnaissables ; peu d'éléments fins ; saturée en eau ; nombreuses taches ocre.

**500 – 540cm** : Gris noir (7.5YR6/4) ; argilo-sableux ; peu de débris organiques ; vaseux ; saturé en eau.

Ce profil correspond à un dépôt vaseux constitué d'un mélange de sables, de limons et de matière organique humifiée en alternance avec une couche de débris organiques peu décomposés. Les tableaux 64 et 65 indiquent que ce sol est très acide ( $\text{pH} \approx 4.2$ ) et riche en carbone organique. Il peut être classé comme un sol hydromorphe humifère à gley.

Tableau 64- Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de l'Aulnaie de Tonga

Solum	Horizon En cm	Caractères Physico-chimiques										Caractères Chimiques							
		H%	Tx fib	Tx cd	I.pyr	REG	pH	C.E	C.org	N	C/N	T	Ca	Mg	Na	K	Fe	S	S/T
SI AT	0 – 40	42.8	33.1	75.6	17.2	1.92	6.9	-	14.15	0.29	48.79	62.4	6.2	2.5	0.01	0.9	722	9.61	15.40
	40 – 140	58.6	31.5	78.7	19.5	1.61	6.4	-	12.35	0.28	44.10	56.8	5.4	2.1	0.01	0.9	752	8.41	14.80
	140 – 170	64.7	29.4	79.2	22.1	1.33	6.2	-	12.06	0.28	43.07	45.3	4.1	1.8	0.01	0.8	767	6.71	14.81
	170 – 180	70.2	27.7	88.9	23.4	1.18	5.8	-	6.44	0.13	49.53	40.2	3.8	1.5	0.01	0.7	689	6.01	14.95
SII AT	0 – 40	72.6	46.6	45.9	28.0	1.66	5.6	-	31.38	0.41	76.53	68.1	6.8	3.1	0.01	1.2	721	11.11	16.31
	40 – 180	76.4	48.7	40.6	29.1	1.67	5.4	-	34.45	0.44	78.29	75.2	6.5	2.9	0.01	1.1	716	10.51	13.97
	180 – 200	85.3	49.6	40.1	31.5	1.57	5.2	-	34.74	0.43	80.79	79.3	6.2	2.5	0.01	1.0	688	9.71	12.24
	200 – 360	87.2	46.3	38.6	30.2	1.53	4.8	-	35.61	0.46	77.41	98.2	6.0	2.2	0.01	0.9	654	9.11	9.27
SIII AT	360 – 420	89.1	37.8	68.1	30.2	1.25	4.6	-	18.50	0.19	97.36	84.1	6.7	2.6	0.01	0.9	642	10.21	12.14
	0 – 50	80.3	44.9	50.1	38.1	1.18	4.8	-	28.94	0.38	76.15	66.4	6.7	1.4	0.07	1.4	728	9.57	14.41
	50 – 240	84.5	42.5	52.2	31.1	1.36	4.7	-	27.72	0.36	77.00	69.2	6.5	1.8	0.06	1.4	714	9.76	14.10
	240 – 360	88.1	41.1	54.6	29.8	1.38	4.5	-	26.33	0.34	77.44	70.3	5.8	1.6	0.05	1.3	707	8.75	12.44
SIII AT	360 – 500	90.2	38.5	55.2	25.2	1.52	4.2	-	25.98	0.31	83.80	71.5	5.3	1.9	0.05	1.2	689	8.45	11.81
	500 - 560	92.6	33.8	56.1	30.1	1.12	4.0	-	25.46	0.29	87.79	74.2	5.2	1.7	0.05	1.2	674	8.15	10.98

Tableau 65- Résultats des analyses Physiques des profils de la station de l'Aulnaie de Tonga

Solum	Horizon	Granulométrie Minérale					Granulométrie des tourbes					
		Arg.	Lf	Lg	Sf	Sg	>2000	>500	>200	>50	<50	Fibre >200
SI AT	0 – 40	10.2	15.8	13.10	28.5	32.4	6.4	11.8	14.9	34.4	32.5	33.1
	40 – 140	6.40	15.9	15.50	29.3	32.9	6.2	10.6	14.7	34.8	33.7	31.5
	140 – 170	6.2	16.1	13.20	30.8	33.7	6.0	10.2	13.2	36.2	34.4	29.4
	170 – 180	5.2	16.2	11.20	32.6	34.8	5.8	9.1	12.8	36.7	35.6	27.7
SII AT	0 – 40	8.62	19.4	36.78	18.5	16.7	10.8	15.3	20.5	23.2	30.2	46.6
	40 – 180	6.9	18.7	36.50	19.4	18.5	12.2	15.2	21.3	20.0	31.3	48.7
	180 – 200	6.2	16.5	37.50	20.6	19.2	14.5	14.3	20.8	17.20	33.2	49.6
	200 – 360	5.2	17.3	34.10	24.3	19.1	14.6	13.2	18.5	20.00	33.7	46.3
SIII AT	360 – 420	4.1	18.5	32.0	24.8	20.6	8.7	12.9	16.2	28.1	34.1	37.8
	0 – 50	12.2	19.3	36.4	16.5	15.6	10.7	14.4	19.8	24.9	30.2	44.9
	50 – 240	14.5	19.8	35.8	15.4	14.5	8.9	14.2	19.4	24.4	33.1	42.5
	240 – 360	11.3	21.4	38.9	15.1	13.3	8.2	13.7	19.2	24.7	34.2	41.1
SIII AT	360 – 500	10.2	21.6	39.5	14.5	14.2	6.5	13.1	18.9	26.7	34.8	38.5
	500 - 560	9.4	21.6	34.1	16.1	18.8	2.7	12.5	18.6	30.6	35.6	33.8

Le transect étudié au niveau de l'aulnaie du nord du lac Tonga se situe entre la dune sableuse et le plan d'eau du marais. Il a mis en évidence trois types de sol morphologiquement différents. Le premier est formé par une alternance de couches riches en matière organique et de couches riches en sables. Cette stratification suggère qu'il y a eu plusieurs phases de sédimentation. Ce sol est sableux, riche en débris organiques reconnaissables et il est peu acide à neutre en surface. Le second sol est également formé par une alternance de couches de sables et de couches organiques plus au moins décomposées. Il correspond à une tourbe acide riche en fibres organiques. Le troisième est un sol hydromorphe humifère à gley constitué d'un dépôt vaseux très acide composé d'un mélange de sables, limons et de matière organique humifiée en alternance avec une couche de débris organiques peu décomposés.

L'inventaire des sols du complexe humide d'El-Kala a été réalisé sur la base de la typologie géomorphologique. Cette dernière a permis de reconnaître six zones qui abritent plusieurs stations, dans chaque station nous avons réalisé un transect dans lequel plusieurs coupes ou profils pédologiques ont fait l'objet d'une analyse morphoanalytique. Les résultats obtenus ont révélé des différences très nettes dans la formation et l'organisation des profils pédologiques, notamment en ce qui concerne l'accumulation des débris organiques reconnaissables aussi bien à l'échelle des stations qu'à l'échelle des zones.

Les sols des dépressions dunaires sont généralement sableux et acides à très acides à cause probablement du fait qu'ils sont alimentés par les eaux de précipitation et qu'ils se développent sur substrat peu altérable (sable dunaire). A ce niveau, l'accumulation de la matière organique est plus importante dans le fond des dépressions où les conditions sont favorables à la formation de profils tourbeux. Les valeurs de l'indice de régénération (REG) montre que la tourbe est bien conservée au centre des dépressions et dans les parties médianes du profil, la partie sommitale du profil étant soumise aux fluctuations de la nappe et donc à des périodes de dessiccation favorables à la minéralisation de la matière organique et des périodes d'humectation qui sont, au contraire, favorables à sa conservation. L'alimentation en eau de ces milieux est assurée par les précipitations atmosphériques et la remontée de la nappe dunaire, phénomène qui permet de classer cette tourbe dans la catégorie des tourbes oligotrophes.

Dans la zone de contact entre les dunes côtières et grès et argiles de Numidie, on retrouve d'autres sites humides dont les plus importants sont ceux de Bourdim et de Gareat El-Ouez. L'étude pédologique a mis en exergue la relation intime entre les caractéristiques des sols, le matériau parental et les taux et durée de saturation des solums (profondeur et permanence de la nappe d'eau). Cette relation a déterminé la nature du couvert végétal et engendré sa diversité offrant du coup une quantité appréciable de matière organique au sol et qui sera plus au moins rapidement minéralisée ou, au contraire, conservée selon les conditions locales de la station. Ainsi, lorsqu'on se dirige de la zone la plus humide (marais) vers les zones les plus saines et donc celles qui se trouvent à l'amont on trouvera successivement des sols tourbeux (excellentes conditions de conservation de la matière organique) suivis d'une tourbe argileuse riche en débris organiques très décomposés peu reconnaissables (conditions de conservation de la matière organique moins bonnes). Plus loin encore, l'effet de la saturation diminue encore et la matière organique fraîche va être biodégradée et mélangée à la fraction minérale pour former un sol brun forestier sur les grès et argiles de Numidie ou des sols peu évolués souvent humifères sur les dunes sableuses. De ce fait, il ressort que la pédogenèse est contrôlée par le niveau de la nappe et par la nature et l'origine des débris organiques dans les endroits les plus humides et par la nature du matériau parental dans les endroits relativement secs dans lesquels l'évolution de la matière organique n'est contrôlée que par les variations climatiques. Cette zone se caractérise également par une forte teneur en fer qui colore en rouge les sables des dunes.

La zone de contact entre la plaine argileuse et le cordon dunaire a été caractérisée par les stations de Nechaa Righia, Nechaa Oum El-Agguereb, l'aulnaie de Ain khiar et par l'aulnaie de Boumahcen. Ici, la végétation est représentée par une forêt humide, dense mais peu diversifiée où l'aulne glutineux associé au saule et leur cortège floristique constitue une source abondante de matière organique. Cette zone constitue par sa position d'interface entre la plaine argileuse d'apport alluvial et la dune côtière une zone où l'imperméabilité des argiles s'oppose à la perméabilité des sables. Cette hétérogénéité du milieu a engendré l'installation de groupements végétaux adaptés aux conditions de la station et qui sont pourvoyeurs de quantités de matière organique plus ou moins importantes et plus ou moins facilement ou difficilement biodégradables. Toutefois, à l'instar des autres zones humides, la distribution

des sols est régie par la nature du matériau parental, la position topographique, la nature du couvert végétal et surtout par l'importance et la durée de saturation des sols. En fonction de ces conditions, on trouve des tourbes dans les bas fonds (zones inondée), des sols hydromorphes humifères à gley ou pseudogley quand la durée d'inondation n'est pas excessive et des sols bruns forestiers, des sols peu évolués sableux (sur dunes) ou argileux d'apport alluvial (plaine).

Dans les dépressions lacustres, l'inventaire des sols a montré que dans la zone du lac Mellah, les caractéristiques pédologiques des trois sites humides étudiés sont sous l'influence du matériau parental, de la nature du couvert végétal et du niveau de la nappe ou du degré de saturation des sols en eau. D'une façon générale, on rencontre des sols peu évolués à l'amont des pentes et des sols de plus en plus hydromorphes et tourbeux lorsqu'on se rapproche des zones inondées. Dans la zone du lac Oubeïra, malgré la diversité des substrat et le degrés de recouvrement par la végétation, la pédogenèse est contrôlée par la nature du matériau parental et à la végétation (densité et nature) dans les zones drainantes et saines et par la durée de l'inondation dans les bas fonds. Ces deux situations antagonistes vis-à-vis de la minéralisation ou de la conservation de la matière organique sont déterminantes dans la distribution des sols de ces milieux, des sols minéraux sur les reliefs et des sols hydromorphes et tourbeux dans les zones de confinement.

La zone du lac Tonga est constituée par un ensemble de milieux humides qui font la jonction entre trois formations géologiques et qui comportent trois types de végétations différentes. La répartition des sols ici suit la même logique de distribution qu'ailleurs dans les régions humides d'El Kala. En effet, la topographie, la nature de la végétation et du matériau parental ainsi que l'importance et la durée de saturation des sols sont les principaux déterminants des processus de la pédogenèse et donc des caractéristiques pédologiques.

Au total, les sols de la régions d'El Kala sont pratiquement tous acides. Les sols situés sur les grès et argiles de Numidie correspondent à des sols bruns forestiers et ceux situés sur les dunes sableuses sont des sols peu évolués généralement humifères et toujours sableux. Sur la plaine, on retrouve des sols peu évolués humifère ou non mais toujours argileux. Dans les zones les plus confinées, on trouve des sols tourbeux qui se régénèrent assez bien. Dans la zone d'interface entre ces deux grands types de sols, il y a un passage progressif des caractéristiques pédologiques du milieu confiné vers le milieu sain, passage qui se traduit par une minéralisation de plus en plus importante de la matière organique et diminution de l'intensité de l'hydromorphie.

***Chapitre VI-  
Organisation de la couverture pédologique***

## Introduction

La morphologie des sols situés dans les différentes stations étudiées révèle l'existence d'une organisation latérale et d'une organisation verticale de la couverture pédologique. En effet, en ce qui concerne l'organisation latérale, il s'est avéré qu'elle est contrôlée par le type de substrat géologique, la nature du couvert végétal et par le degré de saturation en eau qui sont responsables dans une large mesure de la formation et de la différenciation des sols dans le complexe humide d'El-Kala. Par contre, en ce qui concerne l'organisation verticale, il semble qu'elle est surtout sous la dépendance de la texture, du niveau de la nappe et de la vitesse de minéralisation de la matière organique.

### 6.1- L'organisation latérale

L'analyse de la distribution latérale des sols dans les différentes zones géomorphologiques fait ressortir des différences notables entre stations.

**a. Les dépressions dunaires :** En se dirigeant de la périphérie vers le centre de la dépression, il existe un gradient d'accumulation de la matière organique qui concorde bien avec celui de l'augmentation du taux d'humidité dans le sol. Ces deux gradients ont mis en évidence trois types de sols qui se différencient essentiellement par l'état et la teneur de la matière organique dans leurs horizons. En effet, il existe un passage progressif des teneurs en matière organique et des taux d'humidité des sols lorsqu'on se déplace de la dune vers le centre de la dépression. Au niveau de la dune, le sol étant sec, la matière organique est vite dégradée et ses teneurs deviennent alors faibles. Au contraire, la dépression proprement dite, qui est généralement constamment humide, se caractérise par de forts taux de matière organique bien conservée. La zone d'interface entre la dune et la dépression proprement dite se caractérise par une situation intermédiaire avec des teneurs et des états de conservation de la matière organique qui évoluent en fonction des taux d'humidité. De ce fait, la succession logique des sols dans les dépressions dunaires est de type sol sableux (sol peu évolué), sol sableux humifère et sol tourbeux.

Sol sableux-----Sol sableux humifère----- sol tourbeux



Photo1- Succession des sols dans les dépressions humides du nord Est Algérien

**b. La zone de contact dune/ plaine argileuse :** L'organisation des sols est sous l'effet de l'élément géomorphologique dominant, c'est à dire sous l'effet des dunes ou de celui de la plaine. C'est ainsi que du côté dune et en allant vers la dépression, nous rencontrons exactement la même chaîne de sols que celle décrite précédemment dans la zone des dépressions dunaires (sol sableux, sol sableux humifère, sol tourbeux). Dans la rive opposée, en allant de la plaine argileuse vers le centre de la dépression, nous rencontrons successivement des sols peu évolués d'apport, des sols hydromorphes à pseudo gley, des sols hydromorphes à gley et des sols hydromorphes humifères. Ce dernier type de sol marque la zone de transition vers l'influence des sables dunaires. La description morphologique des sols a montré que la formation de la tourbe est plus nette dans la zone sable dunaire que dans la zone plaine argileuse.



Photo2- Succession de sols dans la zone de contact plaine argileuse - dune

**c. La zone de contact dune/grès-argile de Numidie :** Cette zone est représentée par les marais de Bourdim et de Gareat El-Ouez. L'évolution et l'organisation des sols révèlent que l'influence des grès et argile de Numidie se manifeste par l'effet que joue les argiles dans la rétention de l'eau et la réduction voire l'annulation du drainage vertical et latéral des solutions ; ce rôle est diamétralement opposé à celui que jouent les sables. Cette opposition

de fonctionnement hydrique se traduit par des chaînes de sols différentes entre les deux berges. Ainsi, de la dune vers le centre de la dépression, nous retrouvons la même chaîne de sols que celle de la zone des dépressions dunaires (sol sableux, sol sableux humifère, sol tourbeux). Par contre, de l'autre côté de la dépression, c'est-à-dire du côté grès et argiles de Numidie, nous rencontrons une chaîne de sols comparable à celle qui se trouve entre la plaine argileuse et la dépression, mais avec en plus, un certain enrichissement en sable issu de l'altération des grès. La présence de fer peut jouer un rôle non négligeable. Le centre de la dépression est apparemment sous l'influence de la vitesse de sédimentation. Ainsi, le marais de Gareat El-Ouez se caractérise par des sols hydromorphes et tourbeux alors que le marais de Bourdim est occupé par une formation très épaisse où se succèdent des couches tourbeuses et des couches argileuses avec formation d'un profil hydromorphe à gley.



Photo3- Succession de la dune à la dépression Succession des grès et argiles de Numidie

**d. La zone des lacs :** Dans cette zone, l'organisation des sols est très complexe car elle est sous l'influence du réseau hydrographique qui alimente les lacs, des substrats traversés par les cours d'eau et par la saison. Néanmoins, d'une manière générale, la chaîne de sols type dans ce milieu est de type sol peu évolué, sol peu évolué humifère, sol hydromorphe humifère et sol tourbeux. Les sols tourbeux se situent surtout dans la zone de contact plan d'eau / dune sableuse, alors que les sols hydromorphes à gley se développent généralement dans les zones de contact de l'oued avec le plan d'eau.



Lac Tonga



Lac Oubeira



Lac Mellah

Photo 4- Les éco complexes des trois lacs

### 6.2- L'organisation verticale

La description morphologique des différents profils a permis de mettre en évidence plusieurs solum qui se différencient essentiellement par l'épaisseur, la couleur, la teneur en matière organique, la texture et la structure de leurs horizons. L'étude des différents profils a montré que les sols situés à l'amont de la dépression sont constitués par deux ou trois horizons (domaine des sols peu évolués) alors que ceux qui se situent à son aval peuvent en avoir six. Cet épaississement des solums de l'amont vers l'aval des dépressions semble être en parfaite adéquation avec l'augmentation des taux d'humidité et avec la durée de la période humide des sols. Cette succession des horizons traduit ainsi une pédogenèse très dynamique contrôlée par les mouvements de l'eau et par la vitesse de décomposition de la matière organique ou, au contraire, par sa conservation et donc son accumulation dans les sols.



Sol sur grès



sable organique



tourbe



Tourbe sableuse



sol hydromorphe



sol argileux

Photos 5- Quelques profils de la zone

Par ailleurs, l'analyse granulométrique (figure 16) a révélé que la majorité des sols est dominée par les sables et les limons avec une texture généralement sableuse. Cependant, nous notons la présence de quelques horizons assez riches en argile (30 à 40 % d'argile). Ces derniers concernent les sols de la plaine, mais peuvent se situer dans la partie supérieure de certains solums.

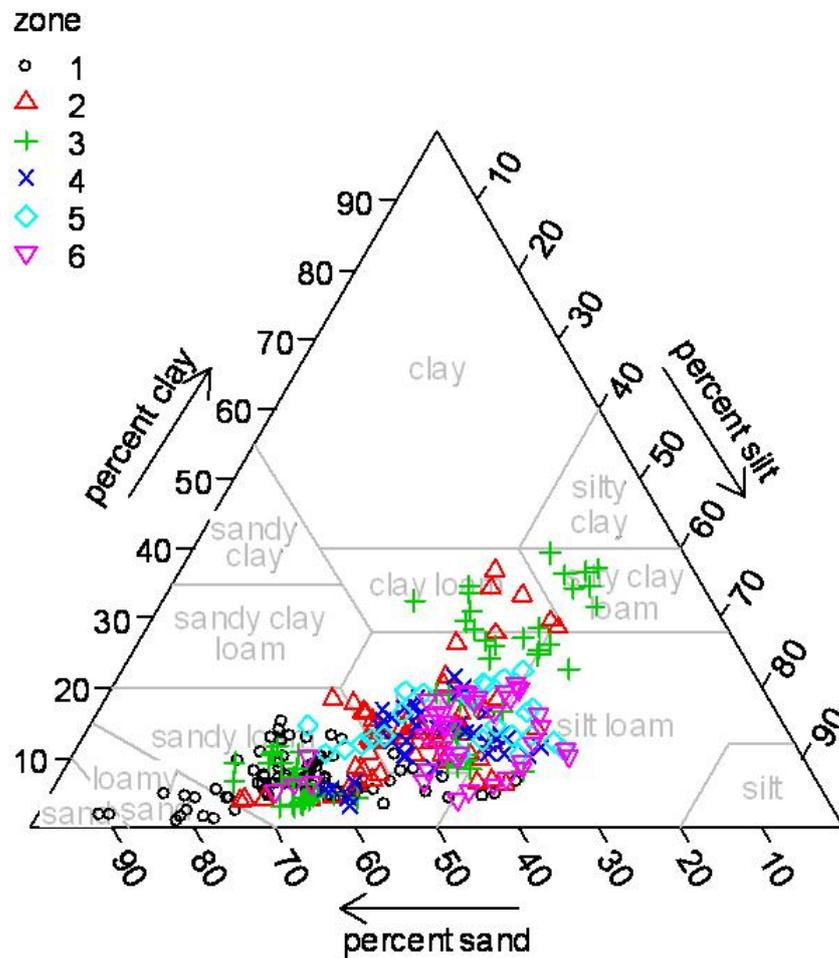


Figure 16- Triangle texturale des différents horizons des sols étudiés

La figure 16 révèle que d'une façon globale, la distribution dans le profil des différentes fractions granulométriques (argile et limon fin, limon grossier, sable fin et sable grossier) est constante. Toutefois, dans le détail, il ressort que les taux de la fraction fine (argile et limon fin) ont une légère tendance à la diminution du haut vers le bas du profil. Cette tendance s'oppose à celle de la fraction granulométrique grossière (sable fin et sable grossier) qui voit, au contraire, ses taux augmenter selon la profondeur. Par contre, la fraction limon grossier semble se situer entre les deux tendances précitées.

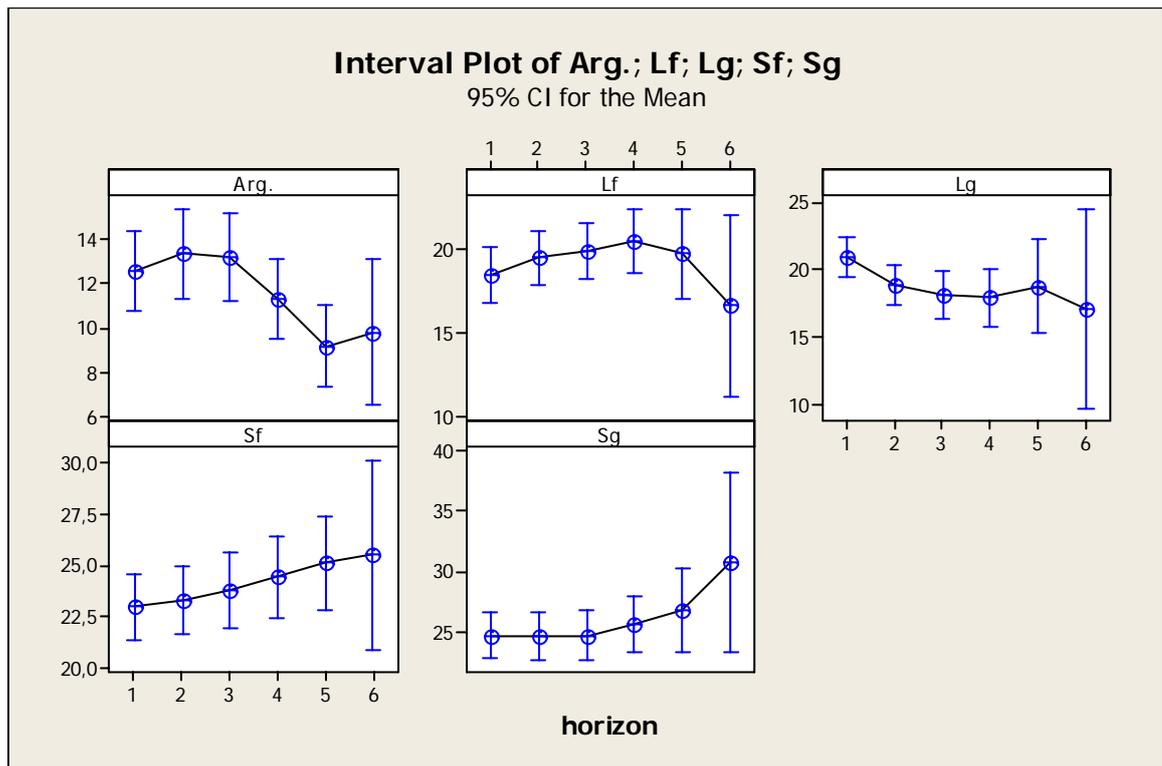


Figure 17 : Distribution des composantes de la texture dans les différents Horizons

La figure 17 confirme également la dominance des sables sur les autres fractions granulométriques. Ce phénomène trouve son explication dans la nature de la roche mère ou des substrats environnants. 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 annihilée, elle va s'accumuler pour former des horizons tourbeux, puis des sols tourbeux.

Les analyses physico chimiques révèlent aussi que l'humidité de tous les sols étudiés augmente du haut vers le bas des profils. De même, elles ont révélé que les taux de fibres diminuent de la surface jusqu'à la partie médiane du profil. Par la suite, cette tendance s'inverse et les taux de fibres vont alors augmenter en profondeur. Ce résultat signifie que la matière organique est bien conservée dans ce milieu et que les conditions d'aération et de température défavorisent l'activité microbienne. Il est conforté par les taux de cendre et par l'indice pyrophosphate (figure 18). En effet, le taux de cendre diminue avec la profondeur et indique une prédominance de la fraction organique sur la fraction minérale, ceci est une caractéristique des sols tourbeux. De même, l'indice pyrophosphate qui est un indicateur du degré de décomposition de la tourbe ou de la matière organique, augmente en fonction de la profondeur du solum et confirme ainsi l'accumulation de débris organiques peu décomposés ou tourbe mésique. En ce qui concerne l'indice de régénération de la tourbe ou REG, les résultats (figure 18) suggèrent trois situations :

- Au Sommet du profil, la matière organique est fraîche.
- Au centre du profil, la matière organique est plus ou moins décomposée.

- Au fond du profil, la matière organique est peu décomposée.

De ce fait, ce résultat peut signifier que nous sommes en présence de tourbe régénérable.

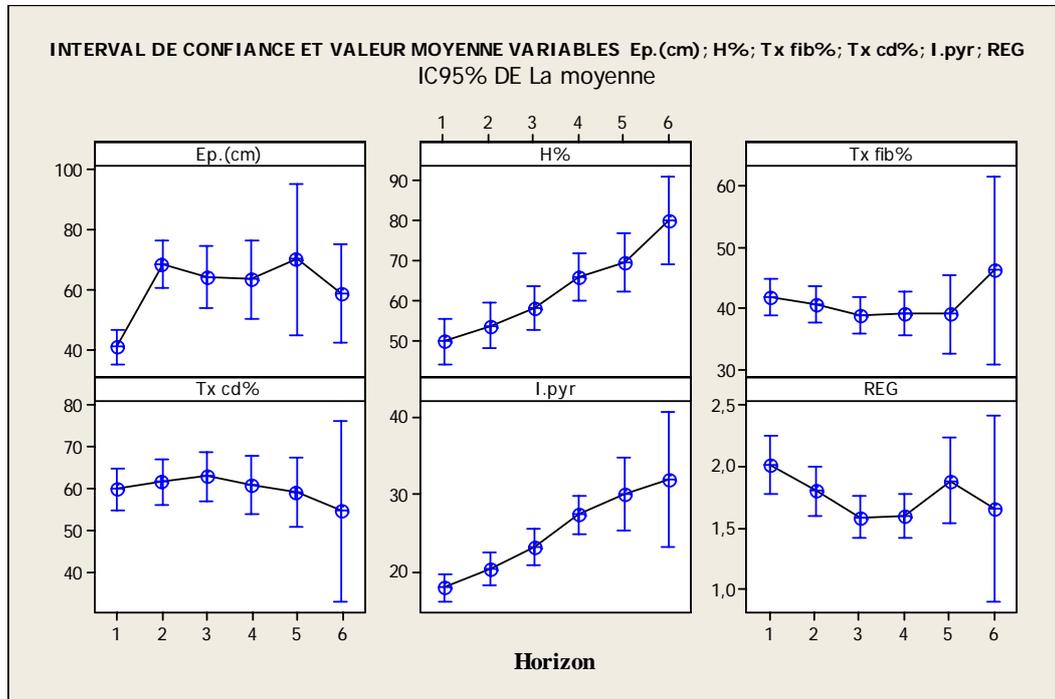


Figure 18- Distribution des composantes physico-chimiques des sols

La distribution des différents paramètres chimiques est homogène dans le profil sauf en profondeur où nous constatons une chute brutale de leurs valeurs (figure 19). Les principaux résultats indiquent que le sol moyen de la zone étudiée est non salé ( $CE < 0,16$  dS/m) et acide surtout en profondeur ( $pH = 6$  au sommet et  $4,5$  à la base). La forte acidité de ce milieu se traduit par des taux de saturation en bases échangeables très faibles ( $S/T < 15\%$ ). Cette acidité qui évolue en fonction de la profondeur serait liée à la migration et à l'accumulation de composés organiques solubles en profondeur. Des  $pH$  très bas bloquent l'activité biologique et ralentissent les processus physico-chimiques de dégradation de la matière organique. Ce phénomène est prouvé par les fortes teneurs en carbone organique total ( $C\% = 25$ ), en azote ( $N\% = 0,7$ ) et par le très fort rapport  $C/N (> 40)$  qui traduisent une forte accumulation et une bonne conservation de la matière organique dans ces sols.

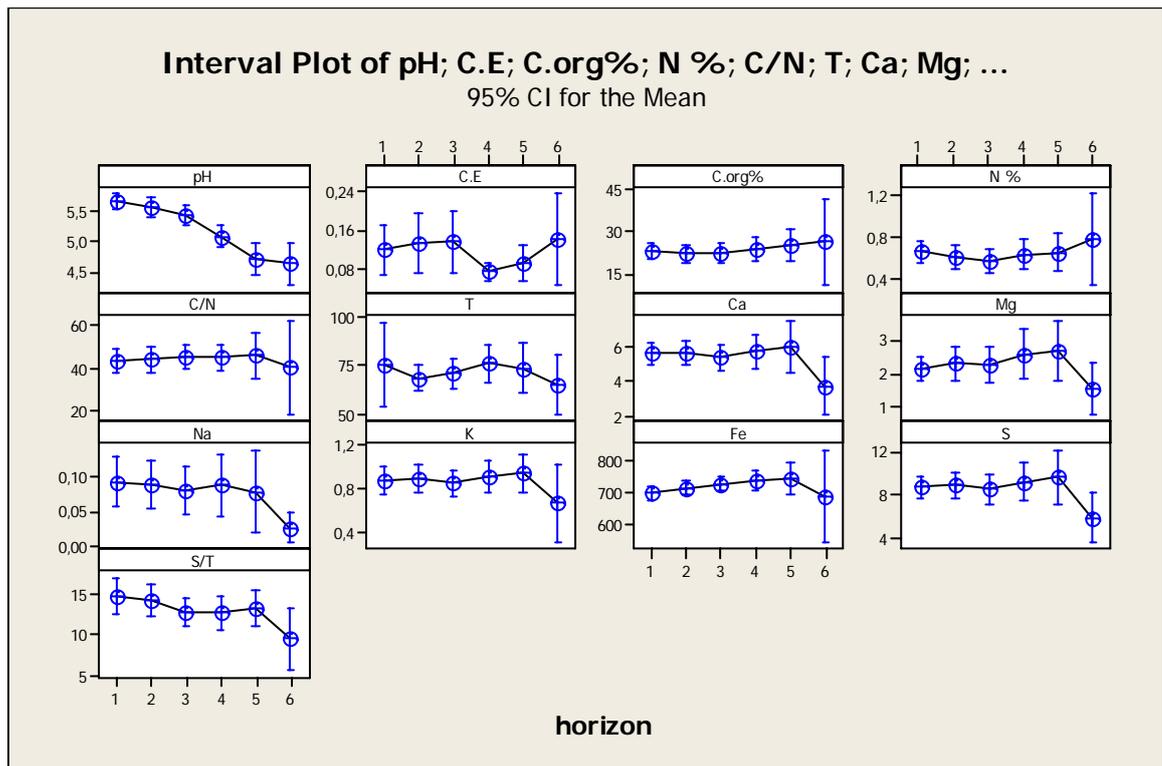


Figure 19- Distribution dans le profil des propriétés chimiques des sols

### Conclusion

La morphologie des sols situés dans les différentes stations étudiées révèle l'existence d'une organisation latérale et d'une organisation verticale de la couverture pédologique. En effet, en ce qui concerne l'organisation latérale, il s'est avéré qu'elle est contrôlée par le type de substrat géologique, la nature du couvert végétal et par le degré de saturation en eau qui sont responsables dans une large mesure de la formation et de la différenciation des sols dans le complexe humide d'El-Kala. Par contre, en ce qui concerne l'organisation verticale, il semble qu'elle est surtout sous la dépendance de la texture, du niveau de la nappe et de la vitesse de minéralisation de la matière organique.

L'analyse de la distribution latérale des sols dans les différentes zones géomorphologiques a fait ressortir des différences notables entre stations.

Dans les dépressions dunaires il existe un gradient d'accumulation de la matière organique qui concorde bien avec celui de l'augmentation du taux d'humidité dans le sol. Ces deux gradients ont mis en évidence trois types de sols bien distincts (sol sableux, sol sableux humifère et sol tourbeux),

Dans la zone de contact dune/ plaine argileuse, l'organisation des sols est sous l'effet de l'élément géomorphologique dominant, c'est à dire sous l'effet des dunes ou de la plaine. La description morphologique des sols a montré que la formation de la tourbe est plus nette dans la zone sable dunaire par rapport à la zone plaine argileuse.

Dans la zone de contact dune/grès-argile de Numidie, l'évolution et l'organisation des sols révèlent que l'influence du substrat se manifeste par l'effet que joue les argiles dans la

rétenion de l'eau et la réduction, ce rôle est diamétralement opposé à celui que jouent les sables. Cette opposition se traduit par des chaînes de sols différentes entre les deux berges.

Dans la zone des lacs, l'organisation des sols est très complexe car elle est sous l'influence du réseau hydrographique, des substrats traversés par les cours d'eau et par la saison. Néanmoins, d'une manière générale, la chaîne de sols type dans ce milieu est de type sol peu évolué, sol peu évolué humifère, sol hydromorphe humifère et sol tourbeux. Les sols tourbeux sont décrit surtout dans la zone de contact plan d'eau / dune sableuse, alors que les sols hydromorphes à gley se développent généralement dans les zones de contact de l'oued avec le plan d'eau.

La description morphologique des différents profils a permis de mettre en évidence plusieurs solum qui se différencient essentiellement par l'épaisseur, la couleur, la teneur en matière organique, la texture et la structure de leurs horizons. L'étude des différents profils a montré que les sols situés à l'amont de la dépression sont constitués par deux ou trois horizons, alors que ceux qui se situent à son aval peuvent en avoir six.

L'analyse granulométrique a révélé que la majorité des sols ont une texture généralement sableuse. Cependant, nous notons la présence de quelques horizons assez riches en argile. Ces derniers concernent en général les sols de la plaine. 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.

Les analyses physico chimiques ont révélé aussi que l'humidité augmente du haut vers le bas des profils dans tous les sols étudiés. De même, l'état de la matière organique est évalué par les mesures des taux de fibres et par l'indice pyrophosphate qui définissent l'indice de régénération de la tourbe ou REG, permettant de classer l'état de la matière organique des sols comme suit

- Au Sommet du profil, la matière organique est fraîche.
- Au centre du profil, la matière organique est plus ou moins décomposée.
- Au fond du profil, la matière organique est peu décomposée

De ce fait, ce résultat peut signifier que nous sommes en présence de tourbes régénérables.

La distribution des différents paramètres chimiques est homogène dans le profil sauf en profondeur. Les principaux résultats indiquent que les sols de la zone étudiée sont non salés ( $CE < 0,16$  dS/m) et acides surtout en profondeur (pH = 6 au sommet et 4,5 à la base), cette acidité serait liée à la migration et à l'accumulation des composés organiques solubles en profondeur. Des pH très bas inhibent l'activité biologique et ralentissent les processus physico-chimiques de dégradation de la matière organique qui traduisent une forte accumulation et une bonne conservation de la matière organique dans ces sols.

**2<sup>ème</sup> partie**

**Evolution des sols  
des zones humides**

***Chapitre I-  
La végétation des zones humides***

## INTRODUCTION

Les milieux humides sont définis par l'importance et la richesse de leur couvert végétal. Le complexe humide d'El-Kala est remarquable par sa biodiversité spécifique en relation avec la diversité écosystémique. Selon Thomas (1975), Aouadi (1989) et De Belair (1990), la végétation de la région se répartit en cinq principales séries (série de chêne liège ; série de chêne zeen ; série de chêne kermès ; série de pin maritime et la série de plantes de milieu humide).

L'inventaire de la végétation fait ressortir une diversité spécifique très importante, une répartition écologique qui intègre les différents étages d'évolution à partir ou vers les plans d'eau et enfin une origine biogéographique très diversifiée qui reste le témoin des variations des conditions climatiques antérieures de ces milieux.

### 2.1- La diversité spécifique du couvert végétale

La région d'El-Kala abrite près du tiers de la flore algérienne. Le patrimoine floristique est ainsi constitué par 550 Spermaphytes et 300 Cryptophytes. Sur le plan botanique, ce sont incontestablement les Angiospermes qui dominent. Quant aux Gymnospermes, ils ne sont représentés que par deux familles taxonomiques, les Cupressaceae et les Pinaceae. Parmi les Cryptophytes, on recense 30 fougères, 110 champignons, 40 mousses, 70 algues et 50 lichens. En effet, la grande diversité des biotopes et le climat humide ont permis le maintien et la diversification des espèces, même tropicales, particulièrement au niveau des zones humides.

Les inventaires floristiques réalisés dans les bassins versants des trois complexes lacustres font ressortir une très grande richesse spécifique. Ainsi, le bassin versant du lac Mellah qui couvre plus de 1 000 ha abrite plus de 51 espèces appartenant aux différents groupes écologiques (annexe IV, tableau1). De même, le bassin versant du lac Oubeïra, avec ses 2 400 ha, nous a permis d'identifier 59 espèces qui se répartissent entre les différentes niches écologiques comme indiqué dans le tableau 2 de l'annexe IV. Quand au bassin versant du lac Tonga, avec son important bassin versant (15000ha de superficie) et la nature du substrat géologique et la diversité des étages bioclimatiques qui le composent, il est doté d'une très grande diversité spécifique représentée par 113 espèces dont 62 espèces se situent sur la rive du lac (annexe IV, tableau3) et 53 espèces dans la zone forestière (annexe IV, tableau 4). Par ailleurs, les dépressions humides constituent le plus souvent un dernier refuge pour plus de 100 espèces (annexe IV, tableau5).

### 2.2- La répartition écologique

L'inventaire floristique réalisé dans les différents milieux nous a permis de reconnaître les groupes écologiques suivants :

- Les Hydrophytes : Elles constituent les principales espèces qui caractérisent la physionomie des lacs et des plans d'eau permanents de la région. Parmi les plus importantes, on trouve *Nymphaea lutea*, *Myriophyllum verticillatum* (Linné) et *Potamogeton oblongus* (Viviani). On retrouve également *Callitriche stagnalis* (Scopoli) Schinz et Thell, *Echinochloa crus-galli* (Linné) Palisot de Beauvois, *Ranunculus aquatilis* (Linné), *Iris pseudo-acorus* (Linné), *Juncus acutus* (Linné), *Juncus maritimus* (Lamarck), *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris* (Linné) et *Mentha aquatica* (Linné) comme indiqué dans le tableau 6 de l'annexe IV.
- Les Amphiphytes : Les principales espèces se situent dans les zones inondables où le sol est en saturation presque permanente et où la durée d'exondation est très courte. Parmi les plus courantes, on retrouve *Agrostis semi-verticillata*, *Alisma*

*plantago-aquatica, Iris pseudo-acorus, Carex distans, Phragmites australis, Juncus subulatus Ranunculus ophioglossifolius, Cladium mariscus, Cyperus Flavescens etc.* (annexe IV, tableau 7)

- Les Hygrophytes : Elles se situent généralement dans des zones où le niveau de la nappe est très proche de la surface. Les espèces les plus fréquentes sont *Alnus glutinosa, Allium triquetrum, Rubia peregrina, Athyrium filix-femina, Salix alba, Salix pedicellata Smilax aspera, Tamatix galica, Ulmus campestris, Rubus ulmifolius, Carex acutiformis, Ulmus campestris, Fraxinus angustifolia, Crataegus oxyacantha, Hypericum afrum, Osmenda regalis, Pistacia lentiscus, Populus alba* (annexe IV, tableau 8).

- Les espèces des prairies humides inondées plus de six mois/an : Ces espèces caractéristiques des milieux inondables préfèrent les berges des plans d'eau, car elles sont très exigeantes en eau pendant une partie de leur cycle végétatif. Parmi ces espèces, on retrouve *Isoetes histrix, Spergularia salina, Laurentia bicolor, Stachys officinalis, Trifolium filiforme, Leersia hexandra, Trifolium glomeratum, Legousia falcata, Brachypodium sylvaticum, Paspalum distichum, Phalaris caerulea, Briza minor, Cardamine parviflora, Plantago coronopus, Carex punctata, Plantago lagopus, Carex vulpina, Plantago major, Centaurium spicatum et Poa annua.*(annexe IV, tableau9).

- Les espèces des prairies humides inondé au moins trois mois/an : L'inventaire floristique de ces milieux qui sont sous l'influence des précipitations atmosphérique d'une part et d'un substrat peu perméable se caractérise par une flore riche et très diversifiée à dominance de plantes annuelles telles que *Aegilops triuncialis, Lagurus ovatus, Ammi visnaga, Linaria pinnifolia, Anagallis arvensis, Linum usitatissimum, Anthyllis hamosa, Bellardia trixago, Lupinus angustifolius, Biscutella didyma, Blackstonia perfoliata, Bromus sterilis, Ornithopus compressus* (annexe IV, tableau 10).

- Les espèces de forêt : L'inventaire floristique des versants recouverts par une strate arbustive fait apparaître le caractère méditerranéen des formations forestières. Le chêne liège, avec son cortège floristique, est dominant dans les stations sèches des grès de Numidie. Par contre, le chêne zeen est dominant dans les stations plus humides et froides tandis que le chêne kermès colonise les formations dunaires. Le sous bois est souvent dense sur les dunes puis devient très parsemé sous chêne liège. L'inventaire fait apparaître une présence d'espèces souvent communes, mais certaines sont rares ou très rares telles que *Quercus suber Ceratonia siliqua Asparagus acutiflorus Myrthus communis Asparagus officinalis Phillyrea angustifolia Asphodelus aestivus Pteris aquilina Calystegia sepium Rhamnus alaternus Rosa sempervirens Clematis cirrhosa Daphne gnidium Scrofularia sambucifolia* (annexe IV, tableau11).

### 2.3- Origine biogéographique du couvert végétal du complexe humide d'El-kala

L'inventaire de la végétation du complexe humide d'El-kala montre que 36 % des espèces inventoriées sont considérées comme assez rares, rares ou très rares. La distribution biogéographique du cortège floristique révèle 31 % d'espèces méditerranéennes, 15 % d'espèces cosmopolites et sub-cosmopolites, 7 % d'espèces euro-asiatiques, 7 % d'espèces tropicales et subtropicales, 11 % d'espèces d'altitude méditerranéenne et euro-méditerranéenne, 12 % d'espèces endémiques pour l'Algérie et la Tunisie et 16 % d'espèces paléo-tempérés, Circomboréales, endémiques humides ou thermo-cosmopolites.

La grande diversité des biotopes et le climat humide de ce milieu ont permis la diversification et le maintien des espèces, même des espèces tropicales, particulièrement au niveau des zones humides avec *Marsilea diffusa* (Leprieur), *Utricularia exoleta* (Robert

Brown), *Dryopteris gongyloides* (Schkuur), *Najas pectinata* (Parlatore) Magnus, *Jussiaea repens* (Linné), *Rhynchospora glauca* (Vahl) et *Cyperus corymbosus* (Rottb), qu'européennes telles que *Alnus glutinosa* (Linné) Gaertner, *Fraxinus angustifolia* (Vahl), *Salix alba* (Linné), *Ulmus campestris* (Linné) et *Ilex aquifolium* (Linné).

Les espèces typiquement méditerranéennes constituent la trame de fond de la flore de la région d'El Kala (de Belair, 1990). Cette diversité a permis le développement d'une multitude de formations végétales dont certaines constituent un patrimoine à préserver soit pour sa rareté, fragilité, originalité et diversité ou encore pour sa valeur potentielle. Il s'agit de la zénaie d'altitude, des subéraies, des aulnaies, des ripisylves et de la cocciféraie du cordon dunaire.

### **Conclusion**

L'inventaire floristique et la classification écologique des espèces existantes dans le complexe humide d'El-Kala ont montré que la distribution spatiale du cortège floristique est contrôlée par les facteurs édaphiques et hydrologiques. La présence d'espèces indicatrices du type de milieu est souvent en parfaite harmonie avec l'ambiance physicochimique du sol et le cortège floristique. La présence dans ces milieux d'espèces d'origines biogéographiques diverses montre que ces milieux sont un carrefour biogéographique spécifique capable d'entretenir une flore dense et diversifiée aux exigences multiples. La richesse de ces milieux en espèces considérées comme rares ou en voie de disparition renforce la place des zones humides et augmente l'intérêt et l'effort à fournir pour protéger ces sites extrêmement fragiles.

Cette diversité spécifique est à l'origine d'un apport en matière organique aussi riche et diversifié que la flore qui compose ce milieu. Elle influence considérablement l'évolution et la différenciation des sols, en particulier les tourbes dans ces milieux qui sont connus par la qualité des eaux qui les alimentent.

***Chapitre II-  
Hydrochimie des zones humides***

## Introduction

La forte intensité des pluies d'automne, l'irrégularité annuelle et interannuelle des précipitations atmosphériques et la structure géologique du bassin versant expliquent les principales caractéristiques du réseau hydrographique et des débits hydrologiques du milieu étudié. L'alternance d'une période humide avec une période sèche influe significativement sur la quantité et la qualité des eaux qui alimentent et imprègnent les sols du complexe humide d'El Kala. Cette eau influence à son tour significativement les caractéristiques des sols (hydromorphie, oxydo-réduction, dynamique de l'évolution de la matière organique, pH...) et la vie de la faune et de la flore de ce milieu (apport d'éléments nutritifs par exemple). La qualité de cette eau dépend également de son origine et des différentes formations lithologiques qu'elle a traversé. L'évaluation des caractéristiques physico-chimiques de cette eau dans l'espace et dans le temps est donc nécessaire pour bien comprendre l'hydrochimie à l'échelle du paysage et pour mieux cerner les processus pédologiques qui régissent les sols de la région d'étude.

### 3.1-Matériels et Méthodes

Pour évaluer les caractéristiques physico-chimiques des eaux à l'échelle du complexe humide d'El-Kala, nous avons échantillonné systématiquement tous les sites humides. Pour suivre l'évolution annuelle du chimisme de ces eaux, nous avons effectué un prélèvement d'eau lors de la période sèche (fin septembre et début octobre) et un autre lors de la saison humide (fin mars et début avril). L'échantillonnage de l'eau a été effectué sur 64 sites choisis en fonction de leur représentativité, leur accessibilité et surtout en fonction de la présence de l'eau de nappes souterraines ou superficielles et qui sont regroupés (les sites) en six zones (Tableau 1 Annexe V), (Figure 20).

Les prélèvements ont été réalisés manuellement entre 10 et 15 cm de profondeur et conservés à basse température (4°) dans des bouteilles en plastique fermées hermétiquement. Les échantillons d'eau ont été par la suite filtrés sur du papier filtre de 0.45µm de diamètre des pores (Buttler, 1992).

L'analyse des eaux a porté sur la détermination du résidu sec, l'extrait sec, le pH, la conductivité électrique (CE), les anions ( $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4$ ), les cations ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et le  $\text{K}^+$ ) et sur les composés phosphorés (Rodier, 1978) (Tableau 2-3 AnnexeV).

Nous avons utilisé l'analyse statistique (ADE 4) pour mettre en évidence les variabilités spatiales et saisonnières des 12 paramètres étudiés et pour déterminer les éventuels liens entre eux



Tableau 66 : résultats statistiques des paramètres étudiés

Caractéristiques	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	CV%
pH-Eté	3,94	7,73	6,27	0,84	13
pH-Hiver	5,85	8,81	6,66	0,40	6
CE-Eté $\mu\text{S/cm}$	71,00	6370	1134,31	1061,82	93
CE-Hiver $\mu\text{S/cm}$	3,00	2010	360,86	316,81	87
Extrait Sec-Eté mg/l	5,00	16775	954,69	2229,76	233
Extrait Sec-Hiver	0,00	2250	330,47	379,59	114
Résidu Sec-Eté mg/l	0,06	2615,33	150,09	378,57	252
Résidu Sec-Hiver	0,93	755,46	36,71	122,47	333
CL-Eté mg/l	0,35	250,4	7,35	31,52	428
CL-Hiver mg/l	1,00	12	3,63	1,93	53
HCO <sub>3</sub> -Eté mg/l	0,20	0,8	0,35	0,11	33
HCO <sub>3</sub> -Hiver mg/l	0,10	0,6	0,26	0,11	41
SO <sub>4</sub> -Eté mg/l	0,00	18,28	2,88	3,48	120
SO <sub>4</sub> -Hiver mg/l	0,25	1,75	0,49	0,31	63
PO <sub>4</sub> -Eté mg/l	0,01	0,63	0,15	0,17	107
PO <sub>4</sub> -Hiver mg/l	0,00	0,62	0,15	0,12	79
Ca -Eté méq/l	0,00	6,9	0,75	1,03	136
Ca Hiver méq/l	0,01	6,02	0,56	0,85	152
Mg -Eté méq/l	0,00	1,95	0,25	0,34	135
Mg -Hiver méq/l	0,00	1,39	0,20	0,26	127
Na Eté méq/l	0,004	4,64	0,19	0,64	330
Na Hiver méq/l-	0,003	3,84	0,16	0,54	329
K Eté méq/l	0,001	0,195	0,02	0,037	169
K -Hiver méq/l	0,001	0,167	0,02	0,03	172

Tableau 67 : Résultats des tests de comparaison des moyennes

Paramètres	t	probabilité	signification
pH	-3,41	0,0011	HS
Extrait sec mg/l	2,233	0,0291	S
Résidu sec mg/l	2,234	0,029	S
CE $\mu\text{S/cm}$	6,90	<0,001	HS
Cl mg/l	0,979	0,3313	NS
HCO <sub>3</sub> mg/l	5,286	<0,001	HS
SO <sub>4</sub> mg/l	5,509	<0,001	HS
P mg/l	0,083	0,933	NS
Ca méq/l	6,317	<0,001	HS
Mg méq/l	4,42	<0,001	HS
Na méq/l	2,31	0,024	S
K méq/l	4,63	<0,001	HS

HS : hautement significative ; S : significative; NS : non significative

L'analyse du tableau 66 indique que les teneurs moyennes des eaux en résidus secs, extraits secs, cations et anions sont toujours plus fortes en été qu'en hiver. Il s'avère aussi que, exception faite pour les chlorures et les phosphates, les différences entre les moyennes de l'été et de l'hiver des autres éléments sont toutes statistiquement significatives à hautement

significatives (tableau 67). De ce fait, malgré la rareté des pluies et donc des apports durant la période estivale, les eaux de l'été sont nettement plus chargées que celles de l'hiver. La forte évapotranspiration du climat méditerranéen durant la période estivale aboutit à une diminution des quantités d'eau et donc à l'augmentation des concentrations en éléments solubles et pseudo-solubles des lacs et marais. Le tableau 66 montre aussi que les extraits secs, les résidus secs et les différentes concentrations ioniques des eaux se caractérisent par une forte ( $CV > 30\%$ ) à très forte variabilité spatiale ( $CV > 100\%$ ). Le pH et la CE n'échappent pas à cette règle et se comportent similairement aux autres paramètres sauf que la moyenne des pH de l'hiver est supérieure à celle de l'été.

**b- L'analyse hiérarchique :** Cette analyse a pour objectif une structuration des stations en fonction de leur degré de similarité et de ressemblance. Présentée sous forme d'un arbre hiérarchique, elle a permis de subdiviser les stations étudiées en groupes plus au moins homogènes pour la période sèche et pour la période humide.

- **La période sèche :** L'analyse hiérarchique reconnaît neuf groupes homogènes durant cette période (figure 21).

- **Groupe 1 :** Le groupe 1 est représenté par la station de la Mekrada Nord qui se distingue par une conductivité électrique très élevée, des valeurs de chlorure de l'ordre de 100 fois plus que les autres stations et un extrait sec très important.

- **Groupe 2 :** Ce groupe est composé par les stations de Righia 9 et Righia 13 qui se situent dans les dépressions dunaires. Ces deux stations se caractérisent par des valeurs très importantes en sulfate et une conductivité électrique relativement élevée.

- **Groupe 3 :** Le groupe 3 rassemble les stations d'El- Mellah à savoir Boumelek, Lac Mellah et Mechta El-Mellah qui ont des conductivités électriques élevées, un pH neutre et une teneur en sulfate comprise entre 4 et 7 mg/l.

- **Groupe 4 :** Dans ce groupe, on trouve les stations de Righia 2, Righia 6, Righia 8, Righia 10, Righia 11 et Righia 12. Ces stations sont géographiquement très proches les unes des autres et forment l'essentiel de la Nechâa Righia dans sa partie Nord Est. Les teneurs en sulfates de ces stations sont semblables, mais leur pH est variable tandis que la conductivité électrique est très basse.

- **Groupe 5 :** Ce groupe est représenté par les stations de Righia 1, Righia 5, Righia 7 et par la station d'Estah. Il se distingue par la présence d'un plan d'eau permanent, des teneurs en sulfate assez basses et un pH proche de la neutralité. Le groupe 4 et le groupe 5 forment l'essentiel de la Nechaa de Righia.

- **Groupe 6 :** Le groupe 6 regroupe les stations de Bougles 2, Righia 4, aulnaie de Bougles, Oum Agereb 1, Oum Agereb 3, tourbière Demnet El-Rrihane, Boumehcen station, Oued El-Hout 1, Oued Barita et Tonga Saulés. Ces stations sont riches en matière organique notamment en produits organiques solubles, leurs eaux sont pauvres en éléments minéraux.

- **Groupe 7 :** Il regroupe les stations de Bougles 1, Oued Bouaroug 3, Oum Agereb 2, Sidi Arous, tourbière du Lac Bleu, Taguida, Oued El-Hout 2, Bougles 4, Oum Agereb 4, Bougles 3, Boumahcen aulnaie, Chabat Demnet El-Rrihane, Boumerchen et Garat Digue. Les eaux de ces stations sont stagnantes ou à faible écoulement. Ce groupe se caractérise un pH acide, des teneurs en résidus secs moyennes à faibles et une conductivité électrique assez élevée. Les stations de ce groupe sont pauvres en sulfate.

- **Groupe 8 :** Ce groupe renferme les stations de Tonga Nord Est qui sont Mechta Oum El- Chttab, Oued El –Melleh, Tonga Est, Tonga Cyprés Chauves, Chalet, la Digue, Marais Messida 2, Bouehcen Garat Marais Messida 1. Ces stations se caractérisent par des eaux ayant un pH supérieur à 7 et des teneurs en sulfate relativement importantes.

**Groupe 9 :** Ce groupe peut être divisé en deux sous-groupes. Le premier sous-groupe renferme les stations d'Estah, Lac Obeira Nord, Tonga Aulnaies Ouest, Aulnaies du Lac Bleu, Berrihane, Oued Bouaroug 1 et par l'Est de la Digue. Ce sous-groupe se caractérise par une eau de surface stagnante et par une végétation dense et diversifiée, le pH est légèrement acide. Le deuxième sous-groupe est constituée par les stations de Oued Rigubet, Oued Eurg, Oued Bouaroug 2 parc, Tonga aulnaie, Oued Messida 1, Oued Messida 2 et Oued Messida 3. Ce sous-groupe se caractérise par son eau qui est courante et aérée et par sa pauvreté en éléments minéraux. Le pH est proche de la neutralité, la conductivité électrique est supérieure à 1000 $\mu$ s.

D'une manière générale cette analyse hiérarchique durant la période sèche a fait apparaître des affinités qui ne sont pas liées automatiquement à la position géographique de la station, mais plutôt, elle fait apparaître des caractéristiques propres à l'eau et à son état dans la station (eau courante, stagnante...).

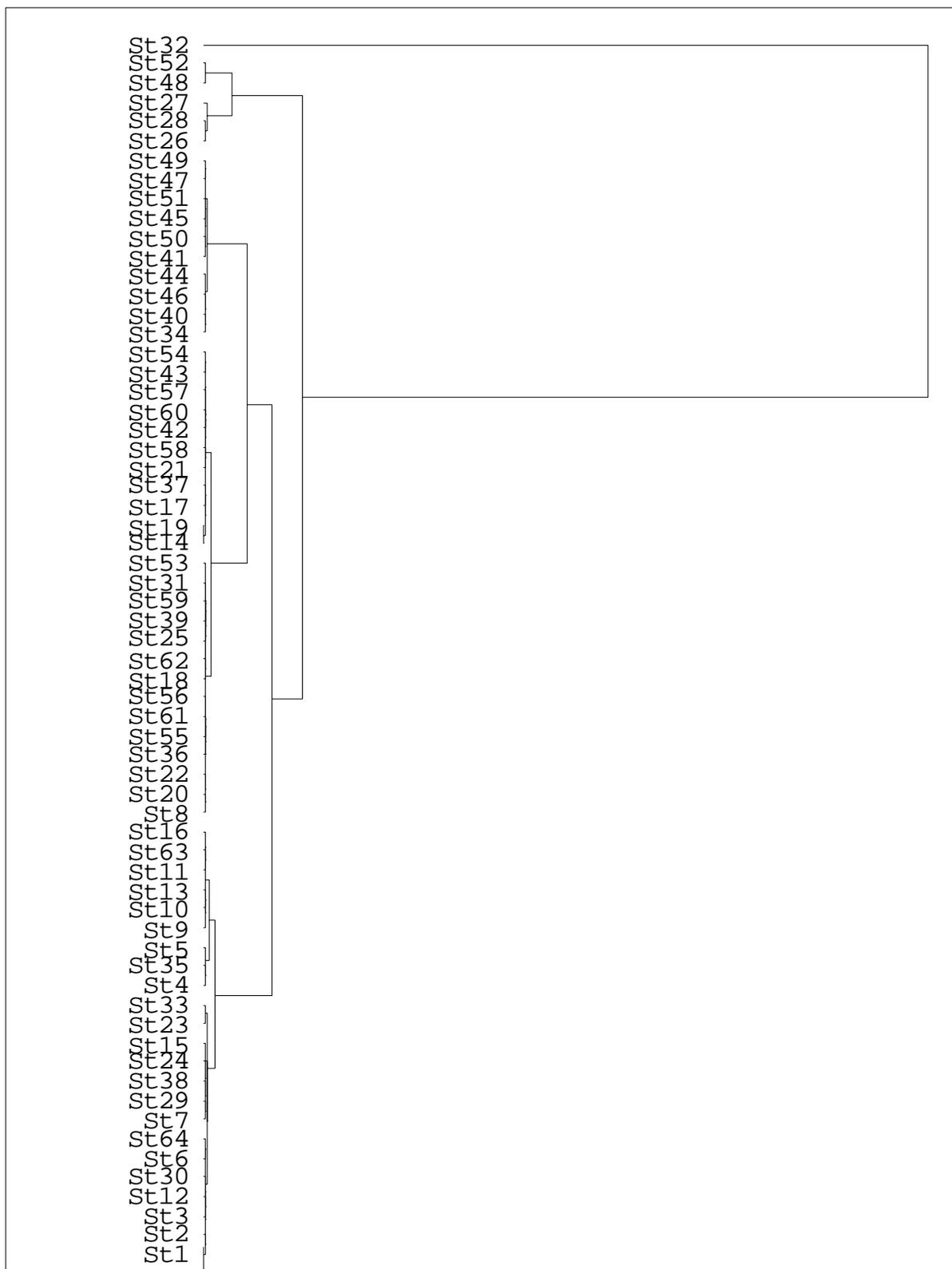


Figure 21 : Analyse hiérarchique (période sèche)

- **Période humide** : L'analyse hiérarchique menée à la fin de la période humide reconnaît également neuf groupes homogènes.

• **Groupe 1** : Ce groupe est représenté par la station de la Mekrada Nord. Malgré les fortes précipitations qu'a connu la région durant la saison humide, les eaux de la Mekrada Nord restent des eaux chargées et leur conductivité électrique est forte ( $CE > 1000\mu s$ ).

• **Groupe 2** : Le groupe 2 est constitué par les stations de Boumehcen Garat et Lac Mellah Est. Ce groupe se caractérise par un pH proche de la neutralité et une teneur en sulfates de l'ordre de 0,3 %.

• **Groupe 3** : Ce groupe est représenté par les stations de Tonga Aulnaies, Tonga Cypres Chauves, Tonga Saué, Tonga Aulnaie Ouest et Righia 10. Ces stations sont sous l'influence d'un couvert végétale permanent a base d'aulne, le pH est compris entre 6,5 et 6,8 et la conductivité électrique est très basse.

• **Groupe 4** : Il est constituée par un regroupement des stations qui sont en face d'Estah, Mechta El-Mellah, Boumelek, Oued El-Hout 2, Oued Barita, Marais Messida 2, Oued Eurg, Marais Messida 1. Cet ensemble de stations se caractérise par une teneur en sulfate et phosphate presque identique, mais leurs pH sont très variables.

• **Groupe 5** : Ce groupe est constitué par les stations situées dans la dune où les eaux sont stagnantes Il renferme les stations des aulnaies de Bougles, Bougles 1, Bougles 2, Bougles 3, Bougles 4, Righia 7, Righia 12, Righia 13 et Boumahcen station. Ces stations se caractérisent par des pH proches de la neutralité et par des teneurs en extrait sec relativement basses.

• **Groupe 6** : Le groupe 6 renferme les stations de Righia 2, Righia 3, Righia 4, Righia 6, Righia 8, Righia 9, Righia 11, Oum Agereb 1, Oum Agereb 3, Chabet Demnet El-Rrihane, Boumehcen Aulnais et Boumerchen. Les eaux de ces stations sont pauvres en éléments minéraux, leur pH est de l'ordre de 6, 5 et leurs teneurs en sulfates sont basses.

• **Groupe 7** : Le groupe 7 regroupe les stations disséminées sur la partie Nord de la dune. Il s'agit des stations de Righia 1, Sidi Arous, Estah, Oued Bouaroug 2, Oum Agreb 2, Righia 5, Oum Agreb 4 et de l'aulnaie du Lac Bleu. Ces stations se caractérisent par une conductivité électrique qui avoisine les 200 us/cm.

• **Groupe 8** : Ce groupe est constitué par les stations de Oued Bouaroug 1, tourbière Lac Bleu, Lac Obéira Nord, Oued Riguibet, Oued EL-Malleh, Oued Bouaroug 3, Oued Messida 2, Oued Messida 3, Mechta Oum Chttab et Taguida, dont les eaux sont courantes et pauvres en éléments minéraux, le pH neutre, l'extrait sec important et la conductivité électrique basse.

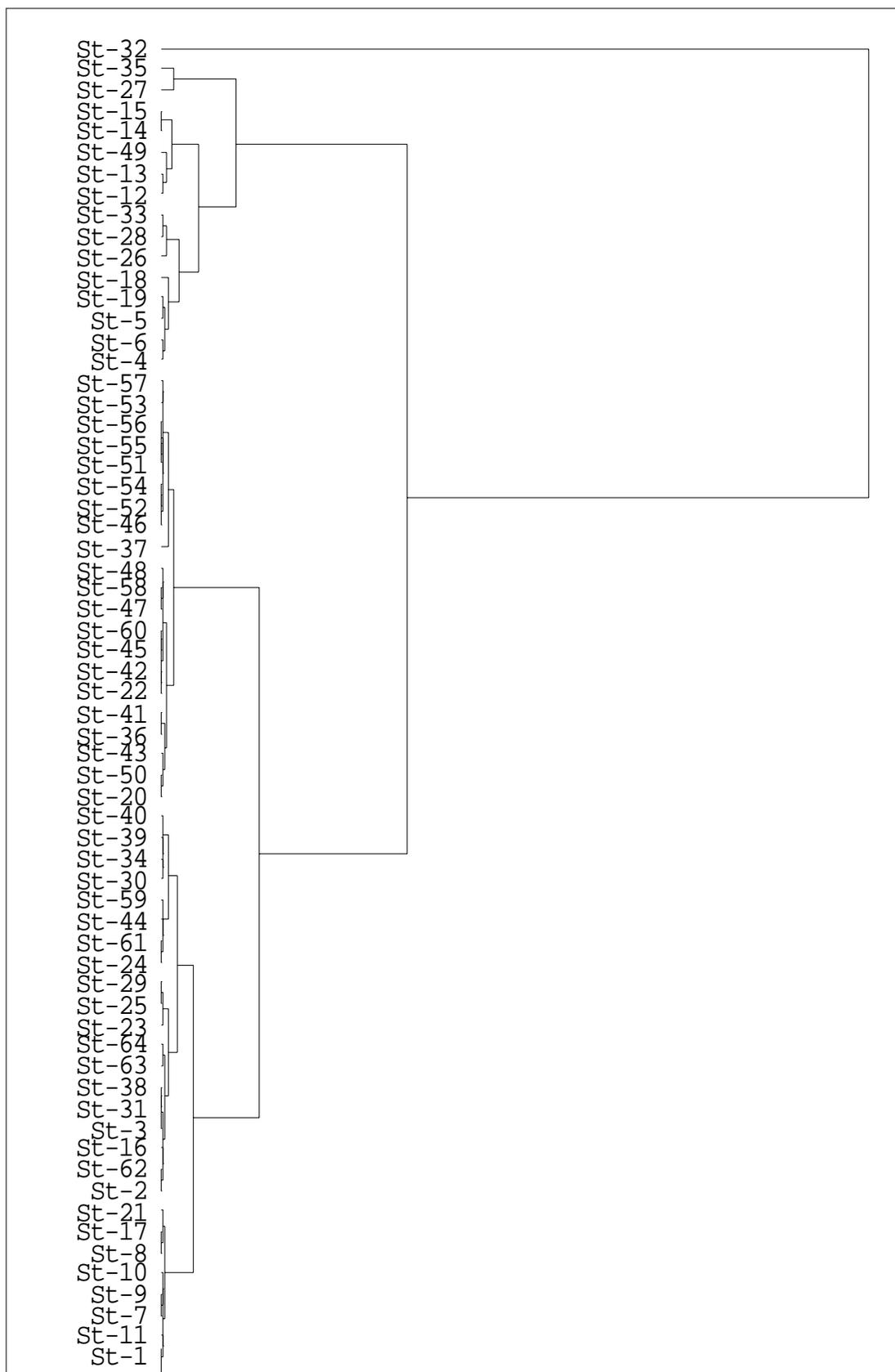


Figure.22- Analyse hiérarchique (période humide)

- **Groupe 9 :** Le groupe 9 renferme les stations de la tourbière Demnet El-Rihane, Oued El-Hout 1, Garat Digue, Chalet, la Digue, Est de la Digue, Tonga Est et Oued Messida 1. Le point commun de ces stations est le pH qui est relativement élevé mais reste proche de la neutralité, la conductivité électrique est de l'ordre de 300  $\mu$ s. Ces stations sont pauvres en éléments minéraux.

D'une manière générale, les résultats de l'analyse physico-chimique des différentes stations lors de la saison humide présentent une difficulté d'interprétation à cause probablement des fortes précipitations qu'a connu la région lors de cette période et qui auraient provoqué une forte dilution dans ce milieu.

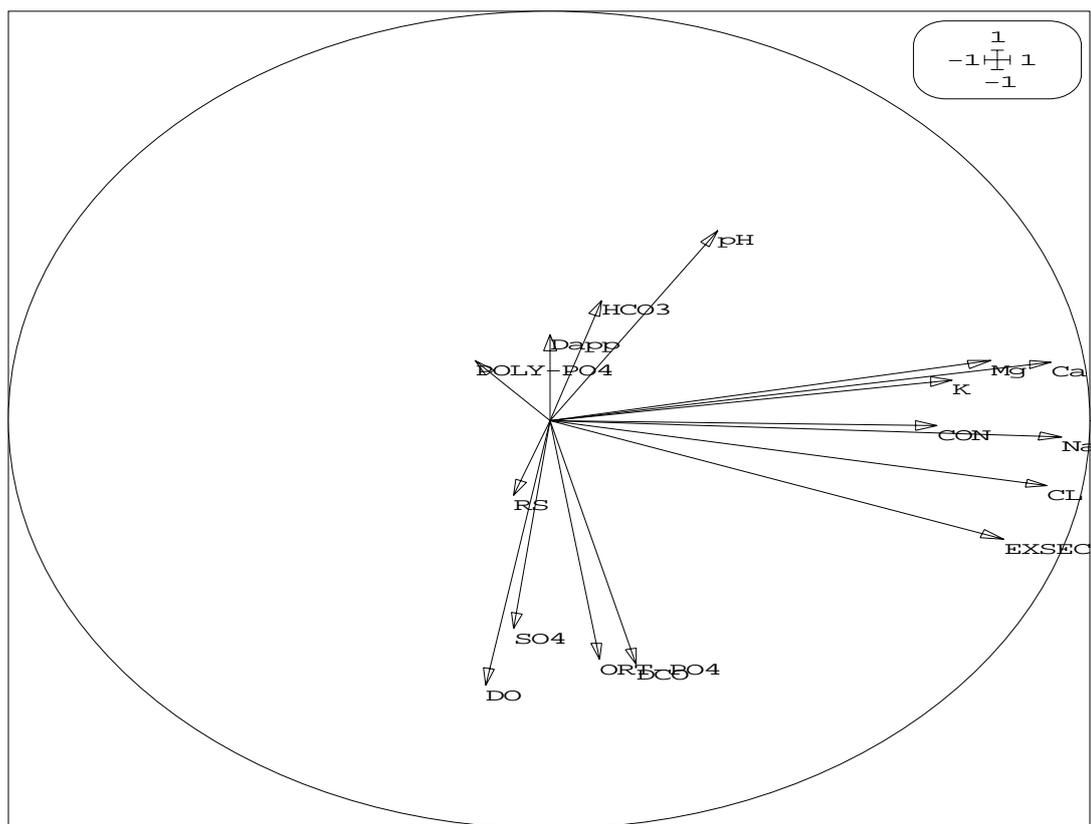
La comparaison du classement hiérarchique entre la période sèche et la période humide révèle que la Mekrada Nord reste une station particulière quelque soit la période. Les autres stations ont subi l'effet de la dilution de la période humide. L'effet dilution de la période humide se traduit par un pH neutre, une conductivité électrique basse et une pauvreté des eaux en éléments minéraux.

**c- L'analyse en composantes principales (ACP) :** Ce type d'analyse permet d'ordonner les échantillons selon leurs liens avec les paramètres. Tous les points sont répartis par calcul, selon leurs degrés de parenté, dans un espace multidimensionnel. Afin de rendre celui ci visualisable, on projette les points sur un plan formé par les deux dimensions qui reflètent au mieux l'ensemble (Blanc, 2000). Dans l'ACP, la notion de valeurs propres exprime le pourcentage d'inertie qui est pris par chaque axe factoriel.

- **La période sèche :** Durant la période sèche, la variance du nuage de points sur l'axe 1 rapporte 32 % d'inertie globale, sur l'axe 2 il est de l'ordre de 12 % alors que sur l'axe 3 il est de 11 %. On estime que le plan 1-2 remporte 44 % d'information maximum, tandis que le plan 1-3 remporte 43 %, quant au plan 2-3, il n'en remporte que 23 % de l'information totale. Aussi, nous présentons les résultats selon le plan factoriel 1-2.

La figure 23 indique que l'ensemble des cations (Ca, Mg, k, Na), la conductivité électrique, les chlorures et l'extrait sec se situent dans la partie positive de l'axe des abscisses et qu'ils sont proches de l'origine de l'axe des ordonnées. Le pH, les bicarbonates et les phosphates évoluent dans la partie positive des deux axes. Les sulfates évoluent dans la partie négative de l'axe des ordonnées et dans la partie positive des axes des abscisses. Le résidu sec et les sulfates évoluent dans la partie négative des deux axes.

Ces résultats indiquent que le pH et les bicarbonates évoluent dans le sens opposé des sulfates et du résidu sec. Ils signifient que les eaux des stations étudiées sont sous l'influence des phénomènes d'oxydo-réduction, en particulier l'oxydation du soufre et la réduction des sulfates. Ce rôle peut être tenu par exemple par l'action de *Desulfovibrio desulfuricans* qui est une bactérie capable de réduire les sulfates  $SO_4^{2-}$  en sulfures, puis en hydrogène sulfuré  $H_2S$ . Bien qu'étant anaérobie stricte, dans certaines conditions, cette bactérie résiste bien à l'oxygène. On la retrouve dans les sols, mais aussi dans les vases, même salées, sous les pierres où sa présence est attestée par un dépôt de fer noirâtre et une forte odeur d' $H_2S$  (Toutain, 1984). Les autres éléments semblent jouer un rôle négligeable, résultat qui confirme la pauvreté de ces eaux en éléments minéraux.

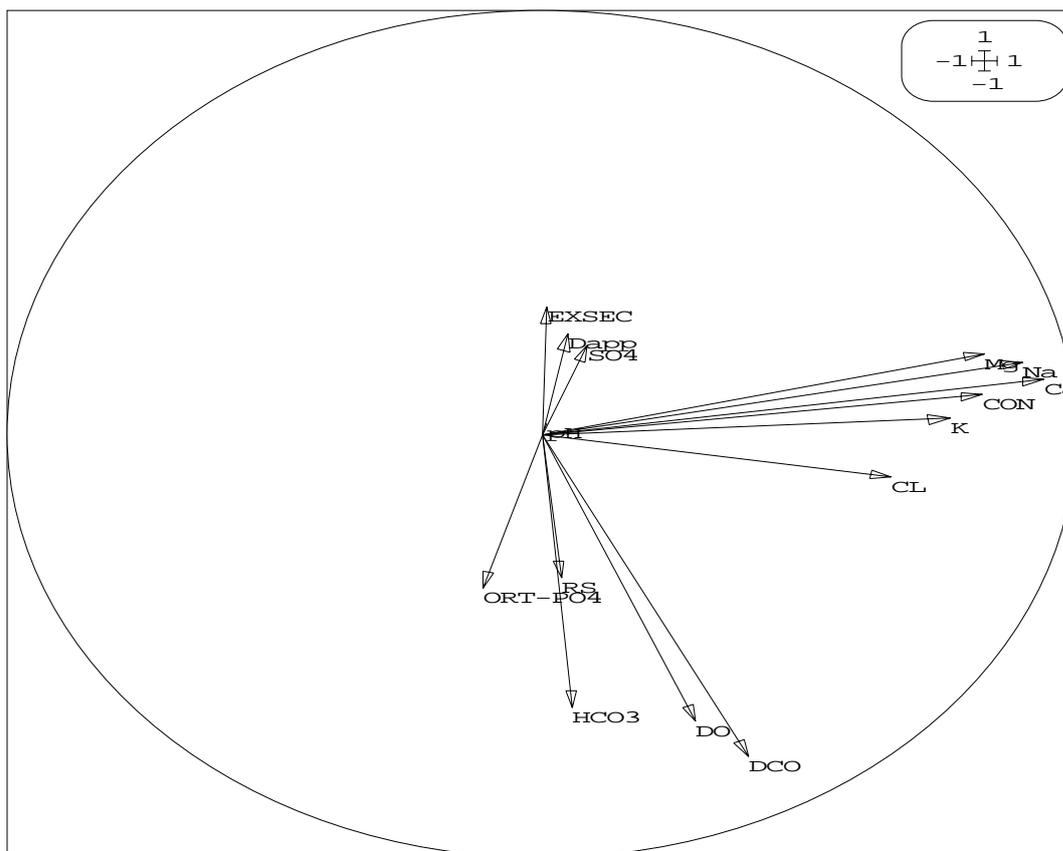


**Figure 23 :** Analyse en composante principale (ACP) plan 1-2 (période sèche)

- **Période humide :** Durant la période humide, nous constatons que l'information remontée par le plan 1-2 est de 42 %, par le plan 1-3 est de 39 % et celle par le plan 2-3 est de 23 %. Il existe donc une certaine similitude entre la période sèche et la période humide. Comme pour la période sèche, nous retenons donc la répartition selon le plan factoriel 1-2.

La figure 24 montre que l'ensemble des cations (Ca, Mg, K, Na), la conductivité électrique et les chlorures évoluent dans la partie positive de l'axe des abscisses et qu'ils sont proches de l'origine de l'axe des ordonnées. Les phosphates se situent dans la partie négative des deux axes à l'opposé de l'extrait sec et des sulfates. Dans la partie négative de l'axe des ordonnées, nous retrouvons les bicarbonates et le résidu sec. Cette distribution traduit l'effet de la dilution avec élimination du rôle du pH et l'évolution dans le même sens des éléments minéraux, de la conductivité électrique et des chlorures. Les autres paramètres manifestent une opposition très peu décelable sauf celle qui oppose les orthophosphates aux sulfates et aux résidus secs.

Les résultats obtenus jusque là sur les eaux du complexe humide de la Numidie Orientale indiquent un effet de situation géographique sur la dispersion des stations étudiées. Cette dispersion serait en relation avec les conditions locales de la station tels que la nature des eaux (courantes ou stagnantes) et du substrat. Par contre, l'analyse en composantes principales n'a révélé que le rôle joué par le pH et les sulfates lors de la saison sèche, pendant la période humide l'effet de la dilution semble être déterminant dans l'ensemble des stations



**Figure 24-** Analyse en composante principale (ACP) plan 1-2 (période humide)

**d- Analyse de la distribution spatiale des paramètres d'est en ouest :** Pour mieux appréhender cette variabilité spatiale et saisonnière, les valeurs de l'été et de l'hiver de chaque paramètre étudié ont été reportées sur un graphe d'abscisse X et d'ordonnée Y, les axes X et Y correspondent respectivement aux stations de mesure prises d'est en ouest et aux valeurs des paramètres hydrochimiques des eaux.

- **Les résidus et extraits secs :** Les teneurs des eaux en résidus secs et en extraits secs sont légèrement plus faibles et plus homogènes en hiver qu'en été (figures 25 et 26). En effet, la majorité des stations de mesure enregistrent des teneurs en résidus secs inférieures à 50 mg/l, voire à 25 mg/l en hiver, contre des teneurs comprises entre 25 et 150 mg/l en été ; les teneurs en extraits secs sont comprises dans la plupart des cas entre 50 et 500 mg/l en hiver et entre 50 et 1000 mg/l en été.

- **La composition cationique :** Les figures 27, 28, 29 et 30 indiquent que les teneurs cationiques des eaux sont également légèrement plus faibles en hiver qu'en été. Elles révèlent aussi une grande similitude de distribution spatiale des teneurs cationiques de l'été et de l'hiver. Il ressort aussi que d'une façon générale, les stations les plus riches en calcium le sont aussi pour les autres cations et que les teneurs cationiques des eaux varient globalement dans le sens  $Ca > Mg > Na > K$ . En effet, la majorité des points se situent entre 0,5 et 1,5 mg/l pour le calcium et autour de 0,25 mg/l pour le magnésium, 0,05 mg/l pour le sodium et 0,025 mg/l pour le potassium.

- **La composition anionique :** En ce qui concerne les anions, les figures 31, 32, 33 et 34 révèlent 3 situations différentes. La première situation concerne les phosphates et les

bicarbonates dont les teneurs sont toutes très faibles ( $< 1$  mg/l) et homogènes aussi bien en hiver qu'en été. Le deuxième cas concerne les sulfates qui ont des teneurs homogènes et faibles ( $< 1$  mg/l) en hiver, alors que leurs teneurs d'été sont hétérogènes et relativement fortes ( $1 \text{ mg/l} < \text{SO}_4 < 7,5 \text{ mg/l}$ ). Le troisième cas est représenté par les chlorures dont les teneurs varient fortement d'une station à une autre, mais les différences entre les teneurs moyennes de l'été et celles de l'hiver ne sont pas perceptibles.

- **Le pH** : Les résultats indiquent que les pH varient considérablement d'une station à une autre. En effet, les minima et les maxima se situent entre 3,94 et 7,73 en été contre 5,85 et 8,81 en hiver avec une dispersion nettement plus marquée en été (CV = 13,5 %) qu'en hiver (CV = 6 %). Ce résultat est confirmé par la figure 12 qui montre que la majorité des valeurs du pH de l'été se situent entre 4,7 et 7,7 contre 6 et 7,2 pour les valeurs de l'hiver. La figure 35 montre aussi une tendance à l'acidification des eaux en été quand on se dirige de l'est vers l'ouest. En hiver, les pH ont tendance à s'acidifier à l'est et à s'alcaliniser à l'ouest. De ce fait, les pH ont tendance à se neutraliser durant la période humide suite probablement à leur forte dilution, les analyses ayant montré que dans tous les cas, les eaux prélevées en été sont toujours plus concentrées que celles prélevées en hiver (tableau 67).

- **La conductivité électrique** : Comme pour le pH, la CE varie fortement dans l'espace aussi bien en été (CV = 93 %) qu'en hiver (CV = 87 %). Dans la quasi-totalité des cas, les eaux sont nettement plus salées en été (moyenne =  $1154 \mu\text{S/cm}$ ) qu'en hiver (moyenne =  $360 \mu\text{S/cm}$ ), la différence de salinité étant beaucoup plus marquée à l'est qu'à l'ouest de la zone d'étude (figure 36). La figure 36 montre aussi qu'en été, la majorité des eaux situées dans la partie est de la zone a des CE comprises entre  $1000 \mu\text{S/cm}$  et  $2500 \mu\text{S/cm}$ , celles situées dans la moitié ouest ont presque toutes des CE inférieures à  $500 \mu\text{S/cm}$ . Il ressort donc que globalement, durant la période estivale, il existe un gradient de salinité d'est en ouest. En hiver, les eaux de la zone ont presque toutes des CE inférieures à  $500 \mu\text{S/cm}$  et ne sont donc pas salées, elles ont tendance à s'uniformiser dans toute la région d'étude. Ces résultats signifient que les eaux de l'été sont nettement plus chargées que celles de l'hiver qui se diluent par les pluies et surtout par les apports d'eau superficiels et hypodermiques.

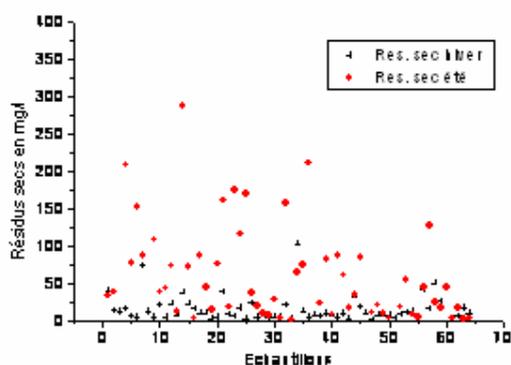


Figure 25-Teneurs des eaux en résidu sec en hiver et en été

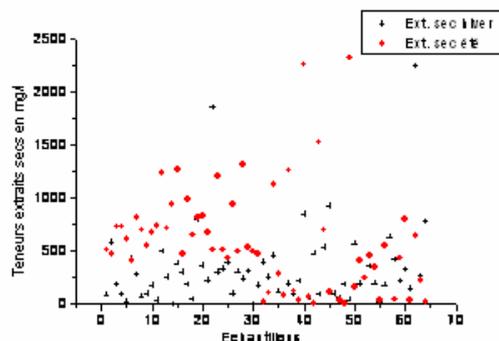


Figure 26- Teneurs des eaux en extrait sec en hiver et en été

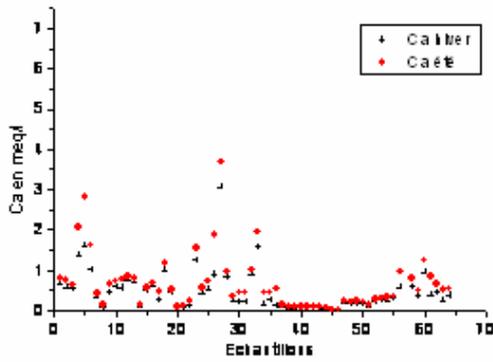


Figure27- Teneurs des eaux en Calcium en hiver et en été

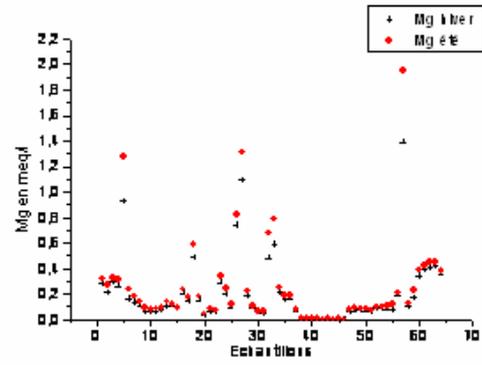


Figure28- Teneurs des eaux en Magnésium en hiver et en été

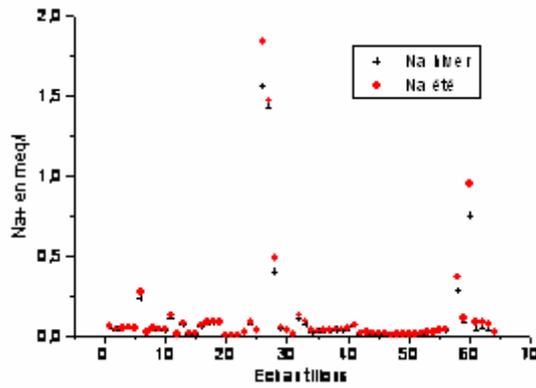


Figure 29- Teneurs des eaux en Sodium en hiver et en été

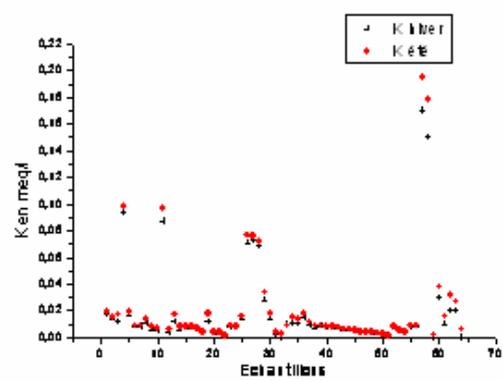


Figure 30- Teneurs des eaux en Potassium en hiver et en été

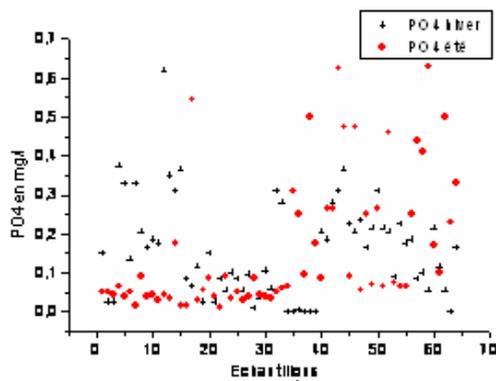


Figure 31- Teneurs des eaux en phosphates en hiver et en été

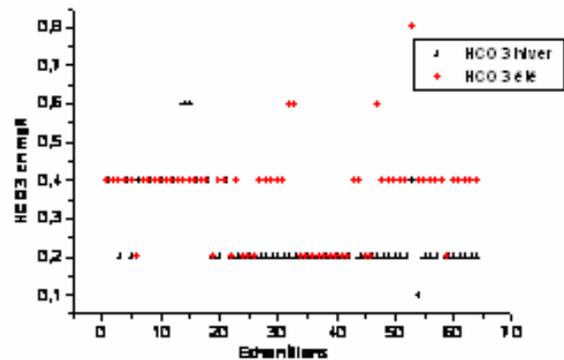


Figure32- Teneurs des eaux en Bicarbonates en hiver et en été

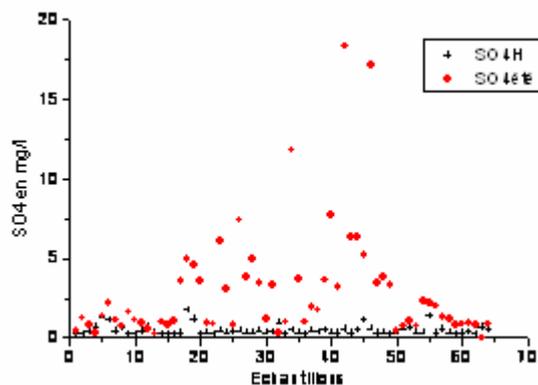


Figure 33- Teneurs des eaux en sulfates en hiver et en été

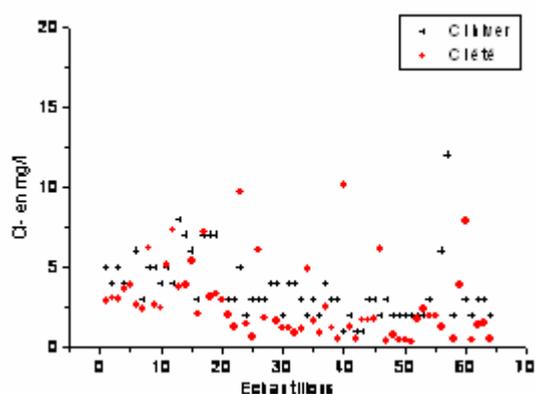


Figure 34- Teneurs des eaux en chlorures en hiver et en été

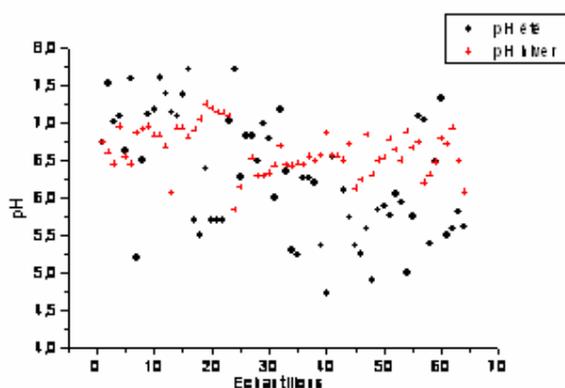


Figure 35- pH des eaux en hiver et en été

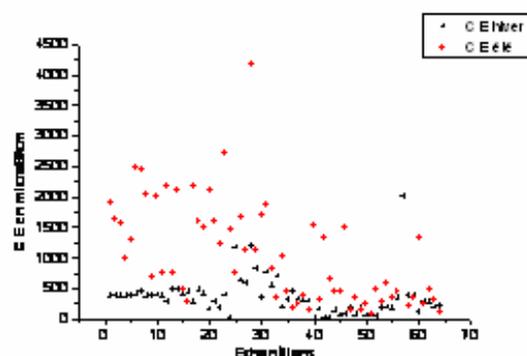


Figure 36- Conductivité électrique des eaux en hiver et en été

Les résultats obtenus ont montré que les teneurs moyennes des eaux de la zone humide de la Numidie orientale en résidus secs (36 mg/l), extraits secs (330 mg/l), cations (< 0,75 meq/l) et anions (< 3,6 mg/l) sont faibles, en particulier durant la période hivernale. Ils ont montré aussi que ces eaux sont dépourvues de carbonates et qu'elles ont tendance à être légèrement acides (pH = 6,6 en hiver) et non salées (CE < 1134  $\mu$ S/cm).

L'eau de ces milieux est d'une façon globale une eau peu chargée, oligotrophe, souvent douce, légèrement saumâtre par endroit et rarement salée. Par ailleurs, les statistiques ont révélé que tous les paramètres étudiés varient très peu dans l'espace et dans le temps. En effet, même si la majorité des paramètres étudiés varient dans un intervalle relativement réduit, ce qui dénote une certaine homogénéité des caractéristiques physico-chimiques des eaux, les écarts entre les minima et les maxima ainsi que les coefficients de variation (CV%) sont tous importants, en particulier en été. De ce fait, les eaux de ces zones humides seraient sous la dépendance des conditions stationnelles. Ce phénomène est bien illustré par la forme hétérogène des nuages des points des différentes figures, en particulier par celles relatives au pH et à la CE durant la période estivale qui révèlent une certaine tendance à l'acidification des eaux et à la diminution de leur salinité quand on se dirige de l'est vers l'ouest. Il s'est

avéré aussi que les teneurs des ces eaux en extraits secs et résidus secs ainsi que leurs concentrations ioniques sont plus fortes et plus variables en été qu'en hiver. Ainsi, l'importante dilution provoquée par des apports massifs d'eau en hiver provoque une diminution de la concentration des résidus secs et donc des sels solubles, phénomène qui se répercute sur le pH et la CE. En hiver, les eaux de la zone humide ont donc tendance à s'acidifier à l'est et à s'alcaliniser à l'ouest avec des pH qui se stabilisent entre 6,5 et 7. Cette acidification des eaux à l'est s'accompagne par une forte chute de la conductivité électrique, phénomène moins marqué à l'ouest car la CE était déjà très faible. Ces résultats sont relativement analogues à ceux obtenus par Buttler et Gobat (1991) sur la rive sud du lac Neuchâtel en suisse ou à ceux de De Connik *et al* (1991), Thremolières *et al* (1991), Wenzel *et al* (1994) et Bureau *et al* (1994)] qui ont étudié des nappes proches de la surface des sols en milieu forestier.

### Conclusion

Il ressort donc que le climat méditerranéen provoque une modification profonde des paramètres hydrochimiques des eaux des zones humides. Les eaux de ces zones sont relativement plus concentrées en été et en conséquence elles sont plus salées qu'en hiver.

Cette alternance de concentration et de dilution provoque également, en fonction des conditions stationnelles, une acidification ou, au contraire, une alcalinisation des eaux. Ces milieux humides, qui en fait sont des écosystèmes très fragiles, se sont bien adaptés à cette alternance des caractéristiques hydrochimiques de leurs eaux entre l'été et l'hiver. Cependant, une sécheresse assez prolongée ou une exploitation excessive des ressources hydriques de ce milieu pourrait mettre en péril l'équilibre précaire de cet environnement à cause d'une orientation de ces zones vers une évolution en cycle ouvert.

La présence de la nappe dunaire au nord présente des écoulements souterrains orientés vers le marais dont les plans d'eaux interdunaire tel que le lac Noir constitue un affleurement de la nappe. Toutefois, le fonctionnement des nappes est mal connu, peu de travaux lui ont été consacrés pour lui permettre de préciser les relations entre nappes dunaires et les marais d'une part et entre la nappe de la plaine argileuse et les dépressions humide d'autre part.

***Chapitre III-  
Caractérisation de la matière  
organique des sols***

## Introduction

La matière organique est un composant essentiel du sol. En effet, elle stocke et libère des éléments nutritifs assimilables par les végétaux, facilite l'infiltration de l'eau dans le sol, retient le carbone, stabilise le sol, réduit l'érosion et régularise l'action des pesticides (Duchaufour, 1989). Les teneurs optimales en matière organique pour la production végétale varient selon le type de sol.

La matière organique du sol englobe les résidus végétaux et animaux aux divers stades de décomposition, les cellules et les tissus des organismes du sol, ainsi que les substances produites par les microbes du sol. Une fois bien décomposée, la matière organique forme l'humus. La matière organique du sol est composée de chaînes et de noyaux carbonés auxquels se fixent d'autres atomes (Pinton *et al.*, 1997).

Les sols organiques des tourbières et des marécages renferment les plus forts taux de matière organique, mais leur superficie est très limitée par rapport aux sols minéraux.

Le climat, la végétation, le matériau parental, la topographie, l'utilisation des terres et les pratiques agricoles sont tous des facteurs qui influent sur la teneur optimale de la matière organique du sol (Monrozier, *et al.*, 1983)

### 4.1- Evolution de la matière organique

Selon Bariuso *et al.* (1985), la matière organique se subdivise en deux groupes, l'un biologique relié au monde vivant ainsi que ses restes et les produits de ses activités, l'autre renferme un groupe de molécules ne se trouvant pas dans le monde vivant et qui sont d'origine biochimique et physico-chimique assez complexe dans leur composition et leur structure, il s'agit des molécules humiques.

La matière organique peut avoir deux origines, une origine exogène (pluiolessivats, déjections de la méso et la macrofaune ainsi que des animaux supérieurs, l'ensemble du matériel végétal, les cadavres d'animaux) et une origine endogène (biomasse microbienne, exsudations racinaires). Le retour au sol et son enrichissement se fait par proportion inégale selon les conditions du milieu (aléas climatiques, type du matériel apporté, rythme et agent intervenant dans les processus de décomposition pédogénétiques). C'est elle qui définit le type d'humus formé en surface (Puget *et al.*, 2000; Graham, Haynes et Meyer, 2002).

Les composés organiques sont regroupés dans des structures organisées ou amorphes qui peuvent être simples ou complexes, libres ou formant des associations avec d'autres constituants du sol (Chevallier *et al.*, 2004). Ces composés organiques qui sont constitués de 5 types se composent de résidus frais non décomposés, de substances organiques, de la biomasse microbienne, de substances non humiques et de substances humiques qui se répartissent en acides fulviques, acides humiques, humine et en acide humatomélamique. Les substances humiques regroupent une multitude de groupements fonctionnels qui sont en interaction avec d'autres groupements de même nature ou de nature différente. Ils peuvent être fixés directement sur le nucleus ou bien portés par les extrémités libres des chaînes liées à la molécule du polycondensat tels que les groupements COOH, OH, CH<sub>3</sub>O, C = O, les groupements phénoliques, NH<sub>2</sub> et les fonctions azotées combinées (Bayer *et al.*, 2002). Ces fractions qui diffèrent entre elles par la structure, la composition élémentaire, le poids moléculaire, le degré d'encombrement et la capacité à migrer contractent avec la fraction minérale du sol (argile ou éléments métalliques) des liaisons fortes pour former des complexes organo-minéraux (Bronick. et Lal., 2005) Quand elles sont regroupées, ces fractions organiques constituent l'humus du sol qui peut être à l'état libre ou flocculé. L'humus peut être subdivisé en 3 groupes distincts (Delcour, 1983) :

- Le groupe des humus peu actifs : Il est caractérisé par un pH bas et une faible transformation (humification) et incorporation à la fraction organique. On retrouve dans ce groupe, le mor, le dysmoder et le moder.

- Le groupe des humus actifs : Ce groupe caractérise les milieux biologiquement très actifs, le pH ne s'abaisse pas au-dessous de cinq. Cet humus qui se minéralisent rapidement est représenté par les mulls eutrophe, mésotrophe, oligotrophe, carbonaté, et calcique.

- Le groupe où la décomposition de la matière organique est bloquée suite à une hydromorphie du milieu ; il comprend la tourbe et l'anmoor. En plus de l'hydromorphie, le pH et l'activité biologiques sont capables de se combiner et donner des sous types d'humus (Duchaufour, 1995).

#### 4.2- Les voies de transformation de la matière organique

Dans le sol, la matière organique subit des transformations plus ou moins poussées selon les conditions édaphiques (figure 37). Les divers types d'humus et les proportions des substances humiques issues de la diversification du rythme de l'humification sont dus à plusieurs facteurs (Duchaufour 2001) comme le type du matériel existant à la surface du sol, les propriétés physico-chimiques de la roche- mère, les types de végétaux et leurs exigences, l'aération du sol, les facteurs anthropiques et la texture et humidité du sol.

L'action de tous ces facteurs convergent vers l'intensité de l'activité biologique qui est responsable, pour la plus grande part, de la formation de l'humus dans le sol (Dabin, 1980 ; Duchaufour, 2001).

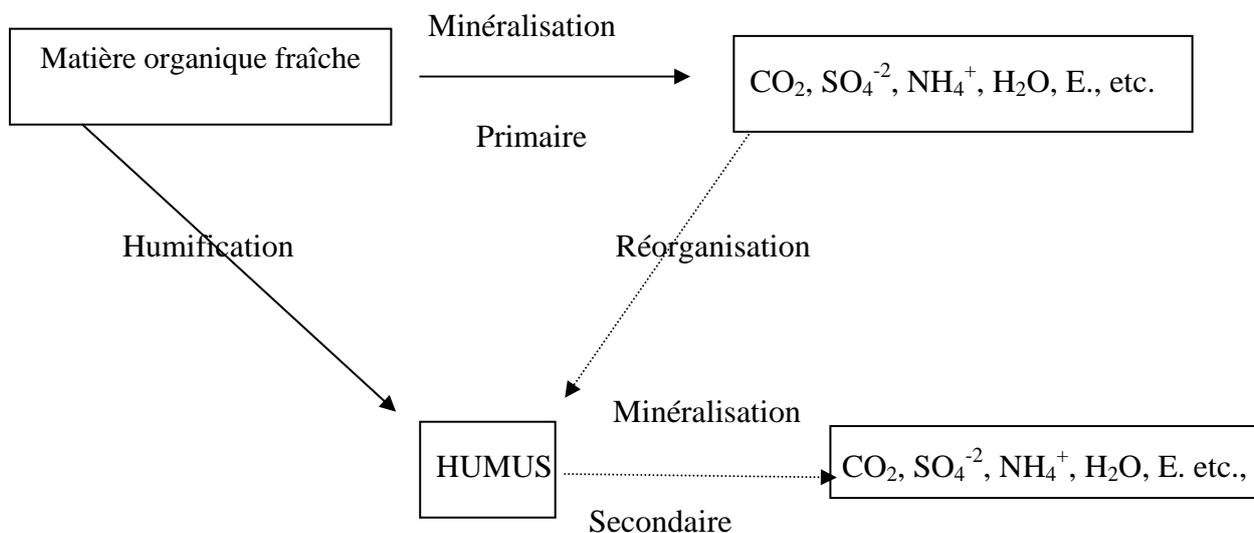


Figure 37- Schéma de l'évolution de la matière organique fraîche (Duchaufour, 1995)

La dynamique de la matière organique du sol revête en plus de la signification méthodologique un sens génétique particulièrement intéressant puisque le passage des acides fulviques vers les acides humiques est un accès à des classes de matière organique de plus en plus polycondensées, à poids moléculaire de plus en plus élevé, de moins en moins fonctionnalisées traduisant une maturation ou humification des matières organiques (Six et al., 1999). D'après Andreux (1985), les différentes transformations subies par la matière organique permettent sa répartition en plusieurs compartiments qui diffèrent les uns des autres par des propriétés physiques et chimiques. Mais ces différentes fractions peuvent passer d'un compartiment à un autre suivant un type d'évolution du sol et en fonction des conditions du

milieu (enrichissement ou appauvrissement du sol, exigences des végétaux, facteurs climatiques)( Pillon, 1986).

La dynamique de la matière organique relève de son pouvoir à migrer qui, lui-même, conditionne pour une grande part sa répartition dans le sol. La répartition de la matière organique ou plus précisément de l'humus nécessite d'abord sa dispersion qui est contrôlée par une multitude de facteurs (Six et al., 1999 ; Duchaufour, 1995 ; Benslama, 1993 ; Dabin, 1980 ; Turenne, 1975). La matière organique peut se retrouver également dans le sol sans être décomposée. Ceci s'observe surtout dans les sols de cultures et en saison sèche particulièrement lors de l'apparition des fentes de retrait dans lesquelles la paille ou autres résidus végétaux peuvent s'y introduire et restés bloqués après fermeture des fentes en saison humide.

La formation d'agrégats organo-minéraux stables indique une bonne incorporation de la matière organique à la matière minérale (Duchaufour et Toutain, 1986). Cette association entre la fraction minérale et la fraction organique est établie grâce à différents types de liaisons entre ces deux compartiments, liaisons qui diffèrent selon les conditions du milieu (Duthil, 1971). Cette association se fait par les liaisons hydrogène, les ponts établis par les cations échangeables et les hydroxydes qui se trouvent à la surface des argiles, les molécules électropositives (acides aminés), les forces de Van Der Waals et les silicates d'Aluminium. Selon Duchaufour (2001), la formation de complexes organo-minéraux résulte de l'action des organismes vivants sur la matière minérale et se trouve à la base de la pédogenèse. Cela se traduit dans les différents types de sol où le degré d'incorporation et la stabilité des complexes sont liés à la nature et à l'origine des matières organiques et minérales (Gobat, *et al.*, 2003). Ces complexes peuvent former des agrégats et micro agrégats de différentes tailles enveloppés ou pas par un revêtement argilo-humique (Bruckert, *et al.*, 1979). Les matières organiques engagées dans ces agrégats peuvent être elles-mêmes humifiées ou non, d'origine bactérienne ou végétale ; la fraction minérale peut appartenir à différentes classes texturales.

D'autre type de complexe organo-minéraux peuvent se former à base de matières humiques et d'ions métalliques qui peuvent s'insolubiliser et se polymériser pour donner naissance à un horizon d'accumulation dit aliotique. (Robin, Bruckert et Dupuis, 1981). On peut également noter la formation de complexe organo-minéral représenté par des cocons argileux enrobant des colonies bactériennes ou des vestiges de leur parois ou de débris végétaux ayant pris naissance dans la phyllosphère et ramenés au sol par la pluie ou retrouvés également dans les fèces de la mésofaune (Kilbertus et Mangenot, 1979).

#### **4.3- Influence de la matière organique sur les propriétés du sol**

La matière organique sous ses différents états confère au sol des propriétés particulières qui jouent généralement en faveur d'un équilibre entre le sol et la végétation. La matière organique est réputée d'être en général de couleur sombre, ce qui permet une absorption plus élevée de chaleur et de rayons solaires ce qui stimulerait l'activité biologique ainsi que les réactions physico-chimiques (Bernoux, 2005). La valeur élevée de la C.E.C des ions humates reflète qu'ils peuvent acquérir un grand nombre de cations ce qui assure une disponibilité en éléments nutritifs ainsi que leur minéralisation (Bernoux, 2005).

L'humus peut se trouver sous forme dispersée et maintenir les argiles minérales en conséquence dispersées d'où une bonne répartition de la matière organique à la surface du sol et une amélioration de la structure et de la porosité évitant ainsi le colmatage des pores par tassement des sols. Dans ce cas, l'humus protège l'argile de l'entraînement par lessivage. En revanche, l'argile stabilise l'humus et permet sa floculation en présence de faibles doses

d'électrolytes. Cette floculation confère également au sol une meilleure architecture (en grumeaux, cas des rendzines) et une grande stabilité structurale (Bernoux, 2005).

Etant de caractère hydrophile, la matière organique assure une économie en eau et baisse les variations du taux d'humidité surtout dans les horizons de profondeur (Bachelier, 1978 ; Turenne, 1975.) Cette humidité devient parfois un facteur limitant de la croissance des végétaux, de l'activité biologique et des processus physico-chimiques (Bernoux, 2005).

#### 4.4- Mode d'action de la matière organique sur la pédogenèse

Le niveau d'activité biologique règle le mode d'humification que ce soit au niveau des horizons superficiels ou profonds. Son influence est déterminante lors de l'humification et se poursuit au cours de la maturation. Lors de ces étapes, les constituants minéraux du sol exercent un rôle fondamental. Il s'agit essentiellement du rôle des argiles par l'intermédiaire du fer et de l'aluminium qui jouent le rôle de cations de liaison pour des agrégats argilo-humiques (Zanache et Benslama, 2007).

Quand les conditions sont favorables, la matière organique évolue rapidement. Le sol hérite d'une fraction organique faiblement humifiée mais directement incorporée au milieu minéral (Souchier, 1971 et 1984 ; Duchaufour, 1995 et 2001). Les composés solubles sont soumis à une biodégradation active dans l'horizon A et une plus faible proportion s'intègre à la fraction humique puis à l'humine par polymérisation et condensation rapide. Le bilan de ce mode d'humification indirecte s'exprime par une insolubilisation des précurseurs phénoliques et aboutit à la formation sur place d'un complexe argilo-humique stable, construit autour de la fraction argileuse fine. De ce fait, il n'y aura pas de migration profonde du complexe organo-métallique (Bruckert, 1970, 1979 ; Souchier, 1971, 1984 ; Vedy, 1973).

Dans les conditions défavorables, l'humification est directe par une évolution lente de la matière organique (Toutain, 1974, 1981, 1987 ; Hetier, 1975, ; Hétier et Fardeau, 1979 ; Dabin, 1971, 1976, 1980). Ce processus n'intervient de façon importante que dans les milieux où l'activité biologique minéralisatrice est ralentie par un facteur contrariant (forte acidité, forte teneur en calcaire actif, ...etc.) (Duchaufour, 2001).

Il est donc clair que les processus d'humification sont étroitement liés à la composition du milieu minéral. Les composés humiques, au fur et à mesure de leur formation, réagissent avec les silicates et les cations lourds donnant ainsi naissance à des complexes organo-minéraux qui confèrent au sol sa structure et ses propriétés.

Selon Selmi (1985), l'étude de l'humification constitue une source d'information remarquable. A chaque formation végétale correspond un mode d'humification qui est en équilibre optimum avec l'ensemble des facteurs du milieu (bioclimat et roche mère). Plusieurs travaux ont montré que l'humus est l'élément intégrateur des divers facteurs écologiques d'une part et qu'il joue un rôle essentiel dans la genèse des sols d'autre part en soumettant les horizons minéraux soit à une altération biochimique soit à des mouvements de matière qu'il favorise (Toutain, 1974, 1984, 1987 ; Duchaufour, 1995, 2001). Dans les milieux acides, la matière organique joue un rôle fondamental et moteur de la pédogenèse acide (Souchier 1971, 1984 ; Monrozier *et al*, 1983 ; Hetier *et al*, 1986 ; Gury, 1990). Cette dernière s'exprime par des critères biochimiques simples dont principalement la teneur absolue en acides fulviques dans l'horizon "B". Ce critère apparaît en concordance avec la redistribution de l'aluminium libre pour définir le degré de podzolisation. .

#### 4.5 - Méthodes d'étude des composés humiques

Il n'existe pas de méthodes précises permettant la séparation de l'ensemble des composés humiques de la matière organique fraîche. Les techniques de séparation connues

sont confrontées à de multiples difficultés pour plusieurs raisons telles que l'existence de produits organiques intermédiaires encore mal définis et la difficulté d'extraire sélectivement les fractions organiques sans en altérer d'autres. Les seules méthodes valables sont les méthodes physiques qui s'appuient sur le fait que la matière organique humifiée contracte généralement des liaisons stables avec les éléments silicatés à l'inverse de la matière organique fraîche non évoluée (Bruckert *et al.*, 1979).

Les méthodes chimiques permettent, par l'emploi de réactifs alcalins, d'extraire une partie des composés humiques. La séparation de la matière organique est une manipulation très délicate et ne peut donner des résultats fiables que lorsqu'on tient compte d'un protocole rigoureusement élaboré. Actuellement, il existe de nombreuses méthodes d'extraction des composés humiques dont la plupart utilisent des réactifs alcalins (Serrag, 1983).

#### **4.6- Critères de choix des stations**

Pour caractériser la matière organique des sols de la région d'étude, nous avons retenu une station type pour chaque ensemble géomorphologique qui a servi de base à la typologie des zones humides de la région. Les stations retenues sont celles du Lac Noir, du marais de Bourdim, de la Nechaa de Righia et de l'aulnaie du Tonga.

La méthode de fractionnement utilisée est celle préconisée par Dabin (1976). Cette méthode utilise l'acide phosphorique comme agent de séparation physique et des réactifs alcalins (pyrophosphate de soude et hydroxyde de soude) pour la séparation chimique comme indiqué à la figure 38.

#### **4.7- Les différentes fractions de la matière organique**

Le fractionnement de la matière organique des sols de référence a permis de définir la matière organique légère, les acides fulviques libres, les acides fulviques condensés, les acides humiques et l'humine (fraction non extractible).

La matière organique légère est obtenue par traitement à l'acide phosphorique. Elle correspond aux débris organiques qui flottent à la surface de la solution et qui sont retenus par le papier filtre. Les acides fulviques sont un mélange d'acides fulviques libres obtenus par séparation densimétrique à l'acide ortho-phosphorique et d'acides fulviques liés obtenus par extraction basique. Les acides humiques sont obtenus par extractions au pyrophosphate et à l'hydroxyde de sodium alors que l'humine correspond à la fraction non extractible formée de composés organiques très stables.

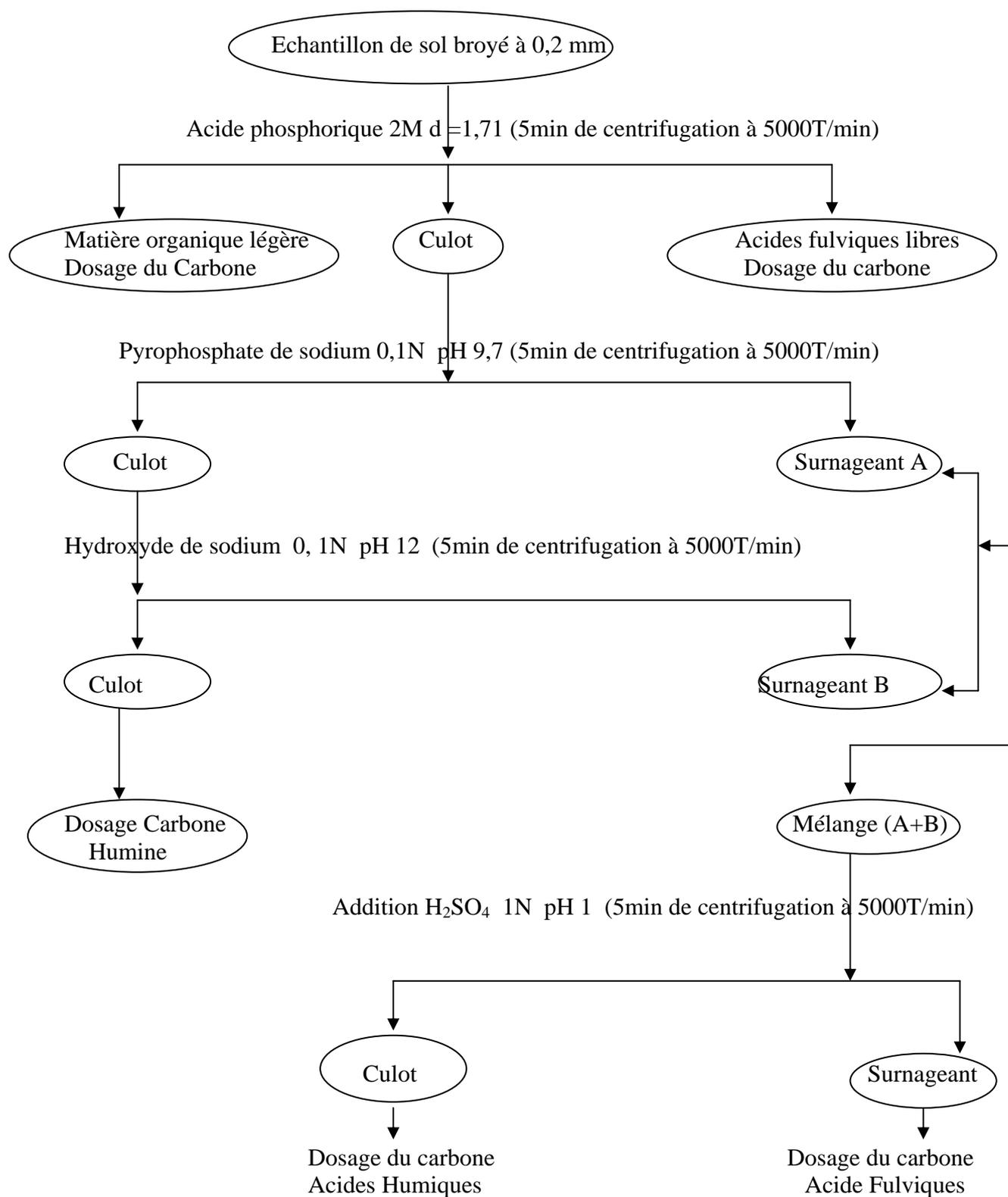


Figure 38- Schéma de la méthode d'extraction des composés humiques (DABIN, 1976)

#### 4.8- Résultats et discussion

Nous présentons successivement les résultats des stations du Lac Noir, de Bourdim, de Nechaa Righia et du Lac Tonga.

**a-** La station du Lac Noir : Le choix de cette station est justifié par la présence de plusieurs profils représentatifs de l'ensemble des situations rencontrées dans les dépressions dunaires. Les résultats du fractionnement sont mentionnés dans le tableau 68.

**Tableau 68 :** Résultat du fractionnement du carbone organique des sols du Lac Noir

Solum	Horizon (cm)	C.O.T	C. F.L	C. AF	C. AH	C. H	$\frac{AF}{AH}$	$\frac{AF+AH+H}{C.O.T}$
<b>S1BI</b>	<b>0 - 20</b>	31.2	62.4	17.6	12.3	7.7	1.43	37.6
	<b>20 - 80cm</b>	43.4	61.9	16.8	13.5	7.8	1.24	38.1
	<b>80 - 130</b>	48.2	60.2	15.7	14.4	9.7	1.09	39.8
	<b>130 - 200</b>	51.6	57.2	13.3	16.7	12.8	0.79	42.8
<b>S2BI</b>	<b>0 - 10</b>	34.8	63.2	18.6	12.3	5.9	1.51	36.8
	<b>10 - 90</b>	38.6	60.9	17.1	13.6	8.4	1.26	39.1
	<b>90 - 150</b>	46.4	57.2	16.4	15.1	11.3	1.08	42.8
	<b>150 - 220</b>	54.5	55.6	16.0	17.3	11.1	0.92	44.4
	<b>220 - 240</b>	42.1	54.1	14.2	19.3	12.4	0.73	45.9
<b>S3BI</b>	<b>0 - 70</b>	45.9	69.3	16.9	10.2	3.6	1.57	30.7
	<b>70 - 140</b>	48.5	67.3	16.1	12.1	4.5	1.33	32.7
	<b>140 - 220</b>	52.3	65.5	14.8	13.5	6.2	1.1	34.5
	<b>220 - 240</b>	47.3	63.2	13.6	15.6	7.6	0.87	36.8
	<b>240 - 300</b>	40.9	60.5	12.4	17.2	9.9	0.72	39.5
<b>S1B2</b>	<b>0 - 25</b>	32.4	65.9	18.6	14.9	0.6	1.25	34.1
	<b>25 - 95</b>	38.7	64.7	18.1	15.1	2.1	1.2	35.3
	<b>95 - 140</b>	45.5	62.1	17.1	16.7	4.1	1.02	37.9
	<b>140 - 180</b>	49.3	55.6	16.4	14.4	13.6	1.14	44.4
<b>S2B2</b>	<b>0 - 30</b>	30.1	72.3	15.5	10.2	2.0	1.52	27.7
	<b>30 - 100</b>	36.87	68.4	17.3	12.8	1.5	1.35	31.6
	<b>100 - 160</b>	44.10	63.1	18.2	14.6	4.1	1.25	36.9
	<b>160 - 200</b>	49.0	60.9	19.7	14.1	5.3	1.39	39.1
	<b>200 - 240</b>	46.2	58.1	19.1	12.9	9.9	1.48	41.9
<b>S3B2</b>	<b>0 - 80</b>	38.3	71.2	14.6	14.8	1.4	0.98	28.8
	<b>80 - 190</b>	47.13	70.2	13.9	11.2	4.7	1.24	29.8
	<b>190 - 225</b>	51.3	66.3	16.4	14.6	2.7	1.12	33.7
	<b>225 - 280</b>	54.0	61.4	17.3	15.4	5.9	1.12	38.7
	<b>280 - 300</b>	36.9	58.2	16.6	14.8	10.4	1.12	41.8

Sur la base des données du tableau 68, nous avons réalisé la figure 39 pour mieux visualiser les résultats du fractionnement de la matière organique.

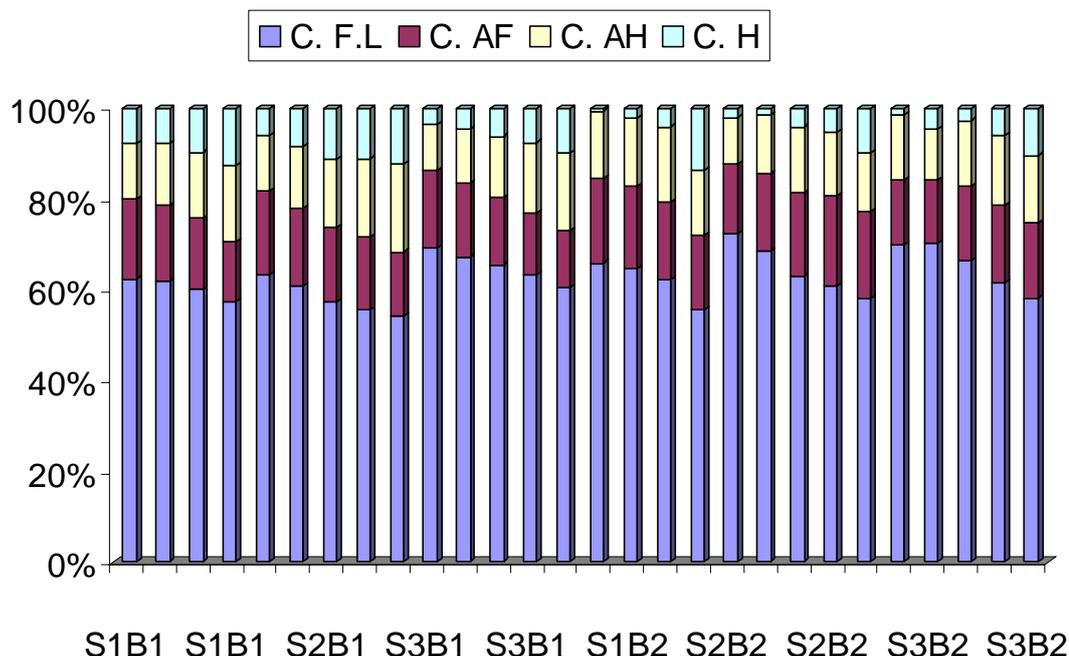


Figure 39- Fractionnement du carbone organique des sols du lac noir

La figure 39 montre que la fraction légère (C. F.L) est la plus dominante. En effet, cette fraction représente environ 60 % de l'ensemble de la fraction organique. Ce résultat signifie que la matière organique se conserve bien dans ce site et témoigne de la faible activité minéralisatrice des microorganismes dans le Lac Noir. Il signifie aussi que l'humification est dominée par les processus physico-chimiques.

Le taux d'humification (AF+AH+H/ COT) ne représente que 40 % de la matière organique totale. Les acides fulviques représentent 50 % environ de la fraction humifiée de cette dernière. La dominance des acides fulviques indique que le processus de maturation de la matière organique est très lent (AF/AH supérieur à 1). Les acides humiques sont largement mieux représentés que l'humine dans l'autre moitié de la fraction humifiée.

Cette distribution des différentes fractions de la matière organique révèle que le processus d'humification dans le Lac Noir est très lent et qu'il est de nature physicochimique, l'activité biologique étant inhibée par l'absence d'oxygène du fait que le milieu est inondé le long de l'année.

**b-** La station de Bourdim : Le choix de cette station trouve sa justification dans une bonne et complète distribution des profils entre la dune, le marais et la plaine argileuse. Les résultats des analyses sont mentionnés dans le tableau 69 et visualisés dans la figure 40.

Tableau 69-: Fractionnement du carbone organique des sols du marais de Bourdim

Solum	Horizon (cm)	C.O.T	C. F.L	C. AF	C. AH	C. H	AF	AF+AH+H
							AH	C.O.T
<b>S1</b> <b>Bour</b>	<b>0 – 130</b>	25.58	63.7	16.9	14.3	5.1	1.18	36.3
	<b>130- 220</b>	27.72	61.4	16.2	14.1	8.3	1.49	38.6
	<b>220 – 360</b>	16.99	60.6	17.4	15.4	6.6	1.3	39.4
	<b>360 – 480</b>	34.10	58.9	19.8	16.5	4.8	1.2	41.1
	<b>480 – 540</b>	9.10	56.7	20.3	17.3	5.7	1.17	43.3
<b>S2</b> <b>Bour</b>	<b>0 - 120</b>	26.04	64.2	16.1	13.9	5.8	1.16	35.8
	<b>120 - 190</b>	31.96	62.3	15.2	14.9	7.6	1.02	37.7
	<b>190 – 260</b>	31.26	61.4	14.3	16.6	7.7	0.86	38.6
	<b>260 – 520</b>	33.52	59.5	16.4	18.6	5.5	0.88	40.5
	<b>520 – 660</b>	23.37	56.6	17.6	19.4	6.4	0.9	43.4
<b>S3</b> <b>Bour</b>	<b>0 – 127</b>	34.16	69.7	17.2	10.6	2.5	1.62	30.3
	<b>127 – 152</b>	31.20	65.6	16.5	11.7	6.2	1.41	34.4
	<b>152 – 270</b>	29.52	61.9	17.3	12.5	8.3	1.38	38.1
	<b>270 – 430</b>	27.55	58.1	14.5	14.9	12.5	0.97	41.9
	<b>430 – 660</b>	26.04	54.2	15.6	16.2	14.0	0.96	45.8
<b>S4</b> <b>Bour</b>	<b>0 –30</b>	12.64	68.6	16.5	12.4	2.5	1.33	31.4
	<b>30 – 45</b>	12.29	64.7	16.9	14.1	4.3	1.20	35.3
	<b>45 – 55</b>	10.84	62.6	17.3	14.9	5.2	1.16	37.4
	<b>55 – 70</b>	8.93	59.1	17.9	17.2	5.8	1.04	40.9
	<b>70 – 90</b>	6.78	57.7	16.5	18.9	6.9	0.87	42.3
	<b>90 –180</b>	4.29	55.1	16.7	20.2	8.	0.82	44.9
<b>S5</b> <b>Bour</b>	<b>0 –30</b>	5.45	69.9	16.1	12.4	1.6	1.30	30.1
	<b>30 – 70</b>	4.58	65.6	14.3	14.6	5.5	0.98	34.4
	<b>70 - 130</b>	3.94	57.2	15.2	17.3	10.3	0.88	42.8
<b>S6</b> <b>Bour</b>	<b>0 – 20</b>	3.01	65.3	16.3	12.5	5.9	1.30	34.7
	<b>20 – 50</b>	2.78	61.4	17.4	14.8	6.4	1.17	38.6
	<b>50 - 110</b>	2.37	55.6	18.1	16.6	9.7	1.09	44.4

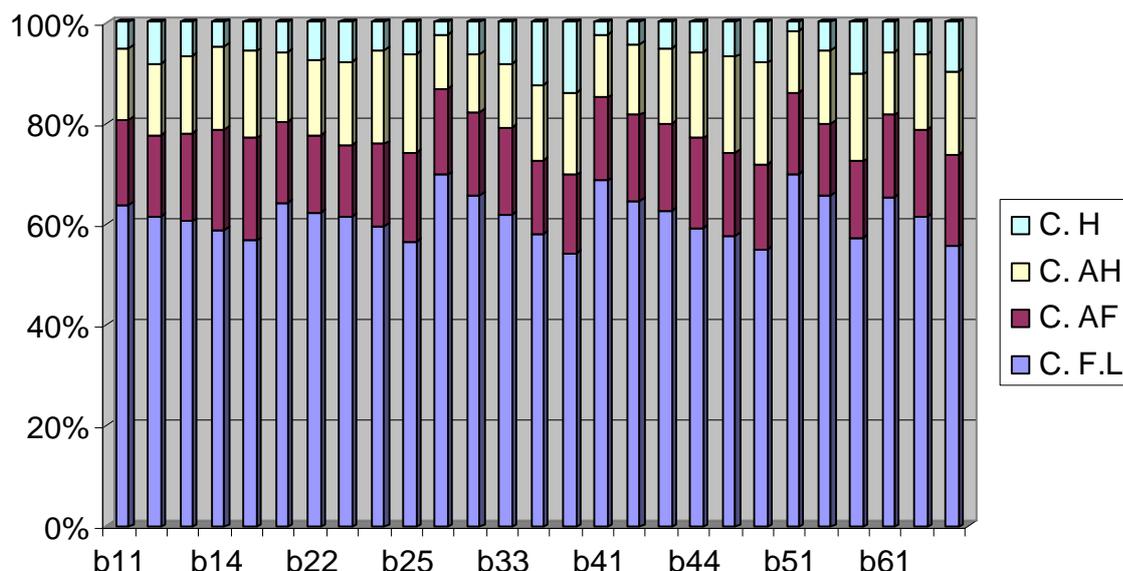


Figure 40- Fractionnement du carbone organique des sols du marais de Bourdim

L'analyse du tableau 69 et de la figure 40 révèle que la fraction légère représente plus de 60 % dans la zone périphérique nord et qu'elle fluctue d'une façon générale entre 55 % et 65 % dans le centre et la partie sud du marais. Ce résultat traduit une bonne conservation de la matière organique dans ce site, la dominance de la fraction légère étant un témoin de la faiblesse de l'activité minéralisatrice des microorganismes dans ce milieu. Il signifie aussi que l'humification est dominée par les processus physico-chimiques.

Le taux d'humification ( $AF+AH+H / C.O.T$ ) ne représente que 35 % à 45 % de la matière organique totale. Cette fraction est dominée surtout par les acides fulviques qui en représentent presque 50 %. La dominance de ces acides fulviques signifie que le processus de maturation de la matière organique est très lent ( $AF/AH$  supérieur à 1). L'autre moitié de la fraction humifiée est dominée par les acides humiques, l'humine étant dans tous les cas la moins bien représentée.

Comme pour le Lac Noir, la distribution des différentes fractions de la matière organique dans ce marais indique que le processus d'humification est très lent et qu'il est d'ordre physicochimique car l'activité biologique est inhibée par l'absence d'oxygène à cause de la présence de l'eau en permanence.

**c-** La station de Nechaa Righia : La Nechaa Righia est un représentant typique de l'ensemble des Nechaas (aulnaies) de la région. Elle se trouve en interface entre la plaine argileuse et la dune côtière. Les résultats de l'analyse de la matière organique sont mentionnés dans le tableau 70 et visualisés par la figure 41.

Tableau 70 : Fractionnement du carbone organique des sols de la Nechaa Righia

Solum	Horizon (cm)	C.O.T	C. F.L	C. AF	C. AH	C. H	$\frac{AF}{AH}$	$\frac{AF+AH+H}{C.O.T}$
S1NR Argile	0 – 40	22.50	60.3	18.6	14.6	6.5	1.27	39.7
	40 – 80	18.33	59.7	18.2	14.2	7.9	1.28	40.3
	80 – 130	17.63	56.5	17.3	16.9	9.3	1.02	43.5
S2NR T/A	0 - 30	28.30	68.2	18.5	10.4	2.9	1.78	31.8
	30 – 120	29.63	65.4	14.3	11.6	8.7	1.23	34.6
	120 – 160	31.72	60.9	12.6	14.7	11.8	0.86	39.1
S3NR Hydglye	0 – 90	10.90	67.1	17.5	11.6	3.8	1.50	32.9
	90 – 180	7.19	66.8	13.4	12.4	7.4	1.08	33.2
	180 – 240	5.74	61.8	11.6	14.9	11.7	0.78	38.2
S4NR Hypglye	0 – 90	9.92	66.7	16.9	12.8	3.6	1.32	33.3
	90 – 240	9.80	64.6	14.5	14.1	6.8	1.03	35.4
	240 – 480	8.99	60.2	12.5	16.2	11.1	0.76	39.8
	480 - 660	8.58	57.1	12.1	17.9	12.9	0.67	49.9
S5NR T/S	0 – 80	20.18	68.6	18.4	11.2	1.8	1.64	31.4
	80 – 230	16.99	67.7	17.6	12.3	2.4	1.43	32.3
	230 – 360	16.18	65.4	16.9	14.1	3.6	1.20	34.6
	360 – 440	15.13	62.1	14.2	15.6	8.1	0.91	37.9
	440 - 480	14.38	60.9	13.6	16.8	8.7	0.81	39.1
S6NR S/org	0 – 20	26.04	69.6	17.1	11.6	1.7	1.47	30.4
	20 – 80	24.24	68.5	16.2	12.1	3.2	1.34	31.5
	80 – 160	23.72	66.7	15.8	13.6	3.9	1.16	33.3
	160 - 180	22.04	63.2	14.6	15.2	7.0	0.96	36.8
S7NR Sab.	0 – 30	1.06	66.2	17.2	11.9	4.7	1.44	33.8
	30 – 80	0.23	65.1	16.8	13.0	5.1	1.29	34.9
	80 - 120	0.23	55.0	14.9	18.2	11.9	0.82	45.0

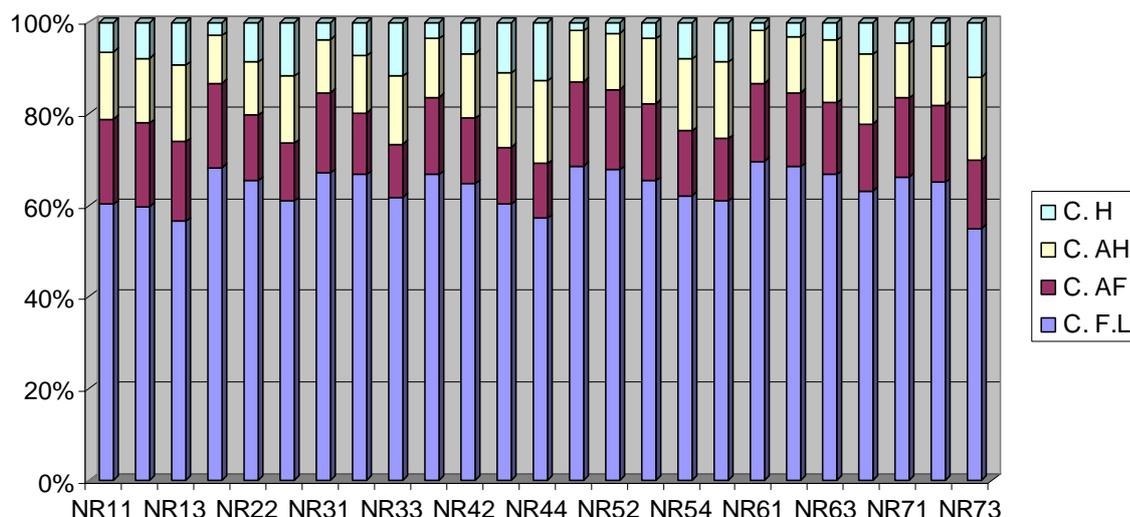


Figure 41- Fractionnement du carbone organique des sols de la Nechaa de Righia

Le tableau 70 et la figure 41 montrent que la fraction légère représente 55 % à 69 % de la fraction organique. Ce site conserve donc bien la matière organique et défavorise l'activité minéralisatrice des microorganismes au dépend d'une action d'humification par les processus physico-chimiques.

Le taux d'humification (AF+AH+H/ COT) ne représente que 40 % en moyenne de la matière organique totale. Il est dominé par les acides fulviques qui en représente 40 % à 50 % de son total. La dominance des acides fulviques indique que le processus de maturation et de polymérisation de la matière organique est très lent (AF/AH supérieur à 1). L'autre moitié de la fraction humifiée est dominée par les acides humiques alors que l'humine est très peu représentée.

Comme pour les deux premières stations, la distribution des différentes fractions de la matière organique prouve que le processus d'humification (30 % à 45 %) est très lent et qu'il est de nature physicochimique, l'activité biologique étant toujours inhibée par l'absence d'oxygène à cause de la présence d'eau en permanence.

**d-** La station du Lac Tonga : Le lac Tonga a été retenu pour le fractionnement de la matière organique à cause de sa bonne représentativité des trois lacs, son accessibilité et du fait qu'il présente une séquence de sol complète. Les résultats des analyses sont indiqués dans le tableau 71 et visualisés par la figure 42.

Tableau 71- Résultats de l'analyse du carbone organique des sols de l'aulnaie du Lac Tonga

Solum	Horizon (cm)	C.O.T	C. F.L	C. AF	C. AH	C. H	AF+AH+H	
							AF AH	C.O.T
S1 AT Dune/org	0 – 40	14.15	69.6	19.6	8.2	2.6	2.39	30.4
	40 – 140	12.35	65.7	17.1	11.4	5.8	1.50	34.3
	140 – 170	12.06	62.9	14.6	13.9	8.6	1.05	37.1
	170 – 180	6.44	57.1	12.9	16.6	13.4	0.77	42.9
S2 AT Tou/Aul	0 – 40	31.38	70.9	18.6	8.6	1.9	2.16	29.1
	40 – 180	34.45	69.5	17.1	10.1	3.3	1.69	30.5
	180 – 200	34.74	65.4	14.3	11.6	8.7	1.23	34.6
	200 – 360	35.61	62.6	11.2	15.9	10.3	0.70	37.4
	360 – 420	18.50	60.5	9.6	28.3	14.6	0.34	39.5
S3 AT Hydro	0 – 50	28.94	65.1	17.7	10.2	7.0	1.73	34.9
	50 – 240	27.72	62.3	14.9	12.4	10.4	1.20	37.7
	240 – 360	26.33	57.2	13.6	14.9	14.3	0.95	42.8
	360 – 500	25.98	55.9	11.2	16.6	16.3	0.67	44.1
	500 - 560	25.46	54.2	10.3	17.6	17.9	0.58	45.8

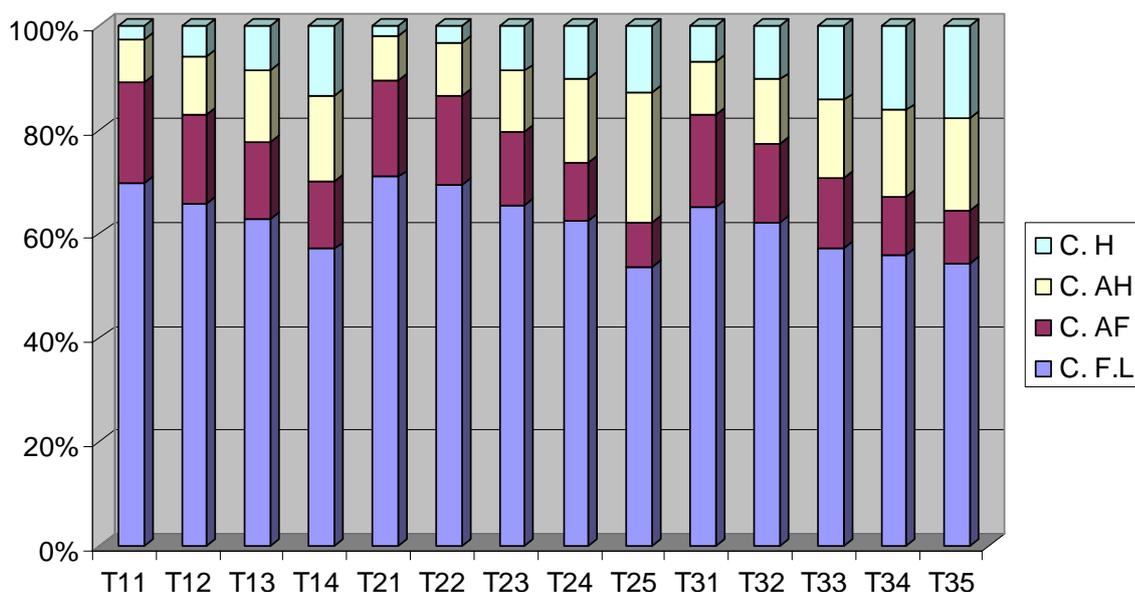


Figure 42 : Fractionnement du carbone organique des sols de l'aulnaie du Lac Tonga

Les résultats indiquent que la fraction légère constitue 55 % à 70 % de la matière organique. De ce fait, on peut dire que la matière organique se conserve bien dans cette aulnaie. La dominance de la fraction légère est le témoin d'une très faible activité biologique, l'humification serait dominée par les processus physico-chimiques.

Le taux d'humification (AF+AH+H/ COT) ne représente que 30 % à 45 % de la matière organique totale. Cette fraction est dominée par les acides fulviques qui représentent 50 % environ de cette dernière. La dominance des acides fulviques suggère que les processus

de maturation et de polymérisation de la matière organique sont très lents (AF/AH souvent supérieur à 1).

Les acides humiques se présentent en troisième position avec 25 à 40 % du carbone humifié. L'humine, fraction stable de la matière organique, ne représente que 10 % du carbone humifié et témoigne que la matière organique dans ces milieux est peu évoluée.

Comme pour les autres sites, la distribution des différentes fractions de la matière organique révèle que les processus d'humification sont très lents et qu'ils sont de nature physicochimiques à cause probablement de la présence quasi permanente de l'eau qui réduit les taux d'oxygène et donc qui inhibe l'activité biologique dans ce milieu.

#### 4.9 - Discussion

Le fractionnement de la matière organique dans les différentes stations a révélé une prédominance de la fraction légère (débris organiques non décomposés) par rapport à la fraction humifiée. Ce fait traduit les difficultés de dégradation que rencontre la matière organique produite dans ce milieu par un couvert végétale dense et diversifié. Ce phénomène peut être expliqué par la durée de saturation en eau du milieu d'une part et par la qualité et la quantité de matière organique produite (Manlay *et al.*, 2007 ; Feller, 1997; Bruckert *et al.*, 1974). La présence de l'eau en quantité importante sature le sol, inhibe l'activité biologique et favorise la transformation physicochimique de la matière organique (humification physico chimique) au détriment de l'activité biologique (Duchaufour, 2001 ; Gobat *et al.*, 2003).

Les produits de l'humification physicochimique sont dominés par des composés peu polymérisés à poids moléculaires relativement faibles. Ils sont représentés par des acides fulviques solubles dans des solutions peu acides et sont facilement mobilisables et migrent avec la solution du sol en profondeur (Pinton *et al.*, 1995 ; Pinton *et al.*, 1997 ; Morard, *et al.*, 2003). Dans les stations étudiées, cette fraction représente environ 50 % du carbone humifié dans la majorité des sols étudiés.

La présence du fer dans ces milieux favorise la formation de complexes organo-métalliques d'où la protection et le blocage des acides fulviques contre toute forme de polymérisation ou de polycondensation. Ce processus est bien connu dans les sols podzolisés. Quand les conditions sont favorables à l'humification physico-chimique, la polymérisation et la formation des acides humiques sont très limitées dans le temps et dans l'espace (Gauthier *et al.*, 1997; Andreux *et* Munier-Lamy, 1994). Dans les sols étudiés, la fraction de matière organique représentée par les acides humiques est relativement faible et ne dépasse guère 30 % de la fraction du carbone humifié. Cette fraction qui présente une distribution relativement homogène dans l'ensemble des profils et dans les horizons du même profil traduit la constance des processus de saturation et d'hydromorphie dans les sols de la région d'étude (Feller, 1995 ; Jabiol *et al.*, 1995).

La fraction stable de la matière organique représentée par l'humine est très faible dans l'ensemble des sols étudiés ce qui signifie que les processus de maturation de la matière organique restent inachevés et que les produits organiques demeurent à l'état jeune (Garnier-Sillam *et al.*, 1999).

Le déficit d'oxygène réduit l'activité biologique au bénéfice des processus d'anaérobiose. Ce phénomène favorise l'accumulation de la matière organique peu transformée avec formation d'un humus de type tourbe au centre des dépressions humides et d'un humus de type anmore sur les berges des dépressions là où la nappe d'eau fluctue. Cette dynamique de minéralisation de la matière organique qui est contrôlée par les fluctuations de la nappe et surtout par la présence d'un plan d'eau permanent, constitue un processus

pédogénétique peu fréquent sous notre climat et conduit à la formation et à l'individualisation de types de sols très localisés et encore mal définis qui évoluent généralement dans un contexte pédogénétique méditerranéen dominé par le déficit hydrique. La présence de tels sols suggère que les conditions d'humidité ont joué et jouent encore en faveur de la formation et de la différenciation de ces sols ou du moins en leur maintien en l'état actuel (Bernoux, 2005). En effet, l'accumulation de débris organiques peu transformés sur des épaisseurs aussi importantes que les nôtres suggère que les processus de formation de ces sols remontent à des périodes où les conditions climatiques et la nature du couvert végétal étaient favorables (Brunet *et al* 2007).

L'étude pollinique de quelques séquences tourbeuses et la datation au  $C^{14}$  de niveau caractéristique peuvent contribuer à l'explication des conditions de formation de ces types de sols (Buffle *et al*, 1977 ; Gobat, *et al*, 1986). Ceci est l'objet du chapitre suivant.

*Chapitre IV*  
*Etude pollen analyse des sols tourbeux*

## Introduction

Les arbres, arbrisseaux et les plantes herbacées produisent annuellement, surtout lors de la période qui s'étale de février en septembre, de grandes quantités de pollen et spores qui seront disséminées dans l'atmosphère. Après avoir été véhiculée par les vents et les insectes, une bonne partie de cette production retombe sur le sol (Pons, 1970). La membrane extérieure des grains de pollen et des spores est capable de résister pendant des siècles, voire des millénaires aux attaques des agents corrosifs les plus variés et ne craint que l'oxygène (Reille, 1990). Elle peut donc se conserver partout à l'abri de l'air et de la lumière, comme dans l'eau par exemple. On trouve ainsi des dépôts polliniques dans des argiles, des marnes, des schistes, des bitumes (et même parfois dans les sables ou les loess). Ce sont cependant les tourbières qui en contiennent le plus (Pons, 1970).

Les dépôts polliniques se forment suivant divers processus (Reille, 1990). Dans les tourbières, les pollens et les spores forment des couches successives. Chaque niveau de sédiment contient des grains contemporains de la période où il affleurerait en surface, les plus profonds dépôts étant donc les plus anciens. Dans les formations sableuses, les pollens sont entraînés graduellement en profondeur par l'infiltration des eaux de pluie où ils forment une stratification pollinique (Reille, 1990).

### 5.1- Méthode d'échantillonnage

Les prélèvements des échantillons ont été effectués par un carottier russe (photo 6). Les carottages ont été réalisés alternativement dans deux trous voisins et parallèles pour disposer d'une quantité de matériel suffisante pour les besoins des analyses polliniques et de datation, surtout en cas d'analyse pollinique à haute résolution qui nécessite la destruction de la plupart des niveaux étudiés (Reille, 1990). Les carottes ont été déposées immédiatement après leur extraction dans des gouttières en plastique et emballées dans des sacs en plastique afin d'éviter qu'elles ne sèchent et se cassent. Par la suite, elles ont été transportées rapidement au laboratoire et conservées à l'ombre, à température ambiante.



Photos. 6 : carottier Russe et carotte tourbeuse de 60cm de longueur

Il est parfois difficile de prélever avec un carottier russe des échantillons de tourbières superficielles peu évoluées et ce à cause de la résistance des racines. Dans ce cas, on utilise un couteau ou une scie pour découper un bloc d'environ 30 cm d'arête qu'on conserve dans des sacs en plastique (Reille, 1990).

### 5.1.1- Prélèvement au laboratoire

- **Description des carottes :** La surface de sédiment appliquée contre la lame plane du carottier n'est pas utilisable pour les analyses paléoenvironnementales car elle s'est généralement polluée lors du carottage par des sédiments qui proviennent de différentes profondeurs. La première étape du prélèvement au laboratoire est donc de gratter cette surface polluée avec un couteau. Par la suite, une description stratigraphique est réalisée visuellement sur cette surface nettoyée. Après cette opération préliminaire, les carottes sont soumises à des prélèvements qui varient selon les différents types d'analyses à effectuer.

- **Prélèvement pour les analyses polliniques :** Les prélèvements des échantillons ont été effectués le long de la carotte à chaque 5 cm d'intervalle. La masse d'un échantillon est en principe d'environ 2 à 3 g, ce qui est empiriquement suffisant pour l'analyse pollinique de sédiments organiques. Mais dans le cas des sédiments minéraux qui contiennent en principe très peu de pollen par rapport aux sédiments organiques, 10 à 12 g environ de sédiments sont nécessaires pour éviter l'éventuel manque de pollen dans les lames, manque qui rendra difficile la réalisation de l'analyse pollinique (Nagagawa, 1998).

- **Traitements chimiques pour les analyses polliniques :** L'obtention de préparations de pollen de grande propreté à partir de sédiments organiques peu humifiés est considérée comme très difficiles. Les avantages majeurs (Nagagawa, 1998) des lames propres se traduisent dans le fait qu'elles permettent :

- d'effectuer plus rapidement les comptages des pollens et donc de pouvoir multiplier en même temps les analyses polliniques de plus haute résolution,
- d'avoir plus d'homogénéité des assemblages polliniques dans les lames pour diminuer l'erreur technique dans le calcul des fréquences,
- de réaliser les comptages de pollens avec le microscope et
- d'utiliser éventuellement les culots directement pour les datations AMS.

### 5.1.2 Les traitements utilisés

Les traitements utilisés ont consisté successivement en l'élimination des carbonates, des acides humiques et de la cellulose. Par la suite, après un passage du culot en milieu acide, les traitements se sont poursuivis par l'élimination de la matière minérale (liqueur dense de Thoulet), des fluorures et de la cellulose résiduelle (acétolyse) et se sont terminés par une filtration et un montage des lames.

- L'élimination des carbonates : Il s'agit d'une attaque à l'HCl concentré à froid pendant 4 heures au moins puis, après centrifugation, nous avons rincé l'échantillon à l'eau. Le rinçage à l'eau est effectué autant de fois jusqu'à ce que le surnageant, après centrifugation, n'est plus jaune.

- L'élimination des acides humiques et de la cellulose est réalisée par une attaque au KOH à 10%, à chaud (60-70°C) pendant 10 à 15 mn. On centrifuge et on rince à l'eau autant de fois qu'il faut jusqu'à l'obtention d'un surnageant clair.

- Le passage du culot en milieu acide : Nous avons mis les culots en milieu acide dans du HCl. Après centrifugation, nous avons vidé le surnageant et retourné les tubes sur du papier buvard pendant 10 mn pour faire sécher le culot et ce pour éviter au maximum de changer la densité du Thoulet) (Goeury et Beaulieu, 1979).

- L'élimination de la matière minérale (Liquide dense de Thoulet) : Cette opération a consisté à mélanger le Thoulet et le culot que nous avons bien homogénéisé avec un agitateur et nous avons centrifugé le tout pendant 10 minutes à 2500 tours/ mn. A l'inverse des autres opérations, nous avons conservé ici le surnageant. Par la suite, nous avons installé les filtres de silice sur le système d'aspiration d'une pompe et versé le surnageant dans les godets en verre. Après aspiration, nous avons récupéré le filtre sur lequel le pollen s'est déposé et nous l'avons mis dans un nouveau tube conique. Nous avons rajouté dans le tube de l'acide fluorhydrique HF à froid que nous avons laissé agir pendant 4 heures environ pour détruire le filtre en fibre de verre.

- L'élimination des fluorures est effectuée par une attaque à l'HCl. On centrifuge et on rince à l'eau très chaude.

- L'élimination de la cellulose résiduelle : il s'agit d'une acétolyse qui obéit au protocole suivant :

- Mélanger le culot à l'acide acétique afin de le déshydrater, centrifuger une fois (2500 tours) pendant 5 mn.

- Préparer le liquide acétolysant : verser 9 parts d'anhydride acétique dans un bécher, puis ajouter très délicatement (pour éviter un risque d'échauffement brutal) une part d'acide sulfurique.

- Verser le liquide acétolysant sur le culot, délicatement pour éviter d'échauffer le tube et le fragiliser, mettre les tubes au bain- marie pendant 8 à 10 mn.

- Après avoir sorti les tubes du bain- marie, les refroidir peu à peu en versant dans chacun, délicatement, de l'acide acétique et ce pour éviter aux tubes qu'ils ne cassent pendant la centrifugation. Après la centrifugation, on rince à l'alcool puis à l'eau.

- La filtration et le montage des lames : On filtre le tout sur un tamis de 160 µm et on prépare une lame par échantillon. Les culots de pollen extraits sont montés sur les lames et observés sous le microscope.

A partir de ce moment, on procède au comptage et à la détermination des grains de pollen au microscope :

- Le comptage des grains de pollen : L'une des difficultés de l'analyse pollinique est l'hétérogénéité de la distribution des pollens dans les lames. L'assemblage pollinique n'est pas nécessairement uniforme dans les lames car les grains de pollen, comme ceux d'*Abies* et *Picea* par exemple, ont tendance à rester au milieu des lames, tandis que les pollens de moindres tailles arrivent plus facilement jusqu'au bout de la lame avec leur relative mobilité (Yamaguchi, 1997). Etant donnée cette situation, les points suivants doivent être pris en considération au cours des comptages polliniques :

- Préparer les lames avec le moins de détritifs possible. Ceci donne aux pollens plus de facilité pour être dispersés dans les lames.

- Bien fermer les lames avec l'hystolaque et mélanger l'intérieur en pressant les lamelles. Ceci sert à avoir des assemblages polliniques plus homogènes dans les lames.

- Observer les lames uniformément. Les lignes de passage de vue au microscope sur les lamelles doivent être distribuées uniformément au lieu d'être concentrées sur un côté des lamelles.

Avec cette technique, un meilleur reflet des proportions polliniques peut être obtenu même s'il reste encore une hétérogénéité des assemblages polliniques dans les lames.

- La détermination pollinique : La détermination des taxons est réalisée sous microscope photonique au grossissement 1000×(objectif 100× à immersion ; oculaires 10×) précédée d'un balayage de toute la lame à l'objectif 40× afin de recenser l'ensemble des taxons présents. La reconnaissance des spores et des grains de pollens se base sur la dimension du spécimen d'une part et, d'autre part, sur l'observation du nombre et de la position des ouvertures (colpes et pores) ainsi que sur la nature de l'ornementation, c'est-à-dire sur l'aspect de l'exine qui est extrêmement varié (scabré, réticulée, perforée, striée, etc...).

En ce qui nous concerne, nous avons réalisé la détermination en se référant aux 'Atlas Polliniques' de Reille (1992, 1995 et 1998) et aux collections palynologiques de référence existantes.

- Le diagramme sporopollinique : Il est un reflet de la végétation de l'époque correspondant au dépôt de l'échantillon. Le dénombrement des grains de pollen et des spores et le pourcentage de représentation des différentes espèces identifiées dans un échantillon constituent le spectre sporopollinique. Le nombre total de grains de pollen des plantes vasculaire terricoles, identifié dans un échantillon, correspond à la somme pollinique. Pour un niveau, il faut au moins reconnaître 350 à 500 grains pour pouvoir réaliser un "spectre pollinique" qui exprime les résultats en pourcentage. Les proportions comptées de chaque taxon pour tous les niveaux analysés sont exprimées en fréquences relatives, c'est-à-dire en pourcentage par rapport au total des grains de pollen. Le total des spores, à signification purement locale, est exclu de ce calcul. A partir des comptages des grains de pollen et de spores, on établit des spectres polliniques qui représentent les fréquences relatives des divers taxons identifiés dans un échantillon. Dans un diagramme détaillé reprenant les spectres des divers niveaux inventoriés, les fréquences de taxons sont figurées par des courbes individuelles. Les fréquences relatives, dont la valeur est inférieure à 2,5 sont figurées par un point (Goeury, 1988).

Un autre type de diagramme est établi (diagramme condensé) dans lequel sont individualisés certains taxons principaux et où sont regroupés d'autres en fonction de leurs significations écologiques qui serviront de base à la reconstitution du paléo environnement.

Les zones polliniques sont reconnues quand une série d'assemblage pollinique des niveaux voisins satisfait un des critères suivants :

- Les assemblages ne montrent pas de différences importantes entre eux,
- les assemblages montrent un changement graduel selon l'axe chronologique,
- les assemblages montrent des fluctuations chaotiques, sans variation de composition floristique.

En outre, un niveau qui se distingue nettement des niveaux voisins est aussi considéré comme une zone pollinique, même s'il n'a pas forcément de signification du point de vue de la paléovégétation. Ceci est un aspect lié au fait que « la zonation est une étape purement descriptive » (David, 1993). Les zonations ont été effectuées sur les diagrammes de fréquences relatives et appliquées sur les diagrammes de concentration absolue.

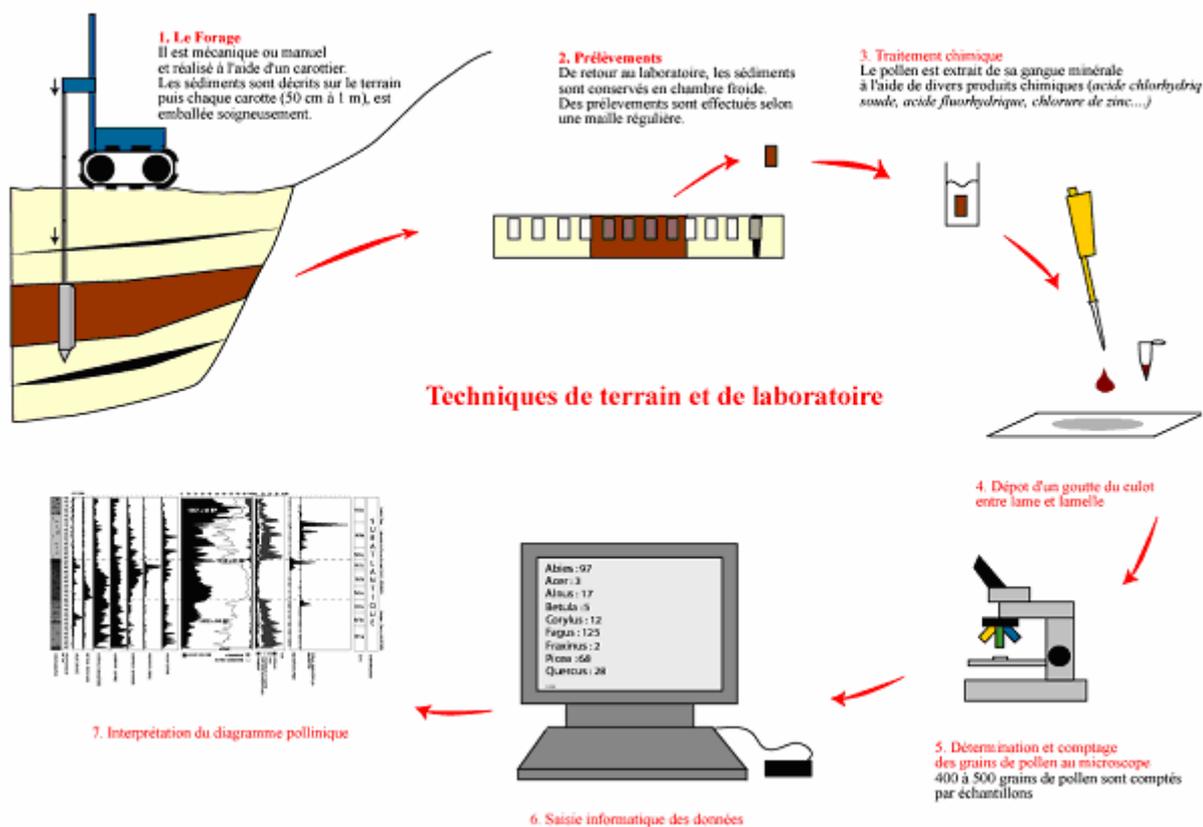


Figure 43- Les Etapes de l'étude du pollen (du prélèvement au diagramme) (David, 1993)

## 5.2- Etude Palynologique de cinq marais tourbeux

### 5.2.1 Les sites étudiés

Les cinq sites étudiés sont représentatifs des différentes situations géomorphologique et édaphiques (séquences tourbeuses assez complètes) et offrent les meilleures conditions de conservation du pollen, c'est-à-dire une saturation permanente en eau et un pH très bas. Les sites étudiés sont le Lac Noir, la Nechaa Righia, le marais de Bourdim, le marais de Gareat El-Ouez et l'aulnaie tourbeuse du Lac Tonga. Les sondages ont été réalisés à l'aide du carottier russe à la fin de la saison sèche, l'accès aux sites étant plus facile durant cette période.

**a- La station du Lac Noir :** Le sondage a été réalisé dans le centre du premier bassin dont la séquence est longue de 420 cm. La stratigraphie observée au niveau du lac Noir fait ressortir cinq couches qui se différencient par la couleur, le degré de décomposition de la matière organique et par la présence de sable et d'argile :

- 00-38 cm : débris organiques peu décomposés de couleur brune ; présence de beaucoup de fibres ; pas d'éléments minéraux ; structure lamellaire ; sec ; présence de bois à 35 cm de profondeur.
- 38-205 cm : beaucoup de débris organiques noirs de toutes natures constitués surtout des gaines de cypéracée ; présence de débris de bois à 175 cm de profondeur.

- 205-267 cm : beaucoup de débris organiques de couleur brun beige non décomposés (graines de cypéracée et fibres) ; pas de sable ; présence de débris de bois au niveau 264-265 cm de profondeur.

- 267-392 cm : beaucoup de fibres ; très humide ; structure fibreuse ; pas de sable ni d'argile ; constitué uniquement de matière organique très dégradée de couleur noir-sombre ; très doux au toucher ; débris de bois à 315 cm de profondeur.

- 392-420 cm : sableux ; matière organique très humifiée de couleur noir-sombre.

Longue de 420 cm, cette séquence a été étudiée par 42 spectres polliniques dont 7 étaient stériles ; la représentation graphique de 35 spectres (figure 44) permet d'identifier quatre zones polliniques :

- **La zone 1** : Elle correspond à un développement d'*Erica arborea* et la présence de *Quercus* dans la végétation régionale, alors qu'au niveau local cette zone se caractérise par un démarrage des cypéracées, l'absence de *Alnus*, des *Isoètes* et une représentation faible de *Osmunda*.

- **La zone 2** : La végétation régionale est la même que dans la zone 1 mais, localement, nous assistons à une remontée d'*Alnus* et d'*Osmunda* et à un développement maximal des cypéracées.

- **La zone 3** : Dans cette zone, nous constatons que la végétation régionale est dominée par l'apport de *Quercus* et d'*Erica* ainsi que par *Oléa*. Au niveau local, nous observons une expression maximale d'*Alnus* avec une apparition plus fréquente de *Salix* et une des *Cyperaceae*. Dans cette zone, nous constatons un arrêt presque total de l'apport des *Apiaceae*. Nous constatons également que l'apport des *Pinaceae* reste faible mais permanent tout le long de la séquence, ce résultat signifie leur absence de la végétation régionale. Nous constatons aussi des occurrences polliniques de taxons d'affinité médio-européenne, absent ou très rares en Afrique du Nord. Il s'agit de *Fagus*, *Corylus*, *Betula* et *Hippophae rhamnoides*. Ces taxons ont été rencontrés dans les autres séquences de la région ainsi que dans des séquences Anté-Holocène d'Afrique du nord (BenTiba,1995)

La stratification pollinique observée au niveau du diagramme du lac Noir peut être rapprochée aux diagrammes polliniques de sites similaires étudiés au niveau du bassin méditerranéen par Reille (1992) en Corse, Ballouche (1986) au Maroc et Stambouli (2003) en Tunisie. Il ressort donc que dans ces dépressions dunaires, la dynamique de la végétation régionale est contrôlée par la succession de *Quercus coccifera*, *Erica arborea* et par *Myrtus communis* alors que la végétation aquatique et semi-aquatique est dominée par *Phragmites australis* et *Alnus glutinosa*.



**b- La station de Nechaa Righia :** Le sondage a été réalisé à une altitude de 25 m dans la zone de contact de la plaine argileuse avec les dunes côtières sur les berges de l'oued el Behiême qui draine une partie des eaux de la Nechaa vers l'Oued El-Kébir Est. Ce sondage a donné une séquence de 420 cm. La stratigraphie de la Nechaa Righia fait ressortir cinq couches qui se différencient par la couleur, le degré de décomposition de la matière organique et par la présence de sable et d'argile.

- 0 - 25 cm : argileux ; fin et doux ; structure lamellaire peu visible ; beaucoup de débris organiques peu décomposés ; très humide.

- 25 -105 cm : texture fibreuse ; non argileux ; structure lamellaire ; beaucoup de débris organiques reconnaissables ; très humide ; présence de débris de bois dans les niveaux 35 cm et 95 cm de profondeur.

- 105 - 180 cm : peu de débris organiques ; peu de sable et d'argile mais beaucoup de matière organique très dégradée ; doux ; structure lamellaire ; peu de débris de bois à 175 cm de profondeur.

- 180 - 245 cm : texture fibreuse ; non argileux ; organique ; très doux (tourbe dégradée) avec des débris de bois dispersés ; présence de grains de sables à la base.

- 245 - 420 cm : beaucoup de fibres organiques ; très humide ; organique ; spongieux, doux, structure lamellaire, présence de débris de bois à 305 cm de profondeur.

La séquence de Nechaa Righia qui a 420 cm de longueur a été étudiée par 42 spectres. La représentation graphique de ces spectres (figure 45) a permis d'identifier deux zones polliniques qui peuvent aider à mieux comprendre l'histoire de la végétation de ces milieux.

- **La zone 1 :** Cette zone se caractérise par l'expression maximale d'*Alnus* ainsi que par des *Ptéridophytes*. Par contre, on remarque une absence presque totale de l'apport de *Salix*, des *Cypéracées* et d'*Isoètes* alors que les plantes aquatiques signalent leur présence par un apport faible mais constant. Sur le plan régional, nous constatons un apport stable de *Quercus*, d'*Erica*, de *Myrtus* et d'*Olea*. Nous notons également que l'apport de *Pinus* reste constant mais très faible (inférieur à 5 %).

- **La zone 2 :** Localement, cette zone se caractérise par l'expression maximale du *Salix*, d'*Alnus* et des *Ptéridophytes*. Par ailleurs, on remarque une présence plus fréquente d'*Hedera* et de *Vitis*. Sur le plan régional, l'apport de *Quercus* et d'*Erica* reste stable avec une remontée de *Myrtus* et d'*Olea*.

D'une manière générale, on peut dire que cette séquence reflète l'état actuel de la végétation aussi bien locale que régionale. Ceci est confirmé par la datation au C<sup>14</sup> réalisée sur les niveaux 270 cm et 400 cm qui estime l'âge de ces formations à respectivement 1275 ± 50 BP et 1890 ± 40 BP.

La stratification pollinique observée au niveau du diagramme de la Nechaa Righia présente une très grande similitude avec les résultats obtenus par Stambouli (2003) en Tunisie dans un site similaire et elle présente quelques différences avec le site étudié par Reille (1976) à Ouarzazate au Maroc

Dans ces dépressions de contact entre la dune et la plaine argileuse, la dynamique de la végétation régionale est contrôlée par la succession de *Quercus coccifera* / *Quercus suber*, *Erica arborea*, *Myrtus communis* et *Olea europea*. La végétation aquatique et semiaquatique est dominée par une stratification horizontale avec une transition de la cocciféreae dunaire

vers la subéraie avec un bon développement de l'aulnaie en mélange avec la saulaie au centre de la dépression.



c- **La station Bourdim** : Le sondage a été réalisé au centre du marais, dans la zone tourbeuse au milieu des tourradons de carex. Ce sondage a une séquence longue de 660 cm. La stratigraphie de ce sondage fait apparaître quatre couches :

- 0 - 127 cm : Il s'agit d'une tourbe noire avec beaucoup de débris organiques bien conservés. Dans cette couche, nous trouvons deux niveaux d'origine minérale entre 40 et 47 cm et entre 86 et 93 cm qui peuvent correspondre à des périodes de fortes accumulations de particules solides ; à la base de cette couche, il existe également une accumulation non organique très riche en matériaux fins.

- 127 - 270 cm : Constitué d'une tourbe noire avec débris organiques très fins (tourbe saprist).

- 270 - 430 cm : Alternance d'accumulations de débris organiques et de matériaux minéraux ; effervescence à l'HCl dans la couche minérale.

- 430 - 660 cm : Tourbe noire argileuse sans débris organique visible ; amorphe (tourbe humist).

Cette séquence, longue de 655 cm, a été étudiée par 67 spectres polliniques ; la représentation graphique de ces spectres (figure 46) permet d'identifier six zones polliniques :

- **La zone 1** : Elle correspond à un développement optimal d'*Erica arborea* et à l'absence totale de *Quercus* de la végétation régionale. Au niveau local, cette zone se caractérise par la présence des *Cypéracées*, des *Isoètes* et des *Astéracées*.

- **La zone 2** : Cette zone se caractérise localement par le développement d'une végétation aquatique (*Sparganium* et *Potamogeton*) et par une réduction de l'apport des *Cypéracées*. Quant à la végétation régionale, nous constatons l'apparition du *Quercus*, d'*Olea*, de *Pistacia*, du *Myrtus* et le recul d'*Erica arborea*. Ces changements du couvert végétal seraient liés à une humidité croissante, particulièrement au niveau local.

- **La zone 3** : Cette zone se caractérise localement par l'installation d'une saulée (Saussaie) avec réduction de l'apport des *Cypéracées* et d'*Isoètes* ; sur le plan régional, nous constatons le développement de l'apport de *Quercus* et de *Myrtus*, la stabilité de l'apport d'*Erica* et la réduction de celui d'*Olea* et *Pistacia*.

- **La zone 4** : La caractéristique principale de cette zone est l'arrêt de l'apport de *Salix* alors qu'*Isoètes* décline presque au moment de l'apparition d'espèces aquatiques tels que *Myriophyllum*, *Trapa natans* et le développement des *Cypéracées*. Sur le plan régional, nous remarquons le retour de l'apport d'*Olea* et l'expression maximale de *Quercus*.

- **La zone 5** : Cette zone se caractérise par l'expression maximale du *Salix*, d'*Alnus* et des fougères telles que *Osmunda* et autres monolètes. Au même moment, on remarque une réduction de l'apport des *Cypéracées* et d'*Isoètes*. Les plantes aquatiques marquent leur présence par un apport faible mais constant. Sur le plan régional, il y a une stabilité de l'apport de *Quercus*, un recul d'*Erica* et une remontée de *Myrtus* et d'*Olea* qui semblent occuper le terrain d'*Erica*. Cette zone peut correspondre à une période plus sèche.

- **La zone 6** : La caractéristique principale de cette zone au niveau local se traduit par une stabilité de l'Aulnaie et de la Saulée (Saussaie) avec un développement maximal des fougères tandis que sur le plan régional nous constatons un recul des arbustes et un développement des herbacées telles que *Brassicaceae*, *Liliaceae* et *Poaceae* qui indique un assèchement croissant du milieu.

La datation de deux niveaux de cette séquence a donné les résultats suivants :

- 78-82 cm : âge en année B.P. 590+/-40.
- 585-590 cm âge en année B.P. 1255+/-75.

Ces mesures donnent une idée sur la vitesse de sédimentation ou de remplissage de ce marais d'une part et le passé récent de ce processus.

L'ensemble de cette séquence donne l'image d'une végétation régionale dominée par une subéraie très dégradée, avec un rôle majeur des bruyères arborescentes tandis que le marais lui-même passe d'un système d'eaux ouvertes à la dominance de l'aulnaie saulée. Mais les deux datations au C<sup>14</sup> disponibles présentent de telles contradictions qu'il est difficile de choisir une chronologie sauf si on admet, comme l'a montré Reille (1992) en Corse, que les formations à bruyères arborescentes peuvent parfois représenter un écosystème stable. L'extrême pauvreté en arbres de la base de la séquence suggère un état de dégradation du boisement qui, d'après les données de la proche Tunisie, n'est pas atteint avant l'antiquité. Il est donc raisonnable de réfuter les âges de  $2855 \pm 51$  BP et  $1977 \pm 34$  BP au profit de l'âge  $1255 \pm 75$  BP proche de la base de la séquence et donc d'accepter une vitesse de sédimentation moyenne assez élevée (13mm/an) mais réaliste ; cela situerait vers l'an mille un net abaissement de la nappe.



**d- La station Garaat El-Ouez :** Le sondage a été réalisé au centre du marais, dans la zone tourbeuse à une altitude de 45 m. Il a livré une séquence longue de 480 cm. La stratigraphie de cette séquence fait apparaître cinq couches qui se différencient par la couleur, le degré de décomposition de la matière organique et par la présence de sable et d'argile.

- 0 - 53 cm : Brun noir avec beaucoup de débris organiques mélangés à l'argile à la base de cette couche.
- 53 - 55 cm : Dépôt argileux non organique.
- 55 – 185 cm : Noir avec matière organique très dégradée en mélange avec peu d'argile et de sable (tourbe humiste).
- 185 - 270 cm : Marron gris avec beaucoup de débris organiques bien conservés, pas de sable ni d'argile (tourbe fibreuse).
- 270 - 432 cm : Noir, matière organique très dégradée et liée aux argiles (tourbe amorphe ou humiste).
- 432 à 480 cm : Gris noir, argilo-sableux à tendance sableuse à la base ; pas de débris organique, mais ce niveau reste affecté par l'accumulation des acides organiques d'où la couleur noire.

La séquence de Garaat el-Ouez (475 cm de long) a été étudiée en 48 spectres. La représentation graphique de cette séquence (figure 47) permet d'identifier deux zones polliniques qui peuvent être la base de faits majeurs permettant de comprendre l'histoire de la végétation de ces milieux.

- **La zone Zone 1 :** Elle représente la base du profil où les assemblages polliniques sont dominés par *Pinus*, *Cedrus*, *Poaceae* et par des herbacées pionnières héliophiles (des composées dont *Artemisia*, *plantago*, *Rumex* et des *Apiaceae*). Ils témoignent d'une végétation forestière ouverte dominée par la pinède et la cédraie. Dans cette zone nous pouvons distinguer trois sous zone :

- **La sous zone a :** Elle représente la base du profil et correspond à une phase de *cypéraceae*.

- **La sous zone b :** Cette phase correspond à un recule des *cypéraceae* et à un développement des herbacées telles que *Apeaceae* et *Rumex* accompagnées par un apport très faible de *Quercus* et *Juniperus*.

- **La sous zone :** Durant cette phase, les *cyperaceae* redémarrent au même moment que les plantes aquatiques et les plantes herbacées de type *Fabaceae*, *Rubiaceae*, *Lytraceae* ; on constate également une réduction de l'apport de *Quercus* et de *Juniperus*.

- **Zone 2 :** Cette zone représente les assemblages du sommet de la séquence. Elle se caractérise par un arrêt de l'apport de *Pinus* et de *Cedrus* qui est accompagné d'une augmentation de l'apport de *Quercus* et d'*Erica* et des herbacées tels que les *Rubiaceae* et les *Apeaceae*. On note également dans cette zone la présence de *Salix* et d'*Alnus* ainsi que *Sparganium* et *Potamogeton* qui sont souvent absents à la base du profil. Ces assemblages du sommet de la séquence témoignent de l'existence d'une subéraie à *Erica arborea* et peuvent être liés à la séquence de Bourdim. La datation de cette séquence aux niveaux 74-79 cm, 265 – 270 cm et 448 – 453 cm a indiqué que les âges respectifs de ces formations en année BP sont de l'ordre de 14490 ± 85, 16821 ± 94 et 16010 ± 320.

La stratification pollinique observée au niveau du diagramme du marais de Gareat El-Ouez présente deux grands types d'assemblages :

- Les assemblages de surface sur une profondeur de 40 cm peuvent être rattachés à la dynamique actuelle de la végétation, à savoir une forêt de chêne liège plus ou moins dégradée avec la dominance de *Erica arborea* et *Myrtus communis*. Sur le plan local, c'est une aulnaie en association avec une maniocareceae à *Caldium mariscus*.
- Les assemblages de profondeur présentent une dynamique inconnue de la végétation car les espèces retrouvées sont connues pour leur exigence en froid comme le cèdre et le pin d'Alep dont la présence ne peut être expliquée que par une période froide du Tardiglaciaire datée de 16 000 ans (Stambouli, 2003). C'est le premier site de l'Afrique du Nord qui présente ce type d'assemblage qui peut être considéré comme un refuge pour certaines espèces qui ont recolonisé le sud de l'Europe.

En fin, on peut dire que le changement abrupt dans les assemblages polliniques à 65 cm suggérait un hiatus qui est confirmé par les datations <sup>14</sup>C : la base de la séquence correspond à la fin du dernier Pléniglaciaire alors que la partie supérieure correspond à un Holocène très récent (Subatlantique), en bon accord avec l'image pollinique d'une subéraie dégradée à *Erica arborea*. Il est possible que le réchauffement tardiglaciaire ait durablement asséché la zone humide. Les deux spectres de 55 et 65 cm, encore riches en pollen de pin, pourraient s'expliquer par la percolation de pollen Holocène dans les dépôts plus anciens lors de la remise en eau du marais. Les deux datations inversées de la partie inférieure de la séquence (16 010 B.P. à 445-455 cm et 16821 +/- 94 à 265-270 cm) interdisent dans l'immédiat une interprétation chronologique solide des 4 m inférieurs, bien que la séquence pollinique présente des changements significatifs.



**e- La station de l'aulnaie tourbeuse du lac Tonga :** Le sondage a été réalisé dans la zone de contact dune/plan d'eau dans l'aulnaie tourbeuse du lac Tonga. La séquence prélevée est longue de 300 cm. La stratigraphie de la tourbière du lac Tonga fait ressortir quatre couches qui se différencient par la couleur, le degré de décomposition de la matière organique ainsi que par la présence de sable et d'argile.

- 0 - 75 cm : Brun noir avec beaucoup de débris organiques souvent reconnaissables et qui se mélangent avec du sable notamment en surface.

- 75 - 155 cm : dépôt organique noir sombre mélangé à l'argile fine ; très doux au toucher ; saturé en eau.

- 155 – 285 cm : Marron noir avec beaucoup de débris organiques très peu dégradés mélangés à une fraction organique fine ; peu d'argile et de sable (tourbe humiste).

- 285 - 300 cm: Argilo-sableux à tendance sableux à la base ; pas de débris organiques ; accumulation des acides organiques qui confère à cette couche sa couleur noire.

La représentation graphique des 30 spectres (figure 48) permet d'identifier quatre zones polliniques qui peuvent être la base de faits majeurs permettant de comprendre l'histoire de la végétation de cette région.

- **La zone 1 :** Cette zone représente la base du profil où les assemblages polliniques sont dominés par *Quercus illex* sur le plan régional et les *Cyperaceae* sur le plan local. Cette zone se distingue par un faible apport pollinique qui peut être expliqué par la présence d'un plan d'eau très important occultant tout apport de pollen local ou régional. La présence de *Quercus type illex* témoigne que la végétation forestière ouverte domine durant cette période..

- **La zone 2 :** Cette zone couvre une longue séquence sédimentaire et se caractérise par un bon développement des semiaquatiques comme par exemple le *Myriophyllum* et une réduction de l'apport du *Quercus* de la végétation régionale. Cette zone peut être subdivisée en trois sous zones avec des effets très localisés mais importants :

- **La sous zone a :** Elle se caractérise par un bon développement du *Salix* et de *Myriophyllum* et une disparition totale des *Cypéracées*. Cette situation peut être liée à une période peu humide qui a réduit également l'apport de *Quercus type Illex* et a favorisé le démarrage d'*Erica arborea* dans la végétation régionale.

- **La sous zone b :** Cette phase correspond à un recul du *Myriophyllum* suivi d'un retour des *Cypéraceae* et d'un développement des herbacées héliophytiques traduisant une ouverture du milieu accompagnée par un démarrage des *Oléacea* avec un apport en pollen de *Quercus suber*, espèce qui fuit les régions inondables.

- **La sous zone c :** Dans la phase de la sous zone c, les *Cyperaceae* se figent et le *Myriophyllum* prend le relais accompagné par un apport consistant d'*Isoètes*. La végétation régionale reste dominée par l'apport faible mais constant de *Quercus illex type* et d'*Erica arborea*.

- **La zone 3 :** Elle représente les assemblages où le chêne arrive à son optimum avec dominance de *Quercus suber* et *Quercus illex* sur la végétation régionale. Sur le plan local, il existe un équilibre entre les *Cypéracées*, les *Isoètes* et les *Myriophyllum*. Cet assemblage peut être lié à une période de dessiccation au niveau local.

- **La zone 3 :** Elle correspond au sommet de la séquence. Elle se caractérise par un arrêt de l'apport des *Cypéraceae*, de *Myriophyllum* et d'*Isoètes* et le bon

développement d'*Alnus glutinosa*. La forêt de chêne est prédominante sur le plan régional. La présence d'un important cortège floristique dans ces milieux explique en partie son ouverture.

L'assemblage pollinique de l'aulnaie du lac Tonga présente des différences liées à la nature du couvert végétal le long de la séquence étudiée. La dynamique enregistrée fait apparaître une faible expression des taxons locaux tels que *Alnus* et *salix* alors que sur le plan régional ce n'est plus la dominance d'*Erica arborea* sur le maquis, mais c'est la forêt de chêne qui se distingue par la diversité de son cortège floristique.

La stratification pollinique observée au niveau du diagramme de la tourbière de l'aulnaie du lac Tonga présente une dynamique récente où trois phases peuvent être observées :

- Une phase à aquatique qui traduit une période très humide durant laquelle la tourbière était sous l'eau avec un faible apport de la végétation régionale.
- La phase suivante se caractérise par un léger recule des aquatiques et la formation d'un premier rideau à base de cyperales qui peuvent être considérées comme des amphiphytes et qui sont des indicateurs d'un assèchement naturel ou artificiel du lac.
- La troisième phase, qui représente les assemblages de surface, se caractérise par l'apparition de l'aulne et du quercus qui sont deux espèces de la dynamique actuelle.

Cette dynamique, en absence de mesure en radio carbone, reste approximative mais elle a été certainement influencée par l'histoire récente du lac Tonga.



### 5.3- Synthèse et discussion

L'analyse de ces cinq diagrammes polliniques permet de constater deux périodes représentées par deux assemblages polliniques différents, les dépôts holocènes et les dépôts anté-holocènes.

Les dépôts holocènes : En dépit de leurs épaisseurs, les séquences de Bourdim, de Nechaa Righia, du Lac Noir et du Lac Tonga ne décrivent qu'une histoire brève, mais précieuse vue l'absence d'informations régionales. On peut affirmer que le paysage est totalement déboisé depuis un millénaire et que c'est un matorral à *Erica arborea* qui semble triompher à la périphérie des marais. Le rôle important de *Myrthus* illustre la permanence du bioclimat thermo-méditerranéen. L'accroissement des *Poacées* et d'*Olea*, associé au recul du matorral, pourrait signaler une intensification de la pression humaine (pastoralisme et culture d'*Olea*). Cependant, en dépit du faible couvert arboréen, les indicateurs d'anthropisation sont relativement discrets, peut-être du fait de l'effet filtrant de la végétation des zones humides. Au demeurant, le faible pourcentage de pollen d'arbres semble en désaccord avec l'état actuel de la végétation régionale estimée comme majoritairement boisée.

La séquence holocène de Gareat El-Ouez évoque un paysage légèrement plus boisé, mais il est possible que la base de l'enregistrement holocène soit antérieure à celle des autres stations. Sur la côte septentrionale de Tunisie (Stambouli, 2003) la séquence d'Abiare, à 110 m d'altitude témoigne d'un paysage aussi gravement dépourvu d'arbres pendant le dernier millénaire alors que celle de Majen El Orbi, proche mais toujours à 110 m d'altitude, montre l'effondrement des chênes caducifoliés au profit d'un matorral à *Erica Arborea*, mais aussi de *Quercus suber* qui demeure abondant jusqu'à nos jours. Dans les dépressions humides, les changements les plus nets concernent les taxons locaux. En effet, l'abondance d'*Isoetes* pourrait signifier un système de mares temporaires avec une nappe instable, alors que l'expansion des aulnes et des saules dans la partie supérieure après une phase à *Myriophyllum* traduit une stabilité de la nappe permettant le développement d'une tourbe vraie. Il est prématuré d'interpréter ce signal en termes de changement climatique régional.

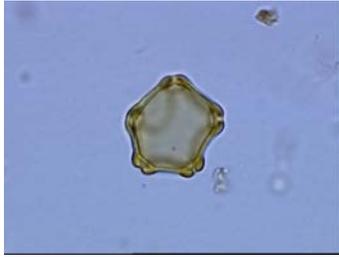
Les dépôts anté-holocènes : La séquence de Gareat El-Ouez est exceptionnelle car c'est la toute première fois qu'est décrit en Algérie l'état de la végétation à la fin du Pléniglaciaire. Le site tunisien de Dar Fatma à 780 m d'altitude (Ben Tiba et Reille, 1982 ; Stambouli, 2003) avait révélé une succession forestière extraordinaire marquée par la prédominance du chêne zen pendant le Pléniglaciaire moyen suivie par une période de triomphe d'un boisement mixte de conifères (*Cedrus*, *Pinus* et *Abies* dont l'abondance passée au Maghreb est attestée) qui atteindrait son optimum vers 24 000 B.P. si l'on accepte les datations <sup>14</sup>C disponibles. Ce résultat atteste que le climat de l'Afrique du nord a été suffisamment clément et surtout humide pour assurer la prospérité d'arbres dont certains ont complètement disparus (*Abies numidica*) et d'autres subsistent au dessus de 1 500 m (cédraies). Entre cette date et la fin du Tardiglaciaire, dans le site montagnard de la Chataigneraie (Salamani, 1993) où une cédraie dense est remplacée par un boisement en chênes zens à la fin du Dryas récent, aucune information n'était disponible (Quézel et Médail, 2003). Gareat El-Ouez comble en partie cette lacune en apportant un témoignage d'un court intervalle autour de 18 000 B.P. caractérisé par une pinède ouverte (probablement de Pins d'Alep) avec une courbe de *Cedrus* suffisamment continue pour assurer que des populations devaient encore exister dans la région. Le pin est extrêmement rare dans les séquences holocènes littorales d'Algérie comme de Tunisie à Magen Ben M'Hida (Stambouli, 2003), il s'efface au profit de *Quercus canariensis* au début de l'Holocène ; seul le diagramme de Oum El-Khaled, à environ 500 m d'altitude près de Tebessa (Ritchie, 1984) indique la prédominance du pin d'Alep associé au chêne vert jusqu'à environ 4 000 B.P. où la

steppe à alfa prend le dessus (aridification de l'Holocène supérieur). La forêt steppe pléni-glaciaire de Gareat El-Ouez peut évoquer certains paysages actuels encore boisés en pins d'Alep des Aurès, ce qui confirme des températures moyennes annuelles bien inférieures aux températures actuelles et une diminution de la pluviométrie de 300 à 400 mm/an.

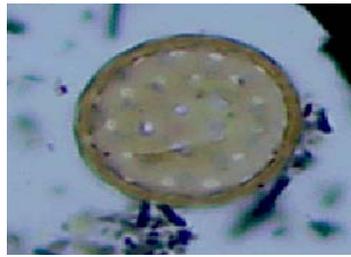
Ces nouvelles données confirment le rôle de refuge du nord-ouest du Maghreb pour les taxons mésophiles pendant la dernière glaciation. Il est probable que c'est à partir de là que le cèdre a migré vers le Maroc où il n'est pas connu avec certitude antérieurement à 4 000 B.P. (Lamb *et al*, 1989). Compte tenu des incohérences dans nos jeux de datations <sup>14</sup>C, il n'est pas possible d'aller plus loin dans l'interprétation chronologique des changements observés dans nos séquences ; elles ont cependant montré les potentialités des zones humides de l'est algérien et appellent une stratégie de prospections systématiques. En effet, alors que le rôle de refuges glaciaires joué par les péninsules nord méditerranéennes a été abondamment discuté (Quézel et Médail, 2003), celui de l'Afrique du nord, île méditerranéenne coincée entre le désert et la mer demeure presque inconnu faute d'un jeu suffisant d'informations paléobiogéographiques qu'il convient d'acquérir. Localement, les grandes différences d'âge entre les remplissages des zones humides pourtant voisines imposent des études géomorphologiques précisant l'origine de la mise en place des ces marais et des formations quaternaires qui leur sont associées. Il faudra aussi tenter, comme Stambouli (2003) en Tunisie, d'explorer des zones humides dans les différents étages de végétation de la région, du littoral perhumide jusqu'aux zones arides afin de mettre en évidence un processus pédogénétique lié à la dynamique de végétation et des variations climatiques qui favorisent l'accumulation de la matière organique. Ce processus d'accumulation peut être une source d'information précieuse sur l'évolution du climat car il est maintenant reconnu que l'accroissement de la concentration atmosphérique des gaz à effets de serre entraîne un réchauffement planétaire durable.

Il importe d'y reconstituer les dynamiques passées des écosystèmes pour aider à construire les scénarios du futur qui prennent en compte les changements climatiques et leur conséquence direct sur l'évolution des sols. Or l'histoire de la végétation et du climat du Maghreb, et surtout de l'Algérie est encore mal connue, car la majorité des informations provient du Maroc avec les travaux de Ballouche (1986), Ballouche et Damblon (1988), Bernard et Reille (1987), Cheddadi *et al.* (1998), Damblon (1991), El-Hamouti *et al* (1991), Lamb *et al.* (1989), Reille (1976, 1977), puis de la Tunisie avec les travaux de Ben Tiba (1982, 1995) Ben Tiba et Reille (1982), Damblon et Vanden Berghen (1993), Stambouli (1997, 2003) alors qu'en Algérie seuls Ritchie (1984), Salamani (1991, 1993) et Benslama (2001) abordent ce sujet.

Il est impératif d'intensifier les analyses polliniques des sédiments tourbeux afin de comprendre les processus et les conditions naturelles de leur formation pour mieux les protéger et préserver. Ces sédiments tourbeux sont considérés comme de véritables archives naturelles qui conservent honnêtement les traces des perturbations naturelles ou anthropiques de la région considérée.



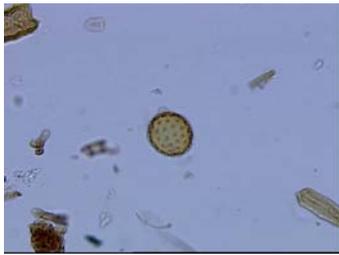
*Aulus glutinosa*



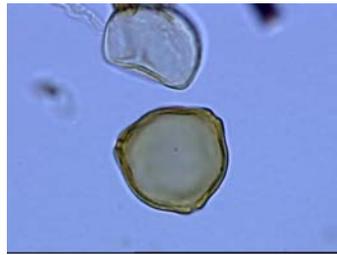
*Atriplex humilis*



*Betula alba*



*Chénopodium sp*



*Corylus sp*



*Pinus pinaster*



*Quercus suber*



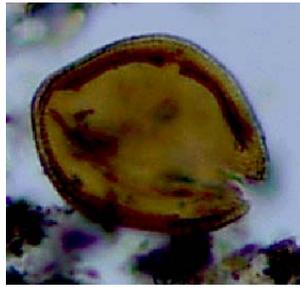
*Artemisia type*



*Ephdera alba*



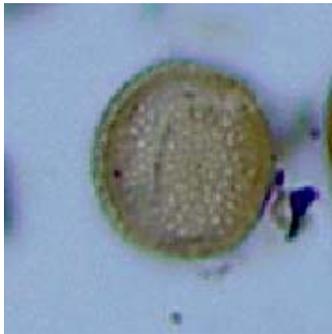
*Erica arborea*



*Halimium halimifolium*



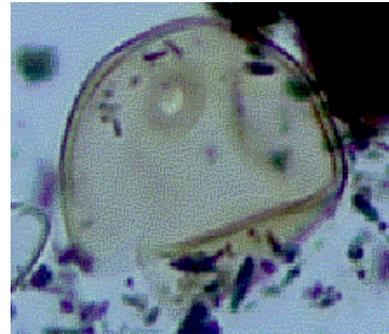
*Myriophyllum alternifolium*



*Olea europea*



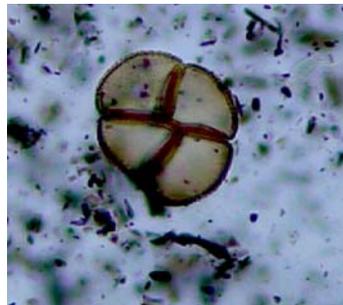
*Plantago coronopus*



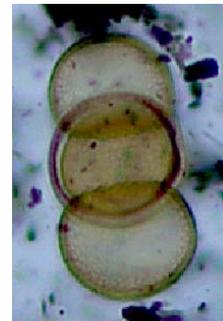
Poaceae



*Rumex officinalis*



*Typha latifolia*



*Typha-Sparganium*

Photos 7- Pollens de quelques espèces trouver dans les sols étudiés

***DISCUSSION GENERALE***

### **Discussion générale**

Les zones humides sont des écosystèmes complexes, elles sont le produit de processus écologiques, hydrologiques et climatiques auquel s'est associée l'action des organismes vivants, y compris celle de l'homme. Elles se rencontrent partout, sous tous les climats et dans tous les pays. Les zones humides sont parmi les ressources naturelles les plus précieuses de la planète, mais aussi parmi les milieux les plus fragiles. Aussi, leur protection et conservation nécessitent un inventaire et une caractérisation détaillée. En Algérie, cet inventaire a mis en évidence des zones humides réparties dans différentes zones climatiques. Cependant, la plus grande concentration de ces zones humides se situe dans la région d'El-Kala qui constitue un véritable complexe humide dans lequel certains lacs, marais et dépressions ont évolué vers des tourbières.

La caractérisation des sols du complexe humide d'El-Kala a été réalisée sur la base d'une typologie géomorphologique qui a mis en évidence six zones humides différentes (zone des dépressions interdunaires, zone de contact flysch de Numidie avec les dunes, zone de contact plaine alluviale avec les dunes et les dépressions lacustres qui sont représentées par le lac Mellah, le lac Oubeira et le lac Tonga). Dans chacune de ces zones, nous avons étudié deux ou plusieurs stations que nous avons caractérisées par des toposéquences de sols. La description morphologique des profils et les résultats des analyses ont révélé des différences très nettes inter et intra zones et même entre les stations d'une même zone. Les résultats obtenus montrent que la morphologie et les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des sols sont contrôlées par la topographie, la roche mère, les taux d'humidité et leurs fluctuations saisonnières et par la nature et densité du couvert végétal.

La topographie a une forte influence sur les sols de ce milieu. En effet, on passe progressivement de sols 'sains' situés à l'amont des toposéquences à des sols qui sont franchement 'hydromorphes' à l'aval. De ce fait, l'action de la topographie est à lier aux taux d'humidité des sols mais aussi à la dynamique des eaux de ce milieu. Ainsi, le sommet des séquences est une zone de départ et donc d'appauvrissement alors que l'aval constitue une zone d'accumulation et donc d'enrichissement en éléments de différentes natures, y compris en matière organique. Ce phénomène est plus ou moins amplifié par la nature de la roche mère qui a une forte influence sur la nature et la densité du couvert végétal d'une part et sur les intensités de la circulation verticale et latérale des eaux d'autre part.

D'une façon globale, les résultats indiquent que l'accumulation de la matière organique est plus importante dans le fond des dépressions où les conditions de sa conservation sont favorables. La forte acidité de ce milieu et les conditions d'anaérobiose inhibent l'activité microbienne et défavorisent donc la biodégradation de la matière organique. Ce phénomène est confirmé par les valeurs de l'indice de régénération (REG) qui ont révélé que la tourbe située dans les dépressions est bien conservée. Par ailleurs, les résultats montrent aussi que la tourbe qui se situe en bas du profil ou dans sa partie médiane se conserve bien alors que celle située dans les épipedons est soumise à l'influence des fluctuations de la nappe qui favorisent (période d'humectation) ou défavorisent (période de dessiccation) sa formation. La transformation des propriétés pédologiques lorsqu'on se dirige du centre des dépressions vers les zones avales est progressive. Ainsi, on passe progressivement des sols franchement organiques, profonds et hydromorphes vers des sols minéraux, peu profonds et sains. Ces derniers sont généralement sableux quand ils se situent sur les formations dunaires ou argileux quand ils se situent sur la plaine. Entre ces deux grands pôles de sols, nous pouvons trouver à la faveur de la texture et de la fluctuation de la nappe, des sols de transition ou d'interface reconnus surtout par leur caractère hydromorphe (gley, pseudogley) et par leur teneur en matière organique (sols humifères). De ce fait, nous

pouvons dire que la couverture pédologique dans le complexe humide d'El Kala est constituée par une multitude de chaînes de sols qui se différencient surtout par les conditions de la station tels que la durée de saturation en eau et la nature et la quantité de matière organique qui retourne au sol. Les processus qui orientent la pédogenèse dans ce milieu ont été très peu étudiés sous notre climat. Les principales chaînes de sols se résument comme suit :

Dans les dépressions dunaires et de l'amont vers l'aval, nous trouvons des sols sableux (minéraux bruts ou peu évolués), des sols sableux humifères (peu évolués, hydromorphes, humifères) et des sols tourbeux (hydromorphes tourbeux). Les sols peu évolués à texture sableuse occupent les limites extérieures des dépressions et échappent donc à l'influence de la nappe, ils supportent un couvert végétal qui se caractérise par un système racinaire très développé capable de puiser l'eau de la nappe en profondeur. L'importante quantité de matière organique produite ici trouve des conditions favorables à sa minéralisation, seule une fraction subit une humification avec formation de composés organiques responsables de la coloration sombre des couches superficielles du sol. Ce type de pédogenèse caractérise les milieux biologiquement actifs. Dans les zones où les variations de la nappe sont fréquentes, la formation d'un sol sableux humifère est justifiée par l'alternance de phases d'humectation (phase d'accumulation de matière organique par blocage de toute activité biologique) et de phase de dessiccation avec amélioration des conditions de minéralisation et d'humification de la matière organique. Les profils ainsi formés résultent de l'action de deux périodes à pédogenèses opposées. Dans la dépression proprement dite, la stagnation de l'eau sature le sol et favorise l'installation des conditions d'anoxie dans lesquelles l'activité biologique est inhibée, la matière organique s'accumule sans transformation et forme un sol tourbeux à texture fibreuse et à débris organiques reconnaissables. L'épaisseur de la couche organique dépend de la durée annuelle de saturation et de l'âge de la mise en place de la dépression. D'une façon générale, les formations tourbeuses sont bien conservées dans les dépressions dunaires.

La zone de contact dunes avec les grès et argiles de Numidie se caractérise par une succession de sols sableux et sols sableux humifères côté dunes, des sols tourbeux dans la dépression suivis par des sols hydromorphes à gley et des sols peu évolués quand on se dirige vers les grès et argiles de Numidie. Les grès et argiles de Numidie constituent une formation géologique composée par une alternance entre bandes de grès ferrugineux quartzeux et bandes d'argiles rouges très riches en fer ; sous l'effet des différents agents biotiques et abiotiques les grès s'altèrent et libèrent une arène sableuse qui, en se mélangeant avec les argiles, forme un substrat imperméable qui bloque tout transfert d'eau venant de la nappe dunaire et favorise ainsi la mise en place d'une zone saturée en eau voir même un plan d'eau. La stagnation de l'eau favorise l'installation d'un couvert végétal qui reflète les conditions stationnelles et oriente la pédogenèse selon le degré de saturation du sol. A ce niveau, l'évolution des sols intègre l'effet de la végétation forestière d'une part et l'effet de la saturation et de la texture du substrat d'autre part. Cette dynamique a été mise en évidence par Benslama (1993) autour du lac Tonga et par Kheirredine,(1993) autour du lac Oubeïra.

Des dunes vers la plaine argileuse, on retrouve une chaîne de sols formée successivement par des sols sableux, des sols sableux humifères, des sols tourbeux, des sols hydromorphes à gley et par des sols argileux évolués. La présence d'une plaine alluviale à texture fine constitue une barrière devant la progression de la nappe dunaire. Ce blocage se traduit par la formation de multiples zones humides de type Aulnaie. La présence d'une formation végétale monospécifique produit une quantité de matière organique qui évolue lentement permettant la formation d'un sol tourbeux dans la zone de contact des dunes et d'un sol hydromorphe à gley ou a pseudo gley du côté de la plaine. Dans les zones extérieurs, on

retrouve des sols peu évolués sableux sur les dunes et des sols peu évolués d'apport alluvial et argileux sur la plaine.

La richesse en matière organique diminue dans les deux sens en s'éloignant du centre de la dépression, mais du côté de la plaine, l'effet des apports de l'oued El-Kebir détermine le fonctionnement hydrologique et pédologique des plaines argileuses de la région (Marre, 1992).

La distribution des sols dans les lacs Mellah, Oubeira et Tonga est fonction de la nature du substrat géologique et du plan d'eau. Ici, selon la nature du substrat, nous retrouvons l'une des chaînes de sols étudiés précédemment. Ainsi, la zone de contact dune/plan d'eau est similaire à celle observée dans les dépressions dunaires, la zone de contact entre les grès et argiles de Numidie avec le plan d'eau peut être identifiée à celle de la zone II et la zone de contact plaine argileuse/plan d'eau fonctionne exactement comme celle de la zone de contact plaine argileuse / dépressions humides.

Il ressort donc que le principal processus pédogénétique s'oriente vers l'hydromorphie (sols hydromorphes souvent humifères) et la tourbification (formation de sols tourbeux) quand on se dirige de l'amont vers l'aval des dépressions. Les sols hydromorphes évoluent sous l'influence d'un excès d'eau temporaire ou permanent qui affecte l'ensemble ou seulement une partie du profil. Cet excès d'eau peut être dû à une submersion ou à la présence d'une nappe temporaire ou permanente. L'imperméabilité du matériau, associée à un drainage externe faible, peut également suffire à provoquer l'hydromorphie qui peut orienter l'évolution de la matière organique et, sous certains types de végétation, provoquer son accumulation et donc la formation de tourbe.

La caractérisation des sols tourbeux est souvent difficile en raison d'une forte variabilité pédologique et pédogénétique. Dans le complexe humide d'El-Kala, la présence de formations tourbeuses est souvent associée à la zone de contact plan d'eau substrat sableux. Les différentes étapes d'accumulation et de conservation des débris organiques augmentent avec l'hydromorphie, avec la profondeur et en se rapprochant du plan d'eau. Dans les conditions normales, la matière organique subit une minéralisation avec enrichissement du sol en éléments minéraux et quand les conditions sont défavorables, la transformation est incomplète avec accumulation de débris organiques. Le degré de transformation dépend des conditions d'aération car la présence de l'eau saturer les pores, chasse l'air, inhibe l'activité biologique, et favorise l'accumulation de composés organiques plus au moins reconnaissables. L'épaisseur de la couche de la matière organique et de son état dépend de la durée de saturation du sol en eau.

La description morphologique révèle la complexité des processus pédogénétiques qui se déroulent sous les conditions spécifiques de la région, aucune référence disponible ne permet la comparaison de nos observations. Seuls les travaux de Selmi (1985) et quelques indications avancées par Stambouli (2003) sur le milieu forestier de la Kroumirie (Tunisie) permettent de dire que la succession des sols du milieu forestier vers les dépressions humides est entièrement contrôlée par les conditions locales ou stationnelles de la pédogénèse. C'est ainsi que la couleur des horizons par exemple dépend de la quantité et de l'état de décomposition de la matière organique en surface alors qu'en profondeur c'est la nature du substrat et l'humidité qui en sont responsables.

D'une façon générale, les sols de cette région humide se caractérisent par des pH acides et des taux d'humidité très forts. Le pH acide, voire très acide, est contrôlé par les produits de l'altération d'un substrat géologique acide et par les composés organiques transformés en milieu anaérobie (souvent des acides organiques). Cette acidité joue un rôle important dans la conservation de la matière organique car elle inhibe l'activité

biologique et favorise donc son accumulation pour former un sol tourbeux ou un sol humifère quand les autres conditions pédogénétiques sont réunies. Par ailleurs, les forts taux d'humidité inhibent également l'activité biologique et oriente les processus de transformation de la matière organique vers l'humification physico-chimique qui aboutie à une faible altération de la matière organique fraîche. Cette situation qui caractérise l'ensemble des sols situés dans les dépressions favorise la conservation de la matière organique et donc le développement d'un sol tourbeux.

Les résultats ont montré que les taux de matière organique augmentent de l'amont vers l'aval des dépressions et diminuent de la surface vers la profondeur des sols sauf pour les sols tourbeux où l'accumulation des produits organiques est souvent moins importante en surface à cause de l'oscillation du niveau de la nappe. La détermination de l'indice pyrophosphate dont les valeurs sont souvent inférieures à 30 a révélé que la matière organique est relativement bien conservée dans ce milieu (Gobat et Portale, 1985). L'évaluation du taux de fibres permet de connaître l'état de la matière organique et de son degré de conservation dans les couches du sol, les résultats obtenus montrent que ce taux reste supérieur à 40 % dans la majorité des horizons. De ce fait, ces sols conservent bien la matière organique donnant une tourbe fibreuse dans les épipedons et une tourbe mésique rarement humique en profondeur. La caractérisation de la matière organique dans quelques profils types le confirme. En effet, son analyse au laboratoire a révélé une dominance de la fraction légère (plus de 60%) alors que la fraction humifiée ne représente que 40 % dont 50 % reviennent aux acides fulviques peu polymérisés. Ce résultat montre que la matière organique n'a subi que de très faible transformation. Ce résultat traduit les difficultés de dégradation que rencontre la matière organique produite dans ce milieu par un couvert végétal dense et diversifié. Ce phénomène peut être expliqué par la durée de saturation hydrique du milieu d'une part et par la qualité et la quantité de matière organique produite (Manlay et al, 2007 ; Feller, 1997; Bruckert et al, 1974). La relation entre le taux de fibre qui est un indice d'évaluation de la conservation des débris organiques et l'indice pyrophosphate qui est un indicateur du degré de sa décomposition permet de définir le degré de régénéralité de la tourbe ou REG. Les valeurs du REG sont dans l'ensemble supérieures à 1 indiquant un potentiel de régénéralité relativement élevé pour la majorité des tourbes de la région. Ce résultat signifie que malgré les multiples agressions que subissent ces zones humides, notamment par le pompage excessif de la nappe, les sols tourbeux des dépressions sont toujours non ou peu perturbés. Néanmoins, les pompages incontrôlés de la nappe ont fini par le lac Noir (de Belair et Samraoui, 1994) et réduire la surface de l'aulnaie de la Nechaa Righia (Benslama et al, 2004).

Cependant, la présence de tourbe sous les conditions actuelles est généralement difficile à admettre. En effet, outre le déficit hydrique enregistré, c'est le couvert végétal qui, ayant subi de multiples agressions, serait incapable de produire un excédent de matière organique indispensable à la formation d'une tourbe épaisse souvent de plus de 3 mètres. L'inventaire du couvert végétal montre que nous sommes en présence d'un couvert dense renfermant des espèces très diversifiées qui peuvent vivre dans tous les types de climats, des espèces liées aux conditions climatiques actuelles et plus du 1/3 (36%) des espèces inventoriées évoluent dans une ambiance climatique du type tropicale et sub-tropicale et donc dans un climat à bilan hydrique positif. Cette végétation produit donc une quantité de matière organique assez appréciable. Or, les analyses ont montré que l'eau des dépressions est une eau acide, non salée, pauvre en éléments minéraux et qui évolue peu en fonction des saisons. C'est cette eau qui sature les sols et inhibe la minéralisation de la matière organique produite par le couvert végétal.

Par ailleurs, l'analyse pollinique nous a permis de reconstituer le couvert végétal qui a participé à l'édification de ces accumulations tourbeuses. Les résultats ont mis en évidence

deux périodes. La première correspond aux conditions actuelles avec un couvert végétal régional dominé par *l'Erica arborea* et une forêt de chêne liège plus au moins dégradée. L'assemblage pollinique de cette période est le plus dominant et correspond à l'Holocène qui est très connu en Afrique du Nord (Reille, 1992, Stambouli, 2003). La deuxième période correspond au Tardiglaciaire durant lequel l'Afrique du Nord était soumise à un climat plus froid et plus sec, la végétation présente était représentée par du Cèdre et du Pin. Le Tardiglaciaire n'a jamais été observé en Afrique du Nord et suggère donc que les accumulations tourbeuses sont antérieures aux conditions actuelles. Ces deux périodes ont été confirmées par des mesures radiocarbone ( $^{14}\text{C}$ ). Ainsi, il s'avère que les milieux humides, avec leurs sols tourbeux, survivent dans des conditions qui leur sont étrangères. Néanmoins, la présence de la tourbe dans ces milieux et sa capacité de régénération actuelle montre que les conditions de leur formation ne diffèrent pas trop de celles de leur entretien actuel. La modification ou la rupture de cet équilibre fragile entre la tourbe et son milieu naturel aboutira inéluctablement à la disparition totale d'un patrimoine naturel considéré comme la mémoire de zone humide d'El Kala.

***Conclusion Générale  
et recommandations***

## Conclusion générale

L'objectif de ce travail est une caractérisation morphoanalytique des sols du complexe humide d'El-Kala. La spécificité de ce milieu a nécessité une approche basée sur une typologie géomorphologique pour déterminer les zones représentatives de ce milieu complexe. Par la suite, chaque type géomorphologique a été subdivisé en zones représentatives qui ont été caractérisées à leur tour par des profils pédologiques représentatifs. La morphologie des sols et leur dynamique étant profondément affectées par la matière organique et l'eau, la démarche adoptée s'est appuyée sur l'étude de la nature du couvert végétal et de la qualité de l'eau comme facteurs externes et sur l'étude de la matière organique et l'analyse pollinique comme indicateurs de la dynamique évolutive dans le temps et dans l'espace de ces sols tourbeux.

Le complexe humide d'El-Kala s'est formé le long des cours d'eau sur des berges, des étangs, dans les creux inter et intradunaires et à proximité des lacs Mellah, Oubeïra et Tonga. Il se compose de 975 ha de tourbe et représente la plus grande surface de tourbière active en Algérie. Sur le plan géologique, ce complexe se caractérise par une diversité d'affleurements rocheux dominés par les grès de Numidie, surtout au sud et au sud-est et par les sables dunaires au nord. Le réseau hydrographique du complexe humide d'El-Kala distingue trois types d'organisations, l'un à l'Est orienté surtout vers le drainage des bassins versants des lacs Mellah, Oubeïra et Tonga, le second à l'ouest où le réseau est organisé dans sa majeure partie le long de l'Oued El-Kébir Est et le troisième qui correspond à l'ensemble des bassins du cordon dunaire est dominé par des écoulements en nappe. Par ailleurs, cette région se caractérise par une augmentation de la pluviométrie moyenne annuelle quand on se dirige de l'ouest vers l'est, passant de 640 mm/an dans les Salines à 1550 mm/an à Ain Drahem. Elle se situe entre les étages bioclimatiques subhumides et humides sans être jamais froids d'où une importante diversité climatique favorable au développement de la riche biodiversité locale. Ainsi, cette région se caractérise par la diversité de son couvert végétal qui se répartit en cinq principales séries composées par les séries de chêne liège (*Quercus suber*), de chêne zéen (*Quercus faginea*), de chêne Kermes (*Quercus coccifera*), de pin maritime (*Pinus maritima*) et par la série des plantes de milieu humide (aquatique, amphibie, hydrophile, héliophile). L'inventaire de la végétation du complexe humide d'El-Kala a révélé l'existence d'environ 850 espèces végétales.

Dans le complexe humide d'El-Kala, la confrontation des facteurs biotiques et abiotiques nous a permis de mettre en évidence six zones homogènes. Il s'agit des dépressions dunaires, de la zone de contact flyschs numidiens /dunes, de la zone de contact plaine alluviale/dunes, du lac Mellah, du lac Oubeïra et du lac Tonga. Les critères utilisés pour identifier ces zones sont la géologie, la géomorphologie, l'hydrographie et le couvert végétal.

Dans les dépressions dunaires et interdunaires, nous avons étudié 5 stations et décrits 53 profils dont 19 profils ont été analysés au laboratoire. Les stations étudiées sont celles de Gareat Stah, du lac Noir, du lac Bleu, de Gareat El Khoubzi et celle de El Gouriati-Okréra. Les résultats ont montré que les sols sont sableux et acides à très acides à cause probablement du fait qu'ils sont alimentés par les eaux de précipitation et qu'ils se développent sur un substrat peu altérable (sable dunaire). L'accumulation de la matière organique est plus importante dans le fond des dépressions où les conditions sont favorables à la formation de profils tourbeux. Les valeurs de l'indice de régénération (REG) révèle que la tourbe est bien conservée au centre des dépressions et dans les parties médianes du profil, la partie sommitale du profil étant soumise aux fluctuations de la nappe et donc à des périodes de dessiccation favorables à la minéralisation de la matière organique et des périodes d'humectation qui sont, au contraire, favorables à sa conservation. L'alimentation en eau de ces milieux est assurée par les

précipitations atmosphériques et la remonté de la nappe dunaire, phénomène qui permet de classer cette tourbe dans la catégorie des tourbes oligotrophes.

Dans les zones de contact flysch numidien avec les dunes, nous avons étudié deux stations (Bourdim et GareatEl Ouez) et décrits 24 profils dont 10 ont été analysés au laboratoire. L'étude pédologique a mis en évidence la forte relation entre les caractéristiques des sols, le matériau parental et les taux et durée de saturation des solums (profondeur et permanence de la nappe d'eau). Cette relation a déterminé la nature du couvert végétal et engendré sa diversité offrant du coup une quantité appréciable de matière organique au sol. Lorsqu'on se dirige de la zone la plus humide (marais) vers les zones les plus saines situées à l'amont, on rencontre successivement des sols tourbeux (excellentes conditions de conservation de la matière organique) suivis d'une tourbe argileuse riche en débris organiques très décomposés peu reconnaissables (conditions de conservation de la matière organique moins bonnes). Là où l'effet de la saturation a encore diminué, la matière organique fraîche va être biodégradée et mélangée à la fraction minérale pour former un sol brun forestier sur les grès et argiles de Numidie ou des sols peu évolués souvent humifères sur les dunes sableuses. De ce fait, il ressort que la pédogenèse est contrôlée par le niveau de la nappe et par la nature et l'origine des débris organiques dans les endroits les plus humides et par la nature du matériaux parental dans les endroits relativement secs dans lesquels l'évolution de la matière organique n'est contrôlée que par les variations climatiques. Cette zone se caractérise également par une forte teneur en fer qui colore en rouge les sables des dunes.

Dans la Zone de contact plaine alluviale/dune, nous avons étudié 4 stations (Nechâa Righia Oum El-Aguerreb Ain Kheiar Boumahacen) et décrits 41 profils dont 16 ont été également analysés au laboratoire. Ici, la végétation est représentée par une forêt humide, dense constitue une source abondante de matière organique. Cette zone constitue par sa position d'interface entre la plaine argileuse d'apport alluvial et la dune côtière une zone où l'imperméabilité des argiles s'oppose à la perméabilité des sables. Cette hétérogénéité du milieu a engendré l'installation de groupements végétaux adaptés aux conditions de la station et qui sont des pourvoyeurs d'importantes quantités de matière organique plus ou moins facilement ou difficilement biodégradables. Comme dans les autres zones humides, la distribution des sols est régie par la nature du matériau parental, la position topographique, la nature du couvert végétal et surtout par l'importance et la durée de saturation des sols. En fonction de ces conditions, on trouve des tourbes dans les bas fonds (zones inondée), des sols hydromorphes humifères à gley ou pseudogley quand la durée d'inondation n'est pas excessive et des sols bruns forestiers, des sols peu évolués sableux (sur dunes) ou argileux d'apport alluvial (plaine).

La zone des dépressions lacustres est représentée par les lacs Mellah, Oubeira et Tonga. Les caractéristiques pédologiques du lac Mellah sont sous l'influence du matériau parental, de la nature du couvert végétal et du niveau de la nappe ou du degré de saturation des sols en eau. D'une façon générale, on rencontre des sols peu évolués à l'amont des pentes et des sols de plus en plus hydromorphes et tourbeux lorsqu'on se rapproche des zones inondées. Dans la zone du lac Oubeira, malgré la diversité des substrats et le degrés de recouvrement par la végétation, la pédogenèse est contrôlée par la nature du matériau parental et à la végétation (densité et nature) dans les zones drainantes et saines et par la durée de l'inondation dans les bas fonds. Ces deux situations antagonistes vis-à-vis de la minéralisation ou de la conservation de la matière organique sont déterminantes dans la distribution des sols de ces milieux, des sols minéraux sur les reliefs et des sols hydromorphes et tourbeux dans les zones de confinement. La répartition des sols au niveau du lac Tonga suit la même logique de distribution qu'ailleurs dans les régions humides d'El Kala. En effet, la topographie, la nature de la végétation et du matériau parental ainsi que l'importance et la durée de saturation des

sols sont les principaux déterminants des processus de la pédogenèse et donc des caractéristiques pédologiques.

Au total, les sols de la régions d'El Kala sont pratiquement tous acides. Les sols situés sur les grès et argiles de Numidie correspondent à des sols bruns forestiers et ceux situés sur les dunes sableuses sont des sols peu évolués généralement humifères et toujours sableux. Sur la plaine, on retrouve des sols peu évolués humifères ou non mais toujours argileux. Dans les zones les plus confinées, on trouve des sols tourbeux qui se régénèrent assez bien. Dans la zone d'interface entre ces deux grands types de sols, il y a un passage progressif des caractéristiques pédologiques du milieu confiné vers le milieu sain, passage qui se traduit par une minéralisation de plus en plus importante de la matière organique et diminution de l'intensité de l'hydromorphie. Il ressort que les principaux processus pédogénétiques s'orientent vers la tourbification (formation de sols tourbeux) et l'hydromorphie qui abouti à la formation des sols hydromorphes souvent humifère.

L'inventaire floristique et la classification écologique des espèces végétales dans le complexe humide d'El-Kala ont montré que la distribution spatiale du cortège floristique est contrôlée par les facteurs édaphiques et hydrologiques. La présence d'espèces indicatrices du type de milieu est souvent en parfaite adéquation avec l'ambiance physicochimique du sol et le cortège floristique. La présence dans ces milieux d'espèces d'origines biogéographiques diverses montre que ces milieux sont un carrefour biogéographique spécifique capable d'entretenir une flore dense et diversifiée aux exigences multiples. Cette diversité spécifique est à l'origine d'un apport en matière organique aussi riche et diversifié que la flore qui compose ce milieu. Elle influence considérablement l'évolution et la différenciation des sols, en particulier les tourbes dans ces milieux qui sont connus par la qualité des eaux qui les alimentent.

Les résultats ont montré que les taux de matière organique augmentent de l'amont vers l'aval des dépressions et diminuent de la surface vers la profondeur des sols sauf pour les sols tourbeux où l'accumulation des produits organiques est souvent moins importante en surface à cause de l'oscillation du niveau de la nappe. Ils ont montré aussi que ces sols conservent bien la matière organique donnant une tourbe fibreuse dans les épipédons et une tourbe mésique rarement humique en profondeur. La dominance de la fraction légère (plus de 60%) sur la fraction humifiée qui ne représente que 40 % dont 50 % reviennent aux acides fulviques peu polymérisé le confirme et suggère que des difficultés de dégradation la matière organique dans ce milieu par un couvert végétale dense et diversifié. De même, les résultats obtenus ont révélé un potentiel de régénération relativement élevé pour la majorité des tourbes de la région malgré des conditions parfois hostiles. Cette conservation et régénération de la tourbe seraient favorisées par les conditions biologiques et hydrochimiques de la région. En effet, l'inventaire du couvert végétal a révélé un couvert dense renfermant des espèces très diversifiées qui peuvent vivre dans tous les types de climats, des espèces liées aux conditions climatiques actuelles et plus du 1/3 (36%) des espèces inventoriées évoluent dans une ambiance climatique du type tropicale et sub-tropicale et donc dans un climat à bilan hydrique positif. Cette végétation produit donc une quantité de matière organique assez appréciable. Par ailleurs, les analyses ont montré que l'eau des dépressions est une eau acide, non salée, pauvre en éléments minéraux et qui évolue peu en fonction des saisons. C'est cette eau qui sature les sols et inhibe la minéralisation de la matière organique produite par le couvert végétal.

L'analyse pollinique de cinq séquences tourbeuses a permis de reconnaître deux périodes représentées par deux assemblages polliniques différents, les dépôts holocènes et les dépôts anté-holocènes. La première correspond aux conditions actuelles alors que la deuxième correspond au Tardiglaciaire durant lequel l'Afrique du Nord était soumise à un climat plus

froid et plus sec, la végétation présente était représentée par du Cèdre et du Pin. Le Tardiglaciaire n'a jamais été observé en Afrique du Nord et suggère donc que les accumulations tourbeuses sont antérieures aux conditions actuelles. Ces deux périodes ont été confirmées par des mesures radiocarbone ( $^{14}\text{C}$ ). Ce résultat signifie que les conditions de leur formation antérieure ne seraient pas trop différentes de celles de leur entretien actuel. Il atteste aussi que le climat de l'Afrique du nord a été suffisamment clément et surtout humide pour assurer la formation, l'organisation et l'évolution de formation tourbeuse.

Au terme de cette recherche, il ressort que les tourbières du complexe humide d'El-Kala sont des milieux riches et producteurs mais très fragiles, toute modification de l'équilibre écologique qui les entretient peut provoquer leur disparition. Aussi, ce travail qui a porté pour la première fois sur l'inventaire, la genèse et la caractérisation morphoanalytiques des sols tourbeux en Algérie mérite d'être poursuivi et approfondi. Un inventaire plus détaillé de la flore et de la faune et des travaux approfondis de paléobotanique, de palynologie, de mycologie et de paléoclimatologie contribueront sans aucun doute à mieux les connaître et donc à mieux les protéger.

*Références bibliographiques*

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:**

- ACHERAR M., et VILLARET J.C., 2000.** Les zones humides du Sud-Est de la France. Manuel pratique d'identification et de délimitation, DIREN éd., 339p.
- ALLAOUA, S., 1997.** Contribution à l'étude du sol du complexe humide de l'Algérie Nord orientale. Mémoire d'Ingénieur, Université de Annaba.
- ANDREUX, F. et MUNIER-LAMY C.; 1994.** Genèse et propriétés des substances humiques. Pédologie VI: 109-134.
- ANDREUX F. FAIVRE P. et BONNE M., 1985.** Nature et dynamique des matières organiques impliqués dans les processus de podzolisation. Note centre de podologie biologique Nancy
- ANONYME, 1998.** Plan de gestion du Parc National d'El-Kala (PNEK), 1998
- AOUADI, H., 1989. :** La végétation de l'Algérie Nord-Orientale : histoire des influence anthropique et cartographie à 1/200000. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier-Grenoble. 108p
- AUBRON, G., CLEMENT, B., TOUFFET, J., 1989.** Typologie physico-chimique des zones humides de Bretagne. *Bull. Soc. Sc. Bretagne*, 60 (1-4) : 33-54.
- BACHELIER G., 1978.** La faune du sol , son écologie et son action Ed. ORSTOM , FRANCE
- BALLOUCHE, A. , 1986.** Paléoenvironnements de l'homme fossile Holocène au Maroc ; apport de la palynologie. Thèse de l'Université de Bordeaux
- 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.
- BARRIUSO. F., PILLON. P. et PORTAL J.M., 1985.** Méthodologie appliquée à la caractérisation des composés humiques Formation permanente. Stage initiation aux méthodes d'analyse organique des sols et des sédiments 23 – 34p.
- BARNAUD G., 1998.** Conservation des zones humides, Concepts et méthodes appliqués à leur caractérisation, MNHN, 451p.
- BAYER C., MIELNICZUK J., MARTIN-NETO L. ET ERNANI P. R., 2002.** Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. *Plant and Soil*, 238, 133-140.
- BEC J., 1999.** Système de caractérisation des zones humides de moyenne montagne, Des méthodes et une validation en Artense (Cantal), Mémoire de DEA : Université de Limoges, 105p.
- BELAIR (de) G., 1990.** Structure, fonctionnement et perspective de gestion de quatre éco-complexes lacustres et marécageux (El-Kala, Est algérien). Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II. 193p.
- BELAIR (de) G. et SAMRAOUI, B. 1994.** Death of lake: lac Noir in Northeastern. Algérie. *Environmental Conservation*.
- BENSLAMA. M., 1993.** Contribution à l'étude de la couverture Eco-pédologique et de la matière organique dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert forestier (Bassin version du lac Tonga P.N.E.K) extrême Est Algérien Th. Mag Agro INA 152p
- BENSLAMA M. 1996.** Dégénération des sols du complexe humide d'EL KALA (cas de Nechaa Rigiha), 1<sup>er</sup> coll Eco dev Adrar Algérie

- BENSLAMA, M., 2001.** Etude pollen analytique de quelques marais tourbeux de l'Algérie Nord Orientale : « cas du lac Noir, de Nechaa Righia, et du marais d'El-Ghoura ». XVII<sup>ème</sup> symposium de l'Association des Palynologues de Langue française Arles 24-26/09/2001.
- BENSLAMA, M. et DJILI K., 2004.** Rôle de la matière organique dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert forestier (cas du bassin versant du lac Tonga) N. E. Algérien. 8<sup>ème</sup> Journée nationale de l'étude des sols. (afes). 26-28 Oct. 2004 Bordeaux France.
- BENSLAMA, M., LAIFA, A. et ZANACHE, H., 1997.** Les sols du complexe humide de Guerbès Sanhaja (Nord- Est Algérien). 1<sup>ère</sup> journée d'étude d'agriculture de montagne Mascara. Algérie.
- BENSLAMA-ZANACHE, H. 1998.** Contribution à l'étude de la diversité des micro-organismes (champignons Saprophytes) des sols du complexe humide d'El-Kala (Nord algérien). Cas des stations d'El-koubssi, Righia et du Lac Noir. Thèse de Magistère. Université d'Annaba.66p.
- BENSLAMA-ZANACHE, H. 2007.** Evolution régressive des sols des zones humides de l'Algérie Nord Orientale (Cas de la Nechaa Righia W. El-Taref). 9<sup>ème</sup> Journée nationale de l'étude des sols. (afes). 3-5 avril. 2007 Angers France.
- BENTIBA, B. 1995.** Cinq millénaires d'histoire de la végétation à Djebel El Ghorra, Tunisie septentrionale Publ. Occas. CIFEG, Orléans, 31), 49-55.
- BENTIBA, B. 1982.** Relations pluie pollinique-végétation en Kroumirie (Tunisie Septentrionale). *Ecologia Mediterranea* Tome VIII Fasc.4, 62-73.
- BENTIBA B. et REILLE M., 1982.** Recherche pollanalytiques dans les montagnes de Kroumirie (Tunisie Septentrionale): premières résultats. *Ecologia Mediterranea*, Tome VIII Fasc.4, 76-86.
- BENYACOUB S. et CHABI Y. 2000.** Diagnose écologique de l'avifaune du parc national d'El-Kala *Revue Synthèse* N° 7 Université ANNABA
- BERNARD P., 1994.** Les zones humides. Rapport de l'instance d'évaluation comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques. 1<sup>er</sup> Ministre, Commissariat Général au Plan. Ed. la Documentation Française ; 169 p. + annexes.
- BERNARD J. et REILLE M., 1987.** Nouvelles analyses polliniques dans l'Atlas de Marrakech, Maroc. *Pollen et Spores*, XXIX (1-2-3), 225-240
- BERNOUX M., 2005.** Impacts des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) sur la dynamique de l'eau, de l'azote minéral et du carbone du sol dans les cerrados brésiliens. *Cahiers Agricultures*, 14, 71-75.
- BLANC, D., 1987.** Les cultures hors-sol, 2<sup>ème</sup> Ed., INRA, Paris, 409p.
- BLANC, L. 2000.** Données spatio-temporelles en écologie et analyses multitableaux : examen d'une relation. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard-Lyon1
- BOUMEZBER A, 2002.** les zones humides un univers à découvrir, Atlas N°2 des zones humides algérienne ; Ed. DGF ministère de l'Agriculture et du développement durable Algérie.
- BRONICK C. J. ET LAL R., 2005.** Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124, 3-22.
- BRUCKERT, S. 1970.** Influence des composés organiques solubles sur la pédogenèse en milieu acide. Thèse doct Etat. Univ. Nancy I *Ann.Agron.*; 21(4), 421- 452 et 21 (6). 725-758.

- BRUCKERT, S, JAQUIN F, et METCHE M 1967.** Contribution à l'étude des acides phénoliques présents dans les sols. Bull. Eco Nat. Sup. Agro. Nancy. T.9 Fasc. II p73-92.
- BRUCKERT, S., HETIER, J.M. et GUTIERREZ, F. 1974.** Extraction chimique des composés organiques et des complexes organo-minéraux. *Science du sol* 4: 225-245.
- BRUCHEST.S. ANDREUX. F. ; DE LA CORREA. A. ; AMBOUTA K.J.M et SOUCHIER B. 1979.** Fractionnement des agrégats appliqués à l'analyse des composés organo-minéraux des sols, Cah. ORSTOM. Ser. Pédo - Vol XVII. N°1 pp1-12.
- BRUNET D., BARTHES B. G., CHOTTE J-L. et FELLER C., 2007.** Determination of carbon and nitrogen contents in Alfisols, Oxisols and Ultisols from Africa and Brazil using NIRS analysis: Effects of sample grinding and set heterogeneity. *Geoderma*, 139, 106-117.
- BUFFLE, J., GRETIER, F.L. et HÂERDI, W. 1977** Measurement of complexation properties of humic and fulvic acids in natural waters with lead and copper ion-selective electrodes. *Anal. Chem.* 49: 216-222.
- BULLINGER-WEBER,G., LE BAYON, R.C., GUENAT,C., GOBAT,J.M., 2007.** Influence of some physicochemical and biological parameters on soil structure formation in alluvial soils of the Sarine River, Switzerland. *Eur. J. Soil Biol.*
- BUREAU F, GUENAT, C. HUBER, K. ET VEDY JC, 1994.** dynamique des sols et de la végétation en milieu alluvial carbonaté. *Ecologie*, t 25(4) p 217-230)
- BUTLLER, A., 1992.** Hydrochimie de nappes des prairies humides de la rive sud de lac de Neuchâtel. *Bull.Ecol.*, t.23 (3-4) pp 415-421.
- 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
- BUTTLER A, et GOBAT J.M ; 1991.** Les sols hydromorphes des prairie humides de la rive sud. Du lac Neuchâtel (Suisse). *Bull.Ecol.*, t.22 (3-4) pp 405-418.
- CHABROL L.et GRANJON L., 2002.** Cartographie des zones humides en Limousin : étude préliminaire sur un périmètre test, Conservatoire Botanique du Massif -Central, 17p.
- CHAMBAUD F.et OBERTI D., 2003.** Inventaire des zones humides « Loi sur l'eau » de la vallée de la Bourbre (Isère), CAE, 37p.
- CHAMBAUD F., OBERTI D. et GODREAU V., 2003.** Utilisation de quelques renoncules prairiales comme indicateur biologique du niveau d'hydromorphie des sols, *Revue Fourrages* n°73, pp 23-35.
- CHEDDADI, R. LAMB, H.F. GUIOT, J. VAN DER KAARS S., 1998.** Holocene climatic change in Marocco: a quantitative reconstruction from pollen data. *Climate Dynamics* 14, 883-890
- CHEVALLIER T., BLANCHART E., ALBRECHT A. ET FELLER C., 2004.** The physical protection of soil organic carbon in aggregates: a mechanism of carbon storage in a Vertisol underpasture and market gardening (Martinique, West Indies). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103, 375-387.
- DABIN B., 1971.** Etude d'une méthode d'extraction des matières humiques du sol *Sci. du sol* N° 1 pp 47 - 63.

- DABIN B. 1976.** Méthode d'extraction et de fractionnement des matières humiques du sol Application à quelques études pédologiques et agronomiques des sols tropicaux. Cah. ORSTOM . Ser .Pédo - Vol XIV N° 4 pp 287 – 297.
- DABIN B. ; 1980.** Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. Journée Georges Aubert Cah. ORSTOM. Ser. Pédo - Vol XVIII. N°3 - 4 pp 197 – 215.
- DAMBLON, F., 1991.** Contribution pollenanalytique à l'histoire des forêts de Chêne liège au Maroc:la suberaie de Krimda. *Paleoecology of Africa and the surrounding island* (22), pp 171-182.
- DAMBLON, F. et VANDEN BERGHEN,C., 1993.** Etude paléo-écologique (Pollen et macrorestes) d'un dépôt tourbeux dans l'île de Djerba, Tunisie méridionale. *Palynosciences*, 2, 157-172.
- DAVID, F. 1993.** Evolution de la limite superieur des arbres dans les Aspes francaises du nord depuis la fin des temps glaciaire. Thèse, université d'Aix-Marseille III. 94p
- DEBACHE, R., 1997.** Approche phyto-écologique du Lac Bourdim (Wilaya d'El- Tarf). Mémoire d'ingénieur. Univ d'Annaba, 37p
- DEBIECHE, T.H., 2002.** Évolution de la qualité des eaux (Salinité, Azote et Métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la Seybouse - Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat Université Franche Comté France 199p.
- DE CONINK F, BOCK, C., GREGOIRE F., MAUCORPS J. et WICHEREK S., 1991.** Les transfères latéraux de solutions du sol dans un système lande sur Podzol-tourbière acide. *Bull. Ecol.*, t 22 (3-4) pp343-362
- DELCOUR F. ; 1983.** Les formes d'humus : identification et description. *Les naturalistes Belges*, 1983, pp 64 -73 .
- DIMANCHE P., 1967.** Etude pédologique du périmètre forestier d'Oum Djeddour S.O.G.E.T.H.A étude N° 302, 32 p.
- DIMANCHE P., 1973.** Les sols à Mull et les sols à Mor. *Sols de Tunisie Bull. Divi. des sols* 5 pp 85 - 87.
- DIMANCHE P., 1985.** Contribution à la connaissance pédologique et édaphique du milieu forestier Tunisien. Thèse doct. Ing. Univ. Nancy I 194 p + Annexe.
- DIRECTION GENERALE DES FORET (DGF)- 2004.** Atlas IV des zones humides d'importances internationale Ed. Ministère de l'Agriculture et du développement durable Algérie. 107p.
- DUCHAUFOR Ph., 1977.** Pédologie : Pédogénèse et classification Ed Masson. 477 p.
- DUCHAUFOR Ph., 1980.** Ecologie de l'humification et pédogénèse des sols forestiers. *Actualités d'écologie forestières. Sol. Faune. Flore.* Ed. Gauthier-Villars pp 177 - 202 .
- DUCHAUFOR Ph., 1988.** Note sur la dégradation de la végétation forestière et des sols en climat méditerranéen Note extraite de "Seminario - Technico sobre practiques E Consevacao da natureza Fara . 7 pages.
- DUCHAUFOR Ph, 1989.** Pédologie et groupe écologique I : Rôle du type d'humus, et du pH., *Bull Ecol* , t 20 ; 1 , pp 1-6.
- DUCHAUFOR Ph, 1989.** Pédologie et groupe écologique II : Rôle des facteurs physiques, aération et nutrition en eau. *Bull Ecol.* t 20 ; 2 , p99 – 107.
- DUCHAUFOR Ph. 1995.** Pédologie : sol, végétation et environnement, Ed Masson 309p.

- DUCHAUFOR Ph., 2001.** Introduction à la science du sol, végétation, environnement, 6<sup>ème</sup> édition l'abrégé de pédologie Ed. Masson. 331p.
- DUCHAUFOR, Ph. et TOUTAIN, F., 1986.** Apport de la pédologie à l'étude des écosystèmes Bull. Ecol. T.17 (1), pp. 1-9.
- DURAND J.H., 1954.** Les sols du bassin versant du lac Tonga (Carte au 1/50.000<sup>ème</sup>) S.E.S, ALGER, Note techniques. 12 p.
- DUPIEUX N., 1998.** La gestion conservatoire des tourbières. Ed. Espaces naturels de France. 244p
- DUPONT, A. 1978.** Hydraulique urbaine. Tome 1. hydrologie. Captage et traitement des eaux. Edition Doin. 380p
- DUTHIL. J : 1971.** Elément d'écologie d'agronomie, Tome I, Ed J.B. Ballière et Fils, 378p.
- DUVIGNEAUD, P. 1974.** La synthèse écologique. Ed. Doin. Paris. 349p.
- ECOSPHERE, 2001.** Etude de la faisabilité relative à la délimitation des zones humides du bassin Seine-Normandie, Ed. Espaces naturels de France. 149p.
- EKONO. 1981.** Report on energy use of peat. Contribution to U.N. Conference on New and Renewable Sources of Energy, Nairobi. 645p.
- EL-HAMOUTI, N. LAMB, H.F FONTES J.C. et GASSE, F. 1991.** Changements hydroclimatiques abrupts dans le moyen atlas marocain depuis le dernier maximum glaciaire C.R. Acad. Sci. Paris, t.313 Série II, 259-265
- FELAHI, W. et REFASSE, S. 1994.** Contribution à l'étude écologique du lac noir Caractéristique physico-chimique du sol. Mémoire de D.E.S. Université de Annaba.
- FELLER C. 1995.** La matière organique du sol et la recherche d'indicateurs de la durabilité des systèmes de culture dans les régions tropicales semi-arides et subhumides d'Afrique de l'Ouest. In F. Ganry & B. Campbell (eds.), "Sustainable land management in african semi-arid and subhumid regions", pp.123-130, CIRAD, 406 p., Montpellier.
- FELLER C., 1997.** The concept of soil humus in the past three centuries. In : "History of Soil Science", D.H. Yalon & S. Berkowicz eds. Advances in GeoEcology, 29 : 15-46. Reiskirchen, Germany.
- FETNI, S. 1992.** Contribution à l'étude du sol et de végétation dans la Nechaa. Righia. Mémoire d'Ingénieur, Université de Annaba.
- FERREZ Y. et CARTERON M. 2004.** Caractérisation et cartographie des zones humides de Franche-Comté, note interne pôle Relais Tourbières. 5p.
- FLADRIN, J. 1952.** La chaîne atlasique de la bordure Nord du Sahara. Aperçu d'ensemble congrès géologique internationale n° 19. Alger n° 14. 80p.
- FRANZÉN L.G., 2006.** Increased decomposition of subsurface peat in Swedish raised bogs: are temperate peatlands still net sinks of carbon. *Mires and Peat*, Volume 1 (2006), 825p.
- FRAZIER, S. 1999.** Ramsar Sites Overview. A Synopsis of the World's Wetlands of International Importance. Wetlands International. 58 pp.
- GALLALI T., 1980.** Transfert sels matière organique en zone aride méditerranéenne. Thèse doct. Etat Nancy I, 189 p.

- GARNIER-SILLAM, É. HARIYENTO S. ET BOUREZGUI Y. 1999.** Humic substances in peats (Sumatra, Indonesia) *ANALUSIS*, 1999, 27, N° 5 p 405- 408.
- GAUTHIER, F., GAGNON S. et DANSEREAU B. 1997.** "Incorporation de résidus organiques dans un substrats tourbeux pour la production d'impatiens et de géraniums." *Canadian journal of plant science* **78** pp 131-138.
- 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.
- GOBAT, J.M., 1984.** Importance des bordures de tourbières pour la conservation des hauts marais : exemple de deux tourbières du Jura suisse. *Bull. Soc. Neuch. Sc. Nat.*, 107 pp 25-32.
- GOBAT, J.M., ARAGNO, M. ET MATTHEY, W. 2003.** Le sol vivant. 2<sup>ème</sup> Ed. Presses polytechn. univ. romandes, Lausanne.
- GOBAT, J.M., ARAGNO, M. et MATTHEY, W. 1998.** Le sol vivant. Presses polytechn. univ. romandes, Lausanne.
- GOBAT, J.-M., GROSVERNIER, P. et MATTHEY, Y. 1986.** Les tourbières du Jura suisse. *Actes de la Soc. jurass. d'Emulation*, 1986 pp 213-315.
- GOBAT J.M ET PORTAL JM, 1985-** Caractérisation de cinq tourbes oligotrophe représentatives d'une dynamique de la végétation dans le Jura Suisse. *Science du sol* 1985 (2). pp59-74.
- GOEURY, C., 1988.** Acquisition, gestion et représentation des données de l'analyse pollinique sur micro-ordinateur. Institut Française de Pondichéry, travaux de la section des Sciences et Techniques, 25, 405-416.
- GOEURY et BEAULIEU J.-L. DE, 1979.** A propos de la concentration du pollen à l'aide de la liqueur de Thoulet dans les sédiments minéraux. *Pollen et Spores*, 21 (1) 2 : pp 239 – 251
- GOUBET P., THEBAUD G. ET PETIT G., 2006.** La dynamique des hauts-marais et les paramètres écologiques qui la contrôlent : proposition d'un schéma fonctionnel et applications à la conservation. *Revue d'Écologie, La Terre et la Vie*, 61/2, pp 101-116.
- GRAHAM M. H., HAYNES R. J. ET MEYER J. H., 2002.** Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, pp.93-102.
- GURY M., 1990.** Genèse et fonctionnement actuel des pseudo gleys podzoliques sur terrasses alluviales dans l'Est de la France Thèse doct. Etat. univers Nancy I .287 page + Annexes.
- HAINARD, P., MICHEL, C., WERDENBERG, K., 1987.** Evolution de la flore, de la végétation et de l'écologie du marais des Bidonnes (Ain, France) entre 1975 et 1985 : étude diachronique avec les problèmes qu'elle rencontre. *Saussurea*, 18 pp. 11-35.
- HALIMI, A., 1980 -** L'atlas Blédien. Climat des étages végétaux. Ed. O.P.U Alger 523 p.
- HETIER J.M., 1975-** Formation et évolution des andosols en climat tempéré .Thèse doct etat univ. Nancy I 194 p.
- HETIER J.M. et FARDEAU J.C., 1979.** Diagnostic du fer mobile et assimilable dans les Sol. *Coll Int C.N.R.S N° 303 Migration organo-minérale dans les sols tempérés Nancy 1979* pp 393 - 402

- HETIER J. M., ANDREUX F., SCHOULLER E. et MAROL C. , 1986.** Organic matter inputs to soil after Growth of carbon 14 , Nitroge 15 , Labeled Maize. *Soil. sc. soc. Amer Jornal Vol 50 N°1* pp 76 – 80.
- HINDRYCK, X., DAMBLON, F., SCHUMACKER, R., 1990.** Nécessité des études paléoécologiques pour une gestion raisonnée des tourbières hautes. L'exemple des Hautes-Fagnes. *Anseremme*, 15 (2) : 443-458. Région Wallone, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Conservation de la Nature.
- JABIOL, B., BRETHES, A., PONGE, J.F., TOUTAIN, F. et BRUN, J.J. 1995.** L'humus sous toutes ses formes. *ENGREF*, Nancy. 35p.
- JULVE, Ph., 1994 .** La végétation des tourbières de France. *Cah. Sci. Tec. Rés. Tourb. Fra.*, 1 : 8-26. (*Synthèse phytosociologique de la végétation des tourbières de France*).
- JULVE, Ph., 1997.** Références pour la gestion écologique des tourbières de France. *Cah. Sci. Tec. Rés. Tourb. Fra.*, 3 pp25-39.
- 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.
- KHEIREDDINE A., 1993.** Contribution à la cartographie des sols des régions humides-(bassin versant du lac Oubeïra- El-Kala), Mémoire d'ingénieur agronome INA El-Harrach Alger
- KHERICI, N. 1993.** Vulnérabilité à la pollution chimique des eaux souterraines d'un système de nappes superposées en milieu industriel et agricole (Annaba-La Mafragh).Nord-Est algérien. Thèse de doctorat. Université d'Annaba.170p.
- KILBERTUS G. et MANGENOT. F 1979.** Origine et composition des matières organiques impliqués dans la formation des agrégats organo-minéraux : migrations organo-minérales dans les sols tempérés pp103 – 111.
- 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, Morocco. *Journ. Biogeogr.*, 16 pp65-74.
- LAPLACE DOLONDE,A., 1996.** Etat des connaissances et perspectives de recherches sur les sols tourbeux (histosols) et leur comportement hydrique : premiers éléments. *Cah. Sci. Tec. Rés. Tourb. Fra.*, 2 : 2-5.
- LECLERE A.S., 1999.** Contribution à l'Observatoire national des zones humides : apport de la télédétection et des Systèmes d'Information Géographique à l'identification, à la caractérisation et au suivi des zones humides, Thèse de doctorat : M.N.H.N, 332p.
- LEVESQUE, M., DINEL, H., 1982.** Some morphological and chemical aspects of peats applied to the characterization of histosols. *Soil Science*, 133 (5).
- LEVESQUE, M. et DINEL, 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.
- MALTERER,T.J., VERRY, E.S., ERJAVEC, J., 1992.** Fiber content and degrees of decomposition in peats : Review of national methods. *Soil Science Society of America Journal*, 56 (4), pp 1200-1211.
- MANLAY R.J., FELLER C., et SWIFT M.J., 2007.** Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 119, pp. 217–233.

- MANNEVILLE, O. VERGNE, V. VILLEPOUX O. et le Groupe d'Etudes des Tourbières 2007.** Document classée sur les tourbières en annexe du livre « Le monde des tourbières et des marais » éd. Delachaux et Niestlé. 40p
- MANNEVILLE, O., VERGNE, V. et VILLEPOUX, O. 2006.** Le monde des tourbières et des marais. 2<sup>ème</sup> éd. Delachaux et Niestlé. 530p.
- MANNEVILLE, O., VERGNE, V. et VILLEPOUX, O. 1999.** Le monde des tourbières et des marais .Delachaux et Niestlé. 320p :
- 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.
- MARRE, A. 1992.** Le tell Orientale algérien de Collo à la frontière tunisienne. Etude géomorphologique. OPU Alger Vol 1et 2, 624p. ,153p
- MAURIN H., LE LAY G. et de FERAUDY E., 1998.** Zoner les espaces naturels ? Objectifs, méthodes et perspectives, MNHN, 84p.
- MENUT, G. 1974.** Recherche écologique sur l'évolution de la matière organique des sols tourbeux. Thèse. Univ. Nancy 1. 189 p
- MERMET L. ET BARNAUD G., 1997.** Les systèmes de caractérisation des espaces naturels et leurs enjeux ; l'exemple des zones humides. In Nature, Sciences et Sociétés n° 5 pp.31-40.
- MEROT L., 2000.** Typologie fonctionnelle des fonds de vallée en vue de la régulation de la pollution diffuse, rapport de synthèse final, Ed. PNRZH, 115 p.
- MONROZIER L.J, BENJOLY M., PILLON P., ANDREUX F., SOUCHIER B. et PELET R. 1983.** Distribution of organic matter in grain - Size fractions of some recent sediments. Organic Geochemistry pp 323 - 327
- MORARD, P., EYHERAGUIBEL B. et SILVESTRE J., 2003.** Influence des substances humiques sur la croissance et la floraison du bégonia. La matière organique naturelle, 5ème colloque du groupe français de l'International Humic Substances Society, Clermont-ferrand pp 512-518
- Mourier B, 2004.** Organisation spatiale des sols des sols hydromorphes de fond de vallée en fonction de l'ordre des cours d'eau. Application au bassin versant de la Vilaine. Institut. National Agronomique de Paris-Grignon. 309p
- MULLER, S., 1990.** Phytogeographical originality and conservation of peat bogs of «Pays de Bitche» (Northern Vosges Mountains, France). Bulletin d'Ecologie, 21 (3): 65-69
- NAGAGAWA, T. 1998.** Etude Palynologique dans les Alpes Française Centrale et Miridionale: Histoire de la végétation Tradiglaciaire et Holocène. Thèse, université d'Aix-Marseille III.206p.
- OTHMANI- SENDID, A., 2000.** Typologie et cartographie des zones humides de la Numidie Orientale. Thèse de Magister Uni. Annaba.68p
- PEARCE, F. et CRIVELLI. A.J., 1994.** Caractéristique générales des zones humides méditerranéennes. Ed. MedWet 83 p.
- PINTON, R., CESCO, S. SANTI AND, S. et VARANINI, Z. 1995.** "Effect of soil humic substances on surfaceredox activity of oat roots." Journal of Plant Nutrition 18(10): 2111-2120.
- PINTON, R., CESCO S., SANTI S. et VARANINI Z. 1997.** "Soil humic substances stimulate proton release by intact oat seedlings roots." Journal of Plant Nutrition 20 (7-8): 857-869.

- PILLON, P. 1986.** étude de la diagenèse organique dans un système deltaïque actuel. Le delta de la Mahakan (Indonésie), caractéristiques organo-minérales et évolution précoces des formes azotées du Kérogène. Th. Doct. Uni Nancy I 172p.
- PONS, A. 1970.** Le pollen : collection (Que sais-je) ? Ed Press Universitaire de France. Paris. 126p.
- PUGET P., CHENU C. ET BALESDENT J., 2000.** Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates. Eur. Jour..Soil Sci, 51, pp 595-605.
- QUEZEL P. et MEDAIL F. 2003.** Ecologie et Biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, Paris, 571p.
- QUINLY, F. et ROCHEFORT, L. 2003.** Guide de restauration des tourbières. 2<sup>ème</sup> Edition. Association Canadienne de mousse de sphaigne et Ministère des Ressources Naturelle du Nouveau- Brunswick. Québec. 4p.
- RAMADE, F. 1981.** Elément d'écologie (Ecologie Appliquée), Ed. Mc Graw Hill. 322p.
- RAMADE, F. 1984.** Elément d'écologie (Ecologie Fondamentale), Ed. Mc Graw Hill. 386p.
- RAMADE F. 1993** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement, Ed. Ediscences, 822 p.
- REAL M., 1982.** Les caractéristiques des tourbières de la chaîne jurassienne. Bull. Ecol. Tome 13 (2), pp.145 – 164.
- REILLE, M. 1976.** Analyse pollinique de sédiments postglaciaires dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas marocains : premiers résultats. Ecologia Mediterranea, 2 : 153-170.
- REILLE, M.; 1977.** Contribution pollenanalytique à l'histoire de la végétation des montagnes du rif (Maroc septentrional). Suppl.Bull.Ass.Fr.étude Quaternaire, 50 pp : 53-76.
- REILLE, M. 1990.** Leçon de palynologie et d'analyse pollinique, Ed. C.N.R.S. Paris. 206p.
- REILLE M, 1992.** New pollen-analytical researches in Corsica: the problem of *Quercus ilex* L. and *Erica Arborea* L., the origine of *Pinus halepensis* miller forests. New phytol.122 pp359-378.
- REILLE, M. 1992.** Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Atlas photographique. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie. Livre I. Université D'Aix-Marseille III.520p.
- REILLE, M. 1995.** Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplement1. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie. Supplément I. Université D'Aix-Marseille III .327p.
- REILLE, M. 1998.** Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplement1. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie. Supplément II. Université D'Aix-Marseille III .327p.
- 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.
- ROBIN A.M., BRUCKERT , S. et DUPUIS (Th), 1981.** Génèse et évolution des sols podzolisés sur affleurements sableux du bassin parisien. Analyse des complexes Organo-minéraux. Sci . Sol. Bull. A.F.E.S.
- RODIER, J. 1978.** L'analyse de l'eau. Ed. Dunod, P. 1134.

- ROLLAND, P., 1988.** Le système des grandes tourbières équatoriales. Ann. Géographie N°97 (544).pp942-666.
- SAJALOLI, B., 1994.** Les marais continentaux de la France des plaines et des moyennes montagnes ; introduction in Bulletin de l'Association des Géographes Français. 1994 – 3 ; p232-241.
- SALAMANI, M. 1993.** Premières données paléophytogéographiques du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) dans la région de Grande kabylie N.E Algérie. Palynosciences, 2 147-155.
- SALAMANI, M. 1991.** Premières données palynologiques sur l'histoire Holocène du massif de L'Akfadou grande Kabylie, Algérie. Ecologia Mediterranea, Tome XVII, 145-159.
- SCHWARTZ D, 1988.** Histoire d'un paysage : LE LOUSSEKE, paléo environnement quaternaires et podzolisation sur sable Batéké- Quarante derniers millénaires, région de Brazaville, R.P. du Congo. Ed. ORSTOM, 285p.
- SELMİ M., 1981.** De l'existence des planosols en tunisie. Comm .1<sup>er</sup> Coll . Mag . Pédologie Tunis. 6p.
- SELMİ M., 1985.** Différenciation des sols et fonctionnement des écosystèmes forestiers sur Grès Numidien de Kroumerie (Tunisie). Ecologie de la Suberaie /Zeenai. Thèse doct. Etat. Univ. Nancy I 200 p.
- SELTZER P.1946.** Le climat de l'Algérie. Trav.Inst.Météo et phys. du globe, ed. La typolitho, Alger, 298p.
- SERRAG M., 1983.** Etudes méthodologique de la matière organique des sols : Cas de la matière organique des sols du semi aride du Hodna Algérie. Note de labo. INA El-Harrach. 28p
- SERVANT J. 1975.** Contribution à l'étude pédologique des terrains halomorphes. L'exemple des sols salés du sud et du sud-ouest de la France. Doctorat Es-Sciences Naturelles, ENSA Montpellier, 1975 ; 194 p. + figures, planches et annexes.
- SIEFFERMANN,R.G.,1988.**Velocity of tropical forest peat accumulation in Central Kalimantan Province,Indonesia (Bornéo). *Proc. 8th Int. Peat Congress*, Leningrad, Section 1: 90-98.
- SIX J., ELLIOTT E. T. ET PAUSTIAN K., 1999.** Aggregate and soil organic matter dynamics underconventional and no-tillage systems. *Soil Science Society of America Journal*, 63, 1350-1358.
- SOUCHIER, B., 1971.** Evolution des sols sur roches cristallines à l'étage montagnard (vosges). Thèse doct. Etat Univ. Nancy I. 134 p
- SOUCHIER, B., 1984.** La pédologie dans ses rapports avec l'écologie. Evolution des concepts et applications. *Bull A.F.E.S.*, 2 pp 149 - 165.
- 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.
- STAMBOULI, S. 2003.** Etude palynologique en Tunisie Septentrionale et reconstitution de l'évolution de l'environnement de 40.000 ans à l'époque actuelle. Thèse doctorat es sciences univ. liège Belgique 245p.

- THIOULOUSE, J., CHESSEL, D., DOLEDEC, S. et OLIVIER, J.M. 1997.** ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and computing* 7: 75-83.
- 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.
- THREMOLIERES M., CARIENIER, D. CARIENIER, R., EGLIN I. ROBACH, F. SANCHEZ PEREZ J.M., SCHNITZLER A., WEISS D. 1991.** zones inondables, végétation et qualité de l'eau en milieu alluvial Rhenan : l'île de Rhinau, un site de recherches intégrées. *Bull. Ecologie*, t.22 (3-4).
- TOUTAIN F., 1974.** Etude écologique de l'humification dans les Hêtraies acidophiles Thèse doct. Etat. Univ. Nancy I. 114 p.
- TOUTAIN F., 1981.** L'humus forestier : structure et mode de fonctionnement. *Rev. Forest. Franç.* 32, 6 pp 445 - 477.
- TOUTAIN F., 1984.** Biologie des sols : Livre jubilaire du cinquantenaire (1934 - 1984). Ed. Association Française pour l'étude des sols.
- TOUTAIN F., 1987.** Les litières : siège de systèmes interactifs et moteur de ces interactions. *Rev. Ecol. Biol. Sol* 24 pp 231- 242.
- TURENNE, J- F., 1975.** Mode d'humification et différenciation podzolique dans deux toposéquences guyanaise. Th. Doct. Uni. Nancy 157p.
- VEDY J.C , 1973.** Relation entre le cycle biogéochimique des cations et l'humification en milieu acide. Thèse doct. Etat. Univ. Nancy I 116 p.
- 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.
- VILLA, J.M. 1980.** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisienne. Thèse Doc es scie. Nat. Université de Pierre et Marie curie. Paris VI. France. 296p.
- WASTIAUX, C., 2000.** Facteurs hydrologiques de la dégradation des tourbières hautes des Hautes-Fagnes. Thèse, Univ. Liège, 223 p.
- WENZEL W.W., ALGE G., BRANDSTETTER A. ET BLUM W.E.H., 1994.** Seasonal changes of pH, organic carbon, total nitrogen calcium and aluminium in a forest topsoil. *Ecologie* t. 25 (4) pp. 211-215.
- YAMAGUCHI, K. 1997.** High Resolution pollen Analytical Studies on the Vaerved Sediment from Lake Suigetsu, Fukui Prefecture, Western Japon. (on the reconstruction of the vegetational response to the climatic change from late Glacial to early Holocene). Master thesis, Kyoto University. 36 p.

**ANNEXES A**

## Annexe I- Typologie RAMSAR

### 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.

#### 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 subtidaux** ; 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

#### 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.**

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.

**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.
- 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

## Annexe II - typologie SDAGE/SAGE

### Typologie SDAGE avec définition :

Code	Libellé	Définition
1	Grands estuaires	Il s'agit exclusivement des estuaires des 3 grands fleuves français de la façade atlantique. Le type comprend au minimum une partie aquatique et les vasières associées.
2	Baies et estuaires moyens et plats	Zones plus ou moins étendues, localisées en fond de baies ou à l'embouchure de fleuves. Sur le littoral atlantique, le type comprend au minimum une partie aquatique et des zones intertidales (vasières, bancs sableux).
3	Marais et lagunes côtiers	Milieux salés à saumâtres comprenant : - les lagunes : plans d'eau peu profonds (souvent de l'ordre du mètre, ne dépassant pas 10 mètres) permanents ou temporaires, alimentés en eau marine de façon permanente ou temporaire, par des communications étroites ; - les Marais : zones à submersion temporaire ou permanente (la hauteur d'eau est faible ne dépassant pas 1 mètre), qui ne sont pas alimentés en eau par le milieu marin, mais par le débordement de lagunes, les remontées des nappes ou parfois des eaux douces. Inclus les pannes dunaires.
4	Marais saumâtres aménagés	Milieux résultant d'aménagements anciens ou récents dans les zones d'estuaires ou de lagunes permettant la production de sel, l'aquaculture intensive ou extensive, allant jusqu'aux dispositifs de pêche. Les mouvements d'eau douce ou salée peuvent être (ou ont pu être) contrôlés (présence de canaux, d'ouvrages, éventuellement abandonnés). Les étendues d'eau ont des formes géométriques régulières et des faibles profondeurs. Diffère des zones humides artificielles (type 13) par le but de leur mise en valeur.
5	Bordures de cours d'eau et plaine alluviale	Zones humides liées aux cours d'eau. Ce sont les zones humides situées le long d'un cours d'eau ayant une relation (permanente ou non) avec les eaux du cours d'eau. On peut distinguer : - les zones humides liées au lit mineur inondées quasiment en permanence - les zones humides liées au lit majeur inondées saisonnièrement - les annexes alluviales
6	Gelé	Code gelé - cf. 5
7	Zones humides de bas-fonds en tête de bassin (Ou zones humides de montagne, colline)	Zones humides, souvent de petite ou moyenne taille, dispersées et localisées dans les régions montagneuses ou de collines. Ces zones sont alimentées en eau par des débordements de ruisseaux, ou par des ruissellements d'eaux superficielles. Certaines ne sont alimentées que par les pluies.
8	Régions d'étangs	Désigne une zone comprenant plusieurs plans d'eau, les marais associés et les territoires entre les plans d'eau. La zone comporte un réseau hydrologique plus ou moins important. Les étangs sont souvent issus d'un aménagement pour la pisciculture.
9	Bordures de plans d'eau	Désigne soit un plan d'eau douce peu profond et les marais associés, soit les marais associés à un plan d'eau profond.
10	Marais et landes humides de plaines et plateaux	Zones humides localisées dans des dépressions de plaines ou de plateaux naturellement mal drainés, pouvant être exondés à certaines périodes. Elles sont déconnectées des cours d'eau et souvent alimentées par des nappes.
11	Zones humides ponctuelles	Il s'agit des mares : petits plans d'eau plus ou moins stagnants, permanents ou temporaires, d'origine anthropique ou naturelle. Peuvent être isolés ou regroupés
12	Marais aménagés dans un but agricole	Désigne des zones humides aménagées pour la culture et/ou l'élevage, y compris extensif. Ces zones sont souvent drainées et comportent des ouvrages permettant de gérer les alimentations et/ou les évacuations d'eaux douces.
13	Zones humides artificielles	S'applique à tout plan d'eau et aux marais adjacents dès lors qu'ils ont été créés pour des besoins d'activités diverses qui ne sont dans leurs objectifs initiaux ni salins ni aquacoles.

Typologie des Zones Humides		
	SDAGE	SAGE
1 2 3	Grands Estuaires Baies et estuaires moyens plats Marais et lagunes côtiers	Herbier, récif Vasière Prés salés Arrière-dune Lagune
4	Marais saumatres aménagés	Marais salant Bassin aquacole
5 6 7	Bordures de cours d'eau Plaines aluviales  Zones humides de bas-fonds en tête de bassin	Ripisylve Forêt alluviale Prairie inondable Roselière, Cariçaie Végétation aquatique  Marais d'altitude
8 9	Région d'étangs  Bordures de plans d'eau	Forêt inondable Prairie inondable Roselière, Cariçaie  Végétation aquatique
10	Marais et landes humides de plaine	Landes humides Prairie tourbeuse
11	Zones humides ponctuelles	Petit lac Mare Tourbière Pré-salé continental
12	Marais aménagés dans un but agricole	Rizière Prairie amendée Peupleraie
13	Zones humides artificielles	Réservoir-barrage Carrière en eau Lagunage

## Annexe III -Typologie Corine -Biotopes

Code	Libellé
1	Habitats littoraux et halophiles
12	Bras de mer (baies, détroits)
12,1	EAUX MARINES
12,2	BENTHOS (fonds marins)
12,22	Zones benthiques sur sédiments meubles
12,23	Zones benthiques sur cailloutis
12,24	Zones benthiques sur fonds rocheux
12,25	Formations de concrétions organogéniques (concrétions coralligènes, trottoirs, d'algues encroûtantes, trottoirs de gastéropodes et polychètes, trottoirs de moules)
12,3	HERBIERS MARINS A PLANTES VASCULAIRES
12,31	Herbiers atlantiques à Zostères
12,32	Herbiers atlantiques à Zostères naines
12,33	Herbiers méditerranéens à Cymodocea et Zostera
12,4	HERBIERS DES EAUX SAUMATRES
12,41	Groupements marins à Ruppia maritima
13	Estuaires et rivières tidales (soumises à marées)
13,1	FLEUVES ET RIVIERES SOUMIS A MAREES
13,11	Eau saumâtre des cours d'eau soumis à marées
13,12	Eau douce des cours d'eau soumis à marées
13,2	BENTHOS (estuaires)
13,22	Zones benthiques sur sédiments meubles
13,23	Zones benthiques sur cailloutis
13,24	Zones benthiques sur fonds rocheux
13,25	Formations de concrétions organogéniques (concrétions coralligènes, trottoirs, d'algues encroûtantes, trottoirs de gastéropodes et polychètes, trottoirs de moules)
13,3	HERBIERS MARINS SUBMERGES
13,31	Herbiers atlantiques à Zostères
13,32	Herbiers atlantiques à Zostères naines
13,33	Herbiers méditerranéens à Cymodocea et Zostera
13,4	HERBIERS SAUMATRES SUBMERGES
13,41	Groupements marins à Ruppia maritima
14	Vasières et bancs de sable sans végétation vasculaire (slikke)
15	Marais salés, prés salés (schorres), steppes salées et fourrés sur gypse
15,1	GAZONS PIONNIERS SALES
15,11	Gazons à Salicorne et Suaeda
15,12	Groupements halonitrophiles à Frankenia
15,13	Groupements à Sagina et Cochlearia
15,2	PRAIRIES à SPARTINE
15,21	Prairies à Spartine à feuilles plates
15,3	PRÉS SALES ATLANTIQUES
15,31	Prés salés avec Puccinellia maritima

15,32	Groupements à <i>Puccinellia maritima</i> des prés salés
15,33	Communautés du Schorre supérieur
15,35	Végétation à <i>Elymus pycnanthus</i>
15,36	Laisses de mer des prés salés atlantiques
15,4	PRES SALES CONTINENTAUX
15,41	Prés salés continentaux avec <i>Puccinellia distans</i>
15,42	Prés salés continentaux à jonc et <i>Elymus</i>
15,5	PRES SALES MEDITERRANEENS
15,51	Prés salés méditerranéens à <i>Juncus maritimus</i> et <i>J. acutus</i>
15,52	Prés salés à <i>Juncus gerardii</i> et <i>Carex divisa</i>
15,53	Prés méditerranéens halo-psammophiles
15,55	Prés salés méditerranéens à <i>Puccinellia</i>
15,56	Formations à annuelles sur laisses
15,57	Prés salés à Chiendent et Armoise
15,58	Formations à <i>Juncus subulatus</i>
15,6	FOURRES DES PRES SALES (hygro-halophiles)
15,61	Fourrés des marais salés méditerranéens
15,62	Fourrés des marais salés atlantiques
15,63	Fourrés à <i>Limoniastrum</i>
15,8	STEPPEES SALEES MEDITERANEENNES
15,81	Steppes à lavande de mer
16	Dunes côtières et plages de sable
16,2	DUNES
16,26	Dunes à <i>Salix arenaria</i>
16,3	LETTES DUNAIRES HUMIDES (= Pannes humides, = dépressions humides intradunales)
16,31	Mares des lettes dunaires
16,32	Gazons pionniers des lettes ou pannes humides
16,33	Bas-marais des pannes humides
16,34	Prairies des lettes ou pannes humides
16,35	Roselières et cariçaies des lettes dunaires
2	<b>Milieux aquatiques non marins</b>
21	Lagunes
22	Eaux douces stagnantes
22,1	EAUX DOUCES
22,11	Eaux oligotrophes pauvres en calcaire
22,12	Eaux mésotrophes
22,13	Eaux eutrophes
22,14	Eaux dystrophes
22,15	Eaux oligo-mésotrophes riches en calcaire
22,2	GALETS OU VASIERES NON VEGETALISES
22,3	COMMUNAUTES AMPHIBIES
22,31	Communautés amphibies pérennes septentrionales
22,32	Gazons amphibies annuels septentrionaux
22,33	Groupements à <i>Bidens tripartitus</i>
22,34	Groupements amphibies méridionaux
22,4	VEGETATIONS AQUATIQUES
22,41	Végétations flottant librement
22,42	Végétations enracinées immergées
22,43	Végétations enracinées flottantes

22,44	Tapis immergés de Characées
22,45	Mares de tourbières à Sphaignes et Utriculaires
22,5	MASSES D'EAU TEMPORAIRES
23	Eaux stagnantes, saumâtres et salées
23,1	EAUX SAUMATRES OU SALEES SANS VEGETATION
23,11	Eau libre sans tapis de Charophytes
23,12	Tapis algal de Charophytes
23,2	EAUX SAUMATRES OU SALEES VEGETALISEES
23,21	Formations immergées des eaux saumâtres ou salées
23,22	Scirpaies naines lagunaires
24	Eaux courantes
24,1	LITS DES RIVIERES
24,11	Ruisselets
24,12	Zone à Truites
24,13	Zone à Ombres
24,14	Zone à Barbeaux
24,15	Zone à Brèmes
24,16	Cours d'eau intermittents
24,2	BANCS DE GRAVIERS DES COURS D'EAU
24,21	Bancs de graviers sans végétation
24,22	Bancs de graviers végétalisés
24,3	BANCS DE SABLE DES RIVIERES
24,31	Bancs de sable des rivières sans végétation
24,32	Bancs de sable riverains pourvus de végétation
24,4	VEGETATION IMMERGEE DES RIVIERES
24,41	Végétation des rivières oligotrophes acidiphiles
24,42	Végétation des rivières oligotrophes riches en calcaire
24,43	Végétation des rivières mésotrophes
24,44	Végétation des rivières eutrophes
24,5	DEPOTS D'ALLUVIONS FLUVIATILES LIMONEUSES
24,51	Dépôts nus d'alluvions fluviales limoneuses
24,52	Groupements euro-sibériens annuels des vases fluviales
24,53	Groupements méditerranéens des limons riverains
<b>3</b>	<b>Landes, fruticées, pelouses et prairies</b>
31	Landes et fruticées
31,1	LANDES HUMIDES
31,11	Landes humides atlantiques septentrionales
31,12	Landes humides atlantiques méridionales
31,13	Landes humides à <i>Molinia caerulea</i>
31,6	FOURRES SUBALPINS ET COMMUNAUTES DE HAUTES HERBES (MEGAPHORBIAIES)
31,61	Broussailles d'Aulnes verts
31,62	Fourrés de Saules
31,63	Mégaphorbiaies subalpines avec buissons
36	Pelouses alpines et subalpines
36,1	COMMUNAUTES DES COMBES A NEIGE
36,11	Communautés des combes à neige acidiphiles
36,12	Communautés de combes à neige sur substrats calcaires
37	Prairies humides et mégaphorbiaies
37,1	COMMUNAUTES A REINE DES PRES ET COMMUNAUTES ASSOCIEES

37,2	PRAIRIES HUMIDES EUTROPHERS
37,21	Prairies humides atlantiques et subatlantiques
37,22	Prairies à Jonc acutiflore
37,23	Prairies subcontinentales à Cnidium
37,24	Prairies à Agropyre et Rumex
37,25	Prairies humides de transition à hautes herbes
37,3	PRAIRIES HUMIDES OLIGOTROPHERS
37,31	Prairies à Molinie et communautés associées
37,32	Prairies à Jonc rude et pelouses humides à Nard
37,4	PRAIRIES HUMIDES MEDITERRANEENNES A GRANDES HERBES
37,5	PRAIRIES HUMIDES MEDITERRANEENNES RASES
37,7	LISIERES HUMIDES A GRANDES HERBES
37,71	Voiles des cours d'eau
37,72	Franges des bords boisés ombragés
37,8	MEGAPHORBIAIES ALPINES ET SUBALPINES
37,81	Mégaphorbiaies des montagnes hercyniennes, du Jura et des Alpes
37,82	Prairies subalpines à Calamagrostis arundinacea
37,83	Mégaphorbiaies pyrénéo-ibériques
37,85	Mégaphorbiaies corses à Cymbalaria
37,86	Mégaphorbiaies corses à Doronicum
37,88	Communautés alpines à Patience alpine
<b>4</b>	<b>Forêts</b>
44	Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides
44,1	FORMATIONS RIVERAINES DE SAULES
44,11	Saussaies pré-alpines
44,12	Saussaies de plaine, collinéennes et méditerranéo-montagnardes
44,13	Forêts galeries de Saules blancs
44,14	Galeries méditerranéennes de grands Saules
44,2	GALERIES D'AULNES BLANCS
44,21	Galeries montagnardes d'Aulnes blancs
44,22	Galeries sub-montagnardes d'Aulnes blancs
44,3	FORET DE FRENES ET D'AULNES DES FLEUVES MEDIO-EUROPEENS
44,31	Forêts de Frênes et d'Aulnes des ruisselets et des sources (rivulaires)
44,32	Bois de Frênes et d'Aulne des rivières à débit rapide
44,33	Bois de Frênes et d'Aulnes des rivières à eaux lentes
44,34	Galeries d'Aulnes nord-ibériques
44,4	FORETS MIXTES DE CHENES, D'ORMES ET DE FRENES DES GRANDS FLEUVES
44,41	Grandes forêts fluviales médio-européennes
44,42	Forêts fluviales médio-européennes résiduelles
44,5	GALERIES MERIDIONALES D'AULNES ET DE BOULEAUX
44,51	Galeries méridionales d'Aulnes glutineux
44,53	Galeries corses d'Aulnes glutineux et d'Aulnes à feuilles cordées
44,6	FORETS MEDITERRANEENNES DE PEUPLIERS, D'ORMES ET DE FRENES
44,61	Forêts de Peupliers riveraines et méditerranéennes
44,62	Forêts d'Ormes riveraines et méditerranéennes
44,63	Bois de Frênes riverains et méditerranéens
44,64	Galeries de Charmes Houblon
44,8	GALERIES ET FOURRES RIVERAINS MERIDIONAUX
44,81	Galeries de Laurier-roses, de Gattiliers et de Tamaris

54,28	Bas-marais à <i>Carex frigida</i>
54.2A	Bas-marais à <i>Eleocharis quinqueflora</i>
54.2C	Bas-marais alcalins à <i>Carex rostrata</i>
54.2D	Tourbières basses alcalines à <i>Scirpus hudsonianus</i>
54.2E	Bas-marais alcalins à <i>Trichophorum cespitosum</i>
54,20 F	Bas-marais médio-européens à <i>Blysmus compressus</i>
54.2G	Bas-marais alcalins à petites herbes
54.2H	Bas-marais alcalins dunaires à <i>Carex trinervis</i>
54.2I	Bas-marais à hautes herbes
54,3	GAZONS RIVERAINS ARCTICO-ALPINS
54,31	Gazons riverains arctico-alpins à <i>Elyne fausse laïche</i>
54,32	Gazons riverains arctico-alpins à <i>Carex maritima</i>
54,33	Gazons riverains arctico-alpins à <i>Typha</i>
54,4	BAS-MARAIS ACIDES
54,41	Ceintures lacustres à <i>Eriophorum scheuchzeri</i>
54,42	Tourbières basses à <i>Carex nigra</i> , <i>C. canescens</i> et <i>C. echinata</i>
54,44	Pozzines complexes à <i>Carex intricata</i>
54,45	Bas-marais acides à <i>Trichophorum cespitosum</i>
54,46	Bas-marais à <i>Eriophorum angustifolium</i>
54,5	TOURBIERES DE TRANSITION
54,51	Pelouses à <i>Carex lasiocarpa</i>
54,52	Tourbières tremblantes à <i>Carex diandra</i>
54,53	Tourbières tremblantes à <i>Carex rostrata</i>
54,54	Pelouses à <i>Carex limosa</i>
54,55	Pelouses à <i>Carex chordorrhiza</i>
54,56	Pelouses à <i>Carex heleonastes</i>
54,57	Tourbières tremblantes à <i>Rhynchospora</i>
54,58	Radeaux de Sphaignes et de Linaigrettes
54,59	Radeaux à <i>Menyanthes trifoliata</i> et <i>Potentilla palustris</i>
54.5A	Tourbières à <i>Calla</i>
54.5B	Tapis de mousses brunes
54.5C	Tourbières tremblantes à <i>Eriophorum vaginatum</i>
54.5D	Tourbières tremblantes à <i>Molinia caerulea</i>
54.5E	Tourbières tremblantes à <i>Calamagrostis stricta</i>
54,50 F	Tourbières tremblantes à <i>Scirpus hudsonianus</i>
54,6	COMMUNAUTES A RHYNCHOSPORA ALBA
<b>8</b>	<b>Terres agricoles et paysages artificiels</b>
81	Prairies améliorées
81,2	PRAIRIES HUMIDES AMELIOREES
82	Cultures
82,4	CULTURES INONDEES
82,41	Rizières
82,42	Cressonnières
86	Villes, villages et sites industriels
86,4	SITES INDUSTRIELS ANCIENS
86,41	Carrières (gravières, sablières)
89	Lagunes et réservoirs industriels, canaux

89,1	LAGUNES INDUSTRIELLES ET CANAUX SALINS
89,12	Salines
89,13	Autres lagunes industrielles et canaux salins
89,2	LAGUNES INDUSTRIELLES ET CANAUX D'EAU DOUCE
89,21	Canaux navigables
89,22	Fossés et petits canaux
89,23	Lagunes industrielles et bassins ornementaux, comprenant les gravières en exploitation, les réservoirs d'eaux agricoles, les retenues d'eau pour la lutte contre les incendies
89,24	Bassins de décantation et stations d'épuration

## ANNEXE IV-

### **La méthode Med Wet pour les zones humides du Bassin méditerranéen**

L'un des principaux objectifs de ce programme international est de fournir une méthode commune d'inventaire et de suivi applicable à l'ensemble des zones humides du Bassin méditerranéen et plus particulièrement les zones humides littorales. La méthode développée ne fait référence à aucune définition juridique d'un état mais seulement à la définition très générale de la Convention de RAMSAR. Elle ne s'intéresse qu'aux caractéristiques ou attributs essentiels qui permettent de d'identifier et de délimiter les zones humides.

#### *Les critères adoptés*

Hydrologie : Inondation et/ou saturation permanente ou périodique du site,

Végétation : Prédominance des espèces hydrophytes

Pédologie : Présence de sol hydromorphe,

### **Quelques remarques sur la méthode MedWet**

#### *Concernant le critère hydrologie*

La méthode propose d'utiliser ce critère lorsque les données hydrologiques sont disponibles. On considère qu'un site est humide lorsque :

- *Il est inondé de manière permanente ou périodiquement pendant au moins plusieurs semaines successives durant la période de végétation et au cours de la majorité des années d'observation.*

- *il est saturé pendant au moins plusieurs semaines successives durant la période de végétation et au cours de la majorité des années d'observation. La profondeur de la saturation doit être proche du niveau de l'enracinement (généralement entre 0 et 45 cm)*

Ce critère soulève deux problèmes importants.

1 - la durée minimale de l'inondation et/ou de la saturation nécessaire pour produire des différences significatives aux niveaux de la végétation et du sol entre la zone humide et les zones adjacentes. Cette durée varie certainement en fonction des régions écologiques, du type de sol et de la végétation. En Grèce où la méthode a été testée, cette durée est fixée à 2 semaines successives. Cette durée valable pour la Grèce littorale doit être adaptée pour chaque région écologique du Bassin méditerranéen.

2 - la fréquence de l'inondation et/ou de la saturation. Celle ci est très difficile à définir en raison même de la grande variabilité qui caractérise le climat méditerranéen, notamment les

précipitations responsables des phénomènes d'inondation ou de saturation. Cette fréquence a été fixée par les experts en Grèce à 6 années sur 10 années d'observation.

Il faut signaler aussi que la période de végétation est un paramètre très variable dans chaque site en fonction de la proximité à la mer, de l'altitude et de la latitude et bien sûr des espèces végétales. C'est ainsi qu'elle peut varier de trois mois pour les zones humides d'altitude à 12 mois pour les zones humides littorales. Cela nécessite de bien connaître cette période pour chaque grande région écologique dans la mesure où l'inondation est importante pour l'expression de la végétation au cours de cette période.

#### *Concernant le critère végétation*

La végétation étant une composante de l'écosystème qui intègre bien les conditions hydriques d'un site, la végétation dominante est considérée comme un bon critère d'identification et de délimitation des zones humides. Cette végétation spécifique et adaptée aux zones humides est dominée par des espèces hydrophytes.

La méthode MedWet reprend la définition de REED (1988) qui définit les hydrophytes comme "*des espèces ayant démontré une aptitude (en raison d'une adaptation morphologique et/ou physiologique et/ou de stratégies de reproduction) à parvenir à maturité et à se reproduire dans un milieu où tous les sols ou une partie des sols dans la zone des racines sont périodiquement ou en permanence saturés ou inondés durant la période de croissance*"

La méthode préconise, à l'instar de ce qui a été fait aux USA, de dresser une liste des espèces végétales caractéristiques et représentatives des zones humides de la région concernée par l'inventaire. Cette liste d'hydrophytes devrait préciser, si possible, les catégories en fonction de leur tolérance vis à vis du degré et des conditions d'humidité (espèces obligatoires de zones humides, espèces préférentielles, espèces indifférentes, etc.).

***Un site est considéré comme humide si les espèces dominantes qui constituent les différentes strates de la végétation appartiennent majoritairement à la liste des espèces hydrophytes.***

Cette méthode propose d'abord de déterminer quelles sont les espèces dominantes qui composent les différentes strates de la végétation puis de vérifier si ces espèces sont majoritairement des hydrophytes.

Deux strates sont au moins considérées : la strate arborée ou arbustive qui constitue le toit de la végétation (*overstorey*) et le sous-bois (*understorey*). L'application de ce critère aux zones

humides littorales de Grèce a donné de bons résultats tant pour l'identification que pour la délimitation.

*Concernant le critère pédologique*

La méthode propose de rechercher les caractéristiques de l'hydromorphie du sol puisque celles-ci ne se développent que dans des zones proches des plans d'eau, dans les sols mal drainés, etc. Ces caractéristiques permettent donc d'identifier et de délimiter de manière sûre les zones humides.

Deux types de sols sont distingués :

1 - *les sols hydromorphes organiques* : qui se composent essentiellement d'un horizon organique d'épaisseur variable faits de débris végétaux peu décomposés dans les sols tourbeux, et bien décomposés dans les sols humiques. Ils se caractérisent par une couleur brun foncé à noire qui indique la présence de matière organique.

2 - *les sols hydromorphes minéraux* : qui contiennent peu de matière organique et qui se caractérisent par plusieurs traits :

- horizon de couleur gris, verdâtre ou bleu-gris liée à la présence de fer réduit, couleur rouille (fer oxydé) le long des racines,
- taches de couleur rouille, marbrures de couleur brune qui se forment durant la période sèche où le sol est aéré et qui traduisent donc une inondation ou saturation temporaire.

Les tests réalisés en Grèce montrent que les sols des zones humides littorales présentent au moins une de ces caractéristiques. Les méthodes ayant été testées de manière complète dans peu de pays, le programme MedWet est souple et non directif puisqu'il demande d'adapter les méthodes proposées au contexte de chaque pays du Bassin méditerranéen.

## Annexe IV- inventaire de la végétation des zones humides

Tableau 1- Liste des espèces présentes dans le bassin versant du lac Mellah

N°	Espèce : Nom Scientifique	N°	Espèce : Nom Scientifique
1	<i>Pteridium aquilinum</i>	27	<i>Mentha pulegium</i>
2	<i>Pinus halipensis</i>	28	<i>Linaria tingitana</i>
3	<i>Juniperus oxycedrus</i>	29	<i>Fraxinus angustifolia</i>
4	<i>Juniperus phoenicia</i>	30	<i>Olea europea</i>
5	<i>Quercus coccifera</i>	31	<i>Phillyrea angustifolia</i>
6	<i>Quercus suber</i>	32	<i>Bellis annua</i>
7	<i>Alnus glutinosa</i>	33	<i>Cotula coronopifolia</i>
8	<i>Atriplex littoralis</i>	34	<i>Galactites duriaei</i>
9	<i>Tamarix gallica</i>	35	<i>Hypochoeris radicata</i>
10	<i>Cistus salvifolius</i>	36	<i>Inula graveolens</i>
11	<i>Halimium halimifolium</i>	37	<i>Orminis mixta</i>
12	<i>Populus alba</i>	38	<i>Juncus maritimus</i>
13	<i>Arbutus unedo</i>	39	<i>Cladium mariscus</i>
14	<i>Erica arborea</i>	40	<i>Scirpus holoschoenus</i>
15	<i>Rubus ulmifolius</i>	41	<i>Cynodon dactylon</i>
16	<i>Calicotum villosa</i>	42	<i>Lagurus ovatus</i>
17	<i>Genista Ferox</i>	43	<i>Paspalum distichum</i>
18	<i>Daphne gnidium</i>	44	<i>Phragmites communis</i>
19	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	45	<i>Chamaerops humilis</i>
20	<i>Myrtus communis</i>	46	<i>Asphodelus microcarpus</i>
21	<i>Vitis vinifera</i>	47	<i>Scillia autumnalis</i>
22	<i>Pistacia lentiscus</i>	48	<i>Smilax aspera</i>
23	<i>Daucus carota</i>	49	<i>Urginea maritima</i>
24	<i>Nerium Oleander</i>	50	<i>Leucojum automnale</i>
25	<i>Calesthygea sepium</i>	51	<i>Iris pseudo-acorus</i>
26	<i>Lavendula stoechas</i>		

Tableau 2- Liste des espèces présentes dans le bassin versant du lac Oubeïra

N°	Espèce : Nom Scientifique	N°	Espèce : Nom Scientifique
1	<i>Anemone palmata</i>	31	<i>Olea europea</i>
2	<i>Clematis cirrhosa</i>	32	<i>Phillyrea angustifolia</i>
3	<i>Ulmus campestris</i>	33	<i>Laurentia Michleii</i>
4	<i>Quercus coccifera</i>	34	<i>Andryala integrifolia</i>
5	<i>Quercus suber</i>	35	<i>Bellis anna</i>
6	<i>Cistus monspeliensis</i>	36	<i>Carlina racemosa</i>
7	<i>Cistus salvifolius</i>	37	<i>Galactites duriaei</i>
8	<i>Halimium halimifolium</i>	38	<i>Hypochoeris radicata</i>
9	<i>Arbutus unedo</i>	39	<i>Inula graveolens</i>
10	<i>Erica arborea</i>	40	<i>Ormenis mixta</i>
11	<i>Crataegus oxyacanta</i>	41	<i>Echinodorus ranunculoides</i>

12	<i>Rubus ulmifolius</i>	42	<i>Juncus maritimus</i>
13	<i>Calycotum villosa</i>	43	<i>Scirpus holoscheonus</i>
14	<i>Cytisus triflorus</i>	44	<i>Scirpus lacustris</i>
15	<i>Genista ferox</i>	45	<i>Scirpus littoralis</i>
16	<i>Lythrum tribracteatum</i>	46	<i>Ampelodesma mauritanicum</i>
17	<i>Daphne gnidium</i>	47	<i>Anthoxanthum odoratum</i>
18	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	48	<i>Cynodon dactylon</i>
19	<i>Eucalyptus globulus</i>	49	<i>Cynosurus polybracteatus</i>
20	<i>Myrtus communis</i>	50	<i>Paspalum disticum</i>
21	<i>Pistacia lentiscus</i>	51	<i>Phragmites communis</i>
22	<i>Daucus virgatus</i>	52	<i>Poa annua</i>
23	<i>Eryngium tricuspdatum</i>	53	<i>Poa trivialis</i>
24	<i>Centaurium umbellatum</i>	54	<i>Typha angustifolia</i>
25	<i>Lippia nodiflora</i>	55	<i>Chamaerops humilis</i>
26	<i>Lavendula stoechas</i>	56	<i>Asphodelus microcarpus</i>
27	<i>Mentha pulengium</i>	57	<i>Scilliq automnalis</i>
28	<i>Linaria commutata</i>	58	<i>Simethis planifolia</i>
29	<i>Linaria tingitana</i>	59	<i>Smilax aspera</i>
30	<i>Fraxinus angudtifolia</i>		

**Tableau 3-** Liste des espèces présentes dans la rive du lac Tonga.

N°	Espèce : Nom Scientifique	N°	Espèce : Nom Scientifique
1	<i>Ranunculus aquatilis</i>	32	<i>Bellis sylvestris</i>
2	<i>Ranunculus sardous</i>	33	<i>Carlina racemosa</i>
3	<i>Ranunculus sceleratus</i>	34	<i>Chrysanthemum Myconis</i>
4	<i>Alnus glutinosa</i>	35	<i>Cichorium intybus</i>
5	<i>Rumex pulcher</i>	36	<i>Galactites Duriaei</i>
6	<i>Tamarix galica</i>	37	<i>Hypochoeris radicata</i>
7	<i>Cistus salvifolius</i>	38	<i>Inula graveolens</i>
8	<i>Diplotaxis viminea</i>	39	<i>Inula squarrosa</i>
9	<i>Raphanus raphanistrum</i>	40	<i>Orminis mixta</i>
10	<i>Anagallis arvensis</i>	41	<i>Picris echioïdes</i>
11	<i>Rubus ulmifolius</i>	42	<i>Scolymus hispanicus</i>
12	<i>Calycotum villosa</i>	43	<i>Echinodorus ranunculoïdes</i>
13	<i>Genista ferox</i>	44	<i>Juncus maritimus</i>
14	<i>Trifolium isthmocarpon</i>	45	<i>Heliocharis palustris</i>
15	<i>Trifolium maritimum</i>	46	<i>Scirpus Holoscheonus</i>
16	<i>Trifolium repens</i>	47	<i>Scirpus lacustris</i>
17	<i>Trifolium tomentosum</i>	48	<i>Anthoxanthum odoratum</i>
18	<i>Lythrum tribracteatum</i>	49	<i>Bromus hordaceus</i>
19	<i>Myrtus communis</i>	50	<i>Cynodon dactylon</i>
20	<i>Euphorbia helioscopia</i>	51	<i>Cynosurus polybracteatus</i>
21	<i>Pistacia lentiscus</i>	52	<i>Gaudinia Fragilis</i>
22	<i>Daucus carota ssp maritimus</i>	53	<i>Kaeleria hispida</i>
23	<i>Eryngium Barrelieri</i>	54	<i>Lolium multiflorum</i>
24	<i>Oenanthe globulosa</i>	55	<i>Paspalum distichum</i>
25	<i>Ridolfia segetum</i>	56	<i>Phalaris bulbosa</i>

26	<i>Centaureum spicatum</i>	57	<i>Phalaris truncata</i>
27	<i>Echium plantagineum</i>	58	<i>Phragmites communis</i>
28	<i>Mentha pulegium</i>	59	<i>Poa annua</i>
29	<i>Bellis annua</i>	60	<i>Asphodelus microcarpus</i>
30	<i>Fraxinus angustifolia</i>	61	<i>Smilax aspera</i>
31	<i>Olea europea</i>	62	<i>Iris Pseudo-acorus</i>

**Tableau 4-**Liste des espèces présentes dans le bassin versant du lac Tonga ( Forêt)

N°	Espèce : Nom Scientifique	N°	Espèce : Nom Scientifique
1	<i>Pinus pinaster</i>	27	<i>Centaureum umbellatum</i>
2	<i>Juniperus oxycedrus</i>	28	<i>Lavandula Stoechas</i>
3	<i>Anemone palmate</i>	29	<i>Mentha pulengium</i>
4	<i>Ranunculus Sardous</i>	30	<i>Thymus ciliatus</i>
5	<i>Quercus Coccifera</i>	31	<i>Plantago coronopus</i>
6	<i>Quercus suber</i>	32	<i>Olea europea</i>
7	<i>Hypericum afrum</i>	33	<i>Phillyrea angustifolia</i>
8	<i>Cistus monspeliensis</i>	34	<i>Campanula dichotoma</i>
9	<i>Cistus salvifolius</i>	35	<i>Viburnum Tinus</i>
10	<i>Fumana thymifolia</i>	36	<i>Andryala integrifolia</i>
11	<i>Halimium halimifolium</i>	37	<i>Bellis annua</i>
12	<i>Tuberaria vulgaris</i>	38	<i>Bellis sylvestris</i>
13	<i>Tuberaria gutata</i>	39	<i>Carlina racemosa</i>
14	<i>Arbutus Unedo</i>	40	<i>Evax pygmaea</i>
15	<i>Erica arborea</i>	41	<i>Galactites Duriaei</i>
16	<i>Cyclamen africanum</i>	42	<i>Juncus subulatus</i>
17	<i>Crataegus oxyacantha</i>	43	<i>Ampelodesma mauritanicum</i>
18	<i>Rubus ulmifolius</i>	44	<i>Cynosurus polybracteatus</i>
19	<i>Calycotum villosa</i>	45	<i>Hyparrhenia hirta</i>
20	<i>Cytisus triflorus</i>	46	<i>Koeleria hispeda</i>
21	<i>Genista ferox</i>	47	<i>Chamaerops humilis</i>
22	<i>Daphne Gnidium</i>	48	<i>Asphodelus microcarpus</i>
23	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	49	<i>Smilax aspera</i>
24	<i>Myrtus communis</i>	50	<i>Urginea maritime</i>
25	<i>Pistacia lentiscus</i>	51	<i>Romiles Bulbocodium</i>
26	<i>Eryngium tricuspdatum</i>		

**Tableau 5-** Liste et importance des espèces présentes dans les ripisylves et aulnaies

N°	Espèce : Nom Scientifique	N°	Espèce : Nom Scientifique
1	<i>Osmanda regalis (E)</i>	52	<i>Bidens tripartite (RR)</i>
2	<i>Athyrium filix-femina (a®)</i>	53	<i>Potamogeton nodosus</i>
3	<i>Dryopteris gongyloides ®®</i>	54	<i>Alisma Plantago-aquatica</i>
4	<i>Nuphar Luteum (®®)</i>	55	<i>Echinodorus ranunculoïdes</i>
5	<i>Nymphaea alba (®®)</i>	56	<i>Juncus acutus</i>
6	<i>Ranunculus aquatilis</i>	57	<i>Juncus articulatus</i>
7	<i>Ranunculus flammula (RR)</i>	58	<i>Juncus bufonius</i>

8	<i>Ranunculus hederaceus</i>	59	<i>Juncus bulbosus</i> (RR)
9	<i>Ranunculus sceleratus</i> (R)	60	<i>Juncus conglomeratus</i>
10	<i>Laurus nobilis</i> (E)	61	<i>Juncus effesus</i>
11	<i>Ulmus compestris</i> (E)	62	<i>Juncus Heterophyllus</i> (R)
12	<i>Alnus glutinosa</i> (AR)	63	<i>Juncus maritimus</i>
13	<i>Silene coeli-rosa</i>	64	<i>Juncus Tenageia</i>
14	<i>Polygonum</i>	65	<i>Carex binervis</i>
15	<i>Lapathifolium</i>	66	<i>Carex depressa</i>
16	<i>Rumex conglomeratus</i>	67	<i>Carex elata</i> (RR)
17	<i>Rumex obtusifolius</i>	68	<i>Carex muricata</i>
18	<i>Hypericum perforatum</i>	69	<i>Carex paniculata</i> (RR)
19	<i>Salix pedicellata</i>	70	<i>Carex pendula</i>
20	<i>Erica scoparia</i> (A®)	71	<i>Carex pseudo-cyperus</i> (RR)
21	<i>Crataegus oxyacantha</i>	72	<i>Carex remota</i> (AR)
22	<i>Potentilla repans</i>	73	<i>Carex riparia</i> (R)
23	<i>Rubus Ulmifolius</i>	74	<i>Cladium Mariscus</i> (R)
24	<i>Lotus pedunculatus</i> ®	75	<i>Cyperus rotundus</i>
25	<i>Trifolium Michelianum</i> (E)	76	<i>Heliocharis palustris</i>
26	<i>Lythrum junceum</i>	77	<i>Fuirena pubescences</i> (RR)
27	<i>Lythrum tribracteatum</i>	78	<i>Schoenus nigricans</i>
28	<i>Myrtus communis</i>	79	<i>Scirpus cernuus</i>
29	<i>Rhamnus frangula</i> ®®	80	<i>Scirpus Holoschoenus</i>
30	<i>Vitis vinifera</i>	81	<i>Scirpus lacustris</i>
32	<i>Oxalis corniculata</i>	82	<i>Scirpus maritimus</i>
33	<i>Linum maritimum</i> ®®	83	<i>Agrostis stolonifera</i>
34	<i>Linum usitatissimum</i>	84	<i>Anthoxanthum odoratum</i>
35	<i>Hedera helix</i>	85	<i>Briza minor</i>
36	<b>Daucu virgatus</b> ®	86	<i>Cynodon dactylon</i>
37	<i>Centaurium pulchellum</i>	87	<i>Cynosurus polybracteatus</i>
38	<i>Nerium Oleander</i>	88	<i>Echinochloa crus-galli</i>
39	<i>Rubiaperegrina</i>	89	<i>Gaudinia fragils</i>
40	<i>Solanum Dulcamara</i> ®	90	<i>Glyceria fluitans</i>
41	<b>Calystegia sepium</b>	91	<i>Holcu lanatus</i>
42	<i>Lycopus europaeus</i> (AR)	92	<i>Imperata cylindrica</i>
43	<i>Mentha aquatica</i> (AR)	93	<i>Panicum repens</i>
44	<i>Mentha pulegium</i>	94	<i>Paspalum distichum</i> (R)
45	<i>Mentha rotundifolia</i>	95	<i>Phragmites communis</i>
46	<i>Prunelle vulgaris</i> (AR)	96	<i>Typha angustifolia</i>
47	<i>Linaria commutata</i>	97	<i>Ruscus hypophyllum</i>
48	<i>Veronica Anagallis-aquatica</i>	98	<i>Smilax aspera</i>
49	<i>Fraxinus angustifolia</i>	99	<i>Iris pseudo-acorus</i>
50	<i>Campanula alata</i> (E)	100	<i>Helosciadum crassipes</i> (RR)
51	<i>Laurentia bicolore</i> (E)		

**Tableau 6-** Liste des espèces **Hydrophytes**

N°	Espèce : Nom Scientifique	N°	Espèce : Nom Scientifique
1	<i>Callitiche stagnalis</i>	15	<i>Polygonum senegalense</i>
2	<i>Callitriche iruncata</i>	16	<i>Potamogeton crispus</i>
3	<i>Ceratophyllum demersum</i>	17	<i>Potamogeton lucens</i>
4	<i>Ceratophyllum submersum</i>	18	<i>Potamogeton nodosus</i>
5	<i>Chara sp</i>	19	<i>Potamogeton pectinatus</i>
6	<i>Lemna gibba</i>	20	<i>Potamogeton trichoides</i>
7	<i>Lemne minor</i>	21	<i>Ranunculus baudotii</i>
8	<i>Lythrum hydropiper</i>	22	<i>Ranunculus hederaceus</i>
9	<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	23	<i>Ranunculus trichophyllus</i>
10	<i>Myriophyllum spicatum</i>	24	<i>Ricciocarpus natans</i>
11	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	25	<i>Trapa natans</i>
12	<i>Nitella sp</i>	26	<i>Utricularia vulgaris</i>
13	<i>Nymphaea alba</i>	27	<i>Wolffia arrhiza</i>
14	<i>Peplis nummulariaefolia</i>		

**Tableau 7-** Liste des espèces **Amphiphytes**

N°	Espèce : Nom Scientifique	N°	Espèce : Nom Scientifique
1	<i>Agrostis semi-verticillata</i>	36	<i>Echinodorus unculoides</i>
2	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	37	<i>Eleocharis multicaulis</i>
3	<i>Alopecurus bulbosus</i>	38	<i>Eleocharis palustris</i>
4	<i>Anagallis crassifolia</i>	39	<i>Fuirena pubescens</i>
5	<i>Apium crassipes</i>	40	<i>Galium palustris</i>
6	<i>Apium nodiflorum</i>	41	<i>Glyceria fluitans</i>
7	<i>Campanula alata</i>	42	<i>Iris pseudo-acorus</i>
8	<i>Carex distans</i>	43	<i>Isoetes velata</i>
9	<i>Carex divisa</i>	44	<i>Juncus acutus</i>
10	<i>Carex flacca</i>	45	<i>Juncus anceps</i>
11	<i>Carex muricata</i>	46	<i>Juncus bufonius</i>
12	<i>Carex olbiensis</i>	47	<i>Juncus bulbosus</i>
13	<i>Chamaemelum praecox</i>	48	<i>Juncus capitatus</i>
14	<i>Cladium mariscus</i>	49	<i>Juncus conglomeratus</i>
15	<i>Cyperus Flavescens</i>	50	<i>Juncus effesus</i>
16	<i>Cyperus fuscus</i>	51	<i>Juncus heterophyllus</i>
17	<i>Cyperus longus</i>	52	<i>Juncus maritimus</i>
18	<i>Cyperus michelianus</i>	53	<i>Juncus pygmaea</i>
19	<i>Damasonium alisma</i>	54	<i>Juncus subnodulosus</i>
20	<i>Paspalidium obtusifolium</i>	55	<i>Juncus subulatus</i>
21	<i>Phragmites australis</i>	56	<i>Juncus tenagea</i>
22	<i>Polygonum amphibium</i>	57	<i>Ludwigia palustris</i>
23	<i>Polygonum hydropiper</i>	58	<i>Lycopus europeus</i>
24	<i>Polygonum lapathifolium</i>	59	<i>Lythrum junceum</i>
25	<i>Ranunculus flamula</i>	60	<i>Nasturtium officinalis</i>
26	<i>Ranunculus ophioglossifolius</i>	61	<i>Oenanthe fistulosa</i>

27	<i>Ranunculus sceleratus</i>	62	<i>Oenanthe globulosa</i>
28	<i>Rhynchospora glauca</i>	63	<i>Oenanthe silaifolia</i>
29	<i>Rorripa amphibia</i>	64	<i>Scirpus maritimus</i>
30	<i>Rumex algériensis</i>	65	<i>Scrofularia aquatica</i>
31	<i>Rumex conglomeratus</i>	66	<i>Sparganium erectum</i>
32	<i>Rumex palustris</i>	67	<i>Succisa pratensis</i>
33	<i>Schoenus nigricans</i>	68	<i>Typha angustifolia</i>
34	<i>Scirpus cernuus</i>	69	<i>Veronica angalis-aquatica</i>
35	<i>Scirpus lacustris</i>		

**Tableau 8-** Liste des espèces **Hygrophytes**

N°	Espèce : Nom Scientifique	N°	Espèce : Nom Scientifique
1	<i>Allium triquetrum</i>	21	<i>Rubia peregrina</i>
2	<i>Alnus glutinosa</i>	22	<i>Rubus ulmifolius</i>
3	<i>Arun italicum</i>	23	<i>Salix alba</i>
4	<i>Athyrium filix-femina</i>	24	<i>Salixcinera</i>
5	<i>Bryone dioïca</i>	25	<i>Salix pedicellata</i>
6	<i>Carex acutiformis</i>	26	<i>Salix triandra</i>
7	<i>Carex paniculata</i>	27	<i>Salix aspera</i>
8	<i>Carex pendula</i>	28	<i>Smilax aspera</i>
9	<i>Carex pseudo-cyperus</i>	29	<i>Solanum dulcamara</i>
10	<i>Carex remota</i>	30	<i>Tamatix galica</i>
11	<i>Circaea lutetiana</i>	31	<i>Tamus communis</i>
12	<i>Crataegus oxyacantha</i>	32	<i>Thelypteris palustris</i>
13	<i>Dorycnium rectum</i>	33	<i>Ulmus campestris</i>
14	<i>Dryopteris gongyloïdes</i>	34	<i>Urtica dioïca</i>
15	<i>Equisetum ramosissimum</i>	35	<i>Vitis vinifera</i>
16	<i>Ficus careca</i>	36	<i>Olea europea</i>
17	<i>Fraxinus angustifolia</i>	37	<i>Osmenda regalis</i>
18	<i>Hedera helix</i>	38	<i>Pistacia lentiscus</i>
19	<i>Hypericum afrum</i>	39	<i>Populus alba</i>
20	<i>Lotus pedunculatus</i>		

**Tableau 9-** Les espèces des prairies humides inondés plus de six mois/an

N°	Espèce : Nom Scientifique	N°	Espèce : Nom Scientifique
1	<i>Agrostis stolonifera</i>	50	<i>Melilotus infestus</i>
2	<i>Alternanthera sessilis</i>	51	<i>Mentha pulengium</i>
3	<i>Amaranthus lividus</i>	52	<i>Mentha suaveolens</i>
4	<i>Anthoxanthum glaucum</i>	53	<i>Myosotis laxa</i>
5	<i>Atriplexe halimus</i>	54	<i>Narcissustazetta</i>
6	<i>Bellis annua</i>	55	<i>Nerium oleander</i>
7	<i>Bellis repens</i>	56	<i>Panicum repens</i>
8	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	57	<i>Paspalum distichum</i>
9	<i>Briza minor</i>	58	<i>Phalaris caeruleascens</i>

10	<i>Cardamine parviflora</i>	59	<i>Plantago coronopus</i>
11	<i>Carex punctata</i>	60	<i>Plantago lagopus</i>
12	<i>Carex vulpina</i>	61	<i>Plantagomajor</i>
13	<i>Centaurium spicatum</i>	62	<i>Poa annua</i>
14	<i>Cerastium pentandrum</i>	63	<i>Poa trivialis</i>
15	<i>Chenopodium album</i>	64	<i>polycarpum tetraphyllum</i>
16	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	65	<i>Polypogon monspeliensis</i>
17	<i>Chrysanthemum clausonis</i>	66	<i>Portulaca oleracea</i>
18	<i>Cotula coronopifolia</i>	67	<i>Potentilla reptans</i>
19	<i>Crypsis alopecuroïdes</i>	68	<i>Ranunculus ficaria</i>
20	<i>Cuscuta epithymum</i>	69	<i>Ranunculus macrophyllum</i>
21	<i>Cynodon dactylon</i>	70	<i>Ranunculus muricatus</i>
22	<i>Cynosurus polybracteatus</i>	71	<i>Ranunculus sardous</i>
23	<i>Dactylorrhiza elara</i>	72	<i>Rumex pulcher</i>
24	<i>Daucus carota ssp maximus</i>	73	<i>Salicornia arabica</i>
25	<i>Digitaria sanguinalis</i>	74	<i>Samolus valerandi</i>
26	<i>Dipsacus fullonum</i>	75	<i>Scirpuds holoschoenus</i>
27	<i>Dittrichia viscosa</i>	76	<i>Scorpuurus vermiculatus</i>
28	<i>Echinochloa crus-galli</i>	77	<i>Senecio jacobaea</i>
29	<i>Epilobium hirsutum</i>	78	<i>Seapias lingua</i>
30	<i>Eryngium barrelieri</i>	79	<i>Serapias parviflora</i>
31	<i>Festuca elatior</i>	80	<i>Silene bellidifolia</i>
32	<i>Gaudinia fragilis</i>	81	<i>Silene coeli-rosa</i>
33	<i>Geranium dissectum</i>	82	<i>Silene gallica</i>
34	<i>Holcus lanatus</i>	83	<i>Solanum nigrum</i>
35	<i>Hypericum afrum</i>	84	<i>Spergularia diandra</i>
36	<i>Illecebrum verticillatum</i>	85	<i>Spergularia media</i>
37	<i>Isoetes histrix</i>	86	<i>Spergularia salina</i>
38	<i>Laurentia bicolor</i>	87	<i>Stachys officinalis</i>
39	<i>Leersia hexandra</i>	88	<i>Trifolium filiforme</i>
40	<i>Legousia falcata</i>	89	<i>Trifolium glomeratum</i>
41	<i>Lepidium glastifolium</i>	90	<i>Trifolium repens</i>
42	<i>Lippia nodiflora</i>	91	<i>Trifolium resupinatum</i>
43	<i>Lolium rigidum</i>	92	<i>Trifolium squamosum</i>
44	<i>Lotus hispidus</i>	93	<i>Triglochin bulbosa</i>
45	<i>Lythrum hyssopifolia</i>	94	<i>Tristeria flavescens</i>
46	<i>Lythrum salicaria</i>	95	<i>Urginea maritima</i>
47	<i>Lythrum tribracteatum</i>	96	<i>Verbena officinalis</i>
48	<i>Medicago intertexta</i>	97	<i>Vicia villosa</i>
49	<i>Medicago littoralis</i>		

**Tableau 10- Les espèce des prairies humides inondé au moins trois mois/an**

N°	Espèce : Nom Scientifique	N°	Espèce : Nom Scientifique
1	<i>Aegilops triuncialis</i>	40	<i>Lagurus ovatus</i>
2	<i>Ammi visnaga</i>	41	<i>Linaria commutata</i>
3	<i>Anagallis arvensis</i>	42	<i>Linaria pinnifolia</i>
4	<i>Anthyllis hamosa</i>	43	<i>Linum usitatissimum</i>
5	<i>Bellardia trixago</i>	44	<i>Lolium multiflorum</i>
6	<i>Biscutella didyma</i>	45	<i>Lupinus angustifolius</i>
7	<i>Biserrula pelecinus</i>	46	<i>Lupinus hirsutus</i>
8	<i>Blackstonia perfoliata</i>	47	<i>Lupinus luteus</i>
9	<i>Bromus sterilis</i>	48	<i>Ornithopus compressus</i>
10	<i>Campanula rapunculus</i>	49	<i>Ornithopus pinnatus</i>
11	<i>Carlina lanata</i>	50	<i>Oryzopsis miliacea</i>
12	<i>Carlina racemosa</i>	51	<i>Papaver hybridum</i>
13	<i>Centaurea calcitrapa</i>	52	<i>Papaver rhoeas</i>
14	<i>Centaurea napifolia</i>	53	<i>Phalaris bulbosa</i>
15	<i>Centaureum pulchellum</i>	54	<i>Picris echioides</i>
16	<i>Cerinthe major</i>	55	<i>Plantago lanceolata</i>
17	<i>Chamaemelum mixta</i>	56	<i>Raphanus raphanistrum</i>
18	<i>Chondrilla juncea</i>	57	<i>Rapistrum rugosum</i>
19	<i>Chrysanthemum myconis</i>	58	<i>Reichardia picroides</i>
20	<i>Cichorium intybus</i>	59	<i>Ridolfia segetum</i>
21	<i>Cirsium scabrum</i>	60	<i>Rumex bucephalophorus</i>
22	<i>Convolvulus arvensis</i>	61	<i>Scabiosa atropurpurea</i>
23	<i>Cynoglossum cheirifolium</i>	62	<i>Scilla autumnalis</i>
24	<i>Dactylis glomerata</i>	63	<i>Scolymus grandiflorus</i>
25	<i>Echinops spinosus</i>	64	<i>Scolymus hispanicus</i>
26	<i>Echum plantagineum</i>	65	<i>Sherardia arvensis</i>
27	<i>Eragrostis atrovirens</i>	66	<i>Silybum marianum</i>
28	<i>Erodium aethiopicum</i>	67	<i>Solanum sodomaeum</i>
29	<i>Eryngium tricuspdatum</i>	68	<i>Sonchus asper</i>
30	<i>Euphorbia helioscopiae</i>	69	<i>Spiranthes spiralis</i>
31	<i>Galactites tomebtosa</i>	70	<i>Stachys marrubifolia</i>
32	<i>Hordeum bulbosum</i>	71	<i>Stachys ocymastrum</i>
33	<i>Hordium maritimum</i>	72	<i>Stipa barbata</i>
34	<i>Hordium murinum</i>	73	<i>Torilis arvensis</i>
35	<i>Hypericum tomentosum</i>	74	<i>Trifolium arvense</i>
36	<i>Hypochoeris radicata</i>	75	<i>Trifolium lappaceum</i>
37	<i>Koeleria hispida</i>	76	<i>Verbascum sinuatum</i>
38	<i>Koeleria phleoïda</i>	77	<i>Vicea sativa</i>
39	<i>Kundmania sicula</i>	78	<i>Zizyphus lotus</i>

Tableau 11- Les espèces de forêt

N°	Espèce : Nom Scientifique	N°	Espèce : Nom Scientifique
1	<i>Asparagus acutiflorus</i>	11	<i>Myrthus communis</i>
2	<i>Asparagus officinalis</i>	12	<i>Phillyrea angustifolia</i>
3	<i>Asphodelus aestivus</i>	13	<i>Pteris aquilina</i>
4	<i>Calystegia sepium</i>	14	<i>Quercus suber</i>
5	<i>Ceratonia siliqua</i>	15	<i>Rhamnus alaternus</i>
6	<i>Clematis cirrhosa</i>	16	<i>Rosa sempervirens</i>
7	<i>Daphne gnidium</i>	17	<i>Scrofularia sambucifolia</i>
8	<i>Erica scoparia</i>	18	<i>Teline monspessulana</i>
9	<i>Galium tricorne</i>	19	<i>Vitex agnus-castus</i>
10	<i>Genista tricuspidata</i>		

## Annexes V-

Tableau 1 - Présentation des sites de prélèvement des échantillons d'eau

Stations	Sites	Latitude N	Longitude E	Caractéristiques
Stat1	Oued Messida (1)	36° 54' 12''	6° 16'	Eau courante
Stat2	Oued Messida (2)	36° 54' 27''	6° 16'	Eau courante
Stat3	Oued Messida (3)	36° 54'	6° 16'	Eau courante
Stat4	Marais Messida (1)	36° 53' 51''	6° 17' 15''	Eau courante
Stat5	Marais Messida (2)	36° 53' 38''	6° 17' 24''	Eau courante
Stat6	Oued Eurg	36° 53' 50''	6° 18' 6''	Eau stagnante
Stat7	Est de la digue	36° 52' 59''	6° 17' 42''	Eau stagnante
Stat8	Garat digue	36° 52' 46''	6° 17' 24''	Eau stagnante
Stat9	Digue	36° 52' 46''	6° 17' 23''	Eau stagnante
Stat10	Chalet	36° 52' 59''	6° 17' 23''	Eau stagnante
Stat11	Tonga Est	36° 52' 48''	6° 16' 42''	Eau stagnante
Stat12	Tonga Aulnaie	36° 52' 47''	6° 16' 30''	Eau stagnante
Stat13	Tonga Arborétum	36° 52' 39''	6° 15'	Eau stagnante
Stat14	Tonga Soulé	36° 52' 32''	6° 15' 30''	Eau stagnante
Stat15	Tonga Aulnaie Ouest	36° 52' 21''	6° 15' 12''	Eau stagnante
Stat16	Mechtta oum Ectabe	36° 54'	6° 17' 24''	Eau stagnante
Stat17	Oued Hout(1)	36° 49' 3''	6° 16' 47''	Eau courante
Stat18	Oued Hout(2)	36° 50' 33''	6° 17' 6''	Eau courante
Stat19	Oued Barita	36° 53' 15''	6° 15' 31''	Eau courante
Stat20	Boumerchen	36°51'54''	6°08'43''	Eau stagnante
Stat21	Tourbière demnet Errihane	36°51'47''	6°08'47''	Eau stagnante
Stat22	Demnet Errihane	36°51'49''	6°08'19''	Eau courante
Stat23	Lac Obiera Nord	36°51'33''	6°06'45''	Eau stagnante
Stat24	Aulnaie Lac Bleu	36°54'25''	6°04'26''	Eau stagnante
Stat25	Tourbière Lac Bleu	36°54'45''	6°04'29''	Eau stagnante
Stat26	Boumelek	36°54'39''	6°04'26''	Eau stagnante
Stat27	Lac Mellah est	36°52'34''	6°04'48''	Eau stagnante
Stat28	Mechtta EL Mellah	36°51'49''	6°04'44''	Eau stagnante
Stat29	Oued Buoaroug (1)	36°49'59''	6°03'45''	Eau courante
Stat30	Oued Buoaroug (2)	36°50'21''	6°04'02''	Eau courante
Stat31	Oued Buoaroug (3)	36°50'51''	6°04'17''	Eau courante
Stat32	Mekrada Nord	36° 55' 48''	5° 40' 53''	Eau stagnante
Stat33	El-Greate face Estah	36° 56' 6''	5° 45' 50''	Eau stagnante
Stat34	Estah	36° 56' 15''	5° 45' 30''	Eau stagnante
Stat35	Boumehcen Gareat	36° 55' 39''	5° 46' 30''	Eau stagnante
Stat36	Boumehcen Aulnais	36° 55' 30''	5° 47' 00''	Eau stagnante
Stat37	Boumehcen Station	36° 55' 48''	5° 48' 40''	Eau stagnante
Stat38	Berrihane	36° 55' 30''	5° 44' 00''	Eau stagnante
Stat39	Sidi Arous	36°54' 48''	5° 50' 15''	Eau stagnante
Stat40	Nechaa Righia(1)	36°49'21''	5°51'41''	Eau stagnante
Stat41	Righia(2) 100 de (R1)	36°49'02''	5°51'57''	Eau stagnante

Stat42	Righia(3) puit	36°49'25''	5°52'08''	Eau stagnante
Stat43	Righia(4) aulnais	36°49'27''	5°52'24''	Eau stagnante
Stat44	Righia(5) nappe	36°49'27''	5°53'02''	Eau stagnante
Stat45	Righia(6) nord de la route	36°49'34''	5°51'35''	Eau stagnante
Stat46	Righia(7) plan d'eau	36°49'14''	5°53'24''	Eau stagnante
Stat47	Righia(8) plan d'eau ancien	36°49'02''	5°53'56''	Eau stagnante
Stat48	Righia(9) dépression	36°49'04''	5°53'38''	Eau stagnante/ Eau stagnante
Stat49	Righia(10) depression	36°49'29''	5° 53'50''	Eau stagnante
Stat50	Righia(11) aulnais O Beheim	36°49'29''	5°54'17''	Eau stagnante
Stat51	Righia(12) O. Beheim	36°49'38''	5°54'50''	Eau stagnante
Stat52	Righia(13) 100 m de R12	36°49'48''	5°54'50''	Eau stagnante
Stat53	Bougles(1) source	36°48'56''	5°56'51''	Eau courante
Stat54	Bougles (2)	36°48'49''	5°57'	Eau courante
Stat55	Bougles(3)	36°48'49''	5°57'	Eau courante
Stat56	Bougles(4)	36°48'49''	5°57'	Eau courante
Stat57	Bougles aulnais	36°48'38''	5°56'56''	Eau stagnante
Stat58	Oum el Agareb(1)	36°47'51''	5°55'53''	Eau stagnante/ Eau courante
Stat59	Oum el Agareb(2)	36°47'42''	5°56'15''	Eau stagnante / Eau courante
Stat60	Oum el Agareb(3)	36°47'48''	5°56'41''	Eau stagnante et courante
Stat61	Oum el Agareb(4)	36°47'42''	5°56'51''	Eau stagnante/ Eau courante
Stat62	Taguida	36°46'47''	5°57'45''	Eau stagnante
Stat63	Oued el Melleh	36°51'49''	6°3'23''	Eau courante
Stat64	Oued el Riguibet	36°53'32''	6°1'20''	Eau courante

**Tableau 2- Résultats de l'analyse des échantillons d'eau (période sèche)**

	pH	EXSEC	RS	CL	HCO3	SO4	ORT-PO4	C.E	Ca méq/l	Mg méq/l	Na méq/l	K méq/l
O.Messida1	6.75	510	33.1333	2.92	0.4	0.4622	0.05	1895	0.8	0.32	0.057	0.019
O.Messida2	7.53	470	38.0666	3.08	0.4	1.2326	0.05	1625	0.76	0.272	0.043	0.015
O.Messida3	7.02	730	609.4666	3.04	0.4	0.8388	0.045	1552	0.64	0.324	0.049	0.017
M.Messida1	7.1	735	208.6666	3.6533	0.4	0.3081	0.065	986	2.07	0.312	0.055	0.098
M.Messida2	6.63	615	77.4666	3.92	0.4	1.3696	0.04	1310	2.81	1.28	0.048	0.019
O.eurg	7.6	410	152.3333	2.64	0.2	2.2084	0.05	2470	1.62	0.24	0.27	0.009
Est Digue	5.2	820	87.3333	2.4	0.4	1.147	0.015	2450	0.42	0.18	0.021	0.009
Garat Digue	6.51	700	1179.0666	6.2	0.4	0.7704	0.09	2040	0.13	0.142	0.049	0.014
Digue	7.12	550	108.7333	2.64	0.4	1.6092	0.04	682	0.66	0.096	0.044	0.008
Chalet	7.18	675	38.0666	2.44	0.4	1.1299	0.045	1990	0.74	0.081	0.041	0.007
Tonga.Est	7.61	740	42.8666	5.12	0.4	0.9587	0.03	749	0.77	0.086	0.13	0.097
Tonga.Aulnaie	7.4	1235	73.2666	7.32	0.4	0.582	0.045	2180	0.841	0.092	0.012	0.006
Cypreschauve	7.15	715	11.1333	3.8	0.4	0.2396	0.035	737	0.792	0.142	0.082	0.017
Tonga.Soulé	7.1	945	286.8	3.92	0.4	0.9926	0.175	2090	0.136	0.124	0.017	0.008
T.A.Ouest	7.38	1270	72.0666	5.4	0.4	0.8046	0.015	468	0.561	0.096	0.017	0.0081
M.Oum.Elchttab	7.73	470	3.4	2.08	0.4	1.0614	0.015	268	0.685	0.236	0.069	0.0079
O.EL Hout1	5.7	990	87.0666	7.2	0.4	3.5438	0.545	2160	0.464	0.178	0.084	0.007
O.ELHout2	5.5	655	44.6666	3.16	0.4	4.9819	0.03	1603	1.168	0.588	0.092	0.0041
O.Barita	6.4	820	14.2	3.3333	0.2	4.5881	0.055	1510	0.522	0.184	0.087	0.018
Boumerchen	5.7	830	75.5333	2.96	0.4	3.578	0.085	2090	0.098	0.046	0.006	0.004
Tourbiere.D.R	5.7	680	160.2666	2.04	0.4	0.9244	0.04	1610	0.128	0.084	0.004	0.0038
Chaabat.D.R	5.7	515	18.4	1.28	0.2	0.8568	0.01	1220	0.232	0.074	0.004	0.0013
Lac.Obeira.nord	7.04	1210	175.0666	9.68	0.4	6.0776	0.09	2730	1.541	0.344	0.022	0.0091
Aulnaie.Lac Bleu	7.72	510	115.4	1.44	0.2	3.0473	0.035	1455	0.561	0.241	0.084	0.0082
Tourbiere.Lac Bleu	6.28	435	169.3333	0.64	0.2	0.8217	0.05	769	0.732	0.121	0.038	0.016

Boumelek	6.84	940	37.1333	6.08	0.2	7.3787	0.03	1680	1.881	0.826	1.84	0.077
Lac Mellah est	6.84	495	19.1333	1.84	0.4	3.8393	0.04	1116	3.68	1.312	1.468	0.076
Mechta el Mellah	6.5	1320	10	50.96	0.4	4.9476	0.085	4180	0.974	0.224	0.484	0.072
O.bourg.1parc	7	540	6.5333	1.6266	0.4	3.4582	0.045	1128	0.349	0.108	0.052	0.034
O.Bourg2.parc	6.8	500	27.8666	1.2	0.4	1.1641	0.04	1685	0.444	0.065	0.037	0.018
O.Bouarg3 sortie parc	6.01	470	3.4	1.2266	0.4	3.3212	0.035	1863	0.454	0.069	0.007	0.004
Mekrada Nord	7.05	16775	126.4	250.4	0.4	1.3011	0.435	6370	6.92	1.948	4.64	0.195
Elgreate face Estah	5.39	45	23.8	0.5333	0.4	1.2155	0.415	226	0.798	0.125	0.369	0.178
Estah	6.5	435	17.2666	3.92	0.2	0.8217	0.625	336	0.495	0.228	0.11	0.002
Boumehcen Garaat	7.34	805	44.9333	7.87	0.4	0.8731	0.175	1338	1.253	0.389	0.95	0.038
Boumehcen Aulnaie	5.5	35	3.0666	0.48	0.4	0.9073	0.095	248	0.854	0.426	0.085	0.016
Boumehcen Station	5.59	650	17.332	1.3866	0.4	0.8217	0.5	498	0.648	0.451	0.086	0.032
Berihane	5.82	220	2.0666	1.4933	0.4	0	0.225	328	0.523	0.454	0.074	0.027
Sidi Arous	5.62	20	2.6	0.56	0.4	0.856	0.33	115	0.545	0.381	0.024	0.006
Nechaa R1	5.3	1130	65.0666	4.906	0.2	11.7785	0.065	1010	0.453	0.249	0.036	0.015
R2.100m deR1	5.24	290	75	1.6533	0.2	3.715	0.31	462	0.452	0.191	0.032	0.014
R3.Puit	6.27	85	210.7333	0.88	0.2	0.9929	0.25	175	0.534	0.187	0.034	0.018
R4.Aulnaie	6.27	1265	853.4666	2.533	0.2	1.9516	0.095	253	0.146	0.078	0.033	0.012
R5.Nappe	6.21	120	22.8666	1.2	0.2	1.7291	0.5	379	0.089	0.009	0.042	0.009
R6.nord route	5.37	35	82.4666	0.56	0.2	3.6465	0.175	142	0.086	0.011	0.039	0.0089
R7.plan d'eau	4.73	2260	7.6666	10.1333	0.2	7.8668	0.085	1515	0.092	0.009	0.049	0.0081
R8.plan d'eau ancien	6.56	70	86.4	1.3066	0.2	3.2014	0.265	317	0.088	0.008	0.065	0.0084
R9.depression dunaire	3.94	10	61.2	0.533	0.2	18.2841	0.265	1322	0.098	0.004	0.018	0.0074
R10.depressin et saulé	6.11	1530	17.2	1.7066	0.4	6.3172	0.625	650	0.094	0.007	0.024	0.0063
R11.Aulnaie O.B	5.74	700	34.7333	1.7	0.4	6.3344	0.475	449	0.083	0.006	0.018	0.0062
R12.O.beheim calanisation	5.37	115	84.6666	1.76	0.2	5.2216	0.09	450	0.023	0.009	0.019	0.0056
R13.100m sud R12	5.25	7295	837.8666	6.1333	0.2	17.0857	0.475	1483	0.021	0.005	0.018	0.0043
Boug1..source	5.6	40	10.4	0.4	0.6	3.4753	0.055	138	0.225	0.079	0.006	0.0041
Boug2.100m	4.9	5	20.2	0.7466	0.4	3.8348	0.25	350	0.219	0.095	0.007	0.0042
Boug3.zone de mélange	5.85	2325	9.1333	0.48	0.4	3.287	0.07	144	0.228	0.087	0.007	0.0036
Boug4.taitement	5.9	165	2.5333	0.48	0.4	0.4622	0.265	253	0.217	0.085	0.008	0.0025
Aulnaie de Boug	5.77	410	2615.3333	0.3466	0.4	0.7532	0.065	71	0.135	0.074	0.009	0.0016
OG1	6.06	245	17.6	1.78	0.4	1.0443	0.46	475	0.284	0.098	0.018	0.0081
OG2	5.94	455	54.5333	2.37	0.8	0.7532	0.075	279	0.314	0.101	0.025	0.0054
OG3	5.01	345	8.4	1.94	0.4	2.3454	0.065	575	0.324	0.103	0.024	0.0044
OG4	5.76	35	4.8666	1.97	0.4	2.1742	0.065	346	0.361	0.122	0.035	0.0087
Taguida	7.1	555	44	1.25	0.4	2.0206	0.25	449	0.972	0.21	0.042	0.0091
Oued El Melleh	7.18	25	156.5333	0.88	0.6	0.3252	0.05	818	1.021	0.68	0.13	0.0026
Oued El-Rigubet	6.36	105	0.0666	1.18	0.6	1.01	0.055	341	1.953	0.79	0.09	0.0089

Tableau3- Résultats de l'analyse des échantillons d'eau (période humide)

	pH	EXSEC	RS	CL	HCO3	SO4	PO4	C.E	Ca méq/l	Mg méq/l	Na méq/l	K méq/l
O.Messida1	6.75	90	39.6666	5	0.4	0.2739	0.15	376	0.68	0.28	0.054	0.018
O.Messida2	6.62	585	13.7333	4	0.4	0.2739	0.025	386	0.576	0.212	0.038	0.014
O.Messida3	6.46	185	11.5333	5	0.2	0.3937	0.025	370	0.564	0.294	0.041	0.012
M.Messida1	6.96	95	16.0666	4	0.4	0.719	0.375	373	1.37	0.262	0.052	0.094
M.Messida2	6.56	25	6	4	0.2	1.3524	0.33	384	1.61	0.928	0.044	0.017
O.eurg	6.46	430	4.3333	6	0.4	1.1299	0.135	408	1.02	0.16	0.23	0.0084
Est Digue	6.88	280	73.7333	3	0.4	0.428	0.33	458	0.35	0.135	0.018	0.0082
Garat Digue	6.93	75	11.8	5	0.4	0.6848	0.205	378	0.09	0.112	0.041	0.011
Digue	6.96	100	4.6	5	0.4	0.291	0.165	382	0.45	0.066	0.038	0.006
Chalet	6.84	175	20.5333	4	0.4	0.2739	0.185	397	0.59	0.061	0.036	0.005
Tonga.Est	6.84	35	4.4666	5	0.4	0.4324	0.175	368	0.57	0.066	0.113	0.087
Tonga.Aulnaie	6.69	500	22.5333	4	0.4	0.7361	0.62	285	0.76	0.072	0.01	0.004
Cypreschauve	6.07	255	7.3333	8	0.4	0.3595	0.35	492	0.72	0.102	0.074	0.012
Tonga.Soulé	6.94	0	37.3333	7	0.6	0.291	0.31	489	0.116	0.11	0.012	0.006
T.A.Ouest	6.94	385	22.4	6	0.6	0.291	0.365	411	0.512	0.086	0.012	0.0078
M.Oum.Elchttab	6.82	300	16.2666	3	0.4	0.2568	0.085	446	0.631	0.206	0.061	0.0075
O.EL Hout1	6.92	190	9.6666	7	0.4	0.3081	0.065	273	0.264	0.145	0.077	0.0069

O.ELHout2	7.06	45	10.3333	7	0.4	1.75	0.115	472	1.008	0.489	0.082	0.0037
O.Barita	7.26	800	2.9333	7	0.2	1.1812	0.025	406	0.452	0.152	0.082	0.012
Boumerchen	7.2	365	4.5333	3	0.2	0.2568	0.15	164	0.087	0.031	0.003	0.0035
Tourbiere.D.R	7.15	225	38.2666	3	0.4	0.3424	0.025	280	0.098	0.064	0.003	0.0029
Chaabat.D.R	7.14	1860	8.8666	3	0.2	0.2568	0.085	185	0.122	0.058	0.003	0.0009
Lac.Obeira.nord	7.1	300	6.1333	5	0.2	0.4622	0.055	395	1.261	0.288	0.018	0.0083
Aulnaie.Lac Bleu	5.85	335	16.4666	2	0.2	0.3595	0.1	12	0.441	0.203	0.079	0.0076
Tourbiere.Lac Bleu	6.15	390	1.4666	3	0.2	0.4108	0.085	1172	0.532	0.098	0.033	0.014
Boumelek	8.81	100	23.3333	3	0.2	0.4793	0.054	630	0.895	0.738	1.56	0.071
Lac Mellah est	6.54	305	4.2	3	0.2	0.3424	0.095	594	3.07	1.092	1.428	0.073
Mechta el Mellah	6.3	240	9.0666	4	0.2	0.3424	0.01	1198	0.824	0.187	0.397	0.069
O.bourg.1parc	6.3	315	3	4	0.2	0.4793	0.035	820	0.249	0.098	0.048	0.028
O.Bourg2.parc	6.33	0	5.4	2	0.2	0.3424	0.105	353	0.214	0.058	0.029	0.014
O.Bouarg3 sortie parc	6.44	175	4.5333	4	0.2	0.3937	0.06	772	0.214	0.047	0.004	0.002
Mekrada Nord	6.21	635	16	12	0.2	0.5649	0.085	2010	6.02	1.388	3.84	0.167
Elgreate face Estah	6.32	420	50.2	2	0.4	0.3424	0.1	386	0.591	0.102	0.279	0.152
Estah	6.48	220	26	4	0.2	0.291	0.055	376	0.372	0.167	0.092	0.002
Boumehcen Garaat	6.8	330	755.46	3	0.2	0.3081	0.215	118	0.953	0.342	0.75	0.026
Boumehcen Aulnaie	6.73	145	3.2	2	0.2	0.4108	0.115	298	0.385	0.387	0.045	0.012
Boumehcen Station	6.94	2250	6.1333	3	0.2	0.291	0.055	269	0.448	0.415	0.046	0.024
Berihane	6.5	265	16.8666	3	0.2	0.7019	0	191	0.243	0.423	0.041	0.019
Sidi Arous	6.08	780	10.2	2	0.2	0.5395	0.165	216	0.381	0.362	0.016	0.004
Nehaa R1	6.43	460	102.86	2	0.2	0.4964	0	189	0.162	0.214	0.024	0.011
R2.100m deR1	6.47	120	12.1333	3	0.2	0.3252	0	313	0.262	0.162	0.028	0.011
R3 NORD	6.45	85	4.46	2	0.2	0.2568	0.005	452	0.134	0.165	0.026	0.015
R4.Aulnaie	6.56	195	7.9333	4	0.2	0.4793	0	325	0.104	0.068	0.029	0.009
R5.Nappe	6.5	100	6.4	3	0.2	0.3937	0	298	0.064	0.007	0.035	0.007
R6.PUIT	6.58	220	9	3	0.2	0.4964	0	291	0.068	0.008	0.033	0.0084
R7.plan d'eau	6.88	850	7.1333	1	0.2	0.3252	0.205	3	0.072	0.007	0.041	0.0078
R8.plan d'eau ancien	6.58	60	4.2666	2	0.2	0.3081	0.185	164	0.077	0.006	0.062	0.0081
R9.depression dunaire	6.57	480	9.4	1	0.2	0.5478	0.28	24	0.085	0.001	0.013	0.0072
R10.depressin et saulé	6.51	95	2.6666	1	0.4	0.3081	0.31	28	0.084	0.005	0.018	0.006
R11.Aulnaie O.B	6.73	535	32.6	3	0.2	0.5136	0.365	140	0.065	0.004	0.012	0.0058
R12.O.beheim calanisation	6.13	925	18.2666	3	0.2	1.147	0.225	57	0.012	0.007	0.013	0.0054
R13.100m sud R12	6.25	100	10.0666	2	0.2	0.5992	0.205	78	0.011	0.003	0.014	0.0037
Boug1..source	6.85	65	0.933	3	0.2	0.3081	0.235	194	0.201	0.059	0.004	0.0039
Boug2.100m	6.32	190	7.7333	2	0.2	0.3252	0.165	74	0.181	0.071	0.004	0.004
Boug3.zone de mélange	6.51	40	7.5333	2	0.2	0.2739	0.215	175	0.188	0.078	0.003	0.0033
Boug4.taitement	6.54	575	7.2666	2	0.2	0.3252	0.31	55	0.167	0.071	0.005	0.0021
Aulnaie de Boug	6.79	195	3.8	2	0.2	0.5992	0.215	72	0.105	0.067	0.006	0.0013
OG1	6.65	250	8.6	2	0.2	0.6848	0.205	45	0.231	0.087	0.011	0.0078
OG2	6.51	360	10.9333	2	0.4	0.3424	0.09	179	0.264	0.089	0.019	0.0048
OG3	6.89	200	12.5333	3	0.1	0.3425	0.225	198	0.249	0.083	0.017	0.0041
OG4	6.68	15	653.93	2	0.2	1.4038	0.175	165	0.311	0.072	0.03	0.0082
Taguida	6.75	180	41	6	0.2	0.295	0.185	342	0.579	0.191	0.036	0.0085
Qued El Melleh	6.7	395	20.6666	4	0.2	0.9587	0.31	538	0.902	0.48	0.112	0.0022
Qued El-Riquibet	6.45	255	2.7333	3	0.2	0.291	0.28	703	1.581	0.59	0.075	0.0083

Annexe VI- Tableau 1- liste des abréviations

Abréviation	signification
C.O.T	Carbone organique total
C.F.L	Carbone fraction légère
C.A.F	Carbone acide Fulvique
C.A.H	Carbone acide Humique
C.H	Carbone Humine
A.F	Acide Fulvique
A.H	Acide Humique
H	Humine
S1B1	Solum1 bassin 1
S2B1	Solum2 bassin 1
S3B1	Solum3 bassin 1
S1Bour	Solum1 bourdim
S2Bour	Solum2 bourdim
S3Bour	Solum3 bourdim
S4Bour	Solum4 bourdim
S5Bour	Solum5 bourdim
S6Bour	Solum6 bourdim
S1NR	Solum1 Nechaa Righia
S2NR	Solum2 Nechaa Righia
S3 NR	Solum3 Nechaa Righia
S4 NR	Solum4 Nechaa Righia
S5 NR	Solum5 Nechaa Righia
S6 NR	Solum6 Nechaa Righia
S7 NR	Solum7 Nechaa Righia
S1 AT	Solum1 aulnaie Tonga
S2 AT	Solum2 aulnaie Tonga
S3 AT	Solum2 aulnaie Tonga

Annexe B

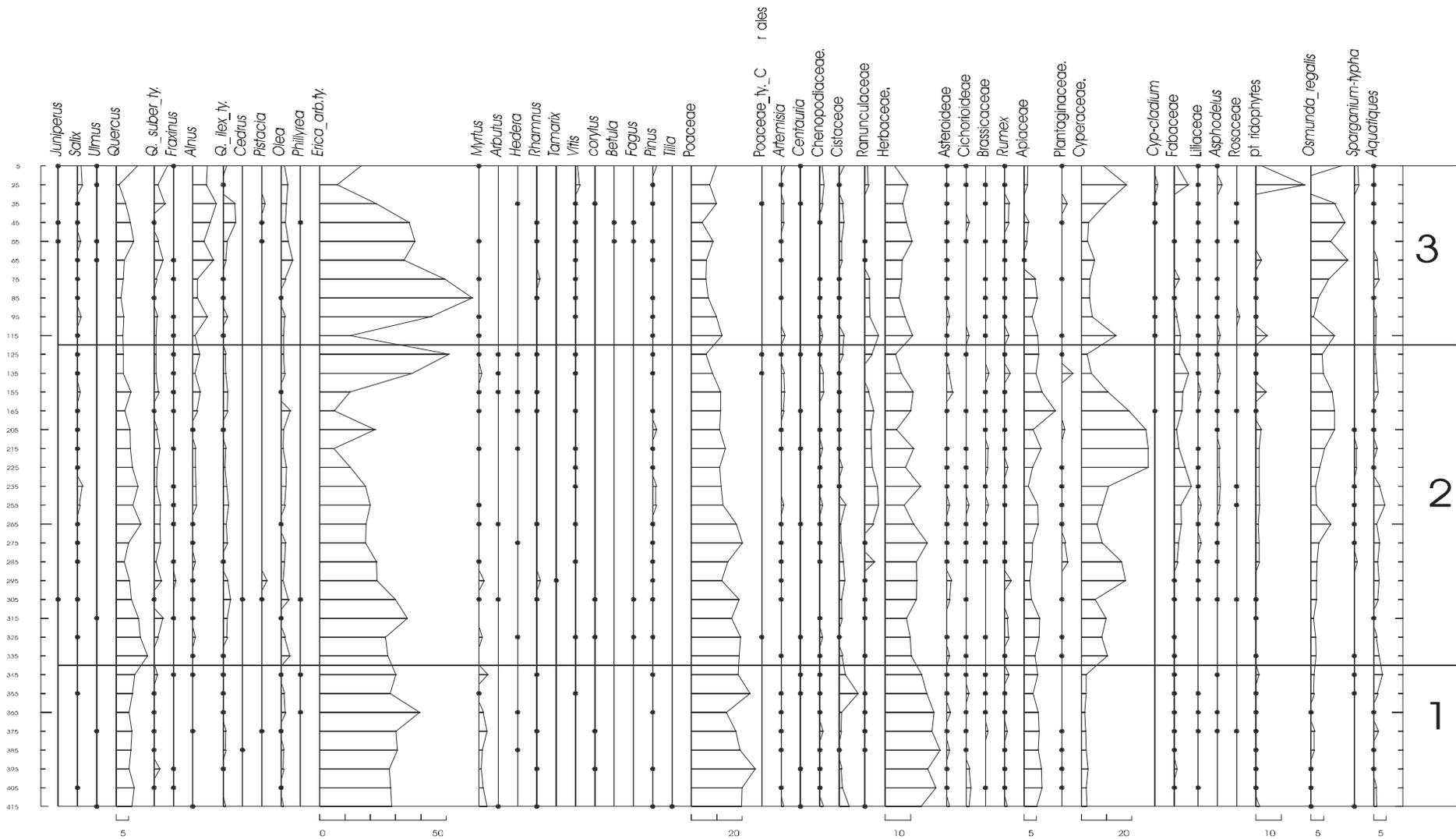


Figure 44- Diagramme pollinique du lac Noir

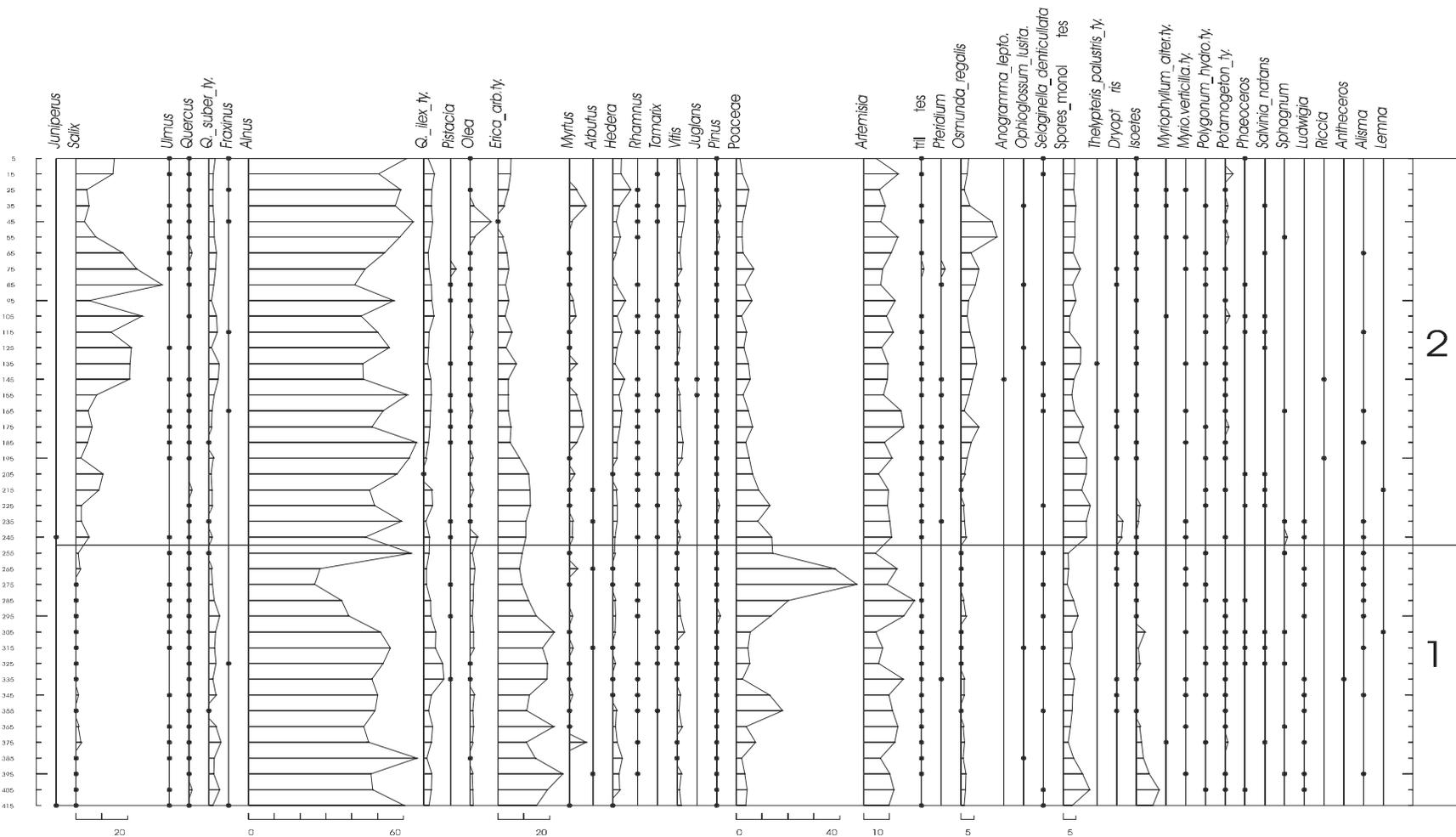


Figure 45- Diagramme pollinique de la Nechaa Righia





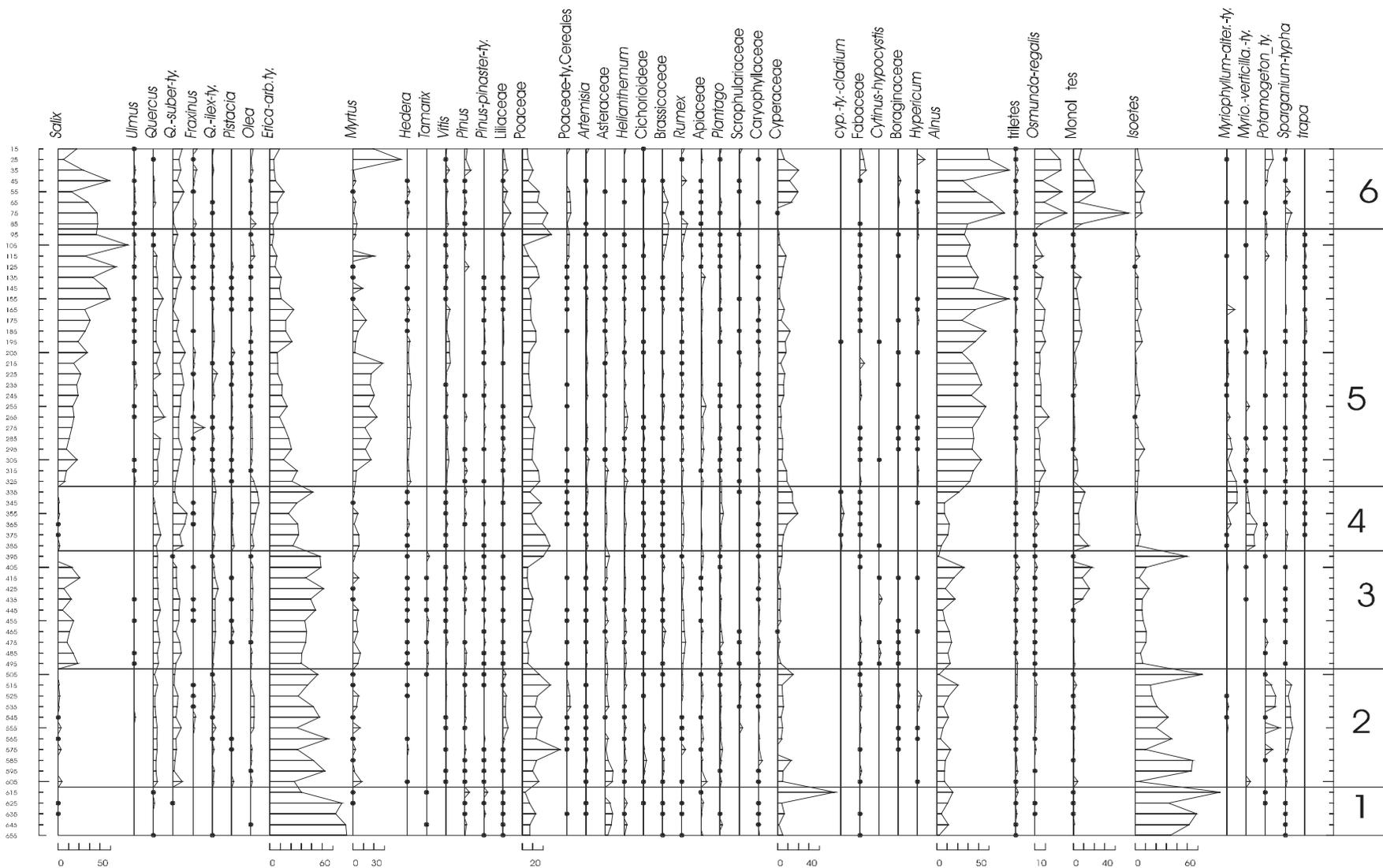


Figure 46- Diagramme pollinique du Marais de Bourdim





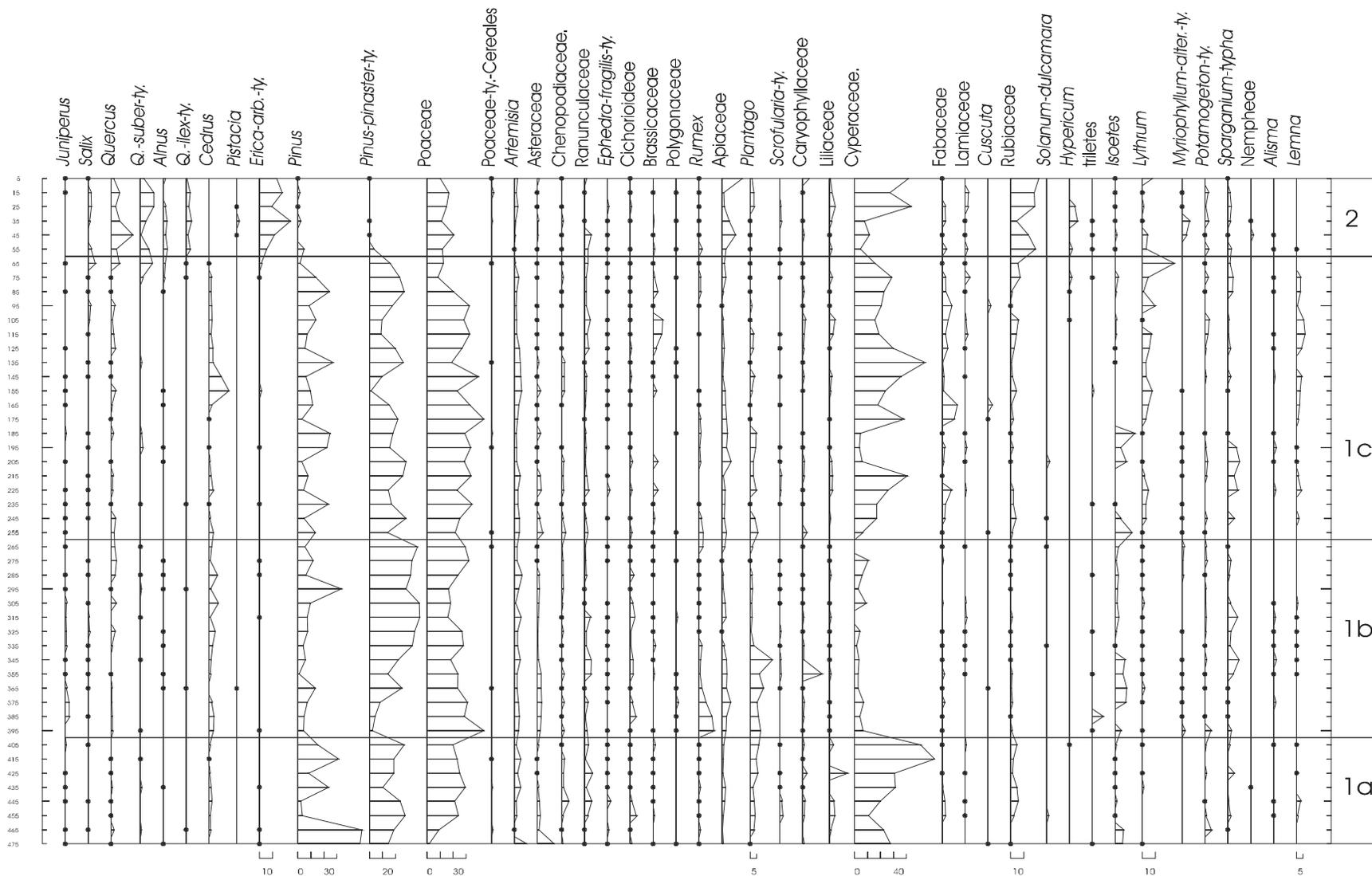


Figure47- Diagramme pollinique du Marais de Gareat El-Ouez







## Résumé

La caractérisation des sols du complexe humide d'El-Kala a été réalisée sur la base d'une typologie géomorphologique qui a mis en évidence six zones humides différentes (zone des dépressions interdunaires, zone de contact flysch de Numidie avec les dunes, zone de contact plaine alluviale avec les dunes et les dépressions lacustres qui sont représentées par le lac Mellah, le lac Oubeïra et le lac Tonga). Les résultats obtenus ont montré que l'évolution de ces sols est contrôlée par la topographie, la roche mère, les taux d'humidité et leurs fluctuations saisonnières et par la nature et densité du couvert végétal. Ainsi, sur les grés et argiles de Numidie on retrouve des sols bruns forestiers, sur les dunes sableuses des sols peu évolués généralement humifères et toujours sableux, sur la plaine des sols peu évolués humifères ou non mais toujours argileux et dans les zones les confinées, on retrouve des hydromorphes à pseudogley et gley généralement humifères et des sols tourbeux. Tous ces sols sont acides et non salés. Les résultats ont révélé que les principaux processus pédogénétiques de ces sols s'orientent vers la tourbification (formation de sols tourbeux) et l'hydromorphie qui aboutit à la formation des sols hydromorphes souvent humifère dans les parties les plus basses du relief.

L'inventaire du couvert végétal a révélé un couvert dense renfermant des espèces très diversifiées qui peuvent vivre dans tous les types de climats, des espèces liées aux conditions climatiques actuelles et plus du 1/3 (36%) des espèces inventoriées évoluent dans une ambiance climatique du type tropicale et sub-tropicale et donc dans un climat à bilan hydrique positif. Cette végétation produit donc une quantité de matière organique assez appréciable. Par ailleurs, les analyses ont montré que l'eau des dépressions est une eau acide, non salée, pauvre en éléments minéraux et qui évolue peu en fonction des saisons.

Les résultats ont montré aussi que les taux de matière organique augmentent de l'amont vers l'aval des dépressions et diminuent de la surface vers la profondeur des sols sauf pour les sols tourbeux où l'accumulation des produits organiques est souvent moins importante en surface à cause de l'oscillation du niveau de la nappe. Ils ont montré aussi que ces sols conservent bien la matière organique donnant une tourbe fibreuse dans les épipedons et une tourbe mésique rarement humique en profondeur. De même, les résultats obtenus ont révélé un potentiel de régénération relativement élevé pour la majorité des tourbes de la région malgré des conditions parfois défavorables.

L'analyse pollinique de cinq séquences tourbeuses a mis en évidence deux périodes représentées par deux assemblages polliniques différents, les dépôts holocènes et donc actuels et les dépôts du Tardiglaciaire durant lequel l'Afrique du Nord était soumise à un climat plus froid où la végétation était représentée par du Cèdre et du Pin. Le Tardiglaciaire n'a jamais été observé en Afrique du Nord et suggère donc que les accumulations tourbeuses sont antérieures aux conditions actuelles. Ces deux périodes ont été confirmées par des datations au <sup>14</sup>C.

## Abstract

The inventory of soils in the humid complex of El-Kala has been achieved on the basis of the geomorphological typology. The later allowed us to recognize six zones that comport several stations. Within each station we achieved a transect in which we have used some cross sections or pedological profiles to do a morpho-analytic analysis.

The morphological description of the different profiles permitted to put in evidence several solums that can be differentiated their thickness, color, content in organic matter, texture and the structure of their horizons. The survey of the different profiles showed that soils located in the uphill of the depression are constituted by two or three horizons, whereas those located downslope might have six horizons. The particles seize analysis of the different profiles revealed that the majority of soils have generally a sandy texture.

In addition, the physico-chemical analysis revealed that humidity increases from the top to downwards of the studied profiles. In the same way, the state of the organic matter is estimated by the measures of the rate of fibers and by the pyrophosphate index which define the regeneration of the peat or REG, permitting hence the classification of the state of the soils' organic matter as follows:

- To the top of the profile, the organic matter is fresh,
- in the center of the profile, the organic matter is more or less decomposed,
- at the base of the profile, the organic matter is little decomposed.

Thereby, this result may indicate that we are in the presence of a regenerable peat.

The distribution of the different chemical parameters is homogeneous except in depth. The main results indicate that the soils of the studied zone are non salty ( $CE < 0,16$  dS/m) and acidic especially in depth (pH = 6 at the top and 4,5 at the base),

The floristic inventory revealed a specific diversity provided by an organic matter supply, as much rich and varied as that of the flora that composes this environment. It influences considerably the evolution and the differentiation of soils, in particular the peats that evolve on a saturated substratum showing an acid reaction, weakly loaded in mineral elements and a less variation with seasons. The organic debris are then well-preserved because the light fraction is the most important followed by a less polymerized fraction. It is therefore because of the accumulation of the organic matter that the conditions of the medium are favourable and this since millennia. This result, confirmed by the pollinic analysis and dating by radiocarbon, places the soils of the region in a context that requires protection actions because of their paleo-ecological importance.