

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement et de la recherche Scientifique
Université Badji-Mokhtar Annaba



Faculté des Sciences
Département de Biologie
Ecole Doctorale « **Biologie environnementale** »
Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister
en écologie et environnement
Option : **Biologie et Ecologie végétale**

Caractérisation morpho-analytique des sols des aulnaies glutineuses du complexe lacustre (Parc National d'El Kala)

Présenté par

M^r CHEKCHAKI Samir

Devant la commission de jury composé de :

Président :	Dr. DJAMAÏ R.	MCA	Université Annaba
Directeur :	Dr. BENSLAMA M.	MCA	Université Annaba
Examineur :	Dr. KHANCHOUL K.	MCA	Université Annaba
Examineur :	Dr. FRIHI H.	MCA	Université Annaba

Promotion **2012**

Remerciement

Je tiens à remercier en premier lieu Dieu le tout puissant de m'avoir guidé durant toutes ces années et m'a permis de réaliser ce travail en me donnant la force, la patience et la volonté ;

Je remercie Mr BENSLAMA. M, en tant que Directeur de mémoire, pour m'avoir encadré et suivi tout au long de ce passionnant travail, et ce, malgré son emploi du temps très chargé ;

Je remercie sincèrement tous les membres de jury ; Mr DJAMAI. R. de m'avoir fait l'honneur de présider le jury et évaluer ce modeste travail, Mr KHANCHOUK K. et Mr FRIHI H. d'avoir accepté d'examiner ce travail ;

Je remercie également les techniciennes des laboratoires de pédologie et de la biologie végétale pour m'avoir procuré le matériel nécessaire à ce travail ;

Enfin, je remercie mes parents, pour leur soutien moral et financier ainsi, pour leur présence chaleureuse à tous ces instants de la vie ;

Ma famille, mes proches et mes amis pour leur enthousiasme précieux.

Merci à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Synthèse bibliographique : problématique des zones humides

I-1 Introduction.....	3
I-2 Qu'est ce qu'une zone humide ?.....	3
I-3 Situation géographique et répartition.....	3
I-3-1 Dans le monde.....	3
I-2-2 En Méditerranée.....	5
I-2-3 En Algérie.....	5
I-4 Typologie des zones humide.....	6
I-4-1 Classification Ramsar.....	7
I-4-2 Classification COWARDIN & al., ...	7
I-4-3 Typologie MedWet.....	7
I-4-4 Typologie Corine-Biotopes.....	8
I-5 Généralités sur les Tourbières.....	8
I-5-1 Qu'est-ce qu'une tourbière ?.....	8
I-5-2 Les conditions d'apparition des tourbières.....	9
I-5-3 Propriétés physiques et hydriques de sols tourbeux et organiques.....	9
I-5-4 Evolution de la tourbière.....	10
I-6 Généralités sur l'aulne glutineux (<i>Alnus glutinosa</i> L. Gaertn).....	11
I-6-1 Distribution géographique et aire naturelle.....	11
I-6-2 Exigences stationnelles.....	12
a Chaleur.....	12
b Eau.....	12
c Eléments minéraux.....	12
I-7 Généralités sur les sols hydromorphes.....	13
I-7-1 Définition de l'hydromorphie.....	13
I-7-2 Caractéristiques d'un sol d'hydromorphe.....	13
I-7-3 Types de sols hydromorphes.....	14
I-8 Fonctions et valeurs des zones humides.....	15
I-9 Biodiversité des zones humides.....	15
I-10 Les menaces qui pèsent sur les zones humides	16
I-11 Plan d'action en faveur des zones humides.....	16

Chapitre II : Le Parc National d'El Kala : Bilan des connaissances

II-1 Introduction.....	17
II-2 Cadre général et localisation géographique.....	17
II-3 Contexte géomorphologique.....	18
II-4 Contexte géologique.....	19
II-5 Contexte hydrologique.....	20
II-5-1 Le complexe lacustre.....	21
II-5-1-1 Le lac Tonga.....	21
a Description générale et localisation	21
b Caractéristiques physiques.....	22

b-1 Géomorphologie.....	22
b-2 Géologie.....	22
b-3 Hydrologie	22
b-4 Pédologie.....	23
b-5 Végétation du lac et de son bassin versant.....	23
II-5-1-2 Le lac Oubeïra.....	24
a Description générale et localisation	24
b Caractéristiques physiques.....	24
b-1 Géomorphologie.....	24
b-2 Géologie.....	25
b-3 Hydrologie	25
b-4 Pédologie.....	26
b-5 Végétation du lac et de son bassin versant.....	26
II-5-1-3 Le lac Mellah.....	27
a Description générale et localisation	27
b Caractéristiques physiques.....	27
b-1 Géomorphologie.....	27
b-2 Géologie.....	28
b-3 Hydrologie	28
b-4 Pédologie.....	28
b-5 Végétation du lac et de son bassin versant.....	29
II-6 Contexte climatique.....	29
II-6 Le bioclimat et la végétation.....	31
II-8 Contexte pédologique.....	33
II-9 La biodiversité au sein du P.N.E.K.....	33

Chapitre III : Matériel et Méthodes

III-1 L'étude préliminaire.....	34
III-2 La technique d'échantillonnage.....	36
III-3 Présentation des sites d'étude et de leurs points d'échantillonnage.....	37
III-3-1 L'aulnaie de Tonga (Nechaà Tonga).....	37
a Localisation générale.....	37
b Description générale.....	37
c Caractéristiques physiques.....	38
III-3-2 L'aulnaie de Boumalek.....	39
a Localisation générale.....	39
b Description générale.....	40
c Caractéristiques physiques.....	40
III-3-3 L'aulnaie de Souk Erriguibet.....	41
a Localisation générale.....	41
b Description générale.....	41
c Caractéristiques physiques.....	41

III-3-4 L'aulnaie d'oued Mellah.....	42
a Localisation générale.....	42
b Description générale.....	43
c Caractéristiques physiques.....	43
III-3-5 L'aulnaie de Boumerchène.....	44
a Localisation générale.....	44
b Description générale.....	44
c Caractéristiques physiques.....	45
III-3-6 L'aulnaie de Demnet Errihane.....	46
a Localisation générale.....	46
b Description générale.....	46
c Caractéristiques physiques.....	47
III-4 Etude in-situ.....	47
III-4-1 Etude morphologique stationnelle.....	47
III-4-2 Description morphologique et prélèvement des échantillons.....	48
III-5 Du terrain au laboratoire : itinéraire d'un échantillon.....	49
III-5-1 Les analyses physico-chimiques.....	49

Chapitre IV : Résultats Et Discussion

IV-1 L'aulnaie de Tonga.....	52
IV-1-1 Description et résultats morpho-analytiques.....	52
IV-1-2 Discussion des résultats de : a-L'échantillon prélevé dans l'écotone (E ₁).....	58
b-L'échantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (C).....	59
c-L'échantillon prélevé dans l'écotone (E ₂).....	61
IV-2 L'aulnaie de Boumalek.....	63
IV-2-1 Description et résultats morpho-analytiques.....	63
IV-2-2 Discussion des résultats de : a-L'échantillon prélevé dans l'écotone (E ₁).....	71
b-L'échantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (C).....	72
c-L'échantillon prélevé dans l'écotone (E ₂).....	74
IV-3 L'aulnaie de Souk Erriguibet.....	76
IV-3-1 Description et résultats morpho-analytiques.....	76
IV-3-2 Discussion des résultats de : a-L'échantillon prélevé dans l'écotone (E ₁).....	83
b-L'échantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (C).....	84
c-L'échantillon prélevé dans l'écotone (E ₂).....	86
IV-4 L'aulnaie d'oued Mellah.....	89
IV-4-1 Description et résultats morpho-analytiques.....	89
IV-4-2 Discussion des résultats de : a-L'échantillon prélevé dans l'écotone (E ₁).....	95
b-L'échantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (C).....	96
c-L'échantillon prélevé dans l'écotone (E ₂).....	97
IV-5 L'aulnaie de Boumerchène.....	99

IV-5-1 Description et résultats morpho-analytiques.....	99
IV-5-2 Discussion des résultats de : a-L'échantillon prélevé dans l'écotone (E ₁).....	106
b-L'échantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (C)	107
c-L'échantillon prélevé dans l'écotone (E ₂).....	108
IV-6 L'aulnaie de Demnet Errihane.....	110
IV-6-1 Description et résultats morpho-analytiques.....	110
IV-6-2 Discussion des résultats de : a-L'échantillon prélevé dans l'écotone (E ₁).....	116
b-L'échantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (C)	117
c-L'échantillon prélevé dans l'écotone (E ₂).....	118
 <i>DISCUSSION GENERALE</i>	119
<i>CONCLUSION GENERALE</i>	123
<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	125
<i>RESUME</i>	140
<i>ANNEXES</i>	143

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N °01 :	Répartition des zones humides mondiales selon la zone climatique	04
Tableau N °02 :	Les sites d'Algérie inscrits sur la Liste de la convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale entre 1982 et 2003	06
Tableau N °03 :	Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la region d'EL Kala entre 1916 et 1997.....	30
Tableau N °04 :	Températures moyennes mensuelles et annuelles de la region d'El Kala	30
Tableau N °05 :	Humidité de l'air dans la region d'El-kala.....	31
Tableau N °06 :	Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons prélevés dans l'aulnaie de Tonga.....	annexe
Tableau N °07 :	Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons prélevés dans l'aulnaie de Boumalek.....	annexe
Tableau N °08 :	Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons prélevés dans l'aulnaie de Souk Erriguibet.....	annexe
Tableau N °09 :	Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons prélevés dans l'aulnaie d'oued Mellah.....	annexe
Tableau N °10 :	Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons prélevés dans l'aulnaie de Boumerchène.....	annexe
Tableau N °11 :	Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons prélevés dans l'aulnaie de Demnt Errihane.....	annexe

LISTE DES FIGURES

Figure N °01 :	Répartition des zones humides mondiales figurant sur la liste Ramsar	04
Figure N °02 :	Distribution de l'aulne glutineux	11
Figure N °03 :	Localisation du Parc National d'El Kala.....	17
Figure N °04 :	Géomorphologie du Parc National d'El Kala.....	18
Figure N °05 :	Géologie du Parc National d'El Kala.....	19
Figure N °06 :	Réseau hydrographique du Parc National d'El Kala.....	20
Figure N °07 :	Délimitation des biotopes du Parc National d'El Kala.....	32
Figure N °08 :	Localisation des sites d'étude au sein du complexe lacustre d'El Kala.....	35
Figure N °09 :	Localisation de l'aulnaie de Tonga.....	37
Figure N °10 :	Localisation de l'aulnaie de Boumalek.....	39
Figure N °11 :	Localisation de l'aulnaie de Souk Erriguibet.....	41
Figure N °12 :	Localisation de l'aulnaie de Souk Erriguibet.....	42
Figure N °13 :	Localisation de l'aulnaie de Boumerchène.....	44
Figure N °14 :	Localisation de l'aulnaie de Demnt Errihane.....	46
Figure N °15 :	Description morphologique de l'échantillon N°1 ; Ecotone (E ₁), aulnaie de Tonga.....	52
Figure N °16 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; centre (C), aulnaie de Tonga.....	53
Figure N °17 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E ₂), aulnaie de Tonga.....	54
Figure N °18 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E ₁), aulnaie de Boumalek.....	63
Figure N °19 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; centre (C), aulnaie de Boumalek.....	64
Figure N °20 :	Description morphologique de la carotte N°2 ; centre (C), aulnaie de Boumalek.....	65
Figure N °21 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E ₂), aulnaie de Boumalek.....	66
Figure N °22 :	Description morphologique de la carotte N°2 ; Ecotone (E ₂), aulnaie de Boumalek.....	67
Figure N °23 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E ₁), aulnaie de S. Erriguibet..	76

Figure N °24 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; centre (C), aulnaie de S. Erriguibet.....	77
Figure N °25 :	Description morphologique de la carotte N°2 ; centre (C), aulnaie de S. Erriguibet.....	78
Figure N °26 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E ₂), aulnaie de S. Erriguibet..	79
Figure N °27 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E ₁), aulnaie d'oued Mellah....	89
Figure N °28 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; centre (C), aulnaie d'oued Mellah.....	90
Figure N °29 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E ₂), aulnaie d'oued Mellah....	91
Figure N °30 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E ₁), aulnaie de Boumerchène.	99
Figure N °31 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; centre (C), aulnaie de Boumerchène.....	100
Figure N °32 :	Description morphologique de la carotte N°2 ; centre (C), aulnaie de Boumerchène.....	101
Figure N °33 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E ₂), aulnaie de Boumerchène.	102
Figure N °34 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E ₁), aulnaie de D. Errihane....	110
Figure N °35 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; centre (C), aulnaie de D. Errihane.....	111
Figure N °36 :	Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E ₂), aulnaie de D. Errihane....	112

LISTE DES ABRÉVIATIONS

P.N.E.K : Parc National d'El Kala.

G.E.S.T : Groupe d'Evaluation Scientifique et Technique.

E.M : Evaluation des écosystèmes en début de Millénaire

I.N.R.F : l'Institut National de Recherche Forestière.

M.O : Matière Organique.

C.E : Conductivité Electrique.

C.E.C : Capacité d'Echange Cationique.

B.N.E.F : Bureau National des Etudes Forestières.

F.A.O : Food and Agriculture Organization.

A.F.E.S : Association Française pour l'Etude des Sols

INTRODUCTION GENERALE :

Les zones humides sont des écosystèmes complexes, elles sont le produit de processus écologiques, hydrologiques et climatiques auxquels s'est associée l'action des organismes vivants y compris celle de l'homme. Elles sont parmi les ressources naturelles les plus précieuses de la planète, mais aussi parmi les plus fragiles. Elles présentent ainsi une importance majeure pour la conservation de la biodiversité, en raison de leur très grande richesse spécifique, autant floristique que faunistique (CUCHEROUSSET, 2006) ; elles assurent en outre différentes fonctions et procurent de nombreux services pour les populations locales. Cependant, ces importantes ressources ont été considérablement dégradées au cours des dernières décennies à cause de plusieurs contraintes, souvent sociales ou économiques.

La biodiversité de l'Algérie est très variée du fait de sa situation géographique, de son potentiel en zones humides de grande valeur écologique, culturelles et économiques et de la grande variété de ces habitats (QUEZEL & MEDAIL, 2003). En effet le pays, ayant ratifié la convention Ramsar en 1982, a procédé depuis, au classement de 50 zones humides sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, totalisant une superficie globale de plus de 2,99 millions d'hectares soit 50% de la superficie totale estimée des zones humides en Algérie ; dont 762 sont naturelles et 689 sont artificielles (APS, 2011).

Cet inventaire a ainsi mis en évidence des zones humides réparties dans différentes zones climatiques. Cependant, la plus grande concentration de ces milieux se situe dans la région d'El Kala qui constitue un véritable complexe humide abritant plusieurs sites classés par la convention de Ramsar. Les zones humides de cette région se caractérisent non seulement, par des dimensions importantes mais également, par la diversité des conditions, de profondeur et de salinité favorisant ainsi une richesse biologique particulièrement importante.

Mis à part le complexe lacustre (Lac Tonga, Oubeïra et Mellah) ainsi que quelques marais (marais de Bourdim, marais de la Mekrada, etc.), certaines zones humides ont évolué vers des aulnaies. L'aulnaie est une formation végétale qui se fait rare, dû, d'une part, au réchauffement climatique, mais d'autre part, à l'action anthropique, cause la plus visible par ces dégâts à caractère irréversible nuisant à son évolution et à sa biodiversité.

En effet l'aulnaie est une forêt humide présente là où les conditions propice à son épanouissement sont réunies. Parmi ces conditions, se démarque l'eau, facteur essentiel pour sa pérennité. Qu'elle soit sous forme de nappe perchée, profonde, stable ou à battement, sa présence d'une façon permanente ou temporaire suffit à orienter la pédogénèse vers l'hydromorphie.

Ainsi, notre étude porte exclusivement sur ce type de sols qui présentent divers faciès selon le degré de saturation en eau, la composition, ainsi que, la distribution, et l'évolution de la matière organique.

Notre étude vise à caractériser morphologiquement et analytiquement les sols des aulnaies du complexe lacustre du Parc National d'El Kala (P.N.E.K).

La méthodologie adoptée s'organise en trois phases :

- La première phase, l'étude préliminaire, consiste à dépouiller toute documentation utile à notre étude aussi bien sur terrain qu'au laboratoire.
- La deuxième, porte sur la technique d'échantillonnage, de traitement et de conditionnement des sols destinés aux analyses physico-chimiques au laboratoire.
- La troisième est consacrée aux techniques analytiques mises en œuvre sur nos échantillons de sol.

Le recueil de ces trois composantes s'est fait dans quatre chapitre : pour ce qui du premier chapitre, il représente la partie bibliographique de notre thèse. Le deuxième, représente le bilan des connaissances du Parc National d'El Kala ainsi que de son complexe lacustre. La présentation de la zone d'étude ainsi que le matériel et méthodes ont fait l'essentiel du troisième chapitre.

Les résultats ont été présentés et discuté dans le quatrième chapitre et enfin, nous terminerons ce travail par une conclusion et quelques recommandations pour la conservation et/ou la protection des zones humides.

I-1 Introduction :

Les zones humides et leurs services éco-systémiques sont extrêmement précieux pour tous les peuples du monde (**DE GROOT & al., 2007**) : C'est une des conclusions majeures de l'Evaluation des écosystèmes en début de Millénaire (EM), de son rapport à la convention de RAMSAR, et des messages importants du Groupe d'Evaluation Scientifique et Technique (GEST) de RAMSAR, émanant de l'EM (**FINLAYSON & al., 2005**).

Sous l'effet de l'anthropisation croissante généralisée, ces habitats connaissent une forte régression depuis plusieurs décennies à l'échelle globale (**SMITH, 1965 ; BARBIER & al., 1997 ; GREEN & al., 2002**). Par exemple, près des deux tiers des zones humides ont été perdus depuis le début du XXème siècle à l'échelle du bassin méditerranéen (**PEARCE & CRIVELLI, 1994**). Ce déclin est susceptible d'être encore amplifié par le changement climatique, qui pourrait entraîner à moyen terme la disparition de 85 % des zones humides méditerranéennes, en menaçant des habitats exceptionnels (**AMEZAGA & al., 2002 ; GREEN & al., 2002 ; GAM, 2008**).

I-2 Qu'est ce qu'une zone humide ?

Les zones humides sont « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres » (Article 1.1, **RAMSAR, 1971**). Cette définition, tirée de la convention sur les zones humides d'importance internationale (RAMSAR, Iran, 1971) signée par 98 états, peut servir de référence, mais il n'existe pas, à l'heure actuelle, de définition universelle (**YIN & LU, 2006**) principalement en raison de la grande diversité des types de zones humides, de la variabilité de leur durée d'inondation et de leur évolution au cours du temps. Il est cependant admis de tous, qu'elles sont des interfaces entre milieux terrestres et milieux aquatiques proprement dits. Aussi, comme le souligne **MITSCH & GOSSELINK, (1986)**, les zones humides s'agissent d'un cas particulier à gradient continu entre les terres hautes et l'eau libre.

I-3 Situation géographique et répartition :

I-3-1 Dans le monde :

Les premières estimations réalisées indiquent que les zones humides recouvriraient 6% de la surface continentale soit 8,6 millions de Km² (**MALTBY & TURNER, 1983**).

Une première évaluation de l'étendue des zones humides dans le monde a été réalisée en fonction des types de climat (**tableau N°1**) :

Tableau N °1 : Répartition des zones humides mondiales selon la zone climatique

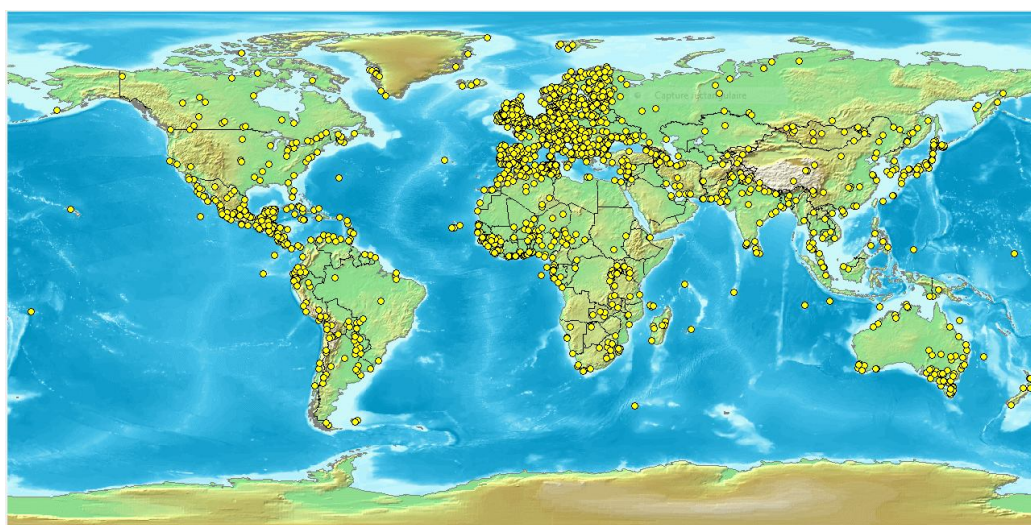
Zone	Climat	Surface (km ² ×10 ³)	% de la surface continentale
Polaire	Humide, Semi-humide	200	2,5
Boréale	Humide, Semi-humide	2558	11
Sub-boréale	Humide	539	7,3
	Semi-aride	342	4,2
	Aride	136	1,9
Sub-tropicale	Humide	1077	17,2
	Semi-aride	629	7,6
	Aride	439	4,5
Tropical	Humide	2317	8,7
	Semi-aride	221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

(d'après BAZILEVICH & *al.*, (1971) ; MALTBY & TURNER, (1983))

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

Une des grandes originalités de la répartition des zones humides à la surface du globe est d'intéresser **l'ensemble des zones bioclimatiques (figure N°1)**, puisque, littorales ou continentales, elles se développent dès que le bilan hydrique est, momentanément au moins, excédentaire (LOINTIER, 1996).

Figure N °1 : Répartition des zones humides mondiales figurant sur la liste Ramsar



(d'après RAMSAR, 2011).

I-3-2 En Méditerranée :

Les zones humides du bassin Méditerranéen partagent des caractéristiques similaires, du fait de leur climat, de leur topographie et de leur géologie, ainsi que des particularités liées à la Mer Méditerranée (**BRITTON & CRIVELLI, 1993**). Cela explique que, dans ces pays, les zones humides doivent faire face à des problèmes semblables.

Les zones humides méditerranéennes sont d'une nature très dynamique. Elles peuvent être inondées, soit par intermittence, soit durant une partie de l'année seulement (**CAESSTEKER, 2007**). Les paysages typiques des zones humides de cette région comportent des deltas, des lagunes côtières et des marais salés, des lacs et des salines, etc. (**PEARCE & CRIVELLI, 1994**). Les zones humides influencées par la marée se limitent aux côtes atlantiques du Portugal, de l'Espagne et du Maroc, ainsi qu'à quelques endroits particuliers, sur la côte méditerranéenne.

I-3-3 En Algérie :

l'Algérie possède une très grande superficie, une grande diversité de climat et une côte de qui lui permettent de jouir de cette large gamme de biotopes favorisant une faune et une flore remarquables (**STEVENSON & al., 1989 ; SAMRAOUI & DE BELAIR, 1997**).

En Algérie, on parle plus volontiers de complexe de zones humides (**BABA AHMED, 1994**). En effet, dans la partie Nord-Est de l'Algérie, la plus arrosée, renferme le complexe de zones humides d'El Kala, (**SAMRAOUI & DE BELAIR, 1998**), ainsi que celui des Hautes Plaines (appelé souvent "Constantinois" ou complexe de zones humides d'Oum El Bouaghi) d'une grande valeur écologique (**JACOBS & OCHANDO, 1979**). La frange Nord-Ouest moins arrosées, se caractérise par des plans d'eau salée tels que ; les marais de la Macta, et la sebkha d'Oran. Dans les hautes plaines steppiques on rencontre des chotts et des sebkhas, tel que chott El Hodna, chott Chergui et chott Melghir. Les massifs montagneux de l'Ahaggar et du Tassili renferment quant à eux des Gueltas qui témoignent encore d'une période humide au Sahara (**ANONYME 1, 2010**).

Dans le cadre de la préservation de la biodiversité, et du développement socio-économique des populations riveraines d'une façon durable, la direction générale des forêts a élaboré plusieurs plans de gestion intégrée des zones humides sur les cinquante sites classées Ramsar. Parmi ces 50 zones humides d'importance internationale, citons ceux recensées durant la période entre 1982 et 2003 (**tableau N°2**) :

Tableau N°2 : Les sites d'Algérie inscrits sur la Liste de la convention de Ramsar**des zones humides d'importance internationale**

Nom de la zone humide	Année d'insc*	Superficie (ha)	Type de zone humide	Wilaya
Lac Tonga	1982	2.700	Lac d'eau douce côtier, marais et aulnaie	Wilaya d'El Tarf
Lac Oubeïra	1982	2.200	Lac d'eau douce côtier. Végétation périphérique	Wilaya d'El Tarf
Le lac des oiseaux	1999	170	Lac d'eau douce côtier. Végétation en périphérie	Wilaya d'El Tarf
Chott Ech Chergui	2001	855.500	Chott salé, continental saumâtre et d'eau douce. Forêt humide de Tamarix	Wilaya de Saïda, Nâama, El Bayadh
Guerbes-Sanhadja	2001	42.100	Plaine d'inondation côtière, lacs d'eau douce et saumâtres, marais, aulnaie	Wilaya de Skikda
Chott El Hodna	2001	362.000	Chott et sebkha continentaux, sources d'eau douce	Wilaya de M'Sila et Batna
Valée d'Iherir	2001	6.500	Gueltes d'eau douce continentales sahariennes	Wilaya d'Illizi
Gueltes d'issikarassene	2001	35.100	Gueltes d'eau douce continentales sahariennes	Wilaya de Tamanrasset
Chott Merouane et Oued Khrouf	2001	337.700	Chott continental alimenté d'eau de drainage et oued	Wilaya d'El Oued et de Biskra
Marais de la Macta	2001	44.500	Marais côtier et Oued	Wilaya de Mascara, Oran et Mostaganem
Oasis d'Ouled Saïd	2001	25.400	Oasis et foggara	Wilaya d'Adrar
Sebkha d'Oran	2001	56.870	Sebkha ou lac salé continental	Wilaya d'Oran
Oasis de Tamentit et Sid Ahmed Timmi	2001	95.700	Oasis et foggara	Wilaya d'Adrar
Oasis de Moghrar et Tiout	2003	195.500	Oasis et foggara	Wilaya de Nâama
Zehrez Chergui	2003	50.985	Chott et sebkha continentaux	Wilaya de Djelfa
Zehrez Gharbi	2003	52.500	Chott et sebkha continentaux	Wilaya de Djelfa
Gueltes d'Affilal	2003	20.900	Gueltes d'eau douce continentales sahariennes	Wilaya de Tamanrasset
Grotte de Ghar Boumâaza	2003	20.000	Grotte karstique continentale et oued	Wilaya de Tlemcen
Marais de la Mekhada	2003	8.900	Marais d'eaux douces et saumâtres	Wilaya d'El Tarf
Chott Melghir	2003	551.500	Chott et Sebkha salés continentaux	Wilaya d'El Oued et de Biskra
Lac de Réghaïa	2003	842	Lac, marais et oued côtiers	Wilaya d'Alger
Lac Noir	2003	5	Tourbière morte	Wilaya d'El Tarf
Aulnaie de Aïn Khia	2003	170	Aulnaie et oued d'eau douce	Wilaya d'El Tarf
Lac de Béni Bélaïd	2003	600	Lac, marais, aulnaie et oued côtiers d'eau douce	Wilaya de Jijel

Cirque de Aïn Ouarka	2003	2.350	Lacs et sources d'eaux chaudes et froide, cirque géologique	Wilaya de Nâama
Lac de Fetzara	2003	20.680	Lac d'eau salée	Wilaya d'Annaba
SUPERFICIE	2.791.072 Hectares			

(Source : d'après BARKAT & *al.*, 2004).

I-4 Typologie des zones humide :

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

I-4-1 Classification Ramsar :

Elle a pour objectif de créer un cadre large pour permettre une identification rapide des principaux habitats de zones humides représentés dans chaque site désigné RAMSAR. Ainsi, la convention RAMSAR répertorie 26 types codés de A à Z, et des zones artificielles codées de 1 à 8 (RAMSAR, 1999) qu'il est possible de regrouper en 5 catégories générales :

Lacustre ; Alluviale ; Palustre ; Marine ; Estuarienne (FUSTEC & LEFEUVRE, 2000)

Comme le souligne FRAZIER, (1999), les sites retenus sont souvent difficiles à rattacher à une catégorie particulière, 85% d'entre eux révélant de plusieurs types.

I-4-2 Classification COWARDIN & *al.*, (1979) :

La classification la plus sophistiquée, s'agit du système américain mis au point par COWARDIN & *al.*, (1979) dans le cadre d'un inventaire fédéral et qui enveloppe les zones humides et les eaux profondes. Le dispositif a une structure hiérarchisée comporte : 5 systèmes ; 8 sous-systèmes (LOINTIER, 1996) ; 11 classes ; 28 sous-classes (FUSTEC & LEFEUVRE, 2000).

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

I-4-3 Typologie MedWet :

Le projet MedWet est une action de collaboration concertée qui se focalise sur la partie Nord de la Méditerranée, mais avec des activités pilotes entreprises dans d'autres pays de la rive Sud tels que l'Algérie, le Maroc et la Tunisie (**DE RANCOURT & PERENNOU, 1996**)

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

- Remarque :

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

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

- **Garàa** : Etendue d'eau libre (**HILLY, 1962**).

- **Nechàa** : Ce sont des surfaces d'eau libre ou des étendues humides, où la végétation est abondante. Elles représentent l'affleurement de l'aquifère dû aux ondulations convexes et concaves de la topographie. (**KHERICI, 1985**).

- **Khrelidj** : Canaux naturels, à bord à pic et à fond plat creusés dans les alluvions. (**GAUTHIER, 1922**).

- **Madjen** : Etang naturel, réservoir d'eau (**DE BELAIR, 1990**).

I-4-4 Typologie Corine-Biotopes :

La typologie Corine Biotope élaborée dans le cadre de la mise en œuvre du réseau Natura 2000 est considérée comme un outil de référence (STRASBERG & *al.*, 1999). Cette typologie repose sur la description de la végétation, en s'appuyant sur les résultats des études phytosociologique et notamment de la topographie et du substrat. Organisée aussi, selon un système hiérarchique, le premier niveau comporte sept grandes catégories de milieux «naturels» : 1)-Habitats littoraux et halophile ; 2)-Milieux aquatiques non marins ; 3)-Landes, fruticées et prairies ; 4)-Forêts ; 5)-Tourbières et marais ; 6)-Rochers continentaux, éboulis et sables ;7)-Terres agricoles et paysages artificiels (RAMEAU, 1997).

Prenant par exemple la cinquième catégorie, celle qui nous intéresse : 5)- tourbière et marais

I-5 Généralités sur les tourbières :

I-5-1 Qu'est-ce qu'une tourbière ?

Une tourbière est avant tout une zone humide caractérisée par sa saturation quasi-permanente en eau. Les conditions anoxiques qui en découlent permettent la mise en place de processus hydrophiles ou aquatiques favorables au développement d'une végétation turfigène, c'est-à-dire productrice de tourbe (CUBIZOLLE, 2005) : la biomasse végétale produite chaque année s'accumule plus qu'elle ne se décompose (DAMMAN, 1979) dû au blocage des cycles biogéochimiques (FRANCEZ, 1990). Les deux principaux facteurs les plus favorables au maintien de ces conditions sont des températures fraîches et un niveau de nappe élevé (GIGNAC & VITT, 1994).

D'un point de vue pédologique la tourbe appartient aux sols hydromorphes (DUCHAUFOR, 1997). Elle est également qualifiée d'histosol (LAPLACE-DOLONDE, 1994), c'est-à-dire « une succession d'horizons histiques caractérisés par des proportions différentes entre la matière organique et l'eau ».

On reconnaît généralement qu'une tourbière doit être caractérisée par la présence d'une couche de tourbe minimale de 30 à 50 cm (WEBER, 1903). Celle-ci est constituée au minimum de 20 à 30% de matière organique et peut atteindre 97% de son poids frais (HEATHWAITE & *al.*, 1993). Il est également possible de parler de sols tourbeux pour des épaisseurs de tourbes inférieures à 30 cm (REFFAY, 1972).

Il convient également d'aborder le problème des zones humides de transition comprises entre la tourbière et le milieu hydromorphe ne produisant pas de tourbe. Le terme de para-tourbeux est alors utilisé définissant des milieux faisant la transition, ayant moins de 20 à 40 cm de

tourbe » (MANNEVILLE & *al.*, 1999). Semi-tourbeux désigne un milieu offrant une tourbe très minérale alors que pseudo-tourbeux second combine des zones para- et semi-tourbeuses.

I-5-2 Les conditions d'apparition des tourbières :

On sait que le bilan de l'eau est prioritaire dans la mise en place, le développement et le maintien d'une tourbière (INGRAM, 1983). Celui-ci doit être positif pour que la tourbière puisse se développer. PEARSALL, (1950) ; considère « que n'importe quel site avec des précipitations annuelles de plus de 1250 mm et un taux d'évapotranspiration de moins de 430 mm serait sujette au développement de la tourbe » Mais l'installation et la répartition des tourbières, bien que clairement conditionnées par les facteurs climatiques, répondent aussi à des facteurs topographiques et hydrologiques (BRAGG, 2002).

I-5-3 Propriétés physiques et hydriques de sols tourbeux et organiques :

Les propriétés physiques et hydriques des sols tourbeux sont affectées par différents facteurs, dont la composition végétale et le degré de décomposition de la tourbe (BOELTER, 1964 ; 1969). Normalement, la mousse et la tourbe peu décomposée présente à la surface d'une tourbière possèdent une porosité totale très élevée (> 90%) (BOELTER, 1964). Toutefois, elles retiennent peu l'eau ceci étant dû à une abondance de macropores. La perte en eau est souvent très importante à des potentiels de pression, ou tensions, très faibles.

On classe normalement la tourbe en trois classes selon le degré de décomposition, le plus souvent sur l'échelle de Von Post : **fibrique** (H1-H4), **mésique** (H5-H6) et **humique** (H7-H10) (PARENT & CARON, 1993). En augmentant en décomposition, la porosité totale diminue, mais reste quand même élevée (85-90% pour une tourbe mésique) (BOELTER, 1969). Toutefois, la taille des pores de la tourbe diminue grandement, menant à une augmentation de la rétention en eau puisque de petits pores sont plus difficiles à drainer (RYCROFT & *al.*, 1975). La nappe d'eau a aussi un impact sur les caractéristiques physiques et hydriques. En tourbière naturelle, la nappe d'eau se retrouve le plus souvent près de la surface (PAAVILAINEN & PÄIVÄNEN, 1995). Une diminution de la hauteur de la nappe d'eau crée une augmentation du contenu en air de la tourbe en surface (HAYWARD & CLYMO, 1982).

Néanmoins, la variation de la hauteur de la nappe d'eau se fait différemment selon le degré de décomposition de la tourbe. Une tourbe plus décomposée (ex. mésique ou humique), avec une forte proportion de petits pores, nécessiterait une quantité d'eau plus faible qu'une tourbe fibrique pour une augmentation équivalente du niveau d'eau (BOELTER, 1964). Ces propriétés sont à considérer lorsqu'il y a perturbation du milieu, comme par drainage d'une tourbière,

bien que les perturbations elles-mêmes puissent modifier les propriétés physiques et hydriques.

I-5-4 Evolution de la tourbière :

La tourbière est un écosystème aquatique qui évolue au cours du temps vers la forêt. Trois stades d'évolution peuvent être distingués:

-Le stade pionnier : caractérisé par certaines plantes dont les sphaignes, les carex et les herbes.

-Le stade de la lande : dont les représentants sont entre autres la mouline (Graminée), les bruyères quatre angles et la Callune (autres bruyères).

-Le stade boisé : représenté par les espèces suivantes : l'Aulne, le Bouleau, le Frêne (MANNEVILLE & *al.*, 1999).

I-6- Généralités sur l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa* L. Gaertn) :

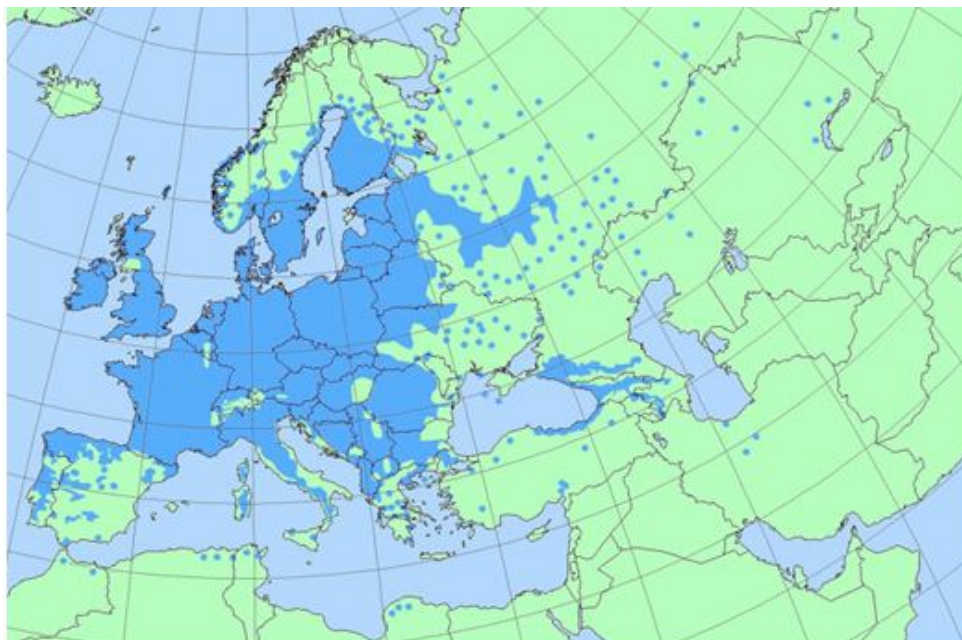
I-6-1 Distribution géographique et aire naturelle (Figure N°2):

L'aulne glutineux est une composante des forêts humides planitiales et collinéennes de pratiquement toute l'Europe. Vers le Nord, sa distribution géographique s'étend jusqu'au Sud de la Finlande, où, selon MAC VEAN, (1953), il résiste au froid jusqu'à -49 °C, et jusqu'à -54°C selon GROSZMAN & melzer, (1993), et n'est exclu que lorsque la période de gel continu dépasse 6 mois. Vers le Sud, il atteint la région méditerranéenne y compris le nord de la Tunisie, de l'Algérie et du Maroc (MEUSEL & *al.*, 1965) où il se raréfie ; et occupe exclusivement les stations humides. En effet, en Algérie, cette espèce existe sous forme de peuplements naturels répartis sur les bords des eaux, formant des ripisylves, ou bien des forêts marécageuses lorsqu'ils occupent les dépressions inter dunaires, en allant d'El-Kala jusqu'à Tizi Ouzou, à des altitudes variant de 0 à 2000m (QUEZEL & SANTA, 1962, BELOUAHEM, 1997).

Vers l'Est et le Sud-Est de l'Europe, son expansion dépasse légèrement l'Oural et atteint le Caucase. Par conséquent, la gamme de l'espèce est limitée à l'Est par l'aridité (où les précipitations annuelles sont inférieures à 500mm). Aux limites les plus sèches de son aire de répartition, il trouve refuge dans les microclimats humides des vallées, par exemple dans les

montagnes de l'Atlas (**ROISIN, 1986**), et le long des rivières telles que la Volga, Don et leurs principaux affluents en Europe de l'Est (**kajba & gracan, 2003**).

Figure N °2 : Distribution de l'aulne glutineux



(Source : d'après **KAJBA & GRACAN, 2003**).

I-6-2 Exigences stationnelles :

a Chaleur :

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

b Eau :

L'abondance de l'eau dans le sol est considérée comme l'élément clef de la distribution de l'aulne glutineux au sein de son aire naturelle (**GLAVAC, 1972**). **BECKER & al., (1982)**, précisent que la présence de l'aulne est liée aux nappes phréatiques avec lesquelles ses racines doivent être en contact. Selon **CLAESSENS & THIBAUT, (1994)**, l'aulne peut aussi se développer en sols à nappe phréatique temporaire, mais avec une croissance ralentie. Dans le même ordre d'idées, **LHOTE, (1985)** note que l'aulne peut avoir un comportement mésophile dans son optimum climatique (doux et humide) et édaphique (acidocline), et **MAC VEAN, (1953)** constate qu'une absence de nappe phréatique peut être compensée par la pluviosité élevée.

Quoi qu'il en soit, selon **LHOTE, (1985)** c'est en sols marécageux que l'aulne glutineux, grâce à sa tolérance vis-à-vis des sols asphyxiques, est le plus compétitif et forme fréquemment des

peuplements purs. Son optimum de croissance se situe toutefois en sols ressuyés en surface pendant la période de végétation dans lesquels on observe les meilleures croissances **CLAESSENS & THIBAUT, (1994)**.

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

-Un système d'oued : Les ripisylves souvent mixtes ou en mélange avec le frêne, le chêne zéen, le peuplier, l'orme et le saule. Ils se développent sur les rives des cours d'eau dont la majorité est exondée en été ou fragmentée en chapelet de mares (**noirfalise, 1984**).

-Un système de lac : L'aulnaie peut être en contact avec certains lacs. Cette mixité est une condition favorable à l'existence d'une faune variée souvent très rare (avifaune, odonatofaune et entomofaune) (**SAMRAOUI & al., 1993**).

-Un système de nappes : aulne glutineux forme des peuplements purs. En algérie, ces aulnaies ont évolué vers des tourbières à épaisseur variable de 1 à 6 m (**BENSLAMA & al., 2006**), qualifiées par **THOMAS, (1975)**, d'aulnaies de source.

c Eléments minéraux :

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

Constatant que sa plus grande expansion se situe en sols plutôt acides, **BECKER & al., (1982) & LHOTÉ, (1985)**, le rangent plutôt parmi les essences acidoclines. C'est aussi dans ces conditions que **BOND & al., (1954)** constatent la nodulation la plus efficace. **PAVLE & al., (1996)** l'observent toutefois indifféremment avec des fréquences comparables sur substrat calcaire ou siliceux.

Vu que le facteur eau joue un rôle important dans la pérennité de ces types de milieux, il oriente ainsi la pédogénèse vers hydromorphie. Quelques notions de bases sur ces types de sols méritent d'être mentionné.

I-7 Généralités sur les sols hydromorphes :

Les sols hydromorphes existent sous tous les climats, et pour différents types de substrats à l'exception des déserts très chauds. Ce sont des sols « intra zonaux » (**MICHEL, 1969**). Ils

évoluent dans une ambiance physico-chimique d'anoxymorphie favorisant des phénomènes d'oxydo-réduction (AZONTONDE, 1991).

1-7-1 Définition de l'hydromorphie :

Les sols hydromorphes se caractérisent par la présence de caractères morphologiques attribuables à un excès d'eau (DUCHAUFOR, 1983). Les origines de cet excès d'eau sont diverses : elles peuvent être dues aux précipitations dans des sols à drainage limité, à des apports externes superficiels (ruissellement, inondation) ou profonds (remontée de la nappe), ou à des modifications anthropiques (VIZIER, 1992).

Pour qu'il y ait hydromorphie, plusieurs conditions doivent être réunies dans le sol :

- présence d'un excès d'eau ;
- restriction de la ressource en oxygène ;
- présence de substrats métabolisables ;
- des conditions de température qui permettent l'activité des micro-organismes ;
- présence d'éléments susceptibles de changer d'état d'oxydoréduction. (TROLARD & *al.*, 1995).

1-7-2 Caractéristiques d'un sol d'hydromorphe :

Sachant qu'un sol est considéré comme hydromorphe si les tâches d'oxydo-réduction représentent plus de 50% de l'horizon ou si il y a présence d'une couche organique supérieure sombre et épaisse. L'intensité de l'hydromorphie peut être appréciée par la profondeur à laquelle apparaît l'horizon hydromorphe ainsi défini (RIVIERES & *al.*, 1992).

Les caractères permettant de mettre en évidence l'hydromorphie du sol étant les suivants :

- des tâches rouilles et grises appelées bariolage qui correspondent au fer à l'état oxydé, ainsi que des concrétions noires qui correspondent aux précipitations d'oxydes et hydroxydes de fer. Le sol n'est pas saturé en eau mais est susceptible d'en contenir. On se trouve en période sèche, présence d'une nappe qui remonte périodiquement : Le profil de sol conditionné par ce type d'hydromorphie est nommé Pseudogley (BAIZE & GIRARD, 1995).
- des tâches bleu gris à vertes qui correspondent au fer à l'état réduit. Le sol est saturé en eau, le milieu est anoxique. On se trouve en période humide, présence d'une nappe d'eau permanente : Le profil de sol conditionné par ce type d'hydromorphie est nommé alors Gley. Dans des conditions acides, le fer et le manganèse sont solubilisés et leur concentration dans la solution du sol peut devenir toxique (DUCHAUFOR, 1983).

Aussi, dans un sol hydromorphe, la dégradation de la matière organique s'opère beaucoup plus lentement dans ces types de sols que dans les sols sains (REDDY & *al.*, 1986). Ceci

s'explique par une diminution de l'activité biologique par la présence d'eau, le manque d'oxygène et des carences nutritives consécutives.

La chimie des composés organiques des sols sains ou des tourbières a été étudiée, mais on sait encore peu de choses sur l'évolution de la matière organique dans les sols hydromorphes.

1-7-3 Types de sols hydromorphes :

Il convient de distinguer deux grands groupes de sols hydromorphes :

-Les sols hydromorphes sensu stricto, caractérisés par la présence d'une nappe d'eau libre douée de propriétés réductrices au sein desquels les processus d'oxydo-réduction du fer peuvent être facilement mis en évidence : pseudogley, stagnogley, gley et tourbe.

-Les sols hydromorphes apparentés, qui font transition vers d'autres classe ; si, pour ces sols, la saturation des pores par l'eau est effective à certaines saisons, elle révèle en fait d'un processus complexe dans lequel l'imbibition des pores fine par l'eau capillaire joue un rôle important : ces sols contiennent généralement des argiles gonflantes ou semi-gonflantes, qui favorisent ce type d'hydromorphie (**DUCHAUFOR, 1983**).

I-8 Fonctions et valeurs des zones humides :

C'est à partir d'un important travail d'analyse bibliographique, que **ADAMUS & STOCKWELL, (1983)** ont pu recenser 11 fonctions des zones humides dont la validité et l'importance pouvaient être reconnues et qu'ils ont définies de la manière suivantes :

- recharge des eaux souterraines ;
- décharge des eaux souterraines ;
- stockage des crues et désynchronisation ;
- stabilisation des rivages et dissipation des forces érosives ;
- rétention des sédiments ;
- rétention et élimination des sédiments ;
- soutien de chaînes trophiques ;
- habitat pour les poissons ;
- habitat pour la faune sauvage ;
- Récréation active ;
- récréation passive et valeur patrimoniale (**FUSTEC & LEFEUVRE, 2000**).

Outre ces fonctions, les zones humides offrent de nombreux services à la communauté en constituant un support pour diverses activités économiques (exploitation des ressources cynégétiques, halieutiques, agricoles) (SKINNER & ZALEW, 1995 ; OZESMI & BAUER, 2002).

I-9 Biodiversité des zones humides :

Les zones humides renferment un grand nombre d'habitats reconnus pour leur haute valeur écologique. Cet intérêt réside avant tout dans la présence d'espèces animales à très fortes concentrations notamment les oiseaux, les mammifères, les reptiles, les poissons et toutes sortes d'invertébrés (LADOUCHE & WENG, 2005) qui y trouvent un habitat et une aire de nourriture et de reproduction, ainsi que des espèces végétales originales et spécifiques parfois rares (DE BELAIR, 1990), adaptées aux contraintes de ce type de milieu, témoins, pour certaines d'entre elles, des périodes climatiques froides passées. La remarquable diversité des types d'habitats, leur aspect relictuel ainsi que la localisation parfois en marge de leur aire optimale de répartition naturelle, confèrent à ces milieux une valeur patrimoniale de niveau national, voire international (HERVIO, 2001).

I-10 Les menaces qui pèsent sur les zones humides :

Les données récentes montrent une situation préoccupante, due essentiellement à l'empreinte humaine (LIERDEMAN & MERMET, 1994 ; TILMAN, 1999) représentée par :

- L'**intensification agricole** par drainage, polderisation, remblaiement et mise en culture entraînant la destruction d'habitats et la disparition d'espèces.
- Le **développement de l'urbanisation** et les aménagements divers (parking, décharges...) générant parfois la destruction de milieux humides et dans une moindre mesure leur pollution via les eaux de ruissellement chargées en pesticides et hydrocarbures.
- La **canalisation des cours d'eau** en modifiant le régime hydrologique, conduit à la destruction des cours d'eau.
- La **construction de barrage**, conduit à l'altération notable de la qualité de l'eau et à une perturbation du fonctionnement écologique.
- L'**introduction d'espèces exotiques** perturbe l'équilibre des écosystèmes existants et entraîne parfois la disparition d'espèces autochtones (TOULLEC & FOUBERT, 2008).

I-11 Plan d'action en faveur des zones humides :

Ce plan d'action se fonde sur un bilan des actions mises en œuvre pour la préservation des zones Humides, il faut :

***Mobiliser l'ensemble des politiques publiques en faveur des zones humides :**

- Développer une agriculture durable dans les zones humides ;
- Valoriser le rôle spécifique des zones humides en milieu urbanisé ;
- Renforcer la cohérence et l'efficacité des interventions publiques ;
- Développer la maîtrise d'ouvrage pour la gestion et la restauration des zones humides.

***Renforcer la connaissance des zones humides**

***Développer la formation et la sensibilisation**

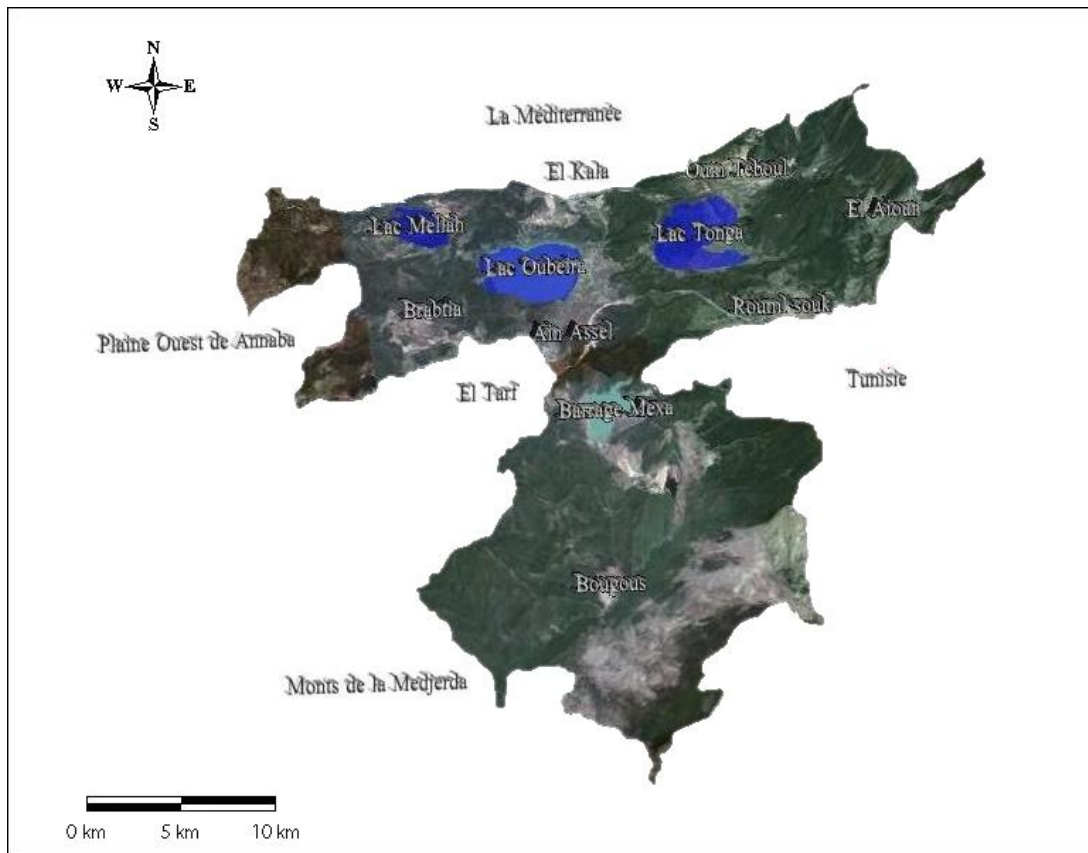
***Valoriser les zones humides à l'international (GROUPE NATIONAL POUR LES ZONES HUMIDES, 2010)**

II-1 Introduction :

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

II-2 Cadre général et localisation géographique

Figure N°3 : Localisation du Parc National d'El Kala.

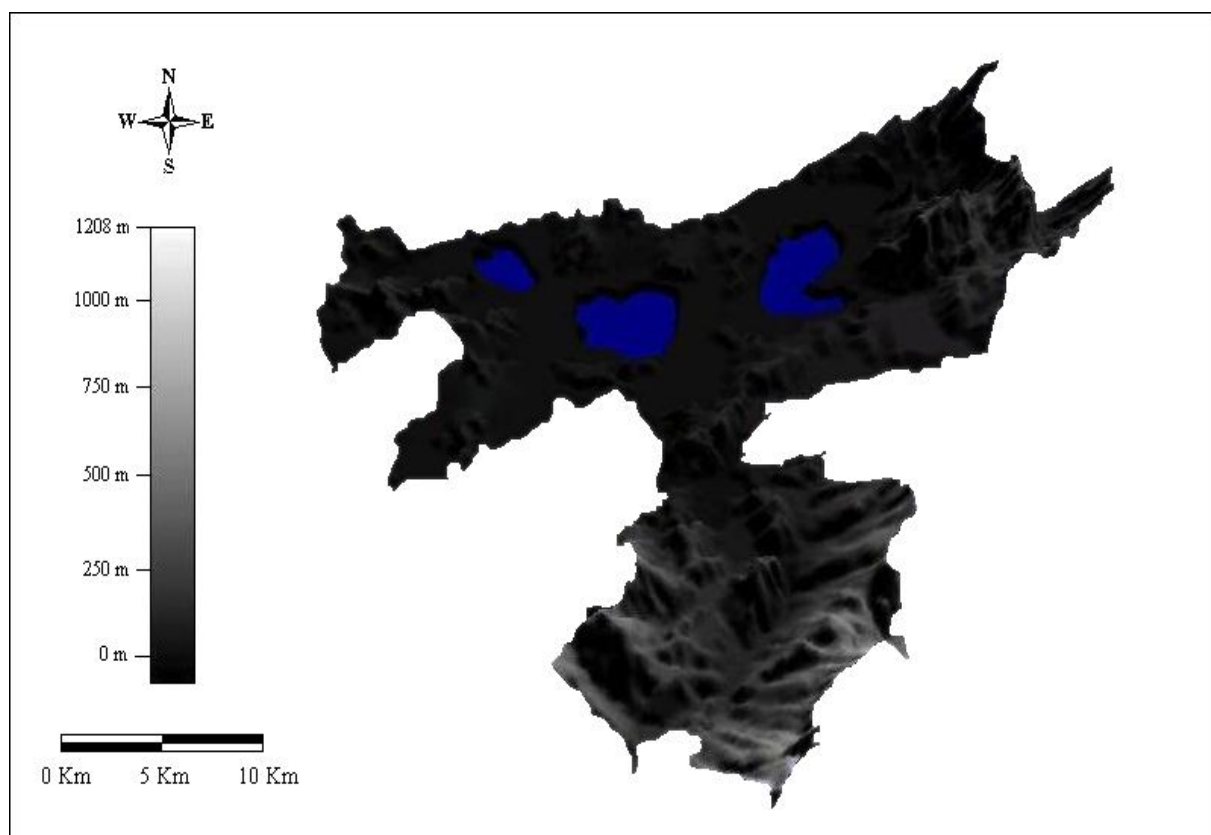


(GOOGLE EARTH, 2011).

Le P.N.E.K est situé à l'extrême Nord-Est Algérien. Il est limité à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, au Sud par les Monts de la Medjerda et au Nord par le littoral Méditerranéen. Sa limite Ouest pourrait être différemment considérée ; cette zone étant principalement connue pour son complexe de zones humides, on peut considérer qu'elle se limite à l'Ouest par les marais de la Mekhada, presque à la frontière administrative entre les Wilayas de Annaba et d'El Tarf (**figure N°3**). Cette région couvrant environ **78 438 ha** (**B.N.E.F., 1985**) se distingue par la diversité de son relief et de ses milieux naturels dont la plupart restent peu anthropisés. Le P.N.E.K est ceinturé par les coordonnées géographiques suivantes : Latitude : entre 36°56'N et 36°34' N, Longitude : entre 8°12'E et 8° 41'E (**GOOGLE EARTH, 2010**) ; au sein duquel, l'altitude varie de 0 à 1202 m.

II-3 Contexte géomorphologique :

Figure N°4 : Géomorphologie du Parc National d'El Kala.



(In : BENYACOUB & CHABI, 2000).

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

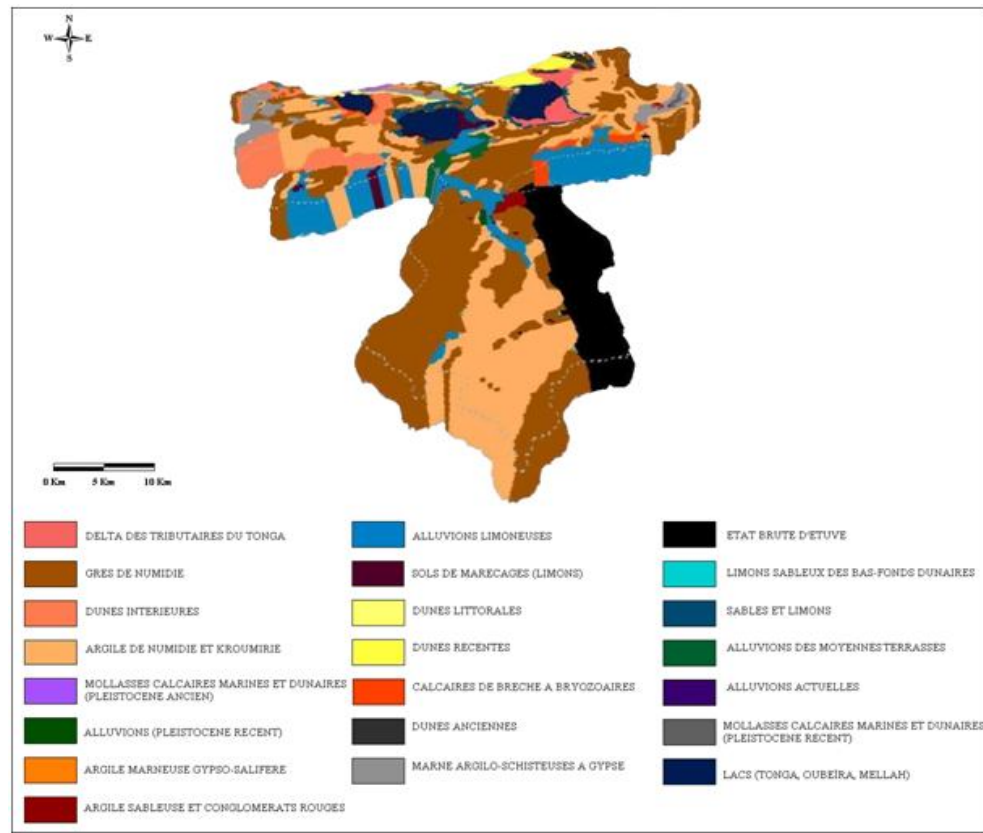
- aux grands mouvements du tertiaire (phases alpines) sont à rattacher les mouvements majeurs responsables des alignements E-W (chaîne numidique).

- au quaternaire, des mouvements traverses principalement S-N et SE-NW ont mis en place une série de dômes et de cuvettes. Cette tectonique s'est prolongée jusqu'à la période actuelle (JOLEAUD, 1936). Ces phénomènes tectoniques sont à l'origine d'un « compartimentage » du relief de la Numidie orientale.

En effet, la zone d'El Kala se décompose en une juxtaposition de dépressions dont le fond est occupé par des formations lacustres ou palustres et de hautes collines aux formes variées : dômes, escarpement, alignements de crêtes couvertes par une végétation plus ou moins dense (DE BELAIR, 1990) (Figure N°4).

II-4 Contexte géologique :

Figure N°5 : Géologie du Parc National d'El Kala.



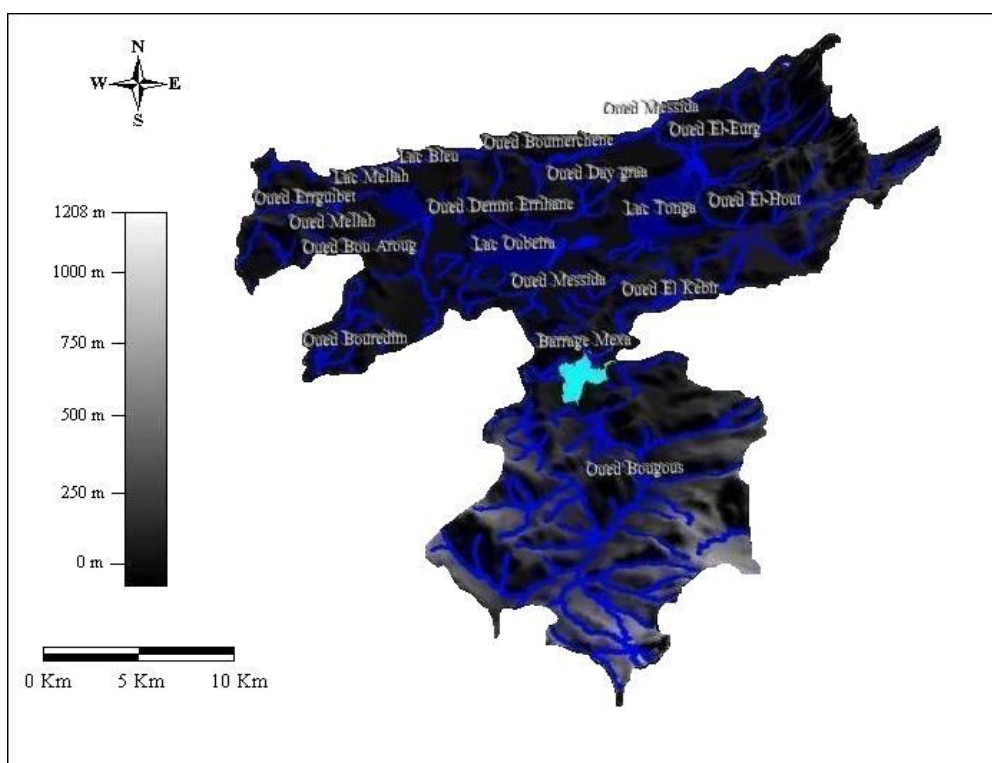
(In : BENYACOUB & CHABI, 2000).

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

Ainsi : les collines sont caractérisées par des grès et des argiles de Numidie, les dunes par des Régosols et les dépressions par les alluvions et les colluvions (MARRE, 1992) (Figure N°5).

II-5 Contexte hydrologique :

Figure N°6 : Réseau hydrographique du Parc National d'El Kala.



(In : BENYACOUB & CHABI, 2000).

Le P.N.E.K occupe au total une superficie de 5500 ha d'eau et constitue le complexe le plus diversifiée d'Algérie (BELHADJ, 1996). En effet, cette eau est sous forme de plans d'eau de taille et de nature diverse (lac Tonga 2400 ha, lac Oubeïra 2200 ha, lagune d'El-Mellah 860 ha) (**Figure N°6**), de nappes souterraines (nappe superficielle et nappe captive profonde superposées d'El Tarf, nappe semi captive et nappe superficielle d'Oum Teboul, nappe du cordon dunaire), et de sources (source de Bougles, source de Bourdim et source d'El Bhaim et qui totalisent un débit de $12700\text{m}^3/\text{J}$) ainsi que d'un réseau important d'Oueds (au Sud, se localise oued Bougous, oued Melloula qui rejoignent l'oued El Kebir ; Oued et Hout, Oued El Eurg, Oued Messida sont à l'Est ; oued Bou Arroug, oued Mellah, oued Erreguibet, oued boumerchene, oued day graa, oued Messida sont à l'Ouest) et de Chabâas, creusés par l'érosion hydrique (BENYACOUB & *al.*, 1998).

II-5-1 Le complexe lacustre :

Depuis 1983, l'étang Oubeïra et les marécages du Tonga sont des sites classés d'importance internationale dans le cadre de la convention de Ramsar (BOUMEZBEUR, 1993 ; 2003). Ces

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

II-5-1-1 Le lac Tonga :

a Description générale et localisation :

-Coordonnées Géographiques : 36° 53' N, 8° 30' E ; Altitude : 2 m (S.ET.HY.CO., 1983)

C'est un lac de type palustre d'eau douce en communication avec la Mer Méditerranée par un canal artificiel, le Canal Messida (BAKARIA, 2002). De forme ellipsoïdale, Il mesure 7,1 km de long, 3,5 km de large et occupe une vaste dépression côtière, d'une superficie d'environ 2.400 hectares en pleine eau, sensiblement réduite en été du fait de l'évaporation (SLIMANI, 2009). Il se situe à l'extrême Nord-Est du P.N.E.K, respectivement, à 5 km et 65 Km au Sud-Est et à l'Est de la ville d'El Kala et d'Annaba, à 3 km à vol d'oiseau de la mer et à 4,8 km à l'Est du lac Oubeïra (MORGAN, 1982). Il se caractérise par des berges faiblement inclinées ce qui facilite leur mise en exploitation par les riverains, et le développement de boisements tourbeux inondables (MAIRE & QUEZEL, 1952 ; 1987).

b Caractéristiques physiques :

b-1 Géomorphologie :

Le bassin versant du lac Tonga est d'une superficie de 150 km². Son altitude moyenne est comprise entre 10 et 550 m. Il est limité au Nord, par la ligne de crêtes dunaires, variant de 75 à 100 m d'altitude ; à l'Ouest, par la ligne de partage des eaux séparant les deux bassins versants des lacs Tonga et Oubeïra (BOUMEZBEUR, 1993), où les collines n'excèdent pas 171m (la forêt d'El Kala au Nord-Ouest). Il est limité à l'Est, par la frontière algéro-tunisienne, le long du Djebel Haddada dont les barres de grès culminent à une altitude variant de 530 m (Kef Radjala) à 573 m (Kef Baba Brik), et 594 m (Kef Eddemenn). Limité au Nord-Est, par Djebel Argoub Ereched culminant à 167m, Kef Segleb qui culmine à 327 m et Chàabet

Dridir. Enfin, le bassin est limité au Sud-Est, par les hauteurs d'El Aioun (Djebel Kourima et Kef el Hammam, 561m) (DE BELAIR, 1990).

b-2 Géologie :

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

b-3 Hydrologie :

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

La grande variabilité en pluviométrie influe directement sur les variations du niveau du lac. THOMAS, (1975) releva une profondeur maximale de 2,8 m.

b-4 Pédologie :

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

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

b-5 Végétation du lac et de son bassin versant :

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

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

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

II-5-1-2 Le lac Oubeira :

a Description générale et localisation :

-Coordonnées Géographiques : 36°50'N ; 08°23'E, (MORGAN, 1982) ; Altitude : 25 m (JOLEAUD, 1936)

Le lac Oubeira est une étendue d'eau douce d'origine naturelle et permanente, de 2257 hectares et d'une profondeur maximale de 4 m, à l'occasion des fortes précipitations d'hivers et les eaux de l'Oued El Kebir (SLIMANI, 2009), la profondeur moyenne étant de 1,24 m mètres. De forme subcirculaire, il s'inscrit dans un quadrilatère de 5×4km et développe 19 km de rives (BABA AHMED, 2005). Il est localisé à 4 kilomètres à vol d'oiseau de la mer (BOUMEZBEUR & NAZIHA, 2003), à 5 Km au Sud-Ouest de la ville d'El-Kala, à 54 km à l'Est de la ville Annaba et à 4,8 km au Sud est du lac Tonga. Riche en poissons (Carpes), il est zone d'accueil pour divers oiseaux piscivores : Goélands, Mouettes, Cormorans, Balbuzards pêcheur (CHALABI & *al.*, 1985).

b Caractéristiques physiques :

b-1 Géomorphologie :

Le bassin versant du lac Oubeïra, d'une superficie de 9900 ha, est formé par un cirque de collines de nature argilo-gréseuse (DE BELAIR, 1990). Il est ainsi limité au Nord-Ouest par Djer El Ouasâa (132 m), séparé du lac par la W 109 (route départementale rejoignant la ville d'El Kala) ; au Nord-Est par Kef Boumerchène (164 m) dont la pente s'achève au niveau de la rive. À l'Ouest, les collines de la forêt de Brabtia constitue une limite commune entre les bassins versants de l'Oubeïra et du Mellah. Au Sud-Ouest du lac, s'élève la forêt de l'Oubeïra jusqu'à 188 m. la rive Est du lac est longée par la RN 44, à l'Est de laquelle culminent les hauteurs de la Calle (175 m) et d'El Frine (151 m) (BOULAHBEL, 1999).

L'Oubeïra se dessine un synclinal (MARRE, 1987), correspondant aux couteaux de la rive et du lac Mellah, ce dernier se rebroussant aussi vers le Nord- Nord- Est (JOLEAUD, 1936). Un autre synclinal encore plus septentrional est marqué par Djebel bez-zeze(309m) et Koudiat El-Frine, entre les deux éléments tectoniques se dessine un anticlinal argileux, qui correspond à la partie Sud du lac Mellah. Le lac s'est installé dans une large cuvette synclinale bordée au Sud par le chevauchement du djebel l'Achlahmar (138m) sur Djebel Hellelif (189m) et au Nord par le plis en genou du Bouliff qui est le résultat du rebroussement des plis numidien vers le Nord--Nord-Est qui sont caractéristiques des monts d'El-Kala (MESSERER, 1999).

b-2 Géologie :

Comme nous venons de le voir, le lac Oubeïra est installé dans une large cuvette synclinale, dans laquelle les argiles Numidiennes du Tertiaire, généralement décapées sur tous les massifs environnants, ont pu se maintenir, créant au dessus des grès perméables une couverture imperméable (JOLEAUD, 1936). Ainsi ce même auteur souligne la présence de sols de marécages dans la partie occidentale du lac, des alluvions limoneuses à l'Est, des dépôts récents du Quaternaire au Nord et au Nord-Ouest, des alluvions des terrasses moyennes, des argiles de Numidie et les grès de Numidie étant partout présents.

b-3 Hydrologie :

A la différence du lac Mellah et du lac Tonga, le lac Oubeïra est un lac d'eau douce sans écoulement vers la mer, il s'agit d'un système endoréique (DE BELAIR, 1990). Il est alimenté par plusieurs Oueds et de petits affluents des collines avoisinantes. Parmi les principaux, nous avons au l'Oued Demnet Erihane au Nord, l'Oued Boumerchène au Nord-Est, l'Oued Day Graa a l'Est ainsi que l'Oued Messida au Sud-Est. Ce dernier naît dans le marais au Nord d'El-Tarf (Garaet El-Oueze et Demet Ellil), a la particularité de couler dans les deux sens. En effet, en hiver, Lors des grosses pluies, les eaux de l'Oued El Kébir envahissent ce marais et par l'Oued Messida, rejoignent le lac Oubeïra, qui est ainsi alimenté par les Monts de la Chèffia (MARRE, 1987). Par contre, en été lorsque le niveau de l'Oued El Kébir est au plus bas, le système hydrologique fonctionne en sens inverse (JOLEAUD, 1936). Le lac restitue, semble-t-il après de fortes saisons pluvieuses, le trop plein par le même Oued Messida jusqu'à l'Oued Kébir. Ces eaux aboutissent à la mer par l'oued Mafragh. Ce schéma simplifié ne peut évidemment traduire la complexité des échanges hydrologiques existant (MESSERER, 1999).

Bien que ce lac soit permanent, il s'est asséché à deux reprises, la première fois entre 1975 et 1978, et la seconde fois à la fin de l'été 1990 (BOUMEZBEUR, 1993).

b-4 Pédologie :

En se basant sur les études de Durand, ainsi que sur la carte élaborée par CHEKCHAKI & ZAAFOUR, on fait ressortir quatre types de sols occupant les rives du lac Oubeïra ainsi que son bassin versant, ce sont : les Vertisols, les Inceptisols, les Alfisols et les Régosols. Ces sols sont tous issus des processus d'altération et d'érosion de la roche mère, cependant la constitution minérale n'est pas tout à fait similaire, cette différence est due à plusieurs facteurs tel que le taux et l'état de la matière organique, les facteurs climatiques locales, les accidents pédologiques...etc.

b-5 Végétation du lac et de son bassin versant :

La végétation aquatique y est caractéristique des zones humides d'eau douce (QUEZEL & SANTA, 1963 ; MAIRE, 1952). On peut grossièrement distinguer d'une part, la grande scirpaie

située au Sud-Ouest du lac (Ach Lahmar), zone protégée des vents dominants du Nord-Ouest et d'autre part, la typhaie qui occupe essentiellement le Nord-Ouest et le Nord du lac, zone plus exposée aux vents, montrant une structure assez fragmentée. Le vrai roseau de phragmites « *Phragmites australis* », faiblement abondant, ne forme que quelques petites tâches dans la zone de Boumerchène (Nord-Est) et se trouve, la plupart du temps, en mélange avec des carex, des rumex et le chiendent d'eau « *Paspalum distichum* » autour du périmètre (NEFAR, 1991).

La zone limnétique est recouverte d'un important herbier flottant d'hydrophytes composé essentiellement de Myriophylle « *Myriophyllum spicatum* », de Cératophylle « *Ceratophyllum demersum* », de Châtaigne d'eau et de divers potamogets « *potamogeton sp.* ».

L'Oubeira reste, en outre, la seule station nationale où se localisent la Châtaigne d'eau « *Trapa natans* » et le nénuphar jaune « *Nuphar luteum* », le premier, déploie un tapis rouge au niveau du lac (SLIMANI, 1999).

Autour des rives, la végétation naturelle a un caractère hygrophile, composée de frêne, d'orme, d'aulne et de peuplier. Ces formations humides occupent le Nord-Ouest et le Nord-Est du lac sur des dépôts récents du Quaternaire, parties basses précédant les premières pentes gréseuses du bassin versant Nord. Par ailleurs, une petite formation de chêne zeen, renfermant un sous bois riche en plantes ombrophiles, est située au Sud-Ouest du lac.

Des plantations d'Eucalyptus « *Eucalyptus globulus* » et « *E. camadulensis* », se localisent respectivement au Sud-Ouest et à la pointe Nord-Ouest du lac. Au Nord-Ouest, aussi des plantations d'Eucalyptus et ainsi que d'Acacias recouvrent une grande partie de Djer El ousâa et se prolongent sur quelques kilomètres en direction générale Nord. Les pentes du bassin versant, essentiellement à l'Ouest, sont naturellement colonisées par des maquis à chêne-liège souvent en dégradation (MIRI, 1997).

II-5-1-3 Le lac Mellah :

a Description et localisation générale :

-Coordonnées Géographiques : 36°53' N, 8°20' E ; (MORGAN, 1982) ; Altitude : 0/1m (BOUMEZBEUR, 2005)

Situé à une altitude étant au niveau de la mer, le lac mellah est l'unique milieu lagunaire en Algérie. Son originalité réside dans son caractère saumâtre qui lui confère une grande richesse halieutique et limnologique. Cette lagune est en effet remarquable par l'abondance des poissons (50 kg/ha/an) (BOUGAZELLI & al., 1977 ; GAUTHIER, 1928).

Composée de 2 plans d'eau (lac Mellah et lac bleu), et sporadiquement ouverte à la mer par un chenal traversant le cordon dunaire, de 900 mètres de long, 20 mètres de large et d'une profondeur de 0,5 à 2 mètres (KARA, 1996) ; le lac Mellah occupe une superficie de 859,8 ha et atteint une profondeur maximale de 6 mètres (MORGAN, 1982), pour une moyenne de 2,5 m. Cette lagune paralique (PERTHUISOT & GUELORGET, 1987), de forme ovoïde, dont le grand axe est orienté Nord-Ouest, a une longueur, depuis l'exutoire de l'Oued Bou Arroug au Sud jusqu'à l'amorce du chenal au Nord, égale à 4,790 Km ; et une largeur de 1,950 Km (MESSERER, 1999). Elle se situe à 10 Km à l'Est de Cap-Rosa, à 15 Km à l'Ouest de la ville d'El Kala et à 48 km à l'Est de la ville de Annaba. Il est séparé du lac Oubeïra par un seuil de 44m de hauteur situé à la cote 25. Ce seuil présente une pente raide vers le lac mellah (42m de hauteur sur 200m de largeur) et une pente douce vers le lac Oubeïra (24m de hauteur sur 100m de largeur) (JOLEAUD, 1936).

b Caractéristiques physiques :

b-1 Géomorphologie :

Le bassin versant du lac mellah s'étend sur une superficie de 8 250 ha soit 82,5 km². Le plan d'eau, représente le un dixième (1/10) de la surface totale (BABA AHMED, 2005). Le bassin versant est limité à l'Ouest par de petits chainons montagneux (Kef Karussa 247 m, Djebel El Koursi 329 m, Djebel Bez Zeze 309m, Kef Fegaia 325 m) ; leurs versants exposés au Nord-Est sont entaillés par une multitude de Talwegs qui donnent naissance à deux des trois principaux Oueds du bassin versant : l'Oued Erriguibet et l'Oued Mellah. La bordure Sud, moins étendue, laisse se faufiler l'Oued Bouarroug entre les reliefs du Rched El Kriane (239m) et ceux du Djebel El Oubeïra (100m) qui se prolonge vers le Nord pour former la limite Est du bassin versant avec le Kef Trébiche (256m) (BOUMEZBEUR, 2005).

D'après sa configuration et les Oueds qui s'y jettent, le lac Mellah serait une ancienne vallée fluviale envahie par la mer (ARRIGNON, 1963). Ainsi, Au Sud de Cap Rosa, les structure synclinales et anticlinal plongent vers le Sud-Est et disparaissent sous le synclinal du lac Oubeïra. L'aval qui est drainé par l'Oued Erriguibet et le méandre de l'Oued Mellah sont ainsi à une altitude inférieure et c'est à ce niveau là que la mer a pu pénétrer dans ces régions lors de la dernière transgression. Un cordon dunaire isole aujourd'hui le lac Mellah de la mer (MARRE, 1987).

b-2 Géologie :

Sur le plan géologique, le site se démarque des deux autres lacs, par la présence d'alluvions laguno-marines, dû à la pénétration de la mer dans la dépression du Mellah. Le côté situé au-

dessous du déversoir du lac est constitué de mollasse calcaire marine et dunaire. Le site comporte aussi, selon JOLEAUD, (1936) : des sables dunaires, répartis en cordons parallèles de direction NO-SE : plages actuelles, dunes littorales, sublittorales et anciennes ; des sols de marécages, à l'exutoire des oueds dans le lac ; des sols alluviaux des basses terrasses des oueds ; enfin les argiles et grès de Numidie.

b-3 Hydrologie :

Le lac Mellah reçoit les eaux des Oueds Erriguibet au Nord-Ouest, Bou Arroug au Sud-Ouest et Mellah au Sud. Son régime hydrologique est influencé d'une part, par les mouvements de l'eau marine pénétrant par le chenal, les échanges entre le lac se faisant dans une lente rotation périphérique dans le sens des aiguilles d'une montre en accord avec la direction des vents dominants du secteur Nord-Ouest (GUELORGET & *al.*, 1989), et d'autre part, par les apports directs d'eau douce lors des pluies et, enfin, les eaux charriées par les Oueds.

La salinité de l'eau constitue la caractéristique hydro-chimique la plus originale du lac Mellah. (MORGAN, 1982) releva le 20 janvier 1977, une salinité de l'ordre de 8,5g/l.

b-4 Pédologie :

Le Ph est légèrement acide, l'envahissement du terrain par le chêne kermès « *Quercus coccifera* » confirme et met en valeur l'existence de sables dunaires. Les sols sont à dominance de sables fins associés soit à des limons grossiers soit à des argiles, parfois aussi à des limons fins. Les sables grossiers sont très peu représentés au niveau des profils. De manière générale, la texture est sableuse à sablo-limoneuse. L'étude du sol de quelques aulnaies glutineuses du lac Mellah montre que l'acidité du milieu ainsi que sa richesse en matières organiques est mise en valeur par l'existence de 3 types de tourbes, mésique, fibrique et humique (BOUMEZBEUR, 2005).

b-5 Végétation du lac et de son bassin versant :

Le lac Mellah se caractérise par l'existence de rives extrêmement réduites dont une grande partie de la végétation très diversifiée est terrestre. Au niveau de la rive Ouest s'élèvent des massifs de chêne liège « *Quercus suber* » avec un cortège de végétation allant jusqu'à 2 ou 3 mètres de la limite des eaux (ANONYME 2, 1982). Deux formations au Nord-Est du lac méritent d'être signalées : une juniperaie pure aux abords du chenal et une pinède à *Pinus halepensis*. Cette pinède constitue une curiosité floristique sur les dunes car cette espèce est essentiellement calcicole (DJELLAB, 1993). Une série de reboisement, l'une a base d'Eucalyptus à l'Ouest qui cède la place vers le Nord à une vaste aulnaie à « *Alnus glutinosa* », développée

sur le delta de l'Oued Erriguibet ; et l'autre a base de *Pinus pinaster* au Sud-Est et à l'Est occupant argiles et grès de Numidie (DE BELAIR, 1990).

Il semblerait qu'une hydrologie complexe permette à une végétation d'eau douce de se maintenir au bord du lac. Un massif de phragmites arrive même à ce maintenir à une faible profondeur, sur la rive Est (BOULAHBEL, 1999). Sur cette même rive, se maintient une aulnaie à « *Alnus glutinosa* » occupant une superficie de 02 hectares.

Au Sud-Est du lac, se localise le marais du Mellah, le bordant le plan d'eau sur un peu plus de deux kilomètres, composée d'une couverture basse dominée par: *Juncus*, *Carex* et *Salicornia*. Il représente un type de milieu caractéristique autour du bassin méditerranéen (BRITTON & CRIVELLI, 1993). Sur la même rive, se trouve une aulnaie pure longeant l'oued Mellah.

II-6 Contexte climatique :

Cernée par deux limites naturelles, la Méditerranée au Nord et le Sahara au Sud, le climat de la région d'El Kala, montre un caractère nettement Méditerranéen (BENSLAMA, 1993). Il est caractérisé par un hiver doux et humide et un été chaud et sec (SELTZER, 1946), ceci au niveau régional. A plus fine échelle, d'autres éléments interviennent tels que les contrastes géomorphologiques, la proximité de la mer, l'altitude et la présence de zones humides.

Les pluies qui tombent en Algérie étant pour la plupart d'origine orographique (SELTZER, 1946). Ainsi, L'ombre hydrique du massif de l'Edough de direction NW-SE intervenant de manière dépressive sur les stations proches : Annaba-Port : (787,00mm) et Ben m'hidi : (756,00mm) va en s'atténuant vers l'Est et les quantités de pluies deviennent plus importantes lorsque cet ombre n'intervient plus dans les stations de Bouteldja (821mm), Cap Rosa (902mm) et El Kala (910mm) (SELTZER, 1946). Cependant, les mesures des précipitations moyennes depuis le début du 20^e siècle, montrent qu'elles diminuent régulièrement, près de 300 mm de déficit hydrique (Tableau N°3). Certes, la répartition pluviométrique reste saisonnière : 50% des précipitations en hiver, et seulement 3% en été (FETNI, 1992).

Tableau N° 3 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la région d'EL Kala entre 1916 et 1997.

PERIODE	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	MOY
1913-1938	145	120	79	64	44	21	4	11	44	85	137	156	910
1987-1997	93,6	65,5	55,4	58,4	40,4	13,1	4,9	2,5	43,3	73,5	114,2	82,2	647
1999-2008	96,7	62,1	62,2	54,4	37,3	11,7	4,2	13,2	35,7	47,3	83,2	136,1	644,1

(D'après SELTZER, 1946 ; STATION METEOROLOGIQUE D'EL KALA, 1998 ; 2011).

Il est à signaler que de la mi-octobre à la mi-juin une véritable saison humide s'installe avec des pics maximaux de pluviométrie durant décembre –janvier alors que la saison sèche dure un peu plus de quatre mois avec un pic maximal de température durant le mois d'Août.

D'une manière générale, la température situe la région d'EL Kala dans le méditerranéen chaud ; avec une amplitude thermique élevée entre les extrêmes les plus froids et les plus chaud, les températures les plus basses sont naturellement enregistrées en altitude durant l'hiver au Djebel EL Ghorra avec environ 5 à 6 mois de gelée blanche par an. Au niveau de la mer, les températures descendent très rarement 0°C. Les mois les plus froids sont janvier et février alors que juillet et août sont les plus chauds (BENYACOU, 1993). La température moyenne annuelle est de 18,7°C (Tableau N°4).

Tableau N°4 : Températures moyennes mensuelles et annuelles de la region d'El Kala

PERIODE	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	MOY
1987-1997	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

(D'après STATION METEOROLOGIQUE D'EL KALA, 1998).

L'humidité relative de l'air de la région d'El Kala est de 75,4% (Tableau N°5). Elle varie entre 71%et 79% avec un maximum relevé durant l'hiver et le printemps. Dans tous les cas, elle reste élevée durant toute l'année. Malgré le caractère chaud et sec de l'été, la nature marécageuse de la région, la présence de lacs d'eau douce et saumâtres ainsi que la proximité de la mer entretiennent, durant cette période, une humidité élevée (SAMRAOUI & DE BELAIR, 1998). Cette humidité de l'air élevée en période estivale, explique que la région puisse être plongée dans un voile de brume. Ce dernier est propice, enfin de compte aux cultures d'été et à la végétation naturelle (DE BELAIR, 1990).

Tableau N°5 : Humidité de l'air dans la region d'El-kala.

PERIODE	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	MOY
1999-2008	79,3	77,8	76,3	76,2	76,5	73,6	71,5	71,4	73,8	74,8	75,1	78,5	75,4

(D'après LA STATION METEOROLOGIQUE D'EL KALA, 2011).

Les vents dominants durant les deux périodes hivernale et estivale sont à l'origine du modèle dunaire dont l'orientation Nord-Ouest, Sud-Est trahit la constance de leur direction depuis le Quaternaire (JOLEAUD, 1936).

Ainsi, les vents dominants hivernaux du Nord-Ouest, relativement constants tout au long de l'année, issus des grandes dépressions atlantiques et générateurs de fortes précipitations ; sont remplacés par les vents du Nord-Est en période estivale (chaude) qui accompagnent les anticyclones des Açores (AOUADI, 1989 ; DE BELAIR, 1990), moins puissant en général, mais sont assez fréquents. Pendant la saison estivale intervient également le sirocco qui est un vent d'origine saharienne accompagnée d'une élévation de la température qui assèche l'air et favorisent les incendies des forêts (BELOUAHEM & al., 2009).

II-7 Le Bioclimat et la végétation :

JUNCA, (1954) et JOLEAUD, (1936), insistent sur le caractère biogéographique particulier du P.N.E.K. En effet, cette région se révèle donc être une véritable mosaïque d'étages bioclimatiques de végétation (DE BELAIR, 1990). Sans rentrer dans le détail des effets dus aux orientation de versants, ou des conditions écologiques locales, bien qu'ils puissent être déterminants à très grande échelle, OZENDA, (1975), délimite en gros trois sous-étages bioclimatiques de végétation du nord au sud, c'est-à-dire du littoral aux montagnes des massifs de la Medjerda :

-L'étage sub-humide à hiver chaud (étage thermo méditerranéen) se caractérise par l'aire de l'oléo lentisque à caroubier au niveau de la mer et par celle de l'oléo lentisque à myrte à un niveau altitudinal supérieur (TOUBAL, 1986). Par ailleurs il se caractérise par la série de chêne kermès « *Quercus coccifera* » en situation côtière sur substrat dunaire (GAUSSEN & VERNET, 1958),

-L'étage humide à hiver chaud à tempéré (étage méso-méditerranéen) correspond à l'aire du chêne liège « *Quercus suber* », il s'associe en deux groupements principaux selon l'humidité, du niveau le plus thermophile à basse altitude au moins thermophile à haute altitude :

-Le groupement à « *Quercus suber* et *Pistacia lentiscus* », qui présente une physionomie très dégradée et se situe dans les régions les moins humides et les plus chaudes.

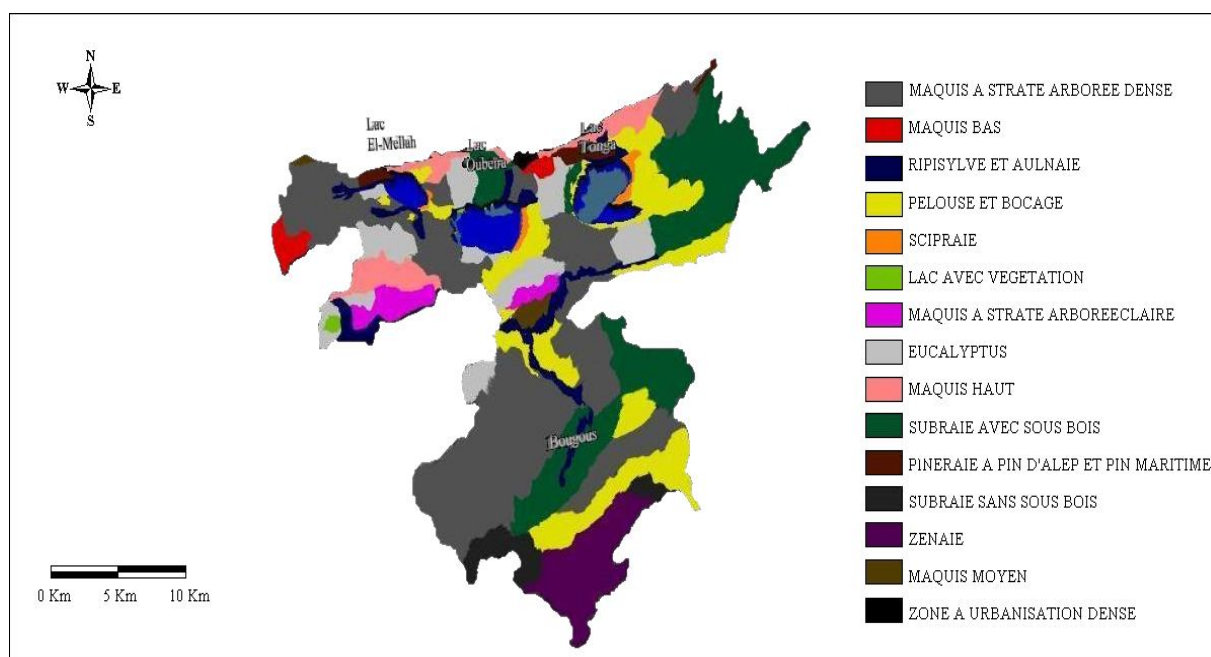
-Le groupement à « *Quercus suber* et *Cytisus triflorus* », caractérisant les subéraies d'altitude à partir de 500 à 700 m d'altitude. A partir de cet étage, nous sortons réellement de l'ambiance de maquis pour rentrer dans celle des forêts du type tempérés (TOUBAL, 1986).

-L'étage humide à hiver tempéré à frais (étage supra-méditerranéen) se manifeste au delà de 800 à 900 m d'attitude, il correspond à l'aire du chêne zéen « *Quercus faginea ssp mirbecki* », où le chêne liège « *Quercus suber* » est moins bien représenté. Le chêne zéen forme des peuplements denses dont les arbres peuvent atteindre 30m de haut. DEBAZAC,

(1959), estime que la chênaie à chêne zéen correspond à une association jouant le rôle de *Quercetum Pubescentis* en France méditerranéenne (BENYACOUB & CHABI, 2000).

D'APRÈS LA CARTE DE DÉLIMITATION DES BIOTOPES DU P.N.E.K (FIGURE N°7), DRESSÉE PAR BENYACOUB & CHABI, (2000), ET SELON THOMAS, (1975) ; AOUADI, (1989) ET DE BELAIR, (1990), LA VÉGÉTATION DE CETTE RÉGION SE RÉPARTIT EN CINQ SÉRIES : SÉRIE DE CHÊNE LIÈGE « *QUERCUS SUBER* » ; SÉRIE DE CHÊNE ZÊEN « *QUERCUS FAGINEA* » ; SÉRIE DE CHÊNE KERMÈS « *QUERCUS COCCIFERA* » ; SÉRIE DE PIN MARITIME « *PINUS PINASTER* » ET LA SÉRIE DE PLANTE DE MILIEU HUMIDE.

Figure N°7 : Délimitation des biotopes du Parc National d'El Kala.



(In : BENYACOUB & CHABI, 2000)

II-8 Contexte pédologique :

La couverture pédologique de la région se caractérise par une distribution de chaînes de sols, dont l'évolution est sous l'influence des facteurs liés à la topographie, la végétation en surface, et la roche mère en profondeur, donnant une très grande diversité morphologique (DURAND, 1954 ; BENSLAMA, 1993). C'est un véritable damier édaphique : depuis les sols très argileux (des marais et des lacs) jusqu'aux sols sablonneux des dunes et aux rochers à mollasse des caps et de certaines plages, depuis les sols hydromorphes jusqu'aux sols perméables, depuis les sols halomorphes du M'krada ou du Sud du Mellah jusqu'aux sols

acides des aulnaies et des tourbières.

Ainsi, la majeure partie du sous-sol de la région d'El-Kala occupée par le Flysch Numidien est convenable à l'évolution de sols bruns forestiers légèrement lessivés (AOUADI, 1989).

D'après la classification Américaine, les principaux types de sols des bassins versants des lacs Tonga et Oubeïra (les deux tiers du P.N.E.K) sont : les Vertisols, les Mollisols, les Alfisols, les Inceptisol et les Régosol (CHEKCHAKI & ZAAFOUR, 2008). Dans les milieux humides on rencontre : les Histosols, les sols hydromorphes humifères et les sols à Gley et à Pseudogley (BENSLAMA, 1993 ; 2002).

II-9 La biodiversité au sein du P.N.E.K :

Selon DE BELAIR, (1990), le patrimoine végétal de la région d'El Kala est constitué de plus de 850 espèces qui comptent 65 algues, 110 champignons, 50 lichens, 40 mousses, 25 fougères et 545 Spermaphytes. Cette richesse est due à la situation de la région qui constitue un carrefour biogéographique où se côtoient des espèces à affinité européenne, méditerranéenne, africaine et tropicale (QUEZEL & SANTAS, 1963). 239 espèces végétales sont des espèces rares, représentant 15% des espèces rares d'Algérie (ZERAIA, 1983).

Le P.N.E.K abrite aussi une faune très riche représenté par 36 espèces de mammifères () ; 40 espèces d'Odonates, 50 espèces de Syrphidés, 45 espèces de Carabidés et plus de 31 espèces de Lépidoptères (HALTENORT & DILER, 1977 CHERIAK, 1993 ; BOUGUESSA, 1993 ; DJELLAB, 1993 ; OUCHTATI, 1993 ; BEY LAGOUN, 1998). Les reptiles sont représentés par 17 espèces et les amphibiens, par 6 espèces (ROUAG, 1993, 1999). Les zones humides de la région recèlent également une faune marine assez riche (PERGENT & *al.*, 1990)

En ce qui concerne l'avifaune de la région, elle est représentée par 189 espèces dont 55 hivernantes et 134 nicheuses (BENYACOUB & *al.*, 1998). Cette richesse démontre la capacité d'accueil des sites, de la qualité des habitats et de la diversité fonctionnelle des différentes zones humides (CHALABI & *al.*, 1985).

II-1 L'étude préliminaire :

La documentation restreinte qui était à notre disposition, est celle du Dr Benslama Mohamed, du Dr Gérard De Belair, ainsi que de l'équipe de recherche de l'Institut National de Recherche Forestière (I.N.R.F). Ces études se focalisaient sur une seule et même problématique : comment sauvegarder ce type d'écosystème. Ce dépouillement nous a aidé à mieux comprendre le fonctionnement de ces zones humides et a été un bon appui pour notre mission de reconnaissance sur terrain.

C'est en effet, en 2011, suite à l'examen des rapports de missions d'exploration réalisées par l'équipe de recherche de l'I.N.R.F, et ceux des auteurs cités ci-dessus, combinés aux images satellitaires de Google Earth, que nous avons entrepris nous mêmes une première sortie pour prospecter notre zone d'étude faisant partie intégrante du complexe humide d'El Kala. Cette expédition nous a permis de confirmer la concentration d'aulnaie pure et mixte sur sol hydromorphe.

Près de vingt six aulnaies ont été identifiées sur terrain, dans le Parc, plus précisément dans la région d'El kala. Six d'entre elles ont été retenues dans le cadre de cette étude : l'aulnaie de Tonga, l'aulnaie de Boumalek, l'aulnaie de Souk Erriguibet, l'aulnaie d'Oued Mellah, l'aulnaie de Boumerchène et enfin, l'aulnaie de demnet Errihane (**Figure N° 5**). Ce choix a été fait en fonction de la proximité de ces aulnaies par rapport aux lacs Tonga, Oubeïra et mellah, des facilités d'accès et des moyens logistiques dont nous disposions. La superficie des aulnaies, le degré de saturation topographique (pompage) ont aussi été pris en compte d'après la présence et l'absence d'actes de pompage.

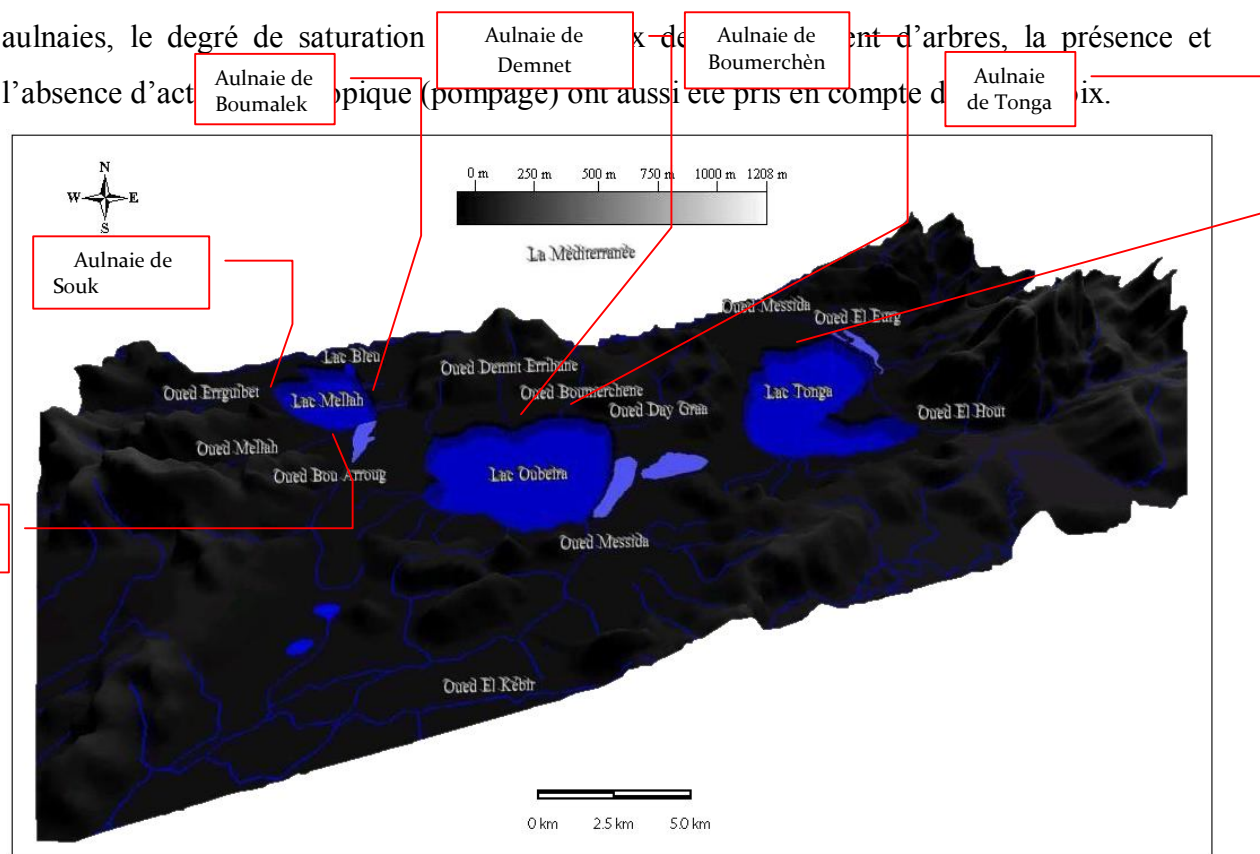


Figure N° 8 : Localisation des sites d'étude au sein du complexe lacustre d'El Kala.

Les images satellitaires de Google Earth ont apportés les informations qu'on ne peut noter sur terrain et vis versa. Elles ont remplacé les photos aériennes qu'on ne peut s'acquérir facilement ou manipuler aisément, du point de vue altitudinal. Par contre, les images satellitaire très maniable, l'échelle ne posant aucun problème, car on peut faire un gros plan

sur un site donné ou une vue d'ensemble en un simple roulement de roulette de souris. Leur examen permet de vérifier et de préciser les contours des formations végétales identifiées. Elles permettent également de séparer des zones différentes par leur position géomorphologique ou par la nature du couvert végétal.

Néanmoins, un fond topographique n'était pas de refus. La feuille NJ-32-III d'El Kala tirée de la carte d'Algérie 1/200 000, à fait l'objet d'un calage à l'aide d'un logiciel de traitement de carte (SIG : système d'information géographique) : MapInfo Professionnal Version 7.0, où ont pu tiré les informations nécessaires pour notre étude, telles que le système hydrographique, la ligne de partage des eaux ainsi que la géomorphologie complexe de chaque périmètre donné. Le manque d'informations tels que certains oueds et ruisseaux, a été comblé en effet par les images satellitaires de google Earth car : MapInfo-Fond Topographique 'x'-Google Earth, sont en concordance, le reste ne dépend que de l'utilisateur.

Les aulnaies ainsi délimitées à quelques exceptions près, on procède à la réalisation d'un plan d'échantillonnage propice à nos sites d'études.

II-2 La technique d'échantillonnage :

De nombreux outils existent afin d'appréhender et de comprendre les comportements physiques et chimiques des sols. Les deux principaux sont les analyses physico-chimiques et les profils sur le terrain.

Si l'analyse au laboratoire revêt une grande importance, l'échantillonnage et le prélèvement d'échantillons le doit encore plus. Le résultat est une quantité du sol représentative de conditions hétérogènes. Il est donc primordial que l'échantillonnage du sol soit effectué avec rigueur afin que les résultats de l'analyse reflètent bien la réalité du milieu échantillonné.

Notons que l'échantillonnage de sol peut avoir lieu à n'importe quelle période de l'année. Vu que nos aulnaies se trouvent immergées durant la période pluvieuse, nous avons choisi de réaliser notre échantillonnage en période sèche, facilitant ainsi l'accès aux sites et pouvant être une source d'informations capitale en ce qui concerne le mode et la durée d'alimentation en eau, ainsi que l'état de ces sites durant cette période.

Ainsi, la méthode d'échantillonnage adoptée est celle du transect, vu le gradient de saturation en eau imposé. La méthode de transect consiste à analyser la végétation le long d'un axe dont l'emplacement est fonction d'un certain nombre de facteurs d'homogénéité floristique, pédologique et géomorphologique.

Ce transect débute depuis la zone de contact entre un écosystème terrestre qui diffère d'un site à l'autre et aulnaie à étudier, c'est-à-dire l'écotone, zone de transition entre deux écosystèmes différents. Dans notre cas c'est surtout le degré de saturation en eau qui fait la différence entre

ces deux milieux. Le transect pénètre à l'intérieur de l'aulnaie où il la longe jusqu'à arriver à la zone de contact entre cette dernière et l'écosystème lacustre.

Les coordonnées géographiques des sites d'études ainsi que des points d'échantillonnage ont été exporté vers le récepteur GPS. Aussi, chaque itinéraires menant à un site donné, a été établie au préalable afin d'éviter toute perte de temps inutilement qui nous sera favorable si on voulait visiter deux aulnaies durant la même journée lorsque celles-ci se côtoie sur la même rive d'un des trois lacs.

Malheureusement, la réalité du terrain, a parfois un gout amer. On a trouvé des difficultés à accéder à l'intérieur des aulnaies, contrainte due surtout à une forte concentration de lianes s'emmêlant et qui constitue la strate arbustive, sorte autoprotection contre tout étranger voulant nuire à son bien être. Cette contrainte nous à conduit à changer certains point qui été prévus pour l'échantillonnage.

II-3 Présentation des sites d'étude et des points d'échantillonnage :

II-3-1 L'aulnaie de Tonga (Nechaà Tonga) :

a Localisation : Commune de Oum Tboul, Wilaya d'El Tarf, P.N.E.K.;

-Coordonnées géographiques: Latitude : 36°52'44.96"N ; Longitude : 8°30'26.25"E ;

-Altitude : 6 m ;

-Superficie : 37 ha ;

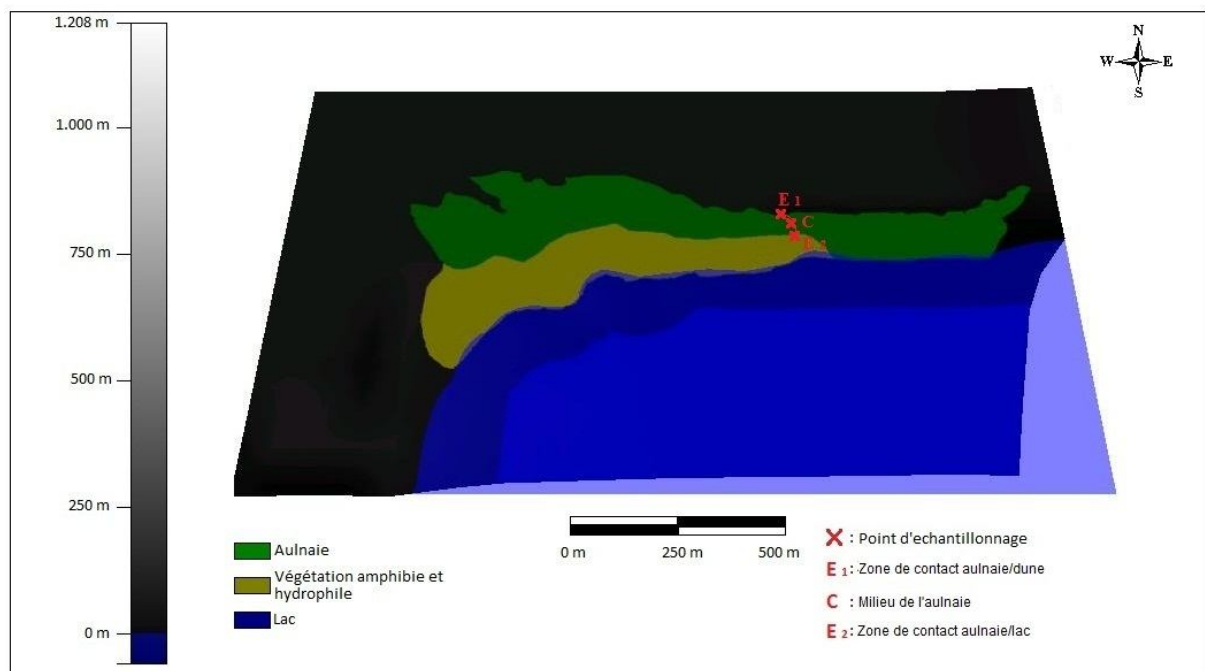


Figure N°9 : Localisation de l'aulnaie de Tonga.

b Description générale :

L'aulnaie de Tonga est un type de milieu caractéristique du Parc National d'El Kala, extrêmement rare ailleurs en Algérie. Elle appartient à l'association *Alnetum glutinosae*. L'aulne glutineux est côtoyé par d'autres espèces d'origine diverses : Cyprés chauve « *Taxodium distichum* », Peuplier de Virginie « *Populus virginiana* », Orme champêtre « *Ulmus campestris* » et *Acacia*. Cette biodiversité est due au climat quasi tropical régnant sur la berge Nord du lac Tonga.

Cet écosystème est limité au Nord/Nord-Est, par la route nationale '44' qui la sépare des amas dunaires formant Argoub El Terch, situé à l'Ouest de la Messida, occupé en totalité par du pin maritime « *Pinus pinaster ssp maritimus* » et du pin pignon « *Pinus pinea L.* ». Il est limité à l'Ouest, par Koudiet Deidei occupée par du chêne liège « *Quercus suber* » ; à l'Est, par la plaine de Oum T'boul ainsi que ses terres mises en culture au détriment du delta de oued El Eurg.

c Caractéristiques physiques :

-Géologie et géomorphologie :

La Nechaà Tonga se caractérise par un relief et une géologie relativement complexes. D'une manière générale, elle repose essentiellement sur des alluvions récentes datant du Néopléistocène. Faisant partie en quelque sorte de la plaine d'Oum T'boul, l'aulnaie de Tonga se situe donc sur un terrain plutôt plat, cerné respectivement, au Nord et à l'Ouest par de basses collines située entre 16 et 66 m d'altitude (Argoub et Terch) et 63 et 104 m (Koudiet Deidei). Le lac Tonga étant presque au même niveau que celui de la partie Sud de la Nechaà, exerce une action significative sur cette dernière, par ses apports en eau pendant la période des pluies, assurant ainsi sa pérennité et son inondation quasi permanente.

-Hydrologie :

Se trouvant pied dans l'eau, coté écotone « Lac-Nechaà », durant la période pluvieuse et au début de la saison sèche, ce caractère d'immersion, témoigne du mode d'alimentation de la Nechaà. En effet, lors des grandes pluies déjà annoncée par les vents dominants du Nord-Ouest, ces dernières comblent le lac et inonde les alentours, affectant l'aulnaie qui reste le reste au moins les trois premiers mois de l'année, rendant le site marécageux, favorisant l'accumulation de la matière organique peu transformée suite au blocage des processus biogéochimiques. Mis à part ce mode d'alimentation, l'action de la nappe phréatique n'est pas négligeable ; cette dernière, affleure à certains endroits, et alimente l'aulnaie durant la longue période sèche.

II-3-2 L'aulnaie de Boumalek :

a Localisation : Commune Gantra El hamra, Wilaya d'El Tarf, P.N.E.K. ;

-Coordonnées géographiques : Latitude : 36°52'44.96"N ; Longitude : 8°20'18.98"E ;

-Altitude : 0 à 1 m ;

-Superficie : 2 ha ;

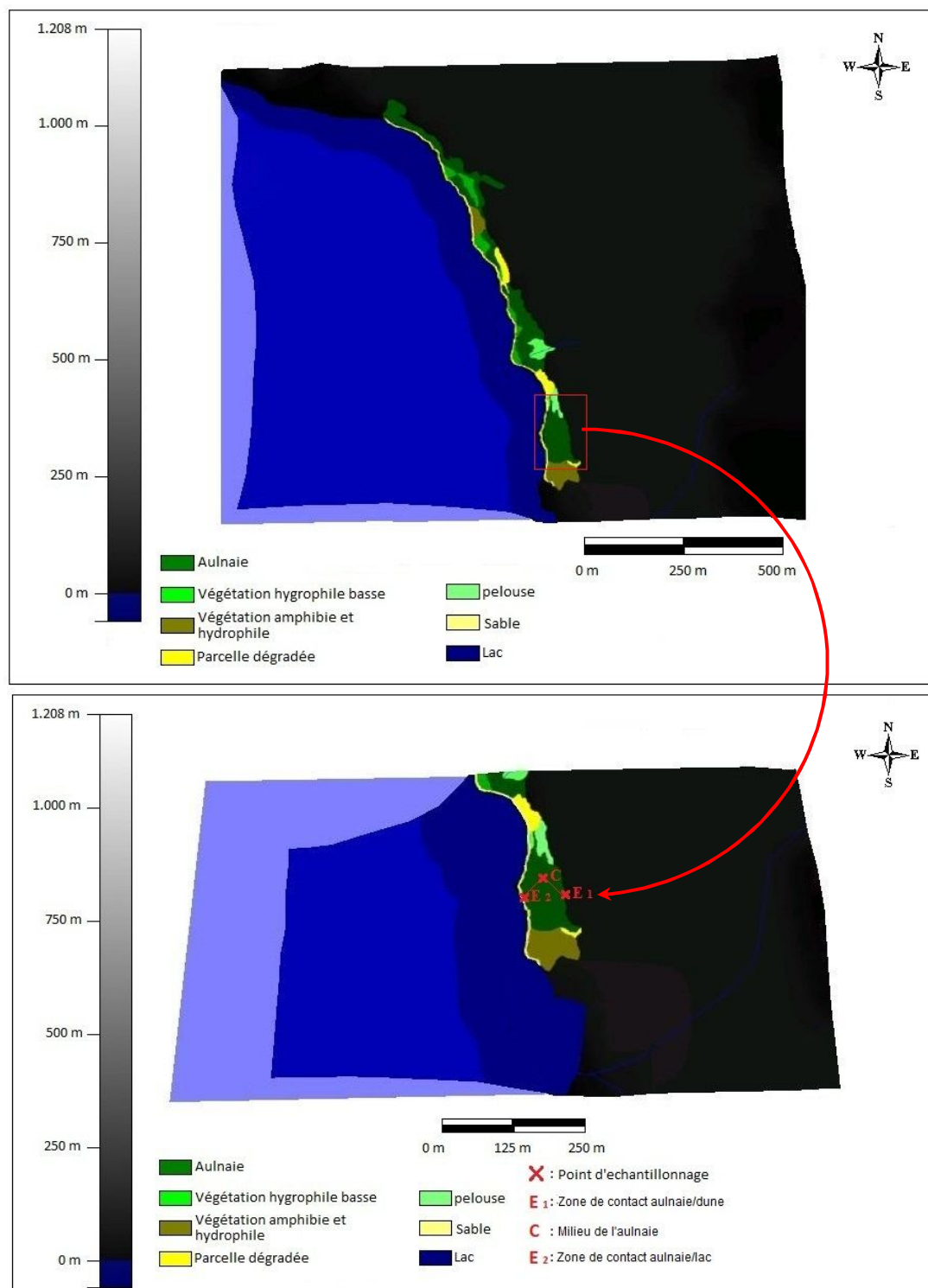


Figure N°10 : Localisation de l'aulnaie de Boumalek.

b Description générale :

Fractionnée en trois parcelles de plusieurs mètres carrés, l'aulnaie de Boumalek est une aulnaie pure à « *Alnus glutinosa* », qui se trouve près d'une zone urbanisée. Se situant sur la berge Est du lac Mellah, à quelques mètres du plan d'eau, elle est entourée de terres mises en culture par les riverains, limitée au Nord par des amas dunaires eux aussi sous l'emprise humaine, qui cernent une petite dépression occupée par le lac bleu. Elle est limitée à plus à l'Est par Douar de Brabtia occupée par des maquis haut longeant le lac bleu jusqu'à la cote où il se trouve confronté au Nord à la pinède à « *Pinus halepensis* ». Au sud de l'aulnaie, sur les hauteurs de Feid amrane, se développe une subéraie sans sous bois.

c Caractéristiques physiques :

-Géologie et géomorphologie :

Du point de vue géologique, l'aulnaie de Boumalek repose des sables datant essentiellement du Quaternaire. Le relief est plutôt typique de la région d'El kala, dômes, cuvettes, terrasses. Le site étudié se situe sur un terrain plat avec quelques ondulations qui à certains endroits, laisse affleurer la nappe phréatique. L'aulnaie est adossée au Nord-Est, au basses collines de Douar Brabtia dont le point culminant est à 75 m; et au Sud-Est, à celle de Feid amrane, culminant jusqu'à 67 m. L'aulnaie est séparée du lac bleu par un cordon dunaire de quelques mètres de large soumis aux vents dominant du Nord-Ouest, vu que celui-ci est presque dénudé.

-Hydrologie :

L'aspect de l'aulnaie de Boumalek, bien qu'elle soit fractionnée, témoigne des bonnes conditions environnementales propices à son développement. En effet, l'aulnaie ne manque pas d'eau ; elle est alimentée d'une part, par le plan d'eau en raison de la proximité du site et de la perméabilité du substrat, mais d'autre part par la remontée de la nappe phréatique qui, à certains endroits est affleurante. Châabet Esatha, petit ruisseau, contribue aussi à l'alimentation de l'aulnaie. Durant la période sèche, une grande partie de l'aulnaie reste inondée, ce qui traduit son alimentation permanente.

II-3-3 L'aulnaie de Souk Erriguibet :

a Localisation générale : Commune de Souk Erriguibet, Wilaya d'El Tarf, P.N.E.K. ;

-Coordonnées géographiques: Latitude : 36°54'14.92"N ; Longitude : 8°18'9.80"E ;

-Altitude : 5 m ; **-Superficie :** 4 ha ;

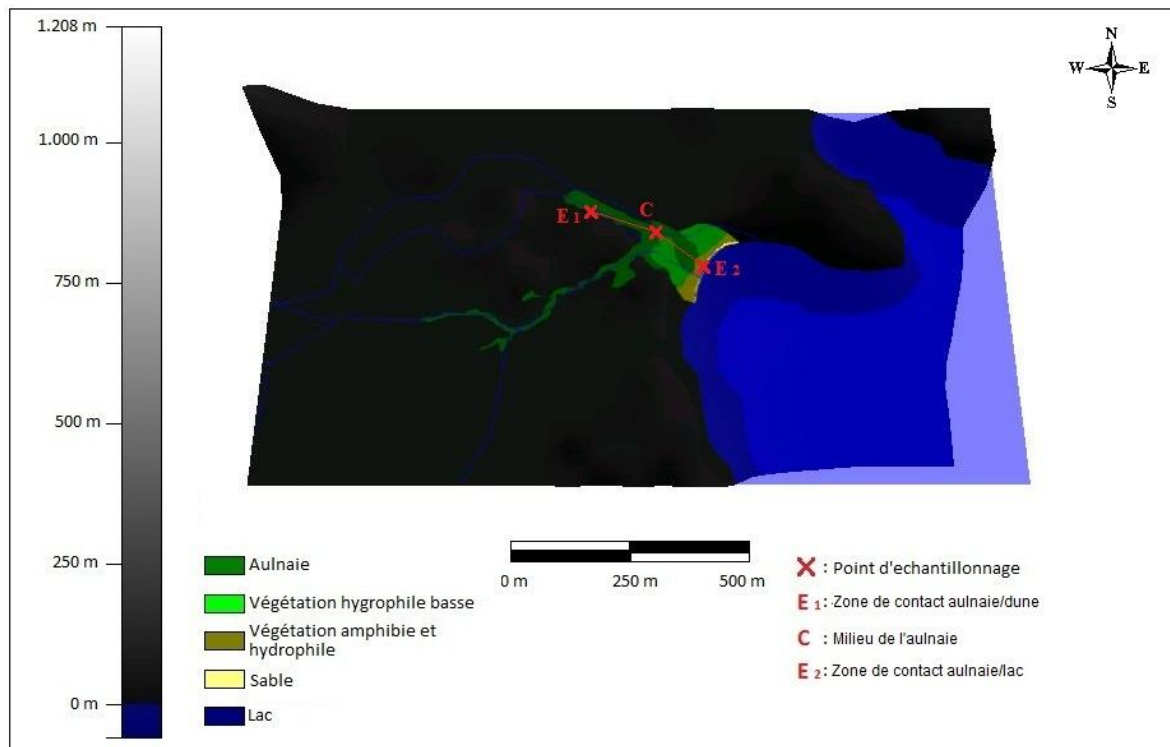


Figure N°11 : Localisation de l'aulnaie de Souk Erriguibet.

b Description générale :

Localisée à quelques kilomètres au Sud de la cote Calloise, près d'une zone urbanisée, l'aulnaie pure à « *Alnus glutinosa* » de Souk Erriguibet se développe sur le delta que forme l'oued Erriguibet, terre très fertile. Elle se situe sur la berge Nord-Ouest du lac Mellah, au pied de Koudiet Medouma ; limitée à l'Est, par la route menant à la plage de Cap Rosa et au Sud, par Koudiet El Fien. Très fractionnée, à cause des cultures pratiquées par les villageois de Souk Erriguibet ainsi que du réseau routier, elle côtoie une autre aulnaie celle de Dhekhil El N'Meur subissant les mêmes dégâts.

c Caractéristiques physiques :

-Géologie et géomorphologie :

La géologie de la région est assez complexe. Néanmoins on peut d'après la carte géologique de la région d'El Kala, tirer le type de substrat sur lequel repose notre aulnaie. Les alluvions ainsi que les sables dunaire sont localisés au niveau du delta de Oued Erriguibet, sans oublier

les argiles qui se localise plus loin, sur le pourtour du lac. Le relief qui conditionne ce milieu est aussi complexe. L'aulnaie de Souk Erriguibet est localisée sur une basse terrasse située au pied de Koudiet El Frien dont le point culminant est à 150 m. Elle est adossée au Nord-Ouest, aux basses collines de Koudiet Merdouma dont le point culminant est à 100 m et à l'ouest, à celles de Koudiet Dar Djebel culminant jusqu'à 97 m d'altitude.

-Hydrologie :

En ce qui concerne le mode d'alimentation de l'aulnaie de Souk Erriguibet, d'après son nom, on se dit que l'Oued Erriguibet y est pour quelques choses. De plus la région se caractérise par la présence d'une nappe phréatique très proche de la surface, qui dans certains endroits (dépressions) affleure, et alimente ainsi l'aulnaie durant la période sèche, inondant le site. Vu que l'aulnaie de Souk Erriguibet est à proximité du lac Mellah, ce dernier l'alimente indirectement via la nappe phréatique en raison de la grande perméabilité du substrat. Son alimentation est donc permanente.

II-3-4 L'aulnaie d'oued Mellah :

a Localisation générale : Commune de Gantra El Hamra, Wilaya d'El Tarf, P.N.E.K.;

-Coordonnées géographiques: Latitude : 36°52'33.88"N ; Longitude : 8°19'49.54"E ;

-Altitude : 0 m ; **Superficie :** 2 ha ;

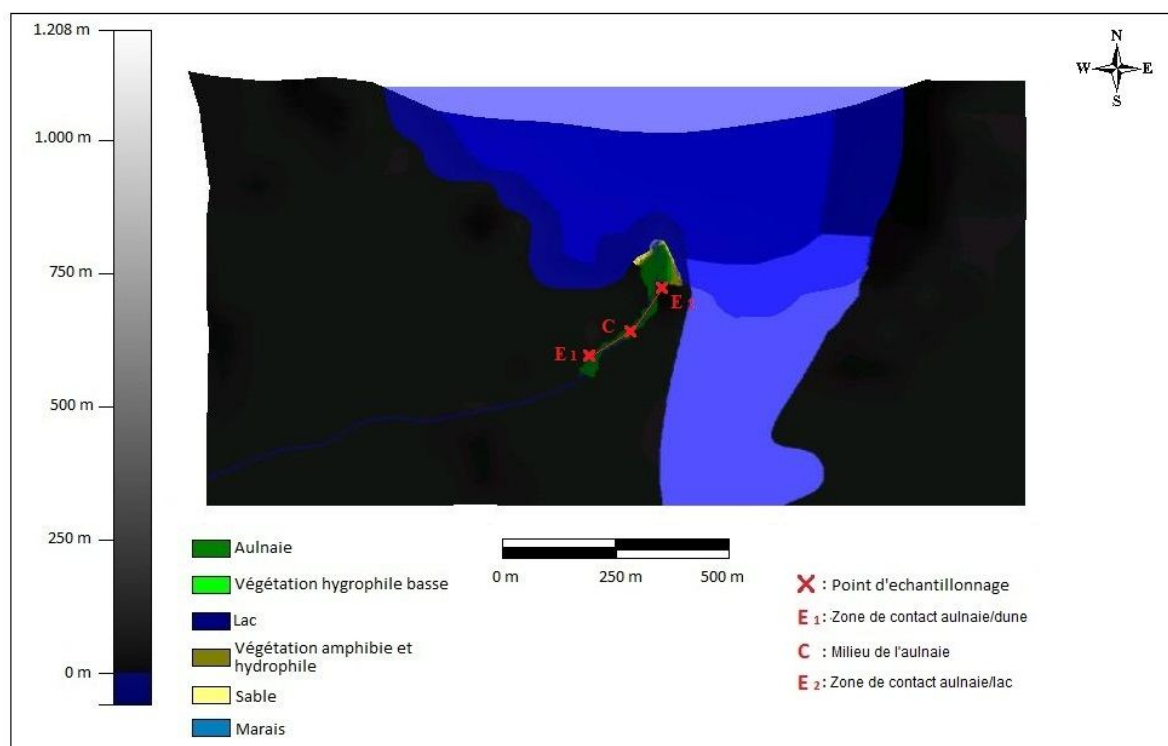


Figure N°12 : Localisation de l'aulnaie de Souk Erriguibet.

b Description générale :

Localisée sur la berge Sud-Ouest du lac Mellah à proximité d'une zone assez urbanisée, sous l'emprise agricole, la strate arborée de l'aulnaie d'oued Mellah est à base d'«*Alnus glutinosa*». Cette aulnaie est limitée au Sud par la route secondaire 'W 109', à l'Est, par le marais du Mellah, à l'Ouest, par le bassin versant Sud-Est de Koudiet El Frien, Plus loin, au Nord de l'aulnaie, se trouve d'autres formations du même type, pied dans l'eau, d'aspect sauvage, marécageuse, à la limite d'un maquis à strate arborée dense. Au sud du lac, l'aulnaie se développe en ripisylve de 7 km de long, bordant l'oued mellah jusqu'à la foret de Feid El R'arnoug plus loin à l'Ouest.

c Caractéristiques physiques :

-Géologie et géomorphologie :

Localisée sur la même berge Ouest du lac Mellah, l'aulnaie de Souk Erriguibet au Nord et l'aulnaie du Oued Mellah au Sud, elles reposent sur le même type de substrat ; des sables datant du Quaternaire et des argiles localisées sur le pourtour du lac Mellah. Le relief, quant à lui est assez homogène, c'est une basse terrasse cernée par la limite aval du bassin versant Sud-Est de Koudiet El Frien dont le point culminant est à 150 m. L'aulnaie est côtoyer à l'Est par le marais du Mellah représentant un type de milieu caractéristique autour du bassin méditerranéen. Au delà de la route secondaire 'W 109', au Sud de l'aulnaie, s'édifie Rched El kirane et Kef Lecheb dont leur point culminant sont , respectivement, à 237 et 183 m d'altitude.

-Hydrologie :

L'aulnaie de Oued Mellah est alimentée à la fois par l'oued proprement dit ainsi que le plan d'eau en raison de proximité. Durant la période sèche, l'Oued Mellah a un faible débit, difficile à alimenter ce type d'écosystème dont le facteur principal pour son maintien constant, est l'eau. L'alimentation temporaire provoque un déficit en eau. Malgré, la proximité du lac Mellah ainsi que la perméabilité du substrat à dominance sableuse, l'aulnaie est à l'état sec du côté le plus proche du plan d'eau, la nappe phréatique dans ce cas est absente. Ce n'ait qu'au bout de deux cents mètres plus au Sud que l'aulnaie ou bien la ripisylve reprend des couleurs.

II-3-5 L'aulnaie de Boumerchène :

a Localisation générale : Wilaya d'El Tarf, commune d'El Frine, P.N.E.K. ;

-Coordonnées géographiques : Latitude : 36°52'4.36"N ; Longitude : 8°24'31.88"E ;

-Altitude : 34 m ;

-Superficie : 30 ha ;

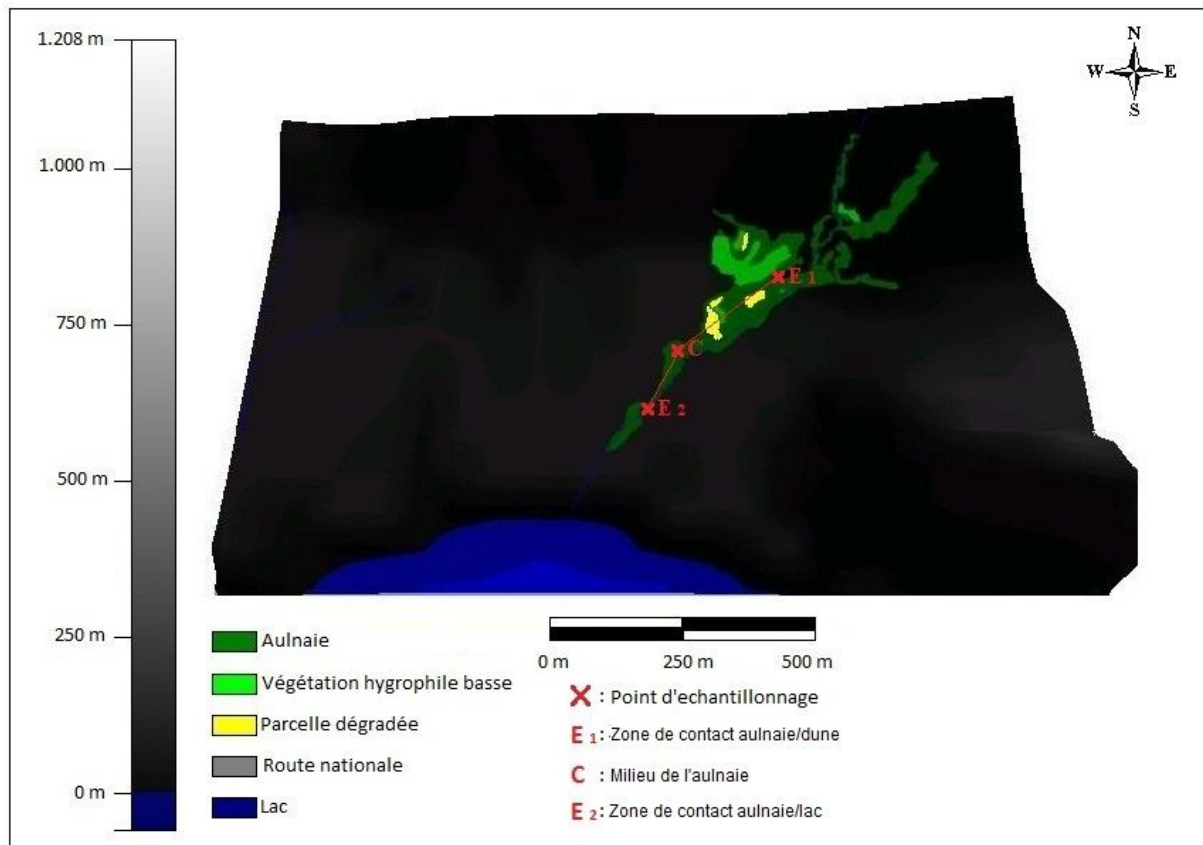


Figure N°13 : Localisation de l'aulnaie de Boumerchène.

b Description générale :

Localisée sur la berge Nord-Est du lac Oubeïra, limitée à l'Est par Djebel Boumerchène et à l'ouest par l'aulnaie de Demnet Errihane, l'aulnaie de Boumerchène est une formation mixte, où l'Aulne glutineux « *Alnus glutinosa* » est associé avec une autre espèce hygrophile, l'Orme « *Ulmus campestris* », occupent les berges de l'oued boumerchène ainsi que les parcelles environnantes. Sa partie Nord est à la limite d'une zone urbanisée, où la majeure partie cernant l'aulnaie, au Nord, à l'est comme à l'ouest sont des terres mises en culture par les riverains et des terres qui eux aussi étaient sous l'emprise agricole, abandonnée dénudées de toute végétation. L'aulnaie de Boumerchène est séparée de celle de Demnet Errihane par une subéraie avec sous-bois occupant une basse colline.

c Caractéristiques physiques :

-Géologie et géomorphologie :

Située dans une zone où les argiles n'ont pu être décapées en raison de leur forte cohésion, ils constituent le substrat sur lequel repose notre aulnaie, sans oublier les alluvions constituée en majorité de sables. Le terrain est hétérogène, la complexité de la géomorphologie du Parc National d'El Kala est là ; la partie Nord de l'aulnaie est à une altitude supérieure à celle du Sud, située sur une basse colline de 53 m, l'effet de l'altitude s'atténue au fur et à mesure qu'on se rapproche du lac Oubeïra atteignant les 27 m. L'aulnaie est adossée au basse collines du Djebel Boumerchène à l'Est dont le point culminant est à 154 m et à l'Ouest, par celle occupée par l'aulnaie de Demnt Errihane située à 30 m d'altitude. Plus loin au Nord-Ouest, se trouve la forêt de Brabtia qui sépare les deux bassins versant du lac Oubeïra et Mellah, dont le point culminant le plus proche de notre site d'étude est à 65 m, près de Chaabet El Geuttar.

-Hydrologie :

En ce qui concerne le mode d'alimentation de l'aulnaie de Boumerchène, deux sources en eau sont mises en évidence. l'oued Boumerchène qui passe à côté ainsi qu'au milieu de l'aulnaie, représente la source principale d'alimentation de l'aulnaie durant toute l'année. Le plan d'eau quant à lui, à quelques dizaines de mètres de notre formation, n'a d'effet sur elle que durant la période pluvieuse, immergeant ces berges lors de la remontée de son niveau, affectant ainsi l'aulnaie. Par contre, durant la période estivale, la partie Sud de l'aulnaie est mal alimentée en raison du faible débit de l'oued Boumerchène près de son exutoire, ainsi que de l'imperméabilité du site causée par la forte cohésion des argiles, qui empêche toute création de connexion entre le lac et l'aquifère, ce qui résume que l'aulnaie de Boumerchène est alimentée temporairement à certains endroits.

II-3-6 L'aulnaie de Demnet Errihane :

a Localisation générale : Wilaya d'El Tarf, commune d'El Frine, P.N.E.K. ;

-Coordonnées géographiques: Latitude : 36°52'5.67"N ; Longitude : 8°23'38.03"E ;

-Altitude : 34 m ;

-Superficie : ha ;

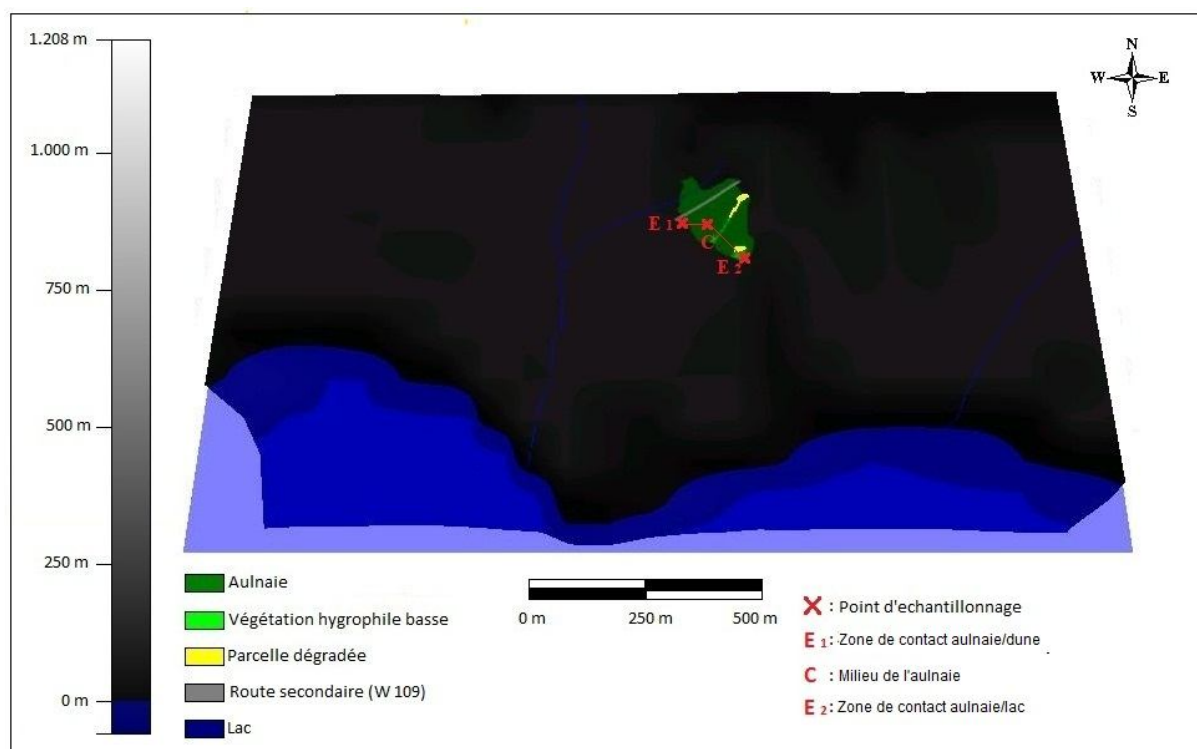


Figure N°14 : Localisation de l'aulnaie de Demnt Errihane.

b Description générale :

L'aulnaie mixte de Demnt Errihane est une association d' « *Alnus glutinosa* » et de « *Salix pedicellata* ». Elle se localise à quelques kilomètres à l'Est de l'aulnaie de Boumerchène sur la berge Nord du lac Oubeïra. Elle découpée en deux parties par la 'W 109', route secondaire séparant l'aulnaie de Djer El Ouassaa côté Nord-Est. À l'ouest de l'aulnaie se trouvent des terres mises en culture par les riverains de cette région, ainsi que des terres abandonnées, chimiquement pauvre, dénudée de toute végétation. À la limite sud-Est de l'aulnaie, se localise la subéraie avec sous-bois occupant une basse colline déjà mentionnée, séparant notre site d'étude de l'aulnaie de Boumerchène.

c Caractéristiques physiques :

-Géologie et géomorphologie :

Le substrat sur lequel repose l'aulnaie sont des dépôts récents du Quaternaire à base de sables, partie basse succédant les premières pentes gréseuses du bassin versant Nord. Le relief très hétérogène à plus fine échelle, est formé de petites buttes et des dépressions entourées, à l'Est comme à l'Ouest, par de basses collines ne dépassant pas les 53 m. Au Nord et au Nord-Est, la forêt de Brabtia avec ses collines basses de 60 m en moyenne les plus proche de notre formation ainsi que la basse terrasse de 35 m d'altitude, cernent l'aulnaie de ce côté-ci. Au Sud du site, le relief à caractère homogène, s'atténue progressivement atteignant 27 m d'altitude près de la rive Nord du lac Oubeïra.

-Hydrologie :

Malgré la longue distance qui sépare l'aulnaie de Demnt Errihane du lac Oubeïra par rapport aux autres formations végétales du même type décrites auparavant, l'aulnaie à plusieurs endroits est marécageuse, ceci témoigne de la présence d'une nappe d'eau proche de la surface qui affleure à plusieurs endroits en raison de la géomorphologie complexe, alimentant ainsi la formation durant la période estivale. L'oued Demnet Errihane, dont son exutoire est localisé à plusieurs mètres de l'aulnaie, alimente cette dernière plus loin au Nord, partie qui se trouve au delà de la route secondaire 'W 109'. On remarque la présence d'un ruisseau au Sud de l'aulnaie qui se faufile à l'intérieur de celle-ci, contribuant à son alimentation permanente durant la période de déficit hydrique. Le lac Oubeïra n'a pas une action significative sur l'aulnaie, sauf si ce dernier est connecté à une nappe d'eau souterraine.

II-4 L'étude in situ :

II-4-1 Etude morphologique stationnelle :

Chaque site d'étude c'est-à-dire aulnaie ainsi que ces points d'échantillonnages sont caractérisés par leur environnement stationnel et leurs caractéristiques intrinsèques. Ainsi, nous avons retenu :

- La date de description ;
- Le temps ;
- La localisation géographique ;
- L'aspect de surface ;
- La pente et le relief ;
- Le cortège floristique....etc (**Voir annexe N°1**).

II-4-2 Description morphologique et prélèvement des échantillons :

Le prélèvement des échantillons a été effectué avec un carottier russe possédant un corps de 600 mm de longueur pour un diamètre de 55 mm. Ces proportions lui confèrent une bonne pénétration dans le sol plus précisément la tourbe.

Chaque point d'échantillonnage sur notre transect a fait l'objet d'un double sondage sur un périmètre très réduit de l'ordre d'une dizaine de centimètres. Ces sondages ont été guidés et facilités comme ont là déjà cité par les facteurs du milieu (Végétation, topographie). La première carotte récupérée sera à des fins d'analyse de ses propriétés physico-chimiques, la seconde fera l'objet d'une description morphologique sur terrain.

Le premier point d'échantillonnage est situé dans l'écotone partagé entre l'écosystème terrestre et aulnaie qu'on lui attribuera le code (**E₁**), le deuxième point située à l'intérieur de l'aulnaie (**C**) et le troisième dans l'écotone (**E₂**), zone de contact entre l'aulnaie et l'écosystème lacustre.

Les carottes destinées pour l'analyse de leur propriétés physico-chimiques, ont été mises immédiatement dans des demis cylindriques en PVC soigneusement enroulée dans du film alimentaire, étiquetées des deux extrémités et scotchées évitant ainsi toute confusion, cassure ou qu'elles ne perdent de leur humidité.

Les échantillons sont ensuite stockés dans un congélateur afin de pouvoir conserver le leur taux d'humidité et stopper tout processus physico-chimique susceptible de dénaturer le matériel prélevé.

En ce qui concerne les autres carottes prélevées, leur description est réalisée sur le terrain, des l'extraction. L'objectif est de décrire précisément les principaux faciès composant la séquence et d'identifier macroscopiquement la zone de contact entre l'accumulation tourbeuse ou organique et les dépôts non organiques sous-jacents. Les observations concernent donc le caractère organique ou minéral du matériel, les textures, les couleurs, les degrés d'humidité et de décomposition (**CUBIZOLLE, 2005**), les structures, les compacités, les teneurs en matière organiques....etc. La description se fait à la vue, au toucher et même parfois au goûter pour déterminer ou non la présence de particules minérales fines. La description du matériel doit en effet être la plus complète possible afin de faciliter la comparaison du matériel d'une carotte à l'autre, d'une couche à l'autre, d'un site à l'autre. Les prises de notes doivent donc être rigoureuses et selon un protocole le plus proche possible sur chaque point de sondage et sur chacun des sites étudiés.

Afin de minimiser au maximum la part subjective des descriptions de terrain, nous utilisons le code couleur Munsell (**MUNSELL COLOR, 1992**), sur matériel humide, immédiatement après le

carottage pour limiter au maximum les changements de couleur dus au contact avec l'oxygène. Pour les accumulations tourbeuses, les degrés d'humidités et de décomposition sont estimés au moyen du test de Von Post (**VON POST, 1924**).

Certaines carottes tourbeuses ou semi tourbeuses présentent une grande variété de faciès, il a été préférable, de diviser la carotte en deux dans le sens de la longueur. Lors de la découpe, la résistance du couteau sur le matériel donne un premier indice sur les changements de textures. La vue en coupe est plus nette, plus propre et donc plus précise. L'une des deux moitiés peut alors servir pour le test de Von Post, la deuxième pour décrire la structure des fibres ainsi que les autres caractères morphologiques.

Les données morphologiques et stationnelles propres à chaque carotte ont été caractérisées par des fiches codifiées, que nous avons établies en fusionnant divers types de fiches (fiche stipa,.....etc.). Facilement maniable sur terrain, elles sont plus détaillées que celles mentionnées dans le chapitre suivant (**Annexe N° 3**).

II-5 Du terrain au laboratoire : itinéraire d'un échantillon :

Une fois l'échantillon reçu au laboratoire, celui-ci subit une deuxième description de ces caractères morphologiques puis comparée par celle effectuée sur terrain. Suite à cette opération, on a fait ressortir des horizons présentant différents faciès, des horizons minéraux, des horizons tourbeux et des horizons semi tourbeux. Ces derniers sont engagés dans un ordre bien défini une suite d'opérations rigoureusement respectées. Il s'agit de certaines analyses physico-chimiques fréquemment utilisées qui ont été déterminées. Elles ont été effectuées au laboratoire d'écopédologie du département des sciences de la nature et de la vie et au laboratoire du département de chimie. Les différents paramètres physico-chimiques analysés sont :

II-5-1 Les analyses physico-chimiques :

Les échantillons ramenés au laboratoire sont divisés en deux parties : l'une sera séchée à l'air libre pendant quelques jours afin d'obtenir un état d'humidité relativement stable appelé : sec à l'air, les éléments grossiers qui ne seront pas analysés sont séparés du reste de l'échantillon lequel sera broyé et tamisé à 2mm. Aussi, on a prélevé pour chacun d'eux, quelques agrégats qui serviront à déterminer la densité apparente (D_a). L'autre partie à l'état frais fera l'objet d'une détermination de :

-Humidité de terrain C'est la perte de poids après séchage à 105°C pendant 24h exprimée en pourcent par rapport à la terre fraîche.

-Taux de matière organique, (MO) : Exprimée en pourcentage du poids sec de terre, elle est déterminée par calcination au four à 480°C pendant 4 heures. Le complément à 100% représente la teneur en cendre.

-Sur échantillons séchés à l'air :

a Analyses physiques :

-Humidité hygroscopique (H/Y): C'est la perte de poids après séchage à 105°C pendant 24h exprimée en pourcent par rapport à la terre fine séchée à l'air (BAIZE, 1988).

-Densité apparente (Da) : Elle est déterminée par la formule : $Da = \text{Poids de l'agrégat sec} / \text{poids du volume d'eau} = V$ et s'exprimant en g/cm^3 (BAIZE, 1988).

-Densité réelle (Ds): C'est la densité des particules solides du sol ou bien c'est le poids spécifique du sol en place, elle est déterminée grâce à un pycnomètre à eau.

-Porosité (P) :

Exprimée en pourcent, Elle est déduite de la densité apparente par la formule $P = (1 - Da/Ds) \times 100$ (BAIZE, 1988).

-Granulométrie minérale (sans destruction des carbonates) (norme AFNOR X 31 – 107): Exprimé en pourcent, elle est déterminée par la méthode universelle de la pipette Robinson (A.F.E.S., 1995).

-Granulométrie des tourbes : Exprimé en pourcent, elle est déterminée par la méthode de LEVESQUE, (1976), après tamisage à l'eau et agitation rotative préalable pendant 16 heures. Elle consiste à superposer des tamis dans un ordre décroissant, de haut en bas (2000 μm , 400 μm , 200 μm , 50 μm).

-Taux de fibres frottés (LEVESQUE & DINEL, 1977) : Exprimé en pourcent, ce taux est obtenu par pesée du refus sur tamis de 200 μm après tamisage à l'eau et agitation rotative préalable pendant 16 heures. Il permet de classer les horizons histiques en sapriques, mésiques et fibriques. (A.F.E.S., 1995).

b Analyses chimiques :

-pH_{eau} (norme AFNOR X 31- 103): Déterminé par mesure électrométrique dans la solution surnageante d'un mélange sol/liquide dans la proportion 1 : 2,5 ; avec un pH-mètre muni d'une électrode en verre (A.F.E.S., 1995).

-Conductivité électrique (C.E mS/cm) : Exprimée en (mS/cm), elle est déterminée par mesure électrométrique dans la solution surnageante d'un mélange sol/liquide dans la proportion 1 : 2,5 ;

-Carbone organique (C%):

Exprimé en pourcent, le taux de carbone organique s'obtient en divisant le taux de matière organique par le facteur Sprengel (2 pour les sols remaniés et 1,724 pour les sols sous végétation naturelle) (BAIZE, 1988).

La capacité d'échange cationique (C.E.C ou T) et les bases échangeables (norme AFNOR X 31- 130 et norme AFNOR X 31- 108):

-Méthode à l'acétate d'ammonium :

Echange entre les cations retenus par l'échantillon et les ions ammonium d'une solution aqueuse molaire d'acétate d'ammonium tamponnée à pH 7. La teneur en éléments majeurs (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ et K^+), est déterminée dans le percolat. Leur dosage est réalisé d'une part par, par colorimétrie (Ca^{2+} , Mg^{2+}), et d'autre part, par spectrométrie d'absorption atomique sur un spectromètre **JUNKEY** (Na^+ et K^+). La C.E.C ainsi que les bases échangeables sont exprimées en mé/100g.

-Taux de saturation rapport S/T : Exprimé en pourcent par le rapport de la C.E.C (ou T) et de la somme des bases échangeables (S).

Dans le présent chapitre, sont consignés les résultats des travaux effectués tant sur le terrain qu'au laboratoire. Les travaux sur le terrain ont porté sur la localisation des aulnaies et leur description, tandis que les paramètres physico-chimiques ont été évalués dans les différents laboratoires.

IV-1 L'aulnaie de Tonga :

IV-1-1 Description et résultats morpho-analytiques :

Figure N° 15 : Description morphologique de l'échantillon N°1 ; Ecotone (E₁)



0-07cm : Horizon de couleur very dark gray, humide, cohérent, moyennement organiques, restes invisibles, fraction minérale dominée par les argiles mélangé à la fraction organique et donnant à l'horizon une structure grumuleuse et une perméabilité moyenne. Pas de réaction à l'Hcl.

07-20cm : Horizon de couleur gray, très peu perméable, très humide, très compact, à texture argileuse et à structure continue. La matière organique est faible, restes invisibles. Présence de quelques traces d'hydromorphie : présence de concrétions contrastées. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

**Figure N° 16 : Description morphologique de la carotte
N°1 ; centre (C)**

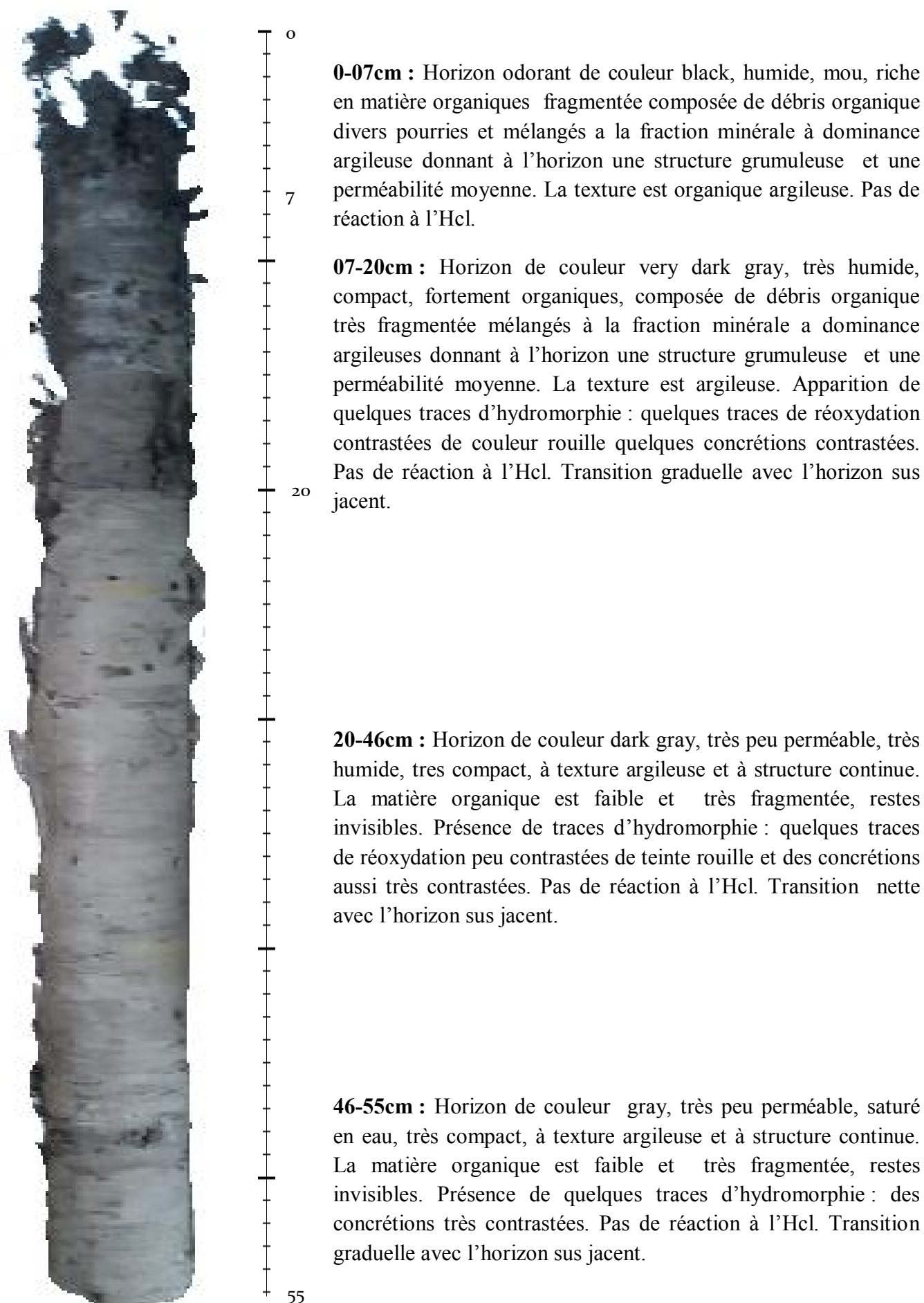


**Figure N° 17 : Description morphologique de la carotte N°1 ;
Ecotone (E₂)**



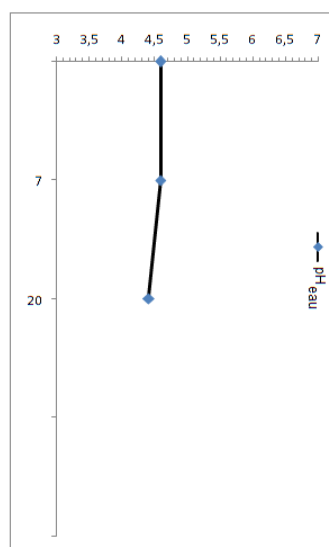
0-05cm : Horizon odorant de couleur black, très humide, mou, riche en matière organiques fragmentée composée de débris organique divers, pourries et mélangés a la fraction minérale à dominance argileuse donnant à l'horizon une structure grumuleuse et une perméabilité moyenne. La texture est organique argileuse. Pas de réaction à l'Hcl.

5-22cm : Horizon de couleur very dark brown, très humide, compact, fortement organiques, composée de débris organique très fragmentée mélangés à la fraction minérale a dominance argileuses donnant à l'horizon à consistance plastique et une perméabilité moyenne. La texture est argileuse. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

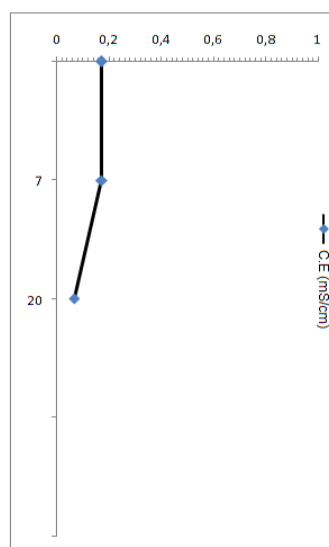
22-35cm : Horizon de couleur gray, très peu perméable, très humide, très compact, à texture argileuse et à structure continue. La matière organique est faible et très fragmentée, restes invisibles. Présence de traces d'hydromorphie : des concrétions aussi peu contrastées. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

35-60cm : Horizon de couleur light gray, très peu perméable, saturé en eau, très compact, à texture argileuse et à structure continue. La matière organique est faible et très fragmentée, restes invisibles. Présence de traces d'hydromorphie : des concrétions assez nombreuses et très contrastées et des traces de rouille. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

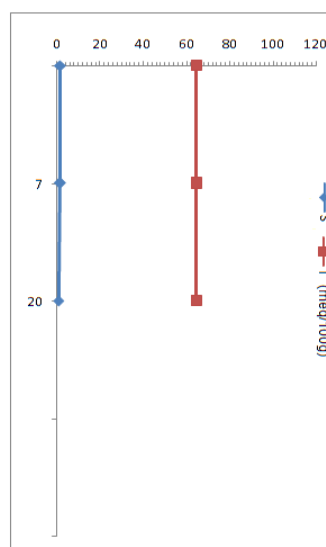
Graphes des résultats analytiques pour Tonga (E1)



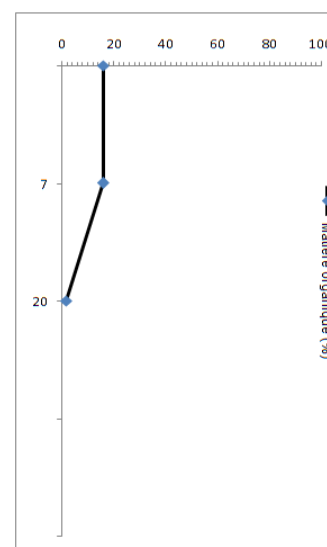
(A)



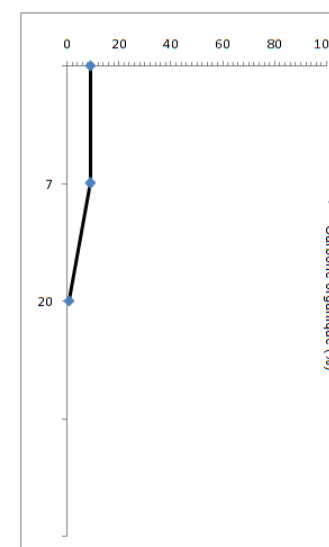
(B)



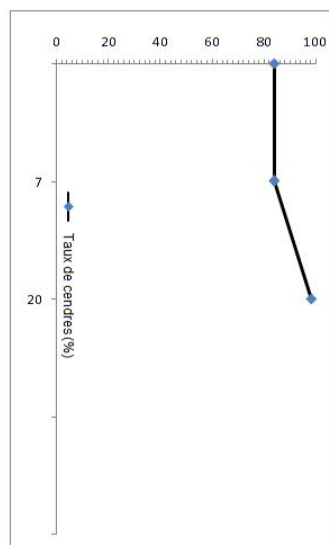
(C)



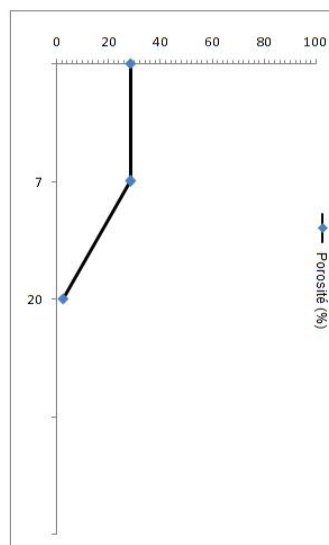
(D)



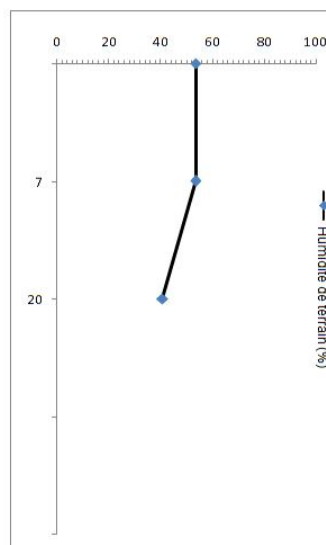
(E)



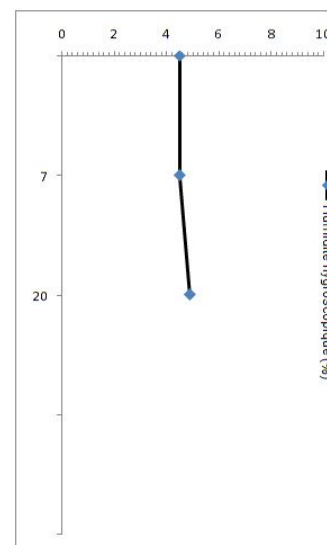
(F)



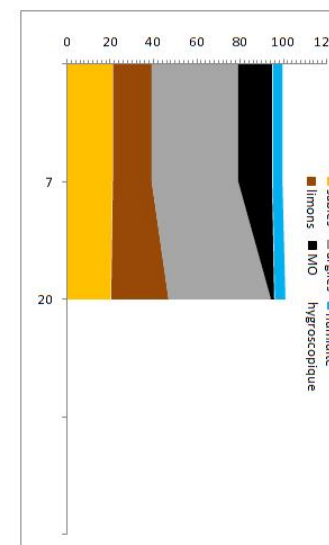
(G)



(H)

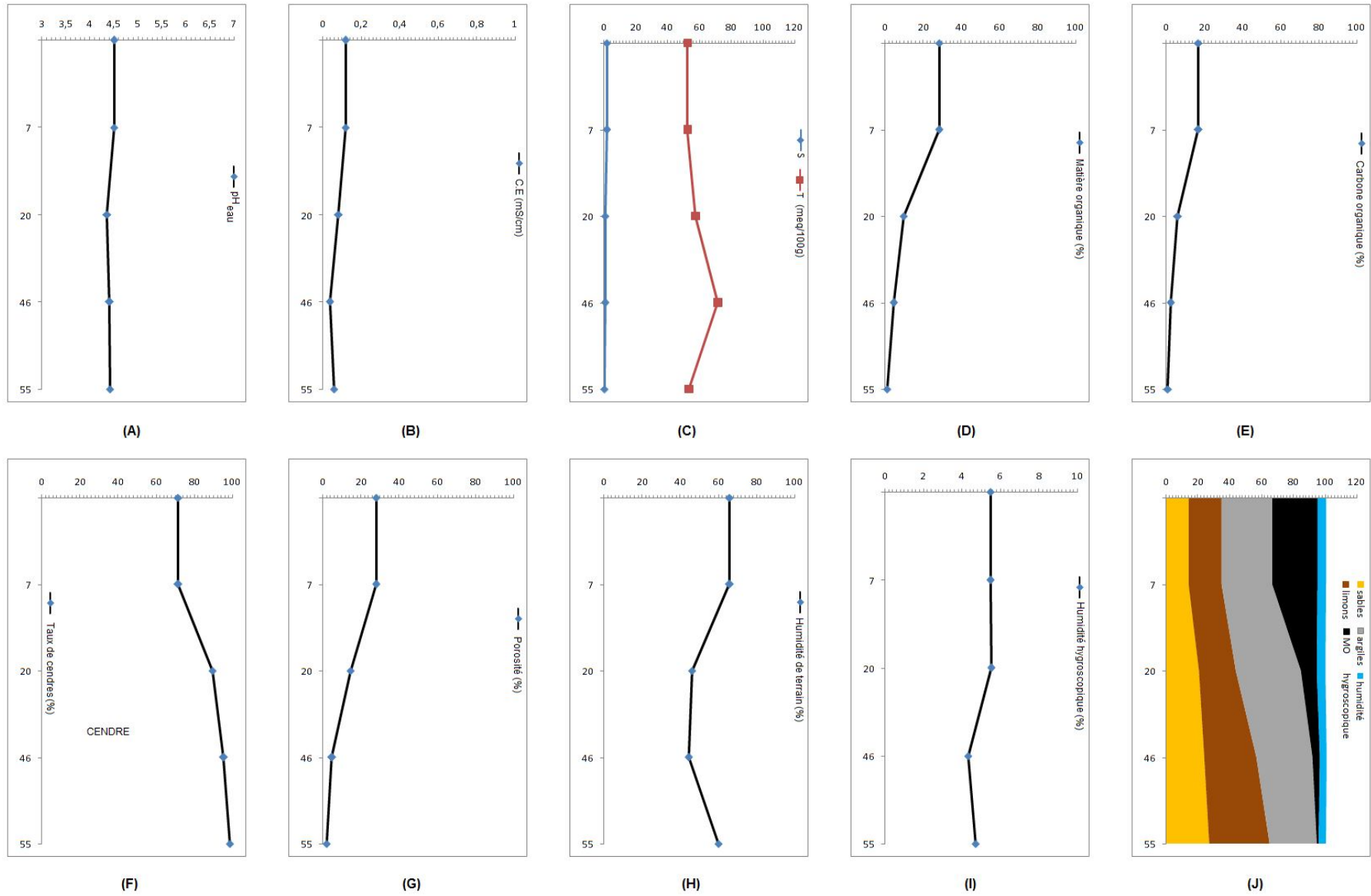


(I)

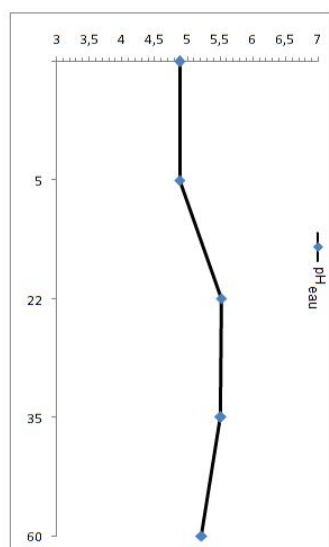


(J)

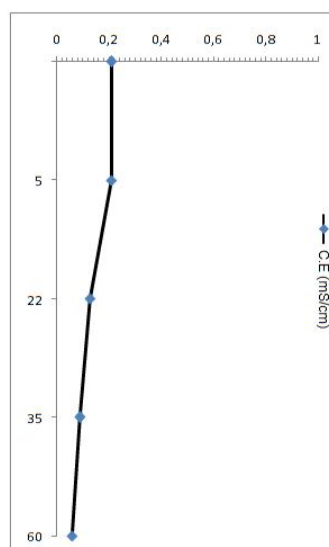
Graphes des résultats analytiques pour Tonga (C)



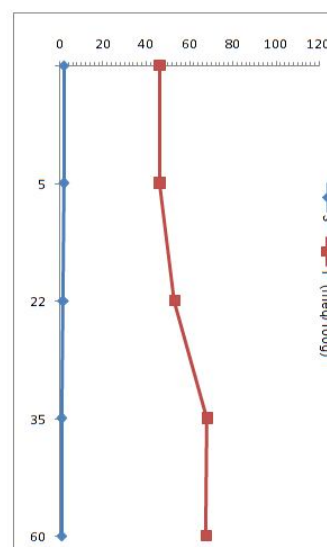
Graphes des résultats analytiques pour Tonga (E2)



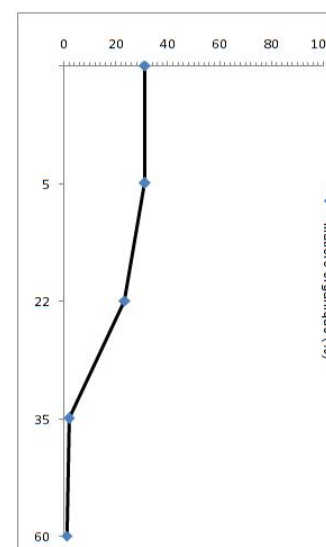
(A)



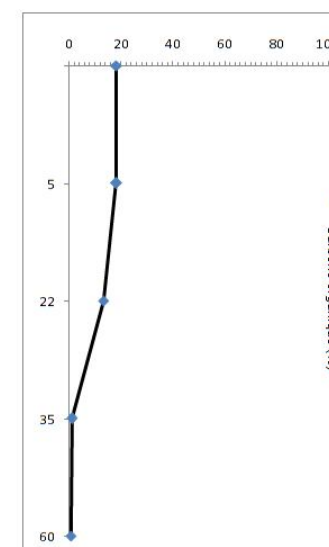
(B)



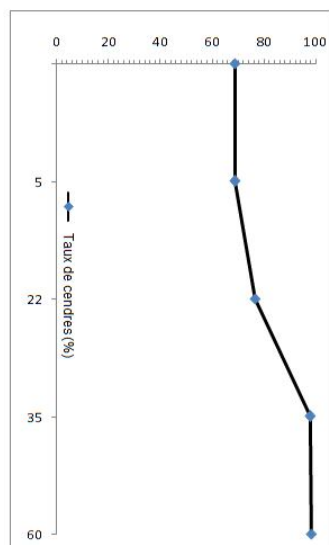
(C)



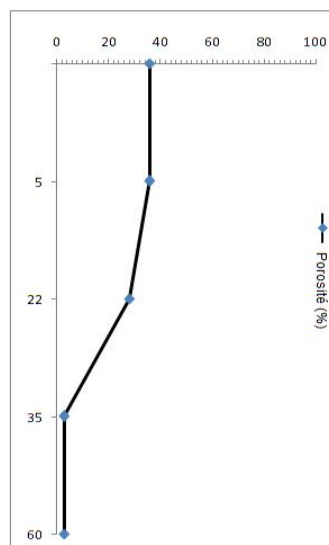
(D)



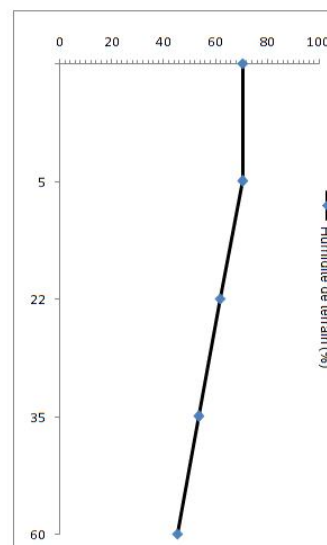
(E)



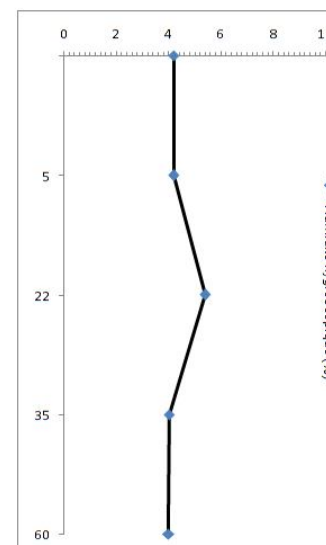
(F)



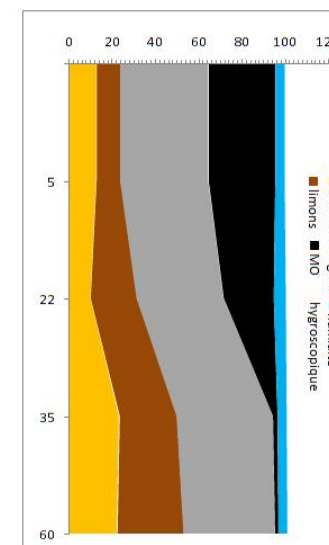
(G)



(H)



(I)



(J)

IV-1-2 Discussion des résultats :

a-Echantillon prélevé dans l'écotone (E₁) :

La description de l'échantillon prélevée dans cette parcelle à 20 cm de profondeur, ainsi que les résultats analytiques ont classé ce sol comme étant un solum à caractère hydromorphe : c'est un **REDUCTISOL TYPIQUE** à saturation permanente remontant saisonnièrement dans le solum, constitué du haut vers le bas d'un horizon A et d'un horizon Go. Le premier est organo-minéral, à texture argileuse, bien humifiée (15% de matière organique) ; le second (Go) est un horizon réductique temporairement réoxydé : la saturation en eau est interrompue périodiquement ; des taches de teintes rouille dues à la redistribution du fer, migrant lors du dessèchement de l'horizon, de l'intérieur des agrégats vers leurs périphérie font leur apparition ainsi que des concrétions qui viennent tacher la matrice principal et c'est le cas pour notre solum (**figure N°15**) (**FAVROT & VIZIER, 1995**). La chute du taux de porosité de l'horizon de surface vers l'horizon sous jacent (**graphe G**), est due d'une part à la texture du sol et d'autre part à la teneur en matière organique car ses apports ou ses pertes influencent énormément ce paramètre et par voie de conséquence la capacité de rétention en eau (**graphe I**) à cause de sa nature hydrophilique/hydrophobique (**KLUTE, 1986**). Pour ce qui est de la fraction minérale, les argiles avec des taux acceptables (supérieur à 40%), contribuent également à retenir l'eau; ces minéraux sont aussi de nature hydrophilique, entre deux feuillets, existe une distance variable, accessible à l'eau retenue par des forces polaires et par des liaisons (**BRIDGES, 1997**). Le fort taux d'humidité de terrain (**graphe H**) est dû probablement à la présence d'une nappe d'eau remontant saisonnièrement dans le solum alimentée souterrainement (**DUCHAUFOR, 1977**) et c'est ce qui oriente la pédogénèse vers l'hydromorphie.

Pour ce qui est des propriétés chimiques de nos deux horizons, le pH eau est du haut vers le bas très fortement acide (4,5 – 5,0) à extrême acide (< 4,5) (échelle d'après **DOUCET, 2006**) ; la conductivité électrique qui est un paramètre proportionnelle à la qualité des sels ionisables, elle constitue une bonne indication du degré de minéralisation du sol (**DUCHAUFOR, 1983**), enregistre des valeurs (**graphe B**) qui classe nos deux couches comme très pauvre, non salé, étant au dessous du seuil admis (de 0 à 0,25 mS/cm, sol peu salé d'après **CARRIER, 2003**). En effet, les teneurs en cations basiques sont jugées très faibles globalement (**graphes C**) avec une absence très marquée pour les cations alcalino-terreux (Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺). Pour ce qui est de la capacité d'échange cationique, elle est de 65 mé/100g dans les deux horizons. Cependant on remarque qu'il existe une corrélation directe hautement significative entre cette capacité d'échange et les teneurs en matière organique et en argile enregistré dans les deux couches :

elle est essentiellement et respectivement liées au taux de matière organique en haut et au taux d'argile qui intervient d'une manière dominante en bas, car on sait que la capacité d'échange de la matière organique se situe entre 200 et 500 mé/100g, alors que pour l'argile, elle diffère selon le type (la Kaolinite, de 3 à 15 mé/100g, alors que la vermiculite, de 100 à 150 mé/100g) (MERMOUD, 2006). Résultat, le taux de saturation du complexe adsorbant par les cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) et des cations alcalins (Na^+ et K^+) est très faible (**graphe C**) lui donnant le qualificatif de désaturé utilisé lorsque le taux de saturation est inférieur à 20% (MARTIN ET NOLIN, 1991).

b-Echantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (C) :

Ce type de sol se forme dans des dépressions caractérisées par une nappe alimentée souterrainement (DUCHAUFOR, 1977) (dépression occupé par l'aulnaie de Tonga).

La description de la carotte prélevée dans cette parcelle, longue de 55 cm ainsi que les résultats analytiques ont classé ce sol comme étant un solum à caractère hydromorphe : c'est un **REDUCTISOL TYPIQUE** à saturation permanente remontant saisonnièrement dans le solum, constitué du haut vers le bas d'un horizon A_0 , A_1 , Go , et d'un horizon Gr . Le premier horizon où la fraction organique est dominante (supérieur à 20%), est en effet une litière noire très décomposée constitué de divers débris. Le second horizon A_1 est organo-minéral humifiée (10,14% de matière organique), intimement mélangée à la fraction minérale à dominance argileuse car selon DUTHIL, (1971), une terre est humifère lorsque le pourcentage de matière organique avoisine les 10%. Le troisième horizon (Go) est un horizon réductique temporairement réoxydé, la saturation en eau est interrompue périodiquement témoigné par l'apparition de taches couleur rouille dues à la redistribution du fer, migrant lors du dessèchement de l'horizon, ou bien alors la présence de concrétions noir qui viennent tacheter la matrice principal ainsi que des taches couleur rouille (**graphe N°16**)., et c'est le cas de notre solum. Le dernier horizon (Gr) est un réductique *sensu stricto* mais n'a pas été échantillonné complètement sauf une partie car il est plus encore plus en profondeur caractérisé par une couleur uniformément grisâtre, présent dans les dépressions caractérisées par une nappe alimentée souterrainement (DUCHAUFOR, 1977). En effet le milieu est plus réducteur à la base du profil qu'à sa partie moyenne où une réoxydation partielle intervient souvent (KAURICHEV & SHISSHOVA, 1967).

L'analyse granulométrique a montré la dominance des limons et des argiles (**graphe J**)., les premiers malgré qu'il offrent une texture particulière souvent très défavorable car la quantité de colloïdes minéraux est insuffisante pour permettre la formation d'agrégat (DUCHAUFOR,

1970), leur effet est atténué par les seconds minéraux qui eux malgré qu'il alourdisse le sol et l'imperméabilise quand ils sont présent en grande quantité, contribuent considérablement à retenir l'eau entre ces feuillets car ces minéraux sont de nature hydrophilique (**BRIDGES, 1997**) d'où cet appréciable taux d'humidité hygroscopique (**graphe I**). La porosité est affecté par la texture qu'offre ces minéraux combinés ; elle varie de haut en bas (**graphe G**) mais on remarque qu'elle suit la même tendance que celle de la matière organique car on sait bien cette dernière influence énormément ce paramètre et par voie de conséquence, la densité apparente. Aussi, elle a un effet direct sur la fonction de rétention en eau à cause de sa nature hydrophilique/hydrophobique (**KLUTE, 1986**). Le taux d'humidité de terrain est élevée (**graphe H**), conditionné par l'espace poral car ce dernier détermine le volume du réservoir hydrique du sol (**BOULAINÉ, 1984**). L'origine de cet excès est dû à la présence d'une nappe d'eau proche de la surface remontant dans le solum, alimentée souterrainement (**DUCHAUFOR, 1977**),

Pour ce qui est des propriétés chimiques de nos quatre horizons, le pH est du haut vers le bas très fortement acide (4,5 – 5,0) dans le premier horizon et extrêmement acide (< 4,5) dans le reste du solum (échelle d'après **DOUCET, 2006**) ; la conductivité électrique (**graphe B**) signale des valeur ne dépassant pas le seuil admit pour classer un sol comme tant très pauvre, non salé (norme de 0 à 0,25 mS/cm)(**Carrier, 2003**), ce paramètre indique le degré de minéralisation du sol. (**DUCHAUFOR, 1983**). La somme des bases échangeables est faible globalement (**graphe C**) ; les cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) sont absent; la capacité d'échange cationique est au dessus de 50 mé/100g dans tous horizons et atteint son maximum dans le troisième horizon réoxydé (71 mé/100g). On remarque qu'il existe une corrélation directe entre cette capacité d'échange et les teneurs en matière organique et en argile enregistré deux couches : elle est essentiellement et respectivement liées au taux de matière organique dans les deux horizons de surface car cette dernière possède une capacité d'échange entre 200 et 500 mé/100g. Par contre la capacité d'échange des deux horizons sous jacent est sous l'influence du taux d'argile qui intervient d'une manière dominante sachant que sa capacité d'échange diffère selon le type d'argile (la Kaolinite, de 3 à 15 mé/100g, alors que la vermiculite de 100 à 150 mé/100g) (**MERMOUD, 2006**). D'après **MARTIN ET NOLIN, (1991)**, Le complexe adsorbant est qualifié de désaturé en éléments majeurs (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) car son taux de saturation est très faible inférieur à 20% (**graphe**).

c-Echantillon prélevé dans l'écotone (E₂) :

D'après la description morphologique de cette carotte prélevée longue de 60 cm, ainsi que les résultats analytiques ont classé ce sol comme étant aussi un solum à caractère hydromorphe, par contre : c'est un **REDUCTISOL TYPIQUE à Anmoor** à saturation permanente, constitué de la surface vers la profondeur d'un horizon Ao suivi du An, An/Gr et se termine par un Gr. En effet les cinq premiers centimètres constituent en litière non ou partiellement décomposée, contenant plus de 30% de matière organique. Cet horizon repose sur un humus de type anmoor d'épaisseur inférieure à 40 cm et contenant 23% de matière organique car ce type d'humus se forme sous l'influence d'un engorgement prolongé par une nappe permanente à faible battement est soumis à des périodes successives d'humectation et de dessiccation partielle, à la fois fortement humifié et bien incorporé au matériel minéral (souvent riche en argiles, moins de 30% de matière organique) (**VIZIER, 1995**). En effet cet horizon possède 40% d'argiles et un taux de matière organique de 23%. Ce type d'humus contient beaucoup d'acides humiques gris, qui lui donne une teinte foncée (**figure N°17**) (**SCHAEFER, 1975 ; ALMENDROS, 1980**). La faible activité animale ne permet généralement pas aux anmoor d'acquérir une structure grumeleuse aérée (**DUCHAUFOR, 1983**). Le troisième horizon An/Gr, fait la transition entre l'anmoor et l'horizon Gr ; son taux de matière organique est de 2% comparé à celui de l'horizon sous jacent (Gr) qui est un horizon réductique *sensu stricto* caractérisé par une couleur uniformément grisâtre (**AFES, 1995**), se formant dans des dépressions caractérisées par une nappe alimentée souterrainement (**DUCHAUFOR, 1977**) mais qui n'est pas été échantillonné parce qu'il est très profond. L'absence de tache de réoxydation justifie la classe qu'on a attribué à ce solum car ce type de sol est présent dans les milieux anaérobique ou semi-anaérobique permanents (**DUCHAUFOR, 1983**) où le fer ferreux l'emporte largement sur le fer ferrique dans tout le profil (**NGUYEN KHA & DUCHAUFOR, 1969**).

L'analyse granulométrique de ces couches a fait ressortir la dominance des argiles intimement liée à la matière organique, influençant en quelques sortes certains caractères pédologiques. En effet on remarque que la porosité total conditionnée surtout par la texture du sol, s'atténue au fur et à mesure que la matière organique suit cette même tendance car on sait que les apports ou les pertes de cette dernière influencent énormément l'espace poral (**graphe G**), de même que pour la capacité de rétention en eau (**graphe I**) ; car d'après **KLUTE, (1986)**, la matière organique a un effet direct sur la fonction de rétention en eau à cause de sa nature hydrophilique/hydrophobique. Pour ce qui est de la fraction minérale, les argiles avec leur taux acceptables supérieur à 40%, contribuent également grâce à la distance qui existe entre

leur feuillets à retenir l'eau donnant par des forces polaires et par des liaisons (**BRIDGES, 1997**). Le fort taux d'humidité de terrain dépassant les 45% est dû à la présence d'une nappe d'eau alimentée souterrainement (**DUCHAUFOR, 1977**).

Pour ce qui est des caractéristiques chimiques de nos quatre horizons, le pH eau fluctue peu mais reste quand même acide ; il va de la surface vers la profondeur de très fortement acide (4,5 – 5,0) à fortement acide (5,1 – 5,5) (échelle d'après **DOUCET, 2006**). La chute progressive de la conductivité électrique de la surface vers la profondeur (**graphe B**) a estimé que notre sol était non salé, à faible degré de minéralisation (norme de 0 à 0,25 mS/cm d'après **CARRIER, 2003**). Les faibles teneurs en cations majeurs (**graphe C**), l'absence très marquée du Calcium et du Magnésium ainsi que la capacité d'échange cationique enregistrée qui est en équilibre chez tous les horizons avec un contraste entre la fraction à dominance organique (Ao, An ont une capacité d'échange de, respectivement 46 et 53 mé/100g) et la fraction minérale (A/Gr, Gr ont une capacité d'échange de, respectivement 68 et 67 mé/100g), c'est-à-dire que cette capacité d'échange est sous l'emprise de la matière organique en haut du solum alors qu'en bas, c'est les argiles qui interviennent (en effet, la capacité d'échange de la matière organique se situe entre 200 et 500 mé/100g alors que pour l'argile elle diffère selon le type : la Kaolinite, de 3 à 15 mé/100g, alors que la vermiculite, sa capacité d'échange est de 100 à 150 mé/100g) (**DEJOU & al, 1961**) donnent un taux de saturation du complexe adsorbant très faible (**graphe C**) lui donnant le qualificatif de désaturé (qualificatif utilisé quant la capacité d'échange est <20%) (**MARTIN & NOLIN, 1991**).



Figure N° 18 : Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E₁)

0-11cm : Horizon de couleur black, humide, meuble, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres organisées horizontalement et de racines saines et nécrosées donnant à l'horizon une structure fibreuse et une très bonne perméabilité. Présence de quelques macro-restes. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est indéterminé (l'horizon n'est pas gorgé d'eau). Pas de réaction à l'Hcl.

11-18cm : Horizon de couleur very dark brown, humide, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres organisées horizontalement et de racines pourries donnant à l'horizon une structure fibreuse, une certaine cohérence et une bonne perméabilité. Présence de quelques macrorestes. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est indéterminé (l'horizon n'est pas gorgé d'eau). Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

18-27cm : Horizon de couleur dark brown, humide, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres organisées horizontalement et de racines nécrosées donnant à l'horizon une structure fibreuse, une certaine cohérence et une bonne perméabilité. Présence de quelques macro-restes. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est indéterminé (l'horizon n'est pas gorgé d'eau). Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

27-47cm : Horizon de couleur very dark gray, très humide, riche en matière organiques fragmentée composée de fibres inorganisées et de racines pourries donnant à l'horizon une structure fibreuse, une certaine cohérence et une bonne perméabilité. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est H7. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

47-60cm : Horizon de couleur pale yellow, très perméable, saturé en eau, mou moyennement organique, restes invisibles. La texture est sableuse. On. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

**Figure N° 19 : Description morphologique de la carotte
N°1 ; centre (C)**



0-20cm : Horizon odorant de couleur very dark brown, humide, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres organisées verticalement et de racines saines et nécrosées donnant à l'horizon une structure fibreuse, une certaine cohérence et une bonne perméabilité. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est indéterminé (l'horizon n'est pas gorgé d'eau). Pas de réaction à l'Hcl.

20-60cm : Horizon très odorant de couleur brown, très humide, mou, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres organisées verticalement et de racines saines, nécrosées et pourries donnant à l'horizon une structure spongieuse et une très bonne perméabilité. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est H7. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

**Figure N° 20 : Description morphologique de la carotte
N°2 ; centre (C)**



60-97cm : Horizon très odorant de couleur dark brown, saturé en eau, mou, riche en matières organiques peu fragmentée composée de fibres inorganisées et de racines saines, nécrosées et pourries donnant à l'horizon une structure spongieuse et une très bonne perméabilité. Présence de quelques macro-restes. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humidité est H6. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

97-103cm : Horizon très odorant de couleur very pale brown, très perméable, saturé en eau, mou, assez riche en matière organique très fragmentée avec présence de quelques racines pourries. La texture est sableuse-organique. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

0-10cm : Horizon très odorant de couleur black, humide, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres inorganisées et de racines saines et nécrosées donnant à l'horizon une structure fibreuse, une certaine cohérence et une bonne perméabilité. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est indéterminé (l'horizon n'est pas gorgé d'eau). Pas de réaction à l'Hcl.

17-23cm : Horizon très odorant de couleur dark reddish brown, humide, mou, riche en matières organiques peu fragmentée composée de fibres inorganisées et de racines pourries donnant à l'horizon une structure spongieuse et une bonne perméabilité. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est indéterminé (l'horizon n'est pas gorgé d'eau). Pas de réaction à l'HCl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

23-36cm : Horizon très odorant de couleur dusky red, très humide, mou, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres inorganisées et de racines pourries donnant à l'horizon une structure spongieuse et une bonne perméabilité. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est H6. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

36-60cm : Horizon très odorant de couleur dark brown, très humide, mou, riche en matières organiques peu fragmentée composée de fibres inorganisées et de racines pourries donnant à l'horizon une structure spongieuse et une bonne perméabilité. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est H7. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

**Figure N° 22 : Description morphologique de la carotte
N°2 ; Ecotone (E₂)**

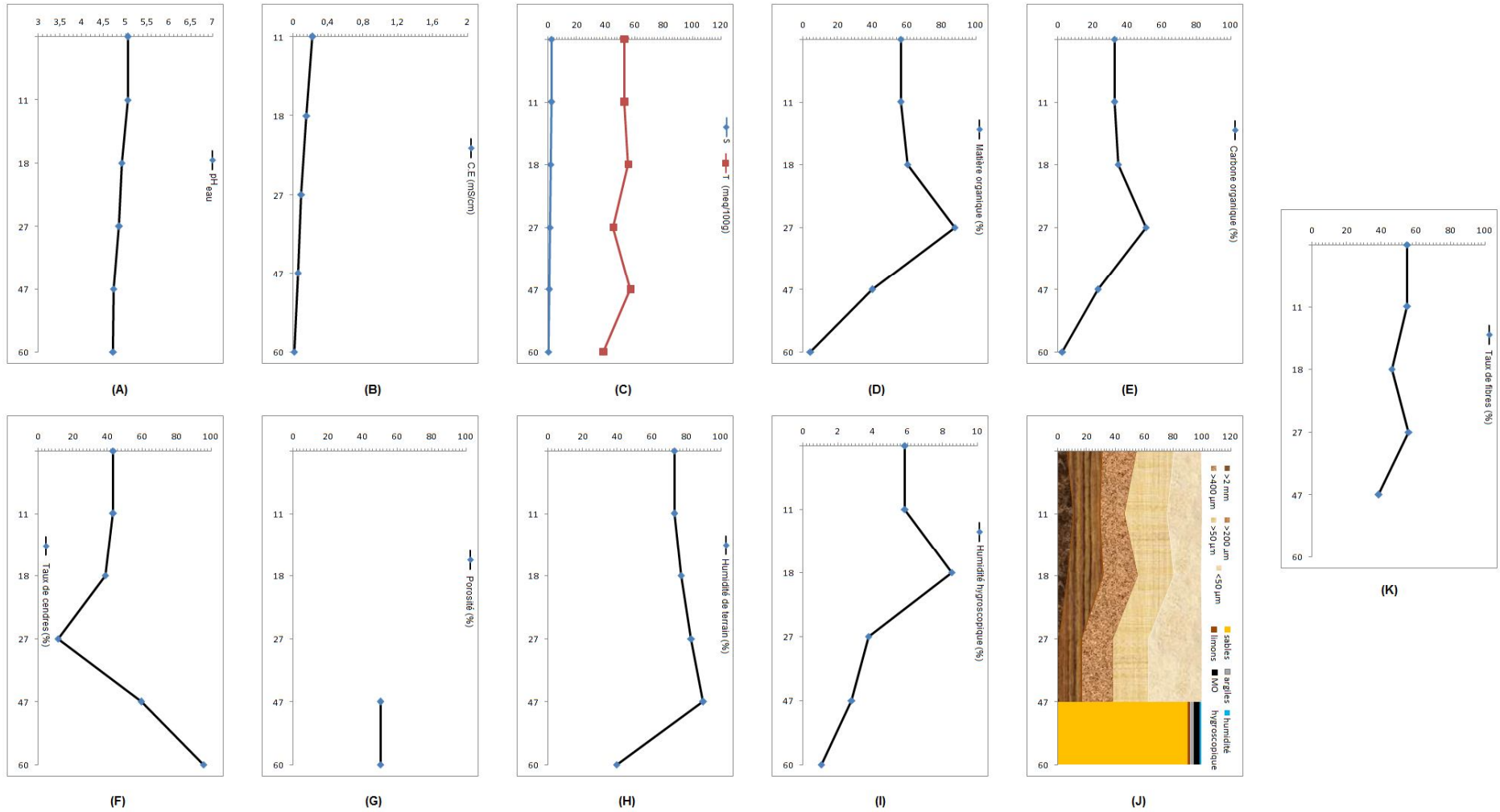


60-75cm : Horizon très odorant de couleur black, saturé en eau, mou, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres inorganisées et de racines pourries donnant à l'horizon une structure spongieuse et une bonne perméabilité. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est H7. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

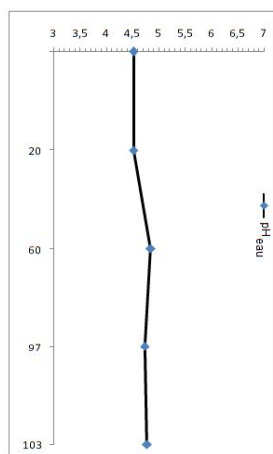
75-105cm : Horizon très odorant de couleur dark brown, saturé en eau, mou, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres inorganisées et de racines pourries donnant à l'horizon une structure spongieuse et une très bonne perméabilité. Présence de quelques macro-restes. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est H6. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

105-110cm : Horizon odorant de couleur grayish brown, très perméable, saturé en eau, meuble, à texture sablo-limoneuse. Le taux de matière organique est moyen, présence de quelques racines pourries. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

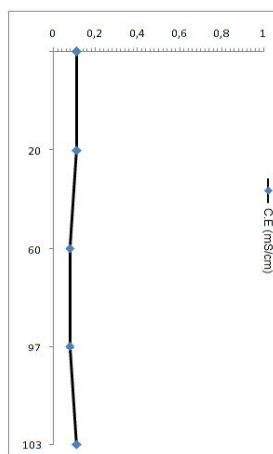
Graphes des résultats analytiques pour Boumalek (E1)



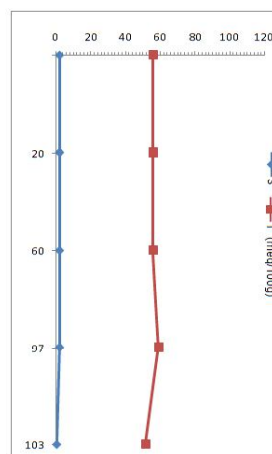
Graphes des résultats analytiques pour Boumalek (C)



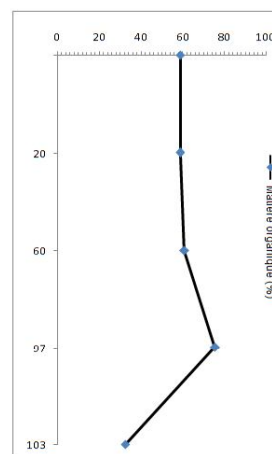
(A)



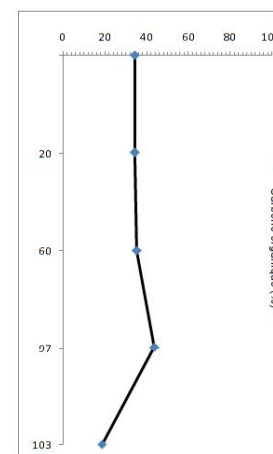
(B)



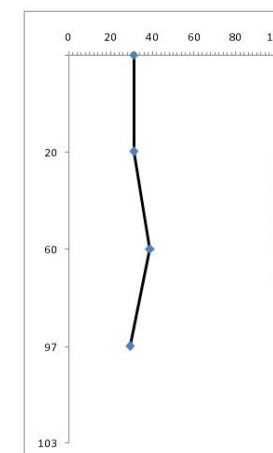
(C)



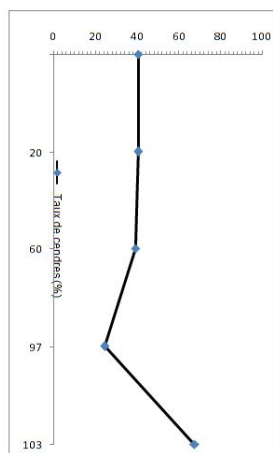
(D)



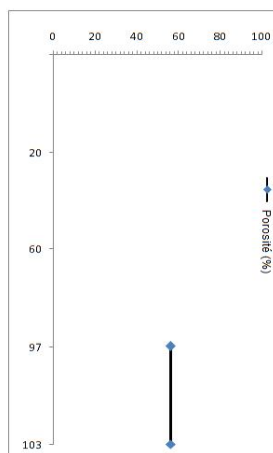
(E)



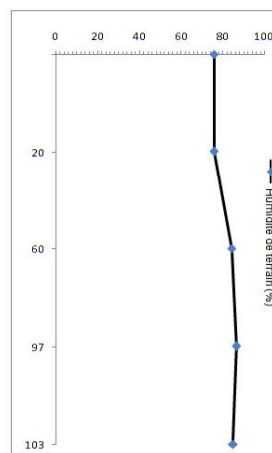
(K)



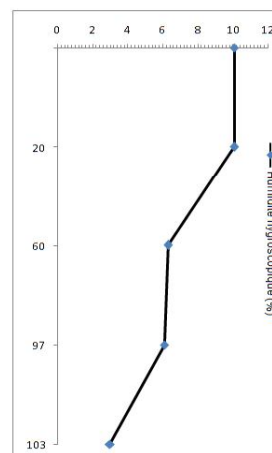
(F)



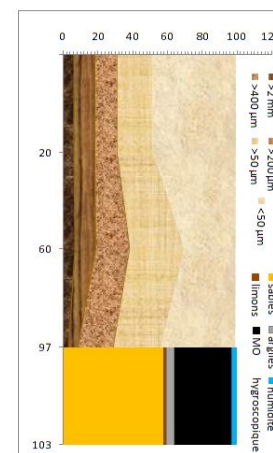
(G)



(H)

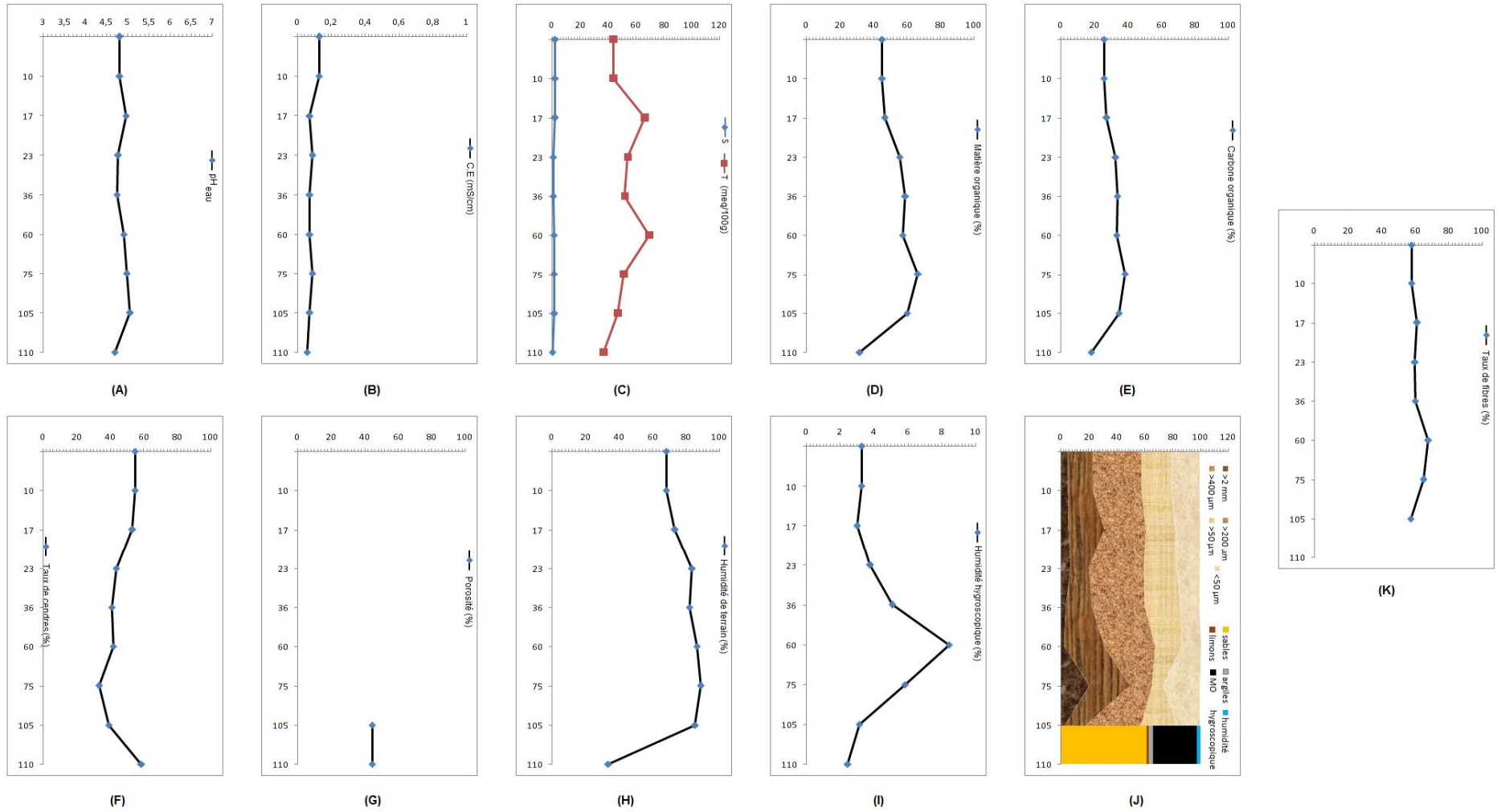


(I)



(J)

Graphes des résultats analytiques pour Boumalek (E2)



IV-2-2 Discussion des résultats :

a-Echantillon prélevé dans l'écotone (E₁) :

La description morphologique de la carotte prélevée dans cette parcelle corrélée aux résultats analytiques ont classé ce sol comme étant un **HISTOSOL LEPTIQUE (TOURBE ACIDE, d'après DUCHAUFOR, 1983)**. D'un point de vue pédologique la tourbe appartient aux sols hydromorphes (**DUCHAUFOR, 1997**) ; c'est une succession d'horizons histiques caractérisés par des proportions différentes entre la matière organique et l'eau, se forme en milieu saturé par l'eau pendant des périodes prolongées et compose principalement de débris végétaux (**LAPLACE-DOLONDE, 1995**). En effet la teneur en matière organique est supérieur à 40%, atteint même les 90% (**graphe D**), d'une épaisseur de 50 cm, car un sol est appelé **HISTOSOL**, lorsque ce dernier enregistre un taux en matière organique de 20 à 30% (**HEATHWAITE & al., 1993**) et une épaisseur minimal de 30 à 50 cm (**WEBER, 1903**). Ce solum est **LEPTIQUE** parce que les horizons histiques (H) sont de plus de 10 cm d'épaisseur au total, reposent sur un substrat meuble (dans notre cas, c'est les sables forment le substrat) ; aussi, une autre condition est que le contact a lieu avant 60 cm pour les horizons Hf (**AFES, 1995**). (Hf), veut dire horizon histique fibrique. Pour que cette appellation soit attribuée à un horizon, d'après **GOBAT & al, (1990)**, il faut que le taux de fibres soit supérieur à 40%, c'est le cas : (**graphe K**), pour être plus précis, le triangle des textures organiques (**voir annexe N°4**) (**GOBAT & al, 1990**), a attribué à nos horizons en allant de la surface vers la profondeur, une texture fibrique à mixtes et micro agrégats pour les trois horizons de surface, ainsi qu'une texture mésique-fibrique à mixtes et à micro agrégats.

La capacité de rétention en eau dans les horizons histiques (**graphe I**) est proportionnelle au taux de matière organique et à son degré de décomposition car cette dernière est de nature hydrophilique/hydrophobique (**KLUTE, 1986**). Pour ce qui est de l'humidité de terrain dans ces mêmes horizons, son taux dépasse en générale les 70% dû à la présence d'une nappe proche de la surface remontant dans le solum, alimentée souterrainement (**DUCHAUFOR, 1977**). Ce fort taux d'humidité est aussi dû à la nature des constituants car la tourbe peut atteindre 97% de son poids frais (**HEATHWAITE & al., 1993**),

Pour ce qui est du taux de matière organique dans l'horizon sableux (**graphe D**) à faible capacité de rétention en eau et à forte perméabilité du fait de sa forte macroporosité (**LABORIER, N.D**) (**graphe I et graphe G**), il montre une transition brutal entre accumulation organique et accumulation minérale, c'est-à-dire qu'il n'existe par un horizon organo-minéral ou semi tourbeux faisant la transition. Malgré ca, cette quantité de matière organique améliore cet horizon par sa capacité à retenir l'eau, et par voie de conséquence, influe sur la densité

apparente. Pour ce qui est de son taux d'humidité de terrain (**graphe H**), sa saturation justifie ce qui a été mentionnée précédemment, concernant la présence d'une nappe proche de la surface alimentée souterrainement.

Chimiquement, on remarque que le pH est fortement acide dans l'horizon de surface (5,1 – 5,5) puis devient très fortement acide (4,5 – 5,0) dans les horizons sous jacents (**graphe A**) (échelle d'après **DOUCET, 2006**). La conductivité électrique décroît en allant vers la profondeur (**graphe B**) mais classe tous les horizons comme étant non salé (de 0 à 0,25 mS/cm considéré comme étant un sol peu salé d'après **CARRIER, 2003**). La somme des bases échangeables suit cette même tendance mais reste très faible en général (**graphe C**) avec une absence marquée des cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}). La capacité d'échange cationique est presque identique dans les trois horizons histique de surface et augmente dans l'horizon mesique-fibrique (**graphe C**), jugée faible pour un tel sol (généralement de 100 à 500 mé/100g) (**LAPLACE-DOLONDE, 1995**). L'augmentation de la capacité d'échange dans l'horizon qui côtoie l'horizon minéral est dû probablement à son degré de décomposition par rapport aux horizons histique sus jacent, car selon **GOBAT, (2003)** les tourbes jeunes ayant des valeurs de capacité d'échange plutôt basse, la capacité d'échange dépend aussi de l'origine botanique et du degré d'humification. Pour ce qui est de la capacité d'échange de l'horizon minéral jugée faible (**graphe C**) mais le serait encore plus si il n'était pas peu humifiée car la matière organique et les argiles par leurs propriétés colloïdales, peuvent développer des charges importantes à leur surface (**BRADY & al., 2002**). Les argiles étant présentes en faible quantité (**graphe**), c'est-à-dire que la fraction minérale contribue peu à la capacité d'échange. Résultats, le taux de saturation du complexe adsorbant par les cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) et des cations alcalins (Na^+ et K^+) est très faible (**graphe C**) inférieur à 20% et suit la même évolution que celle du pH lui donnant le qualificatif de désaturé (**MARTIN ET NOLIN, 1991**).

b-Echantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (C) :

La description morphologique des deux carottes prélevées à l'intérieur de l'aulnaie, combinée aux résultats analytiques, ont classé ce sol comme étant un **HISTOSOL MESIQUE (TOURBE ACIDE, d'après DUCHAUFOR, 1983)**, se formant en milieu saturé par l'eau pendant des périodes prolongées et compose principalement de débris végétaux (**LAPLACE-DOLONDE, 1995**). Ce type de sol comprend 20 à 30% de matière organique (**HEATHWAITE & al., 1993**) et une épaisseur minimal de 30 à 50 cm (**WEBER, 1903**) : c'est le cas pour notre sol même que le taux de matière organique dépasse largement ce seuil (**graphe D**). Il est qualifié de **MESIQUE**

car le solum présente des horizons Hm prédominants de plus de 40 cm d'épaisseur (AFES, 1995) d'un taux de fibres entre 20 et 40% (**graphe K**) (GOBAT & *al*, (1990)). En effet ces horizons ont tous d'après le triangle des textures organiques, une texture fibrique à mixtes et micro agrégats. Cette succession d'accumulations organiques reposent sur un horizon mixte organo-minéral, noir, à structure fondue, dénommé Bh par MENUT, (1974)

La capacité de rétention en eau (**graphe I**) est proportionnelle au taux de matière organique et à son degré de décomposition car cette dernière est de nature hydrophilique/hydrophobique (KLUTE, 1986). Elle chute quelque peu dans le **Bh** dû à la dominance des sables qui offrent une bonne porosité (**graphe G**), mais une faible capacité de rétention en eau du fait de sa forte macroporosité (LABORIER, N.D). Pour ce qui est de l'humidité de terrain, son taux dépasse en générale les 75% dû d'une part à la présence d'une nappe proche de la surface saturant le solum en permanence, alimentée souterrainement (DUCHAUFOR, 1977) mais d'autre part à la nature des constituants car la tourbe peut atteindre 97% de son poids frais (HEATHWAITE & *al*, 1993).

Chimiquement, le pH (**graphe A**) enregistre des valeurs classant notre sol comme étant très fortement acide (4,5 – 5,0) (échelle d'après DOUCET, 2006). La conductivité électrique (**graphe B**) montre que notre sol est pauvre chimiquement, non salé, car cette dernière est proportionnelle à la qualité des sels ionisables (DUCHAUFOR, 1983) (qualifié de peu salé entre 0 à 0,25 mS/cm, d'après CARRIER, 2003). La somme des bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) est très faible dans les horizons histiques et l'est encore plus dans l'horizon minéral (**graphe C**) avec une absence marquée des cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) ce qui acidifie plus le sol car ces deux dernière bases conditionnent la valeur du pH.

La capacité d'échange cationique est presque identique dans les trois horizons histiques avec une petite augmentation dans le dernier horizon de cette même collection (**graphe C**), jugée faible pour un tel sol (généralement de 100 à 500 mé/100g) (LAPLACE-DOLONDE, 1995) ; ceci est probablement parce que notre tourbe est peu mature témoigné par ce taux de fibres et qui s'atténue quelque peu dans le dernier horizon histique, plus décomposé que ces confrères d'où cette différence de capacité d'échange. Selon GOBAT, (2003) les tourbes jeunes ont des valeurs de capacité d'échange plutôt basse, elle dépend de l'origine botanique et du degré d'humification.

Pour ce qui est de l'horizon **Bh**, sa capacité d'échange diminue peu du fait de la forte teneur en matière organique car cette dernière joue un rôle déterminant dans la capacité d'échange des sols sableux et une faible contribution de la fraction minérale vu la faible teneur en argiles (**graphe**) ; seuls ces deux constituants par leur propriétés colloïdales, peuvent développer des

charges importantes à leur surface (**BRADY & al., 2002**). En résumé, le taux de saturation du complexe adsorbant par les éléments majeurs est très faible et plus encore dans l'horizon organo-minéral (**graphe C**) inférieur à 20%, lui attribuant ainsi, d'après **MARTIN & NOLIN, (1991)** le qualificatif de désaturé.

c-Echantillon prélevé dans l'ecotone (E₂) :

Les résultats des analyses effectuées sur cet échantillon ainsi que sa description morphologique in situ, ont classé ce sol comme étant un **HISTOSOL FIBRIQUE (TOURBE ACIDE, d'après DUCHAUFOR, 1983)**, caractérisés par des proportions différentes entre la matière organique et l'eau (**graphe D et graphe H**), se forme en milieu saturé par l'eau pendant des périodes prolongées et compose principalement de débris végétaux (**LAPLACE-DOLONDE, 1995**). En effet la teneur en matière organique est supérieure à 45% d'une épaisseur de 105 cm, car un sol est appelé **HISTOSOL**, lorsque ce dernier enregistre un taux en matière organique de 20 à 30% (**HEATHWAITE & al., 1993**) et une épaisseur minimal de 30 à 50 cm (**WEBER, 1903**). Ce solum est **FIBRIQUE** car le taux de fibres (**graphe K**) est supérieur à 40% dans tous les horizons histiques. Pour être plus précis, le triangle des textures organiques (**GOBAT & al., 1990**) a attribué à nos horizons une texture fibrique à mixtes et micro agrégats. Cette succession d'accumulations organiques reposent sur un horizon mixte organo-minéral, noir, à structure fondue, dénommé **Bh** par **MENUT, (1974)**

La capacité de rétention en eau (**graphe I**) dans les horizons histiques varie avec le taux de matière organique ainsi qu'avec son degré de décomposition, car cette dernière est de nature hydrophilique/hydrophobique (**KLUTE, 1986**). On remarque que le taux d'eau retenue chute quelque peu dans le **Bh** à fraction minérale composée essentiellement de sables, offrant malgré tout une bonne porosité (**graphe G**), L'humidité de terrain, supérieure à 65%, en relation avec le degré de décomposition témoigne de la présence d'une nappe qui affleure alimentée souterrainement, c'est ce qui caractérise un sol hydromorphe sensu stricto (**DUCHAUFOR, 1983**).

En ce qui concerne les propriétés chimiques, ce sol est en général très fortement acide (4,5 – 5,0)(échelle d'après **DOUCET, 2006**); la conductivité électrique le classe comme étant non salé ne dépassant pas le seuil admis d'après **CARRIER, (2003)**(0 à 0,25 mS/cm est considéré comme non salé). La somme des bases échangeables suit cette même tendance, elle est très faible en général (**graphe C**) avec une absence marquée des cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) ; elle l'est encore plus dans l'horizon humifère.

La capacité d'échange cationique est presque identique dans les horizons histique vu que ces derniers sont classés comme étant fibrique jeune (**graphe K**), jugée faible pour un tel sol d'une capacité généralement de 100 à 500 mé/100g (**LAPLACE-DOLONDE, 1995**); ceci est probablement parce que notre tourbe est jeune témoigné par ce fort taux de fibres car selon **GOBAT, (2003)** les tourbes jeunes ont des valeurs de capacité d'échange plutôt basse, elle dépend de l'origine botanique et du degré de décomposition.

Pour ce qui est de la capacité d'échange de l'horizon **Bh** jugée faible (**graphe C**) mais le serait encore plus s'il n'était pas mélangée à de la matière organique car cette dernière ainsi que les argiles (enregistré comme faible dans cet horizon, **graphe J**) par leurs propriétés colloïdales, peuvent développer des charges importantes à leur surface (**BRADY & al., 2002**). Résultat, le taux de saturation du complexe adsorbant par le Ca^{++} , le Mg^{++} , le Na^+ et K^+ est très faible (**graphe C**) inférieur à 20% lui donnant le qualificatif de désaturé d'après **MARTIN & NOLIN, (1991)**.

IV-3 L'aulnaie de Souk Erriguibet :

IV-3-1 Description et résultats morpho-analytiques :



**Figure N° 23 : Description morphologique de la carotte N°1 ;
Ecotone (E₁)**

0-14cm : Horizon odorant de couleur black, très humide, mou, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres organisées verticalement et de racines nécrosées donnant à l'horizon une structure fibreuse et une bonne perméabilité. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est H. Pas de réaction à l'Hcl.

14-30cm : Horizon odorant de couleur very dark gray, très humide, mou, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres organisées verticalement et de racines nécrosées donnant à l'horizon une structure fibreuse et une bonne perméabilité. Présence de quelques macro-restes. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est H6. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

30-40cm : Horizon odorant de couleur dark gray, très humide, riche en matière organiques fragmentée composée de fibres organisées verticalement et de racines pourries donnant à l'horizon une structure fibreuse, une certaine cohérence et une bonne perméabilité. Présence de quelques macro-restes. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est H7. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

40-52cm : Horizon de couleur light gray, très perméable, très humide, mou, à texture sableuse et à structure particulaire. La matière organique est faible et très fragmentée, restes invisibles. Présence de quelques traces d'hydromorphie : traces de réduction sable couleur neutre. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

52-57cm : Horizon de couleur brown, très perméable, saturé en eau, mou, à texture sableuse et à structure particulaire. La matière organique est faible et très fragmentée, restes invisibles. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

57-60cm : Horizon de couleur light brownish gray, très perméable, saturé en eau, mou, à texture sableuse et à structure particulaire. La matière organique est faible et très fragmentée, restes invisibles. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

**Figure N° 24 : Description morphologique de la carotte
N°1 ; centre (C)**



0-23cm : Horizon odorant de couleur black, très humide, meuble, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres organisées horizontalement et de racines saines et nécrosées donnant à l'horizon une structure fibreuse et une très bonne perméabilité. Présence de quelques macro-restes. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est H5. Pas de réaction à l'Hcl.

23-34cm : Horizon odorant de couleur very dark gray, saturé en eau, cohérant, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres organisées verticalement et de racines nécrosées donnant à l'horizon une structure fibreuse et une très bonne perméabilité. Présence de quelques macro-restes. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est H7. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

34-51cm : Horizon de couleur brown, très humide, mou, assez riche en matière organiques très fragmentée composée de débris de fibres et de quelques racines pourries très fines mélangés à la fraction minérale donnant à l'horizon une structure particulaire et une bonne perméabilité. La texture est sableuse organique. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

51-60cm : Horizon de couleur dark brown, très perméable, saturé en eau, mou, à texture sableuse et à structure particulaire. La matière organique est moyenne et très fragmentée, restes invisibles. Présence de quelques traces d'hydromorphie : des concrétions très contrastées. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

**Figure N° 25 : Description morphologique de la carotte
N°2 ; centre (C)**

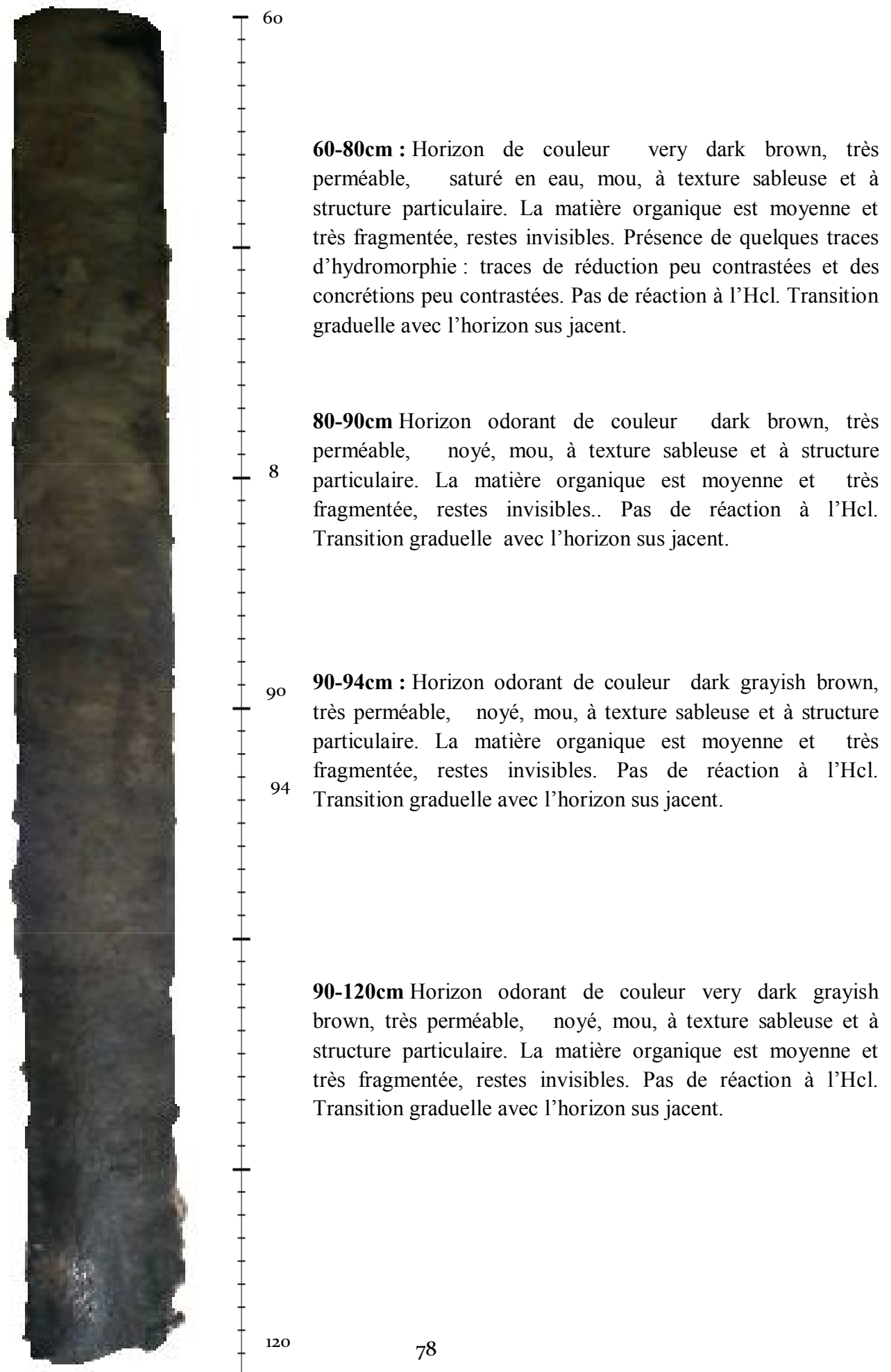
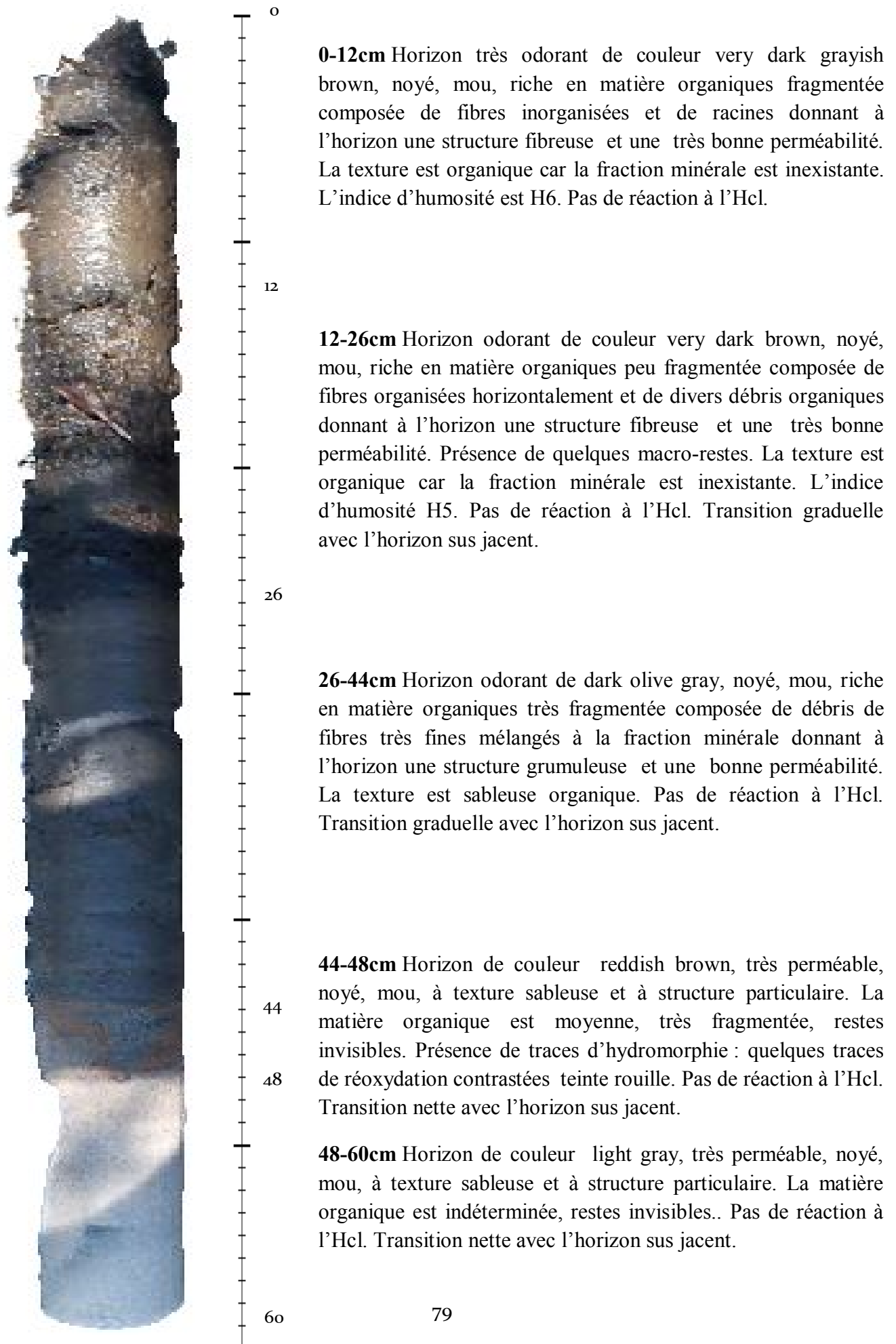
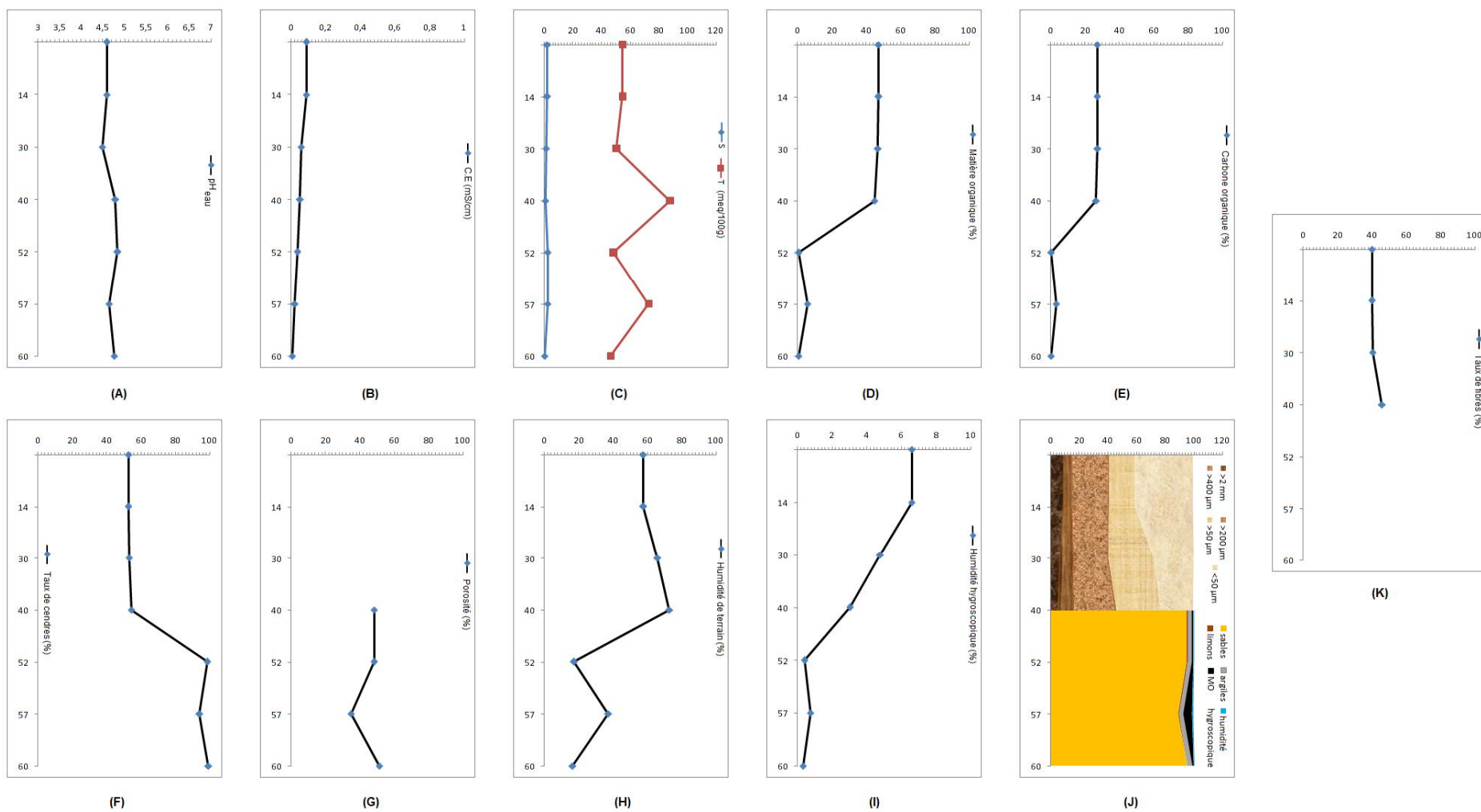


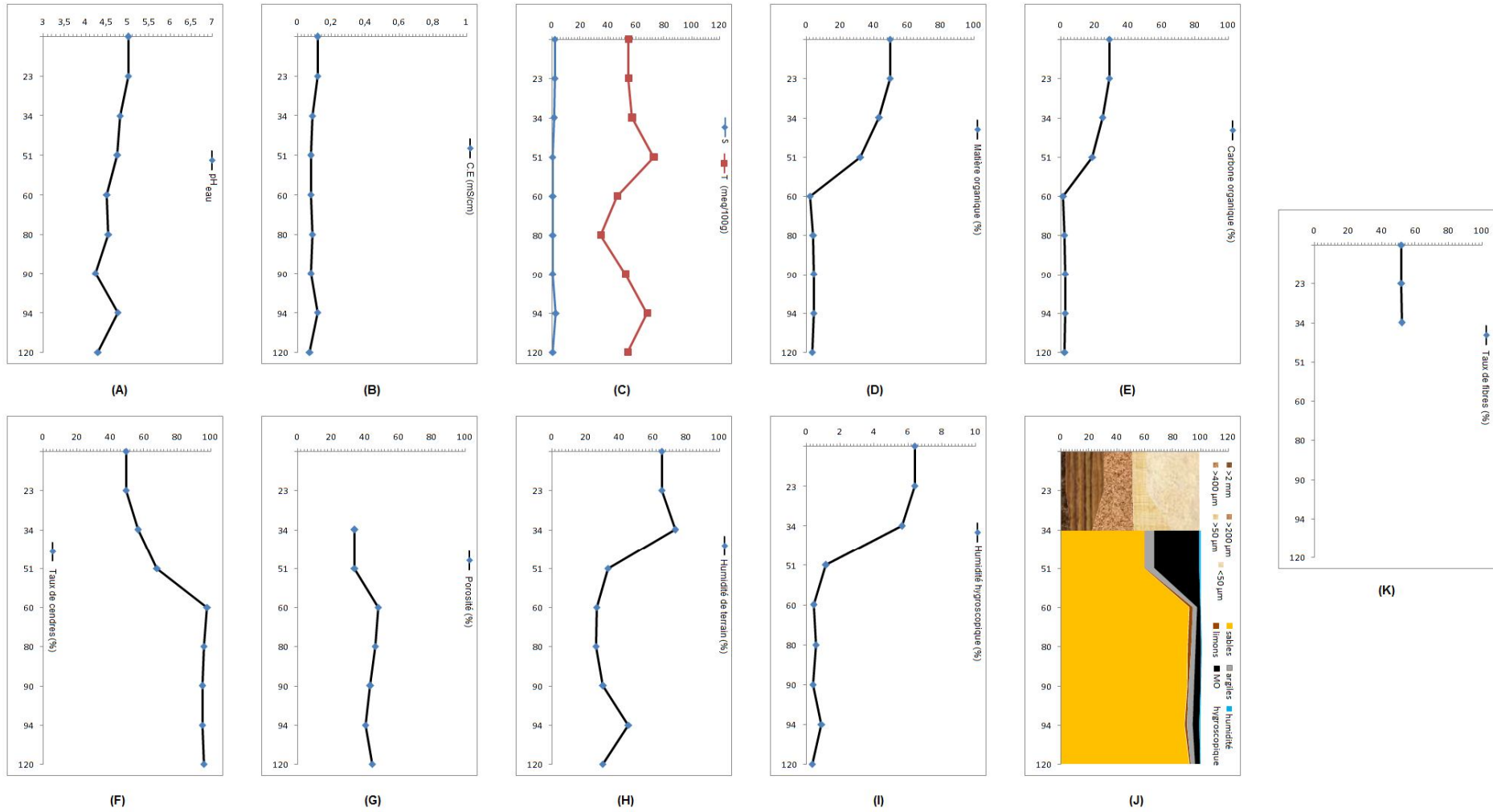
**Figure N° 26 : Description morphologique de la carotte N°1 ;
Ecotone (E₂)**



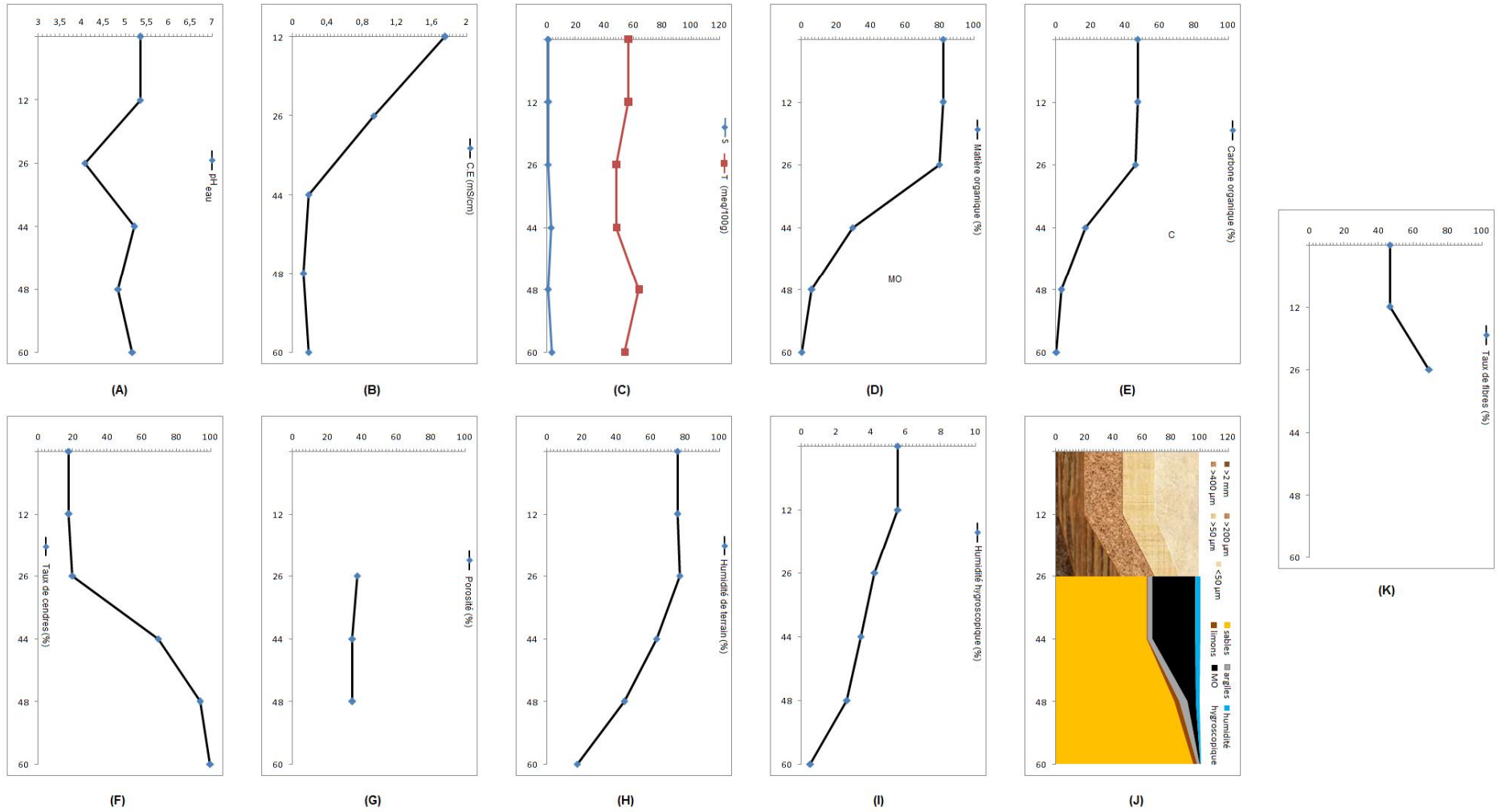
Graphes des résultats analytiques pour Souk Errigibet (E1)



Graphes s des résultats analytiques pour Souk Erriguibet (C)



Graphes des résultats analytiques pour Souk Erriguibet (E2)



IV-3-2 Discussion des résultats :

a-Echantillon prélevé dans l'écotone (E₁) :

On a conclu d'après la description morphologique de ces deux carottes faite préalablement ainsi que les résultats analytique qu'on a affaire à un **HISTOSOL LEPTIQUE (TOURBE ACIDE, d'après DUCHAUFOR, 1983)**. C'est une succession de couches histiques caractérisés par des proportions différentes entre la matière organique et l'eau, se forme en milieu saturé par l'eau pendant des périodes prolongées et compose principalement de débris végétaux (**LAPLACE-DOLONDE, 1995**). En effet la teneur en matière organique est supérieure à 45% (**graphe D**), d'une épaisseur de 40 cm, car un sol est appelé **HISTOSOL**, lorsque ce dernier enregistre un taux en matière organique de 20 à 30% (**HEATHWAITE & al., 1993**) et une épaisseur minimal de 30 à 50 cm (**WEBER, 1903**). Ce solum est **LEPTIQUE** parce que les horizons histiques (H) sont de plus de 10 cm d'épaisseur au total, reposent sur un substrat meuble (les sables), aussi, une autre condition est que le contact a lieu avant 60 cm pour les horizons Hf (**AFES, 1995**). (Hf), veut dire horizon histique fibrique. Pour que cette appellation soit attribuée à nos horizon, d'après **GOBAT & al., (1990)**, il faut que le taux de fibres soit supérieur à 40%, c'est le cas : (**graphe K**), pour être plus précis, le triangle des textures organiques, a attribué à nos trois horizons en allant de la surface vers le bas, une texture fibrique à micro agrégats et fibrique à mixtes pour les deux couches qui le succèdent. Ces horizons histiques reposent sur une accumulation minérale découpée en trois horizons sablonneux. Le taux de matière organique chute considérablement dans les horizons minéraux, signalons la non présence d'un horizon de transition organo-minéral riche en matière organique (**graphe J**). On remarque une augmentation considérable de son taux dans l'avant dernier horizon, probablement un horizon d'accumulation.

La capacité de rétention en eau (**graphe I**) dans les horizons histiques diminue en allant de la surface vers le bas, proportionnellement avec le taux de matière organique plus précisément le taux de fibres, c'est-à-dire que plus la matière organique est décomposée, plus sa capacité à retenir l'eau est forte car cette dernière est de nature hydrophilique/hydrophobique (**KLUTE, 1986**). Elle chute dans les horizons à dominance sableuse, car ces minéraux malgré qu'ils offrent une bonne porosité espace poral (**graphe G**) en raison de leur forte macroporosité (**LABORIER, N.D**), sont filtrant, à faible capacité de rétention en eau, comme la mentionné **baize, (1988)**, inférieure à 1%, pour les sols sableux peu humifère. On voit bien que la matière organique influe sur ces paramètres et par voie de conséquence sur la densité apparente (Da). L'humidité de terrain, atteint même les 70%, en étroite relation avec le degré de décomposition ainsi qu'à la texture du sol (**graphe H**), témoigne de la présence d'une nappe

qui affleure alimentée souterrainement, c'est ce qui caractérise un sol hydromorphe sensu stricto (DUCHAUFOR, 1983).

En ce qui concerne les propriétés chimiques, ce sol est en général très fortement acide (4,5 – 5,0) (échelle d'après DOUCET, 2006); la conductivité électrique enregistre des valeurs très faibles, le classe comme étant un sol non salé (de 0 à 0,25 mS/cm est considéré comme tel d'après CARRIER, 2003), car ce paramètre est proportionnelle à la qualité des sels ionisables (DUCHAUFOR, 1983). La somme des bases échangeables est très faible globalement (**graphe C**) avec une absence marquée des cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) sauf pour l'avant dernier horizon peu humifère (6% de matière organique), où on enregistre la présence du Magnésium en quantité infime (**graphe C**) dû probablement à une lixiviation de cet élément et son accumulation dans cet horizon.

La capacité d'échange cationique est faible dans les horizons histique (**graphe C**), presque identique dans les deux horizons de surface, puis augmente dans l'horizon qui les succède malgré qu'il soit moins évolué qu'eux d'après son degré de décomposition car d'après GOBAT, (2003) les tourbes jeunes ayant des valeurs de capacité d'échange plutôt basse, elle dépend de l'origine botanique et du degré de décomposition ; ce qui nous fait pensé que ca peut être une accumulation organique d'origine botanique autre que celle des horizons supérieurs. Pour ce qui est de la capacité d'échange des horizons minéraux elle est plutôt bonne pour un tel sol sableux, pauvre en argiles (**graphe J**), dû certainement à l'effet de la matière organique car on sait qu'elle joue un rôle déterminant pour ce paramètre dans ce type de sol (BOISSEZON, 1970) par ces propriétés colloïdales, elle peut donc développer des charges importantes à sa surface (BRADY & *al.*, 2002). Le taux de saturation du complexe adsorbant par les éléments majeurs (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} et K^{+}) est jugé très faible (**graphe C**), inférieur à 20%, donc desaturé d'après MARTIN & NOLIN, 1991. On remarque cependant que le taux le plus élevé est enregistré dans l'horizon qui est en contact avec les horizons histiques, mais c'est dû probablement à ca faible capacité d'échange.

b-Echantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (C) :

La description de la carotte prélevée dans cette parcelle corrélée aux résultats analytiques ont classé ce sol comme étant un solum à caractère hydromorphe : c'est un HISTOSOL LEPTIQUE (TOURBE ACIDE, d'après DUCHAUFOR, 1983), s'édifie dans les milieux à saturation en eau pendant des périodes prolongées et compose principalement d'accumulation organique (LAPLACE-DOLONDE, 1995). Ce solum est en effet constitué de deux horizons histiques de surface d'une teneur en matière organique supérieur à 40% (**graphe D**) de faible épaisseur (35

cm) mais au dessus du seuil admit par **weber, (1903)** qui mentionne qu'un **HISTOSOL** doit avoir une épaisseur minimal de 30 à 50 cm alors que **HEATHWAITE & al., (1993)** explique qu'il doit comprendre un taux en matière organique de 20 à 30%. **LEPTIQUE** veut dire que les horizons histiques (H) sont de plus de 10 cm d'épaisseur au total, reposent sur un substrat meuble (dans notre cas, c'est les sables qui sont présent comme substrat), aussi, une autre condition est que le contact a lieu avant 60 cm pour les horizons Hf (**AFES, 1995**). En effet nos horizons possèdent un taux de fibres supérieur à 40% (**graphe K**), seuil d'admission à cette classe d'après **GOBAT & al, (1990)**. Le triangle des textures organiques donne en effet pour nos deux horizons en allant de la surface vers le bas, une texture fibrique à micro agrégats et fibrique à mixtes et micro agrégats

Ces horizons histiques reposent sur une des couches minérales de 60 cm d'épaisseur découpée en six horizons sablonneux. Le taux de matière organique chute considérablement dans cette fraction minérale mais de façon progressive en raison de la présence d'un horizon semi-tourbeux, riche en matière organique faisant la transition (**graphe D**).

La capacité de rétention en eau (**graphe I**) dans les horizons histiques ainsi que pour l'horizon semi-tourbeux est bonne en raison de cette accumulation organique car cette dernière est de nature hydrophilique/hydrophobique (**KLUTE, 1986**). Ce taux est en concordance avec le taux de fibres car plus la matière organique est décomposée plus sa capacité à retenir l'eau est forte.

La capacité de rétention chute considérablement dans les horizons à dominance sableuse, car ces minéraux malgré qu'ils offrent un bon espace poral (**graphe G**) en raison de leur forte macroporosité (**LABORIER, N.D**), sont filtrant, à faible capacité de rétention en eau, comme la mentionné **BAIZE, (1988)**, inférieures à 1%, pour les sols sableux peu humifère. L'humidité de terrain, atteint presque les 80%, en étroite relation avec le degré de décomposition ainsi qu'à la texture du sol (**graphe H**), témoigne de la présence d'une nappe qui affleure alimentée souterrainement, c'est ce qui caractérise un sol hydromorphe sensu stricto (**DUCHAUFOR, 1983**).

Les résultats des analyses chimiques, sont en étroite relation et toute fluctuation d'une de ces propriétés, se répercute sur la valeur du pH. Ce dernier varie d'un horizon à l'autre, qu'il soit tourbeux ou pas, mais classe de toute manière ces couches comme étant soit très fortement acide (4,5 – 5,0), soit extrêmement acide (< 4,5) (échelle d'après **DOUCET, 2006**); Les valeurs enregistré pour la conductivité électrique sont très faible inférieure à 0,25 mS/cm (**graphe B**), sol classé d'après **CARRIER, (2003)** comme pauvre, non salé. Ces valeurs suivent la même tendance que celle du pH mais aussi de la somme des bases échangeables. En effet ces

derniers (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+) sont présent en quantité très infime (**graphe C**) avec une absence marquée des cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) sauf pour l'avant dernier horizon dû probablement à l'effet combiné de la matière organique et des argiles malgré qu'il sont présent en faible quantité (**graphe D et graphe J**) car seuls ces deux constituants, par leurs propriétés colloïdales, peuvent développer des charges importantes à leur surface (**BRADY & al., 2002**). On remarque aussi que les sommes des bases les plus élevées, se trouvent en surface, dû probablement à une restitution de ces éléments basiques contenus dans les débris végétaux qui se décomposent rapidement à la surface du sol (**DABIN, 1985**).

La capacité d'échange cationique est en équilibre dans les deux horizons histique jugé jeune en raison de leur fort taux de fibres car d'après **GOBAT, (2003)** les tourbes jeunes ont des valeurs de capacité d'échange plutôt basse, elle dépend de l'origine botanique et du degré d'humification. On remarque une augmentation accrue de la capacité d'échange dans l'horizon semi-tourbeux, deux fraction qui se rencontre (minérale et organique) le degré d'humification de cet horizon le classe donc comme vieux, et justifie cette élévation de la capacité d'échange. Cette dernière fluctue dans le reste du solum à dominance sableuse, généralement à faible capacité d'échange, effet atténué par les apports de matière organique par ces charge négative qu'elle développe à sa surface pouvant atteindre ainsi les 500 mé/100g (**MERMOUD, 2006**). En résumé, on a affaire à un complexe désaturé en raison du faible taux de sa saturation (**graphe C**) ne dépassant pas les 20%.

c-Echantillon prélevé dans l'écotone (E₂) :

La carotte prélevé dans cette parcelle présente une certaine particularité, c'est qu'elle à été extraite à une distance relativement restreinte par rapport au plan d'eau. En effet les résultats analytiques font ressortir des traits qui justifie ce qui à été dit. Premièrement, on a affaire à un solum à caractère hydromorphe : il comprend deux horizons histique fibrique car leur taux de fibres est supérieur à 40% (seuil d'admission à cette classe d'après **GOBAT & al., (1990)**), d'une teneur en matière organique atteignant les 80% car la tourbe d'après **HEATHWAITE & al., (1993)** possède un taux de 20 à 30%. Le triangle des textures organiques, a attribué à nos deux horizons en allant de la surface vers le bas, une texture fibrique à micro agrégats et une texture fibrique pur. Ce type d'horizons se forment en milieu saturé par l'eau pendant des périodes prolongées et compose principalement de débris végétaux (**LAPLACE-DOLONDE, 1995**). Ces accumulations organiques reposent sur un horizon semi-tourbeux bien humifiée (**graphe D**) faisant la transition entre eux et la fraction minérale sous jacente. Cette dernière, à

texture sableuse est pauvre en matière organique comparée aux horizons sus jacent (**graphe J**) et atteint une valeur dans le dernier horizon où elle ne peut être déterminée *in situ*.

L'humidité hygroscopique est appréciable dans les deux horizons histiques, proportionnelle au degré de décomposition de la matière organique (**graphe K**). Elle diminue dans le reste du solum avec des fluctuations en étroite relation avec la teneur en matière organique (**graphe I**) car cette dernière est de nature hydrophilique/hydrophobique (**KLUTE, 1986**) capable de retenir l'eau mais aussi, comme on y est, elle influe également sur la densité apparente. Les sables étant dominants dans ces horizons constituant la fraction minérale sous jacente, offrent une bonne porosité (**graphe G**) en raison de leur forte macroporosité, mais sont facilement drainable donc à faible capacité de rétention en eau. L'humidité de terrain jugée forte (**graphe H**) en relation avec le degré de décomposition du matériel végétal, et la texture d'une manière indirecte, témoigne de la présence d'une nappe qui affleure alimentée souterrainement, c'est ce qui caractérise un sol hydromorphe sensu stricto (**DUCHAUFOR, 1983**).

Le pH enregistre des valeurs distribuées de façon anarchique tout en restant acide, il classe nos couches comme étant soit fortement acide (5,1 – 5,5), soit très fortement acide (4,5 – 5,0), ou soit extrêmement acide (< 4,5) (échelle d'après **DOUCET, 2006**). Pour ce qui est de la conductivité électrique (**graphe B**) elle enregistre des valeurs en surface classant ces deux horizons comme moyen et riche en sels (de 0,50 à 1,50 mS/cm, salinité moyenne ; de 1,50 à 2,25 mS/cm, salinité forte). Pour le reste du solum, ils sont peu salés, à faible degré de minéralisation (de 0 à 0,25 mS/cm est considéré comme tel d'après **CARRIER, 2003**). Les valeurs élevées en surface sont dû probablement à la proximité de cette parcelle d'étude au lac Mellah. Ce dernier est une lagune à caractère saumâtre en raison de sa connexion avec la mer Méditerranéenne. **MORGAN, (1982)** releva dans les années soixante dix une salinité de l'ordre de 8,5g/l dans cette lagune.

Pour ce qui est de la somme des bases échangeables, elle est faible dans toutes les couches avec une légère augmentation dans l'horizon semi-tourbeux et dans l'horizon le plus profond (**graphe C**), ceci est dû probablement à une lixiviation des bases de la surface vers la profondeur aussi à la forte perméabilité des sables.

La capacité d'échange cationique est presque en équilibre (**graphe C**) en relation dans les deux horizons histiques avec le degré de décomposition jugée faible car d'après **GOBAT, (2003)**, les tourbes jeunes ont des valeurs de capacité d'échange plutôt basse. La capacité d'échange est dans le reste du solum en relation avec la teneur en matière organique jouant un rôle déterminant dans les sols sableux (**BOISSEZON, 1970**) et les argiles, ces derniers sont présents en faible quantité (**graphe J**). Ces deux éléments, par leurs propriétés colloïdales,

peuvent développer des charges importantes à leur surface (**BRADY & al., 2002**). Le taux de saturation du complexe adsorbant par les cations alcalins et alcalino-terreux (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+) est jugé très faible (**graphe C**), inférieur à 20% : c'est donc un complexe désaturé d'après **MARTIN & NOLIN, (1991)**. On remarque cependant que le taux le plus élevé est enregistré dans l'horizon semi-tourbeux et dans l'horizon de profondeur, dû probablement à leur faible capacité d'échange.

IV-4 L'aulnaie d'oued Mellah:

IV-4-1 Description et résultats morpho-analytiques :

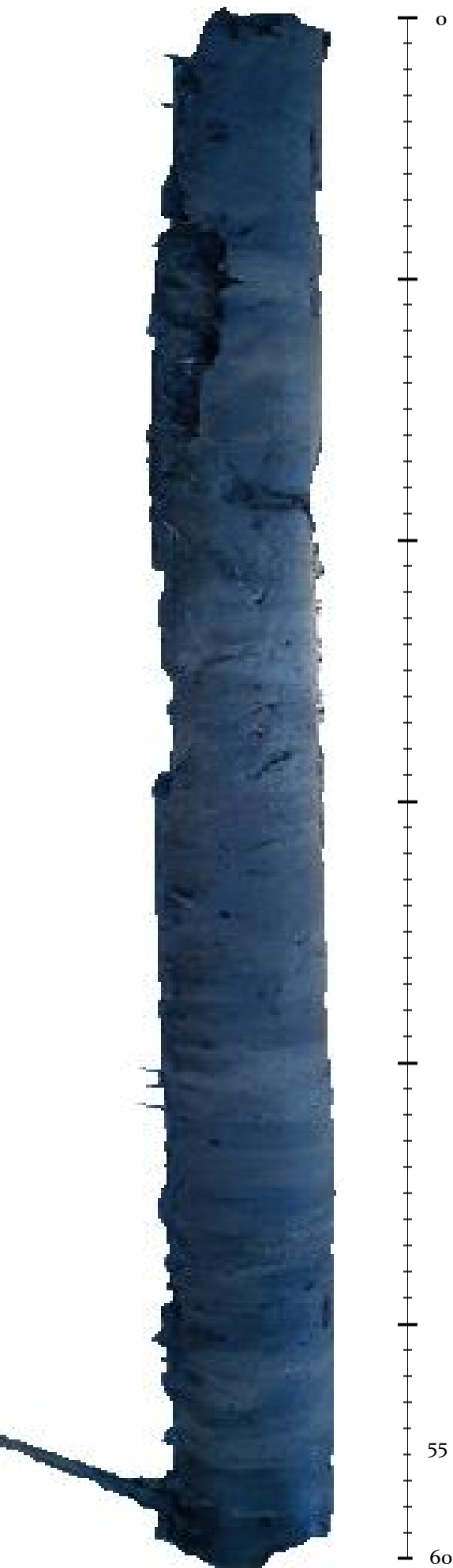
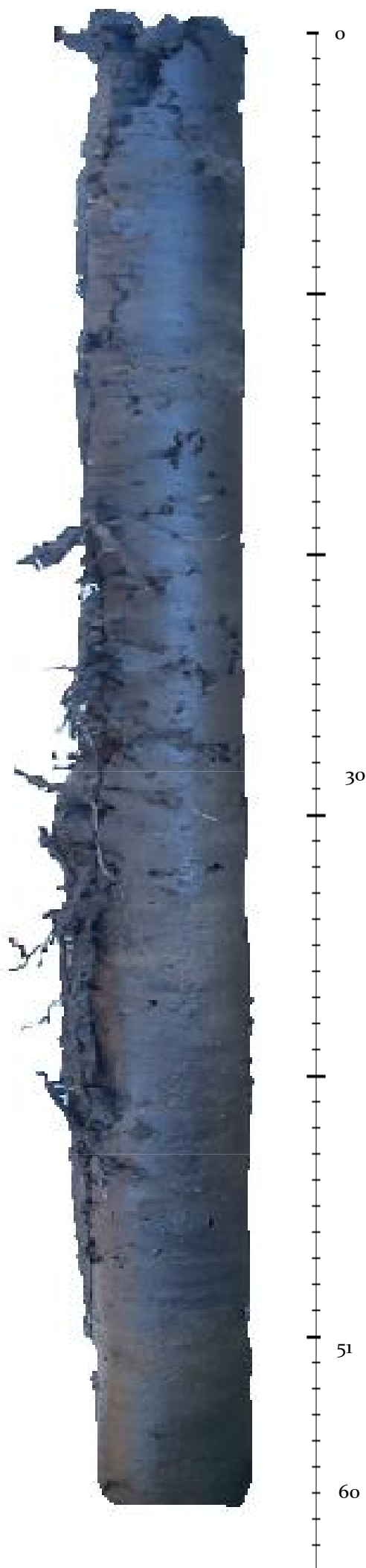


Figure N° 27 : Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E₁)

0-55cm Horizon de couleur gray, très perméable, saturé en eau, mou, à texture sableuse et à structure particulière. La matière organique est faible et très fragmentée, quelques racines nécrosées. Présence de traces d'hydromorphie : quelques traces de réduction car les sables sont de couleur grise. Pas de réaction à l'Hcl.

55-60cm Horizon de couleur dark gray, très perméable, saturé en eau, mou, à texture sableuse et à structure particulière. La matière organique est faible et très fragmentée, quelques racines nécrosées et macro restes de taille moyenne. Présence de traces d'hydromorphie : traces de réduction car les sables sont de avec présence de concrétions contrastées. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

**Figure N° 28 : Description morphologique de la carotte
N°1 ; centre (C)**

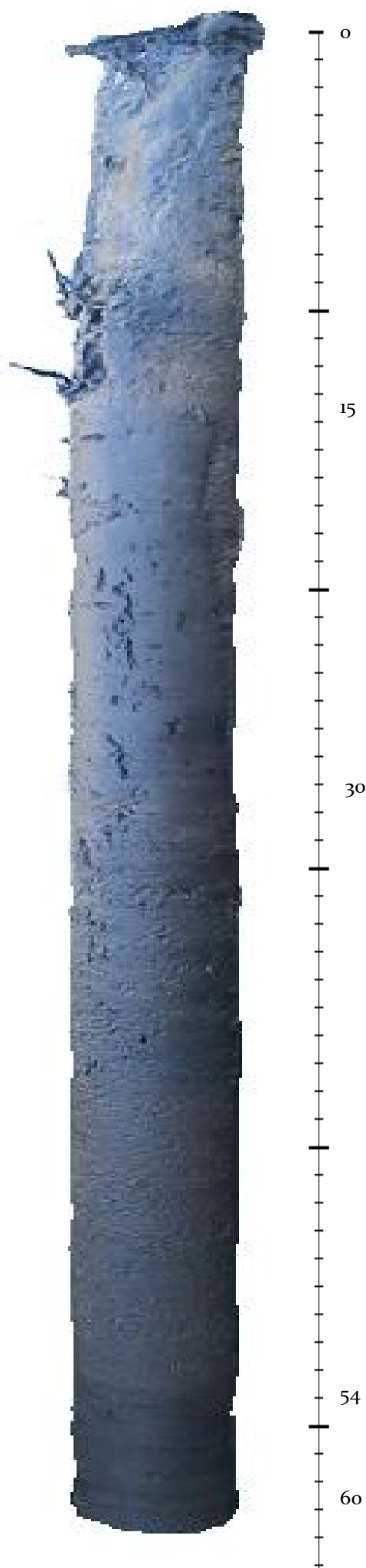


0-30cm Horizon de couleur very dark gray, humide, cohérent, perméable, à texture sableuse et à structure particulaire, moyennement organique, présence de quelques fibres et racines pourries. Pas de réaction à l'Hcl.

30-51cm Horizon de couleur dark gray, très perméable, très humide, à texture sableuse et à structure particulaire le rendant mou. La matière organique est moyennement présente, fragmentée avec quelques fibres et racines saines très fines et des macro-restes de taille moyenne. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

51-60cm Horizon de couleur reddish brown, très perméable, saturé en eau, mou, à texture sableuse et à structure particulaire. La matière organique est faible et très fragmentée, restes invisibles. Présence de traces d'hydromorphie : quelques concrétions contrastées peu marquées. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

**Figure N° 29 : Description morphologique de la carotte
N°1 ; Ecotone (E₂)**



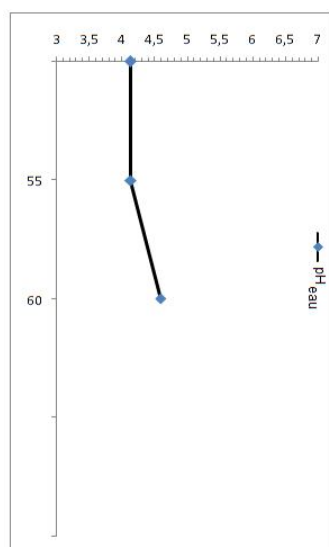
0-15cm Horizon très odorant de couleur reddish brown, très perméable, humide, à texture sableuse et à structure particulière le rendant meuble. Le taux matière organique est moyenne, très fragmentée avec présence de quelques racines pourries. Pas de réaction à l'Hcl.

15-30cm Horizon de couleur reddish gray, humide, très perméable, cohérant, à texture sableuse et à structure particulière, moyennement organique, restes invisibles. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

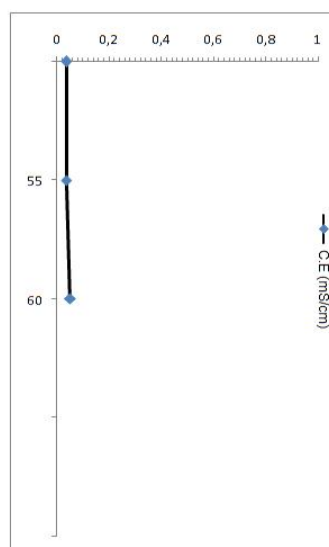
30-54cm Horizon de couleur dark gray, très perméable, très humide, à texture sableuse et à structure particulière le rendant mou. La matière organique est faible et très fragmentée. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

54-60cm Horizon très odorant de couleur very dark gray, très perméable, très humide, à texture sableuse et à structure particulière le rendant mou. La matière organique est faible et très fragmentée. On note la présence de bandes horizontale dû probablement à l'hydromorphie. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

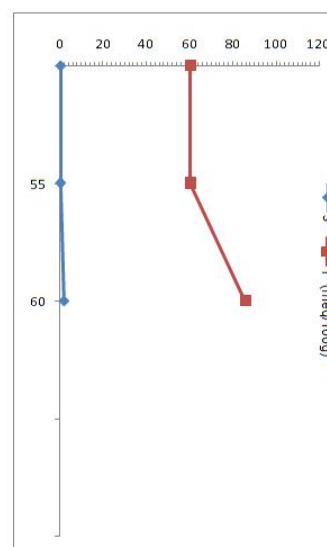
Graphes des résultats analytiques pour d'oued Mellah (E1)



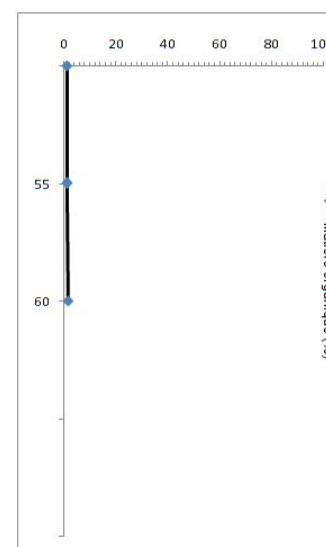
(A)



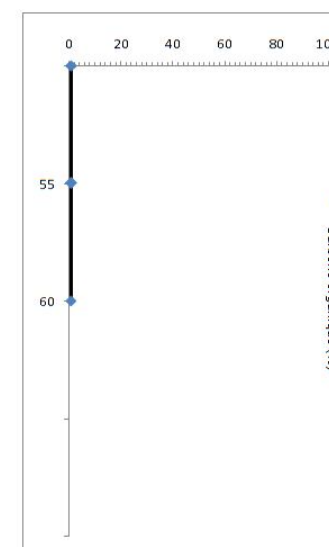
(B)



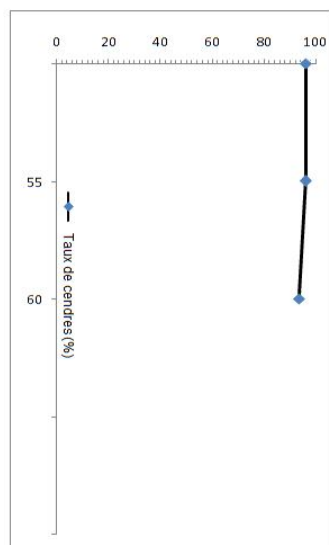
(C)



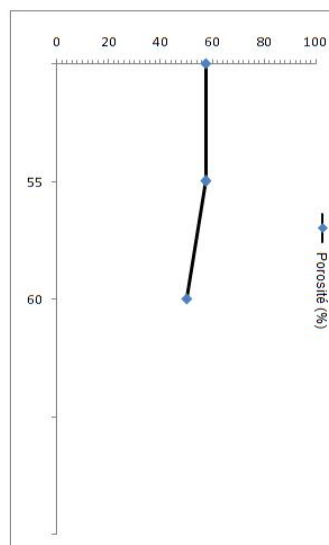
(D)



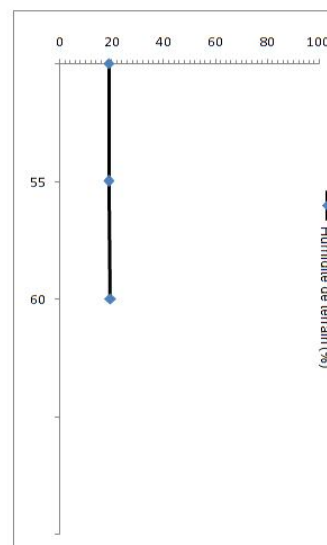
(E)



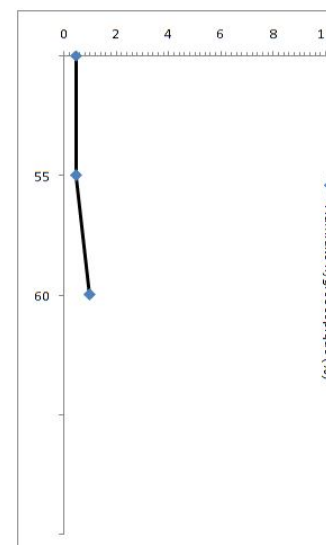
(F)



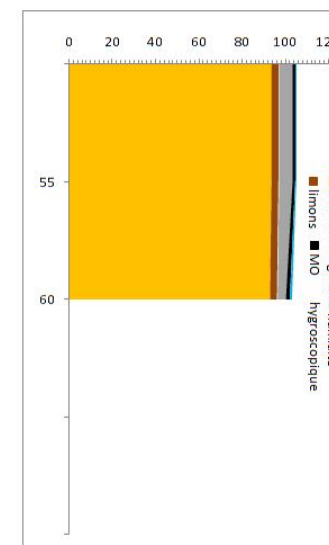
(G)



(H)

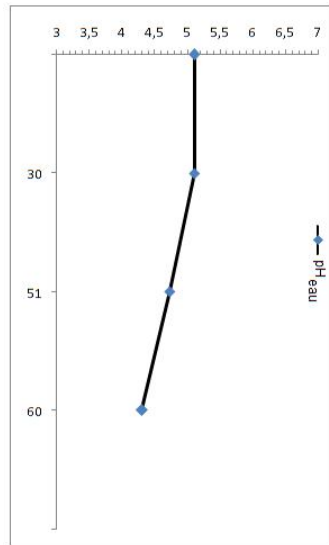


(I)

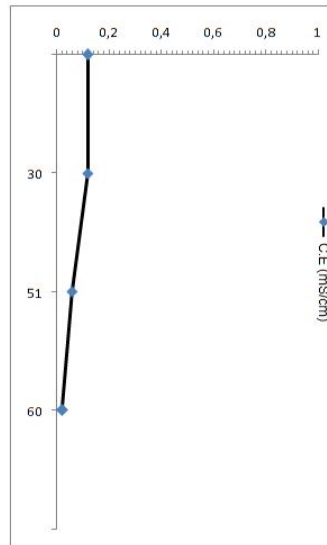


(J)

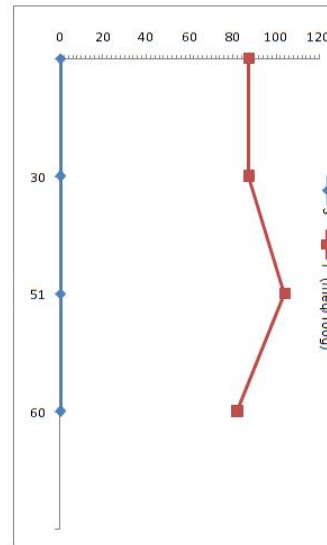
Graphes des résultats analytiques pour d'oued Mellah (C)



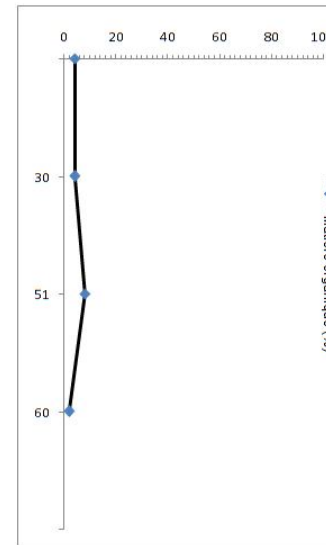
(A)



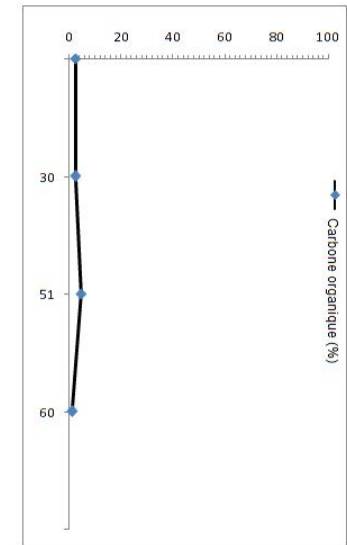
(B)



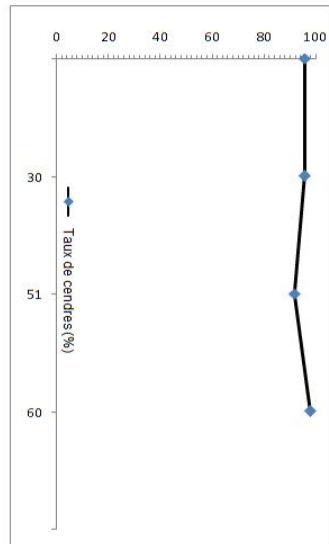
(C)



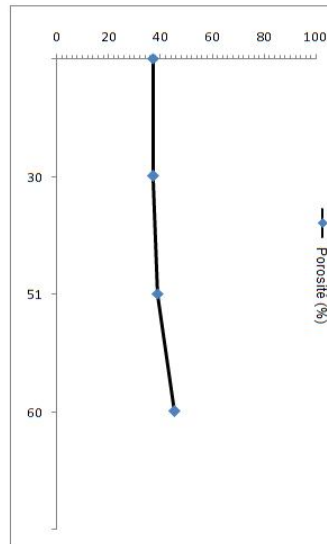
(D)



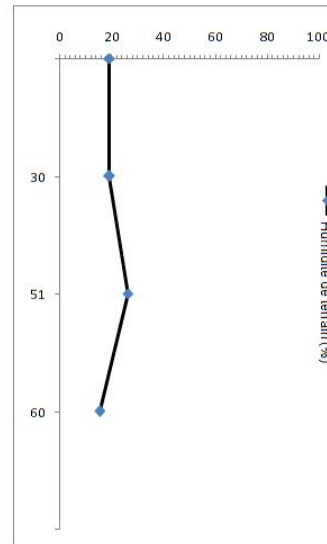
(E)



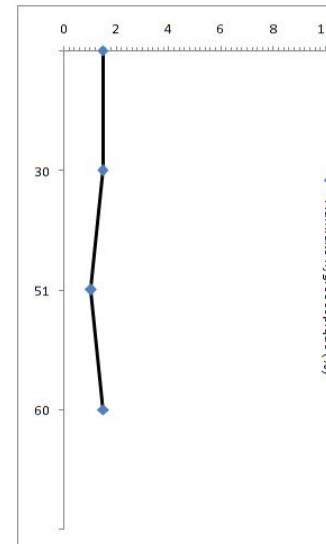
(F)



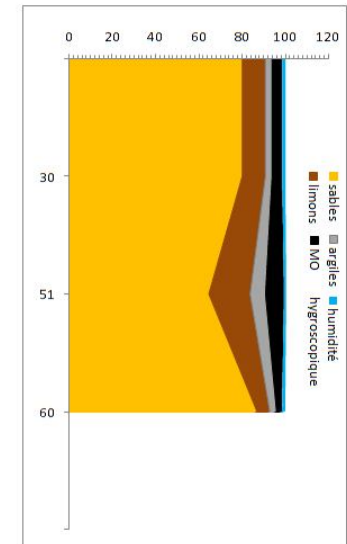
(G)



(H)

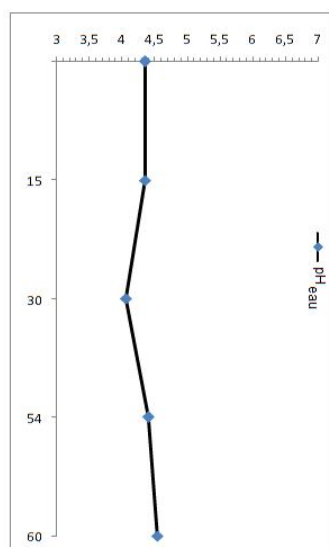


(I)

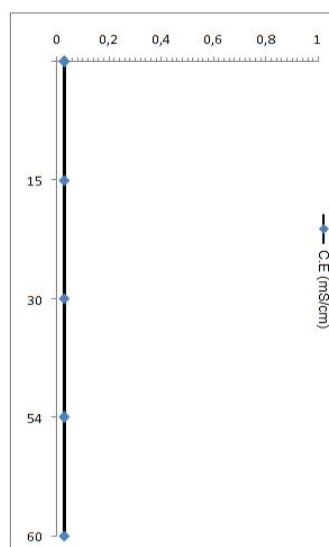


(J)

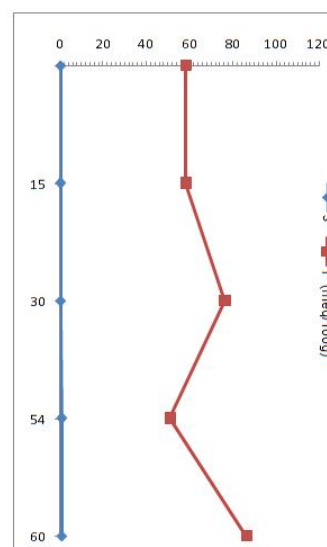
Graphes des résultats analytiques pour d'oued Mellah (E2)



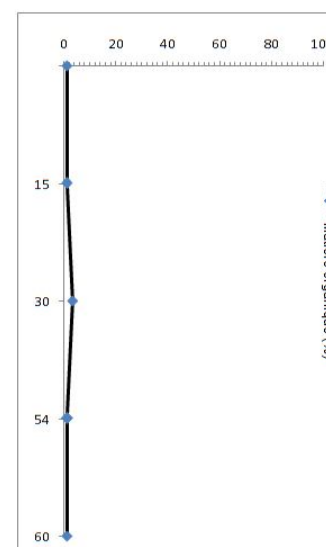
(A)



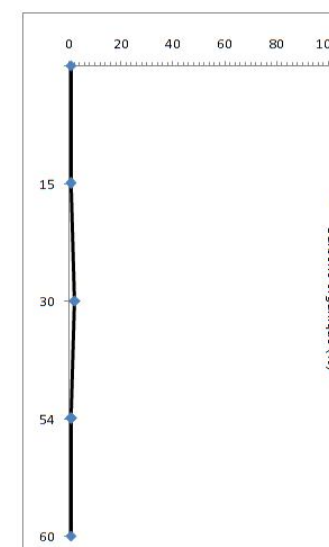
(B)



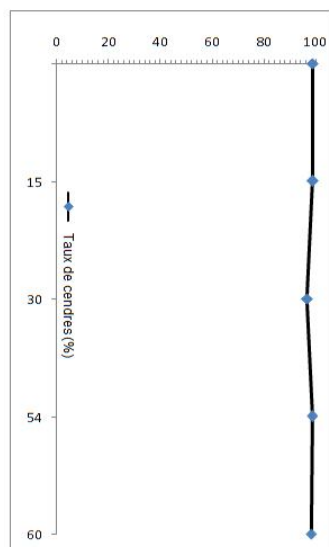
(C)



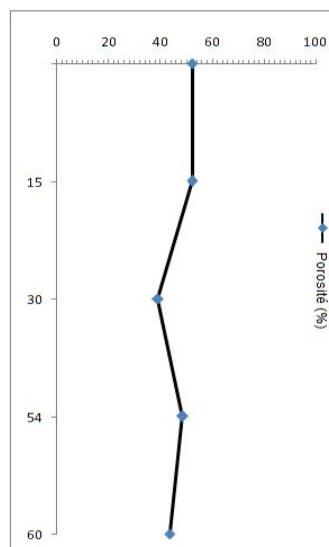
(D)



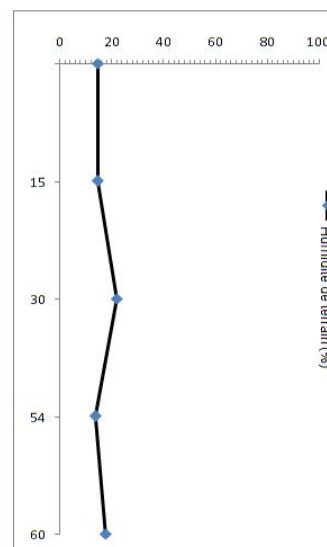
(E)



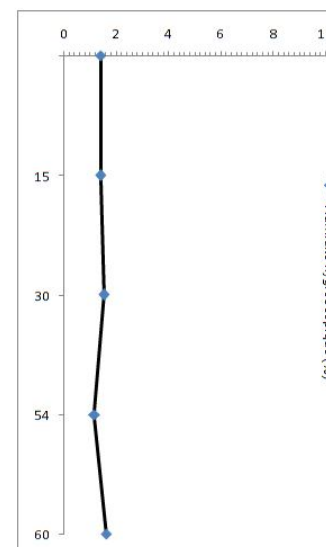
(F)



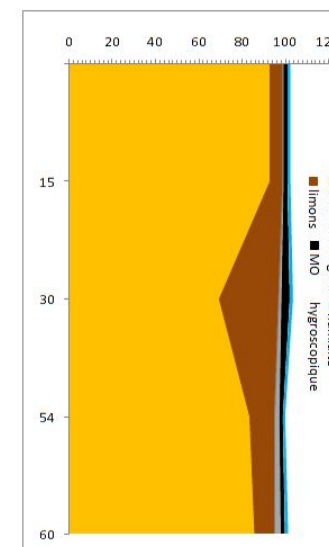
(G)



(H)



(I)



(J)

IV-4-2 Discussion des résultats :

a-Echantillon prélevé dans l'écotone (E₁) :

D'après la description morphologique de la carotte prélevée de 60 cm d'épaisseur, ainsi que les résultats des analyses physico-chimiques ont classé ce sol comme étant un solum à caractère hydromorphe : c'est un sol **HYDROMORPHE SABLEUX PEU HUMIFERE**. Le critère le plus marquant aboutissant à la classification de ce solum constitué de deux horizons, est la couleur car les propriétés réductomorphiques reflètent des conditions d'engorgement permanent et sont exprimées par des couleurs neutres. En effet, vu que la fraction minérale qui est à dominance sableuse (plus de 90%), dans ces conditions d'engorgement, ces minéraux prennent une couleur généralement gris clair à blancs et souvent appauvris en fer et en manganèse (**figure**) (F.A.O, 1999). Aussi l'espace poral est jugé bon (**graphe G**) car les sables ont la propriété de posséder une macroporosité considérable (**LABORIER, N.D**). Par contre la porosité d'un sol sableux sert très peu à la rétention en eau, léger et très perméable se draine facilement, mais les sables ont tendance à être secs et infertiles d'où ces faibles teneurs enregistrées dans les deux horizons (**graphe I et graphe C**) (**VALLES, 2005**). Peu humifère, veut dire que le taux de matière organique est inférieur à 10% sur au moins 20 centimètres et, en général, inférieur à environ 4 - 5% (**graphe D**) (**AUBERT, 1965**). Le taux d'humidité de terrain de presque 20% est dû à la présence d'une nappe souterraine remontant saisonnièrement dans le solum alimentée souterrainement (**DUCHAUFOR, 1977**).

Pour ce qui est des propriétés chimique de nos deux horizons, on remarque que le pH va de la surface vers la profondeur d'extrêmement acide (< 4,5) à fortement acide (4,5 – 5,0) (échelle d'après **DOUCET, 2006**) ; la conductivité électrique enregistre des valeurs très faibles (**graphe B**) classant nos deux horizons comme étant très pauvre, non salé (de 0 à 0,25 mS/cm est considéré comme tel d'après **CARRIER, 2003**) car ce paramètre est proportionnelle à la qualité des sels ionisables, elle constitue une bonne indication du degré de minéralisation du sol. (**DUCHAUFOR, 1983**). On remarque que les teneurs en éléments majeurs sont faibles globalement (**graphe C**) avec une absence très marquée des cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) dans le premier horizon, le second par contre enregistre une teneur en Magnésium de 1,8 mé/100g mais en résumé, la somme des bases est faible mais s'accroît dans le deuxième horizon (**graphe C**), ceci est du probablement à une lixiviation des bases et leur accumulation en partie dans l'horizon sous jacent. La capacité d'échange cationique enregistrée augmente en allant vers la profondeur (**graphe C**). On remarque en effet qu'il existe une corrélation directe hautement significative entre cette capacité d'échange et les teneurs en matière organique dans ces deux horizons qui sont en fait pauvre en argile (moins de 7%). On trouve

ainsi que la contribution de la fraction minérale à la C.E.C est inférieure à celle de la matière organique ; en effet, le rôle joué par les matières organiques des sols du point de vue de la capacité d'échange cationique est bien connu pour les sols très organiques, ou pour les sols sableux (BOISSEZON, 1970) ; elle se situe entre 200 et 500 mé/100g (DEJOU & *al.*, 1961). L'augmentation de la capacité d'échange dans le second horizon peut s'expliquer par le fait que les matières organiques des sols en profondeur seraient moins riches en carbone et plus riches en oxygène, avec en particulier un nombre de groupements carboxyle relativement plus élevé (BROADBENT, 1954). Dans tous les cas, le taux de saturation du complexe adsorbant par les cations alcalino-terreux alcalins est très faible (**graphe C**) lui donnant le qualificatif de désaturé d'après MARTIN & NOLIN, (1991) c'est-à-dire inférieur à 20%.

b-Echantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (C) :

La description de cette carotte de 60 cm d'épaisseur, à trois horizons, combinée aux résultats analytiques, ont classé ce sol comme étant un sol **HYDROMORPHE SABLEUX HUMIFERE**. En effet la teneur en matière organique avoisine les 10% ce qui lui attribue l'appellation de humifère (DUTHIL, 1971). Cependant, on remarque que ce taux est nettement moins marqué dans l'horizon de surface que dans l'horizon médian dû probablement à la rétraction de la nappe et à la minéralisation d'une partie de la matière organique.

L'analyse granulométrique a fait ressortir la dominance des limons et des sables dans les deux premiers horizons ainsi que des sables seulement dans le dernier horizon. En effet, l'espace poral augmente en allant vers la profondeur (**graphe G**) ce qui est dû aux sables qui ont la propriété de posséder une macroporosité considérable (LABORIER, N.D), par contre ils contribuent peu à la rétention de l'eau d'où ces faibles teneurs enregistrées dans les trois horizons (**graphe I**) (VALLES, 2005). Le taux d'humidité de terrain est presque de 30%, dû à la présence d'une nappe souterraine remontant saisonnièrement dans le solum alimentée souterrainement (DUCHAUFOR, 1977), et suit la même tendance que celle de la matière organique.

Chimiquement, on remarque le pH va de la surface vers la profondeur de fortement acide (4,5 – 5,0), très fortement acide (5,1 – 5,5) à extrêmement acide (< 4,5) (DOUCET, 2006) ; la conductivité électrique enregistre des valeurs très faibles (**graphe B**) classant nos trois horizons comme étant très pauvre, non salé (norme de 0 à 0,25 mS/cm)(CARRIER, 2003) car ce constitue une bonne indication du degré de minéralisation du sol (DUCHAUFOR, 1983). On remarque que la somme des bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+) est très faibles (**graphe C**), presque identique dans les trois horizons, ainsi qu'une absence des cations

alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}). La capacité d'échange cationique enregistrée dans l'horizon médian est de 104 mé/100g supérieur à celle de l'horizon sous jacent et sus jacent (**graphe C**). On remarque en effet qu'il existe une corrélation directe hautement significative entre cette capacité d'échange et les teneurs en matière organique enregistrées dans tout le solum vu que la contribution de la fraction minérale à la C.E.C est inférieure à celle de la matière organique car on note un appauvrissement en argile (**graphe J**). En effet la matière organique joue un rôle déterminant dans ce type de sol sableux, infertiles (**BOISSEZON, 1970**). On enregistre ainsi un très faible taux de saturation du complexe adsorbant par ces mêmes bases (**graphe C**), inférieur à 20% ce qui le qualifie de désaturé d'après **MARTIN & NOLIN, (1991)**.

c-Echantillon prélevé dans l'écotone (E₂) :

La description morphologique ainsi que les résultats analytiques, ont classé ce sol comme étant un solum à caractère hydromorphe : c'est un sol **HYDROMORPHE SABLEUX PEU HUMIFERE**. Le taux de porosité présente quelques fluctuations (**graphe G**), due, d'une part à la teneur en matière organique car ses apports ou ses pertes influencent énormément ce paramètre et par voie de conséquence, la densité apparente ainsi que la capacité de rétention en eau (**graphe I**); car d'après **KLUTE, (1986)**, la matière organique a un effet direct sur la fonction de rétention en eau à cause de sa nature hydrophilique/hydrophobique. Son taux est inférieur à 10% sur au moins 20 centimètres et, en général, inférieur à environ 4 - 5% dans un horizon peu humifère (**graphe D**) (**AUBERT, 1965**). Cependant on remarque que ce taux est nettement moins marqué dans l'horizon de surface que dans l'horizon le succédant dû probablement à rétraction de la nappe et à la minéralisation d'une partie de la matière organique. Pour ce qui est de la fraction minérale, les sables dominent dans l'horizon de surface ainsi que celui de profondeur et se trouve mélangés aux limons dans les deux horizons médians mais reste tout de même dominant; ils contribuent peu à retenir l'eau (**graphe I**) car la grande macroporosité des sables favorise une bonne aération mais sont facilement drainables (**VALLES, 2005**). En général l'humidité est directement proportionnelle au taux d'argile et au taux de matières organiques, valeur courantes de 4 à 8% pour les textures argileuses, inférieures à 1% pour les horizons sableux peu humifères (**BAIZE, 1988**)

Le taux d'humidité de terrain atteignant les 20% dans l'horizon le plus humifère dû probablement à la présence d'une nappe souterraine remontant saisonnièrement dans le solum alimentée souterrainement (**DUCHAUFOR, 1977**).

Chimiquement, on remarque le pH est extrêmement acide dans la totalité du solum ($< 4,5$) à (échelle d'acidité d'après **DOUCET, 2006**) ; la conductivité électrique enregistre la même valeur

dans les quatre horizons (0,03 mS/cm), estimé très faibles, c'est donc un sol non salé , à très faible degré de minéralisation (de 0 à 0,25 mS/cm est considéré comme tel **CARRIER, 2003**). La somme des bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+) est très faible et fluctue peu d'un horizon à l'autre (**graphe C**) avec une absence des cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}). La capacité d'échange cationique enregistrée dans les deux premiers horizons est supérieure à celles des deux horizons de profondeur (**graphe C**). On remarque que la capacité d'échange et les teneurs en matière organique et en argile se concordent : elle est essentiellement liée au taux de matière organique dans les deux premiers horizons qui atteignent presque les 4% dans le second horizon, et au taux d'argile dans les deux derniers même s'ils sont en faible quantité (3,2%), car seules ces deux constituants, par leurs propriétés colloïdales, peuvent développer des charges importantes à leur surface (**BRADY & al., 2002**) ; on sait aussi que la capacité d'échange de la matière organique se situe entre 200 et 500 mé/100g alors que pour l'argile elle diffère selon le type (**DEJOU & al, 1961**). Le taux de saturation du complexe adsorbant par les éléments majeurs est très faible (**graphe**) lui donnant le qualificatif de désaturé car il est inférieur à 20% (**MARTIN & NOLIN, 1991**).

IV-5-1 Description et résultats morpho-analytiques :



**Figure N° 30 : Description morphologique de la carotte N°1 ;
Ecotone (E₁)**

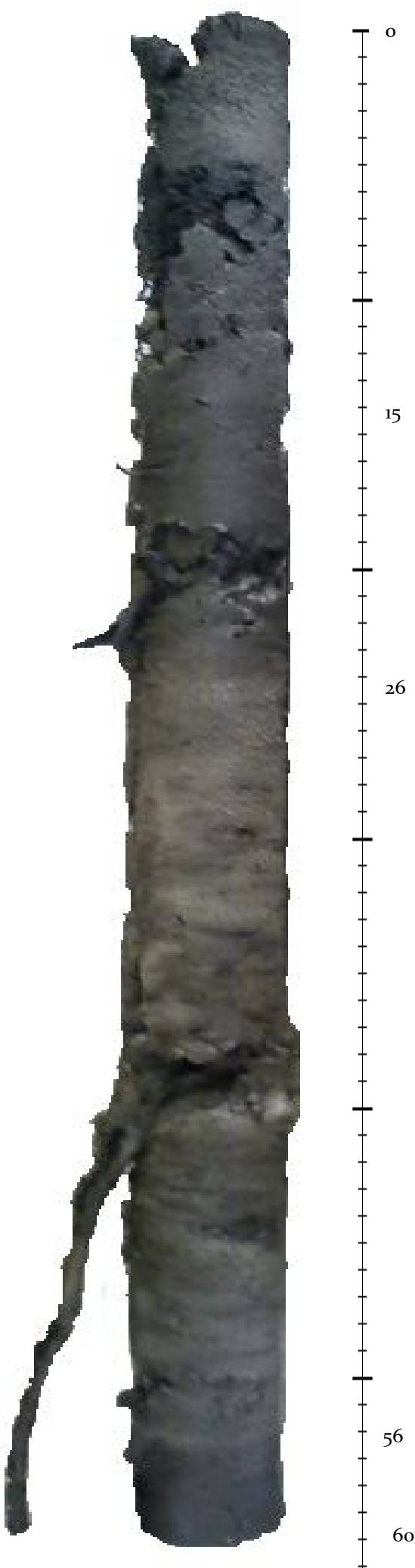
0-23cm Horizon de couleur dark reddish brown, frais, assez compact, perméable, à texture sablo-limoneuse et à structure particulière, moyennement organique, restes invisibles. Pas de réaction à l'Hcl.

23-38cm Horizon de couleur very dark brown, frais, assez compact, perméable, à texture sablo-limoneuse et à structure particulière, moyennement organique, restes invisibles. Présence de traces d'hydromorphie : quelques traces de réoxydation au sommet du profil. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

38-54cm Horizon de couleur light gray, humide, assez compact, perméable, à texture sablo-limoneuse et à structure particulière, moyennement organique, restes invisibles. Présences de traces d'hydromorphie : des traces de réduction contrastées : c'est des bandes assez large de couleur grise, couleur qu'ont pris les sables dû à l'hydromorphie. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

54-60cm Horizon de couleur pale brown, humide, assez compact, très perméable, à texture sableuse et à structure particulière, moyennement organique, restes invisibles. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

**Figure N° 31 : Description morphologique de la carotte
N°1 ; centre (C)**



0-15cm Horizon odorant de couleur very dark gray moyennement organique, présence de débris racinaires pourries et de fibres peu nombreux, extrêmement fins, très fragmenté, mélangés à la fraction minérale à dominance sableuse rendant l'horizon meuble, à structure particulière et très perméable. La présence d'une nappe proche de la surface humecte bien cet horizon. Pas de réaction à l'Hcl.

15-26cm La transition des deux horizons supérieurs est diffuse. Cet horizon très odorant de couleur dark brown, présente les mêmes traits pédologiques que l'horizon sus jacent avec comme seule différence la présence de quelques macro restes nécrosées. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

26-56cm Horizon assez profond de couleur grayish brown très affecté par la nappe : très humide, mou et très perméable, les sables dominant mélangés à la matière organique moyennement présente. Présence de quelques macro restes nécrosées. On note la présence de traces d'hydromorphie : des traces de réduction de couleur grises assez nombreuses, contrastées, et de quelques concrétions de couleur noires très contrastées. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

56-60cm Horizon de couleur very dark gray saturé en eau, à texture sableuse, moyennement organique, mou, à structure particulière, très perméable, ne présente pas de débris organique. Transition nette avec l'horizon sus jacent. Des traces de réduction de couleur grises assez nombreuses, contrastées.

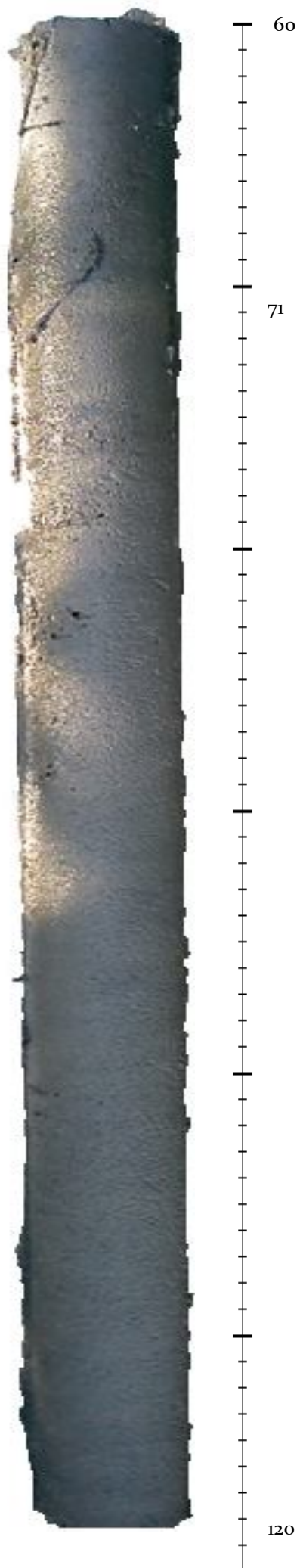
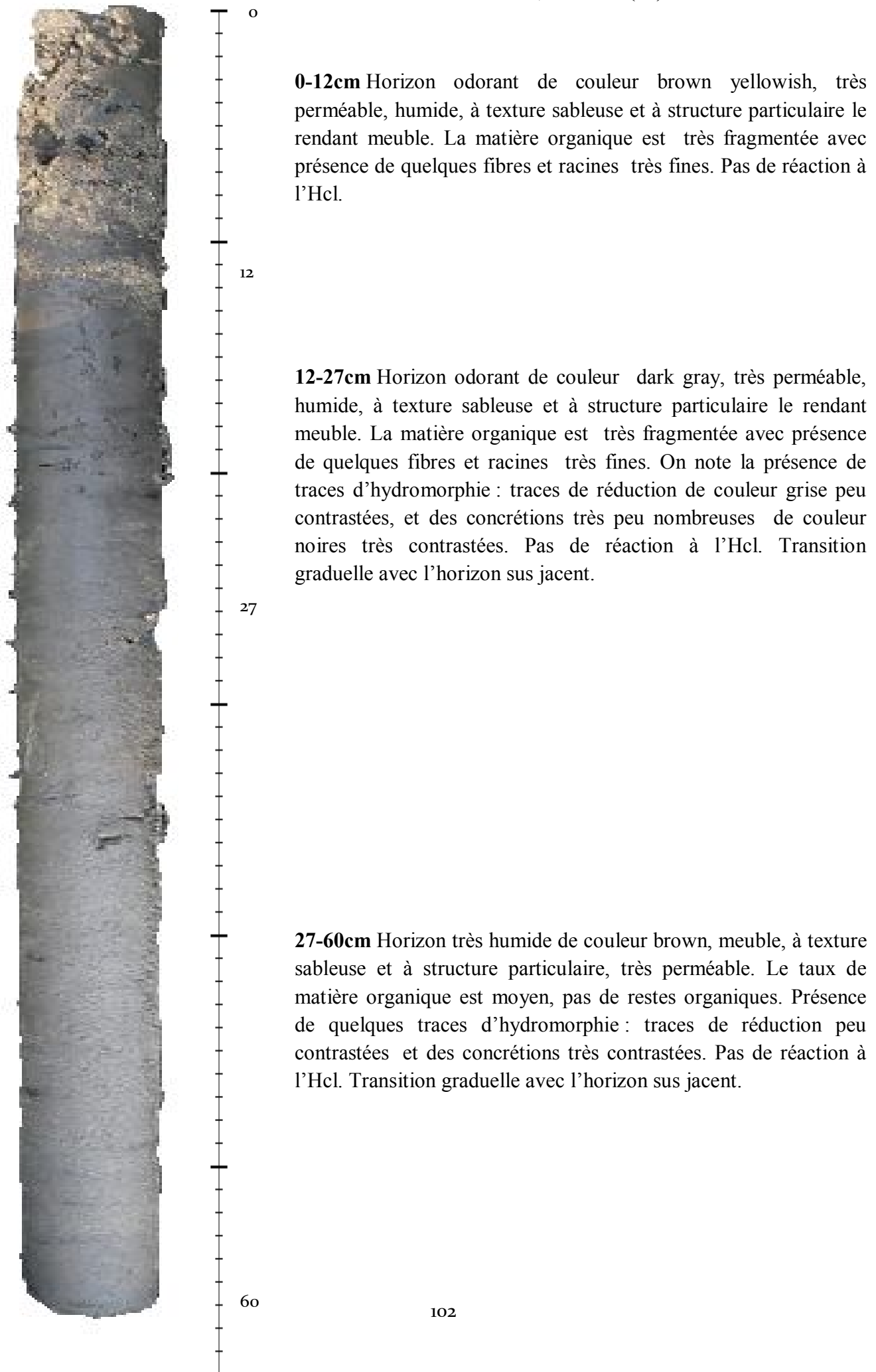


**Figure N° 32 : Description morphologique de la carotte
N°2 ; centre (C)**

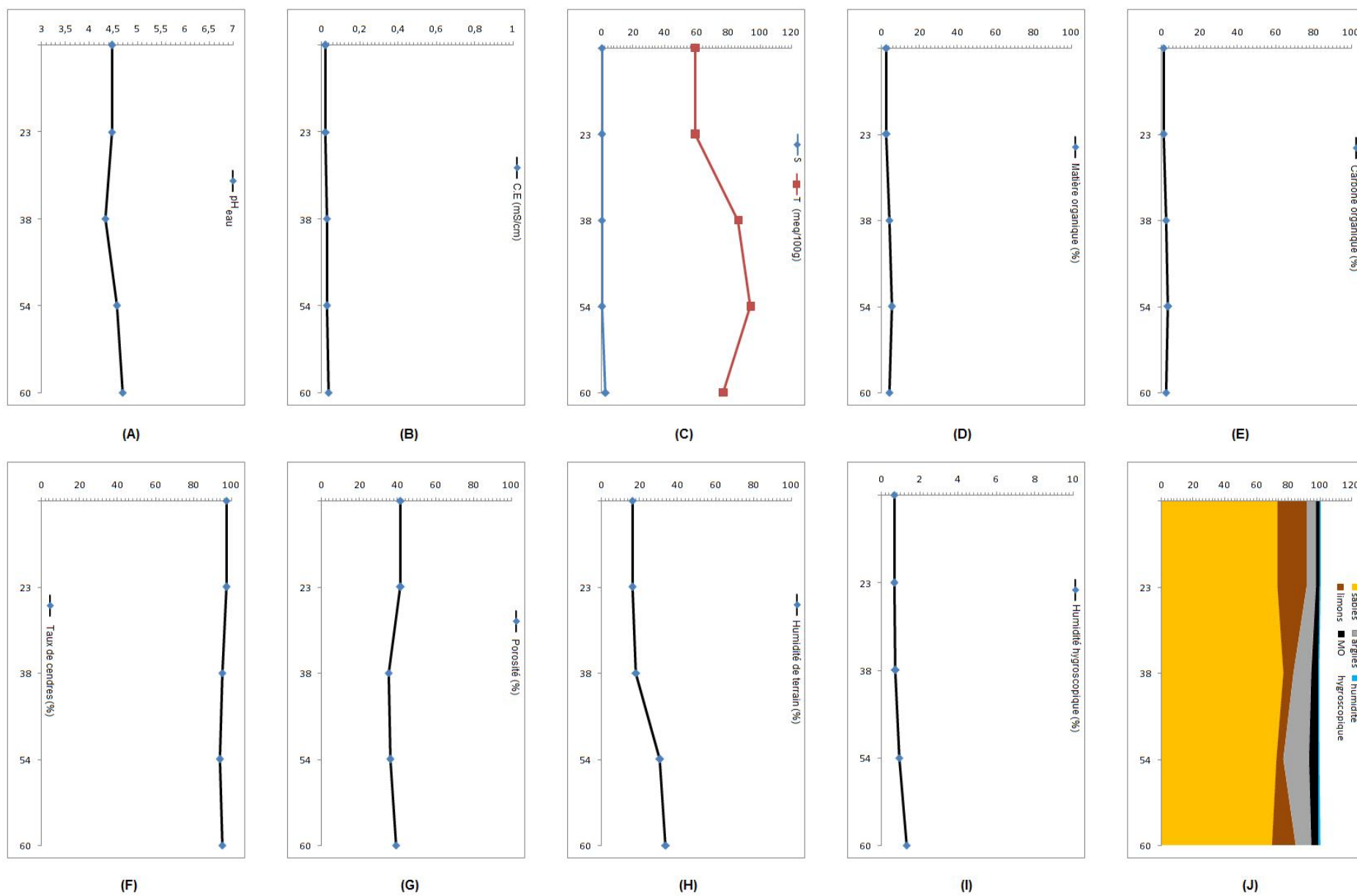
60-71cm Horizon odorant de couleur dark gray, très perméable, saturé en eau, mou, à texture sableuse et à structure particulaire, moyennement organique, restes invisibles. On note la présence de trace de réduction peu contrastées donne une couleur grise et des concrétions contrastées. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

71-120cm Horizon odorant de couleur grayish brown, très perméable, saturé en eau, mou, à texture sableuse et à structure particulaire, moyennement organique, restes invisibles. On note la présence de trace de réduction peu contrastées qui donne une couleur grise et quelques concrétions contrastées. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

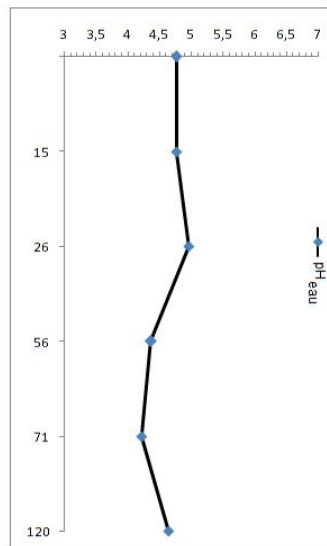
**Figure N° 33 : Description morphologique de la carotte
N°1 ; Ecotone (E₂)**



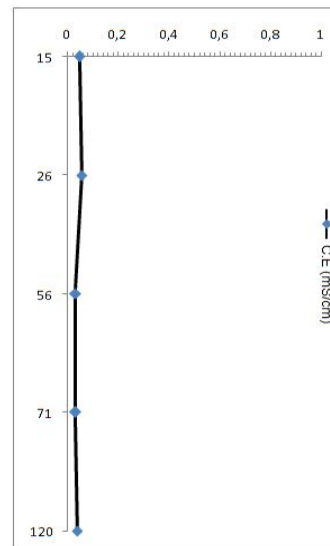
Graphes des résultats analytiques pour Boumerchène (E1)



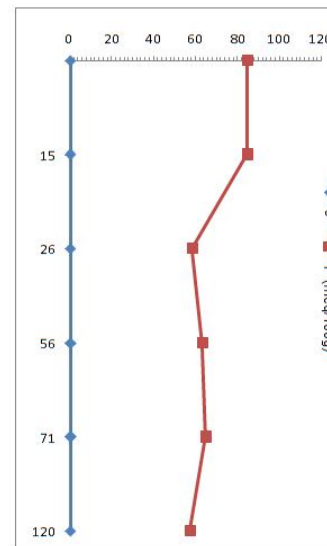
Graphes des résultats analytiques pour Boumerchène (C)



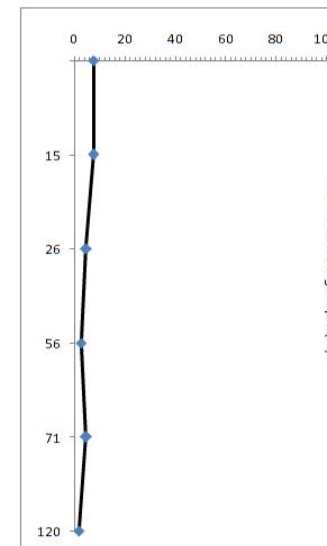
(A)



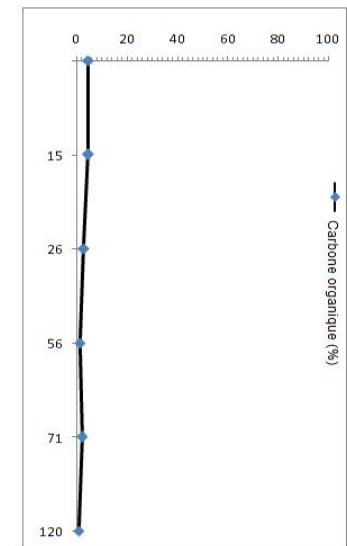
(B)



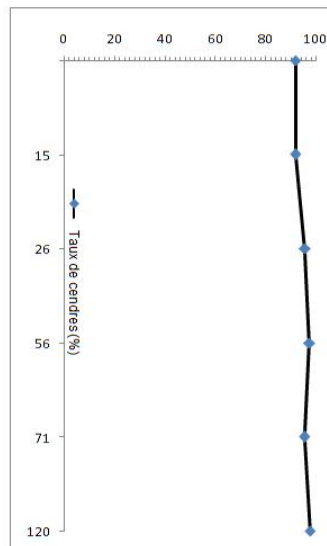
(C)



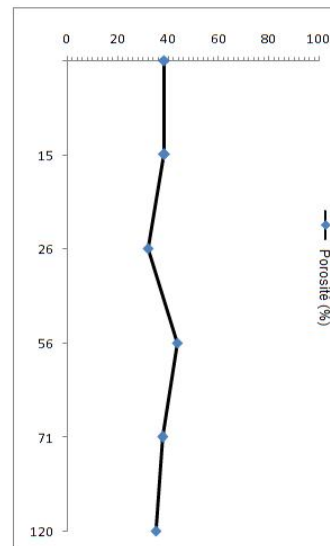
(D)



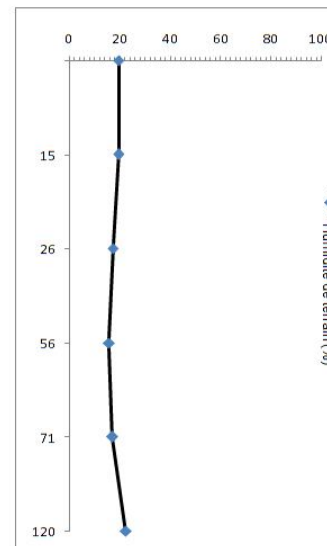
(E)



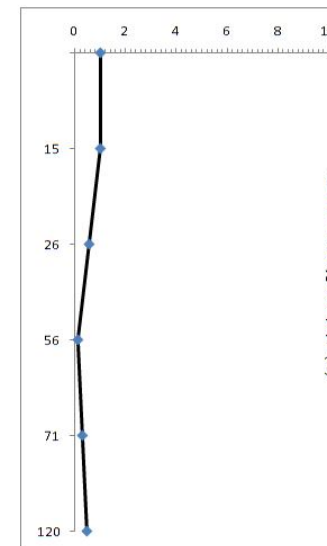
(F)



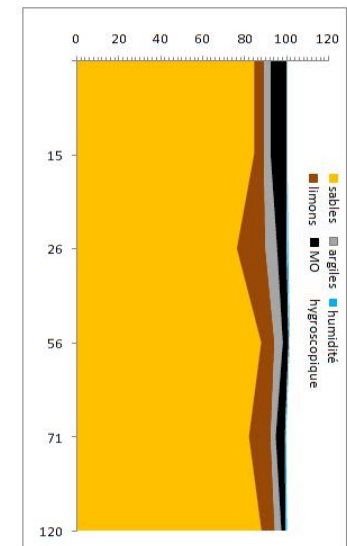
(G)



(H)

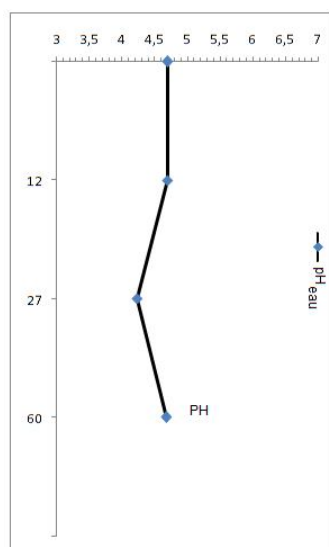


(I)

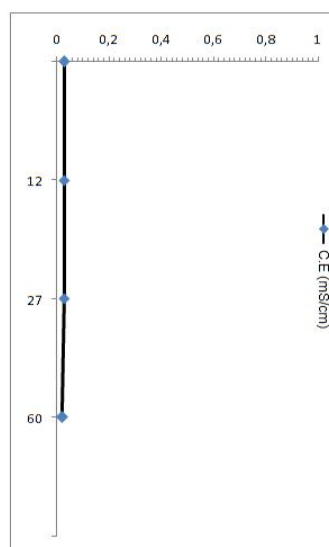


(J)

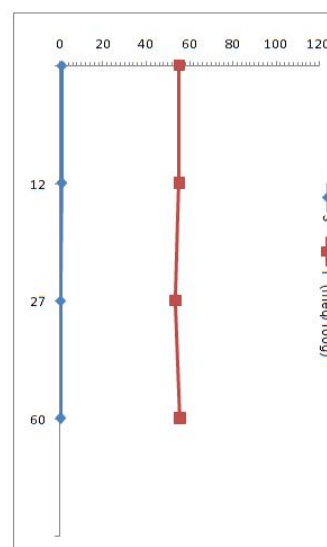
Graphes des résultats analytiques pour Boumerchène (E2)



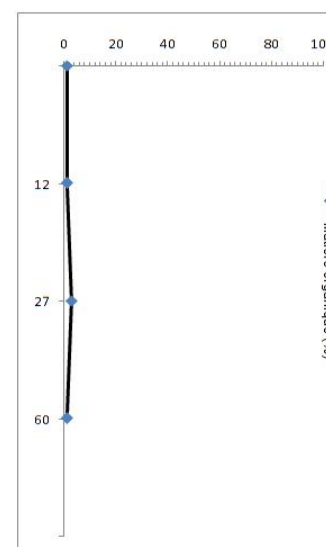
(A)



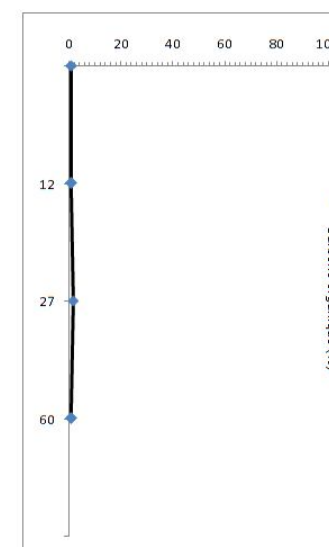
(B)



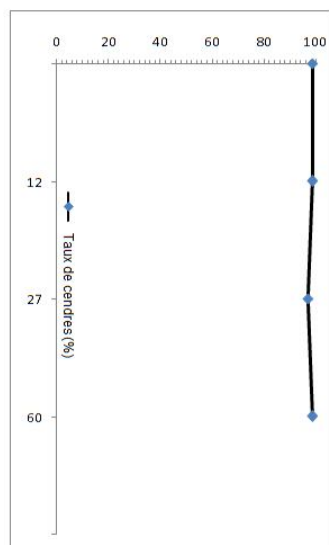
(C)



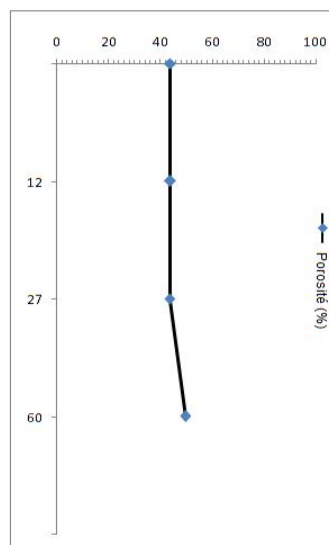
(D)



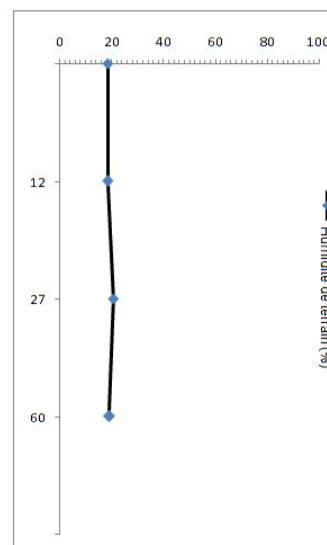
(E)



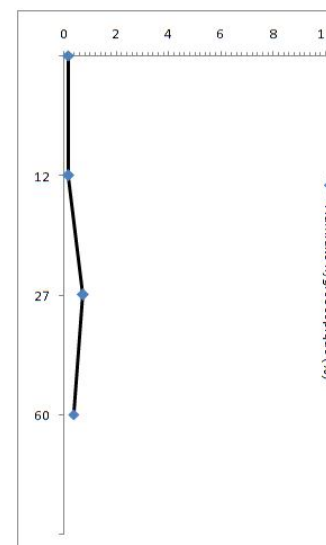
(F)



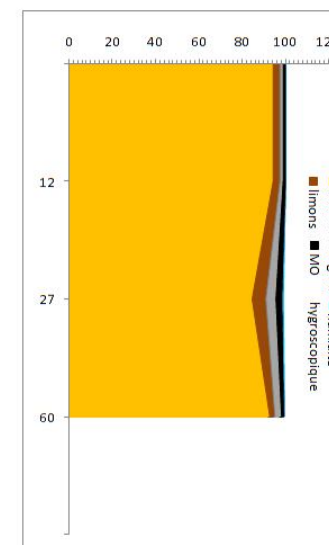
(G)



(H)



(I)



(J)

IV-5-2 Discussion des résultats :

a-Echantillon prélevé dans l'écotone (E₁) :

La description morphologique de la carotte de 60 cm d'épaisseur, prélevée dans cette zone de contact dune/aulnaie, combinée aux résultats analytiques ont classé ce type de sol comme étant un sol **HYDROMORPHE SABLEUX PEU HUMIFERE**. En effet les teneurs en matière organique ne dépassent pas les 10% (**graphe D**) sur au moins 20 centimètres ce qui lui attribue l'appellation de peu humifère (**AUBERT, 1965**). Cependant on remarque que ce taux est faible dans l'horizon de surface comparé aux autres couches dû probablement à l'abaissement du niveau de la nappe et à la minéralisation d'une partie de la matière organique. Les sables et les limons se trouvent en quantité appréciable dans tous les horizons, ils jouent un rôle peu évident dans la rétention de l'eau comparé à celui de la matière organique (**graphe I**) de nature hydrophilique/hydrophobique (**KLUTE, 1986**). Les sables étant légers et très perméables et se drainent facilement, d'où leur faible capacité de rétention car **COMBEAU, (1961) ; COMBEAU & QUANTIN, (1963) ; CHARREALI, (1963) ; DANCETTE, (1973)** ont montré qu'il existe des relations linéaires étroites entre le taux d'humidité et la texture du sol. Cette texture favorise aussi une bonne porosité (**graphe G**) combinée avec l'effet de la matière organique par ses apports ou ses pertes, effet marquée aussi sur la densité apparente. Le taux d'humidité de terrain augmente en allant de la surface vers la profondeur (**graphe H**), teneur justifiées probablement par la présence d'une nappe souterraine remontant saisonnièrement dans le solum alimentée souterrainement (**DUCHAUFOR, 1977**).

Les analyses chimiques donnent une idée précise sur le type de sol : le pH est extrêmement acide dans la totalité du solum ($< 4,5$) (échelle d'après **DOUCET, 2006**). Les valeurs enregistrées en ce qui concerne la conductivité électrique sont infimes (**graphe B**) ne dépassant pas le seuil qui classe ce sol comme étant très pauvre en minéraux, c'est-à-dire non salé (de 0 à 0,25 mS/cm est comme tel d'après **CARRIER, 2003**). En ce qui concerne les éléments majeurs, on remarque que ce sol est pauvre chimiquement avec une somme de bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{+} , Na^{+} , K^{+}) très faible en général (**graphe C**) ; la teneur la plus élevée est enregistrée dans l'horizon sous-jacent témoignant d'une lixiviation des bases et leur accumulation à la base du solum. Le calcium et le magnésium qui sont les deux cations principaux qui conditionnent la valeur du pH du sol (**DABIN, 1985**) sont absents chez tous les horizons. En ce qui concerne la capacité d'échange cationique, elle varie d'un horizon à l'autre en relation étroite avec le taux de matière organique et celui des argiles (**graphe C**) car, seuls ces deux constituants par leurs propriétés colloïdales, peuvent développer des charges importantes à leur surface (**BRADY & al., 2002**). La capacité d'échange cationique des argiles contribue probablement peu dans la

fixation des bases comparé à celle de la matière organique vu leur faible taux dans certains horizons comparé à d'autres (**graphe J**) mais tout dépend de la nature de ces minéraux (la Kaolinite possède une capacité d'échange de 3 à 15 mé/100g, alors que la vermiculite, elle est de 100 à 150 mé/100g) (**MERMOUD, 2006 ; DEJOU & al, 1961**). Dans tous les cas la capacité d'échange enregistre des valeurs atteignant 91 mé/100g dans l'horizon le plus riche en matière organique et en argile (**graphe C**). Le taux de saturation du complexe est ainsi très faible (**graphe C**) ne dépassant pas les 20%, seuil admis d'après **MARTIN & NOLIN, (1991)** pour qualifier un complexe comme étant désaturé en éléments majeurs.

b-Echantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (C) :

La description des deux carottes prélevées dans cette parcelle à une profondeur de 120 cm, ainsi que les résultats analytiques ont classé ce sol comme étant un **HYDROMORPHE SABLEUX PEU HUMIFERE**. En effet la teneur en matière organique est inférieure à 10% sur au moins 20 centimètres et, en général, inférieure à environ 4 - 5% (**graphe D**) (**AUBERT, 1965**). Ce taux décroît d'une manière hétérogène dans le reste du solum dû essentiellement à la texture qui est en fait un mélange de sables et de limons, c'est-à-dire éléments fins et grossiers. En effet, la plupart des auteurs utilisant les fractionnements granulométriques confirment que la matière organique associée aux fractions sableuses est essentiellement représentée par des résidus végétaux dont le degré d'humification augmente quand la taille des particules diminue (**BERNHARD-REVERSAT, 1981 ; BRUCRERT, 1979 ; MCKEAGUE, 1971 ; OADES & al., 1977, 1978 ; PIERRE, 1979**). Malgré que la capacité de rétention en eau est inférieure à 1%, pour les sols sableux peu humifère, cet effet indésirable s'atténue en présence d'une bonne quantité de matière organique (**graphe D**) car l'humidité est directement proportionnelle à son taux mais aussi au taux d'argile (**BAIZE, 1988**) en raison de leur nature hydrophilique (**KLUTE, 1986**). La porosité est en moyenne bonne (**graphe G**) en raison de la présence de sables en quantité appréciable, ils sont légers, filtrants car ils possèdent une macroporosité considérable (**LABORIER, N.D**). Ce paramètre est aussi conditionné par les apports ou les pertes de la matière organique et par voie de conséquence influence aussi, la densité apparente (Da).

Le taux d'humidité de terrain dépasse les 20% dans l'horizon le plus humifère dû probablement à la présence d'une nappe souterraine proche de la surface alimentée souterrainement (**DUCHAUFOR, 1977**).

Pour ce qui est des propriétés chimiques de nos cinq horizons, le pH eau fluctue entre très fortement acide (4,5 – 5,0) et extrêmement acide (< 4,5) (échelle d'après **DOUCET, 2006**); la

conductivité électrique est très faible d'une manière générale (**graphe B**), elle classe notre sol comme étant non salé à faible degré de minéralisation, inférieur au seuil admis d'après **DOUCET, (2006)**. La somme de bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) est très faible et fluctue peu d'un horizon à l'autre (**graphe C**) avec une absence des cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}). La capacité d'échange cationique est de 84 mé/100g dans l'horizon de surface chute progressivement avec quelques fluctuations (**graphe C**), ceci est dû à la bonne quantité de matière organique présente dans les premiers centimètres et qui baisse en profondeur, car comme on le sait, seuls les argiles et la matière organique par leurs propriétés colloïdales, peuvent développer des charges importantes à leur surface (**BRADY & al., 2002**). L'argile a été en quelque sorte exclu car son taux est faible globalement ne dépassant pas 5% ce qui nous fait dire que la contribution de la fraction minérale à la capacité d'échange est inférieure à celle de la matière organique mais tout dépend de la nature de ces minéraux (la Kaolinite, de 3 à 15 mé/100g, alors que la vermiculite de 100 à 150 mé/100g) (**MERMOUD, 2006 ; DEJOU & al, 1961**). Le complexe adsorbant est qualifié de désaturé d'après **MARTIN & NOLIN, (1991)** car son taux de saturation par les cations alcalino-terreux et alcalins est très faible (**graphe C**) inférieur à 20%.

c-Echantillon prélevé dans l'écotone (E₂) :

D'après la description morphologique de la carotte prélevée, de 60 cm d'épaisseur, ainsi que les résultats analytiques, on a à faire à un solum à caractère hydromorphe : c'est un **HYDROMORPHE SABLEUX PEU HUMIFERE**. En effet les sables dominant chez les trois horizons dépassant les 80%, bien aéré (**graphe G**) à cause de leur grande macroporosité (**LABORIER, N.D**). L'inconvénient majeur pour ces minéraux est qu'ils sont facilement drainable d'où leur faible capacité de rétention (**graphe I**) ne dépassant pas en général le 1% pour les sols sableux peu humifère (**BAIZE, 1988**) ; aussi, **COMBEAU, (1961)** ; **COMBEAU & QUANTIN, (1963)** ; **CHARREALI, (1963)** ; **DANCETTE, (1973)** ont montré qu'il existe des relations linéaires étroites entre le taux d'humidité et la texture du sol. Par contre, la matière organique, malgré qu'elle soit en quantité plutôt faible dans un sol sableux peu humifère, ne dépassant pas les 4 à 5% (**AUBERT, 1965**), elle influe considérablement ce paramètre (**graphe I**) car cette dernière est de nature hydrophilique/hydrophobique (**KLUTE, 1986**). Pour ce qui est de l'humidité de terrain, son taux dépasse en générale les 18% dû à la présence d'une nappe proche de la surface alimentée souterrainement (**DUCHAUFOR, 1977**).

Les résultats des analyses chimiques comme que le pH, classe ce sol comme étant de la surface à la profondeur, fortement acide (4,5 – 5,0) à extrêmement acide (< 4,5) (échelle

d'après DOUCET, 2006). Les valeurs qu'enregistre la conductivité électrique (**graphe B**), montre que c'est un sol extrêmement pauvre en minéraux, non salé, au dessous du seuil d'admission a cette catégorie (elle est de 0 à 0,25 mS/cm), car ce paramètre constitue une bonne indication du degré de minéralisation du sol. (DUCHAUFOR, 1983). En effet la somme des bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) est très faible et s'affaiblit plus en allant vers la profondeur (**graphe C**), avec une absence des cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) ; ceux qui conditionnent la valeur du pH (DABIN, 1985). Ce manque d'éléments majeurs est reflété sur le complexe adsorbant, c'est-à-dire qu'il possède un faible taux de saturation (**graphe C**). La capacité d'échange cationique est supérieur à 50 mé/100g, due en générale à la présence de la matière organique car, en effet, la fraction minérale contribue peu à la capacité d'échange en raison de la faible teneur en argiles (**graphe J**) ; seuls ces deux éléments par leurs propriétés colloïdales, peuvent développer des charges importantes à leur surface (BRADY & *al.*, 2002). D'une manière générale, le complexe adsorbant est désaturé d'après MARTIN & NOLIN, (1991), qualificatif utilisé lorsque son taux de saturation est inférieur à 20%. On remarque que ce taux est encore plus faible en profondeur (**graphe C**) ; ceci peut s'expliquer par le qu'en surface, il y a restitution régulière d'éléments basiques contenus dans les débris végétaux qui se décomposent rapidement à la surface du sol en raison du rabattement de la nappes durant la saison sèche (DABIN, 1985).

IV-6 L'aulnaie de Demnt Errihane :

IV-6-1 Description et résultats morpho-analytiques :

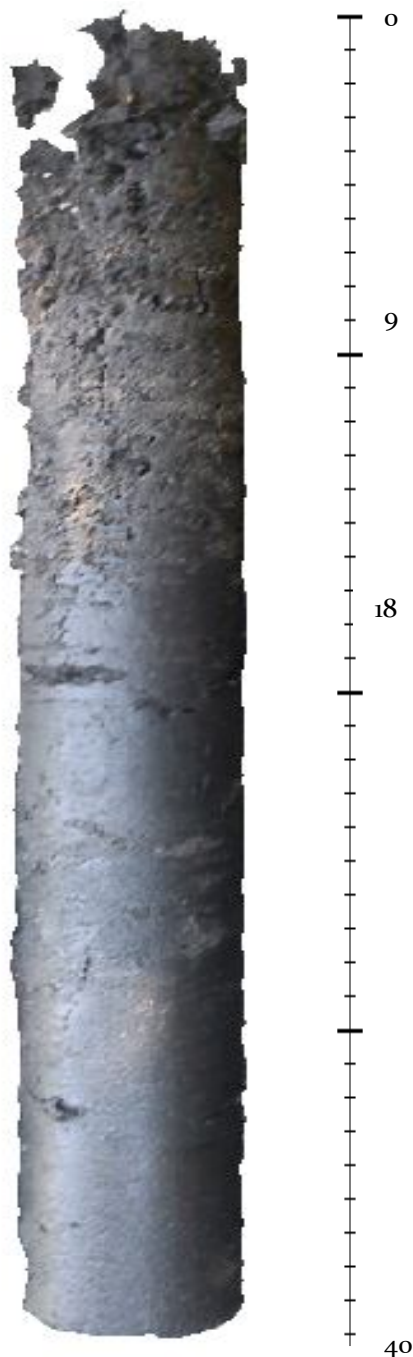


Figure N° 34 : Description morphologique de la carotte N°1 ; Ecotone (E₁)

0-09cm Horizon très odorant de couleur very dusky red, très perméable, très humide, à texture sableuse et à structure particulière le rendant meuble. La matière organique est forte et très fragmentée avec présence de quelques fibres et racines nécrosées très fines. On note la présence d'activité biologique : verres de terre. Pas de réaction à l'Hcl.

09-18cm Horizon très odorant de couleur very dark gray, très perméable, saturé en eau, mou, à texture sableuse et à structure particulière. La matière organique est assez forte, très fragmentée avec présence de quelques fibres et racines nécrosées très fines. On note la présence d'une activité biologique : verres de terre. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent dû au brassage biologique.

18-40cm Horizon très odorant de couleur black, très perméable, saturé en eau, mou, à texture sableuse et à structure particulière. La matière organique est faible et très fragmentée avec présence de fibres et racines saines très fins en quantité infime. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent dû au brassage biologique.

**Figure N° 35 : Description morphologique de la carotte
N°1 ; centre (C)**

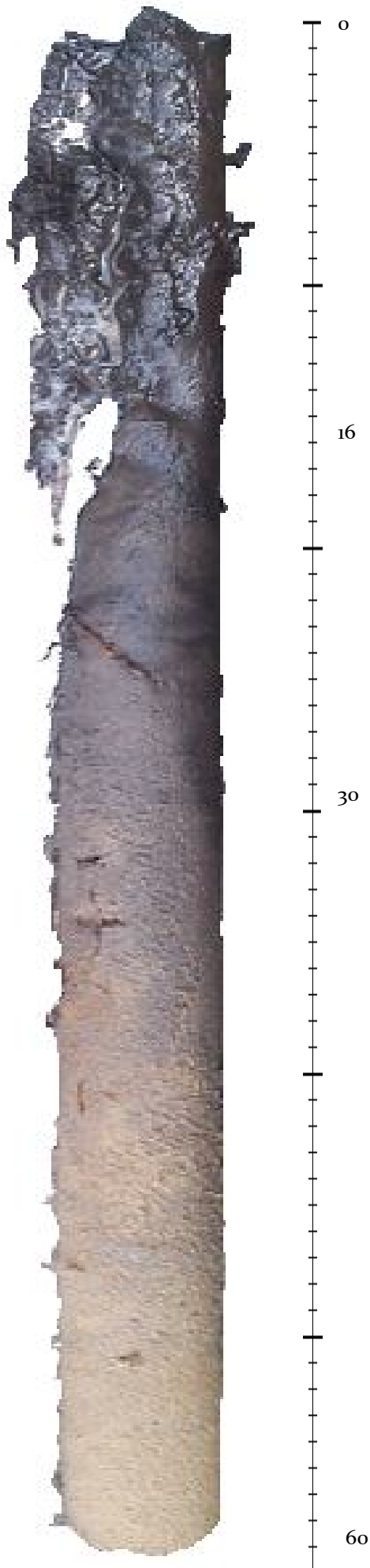


0-20cm Horizon de couleur very dusky red, sec, meuble, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres inorganisées et de racines saines et nécrosées donnant à l'horizon une structure spongieuse et une bonne perméabilité. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est indéterminé (l'horizon n'est pas gorgé d'eau). Pas de réaction à l'Hcl.

20-36cm Horizon de couleur dark reddish brown, sec, meuble, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres inorganisées et de racines saines, nécrosées et pourries donnant à l'horizon une structure spongieuse et une bonne perméabilité. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est indéterminé (l'horizon n'est pas gorgé d'eau). Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

36-60cm Horizon de couleur black, humide, meuble, riche en matière organiques peu fragmentée composée de fibres inorganisées et de racines nécrosées et pourries donnant à l'horizon une structure fibreuse et une bonne perméabilité. La texture est organique car la fraction minérale est inexistante. L'indice d'humosité est indéterminé (l'horizon n'est pas gorgé d'eau). Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

**Figure N° 36 : Description morphologique de la carotte
N°1 ; Ecotone (E₂)**

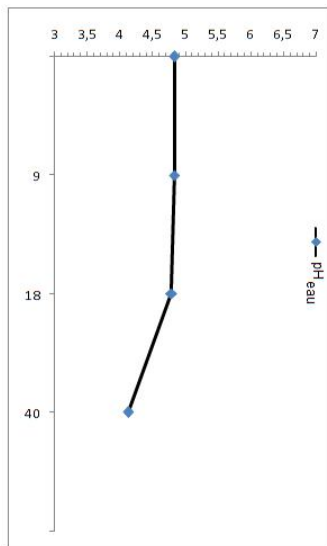


0-16cm Horizon de couleur very dark grayish brown, très perméable, noyé, à texture sableuse et à structure particulaire le rendant mou. La matière organique est très fragmentée avec présence de quelques fibres et racines extrêmement fines. Pas de réaction à l'Hcl.

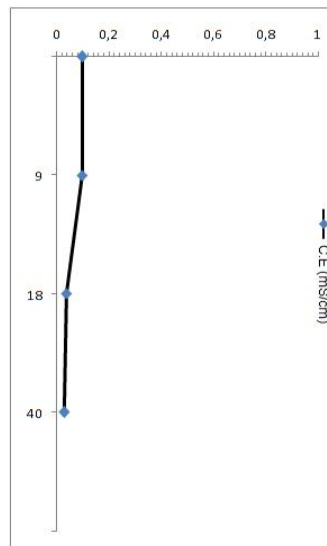
16-30cm Horizon de couleur olive brown, très perméable, noyé, mou, à texture sableuse et à structure particulaire. La matière organique est très fragmentée, restes invisibles. Pas de réaction à l'Hcl. Transition graduelle avec l'horizon sus jacent.

30-60cm Horizon de couleur light yellowish brown, très perméable, noyé, mou, à texture sableuse et à structure particulaire. La matière organique est très fragmentée, restes invisibles. Pas de réaction à l'Hcl. Transition nette avec l'horizon sus jacent.

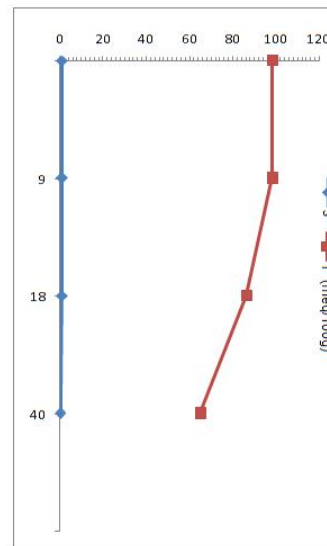
Graphes des résultats analytiques pour Demnet Errihane (E1)



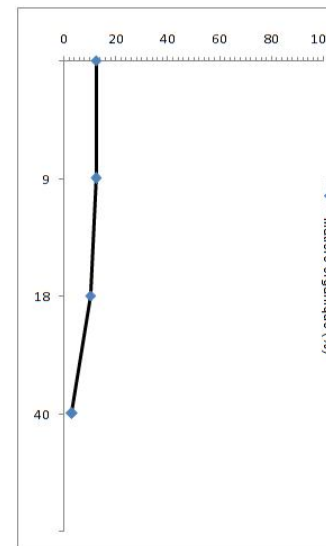
(A)



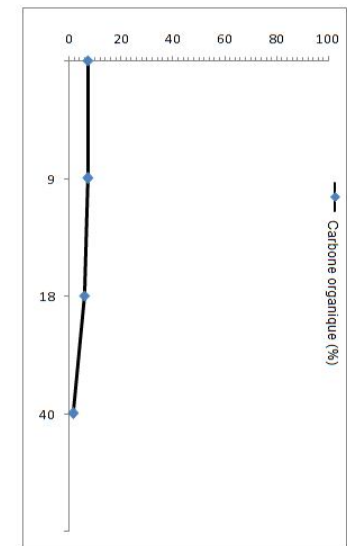
(B)



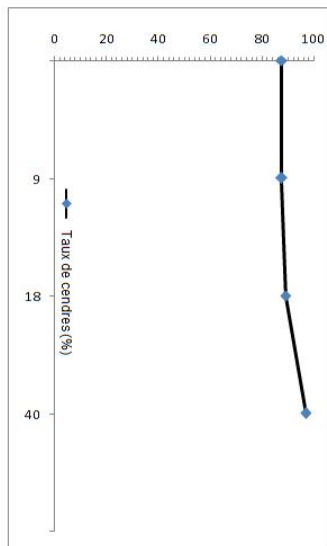
(C)



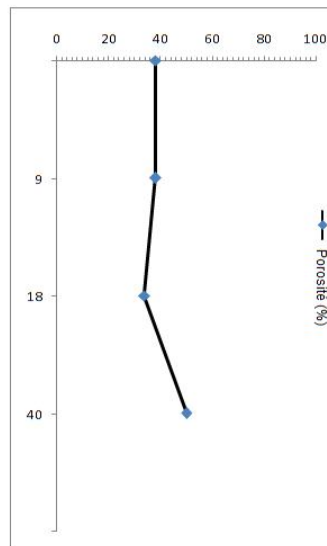
(D)



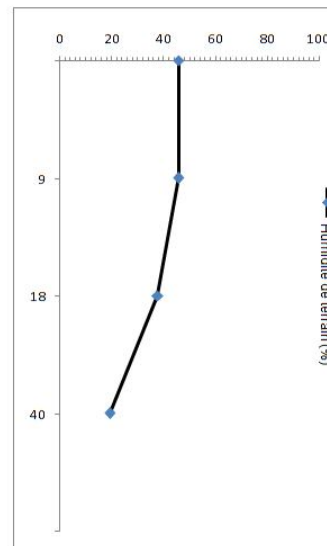
(E)



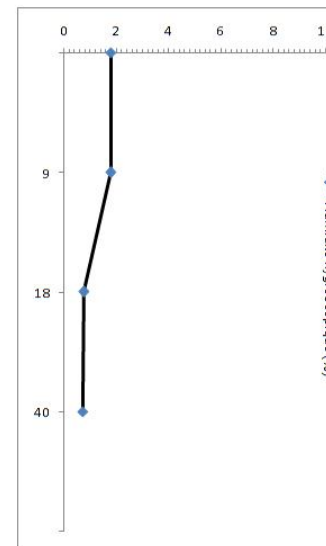
(F)



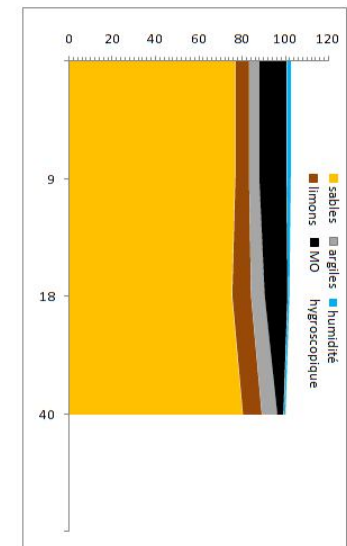
(G)



(H)

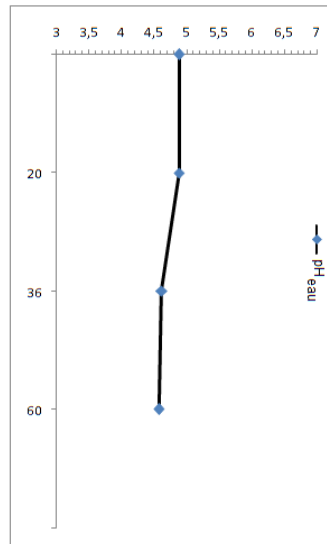


(I)

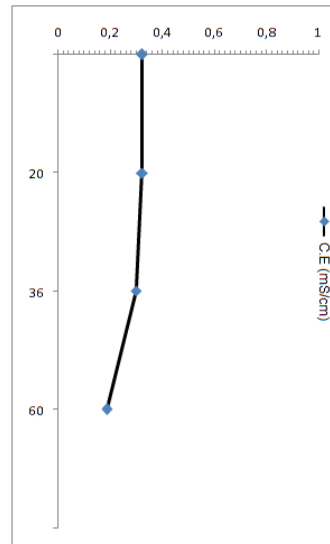


(J)

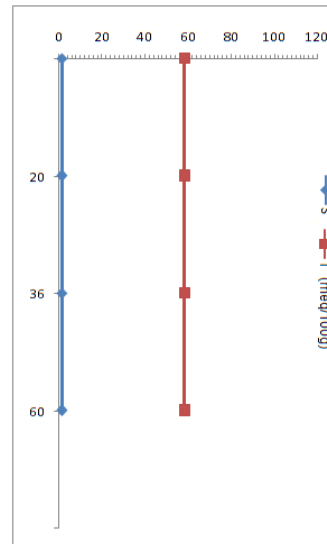
Graphes des résultats analytiques pour Demnet Errihane (C)



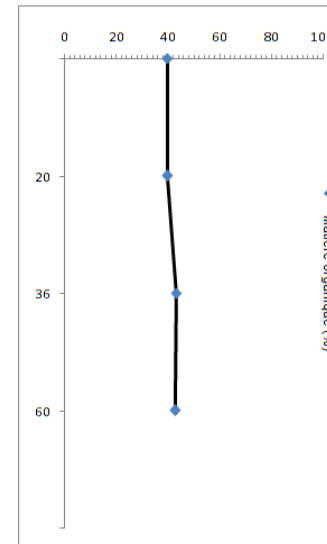
(A)



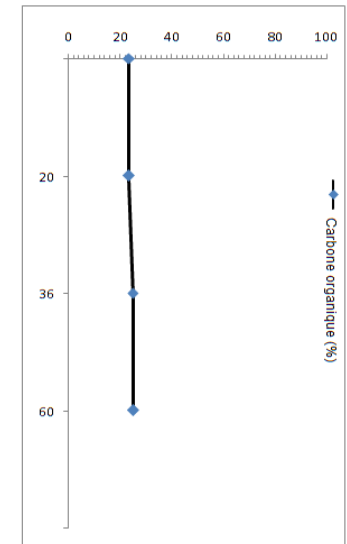
(B)



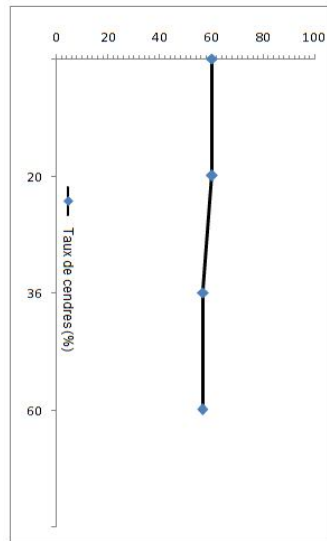
(C)



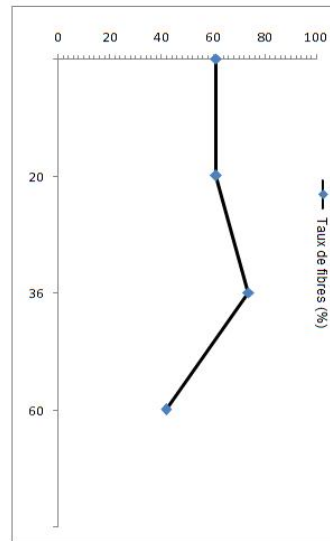
(D)



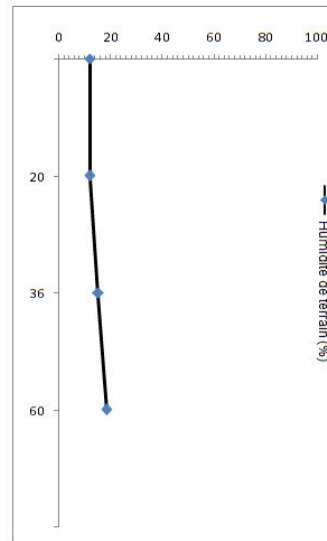
(E)



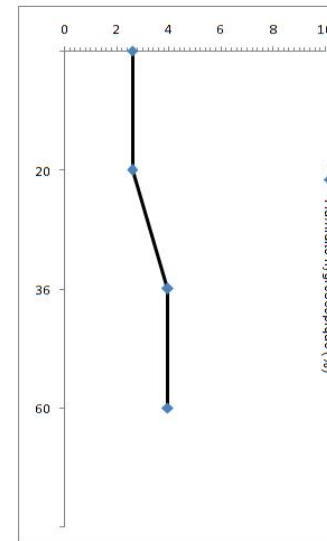
(F)



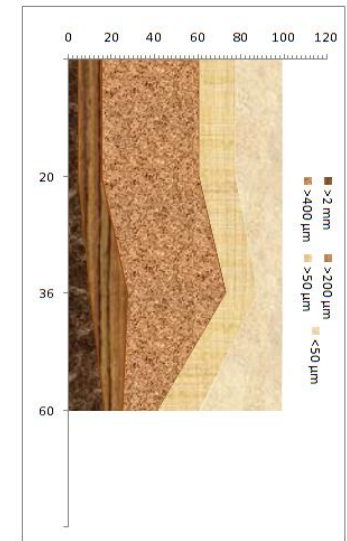
(G)



(H)

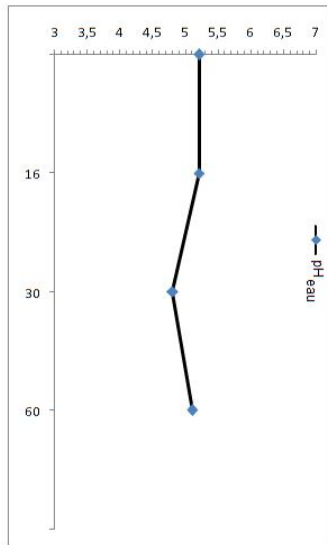


(I)

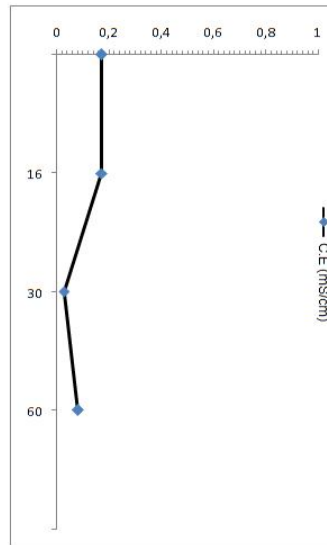


(J)

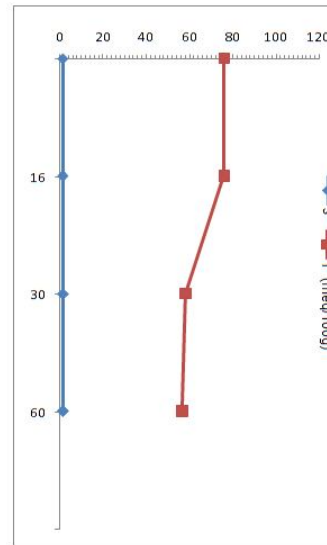
Graphes des résultats analytiques pour Demnet Errihane (E2)



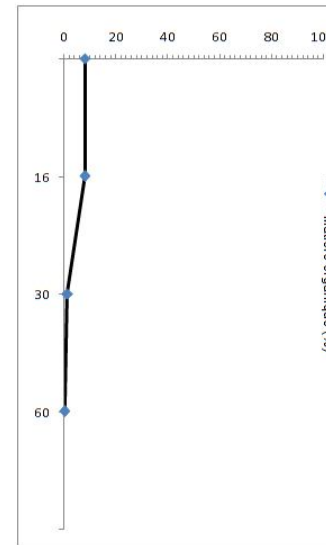
(A)



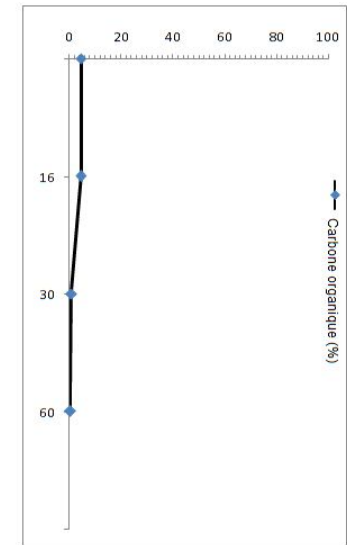
(B)



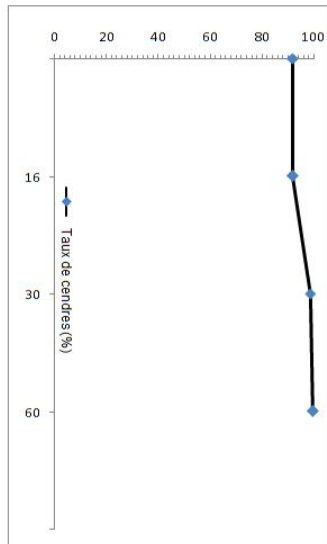
(C)



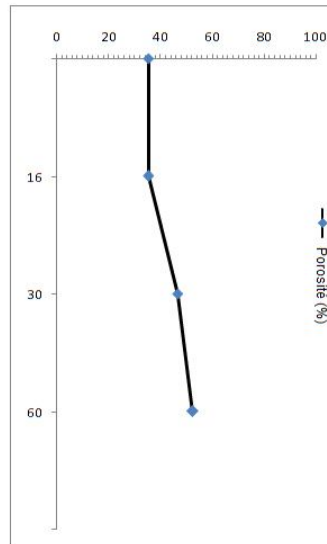
(D)



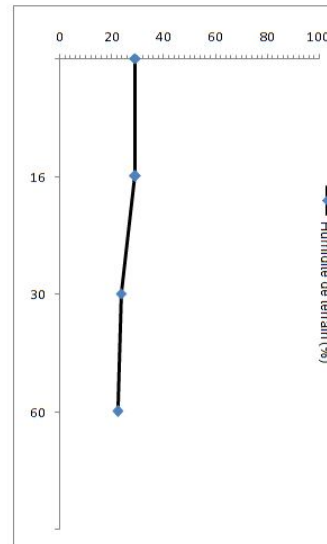
(E)



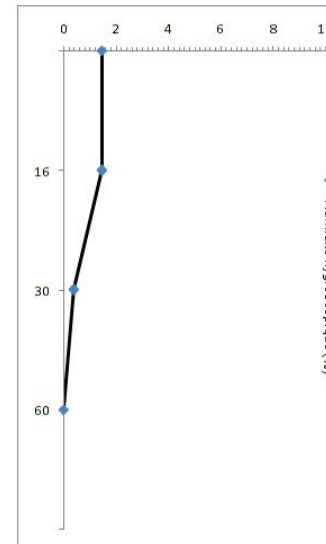
(F)



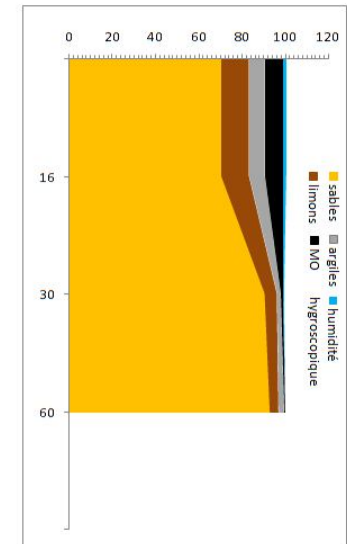
(G)



(H)



(I)



(J)

IV-6-2 Discussion des résultats :

a-Echantillon prélevé dans l'écotone (E₁) :

D'après la description morphologique de cette carotte prélevée, de faible épaisseur (40 cm) ainsi que les résultats analytiques, on a à faire à un **HYDROMORPHE SABLEUX HUMIFERE**. En effet la teneur en matière organique avoisine les 10% (**graphe D**) d'où l'appellation d'humifère (**DUTHIL, 1971**) ; elle décroît d'une manière considérable dans le troisième horizon. Les sables dominent en générale, mélangés avec une petite portion de limons en profondeur. Cette texture procure au sol une bonne porosité (**graphe G**), une faible rétention en eau car **COMBEAU, (1961)** ; **COMBEAU & QUANTIN, (1963)** ; **CHARREALI, (1963)** ; **DANCETTE, (1973)** ont montré qu'il existe des relations linéaires étroites entre le taux d'humidité et la texture du sol. Par contre, la matière organique par ses apports et ses pertes influe considérablement la rétention de l'eau (**graphe I**) en raison de sa nature hydrophilique/hydrophobique (**KLUTE, 1986**) ; elle influe également sur la densité apparente. Le taux d'humidité de terrain est fort en surface et s'atténue en profondeur (**graphe H**), en relation comme on vient de le mentionner avec la texture et le taux de matière organique mais ce taux témoigne de la présence d'une nappe très proche de la surface même affleurante alimentée souterrainement (**DUCHAUFOR, 1977**).

Les résultats des analyses chimiques comme que le pH, classe ce sol comme étant de la surface à la profondeur, fortement acide (4,5 – 5,0) et extrêmement acide (< 4,5) dans l'horizon sous jacent (échelle d'après **DOUCET, 2006**). La conductivité électrique (**graphe B**), montre que c'est un sol non salé (de 0 à 0,25 mS/cm est un sol considéré comme tel). En effet la somme des bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) est très faible et s'affaiblit plus en allant vers la profondeur (**graphe C**), avec une absence des cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) ; ceux qui conditionnent la valeur du Ph (**DABIN, 1985**). La capacité d'échange cationique supérieure à 80 mé/100g dans les deux horizons de surface qui sont bien humifiées, montre la contribution de la fraction organique par rapport à la fraction minérale à cause du faible taux d'argiles enregistré dans tout le solum (**graphe J**) ; car seuls ces deux éléments par leurs propriétés colloïdales, peuvent développer des charges importantes à leur surface (**BRADY & al., 2002**). Le complexe adsorbant est ainsi désaturé d'après **MARTIN & NOLIN, (1991)**, parce que son taux de saturation est très faible (**graphe C**), inférieur à 20% mais augmente progressivement de la surface vers la profondeur dû probablement à la lixiviation des bases (**DABIN, 1985**), mais aussi à la capacité d'échange qui est faible en profondeur qu'en surface.

b-Echantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (C) :

La description de la carotte prélevée dans cette parcelle corrélée aux résultats analytiques ont classé ce sol comme étant un **HISTOSOL FIBRIQUE (TOURBE ACIDE)**, d'après **DUCHAUFOR, 1983**). D'un point de vue pédologique la tourbe appartient aux sols hydromorphes (**DUCHAUFOR, 1997**) ; c'est une succession d'horizons histiques caractérisés par des proportions différentes entre la matière organique et l'eau, se forme en milieu saturé par l'eau pendant des périodes prolongées et compose principalement de débris végétaux (**LAPLACE-DOLONDE, 1995**). En effet la teneur en matière organique enregistré chez les trois horizons dépasse les 40%, (**graphe D**) d'une épaisseur de 60 cm car un Histosol est caractérisée par la présence d'une couche de tourbe minimale de 30 à 50 cm (**WEBER, 1903**). Il est qualifié de fibrique car le taux de fibres (**graphe K**) est supérieur à 40% dans tous les horizons histiques. Pour être plus précis, le triangle des textures organiques (**GOBAT & al, 1990**), a attribué à nos horizons en allant de la surface vers la profondeur, une texture fibrique à mixtes et micro agrégats, fibrique pur et enfin fibrique à micro agrégats.

En ce qui concerne le qualificatif d'acide, on remarque que le pH (**graphe A**) est très fortement acide (4,5 – 5,0) dans les trois horizons (échelle d'après **DOUCET, 2006**). On voit bien que la capacité de rétention en eau (**graphe I**) est proportionnelle au taux de matière organique et à son degré de décomposition car cette dernière est de nature hydrophilique/hydrophobique (**KLUTE, 1986**). l'humidité de terrain enregistre des teneur jugées faibles dans ce genre de sols (**graphe H**) car la tourbe peut atteindre 97% de son poids frais (**HEATHWAITE & al., 1993**), ce qui traduit que la nappe est à forte oscillation.

En ce qui concerne la chimie de ce sol, la conductivité électrique qui d'après **DUCHAUFOR, (1983)** constitue une bonne indication du degré de minéralisation du sol, classe les deux premières couches comme étant peu salé, alors que l'horizon sous jacent est non salé (non salé : de 0 à 0,25 mS/cm ; peu salé de 0,25 à 0,50 mS/cm d'après **CARRIER, 2003**) (**graphe B**). La somme des bases échangeables suit cette même tendance mais reste très faible en général (**graphe**) avec une absence marquée des cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{+}). La capacité d'échange cationique est presque identique dans les trois horizons histiques (**graphe**), jugée faible pour un tel sol (généralement de 100 à 500 mé/100g d'après **LAPLACE-DOLONDE, 1995**) ; ceci est probablement parce que notre tourbe est jeune témoigné par ce fort taux de fibres (**graphe K**), car selon **GOBAT, (2003)** les tourbes jeunes ont des valeurs de capacité d'échange plutôt basse, elle dépend de l'origine botanique et du degré d'humification. Résultats, le taux de saturation du complexe adsorbant est très faible (**graphe C**), inférieur à 20%, qualifié de désaturé par **MARTIN & NOLIN, (1991)**.

c-Echantillon prélevé dans l'écotone (E₂) :

La description morphologique de cette carotte de 60 cm d'épaisseur ainsi que ses résultats analytiques ont classé ce sol un **ENTISOL** constitué de trois horizons qui, de la surface vers la profondeur sont distribués de cette façon : A, A/C et C. Le premier horizon d'après **DUTHIL, (1971)** est humifère car son taux de matière organique avoisine les 10% (**graphe D**), intimement mélangé à la fraction minérale qui est à texture sablo-limoneuse. Les deux autres couches sont à dominance sableuse avec une teneur en matière organique infime (**graphe J**). On remarque que la porosité, la capacité de rétention en eau (Da) sont conditionnés par la texture du sol et la teneur en matière organique. En effet, la texture sableuse offre un bon espace poral (**graphe G**) du fait de sa grande macroporosité mais possède une faible capacité de rétention en eau (**graphe I**) car les sables sont facilement drainable (**LABORIER, N.D**). Par contre la matière organique de nature hydrophilique/hydrophobique (**KLUTE, 1986**) est capable de retenir l'eau comme nous le montre l'horizon humifère de surface (**graphe D**). Pour ce qui est de l'humidité de terrain, son taux dépasse en générale les 20% dû à la présence d'une nappe proche de la surface remontant dans le solum, alimentée souterrainement (**DUCHAUFOR, 1977**).

Pour ce qui est des propriétés chimique de ce sol, le pH eau est fortement acide dans l'horizon de surface (5,1 – 5,5), très fortement acide (4,5 – 5,0) dans le second, puis redevient fortement acide à la base (échelle d'après **DOUCET, 2006**); la conductivité électrique suit cette même tendance (**graphe B**) mais classe de toute manière nos trois couches comme étant à faible degré de minéralisation, c'est à dire non salé (norme de 0 à 0,25 mS/cm est considéré comme tel d'après **CARRIER, 2003**). En effet, la somme des bases échangeables est très faibles (**graphe C**) avec une absence des cations alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) ; elle suit la même tendance que celle du Ph. La capacité d'échange cationique est supérieure dans l'horizon de surface que dans les deux autre (**graphe C**), dû essentiellement à la teneur en matière organique ainsi que celle des argiles (**graphe et graphe**) car seuls ces deux éléments par leurs propriétés colloïdales, peuvent développer des charges importantes à leur surface (**BRADY & al., 2002**). La différence existante entre ces trois horizons du point de vue teneur en éléments majeurs peut être expliqué par le fait que ces derniers ont subi une lixiviation et un entrainement vers le troisième horizon alors que pour le premier horizon le plus riche mais pauvre en fait est dû à la restitution régulière d'éléments basiques contenus dans les débris végétaux qui se décomposent rapidement à la surface du sol en raison du rabattement de la nappes durant la saison sèche (**DABIN, 1985**). De toute manière, le taux de saturation du

complexe adsorbant par les cations alcalins et alcalino-terreux est très faible (**graphe C**), inférieur à 20% ; qualifié d'après **MARTIN & NOLIN, (1991)** de désaturé.

Discussion générale :

D'après les descriptions morpho-analytiques des sols de nos sites d'études (l'aulnaie de Tonga, Boumalek, Souk Erriguibet, Oued Mellah, Boumerchène ainsi que l'aulnaie de demnet Errihane), échantillonnés selon un transect élaboré en se basant sur plusieurs facteurs tels que la géomorphologie, l'hydrographie, la géologie mais aussi l'occupation de ces sols par des formations végétales différentes mais qui se côtoie ; on sait rendu compte, en s'appuyant la classification française, qu'on a affaire à la dixième classe des sols, c'est-à-dire aux sols hydromorphes, avec des différences nette d'un site d'étude à un autre mais aussi, à l'échelle stationnelle ; ils appartiennent ainsi à différentes sous classes et sous groupe de cette même classe.

---En effet les résultats morpho-analytiques obtenus dans l'aulnaie de Tonga montrent que nous sommes en présence d'un **REDUCTISOL TYPIQUE** couvrant la zone de contact entre la dune et l'aulnaie (**E₁**) ainsi que l'intérieur de l'aulnaie (**C**), caractérisé par un horizon réductique temporairement réoxydé car la saturation en eau est interrompue périodiquement. Par contre en ce qui concerne la zone de contact entre l'aulnaie et le lac Tonga, c'est un **REDUCTISOL TYPIQUE à Anmoor** à saturation permanente, dû probablement à l'effet combiné de la nappe souterraine ainsi que du plan d'eau.

---L'aulnaie de Boumalek quant à elle, repose essentiellement sur un sol hydromorphe de type **HISTOSOL**. Elle est tapissée par ce type de sol, de l'écotone qui fait la transition entre la dune et l'aulnaie (**E₁**), jusqu'à celui qui fait le contact entre cette dernière et le lac Mellah (**E₂**). En effet on a affaire à une succession d'horizons histiques caractérisés par des proportions différentes entre la matière organique et l'eau, se forme en milieu saturé par l'eau pendant des périodes prolongées et compose principalement de débris végétaux. On remarque cependant que ces horizons tourbeux sont plus conservés dans la partie supérieure et médiane de notre solum, c'est-à-dire peu évolués à texture fibrique à mixtes et micro agrégats, que dans l'horizon histique sous jacent dû probablement à sa confrontation à la fraction minérale où il commence à s'humifier d'où sa texture fibrique-mésique.

---L'aulnaie de Souk Erriguibet, plus précisément, la zone de contact entre la dune et l'aulnaie (**E₁**) ainsi que l'aulnaie (**C**) reposent eux aussi sur un **HISTOSOL LEPTIQUE** pour les mêmes raisons que celle mentionné précédemment. On remarque cependant que l'échantillon prélevé dans le centre de l'aulnaie (**C**) possède un horizon semi-tourbeux faisant la transition entre la fraction organique et minérale, par contre pour celui prélevée dans l'écotone (**E₁**), la transition entre ces deux fractions est nette. En ce qui concerne l'échantillon prélevée dans l'écotone (**E₂**), zone de contact entre l'aulnaie et le Lac Mellah, il montre qu'on a affaire à un sol formé d'une accumulation organique, horizons histiques fibriques, peu évolués. Signalons que la tourbe plus précisément ces accumulations organiques sont mieux conservée en profondeur qu'en surface qui commencent à se minéraliser dû sans doute à l'oscillation de la nappe souterraine. Ce type de sol ne peut être qualifié de tourbe car son épaisseur est inférieure à 30 cm.

---Les résultats obtenus d'après les descriptions morpho-analytiques des échantillons prélevée dans l'aulnaie d'oued mellah (**C**) ainsi que dans les écotones qui font la transition, d'un côté avec la dune (**E₁**), et de l'autre avec le plan d'eau (Lac Mellah) (**E₂**), sont respectivement un sol sableux hydromorphe humifère et des sols sableux hydromorphes peu humifères. En effet les sables dominent d'une façon remarquable dans ces sols avec des teneurs en matière organique qui avoisinent les 10% pour l'échantillon prélevé à l'intérieur de l'aulnaie (**C**); alors que pour ceux prélevée dans les écotones (**E₁** et **E₂**), le taux de matière organique s'atténue considérablement, il est inférieur sur au moins 20 centimètres, à environ 4 - 5%. Ces faibles taux en matière organique enregistrés dans ces sols, montrent la forte oscillation de la nappe souterraine aussi bien à l'intérieur de l'aulnaie que dans les écotones avec une forte minéralisation de la matière organique. Malgré tout, la nappe reste présente mais en profondeur, ce fait est témoigné par la présence d'un horizon humifère médian dans le sol prélevé à l'intérieur de l'aulnaie, c'est-à-dire qu'il est plus ou moins conservé par rapport à l'horizon de surface.

---L'échantillonnage effectué dans l'aulnaie de Boumerchène a fait ressortir la présence d'un sol sableux hydromorphe peu humifère occupant ce site depuis, l'écotone qui fait la transition entre la dune et l'aulnaie (**E₁**) jusqu'à celui en contact avec cette dernière et le Lac Oubeïra (**E₂**). En effet la teneur en matière organique est faible ne dépassant pas les 5%, incorporé à une fraction minérale à dominance sableuse. Cet état montre que les pertes en matière organique se font à un rythme plus accéléré que celui de ces apports, c'est-à-dire que la minéralisation l'emporte sur la conservation des débris végétaux ce qui montre que la nappe

souterraine fluctue saisonnièrement, elle se rétracte considérablement durant la période sèche, aère le sol et favorise ainsi l'action des microorganismes donc les processus biochimiques, aboutissant ainsi à la minéralisation de la matière organique.

---Enfin, l'échantillonnage effectué dans l'aulnaie de Demnet Errihane, montre une couverture pédologique diversifiée, étalée sur une superficie d'environ 30 ha. En effet, l'écotone (**E₁**), zone de contact entre la dune et l'aulnaie repose sur un sol sableux hydromorphe humifère avec un taux de matière organique qui avoisine les 10% et une fraction minérale à dominance sableuse. Ce sol, malgré qu'il soit saturé en eau en raison de l'affleurement de la nappe souterraine à cet endroit, ne présente pas une accumulation de débris reconnaissables ce qui prouve que les pertes en matière organique l'emporte sur ces apports. Le sol tapissant l'aulnaie de l'intérieur (**C**) est un **HISTOSOL FIBRIQUE** constitué de débris organiques reconnaissables. Signalons également que ce sol présente une certaine particularité, c'est qu'il est à l'état sec de la surface jusqu'à la profondeur. Ceci est la marque qu'une nappe souterraine très proche de la surface existait auparavant et que cette dernière s'est brutalement rétractée car on sait que la tourbe se forme en milieu saturé par l'eau pendant des périodes prolongées (**DUCHAUFOR, 1983**).

Enfin, le sol sur lequel repose l'écotone (**E₂**), zone de transition entre l'aulnaie de Demnet Errihane et le lac Oubeïra, plus précisément la forêt de chêne liège car ce dernier se trouve à quelques centaines de mètres de l'aulnaie, est un sol peu évolué (**ENTISOL** d'après la classification américaine), c'est-à-dire sol peu évolué composé essentiellement d'un horizon A, humifère avec un taux de matière organique avoisinant les 10%, d'un A/C faisant la transition, peu humifère et d'un horizon C qui est le substrat à base de sables peu altérable. Ce sol est en effet conditionné par le rôle que joue l'eau dans sa dynamique, sol considéré comme trop jeune pour dépendre directement du climat.

D'une manière générale, les sables dominent dans tous ces sols, exceptés ceux qui couvrent l'aulnaie de Tonga ainsi que ces extensions, à texture argileuse en effet.

Aussi, le caractère le plus marquant et qu'il faut mettre en évidence, est que ces sols sans exceptions fortement acide même extrêmement acides, pauvres en éléments majeurs (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} , K^{+}), à faible taux de saturation du complexe adsorbant et à faible degré de minéralisation du sol, excepté l'écotone qui fait la transition entre l'aulnaie de Souk Erriguibet et le lac Mellah (**E₂**), où la conductivité électrique enregistre une valeur dépassant même 1,5 mS/cm, dû en effet aux eaux saumâtres de ce derniers, riche en sels inoisables,

même que **MORGAN, (1982)** releva dans les années soixante dix une salinité de l'ordre de 8,5g/l dans cette lagune.

Grosso modo, il existe une corrélation hautement significative entre l'acidité, le manque en bases échangeables et le degré de saturation du complexe. En effet, a forte acidité rencontrée dans ces sols est probablement liée à la présence d'une nappe d'eau acide, qui évolue peu en fonction des saisons, ou encore, au déficit de saturation du complexe adsorbant par les éléments majeurs. Ce déficit de saturation du complexe est dû à une lixiviation de ces bases entraînant sa désaturation. Egalement la nature de la roche-mère contribue aussi à l'acidité, la nature du complexe adsorbant si il est à dominante d'argiles kaolinique possède une faible capacité d'échange environ 10 mé/100g (**DABIN, 1985**), affecte lui aussi, le taux de saturation. D'après **WHITE, (2006)**, une forte acidité couplée aux températures relativement fraîches ralentit la minéralisation, dans ces conditions, la matière tend à s'accumuler comme on l'a vu dans l'aulnaie de Boumalek ou de Souk Erriguibet, et la production accrue d'acides organiques exacerbe aussi l'acidification du sol. Outre ces cations basiques, le complexe adsorbant fixe également des ions H^+ et AL^{+++} échangeables. Plus le pH s'acidifie, plus les teneurs en aluminium échangeable augmentent, au point de devenir le cation le plus abondant du complexe d'échange (**MENZIES, 2003**). Dans les conditions standard de pression et de température (1 atm, 25°C), les ions AL^{+++} dominant en solution entre pH = 0 et pH = 4.5 ; entre pH= 4.5 et pH = 5.5, AL^{+++} et $AL(OH)^{++}$ coexistent; à partir de PH = 5.5, AL^{+++} devient négligeable (**DUCHAUFOR, 1983 ; NEVE, 1990 ; QUELET, 1954, 1955 ; RONDIA ET SARTOR, 1990 ; VIZIER, 1971**).

Conclusion générale :

L'objectif de ce travail est une caractérisation morpho-analytique des sols des aulnaies du complexe lacustre du Parc National d'El Kala. Les stations étudiées sont l'aulnaie de Tonga, Boumalek, Souk Erriguibet, oued Mellah, Boumerchène et enfin, l'aulnaie de Demnet Errihane

Cette étude a fait ressortir d'une façon fondamentale l'existante d'une grande diversité morphologique liée particulièrement aux conditions écologiques de la région d'étude tel que : la roche mère, la topographie, le couvert végétale ainsi que le mode d'alimentation en eau. En effet la végétation joue un rôle déterminant en surface, et la roche mère en profondeur, dans la différenciation morphologique, l'individualisation des sols, et l'orientation des processus pédogénitiques. Mais le facteur primordial dans cette différenciation, est l'eau, orientant la pédogénèse vers l'hydromorphie.

Les résultats ont montré que les sols sont tous sans exception, des sols hydromorphes mais variant entre des sols tourbeux (aulnaie de Boumalek, aulnaie de Souk Erriguibet) dû au déficit de décomposition de la matière organique, et sols sableux peu humifère (aulnaie de Boumerchène, aulnaie d'oued Mellah) car la minéralisation l'emporte sur l'accumulation de la matière organique.

Ces sols sont acide même extrêmement acide et pauvre en éléments minéraux. Les résultats ont montré aussi que durant la période sèche, le plan d'eau a une action déterminante au niveau de certaines aulnaies (aulnaie de Tonga, aulnaie de Souk Erriguibet, aulnaie de Boumalek) alors que pour d'autres, il contribue peu dans leur alimentation (aulnaie de Boumerchène, aulnaie de Demnet Errihane, aulnaie d'oued Mellah). Aussi, la nappe souterraine présente des oscillations à différents degrés, d'une station à une autre mais aussi à l'intérieur de chacune d'entre elles.

Il est évident que si on écarte l'alimentation de ces aulnaies par les précipitations durant les huit mois de l'année, on remarque bien que le plan d'eau ainsi que la nappe souterraine alimentent ces zones humides durant la période sèche et leur action se reflète sur l'état de ces habitats ainsi que sur l'évolution pédologique plus précisément celle de la matière organique.

D'une manière générale, ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par LANIER, (1986) qui montre que l'aulne glutineux, est indifférent à la richesse chimique des sols, qu'il est présent sur une gamme d'acidité des sols s'étalant sur des pH de 4,5 à 7,5 mais sa plus grande expansion se situe en sols plutôt acides, BECKER & al., (1982) et qu'il se développe sur les sols des plus mouillés aux moins mouillés (RAMEAU & al., 1989).

L'étude des caractéristiques morpho analytiques des sols du complexe lacustre d'El-Kala a permis de mettre en évidence le rôle que joue ce dernier dans l'entretien et le développement de la biodiversité. Il est donc impératif de connaître la couverture pédologique des zones humides, ses propriétés et son fonctionnement afin de mettre à la disposition des décideurs des outils et des moyens scientifiques capable de préserver ces écosystèmes fragiles.

Références bibliographique

ABBACI, H., (1999) - Ecologie du lac Tonga : cartographie de la végétation, palynothèque et l'utilisation de l'espace lacustre par l'avifaune. These de Magister, Université de Annaba, 142 p.

ADAMUS P.R., STOCKWELL L.T., (1983) - A Method for Wetland Functional Assessment. Vol. I: Critical Review and Evolution Concepts, vol II: FHWA Assessment Method., U.S. department of Transportation, Federal Highway Administration Reports FHWA-IP-82-23 and FHWA-IP-82-24, Washington, D.C., 176 p. et 134 p.

AFES, (1995) - Référentiel pédologique. Edition INRA, Paris, 329 p.

ALMENDROS, G., POLOS, A., ALONSO, C., & DORADO, E., (1980) – Agrochimica, XXIV (2/3), 222-231 et 232-244.

AMEZAGA, J.M., SANTAMARÍA, L. & GREEN, A.J., (2002) - Biotic wetland connectivity-supporting a new approach for wetland policy. Acta Oecologica, 23 : 213–222.

ANDRIESSE, W., (1986) - Area and distribution. In : The wetlands and rice in sub-Saharan Africa, (Eds JUO, A.R.S., LOWE, J.A.,). Ibadan, Nigeria, IITA, pp. 15–30.

ANONYME 1, (2010) - URL : http://www.dgf.org.dz/zones_humides/zhumide.php, consulté le : 07/05/2010 à 22:48.

ANONYME 2, (1982) - Lac Mellah, mise en valeur au titre de la pêche et de l'aquaculture. Amélioration des échanges hydrauliques entre la mer et le lac. Rapport FAO/PNUD/MEDRAP.RAB/79/033.RV. 5 pièces.

AOUADI, H., (1989) - La végétation de l'Algérie nord-orientale : histoire des influences anthropiques et cartographie à 1/ 200.000. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier. Grenoble 108 p.

APC, (2011) - Algérie Presse Service, URL : <http://www.APS.dz/> Algérie Presse Service.mht/50 sites en Algérie classés sur la liste de Ramsar, consulté le : 02/03/2012 à 21:10.

ARRIGNON, J., (1963) - Contribution à l'inventaire des marécages tourbières et autres zones humide d'algerie Ann.Cent.Rech.Exp.Foret.Alger, 5 :30-32

AUBERT, G., (1965) - Classification des sols : Tableaux des Classes, Sous classes, Groupes et SousGroupes de Sols utilisés par la Section de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M. Cahiers O.R.S.T.O.M. - Série Pédologie - 1965, III, no 3. 288 p.

AZONTONDE, H.A., (1991) - Propriétés physiques et hydrauliques des sols du Bénin. Soil Water Balance in the Sudano-Sahelian Zone. IAHS, n° 199, pp. 249-258.

BABA AHMED, R., (1994) - Zones humides algériennes. L'urgence d'une stratégie MedWet Newsletter.N°3.

BABA AHMED, F., (2005) – Evaluation de la contamination fécale de trois plans d'eau du complexe des zones humides d'El Kala (Oubeira, Mellah, Tonga). Thèse de Magister, Université Annaba, 117 p.

BAIZE, D., (1988) - *GUIDE DES ANALYSES COURANTES EN PEDOLOGIE*, éd. de l'I.N.R.A., 172p

BAIZE, D. & GIRARD, M., (1995) - Référentiel pédologique. AFES. Paris. INRA, 336 p.

BAKARIA, F., (2001) - Contribution à l'étude de la biologie de la reproduction de la population de Guifette moustac *Chlidonias hybridus hybridus* (Pallas, 1811) dans les zones humides du Nord-Est algérien : cas du lac Tonga. Thèse de Magister, Université d'Annaba, 69 p.

BAKARIA, F., (2002) - Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve intégrale du Lac Tonga (Wilaya d'El Tarf). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural Direction Générale des Forêts, Algérie, 7 p.

BARBIER, E. B., ACREMAN, M. & KNOWLER, D., (1997) - Economic Valuation of Wetlands: A Guide for Policy Makers and Planners. Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland.

BARKAT, S., HOFFMANN, L. & BOUMEZBEUR, A., (2004) - Atlas [IV] des zones humides Algériennes d'importance internationale, Direction Générale des Forêts, avec le soutien financier du Fonds Mondial pour la Nature et de Symbiose-Communication- Environnement, Algérie, 107 p.

BARNAUD, G., (1998) - Conservation des zones humides: concepts et méthodes appliqués à leur caractérisation. Thèse de doctorat, Université de Rennes I, coll... Patrimoines naturels, vol. 34, Service du Patrimoine naturel/IEGB/MNHN/, Paris, 451 p.

BAZILEVICH, N.I., RODIN, L.YE. & ROZOV, N.N., (1971) - Geophysical aspects of biological productivity, Soviet Georg. 12 : 293-317.

BECKER, M., PICARD, J.F. & TIMBAL, J., (1982) - Larousse des arbres, des arbustes et des arbrisseaux de l'Europe occidentale. Larousse, Paris, 95 p.

BELHADJ, G., (1996) - Contribution a la cartographie des Orthocénoses en Algérie : Atlas de l'avifaune nicheuse du parc national d'El Kala. Thèse de magister, I.N.A, Harrach, Alger, 207 p.

BELOUAHEM, ABED D., (1997) - Notice technique sur l'aulne glutineux .I.N.R.F. Station d'EL-Kala.

BELOUAHEM, ABED.D., BELOUAHEM, F. & DE BELAIR, G., (2009) - Biodiversité Floristique et Vulnérabilité des Aulnaies Glutineuses de la Numidie Algérienne (N.E Algérien). European Journal of Scientific Research, ISSN 1450-216X Vol.32 No.3, pp.329-361.

BENSLAMA, M., (1993) - Couverture éco-pédologique et rôle de la matière dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert forestier (cas du bassin versant du lac Tonga). Thèse de magister, I.N.A, Harrach, Alger, 152 p.

BENSLAMA, M., (2002) - Caractérisation morpho-analytique des sols tourbeux de la Numidie Orientale. 7ème Journée nationale de l'étude des sols. 22-24 oct. Orléans France.

BENSLAMA, M. & ZANACHE, H., (2006) - Etude palynologique des marais tourbeux du complexe humide d'El kala : « cas de Bourdim (Alt : 12m) et de Garaet el Ouez (Alt : 45m) » Revue des sciences et de la technologie. Synthèse N°15 Juin-Décembre 2006. Publication de l'Université Badji Mokhtar- Annaba pp : 15-20.

BENYACOUB, S., (1993) - Ecologie de l'avifaune forestière nicheuses de la région d'El Kala (Nord-Est algerien). Thèse de doctorat, Université de Dijon, 285 p.

BENYACOUB, S., LOUANCHI, M., BABA AHMED, R., BENHOUHOU, S., BOULAHBEL, R., CHALABI, B., HAOU, F., ROUAG, R. & ZIANE, N., (1998) - Plan directeur du parc national d'El Kala et du complexe des zones humides (wilaya d'El Tarf), 300 p.

BENYACOUB, S. & CHABI, Y., (2000) : - Synthèse : diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El Kala. Vigator communication, Annaba, 98 p.

BERNHARD-REVERSAT, F., (1981) - Participation of light and organo-mineral fractions of soil organic matter in nitrogen mineralization in a sahelian savanna soil. Zbl. Bakt., II Abt. 136 : 281-290.

BESSAH, G., (2011) - URL : <http://www.dz.undp.org/index.html/PNUD> Algérie-Journée mondiale des zones humides : Elaboration d'un plan de gestion intégrée du site Ramsar du complexe des zones humides de Guerbès, consulté le : 23/01/2010 à 21:40.

BEY LAGOUN, W.I., (1998) - Contribution à l'étude de la biodiversité du parc national d'El Kala. Caractérisation du peuplement des rhopalocères (Ordre des lépidoptères). Mémoire d'Ingéniorat d'état, Université Annaba.

B.N.E.F, (1985) - (Bureau National des Etudes Forestières). Parc National d'El kala : carte des limites, 1/50 000ème, Blida, Alger.

BOELTER, D.H., (1964) - Water storage characteristics of several peats in situ. Soil Science Society Proceedings 28, 433-435.

BOELTER, D.H., (1969) - Physical properties of peats as related to degree of decomposition. Soil Science Society of America Proceedings 33, 606-609.

BOISSEZON, P., (1970) - Etude du complexe absorbant des sols ferrallitiques forestiers de Côte d'Ivoire cah. o.r.s.t.o.m., sér. pédol., vol. viii, no 4, 1970. 418p

BOND, G., FLETCHER, W., FERGUSON, T., (1954) - The development and function of the root nodules of *Alnus*, *Myrica* and *Hippophae*. Plant and Soil, 5(4), 309-323.

BOUGAZELLI, N., DJENDER, M., & THOMAS, J.P., (1977) - Projet de Parc National Marin, Lacustre et Terrestre d'El Kala (Algérie). Rapport présenté à la consultation d'experts sur les parcs marins et zones humides de la Méditerranée du PNUE, Tunis (cité dans www.unepwcmc.org/sites/pa/0714P.htm), 64 p.

BOULAHBEL, R., (1999) – Caractéristiques d'un modèle de peuplement du d'oiseaux d'eau nicheurs : cas du lac Oubeira et du marais du lac mellah (PNEK). These de Magister, Université d'Annaba, 85 p.

BOULAIN, P., (1984) - Géologie des sols, P.U.F., 1975 ; Typologie des sols, vol. I, I.N.R.A., Paris

BOULÉ, F., (1994) - An early history of wetland ecology. In : Fonctions et valeurs des zones humides, (Eds. FUSTEC, E., LEFEUVRE, C. & coll., 2000). Ed. Dunod, Paris, 426 p.

BOUMEZBEUR, A., (1993) - Ecologie et biologie de la reproduction de l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) et du fuligule nyroca (*Fuligila nyroca*) sur le lac Tonga et le lac des oiseaux est algérien. Mesure de protection et de gestion du lac Tonga. Thèse de doctorat, USTL Montpellier, 254 p.

BOUMEZBEUR, A., NAZIHA, A., (2003) - Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve intégrale du Lac Oubeira (Wilaya d'El Tarf). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural Direction Générale des Forêts, Algérie, 7 p.

BOUMEZBEUR, A., (2004) – Introduction. In : Atlas [IV] des zones humides Algériennes d'importance internationale, (Eds. : BARKAT, S., HOFFMANN, L. & BOUMEZBEUR, A.). Direction Générale des Forêts, avec le soutien financier du Fonds Mondial pour la Nature et de Symbiose-Communication- Environnement, Algérie, 107 p.

BOUMEZBEUR, A., (2005) - Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve intégrale du Lac El Mellah (Wilaya d'El Tarf). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural Direction Générale des Forêts, Algérie, 16 p.

BRADY, N.C. & WEIL, .RR., (2002) - the nature and properties of soil. 13th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Education Inc.

BRAGG, O.M., (2002) - Hydrology of peat-forming wetlands in Scotland. The Science of the Total Environment, 294, 111-129.

BRIDGES, E.M., (1997) - *World soils*, Cambridge University Press, 3rd ed., 1997.

BRINSON, M.M., HAUER, F.R., LEE, L.C., NUTTER, W.L., RHEINHARDT, R.D., SMITH R.D., & WHIGHAM, D., (1995) - A guidebook for application of hydrogéomorphologic assessments to riverine wetlands. USACE, Waterways Experiment Station Technical Report WRP-DE-11,113 p. + annexe.

BRITTON, R.H., CRIVELLI, A.J., (1993) - Wetlands of southern Europe and north Africa : Mediterranean wetlands. In : Wetlands of the world. Inventory, ecology and management,(Ed. WIGHAM, D.F.), Kluwer Academic Publications. Dordrecht, p129-194.

BRITTON, R.H., CRIVELLI, A.J., (1994) - Characteristics of Mediterranean Wetlands. MedWet/Tour du Valat Publications, France, 90 p.

BROADBENT, F.E., (1954) - Modification in chemical properties of straw during decomposition. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 18, pp. 165-169.

BRUCRERT, S., (1979) - Analyse des complexes organo-minéraux des sols. *In*: Pédologie, vol. 2, Constituants et Propriétés des sols. Eds M. Bonneau et B. Souchier : 187-209, Masson, Paris.

CAESSTEKER, P., (2007) - Statut des Inventaires des Zones humides dans la Région Méditerranéenne. Version 2.0, sous la direction de Père Tomàs Vives. MedWet-Tour du Valat Publications, France, 145 p.

CARRIER, A., (2003) - que se passe-t-il dans le sol ? . Ed. Agriculture, pêcheries et alimentation Quebec.p 12.

CHALABI, B., SKINNER, J., HARRISON, J., & VAN DIJK., (1985) - Les zones humides du Nord-Est Algérien en 1984. Observation ornithologiques. Report n°8. Sticing WIWO, Nederland, 45 p.

CHALABI, B., (1990) - contribution a l'étude de l'importance des zones humides pour la protection de l'avifaune : cas du lac Tonga (PNEK). Thèse de magister, I.N.A, Harrach, Alger, 133 p.

CHARREALI, C., (1963) - Dynamique de l'eau dans deux sols du Sénégal - Agronomie Tropicale - XIX : 63- 120.

CHEKCHAKI, S. & ZAAFOUR, MED.J., (2008) - Contribution à la cartographie des sols des bassins versants des lacs Tonga et Oubeira. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba, 121 p.

CHERIAK, L., (1993) - Contribution a l'étude bioécologique des odonates du lac bleu el kala. Thèse de magister, Université de Constantine.

CLAESSENS, H., THIBAUT, A., (1994) - Où peut-on cultiver l'aulne glutineux avec succès ? SilvaBelgica, 101(2), 7-12.

COMBEAU, A., (1961) - Observations sur certains facteurs de la rétention d'eau par le sol pour diverses valeurs remarquables du pF - Application B quelques types de sols tropicaux - Rapp. ronéo - ORSTOM - Paris - 22 p. + annexes.

COMBEAU, A. & QUANTIN, P., (1963) -Observations sur la capacité au champ de quelques sols ferrallitiques. Rapprochement avec les courbes pF humidité. Science du sol - Versailles 1 : 1-7. CORNET

COWARDIN, L.M., CARTER, V., GOLET F.C. & LAROE, E.T., (1979) - Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior Ed. FWS/OBS-79/31, 103 p.

CUBIZOLLE, H., (2005) - Paleoenvironnements et turfigenèse. L'apport de l'étude des tourbières a la connaissance de l'évolution holocène des milieux montagnards du Massif Central oriental granitique. Mémoire d'Habilitation a Diriger des Recherches, Université de limoges, 2 volumes, 750 p. (inédit).

CUCHEROUSSET, J., (2006) - Rôle fonctionnel des milieux temporairement inondés pour l'ichtyofaune dans un écosystème sous contraintes anthropiques : approches communautaire, populationnelle et individuelle. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, Rennes, 278 p.

DABIN, B., (1985) - Les sols tropicaux acides Cah. ORSTOM, ser. Pedol., vol. XXI, no 1, 1984-1985 : 7-19.

DAMMAN, A.W.H., (1979) - Geographic patterns in peatland development in eastern North America. In : Classification of Mires and Peats. Proceedings of the International Symposium on Classification of Peat and Peatlands. International Peat Society, Hyytiala, 42-57.

DANCETTE, C., (1973) - Principales études de l'IRAT au Sénégal, portant sur les caractéristiques hydriques et hydrodynamiques des sols et sur leurs aptitudes à l'irrigation. Agron. Trop. XXVIII, 9 : 887-893.

DE BELAIR, G., (1990) - Structure, fonctionnement et perspective de gestion de quatre éco-complexe lacustres et marécageux (El Kala, Algérie), extrême orientale. Thèse de doctorat, Université USTL Montpellier II 193p + annexes.

DEBAZAC, E.F., (1959) - La végétation forestière de la Kroumirie. Ann. Ec. Nat. Eaux et For., 14(2). Nancy, 131 p.

DE GROOT, R., STUIP, M., FINLAYSON, M. & DAVIDSON, N., (2007) - Évaluation des zones humides : Orientations sur l'estimation des avantages issus des services éco-systémiques des zones humides. Rapport technique Ramsar n° 3. Série des publications techniques de la CBD n° 27 Ed, Techniques Ramsar, Gland, Suisse, 60 p.

DE RANCOURT, P., & PERENNOU, C., (1996) - Module de formation. : Caractéristiques, fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes. Tour du Valat, s.n., S.l., f. 6.

DETHIOUX, M., (1974) - Quelques éléments de l'écologie du semis de l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). Ardenne et Gaume 24(3), 118-129.

DJELLAB, S., (1993) - Inventaire et écologie des Syrphidés (Ordre Diptera) dans le Parc National d'El Kala. Thèse de Magister, Université d'Annaba, 183 p..

DOUCET, R., (2006) - Le climat et les sols agricoles. ed. Berger, Eastman, Québec. xv, 443 pp.

DUCHAUFOR, P., (1983) – Pédologie T₁ - pédogénèse et classification. Masson. Paris, 491p.

DUCHAUFOR, P., (1977) - Pédologie. 1. Pédogénèse et classification. T. 1., première édition. Paris, Masson. 477 p.

DUCHAUFOR, P., (1997) - Abrégé de pédologie. Sol, végétation, environnement. 5e édition. Masson, Paris, 291 p.

DURAND, J.H., (1952) - Les sols du bassin versant du Lac Tonga. Publication du S.C.H : Direction du service de colonisation et l'Hydraulique.

DURAND, J.H., (1954) - Les sols d'Algérie. Publication du S.C.H : Direction du service de colonisation et l'Hydraulique. Gouvernement Général de l'Algérie, 254 p.

DUTHIL, J., (1971) - Élément d'écologie et d'agronomie (tome I). Paris, Ballière et fils, 104-315.

EBANGA, G.V., (2011) - Caractérisation physico-chimique et aptitudes culturales des sols hydromorphes de nkolbisson. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de professeur de L'enseignement secondaire général deuxième grade (DI.P.E.S.II), Université de Yaoundé, Cameroun, 85 p.

EMBERGER, L., (1952) - Sur le quotient pluviométrique. C. R. Acad. Sci., 234 : 2508-2510.

EMBERGER, L., (1955) - Une classification biogéographique des climats. L'année biologique. 3e serie, T 31 : 249-255.

F.A.O., (1999) - base de référence mondiale pour les ressources en sols. Rapport sur les ressources en sols du monde. Rome : FAO 101 p.

FAVROT, J.C., & VIZIER J.F., in AFES, (1995) - Référentiel pédologique p 181-190. Edition INRA, Paris, 329 p.

FETNI, S., (1992) - Contribution à l'étude du sol et de la végétation dans la Nechàa Righia. Thèse d'Ingéniorat d'état, Université Annaba, 67p. + Carte.

FINLAYSON, C.M., D'CRUZ, R. & DAVIDSON, N.C., (2005) - Ecosystems and human well-being : wetlands and water. Synthesis. World Resources Institute, Washington D.C., 68 p.

FRANCEZ, A. J., (1990) - Production primaire et accumulation de matière organique dans les tourbières a sphaignes des Monts du Forez. Influence des activités humaines sur leur évolution. Rapport de fin de contrat. Ceremca, 397 p + annexes.

FRAZIER, S., (1999) - Ramsar sites overview, Wetlands International, 42 p.

FUSTEC, E., LEFEUVRE, C. & coll, (2000) - Fonctions et valeurs des zones humides. Ed. Dunod. Paris, 426 p.

GAM, M., (2008) - Dynamique des systèmes parasites-hôte, entre trématodes digènes et coque *Cerastoderma edule* : comparaison de la lagune de Merga Zerga avec le bassin d'Arcachon. These de doctorat, Université Hassan II Ain chock, Casablanca, et Université de Bordeaux I, Bordeaux.

GAUSSEN, H. & VERNET, A., (1958) - Carte de la végétation N°1. Extrait de la carte internationale du tapis végétale : feuille Tunis- Sfax au 1/ 1 000 000ème. Bull. Serv. Carte phytogéographique, série A.t.11, fasc. 2, 31 p+notice.

GAUTHIER, E.F., (1922) - Structure de l'Algérie. Soc. Edit., géog. et Sc., Paris, 1 Vol., 240 p.

GAUTHIER, H., (1928) - Ostracodes et Cladocères de l'Afrique du Nord. Deux note. Bull.Soc.Hist.Nat.Afr.Nord, 19, 10-19.

GEHU, J.M., KAABECHE, M., & GHAZOULI, R., (1993) - Phytosociologie et typologie des habitats des rives des lacs de la région d'El Kala (Algérie). Colloques phytosociologiques XXII. Syntaxonomie typologique des habitats Bailleul (France): 298-309.

GIGNAC, L., VITT, D., (1994) - Responses of northern peatlands to climate change : Effects on bryophytes. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, 75, 119-132.

GLAVAC, V., (1972) - Über Hohenwuchsleistung und Wachstumsoptimum der Schwarzerle auf vergleichbaren Standorten in Nord-, Mittel- und Südeuropa. *Schrift. Forst. Fak. Univ. Gottingen* 45, 61 p.

GOBAT & al, (1990) – In : Le sol vivant. Bases de pédologie – Biologie des sols.(**GOBAT, J.M., ARAGNO, M., & MATTHEY, W.,**). 1e éd revue. Les Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1998, 519 p.

GOBAT, J.M., ARAGNO, M., & MATTHEY, W., (2003) - Le sol vivant. Bases de pédologie – Biologie des sols. 2e éd. revue et augmentée. Coll. Gérer l'environnement. Les Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, xx + 568 p., 500 tabl. et fig., photographies en couleurs, 16 x 24 cm.

GREEN, A. J., EL HAMZAoui, M., EL AGBANI, M.A. & FRANCHIMON, J., (2002) - The conservation status of Moroccan wetlands with particular reference to waterbirds and to changes since 1978. *Biological Conservation*, 104 : 71–82.

GROSZMAN, A., MELZER, H., (1993) - Die Schwarzerle in Lungau. *Zentralblatt für das Gesamte Forstwesen*. 59 (5/6), 147–152.

GROUPE NATIONAL POUR LES ZONES HUMIDES, (2010) - Plan national d'action en faveur des zones humides. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la mer en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat, 28 p.

GUELORGET, O., FRISONI, G.F., XIMENS, M.C. & PERTHUISOT J.P., (1989) - Expressions biologiques du confinement dans une lagune méditerranéenne. Le lac Mellah (Algérie) *Rev. Hydrobiol. Trop.* 22 (2) : 87-99.

HALTENORTH, T. & DILER, H., (1977) – A Field Guide to the Mammals of Africa including Madagascar. William Collins Sons and Co. Ltd., London, 400 p.

HAYWARD, P.M., CLYMO, R.S., (1982) - Profiles of water content and pore size in Sphagnum and peat, and their relation to peat bog ecology. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 215(1200), 299-325.

HEATHWAITE, A.L., EGGELSMANN, R., GÖTTLICH, K., KAULE, G., (1993) - Ecohydrology, mire drainage and mire conservation. In : *Mires : Process, Exploitation and Conservation*, (Eds. **HEATHWAITE, A.L., & GÖTTLICH, K.,**). Wiley, Chichester, 417-484.

HENDRICKSON, O., BURGESS, D., PERINET, P., TREMBLAY, F. & CHATATPAUL, L., (1993) - Effects of Frankia on field performance of Alnus clones and seedlings *Plant and Soil*. 150, 295-302.

HERVIO, J.M., (2001) - Développer le partenariat pour la gestion conservatoire des tourbières en environnement forestier. Revue Forestière Française, LIII – numéro spécial, pp. 212-216.

HILLY, J., (1962) - Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de fer (Est Constantinois). Service de la cartographie de l'Algérie, 408 p.

INGRAM, H.A.P., (1983) - hydrology. In : Ecosystems of the World. 4A : Mires : swamp, bog, fen and moor, regional studies, (Ed. **GORE, A.J.P.,**). Elsevier, Amsterdam, 67-158.

JACOBS, P., OCHANDO, B., (1979) - Répartition géographique et importance numérique des anatidés hivernants en Algérie. Gerfault, 69 : 239-31.

JOLEAUD, L., (1936) - Etude géologique de la région de Bône et de la Calle. Bull. serv. Carte géolog. Algérie, Imp. Typo – Litho et Cie, Alger, 2ème série, stat, n°12, 185 p., 4 pl, 25 fig et tab.

JOLEAUD, L., (1946) - Carte géologique détaillée au 1/50 000 ème.

KADID, Y., (1989) - Contribution a l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga (PNEK). Mémoire d'ingénieur en agronomie, I.N.A, Harrach, Alger, 106 p+carte.

KAJBA, D., GRACAN, J., (2003) - EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Black Alder (*Alnus glutinosa*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 6 p.

KARA, M.H., (1996) - Conditions du milieu, aménagement et exploitation de la lagune du Mellah (Algérie). La pêche maritime. N° 1393 : 154-160.

KAURICHEV, I. S. & SHISSHOVA, V. A., (1967) - Pochvovedeniye 5, 66-78 (Soviet Soil Science, 5, 636-646);

KHERICI, N., (1985) - Hydrogéologie du massif dunaire de Bouteldja (Nord-Est Algérien). Thèse de doctorat 3e cycle, Université du Languedoc, 202 p.

KIEPE, P., (2010) - Caractérisation des trois environnements clés pour l'intégration irrigation-aquaculture et leurs appellations locales. In : Intégration de l'irrigation et de l'aquaculture en Afrique de l'Ouest: concepts, pratiques et perspectives d'avenir, (Eds **HALWART, M., VAN DAM, A.A.,**). Rome, FAO. pp. 1–5.

KLUTE, A., (1986) - Water retention : laboratory methods. **In: Klute, a.,** ed. Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, 635-662.

LABORIER, J., (N.D) - N'oublions pas les caractéristiques physiques du sol. P6

LADOUCHE, B., WENG, P., (2005) - Hydrochemical assessment of the Rochefort marsh: Role of surface and groundwater in the hydrological functioning of the wetland. Journal of Hydrology 314: 22-42.

LANIER, L., (1986) - Précis de sylviculture. Nancy, ENGREF, 468 p.

LAPLACE-DOLONDE, A., (1994) - L'histosol, descripteur privilégié du marais tourbeux. Bull. Assoc. Géogr. Franç., 3, 294-305.

LAPLACE-DOLONDE, A., (1995) - *in* AFES : Référentiel pédologique. Edition INRA, Paris, 329 p.

LE COZ, J., (1964) - Le Rharb. Fellahs et Colons. Rabat, 1008 p.

LEDANT, JP., VAN DIJK, G., (1977) - Situation des zones humides algériennes et leur avifaune. AVES. Vol. 14.4 :217-232

LHOTE, P., (1985) - Etude écologique des aulnes dans leur aire naturelle en France. ENGREF - Franche-Comté, 125 p.

LIERDEMAN, E., MERMET, L., (1994) - 87 zones humides d'importance majeure. Ministère de l'Environnement, Commissariat général au plan, carte couleur a 1/1 500 000 (Latitude)+notice, 9 p.

LOINTIER, M., (1996) - hydrologie des zones humides tropicales, apport de l'information spatialisée aux problèmes de gestion intégrée, applications en Guyane. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 297 p.

MAC VEAN, D., (1953), - *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. J. Ecol. 41, 447-466.

MAIRE, R. & QUEZEL, P., (1952-1987) - Flore de l'Afrique du Nord. 16 tomes. Lechevalier, Paris, 5559 p.

MALTBY, E., TURNER, R.E., (1983) - Wetlands of the world, Geogr. Mag. 55:12-17.

MANNEVILLE, O., VERGNE, V., VILLEPOUX, O., (1999) - Le monde des tourbières et des marais. Delachaux et Niestlé, 320 p.

MARRE, A., (1987) - Etude géomorphologique du Tell Oriental Algérien de Collo à la frontière tunisienne. Université Aix-Marseille II U.E.R. de géographie, 559 p+cartes.

MARRE, M., (1992) - Le tell Orientale algérien de Collo à la frontière tunisienne. Etude géomorphologique. OPU Alger. Vol 1 et 2, 153-624.

MARTIN & NOLIN, (1991) - Capacité d'échange cationique (CEC) des horizons A, B et C Site : http://nlwis-snite1.agr.gc.ca/apaq-aapq/doc/T16CEC_f.pdf consulté le 23/11/2011.

MC KEAGUE, J.A., (1971) - Organic matter in particle size and specific gravity fractions of some Ah horizons. Can. J. Soil Sci., 51 : 499-505.

MENUT, G., (1974) – Recherches écologiques sur l'évolution de la matière organique des sols tourbeux. Thèse Doc. Spécialité, Univ. Nancy, 124 pages.

MENZIES, N.W., (2003) - Toxic elements in acidic soils : chemistry and measurement. *In*: Rengel Z., ed. Handbook of soil acidity. New York, USA: Marcel Dekker, 267- 296.

MERMOUD, A., (2006) - Cours de physique du sol : Propriétés de base du sol et de la phase liquide. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. 29 p consulté le 14/03/2012.

MESSERER, Y., (1999) - Etude morpho-métrique et hydrographique du complexe lacustre d'el kala ; cas du lac Oubeira et du lac mellah. Thèse de magister, Université Annaba, 123 p.

MEUSEL, H., JAGER, E. & WEINERT, E., (1965) - Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora. Jean, Gustav Fisher Verlag, 120 p.

MICHEL, P., (1969) - Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. Mem. Ifan . Dakar. Thèse d'Etat Univ. Strasbourg, 1169 p, 170 fig , 9 pt, 6 cartes.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU CADRE DE VIE, (1979) - Les zones humides (marais, vasières salées, tourbières, étangs...). La Documentation française, Paris, 39 p.

MIRI, Y., (1997) – Cartographie et phytoécologie des groupements végétaux du lac Oubeira (El Kala). These de magister, I.N.A, Harrach, Alger, 99 p.

MITSCH, W. J. & GOSSELINK, J. C., (1986) - Wetlands. First edition. Van Nostrand Reinhold Compagny, New York, 537 p.

MITSCH, W. J., GOSSELINK, J. C., (1993) - Wetlands. Second edition. Van Nostrand Reinhold Compagny, New York 539 p.

MORGAN, N.C., (1982) - An ecological survey of standing waters in north west Africa : II. Site descriptions for Tunisia and Algeria. *Biologic. Conserv.* 24: 83-113.

MOREL, J., (1990) - Atlas préhistorique de l'Algérie-el kala (ex la calle). Lybica. Publication du centre national d'études historiques. Alger. Tomes XXXIII et XXXIV (1984-85-86) : 12-67.

NEFAR, F., (1991) - Contribution a l'analyse phytoécologique du lac bleu (vieille calle). Mémoire d'ingénieur d'Etat, Université Annaba.

NEVE, J., (1990) - Eléments essentiels et toxique en traces et ultra-traces: quelques définitions et principales propriétés. *Nouv. de la Sc. et des Technol.* Vol. 8, W 11 pp. 11-16.

NGUYEN KHA & DUCHAUFOR, PH., (1969) – Science du sol, 1, 97-100.

NOIRFALISE, A., DETHIOUX, M., DE ZUTTERE, P., (1971) - Le bois de bouleau pubescent en Haute Belgique (*Vaccinio-Betuletum pubescentis*). *Bull. Rech. Agron., Gembloux*, 6(1-2), 203-214.

NOIRFALISE, A., (1984) - Forêts et stations forestières en Belgique. Les Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 247 p.

OADES, J.M. & IADD, J. N., (1977) - Biochemical properties. Carbon and nitrogen metabolism. *In: Soil Factors in Crop Production in a Semi-arid Environment.* Ed, J.S Russel and F.L. Greacen: 126-160, Univ. Queensland Press.

OADES, J. M. & TURCHENEK, L.W., (1978) – Accretion of organic carbon, nitrogen and phosphorus in sand and silt fractions of a red-brown earth under pasture. *Aust. J. Soil Res.*, 16 : 351-354.

OQUIST, M.G., STEVENSON, B.H., (1996) - Non-tidal wetlands. In : *Climate change 1995 : impacts, adaptations and mitigation of climate change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 215-239.

OUCHTATI, N., (1993) - Contribution a l'inventaire et a l'étude des Brachnidés, Carabidés et Cicindelidés de la région d'el kala. Thèse de Magister, Université Annaba, 93 p.

OZENDA, P., (1975) – Sur les étages de la végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen. *Documentation de cartographie écologiques*, Université de Grenoble, XVI : 1-32.

OZESMI, S. L., BAUER, M.E., (2002) - Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 10:381-402.

PAAVILAINEN, E., PÄIVÄNEN, J., (1995) - Peatland forestry. Springer, Berlin Heidelberg, New York, 241 pp.

PARENT, L.E., CARON, J., (1993) - Physical properties of organic soils. In : *Soil sampling and methods of analysis*, (CARTER, M.R.,). CRC Press, Boca Raton, 823 p.

PARENT, L. E. (2001) - Classification, pédogenèse des sols organiques, chap. 10. In : *Ecologie des tourbières du Québec-Labrador*, ed. Les Presses de l'Université Laval, 241-255.

PAVLE, M., SMOLE, J.I., KRAIGHER, H. & BRUS, R., (1996) - Noble Hardwoods in Slovakia - Noble hardwoods Network: report of the first meeting. Rome, Internat. Plant Genetic Resources Institute, 172 p.

PEARCE, F. & CRIVELLI, A.J., (1994) - Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. Publication. MedWet / Tour du Valat, n°1, Arles, France, 88 p.

PEARSALL, W.S., (1950) - Moontains and moorlands. New Naturalist Series, London , 597 p.

PERGENT, G., SEMROUD, R. & ROBERT, P., (1990) - Inventaire des richesses écologiques littorales de la région d'El Kala (Algérie) en vue de l'extension du parc national au domaine maritime. Etude préliminaire, 49 p.

PERTHUISOT, J.P. & GUELORGET, O., (1987) – Les milieux paraliques : diversité et unité. *Bull. Ecol.* t.18, 2, 159-167.

PIERRE, D., (1979) - Variation de l'abondance naturelle de l'isotope ^{15}N dans le sol au cours de l'humification de la matière organique. Thèse Doctorat Spécialité, Univ. Paris VI, 85 p.

QUELET, R., (1954, 1955) - Précis de chimie. Tome 1 et 2: chimie générale. 60 éd. Paris.

QUEZEL, P., SANTA, S., (1962,1963) - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tomes 1 et 2, C.N.R.S., Paris, 1170 p.

QUEZEL, P., MEDAIL, F., (2003) - Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier (Collection Environnement), Paris, 573 p.

RAMEAU, J.C., MANSION, D. & DUME, G., (1989) - Flore Forestière Française. Tome I : plaines et collines. Paris, IDF, 1785 p.

RAMEAU, J.C., MANSION, D., DUME, G., (1993) - Flore Forestière Française. Tome II : Montagnes. Paris, IDF, 1820 p.

RAMEAU, J.C., (1997) - La Directive Habitats : analyse d'un échec, réflexions pour l'avenir. Revue forestière française, n° 5, pp. 399-416.

RAMSAR, (1999, 2011) - Classification system for wetland type. Key documents of the Ramsar Convention. Gland, Switzerland, Ramsar Convention Secretariat (disponible a www.ramsar.org/index_key_docs.htm).

REDDY, K.R., FEIJTEL, T.C. & PATRICK W.H., (1986) - Effect of soil redox condition on microbial oxidation of organic matter, in : The role of organic matter in modern agriculture. (Eds. CHEN, Y., AVNIMELECH, Y.), Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, pp. 117-156.

REFFAY, A., (1972) - Les montagnes de l'Irlande septentrionale. Contribution a la géographie physique de la montagne atlantique. Thèse de doctorat d'état, Grenoble, 614 p.

RIVIERES, J.M., TICO, S., DUPONT, C., (1992) - Méthode Tarière, Massif Armoricaïn, caractérisation des sols. Doc INRA et Chambre d'Agriculture de Bretagne, 24 p.

ROISIN, P., (1986) - Sylviculture spéciale des essences nobles. Gembloux, Fac. Sci. Agron., Notes de cours. 162 p.

RONDIA, D. & SARTOR, F., (1990) - Toxicité des métaux lourds dans l'environnement et spécialisation chimique. Nouv. de la Sc. et des Technol. Vol. 8, W & pp. 17-20.

ROUAG, R., (1993) - Inventaire et écologie des reptiles du PNEK.).Mémoire d'Ingéniorat d'état, Université Annaba, 61 p.

ROUAG, R., (1998) - Inventaire et diagnose écologique des Reptiles et Amphibiens dans le Parc National d'El Kala. These de magister , Université Annaba,

RYCROFT, D.W., WILLIAMS, D.J.A. & INGRAM, H.A.P., (1975) - The transmission of water through peat: I. Review. Journal of Ecology 63, 535-556.

SAMRAOUI, B., BENYACOU, S., MECIBAH, S., & DUMONT, H.J., (1993) - Afrotropical libellulids (Insecta : Odonata) in the Lake district of El Kala. North-East Algeria with a rediscovering of *Urothemis edwardsi* (Selys) and *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur). Odonatologia, Vol 22(3): 365-372.

SAMRAOUI, B., DE BELAIR, G., (1997) - The Guerbes-Senhadja Wetlands : Part I. An overview. Ecology 28 (3) : 233-250.

SAMRAOUI, B., DE BELAIR, G., (1998) - Les zones humides de la Numidie orientale. Bilan des connaissances et perspectives de gestion. Synthèse N°4 (numero special) :1-85.

SCHAEFER, R., (1975) - *In* : Actes 98e Congrès Sociétés Savantes, Saint-Etienne, 1973. Section Sciences, II, 231-248.

SCHOBER, R., (1975) - Ertragstabeln Wichtiger Baumarten. Frankfurt a. m., J. D. Sauerlinder's Verlag, 154 p.

SELTZER, P., (1946) - Le climat de l'algerie. Trav.Inst.Météo. Et Phys . Du globe. La Typo-litho et J.C. in 4ème ,Alger, 219 p.

S.ET.HY.CO, (1983) - Etude agro-pédologique des berges du lac Tonga. Min.Hydro. Annaba, 100 p+cartes.

SKINNER, J., ZALEWSKI, S., (1995) - Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes. Publication MedWet/ tour du Valat, 78 p.

SLIMANI, A., (2009) - Evaluation et valorisation des potentialités phylogénétiques fourragères sur les berges des lacs Tonga Oubeira et le lac des Oiseaux dans la région d'El teref. Thèse de doctorat, Université Annaba, 162 p.

SMITH, K.D., (1965) - On the birds of Morocco. Ibis, 107 : 493–526.

STEVENSON, A.C., SKINNER, J., HOLLIS, G.E. & SMART, M. (1989) - The El Kala National Park and Environs, Algeria : An ecological evaluation. Environmental Conservation, Vol 15, N°4, Ramsar Bureau, Slimbridge, England, UK : 355-348.

STRASBERG, D., DUPONT, J. & RAMEAU, J.C., (1999) - Typologie des Milieux Naturels et des Habitats de La Réunion. DIREN Réunion, Université de la Reunion, 27 p.

THOMAS, J.P., (1973) – In : Projet de Parc national marin-lacustre-terrestre d'El Kala, (Eds. BOUGAZELLI, N., DJENDER, M., & THOMAS, J.P.), I.N.A., Alger, 10 p.

THOMAS, J.P., (1975) - Ecologie et dynamisme de la végétation des dunes littorales et des terrasses sableuses quaternaires de Jijel à El Kala (Est Algérien). Thèse de spécialité en écologie végétale , U.S.T.L, Montpellier, 113 p.

TILMAN, D., (1999) - The ecological consequences of changes in biodiversity : a search for general principles. Ecology, 80 : 1455-1474.

TOUBAL, O., (1986) - Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord-Orientale). Cartographie au 1/25.000. Thèse de doctorat de 3e cycle. Université de Grenoble, 109 p.

TOULLEC, S. & FOUBERT, M., (2008) - La mise en valeur des petites zones humides. AVRIL : Association pour la mise en valeur des rivières et les initiatives locales. l'aquascole-50200 St-Pierre-De-Coutances, 07 p.

TROLARD, F., BIDOIS, J., BOURRIE, G., CURMI, P., DURAND, P., GERMON, J.C., HENAULT, C., RISMONDO, L. & SOULIER, A., (1995) - Mise au point d'une typologie des milieux réducteurs naturels en relation avec le potentiel dénitrifiant des sols. Rapport final. Contrat de Recherches INRA-Ministère de l'Environnement. Subv. 93-303,80 p.

TUROK, J., ERIKSON, G., KLEINSCHMIT, J. & CANGER, S., (1996) - Noble Hardwoods Network. Report of the first meeting. Rome, International Plant Genetic Resources Institute, 172 p.

VALLES, V., (2005) - Support de cours pédologie. Site : www.terre-et-eau.univ-avignon.fr/TEST/Fichiers/pedologie_cours.pdf consulté le 12/03/2012.

VIZIER, J.F., (1971) - Etude de l'état d'oxydoréduction du sol et des conséquences sur la dynamique du fer dans les sols hydromorphes. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., Vol. IX, W 4 pp. 373-397.

VIZIER, J.F., (1992) - Eléments pour l'établissement d'un référentiel pour les solums hydromorphes. In : Référentiel Pédologique, Principaux sols d'Europe, (Eds. **BAIZE, D., GIRARD, M.,**). AFES, INRA, pp. 193-207.

VIZIER, J.F., (1995) - *in* AFES : Référentiel pédologique. Edition INRA, Paris, 329 p.

VON POST H., (1924) - Das genetische System des organogenen Bildungen Schwedens. Mem. Nomencl. Classif. Soils, Intern. Comm. Soil Sci. Helsingfors, pp. 287-304.

WEBER, C. A., (1903) - Uber die bezeichnung "moor", "torf" und "humus". Protok. 50 Sitzung Zentr. Moor Kommn, 42-52.

WHITE, R.E., (2006) - Principales and practice of soil science. The soil as a natural resource. 4th ed. Malden, USA: Blackwell Publishing.

YIN, S.B. & LU, X.G., (2006) - Theory and method for wetland boundary delineation. Chinese Geographical Science, 16 (1) : 56-62.

ZERAIA, L., (1983) - Liste et localisation des espèces assez rares, rares et rarissimes. I.N.R.F. Alger, 136 p.

ZIANE, N., (1999) - Le peuplement d'Anitidés hivernant dans la région d'el kala : chronologie d'hivernage et rythmes d'activités. These de magister, Université Annaba, 115 p.

Résumé :

L'objectif de ce travail est une caractérisation morpho-analytique des sols des aulnaies du complexe lacustre du Parc National d'El Kala.

Les stations étudiées sont : l'aulnaie de Tonga, Boumalek, Souk Erriguibet, oued Mellah, Boumerchène et enfin, l'aulnaie de demnet Errihane.

La méthode d'échantillonnage adoptée est celle du transect à trois points d'échantillonnage, vue le gradient de saturation en eau imposé. Chaque point de prélèvement est fonction d'un certain nombre de facteurs d'homogénéité floristique, pédologique et géomorphologique.

Les résultats obtenus ont montré que ces sols sont à caractère hydromorphe, d'une grande diversité morphologique liée particulièrement à l'action de la végétation en surface, à la roche mère et à la nappe souterraine en connexion avec certains plans d'eau, en profondeur.

Cette hydromorphie est soit permanente, soit temporaire, en étroite relation avec les précipitations durant la période pluvieuse, le plan d'eau et la nappe souterraine durant la période sèche. La variabilité de ces trois sources d'alimentation en eau se répercute sur l'évolution de la couverture pédologique de ces zones humides.

Ainsi, les sols mis en évidence selon **DUCHAUFOR, (1983)** ainsi que le référentiel pédologique, **(1995)** sont : Des sols tourbeux jeunes mésiques et fibriques de faible épaisseur, des Gley oxydés humifère et des Gley réduits à anmoor, des sols sableux humifères et peu humifères ainsi que des sols peu évolués.

Mots clés : aulnaie, lac, nappe d'eau, sol, hydromorphie, matière organique.

Summary :

The objective of this work is a morpho-analytical characterization of soil from alder Lake Complex of El Kala National Park.

The study sites are: alder Tonga, Boumalek, Erriguibet Souk, Wadi Mellah, Boumerchène and finally, of the alder DEMNET Errihane.

The sampling method adopted was that of three-point transect sampling, for the gradient of waterlogging imposed. Each sampling point is based on a number of factors of floristic homogeneity, soil and geomorphology.

The results obtained showed that these soils are hydromorphic character, a great morphological diversity related particularly to the action of surface vegetation, to the bedrock and groundwater in connection with some water bodies in depth.

This waterlogging is either permanent or temporary, closely related to precipitation during the rainy period, the water and groundwater during the dry period. The variability of these three sources of water supply affects the evolution of the soil cover of these wetlands.

The soils identified according DUCHAUFOUR, (1983) and the reference soil, (1995) are: young mesic peat soils and fibric thin, the oxidized humic Gley and Gley reduced to anmoor, sandy soil humic and little humus and soil unsophisticated.

Keywords : alder, lake, ground water, soil, waterlogging, organic matter.

ملخص:

للقاللة. الهدف من هذا العمل هو توصيف مورفولوجي وتحليلي للتربة من ألد ر مجمع بحيرة الحضيرة الوطنية مواقع الدراسة : لدرأ تونغار, بومالك , بومرشن , وادي ملاح , سوق ارقبيات و لدرأخيرا دمنت أريخان. وكان أسلوب أخذ العينات المعتمدة التي من القطع أخذ العينات من ثلاث نقاط, على سبيل التدرج من التغدق المفروضة. و النبات ويستند كل نقطة من نقاط أخذ العينات على عدد من العوامل من تجانس التربة والجيومورفولوجيا و. وأظهرت النتائج التي تم التوصل إلى أن هذه التربة هي شخصية على الأمطار, والتنوع الكبير الصرفية المتعلقة بشكل خاص للعمل من الغطاء النباتي السطحي, إلى الأساس والمياه الجوفية في اتصال مع بعض المسطحات المائية في عمق. هذا التغدق دائمة أو مؤقتة, ترتبط ارتباطا وثيقا مع هطول الأمطار خلال فترة الأمطار, والمياه الجوفية خلال فترة الجفاف. تباين هذه المصادر الثلاثة من إمدادات المياه يؤثر على تطور غطاء التربة من هذه الأراضي الرطبة. التعرف على أنواع التربة وفقا لـديشوفور (1983) والتربة المرجعية, (1995) هي: خث النباتي النسيج رقيقة, غليه مؤكسد و غليه الدبالية ذو نمورا, رملي التربة الدبالية و الدبالية قليلا وتربة غير المتطورة

كلمات لبحثا : جار الماء, بحيرة, والمياه الجوفية والتربة وتشبعها بالماء, والمواد العضوية.