



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique

جامعة باجي مختار - عنابة

Université Badji Mokhtar - Annaba

Faculté des Sciences

Département de Biologie

Laboratoire de Recherche : Sols et Développement Durable

Thèse de Doctorat en Sciences

Spécialité: Protection, Conservation et Valorisation des Ressources Naturelles

**Etude écologique et paléoécologique en milieu salé.**

**Cas du lac Fetzara (Nord-Est algérien)**

Présentée par  
DJAMAI Zahra

Devant le jury composé :

Président	Pr. LAIFA Aziz	Université Badji Mokhtar - Annaba
Directrice de Thèse	Dr. BELOUAHEM Djamila	Institut National Recherche Forestière - El-Kala
Co-Directeur	Pr. BENSLAMA Mohamed	Université Badji Mokhtar - Annaba
Examineur	Pr. FADEL Djamel	Université Chérif Messaadia – Souk-Ahras
Examineur	Pr. SLIMANI Ali	Université Chadli Bendjedid – El-Tarf

Année Universitaire : 2017/2018

## *Dédicace*

À **mon père** et **ma mère** que nulle dédicace ne puisse exprimer ce que je leur dois, pour leur bienveillance, leur soutien et leurs sacrifices tout au long de mes études.

Que Dieu les préserve en bonne santé et leur accorde une longue vie.

À mon frère **Nadir**, à ma sœur **Chaïma** et à mes **beaux parents**.

À toi **Didine**, merci d'être là tous les jours si bienveillant, merci de m'avoir suivi dans cette aventure.

À mon petit bout de chou **Chahine** qui m'a donné le courage pour finaliser ce travail.

## **Remerciements**

*Ce travail de thèse n'aurait pu voir le jour sans la collaboration de nombreuses personnes qu'il m'est particulièrement très agréable de remercier.*

*Mr Benslama Mohamed, Professeur à l'Université Badji Mokhtar de Annaba et Directeur du laboratoire de recherche « Sols et développement durable », a co-dirigé cette thèse et a assuré ma formation scientifique. Je tiens à lui exprimer toute ma reconnaissance pour m'avoir fait confiance pour ses conseils avisés, le temps qu'il a consacré pour suivre et orienter mes recherches ainsi que ses vastes connaissances et sa grande expérience dans le domaine de l'écologie et l'environnement dont il m'a fait profiter. Je le remercie vivement pour toutes les années qu'il m'a consacrées et pour ses encouragements.*

*Mme Belouahem Djamilia, Docteur à l'Institut National de Recherche Forestière d'El-Kala, elle s'est engagée sans conditions pour assurer la direction de ce travail. Je la remercie très vivement pour sa précieuse collaboration et surtout ses orientations. Je tiens également à lui exprimer toute ma gratitude pour m'avoir fait profiter de ses réflexions scientifiques dans le domaine de l'écologie. Je lui serais toujours redevable*

*Mr Laifa Aziz, Professeur à l'Université Badji Mokhtar de Annaba, m'a fait l'honneur de présider le jury de thèse. Je voudrais lui témoigner ma sincère reconnaissance et le remercier vivement de l'intérêt qu'il a porté à ce travail.*

*Mr Fadel Djamel, Professeur à l'Université Chérif Messaadia de Souk-Ahras, a accepté de participer en tant que membre examinateur du jury pour juger ce travail. Je tiens à lui exprimer mes vifs remerciements.*

*Mr Slimani Ali, Professeur à l'Université Chadli Bendjedid d'El-Tarf, a accepté d'évaluer ce travail en tant que membre examinateur du jury. Je le remercie vivement.*

*J'adresse mes vifs remerciements à Mr Hamel Tarek, Maître de Conférences (A) à l'Université Badji Mokhtar de Annaba, qui m'a fait bénéficier de son expérience sur la méthodologie de travail sur le terrain et surtout l'identification d'un nombre très important d'espèces végétales. Je le remercie pour ses encouragements et son soutien précieux tout au long de la préparation de cette thèse, malgré ses nombreuses occupations. J'espère qu'il trouvera ici l'expression de ma profonde reconnaissance.*

*Mes chaleureux remerciements vont particulièrement au Professeur Basset Alberto, directeur du Laboratoire d'Ecologie Di.S.Te.Ba. à l'université de Salento Lecce (Italie), pour m'avoir accueilli dans son laboratoire et mis à ma disposition tous les équipements scientifiques.*

*Je tiens à remercier vivement les Professeurs Magri Donatella et Di Rita Frederico du département de Biologie et Environnement de l'Université Sapienza de Rome pour m'avoir reçu pendant un mois dans leur Laboratoire et surtout m'initier à l'identification des grains de pollen.*

*Mes sincères remerciements s'adressent également au Docteur de Bélair Gérard pour avoir mis à ma disposition, toute une documentation inédite sur des études phytoécologiques faites dans la région de Annaba.*

*Mr Khirouni Moufid, responsable du laboratoire d'Agronomie à Fertial (Annaba), m'a facilité l'accès au sein de cette entreprise, tout en me permettant d'effectuer des analyses d'un nombre important d'échantillons de sédiments prélevés sur la zone d'étude, je lui suis très reconnaissante et le remercie infiniment.*

*Je remercie vivement le Docteur Mamria Aicha Baya, Maître de conférence (A) au département de Biologie, Université Badji Mokhtar Annaba pour ses orientations, ses encouragements et ses conseils tout au long de la préparation de ce travail.*

*Je tiens également à remercier profondément l'ensemble des collègues et amis du Laboratoire de Recherche « Sols et développement durable » de l'Université Badji Mokhtar Annaba qu'il m'est impossible de les citer tous tant ils sont nombreux, pour les conseils et les services qu'ils m'ont apportés, leurs encouragements et surtout leur amitié qu'ils m'ont témoignée.*

*Enfin, je remercie affectueusement toute ma famille, en particuliers mes parents, mes beaux-parents et surtout mon mari Didine qui n'ont cessé de me soutenir durant toutes ces dernières années.*

دراسة إيكولوجية و باليوإيكولوجية في البيئة المالحة  
حالة بحيرة فetzara (شمال شرق الجزائر)

ملخص

سمحت لنا هذه الدراسة بإبراز العلاقة بين المتغيرات البيولوجية و التربة لبحيرة "فzارة" ( عنابة) و المساهمة في تتبع الديناميكية الحالية للبيئة القديمة مقارنة مع النباتات الحالية المحيطة مع مؤشر اللقاح.

أظهرت لنا التحاليل المخبرية لرواسب بحيرة فzارة أن التربة ذات تركيبة طينية، ذات نسبة معتدلة من الكلس و قاعدي pH متأثر بشدة بظاهرة الملوحة.

في هذه المنطقة كان جرد النباتات الوعائية موضوعا لتحليل نباتي عن طريق أخذ عينات منهجية خلال حملتين (2014-2016). في البداية أعطى هذا الجرد الكمي وصفا حاليا للموروث النباتي لبحيرة فzارة، حيث تم من خلاله إحصاء 152 صنف منهم 8 متوطنة، 79 متوسطة و أربعة أصناف نادرة في القائمة الحمراء للمنظمات الدولية لحماية الطبيعة

*Carum montanum, Myriophyllum alterniflorum, Juncus heterophyllus و Scrophularia tenuipes.*

وفقا للتحليل الإحصائي المطبق على جدول جامع للبيانات و الأصناف المحددة، فان المحطات الواقعة بجنوب البحيرة تحتوي على أكبر عدد ممكن من الأصناف النباتية.

من جهة أخرى، تمت تنقية حبوب الطلع المجرة انطلاقا من الرواسب السطحية على طول المقطع شمال/جنوب و

شرق / غرب، بينت تجمعات اللقاحات هيمنة اللقاح الغير شجيري (52%) بينما شهد طول المقطع شمال/جنوب ارتفاع نسبي في كمية اللقاح الشجيري.

كلمات المفتاح: بحيرة فzارة، رواسب نباتات، لقاح (حبوب طلع)، المقطع، باليوإيكولوجية ، وسط مالح

## **Etude écologique et paléoécologique en milieu salé. Cas du lac Fetzara (Nord-Est algérien)**

### **Résumé**

Cette étude a mis en évidence la relation entre les variables biologiques et édaphiques du lac Fetzara (Annaba) et nous a permis de contribuer à retracer la dynamique actuelle du paléoenvironnement en comparant la végétation actuelle environnante avec le signal pollinique.

Les analyses effectuées sur les sédiments du lac Fetzara ont permis de démontrer que les sols ont une texture à dominance argileuse, moyennement calcaire avec des pH alcalins et surtout très affectés par le phénomène de salinisation.

Dans cette région, un inventaire des plantes vasculaires a fait l'objet d'une analyse floristique à partir d'un échantillonnage systématique au cours de deux campagnes (2014-2016). Dans un premier temps, cet inventaire quantitatif donne une description actuelle du patrimoine floristique du lac Fetzara, dans lequel il a été dénombré 152 espèces dont 8 endémiques, 79 méditerranéennes et quatre espèces sont classées rares dans la liste rouge des organisations internationales de la protection de la nature, il s'agit de *Carum montanum*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Juncus heterophyllus* et *Scrophularia tenuipes*. D'après l'analyse statistique appliquée sur un tableau rassemblant les relevés et les espèces recensées, les stations situées au Sud du lac renferment le plus grand nombre d'espèces végétales.

Par ailleurs, une purification des grains de pollen a été réalisée à partir des sédiments de surface sur le long des transects Nord/Sud et Est/Ouest ; les assemblages polliniques ont montré une dominance du pollen non arboré (52%). Cependant, sur le transect Nord/Sud une augmentation relative de la quantité du pollen arboré a été signalée.

Mots clés : lac Fetzara, végétation, pollen, transect, paléoécologie, sédiments, milieu salé.

**Ecological and paleoecological study in salty environment.  
Case of Lake Fetzara (North-East Algeria)**

**Abstract**

This study highlights the relationship between biological and edaphic parameters of Fetzara Lake (Annaba) bringing a contribution to retrace the current palaeoenvironment dynamics by comparing the surrounding present vegetation with the pollen signal.

The carried out analyzes on Fetzara Lake sediments allowed us to demonstrate the clay dominance, moderately calcareous with alkaline pH soils texture that are especially very affected by salinization phenomenon.

A floristic analysis was conducted in this region on an inventory of vascular plants from a systematic sampling during two campaigns (2014-2016). Firstly, this quantitative inventory thoroughly describes Lake Fetzara's floristic heritage, during which we enumerated 152 species including 8 endemic, 79 Mediterranean and four species classified as rare in the environmental organization red list; *Carum montanum*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Juncus heterophyllus* and *Scrophularia tenuipes*.. According to the statistical analysis applied over the surveys and identified species table; south stations contain the largest number of plant species.

Furthermore, pollen grains purification made on surface sediments along the North / South and East / West transects and pollen assemblages zones showed non arboreal pollen dominance (52%). However, on the North / South transect a relative arboreal pollen amount increase has been mentioned.

Keywords: Fetzara lake, vegetation, pollen, transect, paleoecology, sediments, salty environment

## TABLE DES MATIERES

<b>REMERCIEMENTS</b> .....	1
<b>RESUME EN ARABE</b> .....	3
<b>RESUME EN FRANÇAIS</b> .....	4
<b>ABSTRACT</b> .....	5
<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	6
<b>INTRODUCTION</b> .....	10
<b>CHAPITRE I. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SITE ETUDIE</b> .....	14
1. Situation géographique du lac Fetzara.....	15
2. Historique du lac Fetzara.....	16
3. Géologie et géomorphologie du bassin versant du lac Fetzara.....	17
3.1. Géologie.....	17
3.2. Géomorphologie.....	18
4. Hydrologie et hydrogéologie du lac Fetzara.....	20
4.1. Hydrologie.....	20
4.2. Hydrogéologie.....	21
5. Les sols du lac Fetzara.....	22
5.1. Les classes de sols.....	22
5.1.1 Les sols peu évolués.....	23
5.1.2. Les vertisols.....	23
5.1.3. Les sols hydromorphes.....	24
5.1.4. Les sols halomorphes.....	24
5.2. Les principales caractéristiques physico-chimiques des sols.....	24
6. Occupation des sols du lac Fetzara.....	25
7. Le climat de la région de Annaba.....	26
7.1. Le régime thermique.....	26
7.2. Le régime pluviométrique.....	27
7.3. L'humidité relative.....	27
7.4. Les vents.....	28
7.5. L'évaporation.....	29
7.6. Synthèse climatique.....	29
7.6.1. Diagramme pluviothermique de Gaussen (1954).....	29
7.6.2. L'indice d'aridité de de Martonne (1926).....	30
7.6.3. Le quotient pluviothermique d'Emberger (1954).....	31
<b>CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES</b> .....	33
1. Etude pédologique.....	34
1.1. Caractéristiques physiques des sols.....	34
1.1.1. Composition granulométrique.....	34
1.2. Caractéristiques physico-chimiques.....	34

1.2.1. pH eau.....	34
1.2.2. Conductivité électrique (CE).....	34
1.2.3. Capacité d'échange cationique (CEC).....	34
1.2.4. Bases échangeables (S).....	34
1.2.5. Calcaire total (CaCO <sub>3</sub> T).....	35
1.2.6. Calcaire actif (CaCO <sub>3</sub> Actif).....	35
1.2.7. Matière organique (MO).....	35
1.2.8. Azote total (N).....	35
1.2.9. Phosphore assimilable(P).....	35
2. Etude floristique.....	35
2.1. Plan d'échantillonnage.....	35
2.2. Identification des espèces.....	36
2.3. Appréciation d'abondance des espèces recensées.....	36
2.4. Types biogéographiques et biologiques.....	37
2.5. Techniques numériques d'analyses des données.....	37
2.5.1. Traitements informatiques des données floristiques.....	37
2.5.2. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC).....	38
2.5.3. Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	38
2.5.4. Analyse Canonique des Correspondances (ACC).....	39
2.5.4.1. Codage des donnés floristiques.....	39
2.5.4.2. Codage des variables environnementales.....	39
2.5.5. Analyse Linéaire Discriminante (ALD).....	40
2.5.6. Indices de la diversité écologique.....	40
3. Etude pollinique.....	41
<b>CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>42</b>
1. Etude pédologique.....	43
1.1. Caractéristiques physiques.....	43
1.1.1. Texture.....	43
1.2. Caractéristiques physico-chimiques.....	43
1.2.1. pH.....	43
1.2.3. Conductivité électrique (CE).....	44
1.2.4. Capacité d'échange cationique (CEC).....	44
1.2.2. Bases échangeables (S).....	45
1.2.5. Calcaire total (CaCO <sub>3</sub> T).....	46
1.2.6. Calcaire actif (CaCO <sub>3</sub> Actif).....	46
1.2.7. Matière organique (MO).....	47
1.2.8. Azote total (N).....	47
1.2.9. Phosphore assimilable (P).....	48
1.3. Conclusion.....	48
2. Etude floristique.....	50
2.1. Typologie des mares.....	50

2.1.1. Mares à <i>Ranunculus aquatilis</i> L.....	50
2.1.2. Mares à <i>Callitriche obtusangula</i> Le Gall.....	51
2.1.3. Mares à <i>Alisma plantago-aquatica</i> L.....	51
2.1.4. Mares à <i>Juncus</i> et <i>Typha domingensis</i> (Pers.) Steudel.....	51
2.1.5. Mares à <i>Schoenoplectiella supina</i> (L.) Lye, <i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla.....	51
2.2. Composition de la végétation.....	52
2.3. Nouvelle répartition des plantes.....	55
2.3.1. Redécouverte.....	55
2.3.2. Nouvelle station.....	56
2.4. Type biologique.....	57
2.5. Diversité phytogéographique.....	58
2.6. Rareté et endémisme.....	60
2.7. Analyses statistiques.....	62
2.7.1. Description des noyaux.....	65
2.7.2. Le plan factoriel 1/3.....	65
2.7.3. Interprétation écologique de la carte factorielle 1/2.....	66
2.7.4. Le plan factoriel 1/3.....	68
2.7.5. Interprétation écologique de la carte factorielle 1/3.....	68
2.7.6. Le plan factoriel 2/3.....	70
2.7.7. Analyse canonique des correspondances flore/environnement.....	70
2.7.8. Typologie des transects étudiés.....	72
2.7.8. Ecologie des transects étudiés.....	73
2.7.9. Indice de la diversité écologique.....	75
2.8. Menaces et mesure de conservation.....	75
2.9. Conclusion.....	77
<b>3. Etude pollinique.....</b>	<b>79</b>
3.1. Strate arborée.....	79
3.2. Strate non arborée.....	81
3.3. Strate hygrophyte.....	85
3.4. Relations végétation/pollen.....	86
3.5. Conclusion.....	88
<b>4. Discussion générale.....</b>	<b>90</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>94</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>98</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>119</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>122</b>
<b>ANNEXES</b>	

## **INTRODUCTION**

## Introduction

Le bassin méditerranéen se caractérise par ses zones humides au point que celles-ci constituent une grande richesse patrimoniale universelle. Son littoral marin peu profond, se différencie facilement en lagunes et reçoit un nombre considérable de fleuves, rivières et oueds provenant des trois continents (Afrique, Europe et Asie). Ses eaux intérieures, façonnées par les particularités climatiques et une histoire à la fois paléo-géographique et paléoclimatique complexe, présentent une variété typologique étonnante.

Il va de soi que cette variété et ces originalités génèrent des valeurs écologiques et biogéographiques, mais les zones humides méditerranéennes offrent aux populations humaines des ressources économiques considérables, dont l'exploitation est si ancienne que ces populations ont développé un savoir-faire, des cultures de valeur patrimoniale inestimable. C'est à dire qu'une place de premier ordre devait être accordée à ces zones humides dans les actions mondiales et régionales de conservation de la nature (Dakki et *al.*, 2003)

L'Algérie, de part sa configuration physique et la diversité de son climat est riche en zones humides, ressources plus précieuses sur les plans de la diversité biologique et de la productivité naturelles sur le territoire (DGF, 2004). Toutefois à l'instar de l'ensemble du Maghreb, ces ressources sont menacées et font l'objet des perturbations parfois irréversibles (urbanisation, surpâturage, pollution, pêche, etc...) bien qu'une prise de conscience et une volonté de conservation soient observées ces dernières années (Rhazi et *al.*, 2006). A ce titre, ces zones humides inscrites sur la liste Ramsar n'échappent pas à ce traitement et restent surexploitées et ne font l'objet d'aucune mesure de protection (Bouldjedri et *al.*, 2011). Il est évident qu'il y a un grand problème de conservation en Algérie, d'ailleurs on peut faire un constat malgré les mesures prises et une politique intégrant dans la dynamique mondiale de conservation, protection et utilisation rationnelle des zones humides, que rien n'est réellement fait alors que toute l'Algérie se soucie du problème et particulièrement la communauté scientifique (Bougazli et *al.*, 1976 ; Bouazouni, 2004 ; Bouldjedri et *al.*, 2011 ; Belouahem et *al.*, 2011 ; Gherzouli, 2013).

En effet, l'importance de la protection des différents écosystèmes contre toute menace de dégradation impose une parfaite connaissance des composantes écologiques spatiotemporelles.

Un des problèmes associés à l'évaluation de l'intégrité écologique et la sélection subséquente d'écosystèmes de référence est le manque d'information concernant l'état naturel de ces derniers. Faute de documentation et d'archives écrites, on peut difficilement reconstituer avec précision l'état naturel de l'écosystème et le degré de perturbation.

C'est ainsi que la paléocéologie offre des outils performants et de plus en plus précis permettant de reconstituer l'historique des changements biologiques et environnementaux survenus dans les écosystèmes et plus particulièrement dans les milieux humides (Garneau, 1987 ; Birks, 1996 ; Hilgartner & Brush, 2006).

Les études palynologiques sont considérées comme des outils importants pour l'interprétation des environnements passés et élucidant les questions liées au paléoclimat et la paléocéologie (Ybert *et al.*, 1992 ; Salgado-Labouriau, 2001). Cependant, la compréhension de la dynamique du contrôle de la production, dispersion, dépôt et conservation des grains de pollen et des spores est nécessaire pour tenter d'interpréter les archives fossiles. Le problème le plus important réside dans la caractérisation de la relation entre le spectre pollinique moderne et la végétation qui le produit (Davis & Fall, 2001).

Les lacs enregistrent dans leurs sédiments, telles des archives, les variations passées du climat. Le climat a une influence directe ou indirecte sur la sédimentation, la physico-chimie des eaux et sur la faune et la flore.

L'analyse des macro-restes végétaux et grains de pollen conservés dans les sols permet de déterminer quelles étaient les espèces végétales qui colonisaient un lieu précis à un moment donné (Birks, 1996). La comparaison entre la végétation actuelle et celle révélée par les indicateurs paléo-écologiques permet de statuer sur l'envergure des changements survenus dans les assemblages des végétaux à la suite des différentes perturbations. C'est-à-dire qu'il serait nécessaire de se poser la question sur la représentativité du contenu pollinique par rapport à la végétation immédiatement environnante.

Les premières informations sur la flore et la végétation des mares temporaires en Algérie sont

principalement dues à Gauthier-Lièvre (1931) et Braun-Blanquet (1935), par la suite il y a eu d'autres études (Daumas *et al.*, 1952 ; Chevassut, 1956 ; Chevassut & Quézel, 1956-1958 ; Géhu, 1992 ; Géhu *et al.* , 1994 ; Khaled-Khodja, 2002 ; de Bélair, 2005 ; Boulaachab, 2009).

La connaissance, la classification, la caractérisation et la conservation des différents taxons est une priorité scientifique mondiale pour l'évaluation et la gestion de la biodiversité (Cotterill 1995). Les efforts consentis pour l'étude de la flore sont très importants pour connaître les grands traits biologiques des plantes et leur répartition biogéographique (Lavergne *et al.*, 2005). Cependant plusieurs aspects d'un nombre considérable d'espèces végétales restent méconnues sur certains plans : biologique, taxonomique et écologique (Grubb, 1977 ; Pyšek *et al.*, 2008 ; Chenchouni, 2012)

Les connaissances scientifiques actuelles sur la flore du lac Fetzara sont pauvres. En effet, un important manque d'informations ne permettant pas la compréhension générale de certains aspects tels que l'impact écologique et les interactions et/ou la distribution spatiale et temporelle. Cependant, malgré tous ces obstacles, notre motivation a été très grande pour travailler sur ce milieu présentant une certaine originalité par rapport à ses sols et eaux ainsi que le climat. Dans cette étude, il sera question d'évaluer la diversité des espèces végétales vasculaires en relation avec le sol qui est considéré comme la charnière principale qui intègre l'effet combiné de l'eau et de la végétation. Cette étude vise également à procurer des données paléo-environnementales inédites sur cette région.

Toutes les études écologiques effectuées sur le lac Fetzara montrent que la salinité parfois excessive des sols et des eaux ainsi que l'hydromorphie sont les caractéristiques principales de ce site protégé par diverses conventions internationales (AJCI, 1985 ; Djamai, 2007). Contrairement à la majorité des sols salés observés en Algérie, qui sont rencontrés surtout sous climat aride (Halitim, 1988 ; Daoud & Halitim, 1994), les sols du lac Fetzara sont localisés dans une région caractérisée par un climat sub-humide, c'est-à-dire recevant en moyenne jusqu'à 700 mm de pluie par an, ce qui pourrait entraîner sans aucun doute, une interaction sol-végétation différente de celle mise en évidence dans les sols des zones arides, il en est de même de la conservation des grains de pollen. La salinisation occasionne des effets nocifs sur les sols et les végétaux qui auront pour conséquences une diminution de leur fertilité entraînant parfois la disparition du couvert végétal naturel (Cheverry & Robert, 1998 ; Saidi *et al.*, 2004).

Dans le cadre de la valorisation et la préservation de cet écosystème si fragile qui subit une forte anthropisation (pastoralisme, pollution industrielle et urbaine, piétinement etc...), la mise en place d'une étude des relations pollen de surface – végétation - sol (variables environnementales) nous semble indispensable afin de reconstituer l'histoire de l'environnement végétal et mesurer sur une longue durée l'impact des perturbations anthropiques sur la dynamique de cet écosystème. Elle permettra également d'apporter des informations qualitatives et indicatives sur les relations entre les pratiques, la végétation et les réponses polliniques à ces variables pour la compréhension de son fonctionnement écologique pour une mise en valeur des sols en prenant soin de préciser la capacité de développement et la résistance des taxons aux sels solubles, de même que leur stratégie d'installation sur ces derniers.

L'objectif principal de ce travail sera la mise en évidence des relations entre les variables biologiques (flore et pollen) et édaphiques (sol) pour aboutir à une contribution qui permettra de retracer la dynamique moderne du paléo-environnement en comparant la végétation actuelle environnante avec le signal pollinique, le long de deux transects Nord-Sud et Est-Ouest effectués sur le lac Fetzara.

A partir de cette démarche, le manuscrit est organisé en trois chapitres présentés comme suit :

Le premier chapitre est consacré à une brève description du lac Fetzara en insistant sur les caractéristiques principales du paysage, en particulier le climat de la région avec le caractère saisonnier des variations de la pluviométrie et de l'évaporation qui peuvent contribuer à l'accentuation du phénomène d'humectation et de dessiccation des sols et par conséquent peut provoquer la détérioration des grains de pollen.

Le deuxième chapitre fait le point sur la méthodologie de travail utilisée sur le terrain et au laboratoire pour l'étude de la flore, pollen et sol, ainsi que les différents paramètres étudiés. Dans cette partie, il est également question de la présentation des documents de base des principales études faites sur le site de travail et les outils de traitement des résultats obtenus.

Le troisième chapitre est réservé à la présentation des résultats et discussion. Ce chapitre est lui-même structuré en trois parties exposant respectivement dans l'ordre les résultats obtenus ainsi que la discussion sur les variables sols, flore et pollen.

## **CHAPITRE I**

### **CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SITE ETUDIE**

## CHAPITRE I. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SITE ETUDIE

### 1. Situation géographique

Le lac Fetzara est situé à 14 km de la mer et à 18 km au Sud-Ouest de Annaba. Il se place au centre du quadrillage entre les latitudes  $36^{\circ} 43'$  et  $36^{\circ} 50'$  Nord et les longitudes  $7^{\circ} 24'$  et  $7^{\circ} 39'$  Est. Il est représenté par une large dépression limitée au Nord par le massif montagneux de l'Edough et au Sud par les collines de Nechmaya situées dans la Wilaya de Guelma. A l'Ouest, la limite naturelle nette est la côte de 25 m qui correspond à une colline. A l'Est, le lac est séparé de la plaine de Annaba par le cordon dunaire d'El Gantra (figure 1).

Les dimensions du lac sont de l'ordre de 17 km d'Ouest en Est et de 13 km du Nord au Sud, sa cuvette est inclinée d'Ouest en Est. La superficie du lac Fetzara est d'environ 18600 ha. La partie inondable du lac est située au centre de la zone et couvre une surface estimée à 13000 ha. Le lac est partiellement inondé en hiver malgré la présence d'un canal principal creusé afin d'assurer le drainage (Durand, 1950). Cependant, il a été constaté que cet ouvrage, qui se jette dans l'oued Meboudja, était insuffisant pour évacuer toutes les eaux des fortes pluies d'hiver.

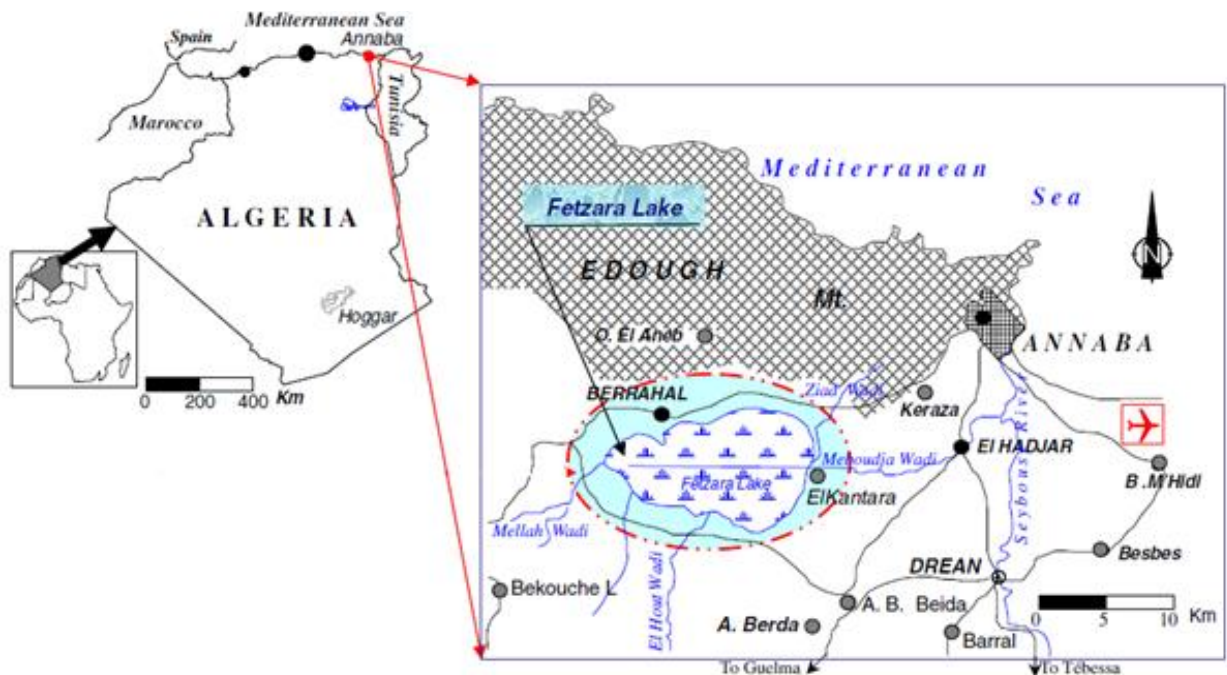


Figure 1. Situation géographique du lac Fetzara.

## 2. Historique du lac Fetzara

Avant la réalisation du canal d'assèchement, les eaux s'accumulaient dans la dépression et formaient un lac permanent. Les eaux du lac atteignaient le niveau de la côte 16 m en saison humide et se retiraient à 14 m durant la période estivale. Les eaux étaient très insalubres avec une salinité très prononcée (Amante, 1947).

Le projet d'assèchement du lac, prévoyait l'abaissement du niveau d'eau à la côte 11.8 m avec la mise en culture de 3625 ha asséchés. Le projet prévoyait surtout le creusement d'un canal de drainage d'environ 16 km entre le centre du lac et l'oued Meboudja.

Les travaux ont commencé en 1877 par l'établissement à l'intérieur du lac d'un premier canal de 7 km de longueur permettant l'évacuation des eaux du lac. Les résultats obtenus furent insuffisants malgré les élargissements successifs tant du canal lui-même que celui de la Meboudja jusqu'à son débouché dans l'oued Seybouse. Cette réalisation a permis le rabaissement du plan d'eau à la côte de 12 m et la récupération de 3600 ha de terres cultivables (Durand, 1950). En 1880, le projet fût réalisé, mais les essais de la mise en culture des terres se révélèrent désastreux à cause de la salinité excessive des sols. En 1904, un nouveau programme de travail est lancé, il prévoyait l'élargissement du canal de drainage sur 29 km et le creusement du canal de l'oued Mélah à l'Ouest du lac.

De 1906 à 1935, les projets et les travaux se succédèrent avec de grandes difficultés, pour s'achever finalement vers 1935. Les travaux ont permis de rallonger le canal principal à environ 17 km et l'élargissement des canaux des oueds El Hout, Mélah et Zied. L'objectif était de porter la capacité d'évacuation du canal principal à 22 m<sup>3</sup>/s et de permettre la vidange totale du lac en trois ou quatre semaines (Amante, 1947).

Depuis très longtemps l'aménagement et la mise en valeur des sols du lac Fetzara posent de gros problèmes, c'est pour ces raisons qu'il est souvent question de l'assainissement définitif du lac pour récupérer et cultiver une superficie de l'ordre de 13000 ha de terre.

### 3. Géologie et géomorphologie du bassin versant du lac Fetzara

#### 3.1. Géologie

Le lac Fetzara et son bassin versant sont constitués de plusieurs formations géologiques dont la stratigraphie serait la suivante Joleaud (1936) :

- Formations marécageuses actuelles, constituées de limons du lac Fetzara, elles sont mal drainées et forment le fond de la cuvette.
- Dépôts récents, formés de sables et limons. Ils constituent la bordure du lac et sont d'âge Néopléistocène.
- Dépôts anciens, constitués de sables et de limons datant du début de la formation du lac et le dépôt dunaire d'El Gantra qui a isolé le lac de la mer. Tous ces dépôts datent du Pléistocène récent.
- Alluvions des moyennes terrasses des vallées, formées de sables et cailloux roulés, parfois assez riches en fer du niveau de 30 m environ en bordure du vieux thalweg creusé jadis sur l'emplacement de la dépression du lac Fetzara. Elles sont d'âge Pléistocène ancien.
- Alluvions des hautes terrasses des vallées, formées de sables et cailloux roulés, du niveau de 50 m, disposées comme les précédentes et comprenant de nombreux blocs de grés de Numidie. Elles sont d'âge Pléistocène ancien.
- Alluvions de bas niveaux des plateaux formés de cailloux roulés du niveau de 100 m.
- Grés de Numidie de l'Eocène supérieur ou de l'Oligocène, grés quartziteux massifs donnant parfois des éboulis sur les pentes argileuses qu'ils surmontent.
- Argiles de Numidie, verdâtres ou brunâtres, plus ou moins schisteuses avec intercalation de petits bancs de grés quartziteux et de marnes calcaires gris bleuâtres. Elles sont d'âge Eocène supérieur ou Oligocène.
- Argiles plus ou moins schisteuses avec bancs de calcaires, brèches à petits éléments et Nummilites, grés de 150 à 200 m d'épaisseur et d'âge Eocène moyen,
- Schistes argileux, talqueux ou sériciteux.
- Gneiss pouvant se diviser en deux types, les gneiss inférieurs, ce sont des formations très importantes avec 1500 m d'épaisseur à micas noirs et blancs qui se désagrègent facilement en arènes blanchâtres ; et, les gneiss supérieurs fréquemment intercalés de lits de micaschistes et sillonnés de granulite et pegmatite qui peuvent dériver de micaschistes granulatisés.
- Micaschistes traversés par des bandes sub-continues ou continues de cipolins.

### 3.2. Géomorphologie

La cuvette du lac Fetzara correspond à un large synclinal que dessinent les argiles et grés de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène inférieur.

Le creusement de la zone actuelle a commencé dès la fin du Pliocène, il s'est confirmé au Post-pliocène donnant une vallée dont le fond descendant par étages successifs a été compartimenté au Pléistocène en une succession de lagunes lacustres, saumâtres et marines, par des lignes de coteaux. Un cordon dunaire a ensuite isolé le lac Fetzara, le convertissant au Néopléistocène en lac puis en marécage saumâtre, évoluant vers le stade de chott et ayant tendance à devenir une lagune de sursaturation (Joleaud, 1936).

Les études faites sur le lac Fetzara ont permis de montrer à la fois le rôle de la tectonique et du climat dans l'élaboration du lac. Concernant la tectonique, les failles qui limitent cette cuvette sont restées actives pendant tout le Quaternaire. D'après Marre (1987), le lac Fetzara présente des bordures Nord et Sud nettement dissymétriques. Au Sud, un véritable piémont avec plusieurs niveaux de glacis qui s'est construit en avant du Tell Nord guelmien. Au Nord, le massif de l'Edough tombe brutalement dans la cuvette du lac Fetzara et peu de formes quaternaires assurent le passage de la montagne au fond de la dépression. Enfin, à l'Est, une lunette, que suit la route, isole la dépression lacustre de la plaine d'El-Hadjar (figure 2).

Selon Marre (1987), concernant le rôle du climat, il aurait existé dans le lac Fetzara des périodes de déflation éolienne qui ont alterné avec des périodes d'inondations. Pendant les phases humides, le lac restait en eau toute l'année d'où la présence de vases organiques et d'une faune lagunaire qui remontait par les oueds. Tandis que pendant les phases sèches, le lac s'asséchait au moins en été ; la déflation éolienne se mettait en action avec les vents du Nord-Ouest, il y a alors creusement du fond de la cuvette, dépôt au Sud-Est sur les glacis et construction de la lunette sableuse à l'Est qui forme la dépression.

D'une manière générale, la topographie du lac Fetzara est relativement simple. La partie la plus profonde du lac est à 10 m. La zone du lac Fetzara est divisée en partie montagneuse (altitude > 40 m), la terrasse formée vers le centre du lac (altitude de 10 à 20 m) et les terrains bas (altitude < 10 m). La plaine occupe environ les deux tiers de la superficie totale (tableau 1).

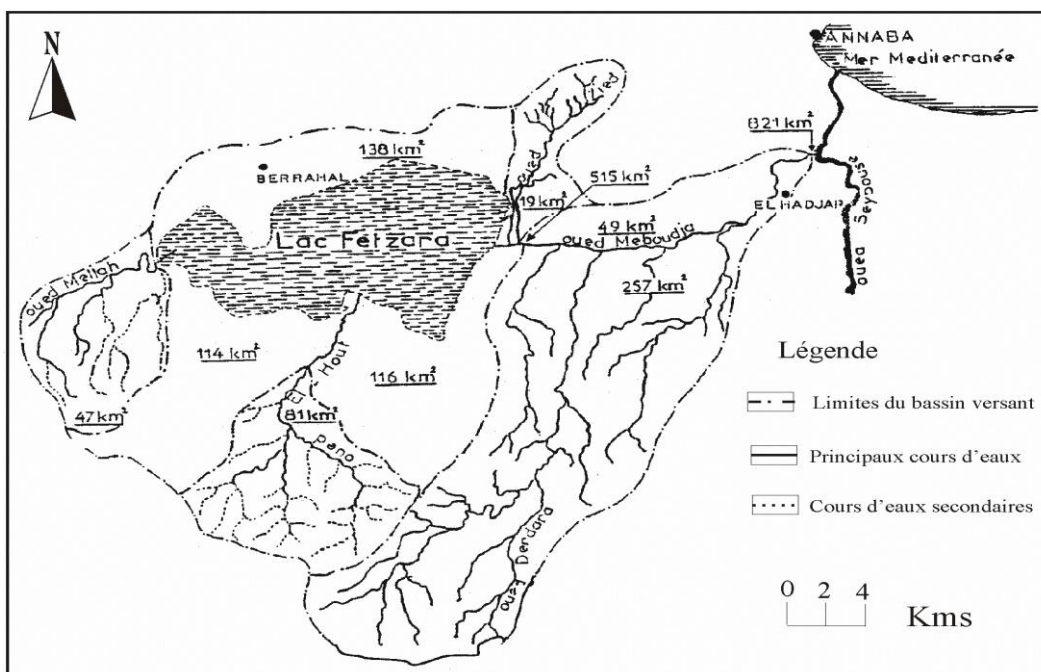


## 4. Hydrologie et hydrogéologie du lac Fetzara

### 4.1. Hydrologie

Le lac Fetzara reçoit toute une série d'oueds provenant des massifs environnants. Cependant, la majorité des eaux sont collectées à partir de trois oueds principaux qui sont Zied, El-Hout et Mélah (figure 3).

L'oued Zied se situe au Nord-Est du lac, il prend sa source à Kef Seba (1008 m), avec un bassin versant de 19 km<sup>2</sup>. L'oued El-Hout est considéré comme étant le plus grand cours d'eau du Sud-Est, il prend sa source à djebel Menchoura (795 m) et débouche dans le canal principal après avoir traversé le centre du lac ; son bassin versant est de 81 km<sup>2</sup>. L'oued Mélah se situe à l'Ouest du lac Fetzara et prend sa source du côté de Ain Charchar (wilaya de Skikda), son bassin versant est de 47 km<sup>2</sup>.



**Figure 3.** Le bassin versant du lac Fetzara (AJCI, 1985).

Dans un rapport de Durand (1950), il constata que dans une année assez pluvieuse, il est possible de distinguer 5 zones concentriques concernant le régime de remplissage et de vidange du lac Fetzara :

- Première zone de 3890 ha qui ne s'inonde jamais (au dessus de la côte 12 m).

- Deuxième zone de 2250 ha entre les côtes 12 et 11.75 m qui s'inonde trois fois environ pendant la période d'hiver avec une durée de 4 à 10 jours. La durée totale est en général de 23 jours.
- Troisième zone de 3000 ha entre les côtes 11.70 et 10.85 m qui s'inonde trois fois avec une durée de 11 à 12 jours. La durée totale de submersion est de 44 jours.
- Quatrième zone de 2000 ha entre les côtes 10.85 et 10.70 m qui reste inondée de la première décennie de janvier jusqu'à la première décennie de mars (62 jours en moyenne)
- Cinquième zone de 2000 ha en dessous de la côte 10.70 m et qui reste inondée durant toute la période pluvieuse.

La surface du lac inondée en hiver est estimée à 60 Km<sup>2</sup> (AJCI, 1985). Le drainage du lac, comme il a été signalé précédemment, est effectué par le canal principal installé au centre du lac et le traversant d'Ouest en Est. En saison pluvieuse, les eaux sont emmagasinées dans le lac et drainées vers l'oued Meboudja en passant par le pont-vanne situé sur le CW 106 pour maintenir le niveau du lac à une certaine hauteur. Tous les oueds tarissent en saison estivale (juin à septembre) et la superficie du lac se réduit jusqu'à environ 20 Km<sup>2</sup>.

Le bassin versant du lac Fetzara est caractérisé au Sud par la ligne de partage des eaux qui se situe à une altitude de 300 à 400 m. Le versant est relativement vaste et onduleux avec une légère pente vers le lac. Au Nord, la ligne de partage des eaux est à une hauteur d'environ 100 m avec un versant de pente raide, mis à part le bassin versant de l'oued Zied constitué de montagnes de plus de 500 m d'altitude. La ligne de partage des eaux des parties Ouest et Est du lac est à une altitude de 20 à 30 m. La superficie totale du bassin versant du lac Fetzara est de 515 Km<sup>2</sup>, elle est répartie comme suit : 147 Km<sup>2</sup> pour les trois principaux oueds (Zied, El-Hout et Mélah) et 368 Km<sup>2</sup> pour les différents ruisseaux et autres bassins versants (AJCI, 1985).

## **4.2. Hydrogéologie**

Les principales sources de la région se rencontrent dans les gneiss, mais elles sont peu importantes. Elles sont rares dans les micaschistes et leur niveau le plus constant se trouve en contact des calcaires cristallins et des schistes sous-jacents.

Dans la région de l'Eocène, les grés constituent une assise perméable donnant lieu à des nappes aquifères se déversant au niveau des argiles. Les éboulis des grés et les alluvions diverses donnent aussi des niveaux d'eaux.

Les résultats des analyses faites au niveau des eaux de nappes du lac Fetzara font apparaître des teneurs de salinité très variées, des profondeurs différentes (à partir de 40 cm) malgré la topographie régulière de la zone d'étude, et des faciès chimiques très diversifiés (AJCI, 1985). Ceci, laisse supposer qu'il existe plusieurs types de familles d'eaux souterraines. D'après Durand (1950), la salure du lac Fetzara semble due au lavage par les eaux des roches cristallines de l'Edough qui fournirait les sels. Mais les compositions chimiques des eaux du massif métamorphique étant différentes, ceci laisse supposer que le lac est une mer résiduelle ou une lagune dont les eaux auraient lavé des terrains salifères comme ceux du Trias (Joleaud, 1936). Les deux phénomènes auraient pu intervenir dans des proportions différentes.

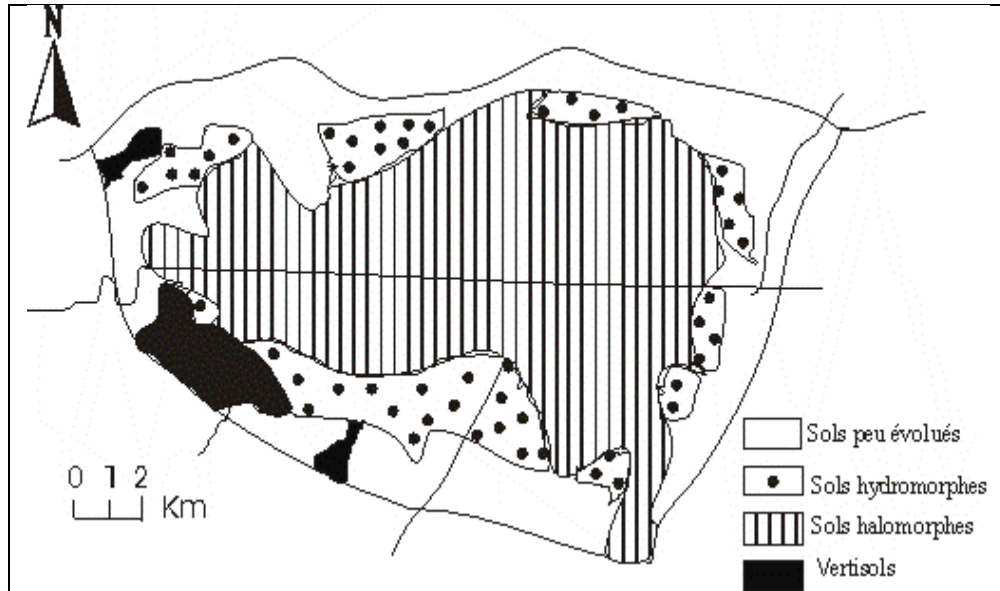
## 5. Les sols du lac Fetzara

### 5.1. Les classes de sols

Selon la classification française CPCS (1967), il a été distingué quatre classes de sols sur le lac Fetzara (AJCI, 1985), dont la répartition est la suivante (figure 4 et tableau 2.).

**Tableau 2.** Distribution des différentes classes de sols.

Classes de sols	Superficies (ha)	%
Sols peu évolués	5119	28
Vertisols	625	3.3
Sols hydromorphes	2548	13.7
Sols halomorphes	10228	55
Total	18600	100



**Figure 4.** Répartition des classes de sols du lac Fetzara (AJCI, 1985).

### 5.1.1. Les sols peu évolués

Ces sols présentent une superficie de 5199 ha (28% de la superficie totale). Ils forment une couronne autour du lac et constituent les zones les plus périphériques. Ils comprennent trois sous-classes :

- Sols peu évolués d'érosion (1.45%). Ils sont très répandus à l'Est du CW 108.
- Sols peu évolués d'apport colluvial (15.1%) Une partie de ces sols est faiblement calcaire et à teneur élevée en limons.
- Sols peu évolués d'apport alluvial (11.12%). On les rencontre en bas de terrasses dans les terrains plats à faible pente. Ces sols ne sont pas calcaires.

### 5.1.2. Les vertisols

Ces sols représentent 625 ha (3.3% de la superficie totale). Ils se localisent essentiellement à l'Ouest du lac. On peut distinguer deux sous classes de vertisols :

- Vertisols à drainage externe nul ou réduit (1.22%). Cette zone est caractérisée par un mauvais drainage d'où une forte saturation des sols.
- Vertisols à drainage externe possible (2.08%). Ces sols sont assez bien drainés.

### **5.1.3. Les sols hydromorphes**

Ce sont des sols à pseudogley et représentent 2548 ha (13.7% de la superficie totale). Ils forment une ceinture discontinue à la périphérie, s'intercalant entre les sols peu évolués et sols halomorphes qui occupent le centre du lac. Ces sols sont localisés sur des alluvions à mauvais drainage, occupant des terrains plats à faible pente. Ils sont argileux et affectés par le phénomène d'oxydo-réduction.

### **5.1.4. Les sols halomorphes**

Avec 10228ha (55% du total), ces sols représentent la classe la plus importante. Ils correspondent aux sols à accumulation de sels dans la zone du lac inondée en saison pluvieuse. Ce sont des sols à texture lourde, riches en minéraux argileux gonflants. En période sèche, de petites fissures se produisent à la surface et la nappe peut s'abaisser jusqu'à plus de 1.5 m de profondeur. On peut remarquer deux sous-classes de sols halomorphes :

- Sols halomorphes à structure non dégradée (47% du total). La salinité est élevée (CE comprise entre 16 et 18 mS/cm). Ils correspondent aux solontchaks.

- Sols halomorphes à structure dégradée (8% du total). Cette sous-classe est elle-même divisée en deux groupes :

- Sols salés à alcalis représentant 5.47% ; ces sols sont moins répandus, ils se situent particulièrement au Nord du confluent de oued El Hout et du canal principal. La salinité est moins élevée, elle peut diminuer jusqu'à 4 mS/cm. Ils correspondent aux solontchaks-solonetz.

- Sols salés à horizon Bt (2.42% du total). La salinité est faible, ils peuvent être considérés comme des solonetz.

## **5.2. Les principales caractéristiques physico-chimiques des sols**

Selon une synthèse effectuée sur les principales caractéristiques physico-chimiques des sols à partir des travaux de Djamai (1993 et 2000), il ressort que les sols ont généralement une texture argileuse à argilo-limoneuse ; les teneurs en argiles sont particulièrement importantes dans les horizons de profondeur qui présentent des valeurs pouvant atteindre 68%.

La réaction des sols est dans l'ensemble légèrement à très franchement alcaline, les valeurs du pH sont généralement supérieures à 8. Les teneurs en matière organique sont très variables, elles sont comprises entre 1 et 4%.

Les sols sont souvent peu calcaires, la teneur maximale en calcaire total est de 7.13%, elle est enregistrée au centre du lac. Il est à signaler que les sols de la partie Est du lac sont souvent plus calcaires, il existerait un gradient de distribution du carbonate de calcium dans le paysage selon le sens d'écoulement des eaux.

Les quantités de gypse contenues dans les sols du lac Fetzara sont faibles, elles sont souvent inférieures à 1%. Néanmoins, quelques profils présentent des teneurs pouvant atteindre 6%.

## 6. Occupation des sols du lac Fetzara

Depuis le début de la réalisation du projet d'assèchement du lac, des plantations très importantes d'*Eucalyptus* ont été faites sur les rives du lac. D'après (Durand, 1950), à la fin de la réalisation du projet, vers 1938, il a été constaté que les sols du lac Fetzara se dessalaient rapidement et que l'ancienne végétation de *Juncus* régressait devant les plantes fourragères.

Les terres agricoles représentent environ le tiers de la superficie totale et sont situées en grande partie sur les terrains dont l'altitude est supérieure à 12m (AJCI, 1985) ; ceci peut s'expliquer par le fait que la partie basse est située au centre du lac, cette zone est très affectée par les sels et très souvent inondée. La situation actuelle de l'occupation des terres est très variée (tableau 3).

**Tableau 3.** Distribution des terres agricoles du lac Fetzara (AJCI, 1985).

Catégories des terres	Superficie (ha)	%
Terres labourables	4064	22
Forêts	75	0.4
Vergers	40	0.2
Buissons	200	1
Terres incultes (salées ou inondées)	14222	76.4
Total	18600	100

D'une manière générale, concernant la végétation naturelle supérieure du lac Fetzara, nous pouvons distinguer trois strates (herbacée, arbustive et arborescente).

## 7. Le climat de la région de Annaba

Pour étudier le climat de région du lac Fetzara, nous avons choisi les données disponibles sur la station météorologique de Annaba (Aéroport- Les Salines), qui peut être considérée comme étant la station plus proche de la zone d'étude. La station Aéroport-Les Salines de Annaba se situe à environ 25 km à vol d'oiseau du lac Fetzara, et c'est en même temps, celle qui dispose de données les plus complètes et surtout les plus régulières. Les données climatiques prises en considération pour l'étude du climat de la zone du projet portent sur 20 ans et concernent les moyennes mensuelles de la période 1978 – 1998 et 1982 – 2011 (tableau 4).

**Tableau 4.** Données climatiques moyennes mensuelles de la région du lac Fetzara (Annaba – Les Salines : 1982 – 2011).

Paramètres	Unités	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	Moy. ou Total
*T. min	°C	7.03	7.18	8.18	9.98	12.97	16.58	19.01	19.68	18.71	14.93	11.02	8.19	12.78
*T. max	°C	16.49	16.90	18.26	20.22	23.55	27.11	30.42	30.98	28.93	25.56	20.98	17.68	23.09
T. moyenne	°C	10.99	11.27	13.12	15.27	18.30	22.04	25.29	25.83	23.06	20.02	15.61	13.15	17.83
Pluviométrie	mm	108.37	75.01	66.43	56.47	38.55	13.26	2.60	9.69	42.40	62.21	88.64	122.66	686.29
*Nbre jours de pluie	Jours	14.4	13.5	12.7	13.2	8.4	5.9	1.8	2.6	8.6	10.2	13.7	15.9	122
Humidité	%	79.3	76.5	75.0	74.2	74.7	73.1	70.2	71.8	72.3	74.8	76.2	77.5	74.63
Evaporation	mm	61.9	66.9	88.0	87.3	103.9	130.4	153.9	154.3	127.9	99.8	79.7	66.0	1220
Vents	m/s	3.6	3.8	4.1	3.8	3.8	3.5	4	4.3	3.9	4.1	4.0	3.8	3.9
*Insolation	heures	151.94	166.66	201.33	211.07	280.50	304.63	334.70	305.53	244.23	198.96	162.78	140.43	2702.76

\*Données climatiques (Annaba-Les Salines : 1978-1998)

### 7.1. Le régime thermique

Il faut signaler la faiblesse des écarts de l'amplitude thermique ( $M - m$ ) d'un mois à un autre (figure 5). La température moyenne annuelle est de 17.83 °C. La moyenne mensuelle maximale est de 23.09°C (maximum en juillet et août), alors que la minimale est de 12.78°C (minimum en janvier et février).

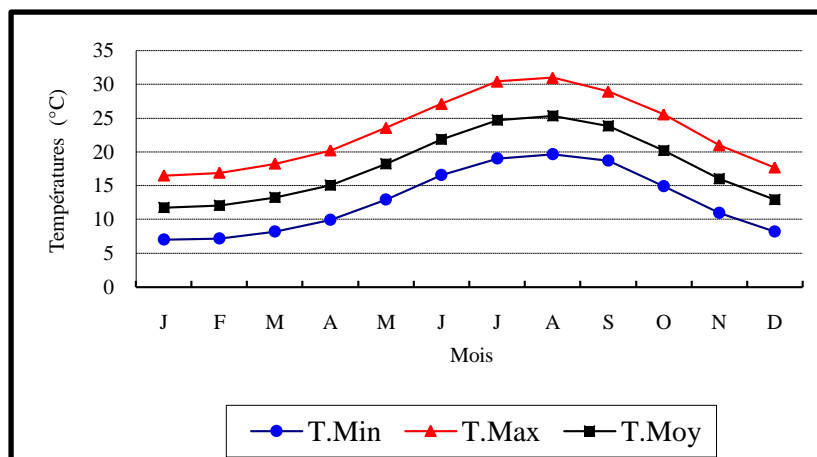


Figure 5. Présentation des données thermiques de la région de Annaba.

### 7.2. Le régime pluviométrique

La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 700mm. Les 80% de cette pluie sont enregistrés au cours des six mois d'octobre à mars (figure 6). Le nombre de jours de pluie moyen par an est d'environ 122 jours.

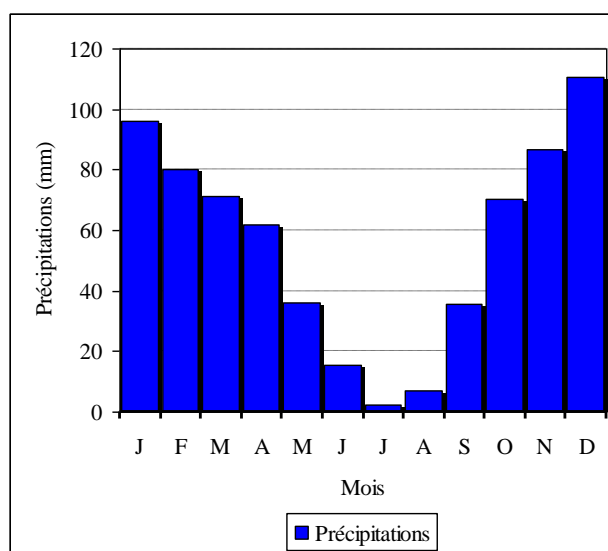


Figure 6. Hauteurs moyennes mensuelles des précipitations de la région de Annaba (1982-2011).

### 7.3. L'humidité relative

Le degré hygrométrique est très élevé tout au long de l'année avec une variation entre 70 et

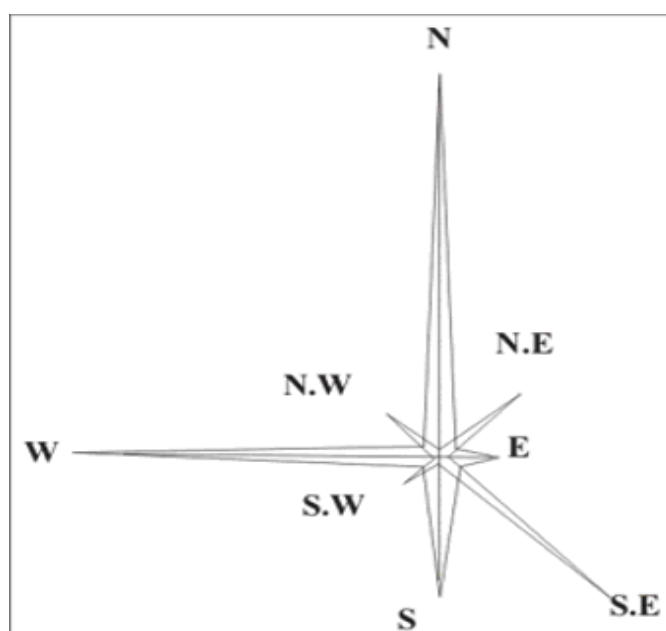
77 % et une moyenne annuelle de 74.76%. La mer et les nombreux points d'eau contribuent au maintien d'une hygrométrie élevée même en été, modérant ainsi la durée et l'intensité de la sécheresse.

#### 7.4. Les vents

Les vents dominants sont ceux des secteurs Nord et Ouest (tableau 5 et figure 7). La vitesse moyenne est de 22.15 m/s, les pointes les plus importantes sont enregistrées aux mois de février, mars et novembre.

**Tableau 5.** Fréquence des vents de la région de Annaba (1978-1998).

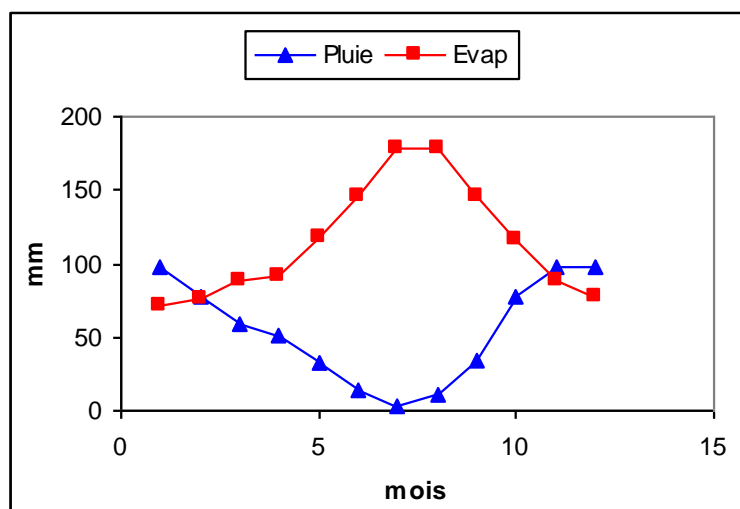
Direction des vents	Fréquence (%)
Nord (N)	29.7
Nord-Est (N.E)	8.6
Est (E)	2.5
Sud-Est (S.E)	15.9
Sud (S)	10.4
Sud-Ouest (S.W)	0.4
Ouest (W)	26.5
Nord-Ouest (N.W)	5.9



**Figure 7.** La fréquence des vents de la région de Annaba (1978-1998).

## 7.5. L'évaporation

L'évaporation mensuelle varie au cours de l'année, la maximale est enregistrée en juillet et août (183.22 mm) et la minimale en janvier (68.44 mm). L'évaporation totale moyenne annuelle est très importante, elle est 1432.80 mm/an, alors que la valeur moyenne journalière est d'environ 4 mm/jour. Nous remarquons un déficit hydrique très important (Evaporation > Précipitations) de mars à novembre (figure 8).

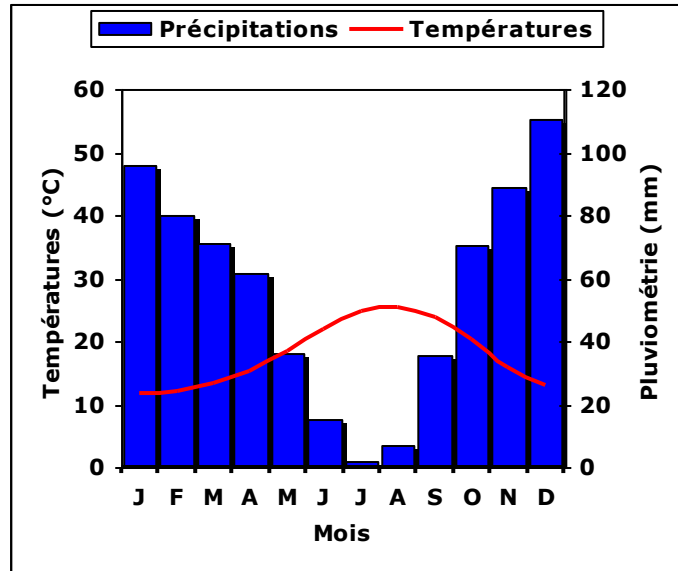


**Figure 8.** Bilan hydrique climatique de la zone d'étude.

## 7.6. Synthèse climatique

### 7.6.1. Diagramme pluviothermique de Gaussen (1954)

Le diagramme est construit en tenant compte des moyennes mensuelles des précipitations et des températures. L'échelle des précipitations étant doublée par rapport à celle des températures ( $P = 2T$ ). Il permet de définir la saison sèche, sa durée et son intensité. Pour la région de Annaba, le diagramme fait ressortir une sécheresse estivale de 5 mois, de mai à septembre (figure 9)



**Figure 9.** Diagramme pluviométrique de Gausson (1954) pour la région de Annaba (1982-2011).

#### 7.6.2. L'indice d'aridité de de Martonne (1926)

Il est également calculé à partir des moyennes des précipitations et des températures. Il est possible de déterminer un indice annuel « A » ou des indices mensuels pour les périodes prises en compte « a » :

$$A = P / (T + 10)$$

P : total des précipitations annuelles (mm).

T : températures moyennes annuelles (°C).

$$a = 12 \cdot P / (t + 10)$$

P : total des précipitations annuelles (mm).

t : températures moyennes mensuelles (°C).

Les valeurs sont d'autant plus faibles que le climat est aride. Un indice supérieur à 20 indique un climat humide. La tendance à la sécheresse s'affirme entre 10 et 20 ; en dessous de 10, c'est l'aridité. Pour la région de Annaba, l'indice d'aridité annuel (A) de de Martonne est de 24.16, ce qui correspond à un climat suffisamment humide. Concernant les indices d'aridité mensuels (a), la tendance à la sécheresse s'étale de mai à septembre, avec des indices variant entre 1 et 15. L'aridité concerne surtout les mois de juin, juillet et août (tableau 6)

**Tableau 6.** Indices d'aridité de de Martonne (1926) de la région de Annaba (1978-1998).

Mois	P (mm)	n (jours)	T (°C)	a
J	95.97	14.4	11.76	52.92
F	80.07	13.5	12.04	43.59
M	71.40	12.7	13.22	36.89
A	61.86	13.2	15.10	29.57
M	35.97	8.4	18.26	15.27
J	15.47	5.9	21.84	5.83
J	2.22	1.8	24.71	0.76
A	6.86	2.6	25.33	2.33
S	35.58	8.6	23.82	12.62
O	70.36	10.2	20.24	27.92
N	88.67	13.7	16.00	40.92
D	110.51	15.9	12.93	57.83
Total ou Moy. Annuels	674.94	122	17.93	24.16

P : pluviométrie moyenne mensuelle et annuelle (mm).

n : nombre de jours de pluie moyen mensuelle et annuelle (jours).

T : température moyenne mensuelle et annuelle (°C).

a : indice d'aridité mensuelle.

### 7.6.3. Le quotient pluviothermique d'Emberger (1954)

Emberger (1954) a proposé un indice appelé quotient pluviothermique (Q) spécifique au climat méditerranéen :

$$Q = 2000 \cdot P / (M^2 - m^2)$$

P : pluviométrie moyenne annuelle (mm).

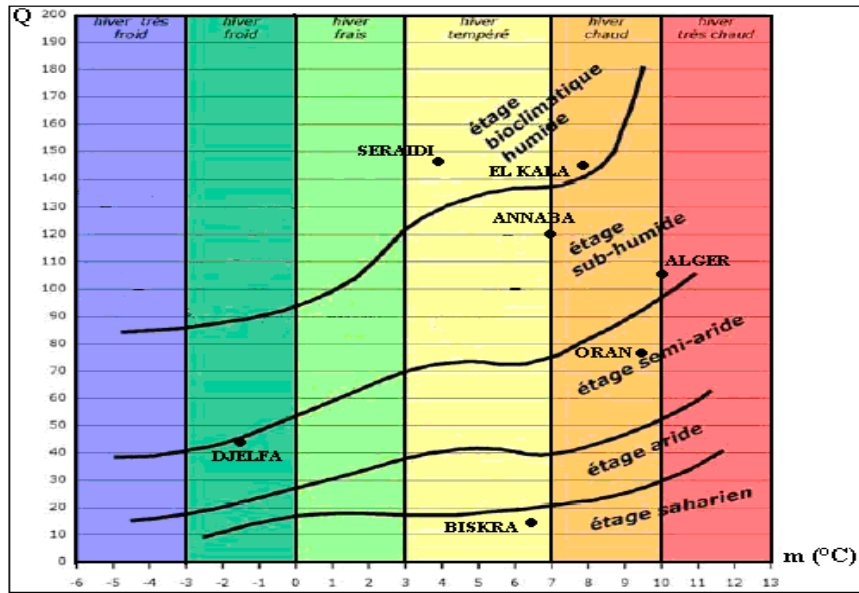
M : température maximale moyenne annuelle en degrés absolus (°K).

m : température minimale moyenne annuelle en degrés absolus (°K).

Stewart (1969) a montré que le quotient pluviothermique d'Emberger (1954) pouvait être simplifié pour le Maghreb pour s'écrire :

$$Q_2 = 3.43 \cdot P / (M - m)$$

Le quotient pluviothermique d'Emberger (1954), classe la région de Annaba dans le climagramme qui porte son nom, dans le climat méditerranéen tempéré à étage subhumide doux (figure 10).



**Figure 10.** Etage bioclimatique de la région de Annaba selon le climagramme d'Emberger (1954).

En conclusion, il s'avère que le climat de la région de Annaba présente des saisons contrastées, avec une période humide et fraîche de 8 mois et une période sèche et chaude de 4 mois. Il correspondrait à un climat méditerranéen sub-humide.

## **CHAPITRE II**

### **MATERIEL ET METHODES**

## **Chapitre II. Matériel et méthodes**

### **1. Etude pédologique**

Pour réaliser cette étude, 28 échantillons de sols ont été prélevés sur le lac Fetzara selon un échantillonnage systématique, ce dernier a été réalisé uniquement sur les 10 premiers centimètres, car c'est à ce niveau que s'effectuent les échanges les plus importants dans le sol.

#### **1.1. Caractéristiques physiques des sols**

##### **1.1.1. Composition granulométrique**

L'analyse granulométrique du sol consiste à classer les éléments minéraux ou particules constitutifs du sol par catégories de diamètre et déterminer le pourcentage de chaque fraction.

Les argiles et les limons fins sont déterminés par la méthode internationale à la pipette Robinson, les sables fins et grossiers par tamisage et les limons grossiers par différence.

#### **1.2. Caractéristiques physico-chimiques des sols**

##### **1.2.1. pH eau**

Le pH<sub>eau</sub> du sol est mesuré dans une suspension sol/eau (1/5). La lecture se fait sur pH- mètre.

##### **1.2.2. Conductivité électrique (CE)**

Détermination sur une suspension sol/eau selon un rapport (1/5), à l'aide d'un conductimètre.

##### **1.2.3. Capacité d'échange cationique (CEC)**

Méthode de percolation à l'acétate d'ammonium puis déplacement par une solution d'acétate de sodium.

##### **1.2.4. Bases échangeables (S)**

Méthode de percolation à l'acétate d'ammonium.

### **1.2.5. Calcaire total (CaCO<sub>3</sub>T)**

Le dosage du calcaire total s'effectue par la méthode titrimétrique par attaque HCl.

### **1.2.6. Calcaire actif (CaCO<sub>3</sub>Actif)**

La terre est mise en contact avec un réactif spécifique (oxalate d'ammonium), qui attaque une le calcaire total, le dosage du calcaire actif s'effectue par la méthode titrimétrique grâce au permanganate de potassium.

### **1.2.7. Matière organique (MO)**

La teneur en matière organique dans le sol est estimée à partir du taux de carbone organique (C) en utilisant la relation empirique suivante :  $MO = \%C * 1.72$

### **1.2.8. Azote total**

La détermination s'est faite par la méthode Kjeldahl.

### **1.2.9. Phosphore assimilable (P)**

Dosage par la méthode méthode Joret-Hébert.

## **2. Etude floristique**

### **2.1. Plan d'échantillonnage**

Pour la réalisation de ce travail, nous avons mis en place un plan d'échantillonnage systématique suivant une grille spatialement référencée, destinée à poursuivre un objectif majeur : la distribution spatiale des composantes floristiques étudiées en rapport avec les pressions de perturbation, pour cela le site a fait l'objet d'un échantillonnage systématique durant deux années consécutives (2014 à 2015), à raison de 2 campagnes par an (printemps et automne) sur les 4 points cardinaux distribués sur les deux transects Nord/Sud et Est/Ouest (figure 11).

Le recouvrement de chacune des 152 espèces floristiques observées a été estimé selon l'échelle de Braun-Blanquet (1932). La méthode consiste, dans une première étape à dresser la liste des plantes présentes sur la surface du relevé. Dans une deuxième étape un indice d'abondance-dominance, estimé selon une échelle d'indices variant de (+) à (5), est attribué à chaque espèce. Les indices traduisent la part de recouvrement de chaque espèce sur la surface du relevé. Ils permettent ainsi de déterminer les espèces dominantes. A ce titre :

- l'indice 5 correspond à un recouvrement > 75 %,
- l'indice 4 correspond à 50-75 %,
- l'indice 3 correspond de 25-50 %,
- l'indice 2 correspond à 5-25 %,
- l'indice 1 correspond à 1-5 %,
- l'indice + correspond à un recouvrement très faible dû à la présence, au niveau de la surface du relevé, uniquement d'un ou de quelques individus.

A titre indicatif, les relevés phytoécologiques ont concerné les communautés phanérogamiques herbacées et ligneuses.

Des quadrats de 100 m<sup>2</sup> sont appliqués sur des transects de la partie exondée vers la partie inondée.

## **2.2. Identification des espèces**

Les taxons ont été identifiés selon les flores de Quézel et Santa (1962-1963) et Maire (1952-1987) d'une part, la Flora d'Italia (Pignatti, 1982) et la flore des champs cultivés (Jauzein, 1995) d'autre part. La nouvelle nomenclature a été mise à jour pour les espèces inventoriées en tenant compte des travaux récents compilés dans l'index synonymique et bibliographique de la flore d'Afrique du Nord (Dobignard et Chatelain, 2010-2013), et le site web de la base des données des plantes d'Afrique (<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr>).

## **2.3. Appréciation d'abondance des espèces recensées**

L'échelle de rareté de la flore de Quézel et Santa (1962-1963) a été utilisée :

- RR : très rare,
- R : rare,

- AR : assez rare,
- AC : assez rare,
- C : commun.

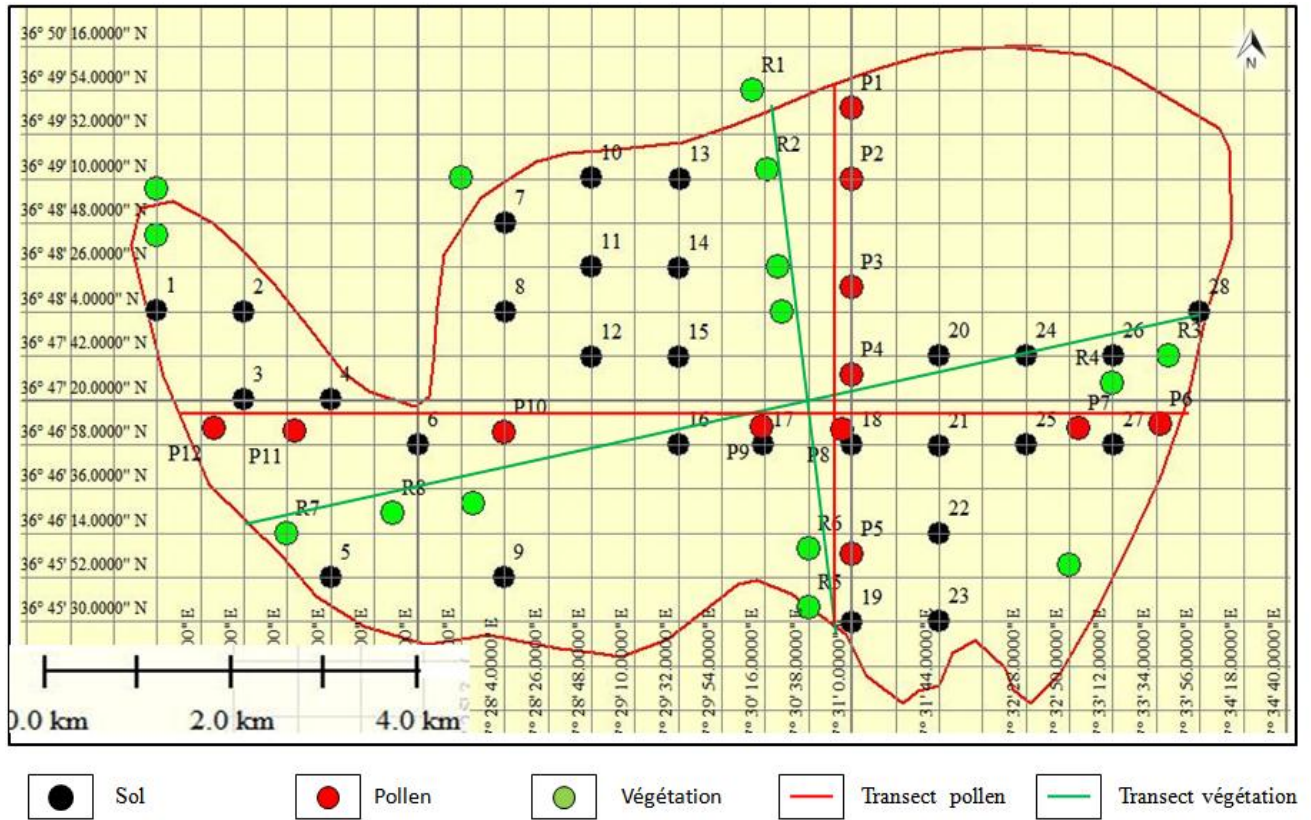


Figure 11. Carte de localisation des points d'échantillonnage

## 2.4. Types biogéographiques et biologiques

Les espèces recensées ont été renseignées par leur type biogéographique : l'index synonymique et bibliographique de la flore d'Afrique du Nord (Dobignard et Chatelain 2010- 2013), Flora Vascular de Andalucía Oriental (Blanca et *al.*, 2009) et leur type biologique selon Raunkiaer (1934) et selon nos propres observations.

## 2.5. Techniques numériques d'analyses des données

### 2.5.1. Traitements informatiques des données floristiques

Cette étape est celle de l'exploitation des relevés floristiques que nous avons regroupés dans un tableau à double entrée (relevés/espèces). Il comporte la liste floristique de tous les relevés en

colonne et en ligne les espèces. Les espèces sont notées selon l'indice d'absence « 0 » et présence « 1 ».

Les traitements statistiques des données ont été effectués sur un tableau Excel à l'aide du logiciel MINITAB 16 Statistical Software.

### **2.5.2. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)**

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) est largement utilisée dans les études écologiques. C'est une technique d'analyse très appropriée pour la détermination (ou la mise en évidence) des gradients écologiques. Pour les considérations d'ordre mathématiques, les principaux ouvrages de référence sont entre autres ceux de Dagnelie (1973) et Benzécri (1980).

Selon Klein (1979), l'AFC permet d'obtenir à la fois la représentation spatiale des relevés en fonction des espèces prises comme axe de coordonnées et parallèlement celle des espèces en fonction des relevés.

### **2.5.3. Classification ascendante hiérarchique (CAH)**

Une partition étant obtenue par troncature du dendrogramme à un certain niveau de similitude (Chessel et *al.*, 2004). La recherche d'une hiérarchie évaluée s'appelle une classification hiérarchique, elle peut être ascendante, quand elle associe les objets et les groupes les uns avec les autres pour terminer par un seul groupe ou descendante (divisive), quand elle subdivise les groupes jusqu'à obtenir autant de groupes qu'il y a d'objets (Dufrene, 2003).

La classification ascendante hiérarchique (CAH) consiste à agréger progressivement les individus selon leur ressemblance, mesurée à l'aide d'un indice de similarité ou de dissimilarité.

L'algorithme commence par rassembler les paires d'individus les plus ressemblants, puis à agréger progressivement les autres individus ou classes d'individus en fonction de leur ressemblance, jusqu'à ce que la totalité des individus ne forme plus qu'une seule classe. Les classes à un niveau de similarité donné sont des sous-classes d'un niveau supérieur. Autrement dit, le niveau d'agrégation pour 2 paires d'individus n'est jamais inférieur à celui de la troisième paire (Podani et *al.*, 2000). Au total, la racine du dendrogramme obtenu correspond à la classe regroupant l'ensemble des individus.

## **2.5.4. Analyse Canonique des Correspondances (ACC)**

La détermination des facteurs écologiques qui régissent la distribution des espèces dans les deux transects prospectés au niveau du lac Fetzara, est obtenue par l'Analyse Canonique des Correspondances (ACC) (Ter Braak, 1995) qui met en relation une matrice à expliquer (les données de la flore, codées en présence-absence) et une matrice de variables explicatives (les variables environnementales). Sachant que l'objectif de l'ACC est de mettre en évidence des tendances générales entre variables explicatives et celles à expliquer en considérant assez peu les espèces rares, nos espèces rares (présentes seulement dans une ou deux stations) ont été éliminées de l'analyse pour ne pas perturber l'interprétation de nos résultats (Borcard, 1997).

Cette analyse a été effectuée en utilisant le langage informatique R, version 3.0.1 (R Core Team, 2013) et une analyse multivariée sur le package « ade4 » disponible dans R (Chessel *et al.*, 2004 ; Dray *et al.*, 2007).

### **2.5.4.1. Codage des données floristiques**

En vue du traitement informatique des données, un numéro est attribué à chacun des relevés. Sachant que nous avons sélectionné deux relevés par exposition / transects (le premier d'un milieu exondé et le deuxième d'un milieu inondé).

Une fois la liste des noms scientifiques des espèces et sous-espèces dressée, ces derniers sont classés par ordre alphabétique en affectant à chacun un code (X1, X2, X3 .....X68).

### **2.5.4.2. Codage des variables environnementales**

Un tableau ressemblant les 6 variables environnementales :

\* La variable 1 est représentée par l'altitude en mètre (m) :

- 1-5 m ----1 ;

- 6-10 m ----2 ;

-11-15 m----3.

\* La variable 2 est représentée par 4 types d'exposition :

- Nord ---- 1 ;

- Sud ---- 2 ;

- Est ---- 3 ;

- Ouest---- 4 ;

\* La variable 3 est représentée par le taux de recouvrement des ligneux :

- 1---- absence ;

- 2 ---- présence ;

\* La variable 4 est représentée par le taux de recouvrement des herbacées :

-1 ---- 1-50 % ;

-2 ---- 50-75 % ;

-3 ---- 75-100 %.

\*La variable 5, pour chaque relevé nous avons estimé sur le terrain le niveau de pâturage et le passage du dernier incendie. Elle est représentée par le degré du surpâturage (P) et incendie (I) :

- Absence ---- 1;

- P. I ---- 2 ;

- P+I+ ---- 3;

- P++I++ ---- 4 ;

\*La variable 6 est représentée par l'activité agricole :

- 1---- absence ;

- 2 ---- terrain moins cultivé ;

- 3---- terrain cultivé.

### **2.5.5. Analyse Linéaire Discriminante (ALD)**

La matrice des stations est codée en fonction de chaque variable environnementale a été soumise à l'Analyse Linéaire Discriminante (ALD) (Legendre et Legendre, 1998) afin d'obtenir une ségrégation des principaux groupes des stations.

### **2.5.6. Indices de la diversité écologique**

La richesse en espèces correspond aux concepts de diversité alpha ( $\alpha$  average) et de diversité Gamma ( $\gamma$ ) (Whittaker, 1972). L'indice de Shannon peut exprimer la diversité en tenant compte du nombre d'espèces et de l'abondance d'individus pour chaque espèce (Shannon, 1984). L'indice de diversité de Simpson permet d'exprimer la variation de l'espèce la plus abondante. Il varie entre 0 et 1. Plus il se rapproche de 0, plus les chances d'obtenir des individus d'espèces différentes sont élevées (Pearson & Rosenberg, 1978).

### 3. Etude pollinique

L'étude pollinique a été effectuée sur 12 prélèvements de sédiments de surface ; 5 stations le long du transect Nord/Sud et 7 stations pour le transect Est/Ouest en utilisant un GPS (figure 11).

\* Transect Nord-Sud : long de 8 km entre les points 7°51'E - 36°83'N et 7°51'E - 36°75'N

\* Transect Est-Ouest : long de 13 km entre les points 7°56'E - 36°80'N et 7°41'E - 36°80'N

Les échantillons de sédiments de surface ont été traités chimiquement selon la technique standard proposée par Ybert *et al.* (1992) pour la séparation et purification du pollen des sédiments quaternaires. Elle consiste à utiliser l'HCl (concentré) pour l'élimination des carbonates, l'HF (10%) pour l'élimination des silicates et enfin l'acétolyse et la séparation du liquide lourd en utilisant ZnCl<sub>2</sub> (densité 2).

La détermination et le comptage pollinique ont été réalisés avec un microscope optique à grossissement (×40), avec l'appui de la clé d'identification de la collection des Atlas polliniques de Reille (1992, 1995 et 1998). Un minimum de 200 grains de pollen a été compté, excluant les grains de pollen abimés et indéterminés, les spores de fougères et mousses.

## **CHAPITRE III**

### **RESULTATS ET DISCUSSION**

## Chapitre III. Résultats et discussion

### 1. Etude pédologique

#### 1.1. Caractéristiques physiques

##### 1.1.1. Texture

Avec des teneurs en argile variant entre 50 et 70% et une moyenne du total des différentes fractions granulométriques de 55,70%, la majorité des sols du lac Fetzara sont de texture argileuse (figure 12). Ce sont donc des sols lourds, asphyxiants permettant difficilement l'infiltration des eaux. Il est utile de noter une exception au niveau du point S9 situé au Sud-Ouest du lac qui présente une texture sableuse, ceci est lié certainement à des apports alluvionnaires grâce aux différents cours d'eau qui alimente la cuvette du lac (Annexes 6 et 7).

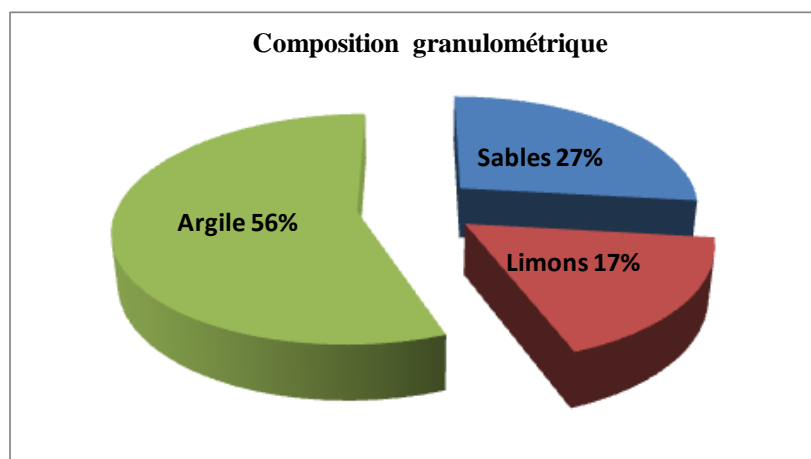


Figure 12. Distribution des fractions granulométriques des sols

#### 1.2. Caractéristiques physico-chimiques

##### 1.2.1. pH

Le pH des sols du lac Fetzara varie entre 7.22 et 8.7 avec une moyenne de 7.71 (Annexes 6 et 7). Ces résultats nous permettent de classer ces terres dans la catégorie des sols à pH légèrement alcalins à alcalins (figure 13). Ceci est lié probablement à la richesse du milieu en sels solubles de types alcalins tels que le  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Na}^+$  ; cette hypothèse est confirmée par les valeurs élevées de la conductivité électrique (CE).

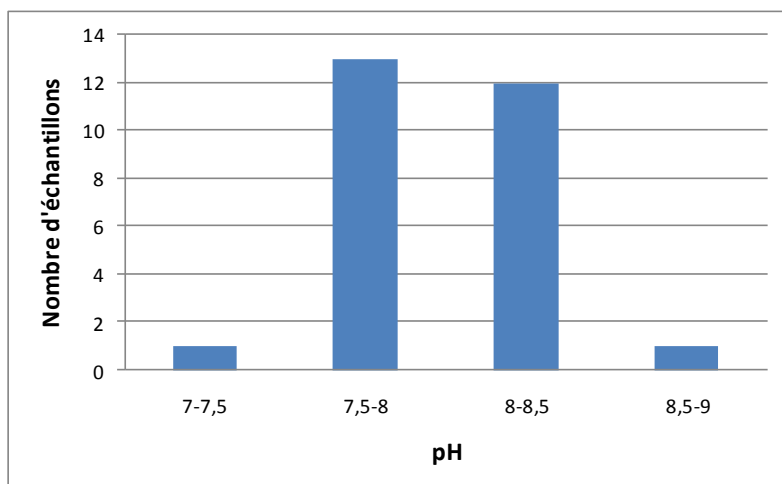


Figure 13. Distribution des classes du pH des sols

### 1.2.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique détermine le degré de salinité d'un sol. Les résultats obtenus montrent que les sols du lac Fetzara sont salés à extrêmement salés, avec une moyenne générale pour l'ensemble des sites de 2.07 mS/cm (figure 14). Le point (S2) le plus salé se situe dans la partie Nord-Est du lac avec une valeur de 5.01 mS/cm (Annexes 6 et 7).

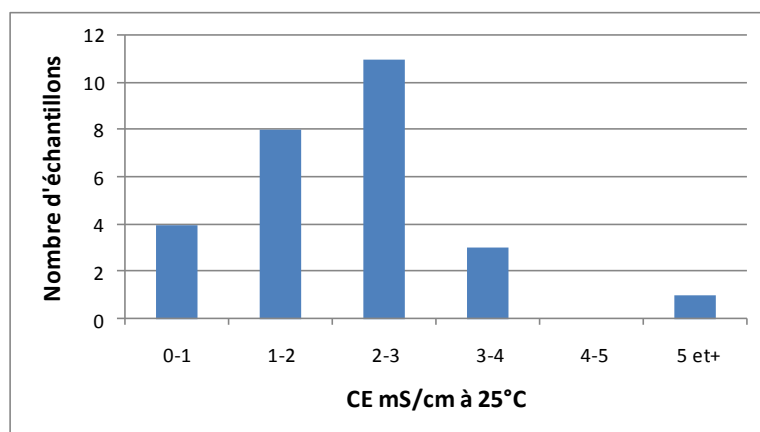
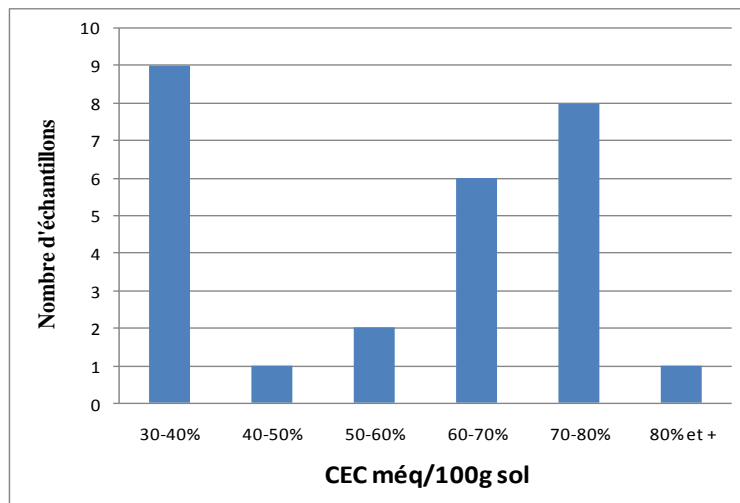


Figure 14. Différentes classes de conductivité électrique des sols

### 1.2.2. Capacité d'échange cationique (CEC)

C'est la capacité du sol à retenir les cations provenant de la solution du sol, elle augmente avec l'importance du complexe argilo-humique du sol.

Les sols du lac Fetzara présentent des valeurs de CEC élevées, elles sont comprises entre 30 et plus de 80 méq/100g de sols (Annexes 6 et 7). La valeur moyenne de la CEC des sols est de 56.86 méq/100g de sol (figure 15). Ce résultat est lié à la texture des sols qui est riche en particules minérales fines à dominance argileuse, permettant une rétention ionique très importante.



**Figure 15.** Répartition des classes de CEC des sols

### 1.2.3. Bases échangeables (S)

Il s'agit des principaux cations majeurs fixés sur le complexe adsorbant du sol. La différence la capacité d'échange cationique (CEC) et les bases échangeables représente l'acidité de réserve ou encore les ions  $H^+$  fixés. Etant donné les valeurs plus ou moins élevées du pH, nous pouvons assurer que nous sommes en présence de sols proches de la saturation, c'est-à-dire un complexe adsorbant occupé par un maximum de bases échangeables (figure 16). Le calcium ( $Ca^{++}$ ) avec une moyenne totale de 40.49 méq/100g de sol est le cation dominant, il représente 67% du total des sites occupés (Annexes 6 et 7).

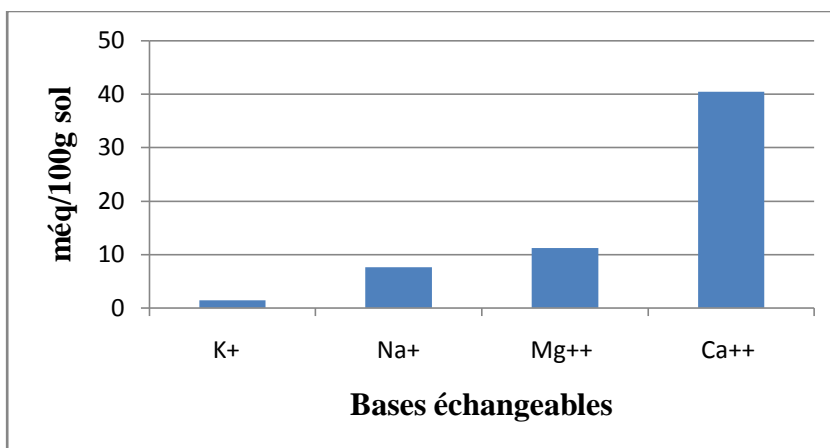


Figure 16. Répartition globale des bases échangeables des sols

#### 1.2.4. Calcaire total (CaCO<sub>3</sub>T)

Le calcaire total (CaCO<sub>3</sub>) est un minéral qui joue un rôle essentiel dans les propriétés physico-chimiques de sols. Les teneurs en calcaire total déterminées sur les différents échantillons de sols du lac varient entre 0.77 et 17.73% avec une moyenne de 8.82% (Annexes 6 et 7). Pour la majorité des sols, les teneurs se situent dans la fourchette 5 à 15%, ce qui classe ces terres dans la catégorie des sols moyennement riches en calcaire (figure 17). Les sols les plus riches en calcaire (S34 et S35) sont localisés à l’Est du lac, en aval du canal principal de drainage. Ce dépôt de calcaire suit ainsi le gradient des écoulements des eaux.

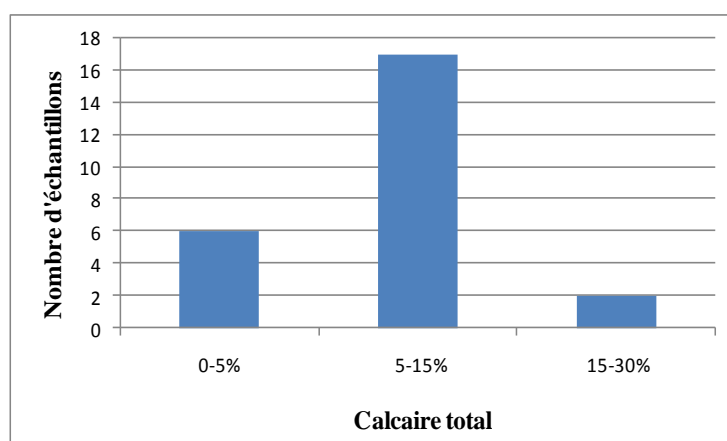


Figure 17. Les classes de calcaire total des sols

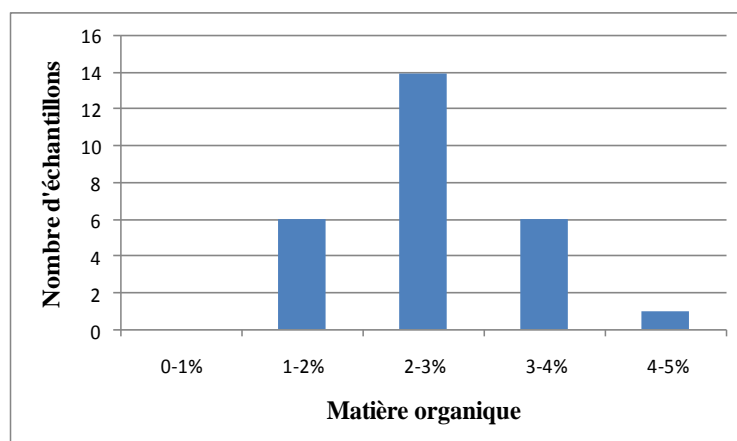
#### 1.2.5. Calcaire actif (CaCO<sub>3</sub>Actif)

Le calcaire actif, appelé également calcaire fin est déterminé dans les sols lorsque la teneur en calcaire total est supérieure à 5%, ce qui est le cas des trois quarts des sols du lac Fetzara. Les

analyses des sols ont permis de déterminer que seuls 5 échantillons présentent des teneurs en calcaire actif comprises entre 6.44 et 9.76%, ce qui est assez élevé. Cependant, la majorité des sols se classe dans la catégorie à faibles teneurs (Annexes 6 et 7).

### 1.2.6. Matière organique (MO)

La matière organique joue un rôle important dans le fonctionnement global du sol au travers de ses composantes physiques, chimiques et biologiques. Les teneurs en matière organique totale sont relativement faibles pour l'ensemble des sols, les quantités varient entre 1.53 et 4.34% avec une moyenne de 2.63%, ils sont considérés comme pauvres (figure 18).



**Figure 18.** Distribution des différentes classes de matière organique des sols

### 1.2.7. Azote total (N)

L'azote dans le sol est un élément essentiel à la croissance des plantes. Une quantité suffisante d'azote est nécessaire aux végétaux. Les quantités d'azote sur le lac Fetzara sont très variables d'un point à un autre, elles oscillent entre 0.05 (pauvres) et 0.24% (très riches) avec une moyenne de 0.12% (figure 19). Les quantités les plus importantes sont localisées au centre du lac.

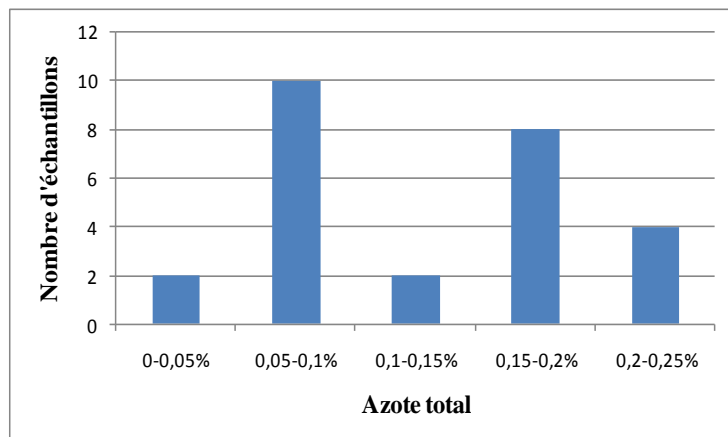


Figure 19. Les différentes classes de l'azote total dans les sols

### 1.2.8. Phosphore assimilable (P)

Le phosphore joue un rôle fondamental dans le développement des végétaux. Son rôle principal concerne le métabolisme énergétique puisque les phosphates sont capables de recevoir et de transporter l'énergie lumineuse captée par les feuilles. Il est également avec l'azote, un des constituants essentiels des acides nucléiques.

Les quantités de phosphore assimilable dans les sols du lac Fetzara varient entre 0.20 et 22.40 mg/l avec une moyenne de 9.35 mg/l (figure 20). Elles sont généralement considérées comme faibles.

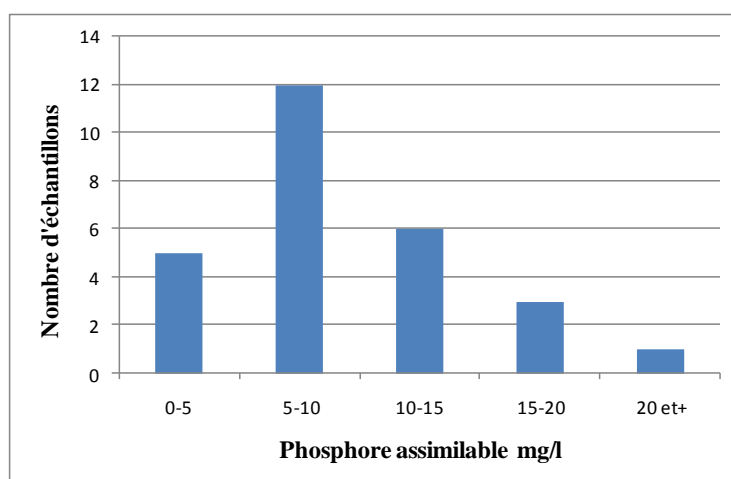


Figure 20. Les classes du phosphore assimilable dans les sols

### 1.3. Conclusion

Les différentes analyses faites pour la caractérisation des sols du lac Fetzara montrent qu'on est en présence de terres à texture argileuse lourde, moyennement calcaires, avec des pH alcalins et surtout très affectées par le phénomène de salinisation, ce qui confirme toutes les études précédentes réalisées sur ce site (Durand, 1950 ; AJCI, 1985 ; Djamai, 2007).

La présence de sels dans les sols se traduit par une diminution de leur fertilité entraînant une réduction de la croissance des cultures, et parfois la disparition du couvert végétal naturel. Les effets de la salinité des sols, sont très semblables à celles de la sécheresse, car toutes les deux provoquent un déficit hydrique et une diminution de la croissance des végétaux à l'exception des espèces tolérantes au stress salin (Daoud, 1993).

Un certain nombre d'études effectuées ces dernières années sur les sols de ce site, montrent un déplacement des sels solubles vers la périphérie du lac avec une désalinisation relative du centre (Durand, 1950 ; AJCI, 1985 ; Djamai, 2007). Pour expliquer cette évolution de la salinité sur les sols du lac Fetzara, ce qui conduit habituellement à la concentration des sels dans les sols se traduisant par leur salinisation. Il faut rappeler tout d'abord que le climat de la région de Annaba présente un déficit pluviométrique important (Pluviométrie < Evaporation). Cependant les pluies peuvent être importantes pour certaines périodes de l'année, favorisant ainsi la recharge de la nappe et la lixiviation des éléments solubles (Djili & Daoud, 2000 ; Hachicha et *al.*, 2003).

## 2. Etude floristique

La végétation du lac Fetzara a fait l'objet de 11 relevés réalisés et une prospection sur la quasi-totalité du lac (figure 11); en effet, en raison des caractéristiques fonctionnelles des mares temporaires à savoir l'alternance des phases sèches et inondées, la flore est successivement dominée par différents types de végétation, cet inventaire nous guidera lors de l'interprétation des spectres polliniques de surface.

### 2.1. Typologie des mares

Les résultats obtenus révèlent une structuration des mares temporaires en trois ceintures concentriques, liées à un gradient de profondeur de l'eau et donc à la durée de submersion (Deil, 2005). Cette structure, également observée en Tunisie (Ferchichi-Ben Jamaa et al., 2014), au Maroc (Rhazi et al., 2006) et en Sardaigne (Bagella et al., 2009).

La grande richesse temporaire est souvent expliquée par la caractéristique fonctionnelle des mares temporaires, notamment l'alternance de phases inondées et sèches qui permettent la coexistence d'un cortège hétérogène d'espèces aquatiques, amphibies et terrestres (Grillas et al., 2004).

Ces habitats abritent des communautés biologiques remarquables, qui leur sont en grande partie inféodées et sont caractérisées par de nombreuses espèces rares, menacées et à forte valeur patrimoniale (Quézel 1998 ; Grillas et al., 2004).

Selon les espèces dominantes, nous avons distingué plusieurs types de mares temporaires autour du lac Fetzara :

#### 2.1.1. Mares à *Ranunculus aquatilis* L.

Ce sont les plus importantes et les plus abondantes dans la région d'étude. De grandes surfaces (3-900 m<sup>2</sup>), elles ont 1 à 2 m de profondeur. Elles sont en eau 8 à 10 mois par an. Les espèces caractéristiques sont *Ranunculus aquatilis* L., *Convolvulus arvensis* L. et *Cotula coronopifolia* L. L'assèchement progressif induit l'installation de deux espèces *Lythrum junceum* L. et *Euphorbia helioscopia* L.

### **2.1.2. Mares à *Callitriche obtusangula* Le Gall**

Ce type de mares est de taille variable (1-50 m<sup>2</sup>) et peu profond (50 cm). Elles se caractérisent par la présence et l'abondance de *Callitriche obtusangula*. Cette espèce précède la mise en place de *Ranunculus aquatilis* L. et peut persister longtemps en association avec elle et disparaît lorsque *R. aquatilis* L. occupe progressivement les mares et entre en compétition avec *C. obtusangula* pour la lumière.

### **2.1.3. Mares à *Alisma plantago-aquatica* L.**

Elles mesurent 2 m de long sur 1 m de large. Leur immersion dure de 4 à 8 mois. Les espèces dominantes sont *Alisma plantago-aquatica* L., *Rumex conglomeratus* Murray et *Ranunculus arvensis* L.

### **2.1.4. Mares à *Juncus* et *Typha domingensis* (Pers.) Steudel**

Elles sont en eau durant 10 mois sur une profondeur de 50 cm à 1 m et d'une circonférence de 400 m. Elles abritent une végétation à *Juncus acutus* L., *Typha domingensis* (Pers.) Steudel, avec les nuances qui s'imposent pour le Sud méditerranéen et particulièrement la Numidie. Elles appartiendraient aux « prés salés » selon Gehu et al. (1993) et seraient surtout constitués de Glumiflores. Ces mares abritent une association appartenant aux *Juncetalia maritimi* Br.-Bl. 1931.

### **2.1.5. Mares à *Schoenoplectiella supina* (L.) Lye, *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla**

Ces mares sont moins abondantes dans la région d'étude. Elles se caractérisent par leur faible profondeur et leur assèchement rapide. L'immersion ne dépasse pas six mois par an. Elles abritent des espèces comme *Helosciadium nodiflorum* (L.) W. D. J. Koch, *Rumex pulcher* L. et *Myriophyllum alterniflorum* DC.

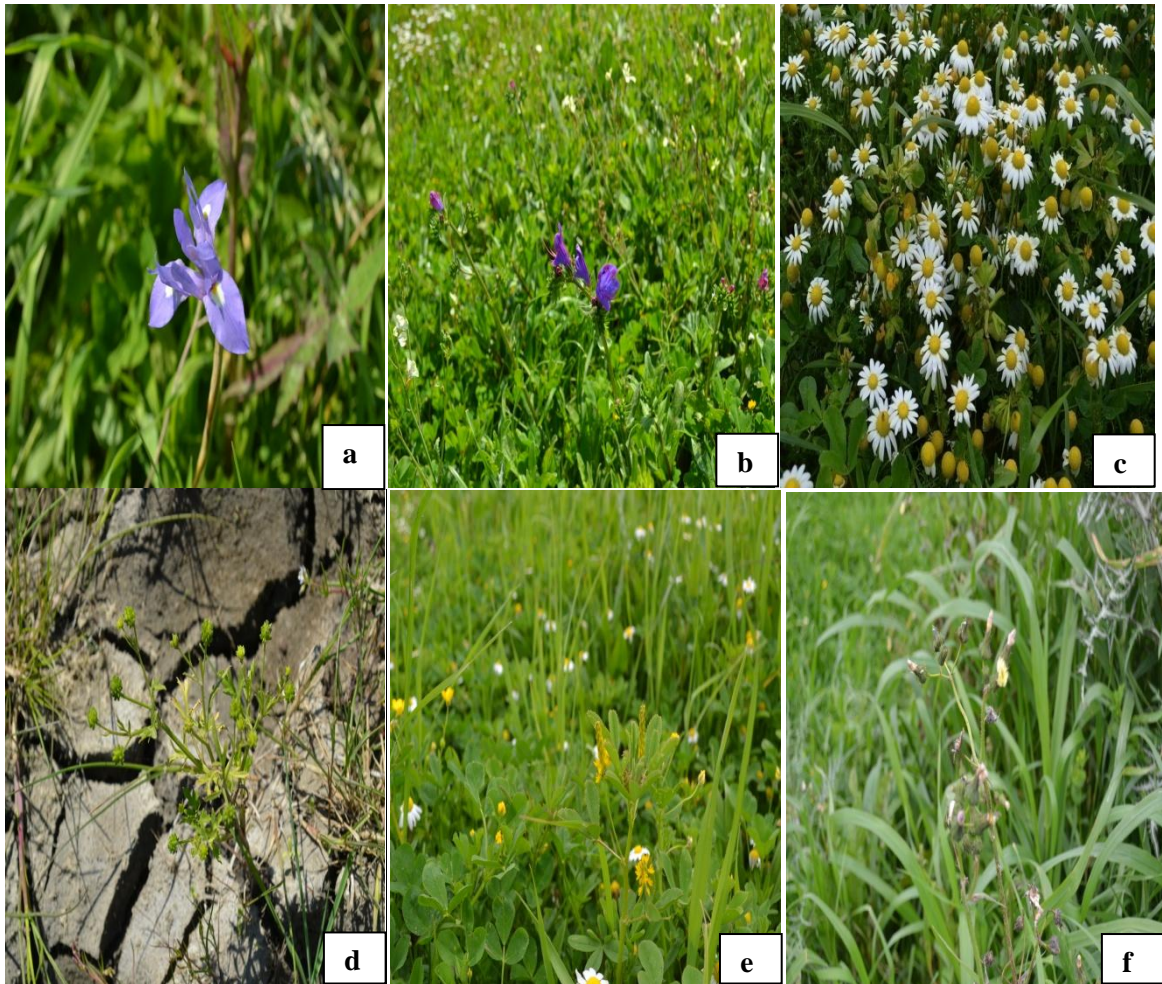


**Figure 21.** **a.** photo d'une mare à *Juncus* et *Typha domingensis* ; **b.** photo d'une mare à *Callitriche obtusangula* ; **c.** photo d'une mare à *Schoenoplectiella supina*, *Schoenoplectus lacustris* ; **d.** photo d'une mare à *Ranunculus aquatilis* L. (Clichés Djamaï Z. & Hamel T. 2015).

## 2.2. Composition de la végétation

L'inventaire de la flore vasculaire de lac Fetzara révèle la présence locale de 152 espèces et sous-espèces, ligneuses et herbacées réparties en 45 familles et 115 genres (tableau 11), appartenant majoritairement aux Asteraceae (21 espèces), Poaceae (18 espèces), Fabaceae (14 espèces) et Apiaceae (12 espèces) (tableau 7 et figure 24).

Le fort pourcentage de ces familles explique le faible taux de recouvrement de la strate arborée et l'envahissement des stations par des espèces appartenant à la strate herbacée (Hassani 2013).



**Figure 22.** **a** - Photo de *Moraea sisyrinchium* (L.) Ker Gawl. **b** - Photo de *Echium sabulicolum* Pomel subsp. *sabulicolum*. **c** - Photo de *Cladanthus mixtus* (L.) Chevall. **d** - Photo de *Ranunculus arvensis* L. **e** - Photo de *Melilotus indicus* (L.) All. **f** - Photo de *Sonchus oleraceus* L. (Clichés Djamaï Z. & Hamel T., 2015).

La famille des Orchidaceae comptent 3 taxons soit 16,66% des orchidées de l'Edough représentées par 18 espèces (Hamel & Meddad-Hamza, 2016).

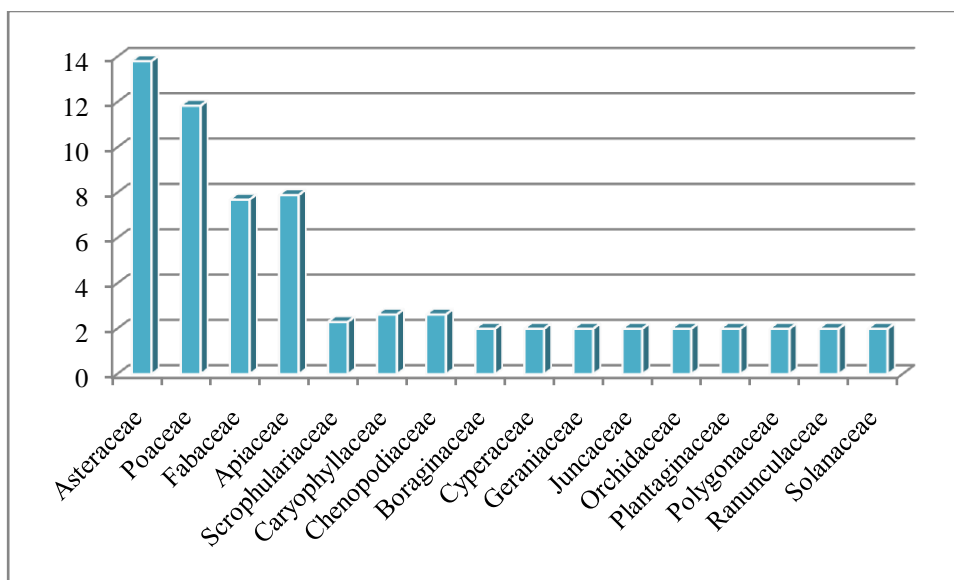
La diversité d'ordre 1 est majorée, car en plus du nombre important d'espèces, le nombre de familles l'est aussi (Daget & Gaston, 2001). Ces résultats se rapprochent globalement de ceux obtenus par Hamel (2013) dans ses études sur les formations forestières et préforestières de la péninsule de l'Edough.



**Figure 23.** a. photo de *Ophrys tenthredinifera* Willd. subsp. *Tenthredinifera* ; b. photo de *Serapias strictiflora* Da Veiga (Clichés Djamaï Z. & Hamel T., 2015).

**Tableau 7.** Les familles les plus représentées dans la région du lac Fetzara

Familles	Nombre total d'espèces	%
Asteraceae	21	13,81
Poaceae	18	11,84
Fabaceae	14	7,7
Apiaceae	12	7,9
Scrophulariaceae	5	2,3
Caryophyllaceae	4	2,63
Chenopodiaceae	4	2,63
Boraginaceae	3	2
Cyperaceae	3	2
Geraniaceae	3	2
Juncaceae	3	2
Orchidaceae	3	2
Plantaginaceae	3	2
Polygonaceae	3	2
Ranunculaceae	3	2
Solanaceae	3	2



**Figure 24.** Les familles les plus représentées dans la région d'étude

### 2.3. Nouvelle répartition des plantes

Lors de nos investigations sur le terrain dans le lac Fetzara, nous avons pu y ajouter les observations des nouvelles espèces décrites pour la flore nationale :

#### 2.3.1. Redécouverte

Nous avons signalé la présence d'une population de *Salsola soda* L. (figure 25) sur les rives Sud de lac Fetzara. Cette redécouverte confirme les derniers commentaires des botanistes sur l'intérêt biologique et biogéographique des zones humides de l'extrême Nord-Est algérien (de Bélair, 2005).

Le taxon est signalé comme très rare dans deux villes algériennes (Annaba et Oran) par Quézel et Santa (1962), depuis cette date cette espèce n'a pas été revue.

Cette plante aime bien l'humidité, d'ailleurs nous l'avons trouvé uniquement au centre du lac Fetzara lors de notre redécouverte (2015) puis pendant les deux suivantes 2016 et 2017. Plusieurs visites nous ont permis de bien observer cette espèce et de limiter son aire de répartition dans la région d'étude.



**Figure 25.** Photo de *Salsola soda* L. (Cliché Djamaï Z. & Hamel T., 2015).

### 2.3.2. Nouvelle station

Nous avons découvert un taxon non observé dans le lac Fetzara (K3) jusqu'à notre étude, mais qui a été observé dans d'autres secteurs biogéographiques (Quézel & Santa, 1962-1963) : *Ziziphus lotus* (L.) Lam. C'est une espèce très commune dans toute l'Algérie, sauf sur le Tell algéro-constantinois, commune également sur le secteur du Sahara Septentrional (Quézel & Santa, 1963). Cependant, la réalité du terrain nous oblige à le considérer comme une espèce très commune tout à fait infondée sur les rives de lac Fetzara (figure 26).



**Figure 26.** Photo de *Ziziphus lotus* (L.) Lam (Cliché Djamaï Z. & Hamel T., 2015).

## 2.4. Type biologique

La répartition des types biologiques dans les principales formations étudiées suit dans l'ensemble, le schéma suivant : Thérophytes (75 taxons) > Hémicryptophytes (25 taxons) > Hygrophytes (16 taxons) > Géophytes (15 taxons) > Hydrophytes (7 taxons) et Phanérophytes (7 taxons) > Amphiphytes (5 taxons) > Chamaephytes (2 taxons).

Par ailleurs, la composition floristique a permis de distinguer des groupements végétaux aquatiques et amphibies (figure 27) :

- **Les hydrophytes** représentées par : *Myriophyllum verticillatum* L.; *Myriophyllum alternifolium* DC. et l'espèce la plus abondante *Callitriche obtusangula* Le Gall.

- **Les amphiphytes** sont largement représentées avec par exemple *Cyperus longus* subsp. *badius* ; *Phragmites australis* et *Typha domingensis*, ce dernier macrophyte est le plus abondant, il a été observé sur les deux rives du lac aussi bien en milieux exondés et inondés.

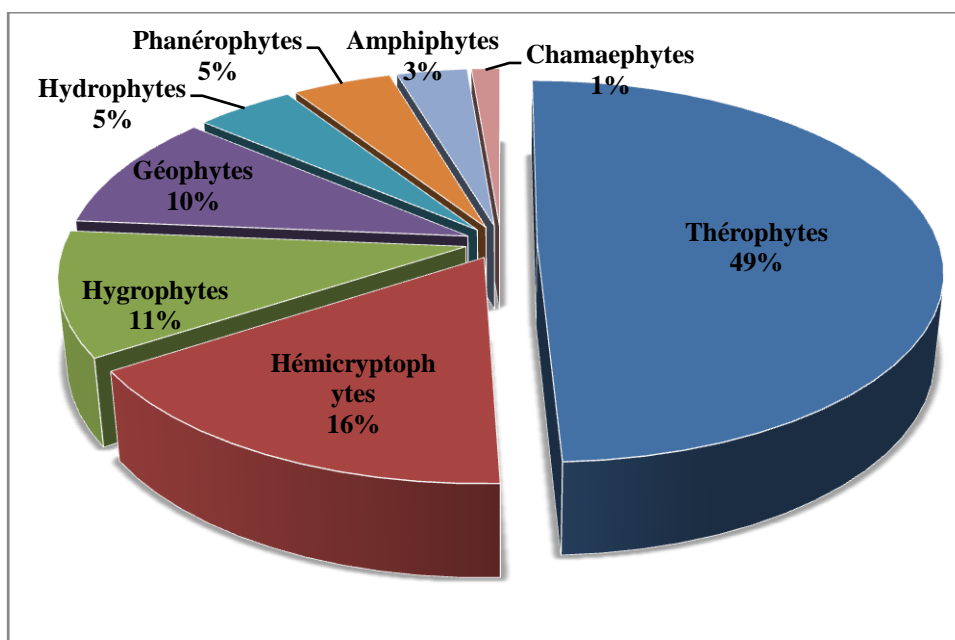
- **Les hygrophytes** sont représentées par *Tamarix africana*, *Tamarix gallica*, *Lythrum junceum* Banks & Sol. et *Mentha pulegium* L.

- **Les thérophytes** caractérisent les zones méditerranéennes où domine un fort stress hydrique (Daget, 1980 ; Madon & Médail, 1996). En effet le phénomène de thérophytie est considéré par Daget (1980) comme une stratégie d'esquive des périodes défavorables.

- **Les hémicryptophytes** sont bien représentées dans la flore étudiée. Ce phénomène a été confirmé par Barbéro *et al.* (1989) : « en effet l'abondance des hémicryptophytes s'explique par une richesse en matière organique en milieu forestier et par l'altitude ».

- **Les phanérophytes** sont faiblement représentés dans le Ghouffi avec sept espèces (5%). Malgré la faible présence de ces phanérophytes, elles dominent parfois par leur phytomasse (Babali, 2014).

- **Les chamaephytes** sont en dernière position avec 2 espèces seulement. Ces espèces sont mieux adaptées à la sécheresse plus que les phanérophytes ; elles sont plus xérophiles, et généralement elles produisent beaucoup de graines (Bouazza & Benabadji, 2002).



**Figure 27.** Spectre global des types biologiques de la région d'étude

## 2.5. Diversité phytogéographique

L'appartenance des espèces végétales à plusieurs aires biogéographiques permet de constater que l'origine de la diversité biologique spécifique à la Numidie algérienne est liée à des conditions écologiques propices au maintien de ces espèces (Quézel & Santa 1962-1963 ; de Bélair, 2008).

L'examen des principaux types chorologiques rencontrés dans la région d'étude confirme la dominance de l'élément méditerranéen (tableau 8 et figure 28), fait souligné par Quézel (2002) pour l'ensemble des pays de l'Afrique du Nord.

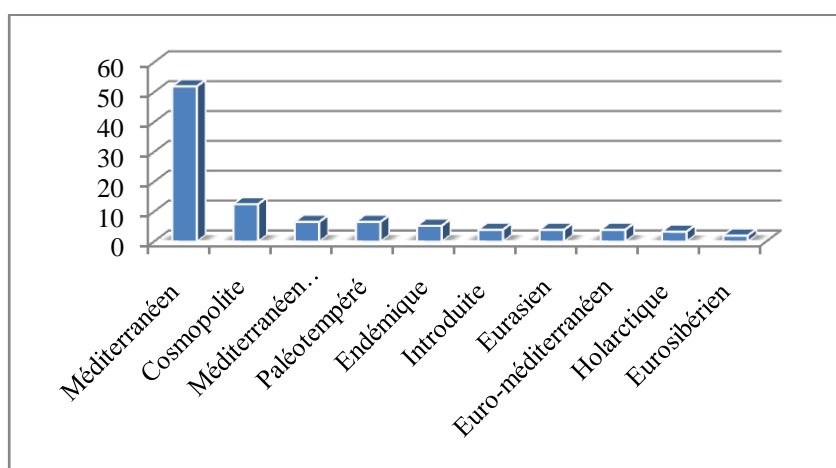
Sur les 32 espèces endémiques citées pour la péninsule de l'Edough (Hamel et *al.*, 2013), nous retrouvons 8 espèces dans la zone d'étude, soit 25%. Les familles les plus riches en espèces endémiques sont celles qui sont les mieux représentées dans la flore de lac Fetzara. Les taxons endémiques se répartissent parmi les Apiaceae (3), Hyacinthaceae (2), Scrophulariaceae (2) et Asteraceae avec une seule espèce.

Ces résultats corroborent ceux mentionnés par Le Houérou (1995) qui considère que les Apiaceae et Asteraceae sont des familles à forte endémicité au Nord de l'Afrique.

L'élément nordique (euro-méditerranéen et euro-sibérien) regroupe 87 espèces dans le lac Fetzara, soit 5,26%. Selon Maire (1928), l'élément nordique s'est introduit en Afrique du Nord lors de périodes humides plus anciennes que le Quaternaire, à travers deux voies de migration, une voie ibérique (pont andalou-rifain) et une voie italienne (pont sicilio-tunisien), la période sèche actuelle ayant refoulé l'élément nordique dans des stations favorables, souvent très disjointes. Parmi les taxons concernés : *Mentha suaveolens* Ehrh. subsp. *suaveolens*, *Cichorium intybus* L., *Trifolium angustifolium* L., *Fumaria capreolata* L. subsp. *capreolata*, *Anisantha rubens* (L.) Nevski et *Avena sterilis* L.

**Tableau 8.** Les types biogéographiques en pourcentage dans la zone d'étude

Origines biogéographiques	Nombre d'espèces	%
Méditerranéen	79	51,97
Cosmopolite	19	12,5
Méditerranéen atlantique	10	6,57
Paléotempéré	10	6,57
Endémique	8	5,26
Introduite	6	3,94
Eurasien	6	3,94
Euro-méditerranéen	6	3,94
Holarctique	5	3,3
Euro-sibérien	3	2



**Figure 28.** Répartition des types biogéographiques dans la région d'étude

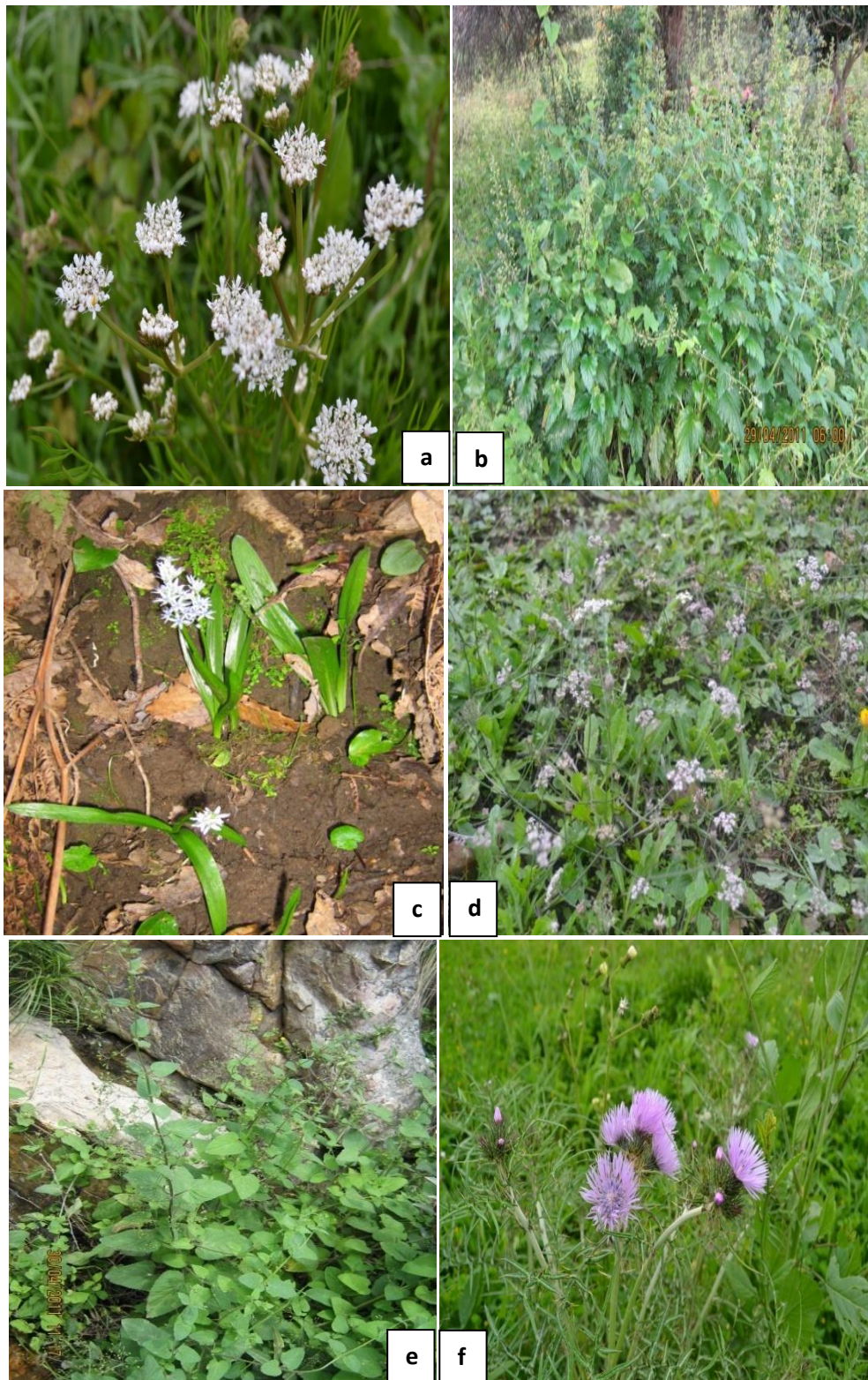
## 2.6. Rareté et endémisme

Bien que l'endémisme soit limité en Algérie, les endémiques se développant sur les falaises étudiées sont relativement nombreux compte-tenu du nombre des endémiques observées dans la péninsule de l'Edough, 32 taxons (Hamel et *al.*, 2013).

Le taux de rareté des espèces endémiques recensées est remarquable (tableau 9). En effet, plus des trois quarts (77,9 %) des taxons endémiques stricts d'Algérie ou sub-endémiques sont des plantes plus ou moins rares en Algérie (JORA, 2012), les endémiques plus ou moins communes représentant moins du quart du total (Véla & Benhouhou, 2007).

Quatre espèces recensées au lac Fetzera font partie de la liste rouge IUCN (2017) pour l'Algérie (LC pour le *Carum montanum* et *Myriophyllum alterniflorum*, NT le *Juncus heterophyllus* et *Scrophularia tenuipes*). Cela ne signifie pas que le reste des espèces n'y soit réellement menacées d'extinction puisque cette liste reste très incomplète (manque d'information sur les espèces endémiques de la région). En outre, un taxon figure sur la liste des espèces végétales non cultivées et protégées qui en comporte 449 (JORA, 2012).

En revanche, toutes ces espèces rares et endémiques observées dans la station d'étude méritent une protection sans laquelle elles seraient menacées de disparition.



**Figure 29.** a. Photo de *Oenanthe virgata* Poir. ; b. *Scrophularia tenuipes* Coss. & Durieu ; c. *Hyacinthoides lingulata* (Poir.) Rothm. ; d. *Daucus virgatus* (Poir.) Maire ; e. *Scrophularia laevigata* Vahl subsp. *laevigata* ; f. *Galactites mutabilis* Durieu (Clichés Djamaï Z. & Hamel T., 2015).

**Tableau 9.** Liste des espèces végétales spontanées les plus intéressantes rencontrées dans la sur lac Fetzara.

Types biogéographiques selon Dobignard et Chatelain (2010–2013) ; rareté selon Quézel et Santa (1962–1963) ; DE : Décret exécutif (2012) ; UICN (1997) ; P : protégé ; C : commun, R : rare ; RR : très rare ; AC : assez commun ; NT : Quasi menacé ; LC : Préoccupation mineure.

Taxons	Types biogéographiques	Rareté (Q.S. 1962-63)	Décret exécutif 2012	UICN (2017)
<i>Carum montanum</i> (Batt.) Arcang.	Endémique algéro-tunisien	AR		LC
<i>Daucus virgatus</i> (Poir.) Maire	Endémique algéro-tunisien	R		
<i>Drimia numidica</i> (Jord. & Fourr.) J.C. Manning & Goldblatt	Endémique algéro-tunisien et Espagne	C		
<i>Eryngium pusillum</i> L.	Méditerranéen	RR		
<i>Galactites mutabilis</i> Durieu	Endémique algéro-tunisien	AR		
<i>Hyacinthoides lingulata</i> (Poir.) Rothm.	Sub-endémique (Maghreb)	AC		
<i>Juncus heterophyllus</i> L.M. Dufour	Méditerranéen	R		NT
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> DC.	Méditerranéen atlantique	R		LC
<i>Oenanthe virgata</i> Poir.	Endémique Maghreb	AC		
<i>Romulea ligustica</i> Parl.	Méditerranéen	R		
<i>Salsola soda</i> L.	Méditerranéen	RR		
<i>Scrophularia laevigata</i> Vahl subsp. <i>Laevigata</i>	Endémique Maghreb	R		
<i>Scrophularia tenuipes</i> Coss. & Durieu	Endémique Maghreb	R	P	NT

## 2.7. Analyses statistiques

L'analyse factorielle des correspondances, mise au point par Benzécri (1973), s'applique à des données qualitatives ou semi-quantitatives et permet de comparer des relevés deux à deux à partir d'un ensemble d'individus sans leur attribuer une valeur particulière ; dans notre cas, l'AFC a été appliquée à un tableau de 11 relevés en colonne et 152 espèces en ligne.

Chaque espèce est représentée dans chaque relevé par son indice (1 = présence ; 0 = absence). Le nuage des points lignes ou des points colonnes s'étire le long d'une direction privilégiée correspondant à l'axe factoriel. Chaque axe factoriel est caractérisé par une valeur propre traduisant l'inertie du nuage de points le long de l'axe. Le taux d'inertie de l'axe représente quant à lui le pourcentage d'information apporté par l'axe dans l'inertie totale du nuage. Ainsi, la structuration d'un nuage le long d'un axe est proportionnelle au taux d'inertie et à la valeur propre de ce même axe.

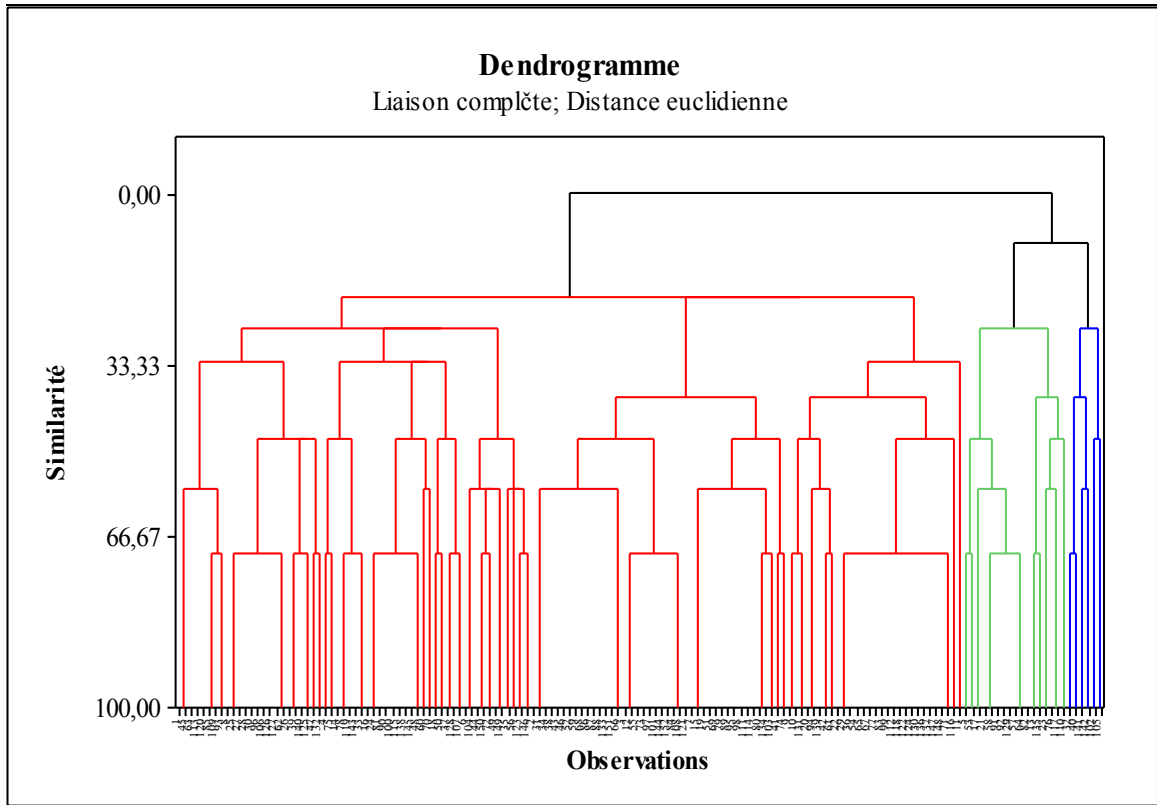
Les valeurs propres de l'axe (1 et 3) sont respectivement de 0,28 et 0,045; elles témoignent d'une structuration hétérogène du nuage (tableau 10).

**Tableau 10.** Les valeurs propres de l'AFC

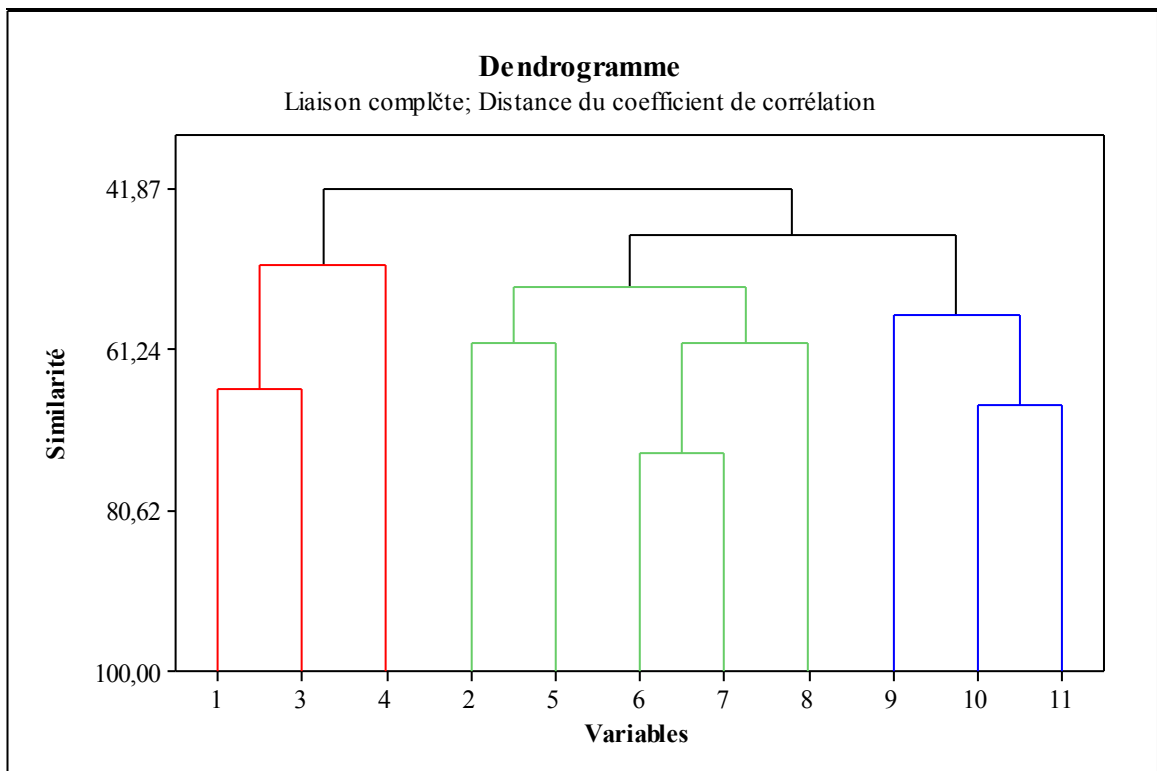
<b>Variables</b>	<b>Axe 1</b>	<b>Axe 2</b>	<b>Axe 3</b>	<b>% d'information</b>
Variance	44,749	7,991	7,262	60,003
% variance	0,28	0,05	0,045	0,375

L'examen des cartes factorielles illustrant les plans de projections 1/2 et 1/3 permet de constater l'existence de 03 ensembles très contrastés, moins nets dans le plan 2/3.

Malgré le faible pourcentage des valeurs propres, la majorité des espèces possèdent une contribution supérieure ou égale à 0,50.



**Figure 30.** Dendrogramme des espèces de lac Fetzara



**Figure 31.** Dendrogramme des relevés de lac Fetzara

### 2.7.1. Description des noyaux

**Noyau 1 (en rouge) :** noyau hétérogène et diversifié.

**Noyau 2 (en vert):** noyau caractérisé par des taxons des mares temporaires à *Callitriche obtusangula* Le Gall :

- *Ranunculus arvensis* L. (110)
- *Rumex pulcher* L. (117)
- *Medicago littoralis* Loisel. (76)
- *Carlina involucrata* Poir. (23)
- *Stachys arvensis* L. (135)
- *Asphodelus ramosus* L. subsp. *ramosus* (13)
- *Moehringia trinervia* (L.) Clairv. (82)
- *Hyoseris radiata* L. subsp. *radiata* (64)
- *Geranium robertianum* L. (57)
- *Serapias strictiflora* Da Veiga (129)
- *Ophrys tenthredinifera* Willd. subsp. *tenthredinifera* (92)
- *Ophrys bombyliflora* Link (91)
- *Geranium molle* L. (58)
- *Callitriche obtusangula* Le Gall (21)
- *Bellis annua* L. subsp. *annua* (17)
- *Euphorbia helioscopia* L. subsp. *helioscopia* (53)
- *Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers. (5)

**Noyau 2 (en bleu) :** noyau caractérisé par des taxons se rattachant en générale à la classe des Thero-Brachypodietea (Braun-Blanquet et *al.*, 1952) et l'alliance Thero-Brachypodion (Braun - Blanquet 1928) qui réunissent les associations méso-xérophiles et xérophiles :

- *Poa annua* L. subsp. *annua* (105)
- *Plantago lanceolata* L. subsp. *lanceolata* (102)
- *Trifolium campestre* Schreb. (141)
- *Trifolium glomeratum* L. (142)
- *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (40)
- *Cichorium intybus* L. (32).

### 2.7.2. Le Plan factoriel 1/2

➤ **Côté positif :**

- |  |   |
|--|---|
| - <i>Medicago littoralis</i> Loisel. (Mli)                 | - <i>Trifolium angustifolium</i> L. (Tan)         |
| - <i>Stachys arvensis</i> L. (Sav)                         | - <i>Olea europaea</i> L. (Oeu)                   |
| - <i>Rumex pulcher</i> L. (Rpu)                            | - <i>Baldellia ranunculoides</i> (L.) Parl. (Bra) |
| - <i>Carlina involucrata</i> Poir. (Cin)                   | - <i>Mentha pulegium</i> L. (Mpu)                 |
| - <i>Asphodelus ramosus</i> L. subsp. <i>ramosus</i> (Ara) | - <i>Carum montanum</i> (Batt.) Arcang. (Cmo)     |

- *Euphorbia helioscopia* L. (Ehe)
- *Portulaca oleracea* L. (Pol)

- *Pistacia lentiscus* L. (Ple)
- *Rubus incanescens* Bertol. (Rin)

➤ **Côté négatif :**

- *Arundo donax* L. (Ado)
- *Silene gallica* L. (Sga)
- *Arisarum vulgare* O.Targ.Tozz. (Avu)
- *Arum italicum* Mill. (Ait)
- *Trifolium glomeratum* L. (Tgl)
- *Sinapis arvensis* L. subsp. *arvensis* (Sar)
- *Rumex conglomeratus* Murray (Rco)
- *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Cda)
- *Cichorium intybus* L. (Cin)

- *Myriophyllum verticillatum* L. (Mve)
- *Ranunculus aquatilis* L. (Raq)
- *Cyperus longus* subsp. *badius* (Clo)
- *Daucus virgatus* (Poir.) Maire (Dvr)
- *Oxalis pes-caprae* L. (Opc)
- *Sarcocornia fruticosa* (Sfr)
- *Lythrum junceum* Banks & Sol. (Lju)
- *Hyacinthoides lingulata* (Hli)
- *Alisma plantago-aquatica* L. (Apa)

### 2.7.3. Interprétation écologique de la carte factorielle 1/2

Le côté positif réunit des espèces de maquis dégradé à oléo-lentisque. Dans le côté négatif on rencontre des espèces thérophytiques et xériques se rapportant à la classe des Therobrachypodieta (figure 32 et figure 33).

L'axe 1/2 traduit un gradient d'anthropisation (milieu fermé / milieu ouvert) dans le sens inverse de l'axe 2.

Ce gradient depuis des fruticées dominées par des phanérophytes arbustives et lianes (*Olea europaea* L., *Pistacia lentiscus* L., *Rubus incanescens* Bertol.) jusqu'à des formations herbacées naines (*Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Cichorium intybus* L., *Oxalis pes-caprae* L., *Rumex conglomeratus* Murray, *Silene gallica* L., *Daucus virgatus* (Poir.) Maire, etc...). Cette association témoigne de la forte pression anthropique qui s'exerce sur le lac Fetzara et sa ceinture végétale.

Les zones humides méditerranéennes (de même que la grande majorité des écosystèmes méditerranéens) apparaissent toutefois adaptées à un pâturage extensif, sous l'influence duquel elles ont évolué depuis le Néolithique : l'abandon récent du pastoralisme sur la rive Nord de la Méditerranée entraîne généralement la fermeture des milieux (Rhazi et al., 2005 ; Mandaluniz et al., 2009) et une baisse de la biodiversité (Van Wieren, 1995). Selon Ferchichi et Abdelkebir (2003), le surpâturage est une conséquence du dépassement de la charge, entraînant un changement dans la composition de la communauté végétale à cause de l'effet sélectif du pacage.

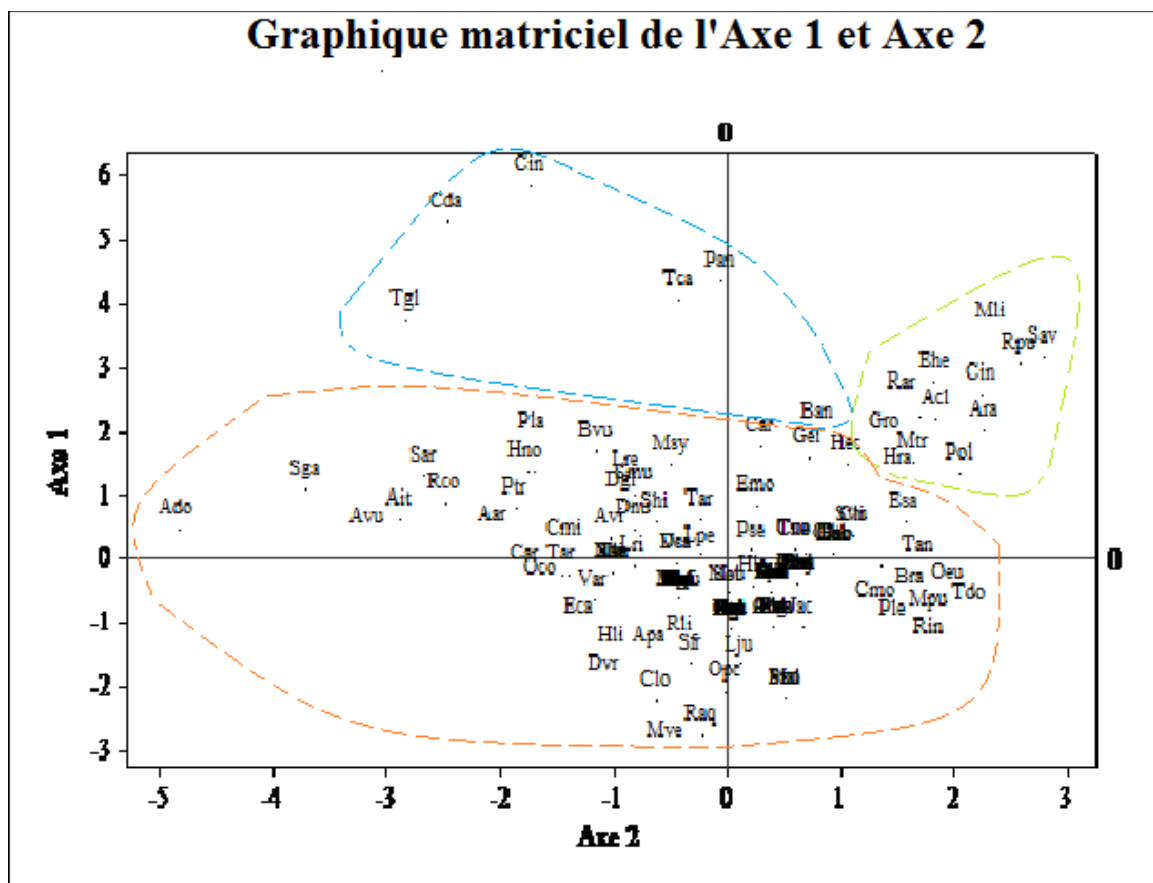


Figure 32. Plan factoriel 1/2 de 152 espèces X 11 relevés

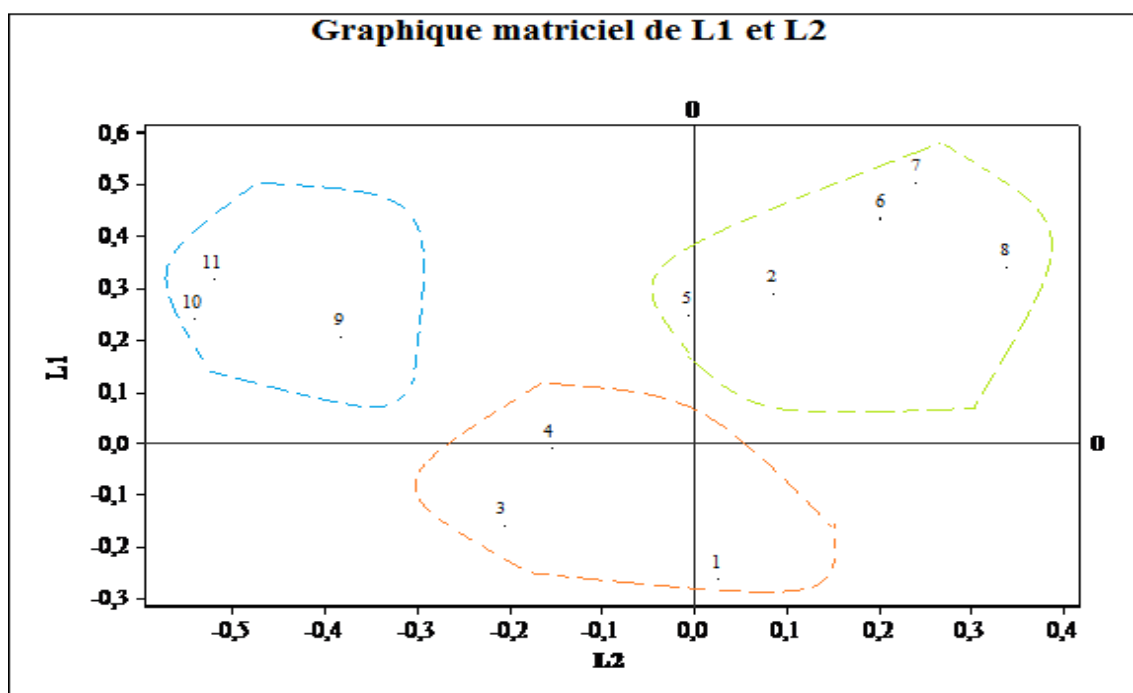


Figure 33. Plan factoriel 1/2 de 11 relevés X 152 espèces

#### 2.7.4. Le plan factoriel 1/3

➤ **Côté positif :**

- *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Cda)
- *Cichorium intybus* L. (Cin)
- *Poa annua* L. subsp. *annua* (Pan)
- *Trifolium campestre* Schreb. (Tca)
- *Trifolium glomeratum* L. (Tgl)
- *Medicago littoralis* Loisel. (Mli)
- *Stachys arvensis* L. (Sav)
- *Rumex pulcher* L. (Rpu)
- *Euphorbia helioscopia* L. (Ehe)
- *Carlina involucrata* Poir. (Cin)
- *Ranunculus arvensis* L. (Rar)
- *Anacyclus clavatus* (Acl)
- *Asphodelus ramosus* L. (Ara)
- *Bellis annua* L. subsp. *annua* (Ban)

➤ **Côté négatif :**

- *Ranunculus aquatilis* L. (Raq)
- *Cyperus longus* subsp. *badius* (Clo)
- *Myriophyllum verticillatum* L. (Mve)
- *Myriophyllum alterniflorum* DC. (Mal)
- *Potamogeton nodosus* Poir. (Pno)
- *Schoenoplectiella supina* (L.) Lye (Ssu)
- *Lythrum junceum* (Lju)
- *Lysimachia monelli* (Amo)
- *Plantago lagopus* L. (Pla)
- *Convolvulus althaeoides* L. (Cal)
- *Ammi majus* L. (Ama)
- *Galactites mutabilis* Durieu (Gmu)

#### 2.7.5. Interprétation écologique de la carte factorielle 1/3

L'AFC sur 11 relevés et 152 espèces, prise en considération dans ce travail, met en évidence l'existence d'un gradient d'inondation (figure 34) :

Du côté positif de l'axe 2 se situent en particulier des espèces xérophytiques (milieu exondé), et sur le côté négatif des espèces hydrophytiques et hygrophytiques (milieu inondé).

L'axe 1/3 traduit un gradient d'inondation dans le sens inverse de l'axe 1 :

Le groupement hygrophile-hydrophile est caractérisé par les espèces suivantes (*Myriophyllum verticillatum* L., *Ranunculus aquatilis* L., *Myriophyllum alterniflorum* DC, *Potamogeton nodosus* Poir., *Cyperus longus* subsp. *badius* et *Schoenoplectiella supina* (L.) Lye (Ssu).

Le groupement xérophytique est caractérisé par des :

- Géophytes (*Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Asphodelus ramosus* L.) ;
- Hémicryptophytes (*Cichorium intybus* L., *Carlina involucrata* Poir.) ;
- Thérophytes (*Poa annua* L. subsp. *annua*, *Trifolium campestre* Schreb., *Euphorbia helioscopia* L., *Bellis annua* L. subsp. *annua*).



### 2.7.6. Le plan factoriel 2/3

Le troisième plan confirme largement les résultats des premier et deuxième plans (figure 35).

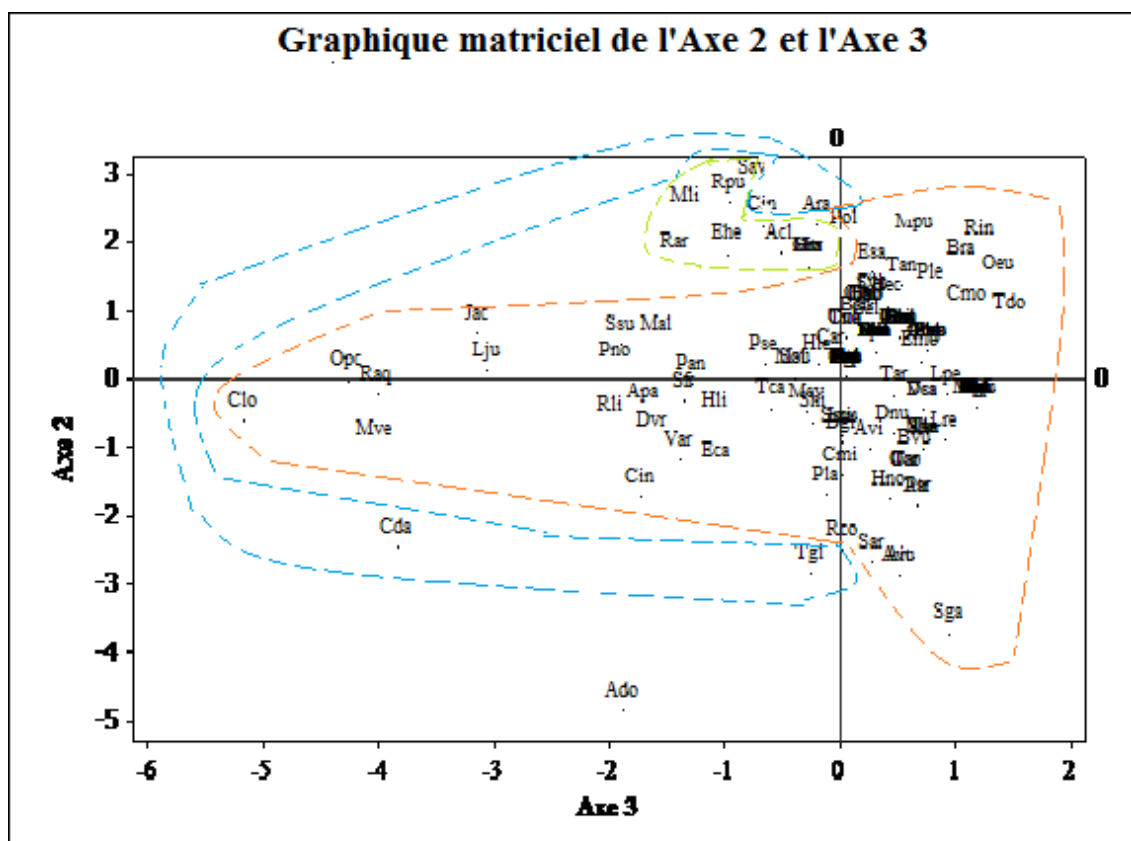


Figure 35. Plan factoriel 2/3 de 152 espèces X 11 relevés.

### 2.7.7. Analyse canonique des correspondances flore/environnement

La carte de l'analyse canonique des correspondances (figure 36), associe clairement la répartition des huit stations de la flore aux variables du milieu et à la physionomie de la végétation. Le plan formé par le premier et le second axe totalise un taux d'inertie de 89,87% (F1 = 53,63 % ; F2 = 33,16%).

Les stations à *Alisma plantago-aquatica* et *Hordeum murinum* subsp. *leporinum* (R6), et de *Nerium oleander* et *Tamarix gallica* subsp. *gallica* (R5) apparaissent isolées sur le coté positif de l'axe 2, et caractérisées une forte activité de surpâturage et incendie (Pin).

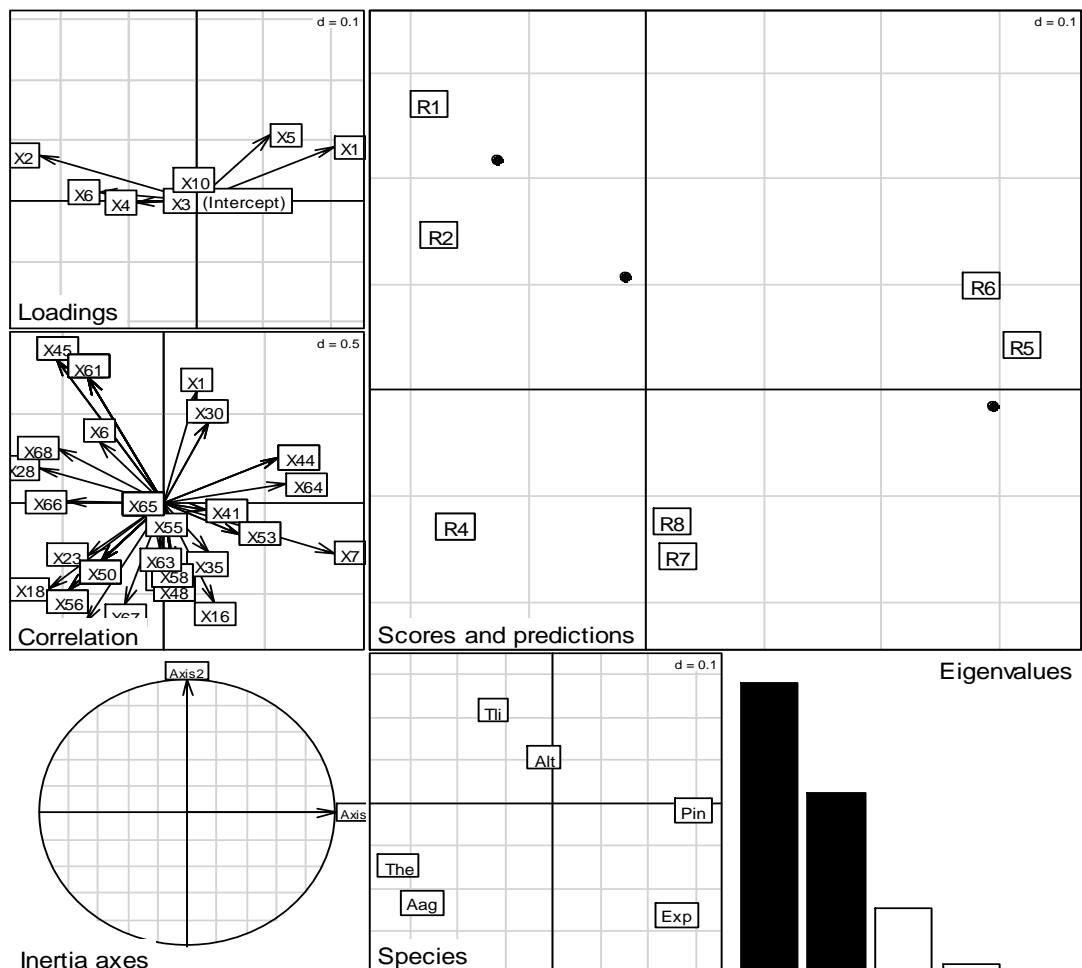
Les deux stations de *Mentha suaveolens* subsp. *Suaveo lens*, *Poa trivialis* et *Arundo donax* (R8) et de *Lolium rigidum* et *Cichorium intybus* (R7) apparaissent groupées sur le coté positif de l'axe 2, et se caractérisent par l'exposition Sud.

Sur le coté négatif de l'Axe 2, deux principaux groupes renferment la totalité des espèces pouvant ainsi être distinguées :

Un premier groupe englobe les deux stations R1 et R2, caractérisées par la présence des espèces ligneuses comme *Nicotiana glauca* Graham, *Ziziphus lotus* (L.) Lam, et par sa position altitudinale (au pied de la péninsule de l'Edough).

Un second groupe s'organise autour de deux stations (R3 et R4), caractérisées par une forte activité agricole et un fort recouvrement herbacé (65 - 90%). Ces deux stations se trouvent à proximité d'oued El Hout avec un grand nombre d'espèces de type hygrophile et hydrophile comme *Phragmites australis*, *Tamarix gallica* subsp. *gallica*, *Rumex pulcher* et *Sarcocornia fruticosa*.

Cette analyse canonique des correspondances montre clairement un gradient de d'exposition au sens de l'Axe 1. Les stations d'exposition Est s'organisent inversement à celles de Ouest. De la même manière, les stations exposées au Nord s'organisent également inversement à celles du Sud.



**Figure 36.** Carte de l'analyse canonique des correspondances (8 stations x 68 espèces x 6 variables environnementales).

### 2.7.8. Typologie des transects étudiés

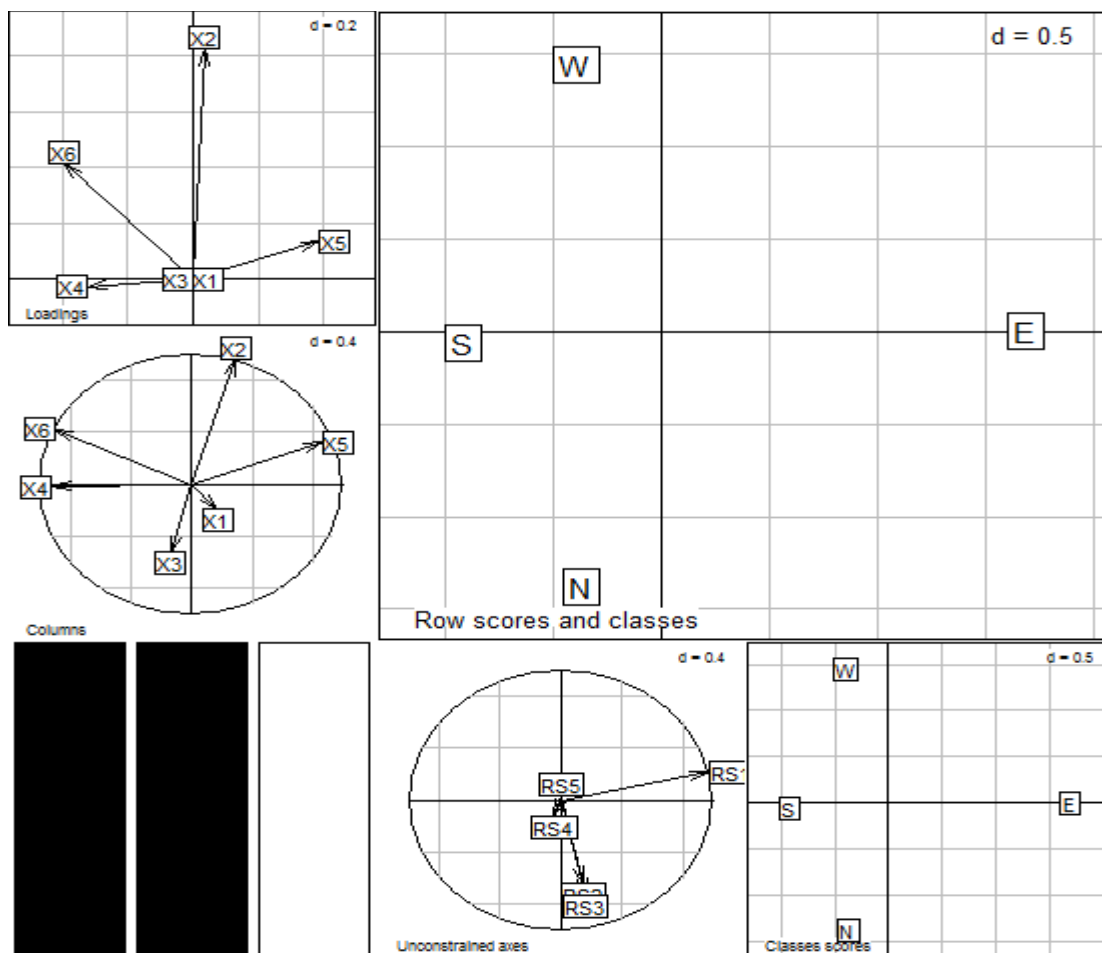
L'Analyse linéaire discriminante réalisée sur l'ensemble des 2 transects et les 6 variables environnementales met en évidence l'existence d'un gradient de superposition des expositions (Nord/Sud ; Est/West) (figure 37). Cette analyse est décrite par les deux premiers facteurs (F1=54,58 %, F2=52,83 %). Quatre principaux groupes peuvent ainsi être distingués :

Le groupe "E" est caractérisé par les stations R5 et R6. Ses stations se rapportent à des formations de pelouses ouvertes. Elles sont exposées à l'Est et surpâturées par un grand nombre de bétails.

Sur le coté positif de l'axe 2, le groupe "W" est caractérisé par les stations R7 et R8. Ses stations sont situées près des terrains agricoles ou bien au milieu le cas de la station R7.

Le groupe "S" regroupe la station R3 et R4. Il est caractérisé par des formations herbacées très denses, et révèlent aussi l'importance du substrat de type argile qui permet l'observation d'un grand nombre d'espèces sur le terrain, avec une flore très diversifié (38 taxons recensés entre les deux stations).

Le groupe "N" renferme les stations R1 et R2. Il est caractérisé par la présence d'un nombre important des espèces ligneuses (*Asparagus albus* L., *Clematis cirrhosa* L., *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter, *Nicotiana glauca* Graham, *Olea europaea* L., *Pistacia lentiscus* L., *Ziziphus lotus* (L.) Lam).



**Figure 37.** Analyse Linéaire Discriminante sur les assemblages des 8 stations X 6 variables environnementales.

### 2.7.9. Ecologie des transects étudiés

Bien que développée sur une surface restreinte et hors des grandes plaines littorales de Numidie, le lac Fetzara apparaît presque aussi riche que les grandes zones humides du Parc National d’El Kala. Elle abrite un cortège floristique très riche sur le plan biogéographique, réunissant notamment l’élément méditerranéen différencié *in situ*, un élément septentrional (eurasiatique/circumboréal), un élément occidental (méditerranéen atlantique).

Dans la région d’étude, on remarque la présence d’un tapis végétal marqué par une hétérogénéité entre ligneux et herbacées et entre vivaces et annuelles, cette disparité paysagère est liée sans doute aux conditions édaphiques et hydrologiques du milieu.

En Afrique du Nord, ce cortège floristique est inféodé aux ambiances bioclimatiques subhumides et humides de l’étage thermoméditerranéen (Dimanche & Schoenenberger, 1970 ; Quézel & Médail, 2003), ce qui traduit un déterminisme climatique fortement contrôlé par les précipitations.

Au lac Fetzera, l'influence de l'hydrologie se traduit d'une part par un gradient topographique (successionnel), depuis les stations exondées (*Medicago littoralis* Loisel., *Hordeum murinum* subsp. *leporinum* (Link) Arcang. et *Stachys arvensis* L.), en passant par les stations inondées de manière temporaire (*Phragmitetalia* et *Scirpetalia*) jusqu'aux stations inondées la majeure partie de l'année (*Cotula coronopifolia* L., *Typha domingensis* (Pers.) Steudel), et d'autre part par un gradient de salinité, depuis les stations argilo-limoneuses dulçaquicoles à *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter et *Cyperus longus* subsp. *badius* (Desf.) Asch. & Graebn jusqu'aux stations sous l'influence des embruns salés à *Salsola soda* L. et *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott.

Cette situation a en outre permis le développement local de plusieurs plantes rares (Quézel & Santa, 1962-1963 ; Djamai et al., 2017), dont quatre sont classées rares dans la liste rouge de l'UICN (2017) : *Carum montanum*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Juncus heterophyllus* et *Scrophularia tenuipes*.

Les 2/3 des espèces observées dans le lac Fetzera sont des héliophiles. Elles colonisent les pelouses autour de lac Fetzera. Les pelouses dérivent généralement de groupements forestiers dégradés et sont souvent caractérisées par la dominance des thérophytes et des hémicryptophytes (Hamel, 2013).

Les stations des 2 transects étudiés occupent une tranche altitudinale qui varie de 5 à 15 m d'altitude. Les stations situées au Sud (le cas de deux stations d'oued El Hout) renferment le plus grand nombre d'espèces. En effet l'altitude, l'exposition, la pente et le relief, modifient profondément les données climatiques et jouent un rôle important dans la répartition des plantes (Bournérias, 1988 ; Souche, 2009).

Le développement agricole est très important dans la région d'étude. Outre leur destruction systématique, les zones humides d'Afrique du Nord souffrent également de l'accumulation des pesticides et des produits fertilisants qui se traduisent par une pollution et une eutrophisation croissante des eaux douces (Haycock & Pinay, 1993).

#### **2.7.10. Indice de la diversité écologique**

Les mesures de la diversité végétale dans la zone d'étude sont très remarquables dans les deux stations ; la station Nord « inondée » et la station Sud « inondée », où l'indice de Shannon-Weiner (H') et la diversité Alpha ( $\alpha$  average) sont très élevés (tableau 11). La station Nord (R2) contient 24 espèces alors que la station Sud (R6) compte 23 espèces. Ainsi, la valeur de la diversité Beta

( $\beta = y/\alpha$  average) est très élevée dans la station Nord (R2) suivie par la station Sud (R6) avec respectivement 3.214 et 3.078. En effet, la région de Numidie (où nos sites sont situés) et les autres régions telles que la Kabylie et la Kroumirie en Tunisie, renferment une grande richesse floristique. Elles sont classées selon Véla et Benhouhou (2007) comme des nouveaux points chauds avec les 10 autres points régionaux de la biodiversité méditerranéenne déjà identifiés par Médail et Diadema (2009).

**Tableau 11.** Mesures de la diversité végétale pour les 8 relevés échantillonnés

Mesures de la diversité	R1	R2	R3	R4	R5
Diversité Alpha ( $\alpha$ average)	15.41 $\pm$ 0.42	19.52 $\pm$ 1.23	15.98 $\pm$ 0.33	17.84 $\pm$ 0.48	16.84 $\pm$ 0.48
Diversité Beta ( $\beta = \gamma / \alpha$ average)	2.152	3.214	2.152	2.225	2.225
Diversité Gamma ( $\gamma$ )	19	24	19	21	18
Simpson (D-1)	0.848 $\pm$ 0.07	0.921 $\pm$ 0.007	0.849 $\pm$ 0.024	0.859 $\pm$ 0.028	0.853 $\pm$ 0.042
Shannon-Weiner (H')	2.13 $\pm$ 0.017	2.42 $\pm$ 0.074	2.17 $\pm$ 0.072	2.35 $\pm$ 0.081	2.35 $\pm$ 0.081

Mesures de la diversité	R6	R7	R8
Diversité Alpha ( $\alpha$ average)	18.77 $\pm$ 1.3 7	15.43 $\pm$ 0.41	13.27 $\pm$ 0.58
Diversité Beta ( $\beta = \gamma / \alpha$ average)	3.078	2.152	2.112
Diversité Gamma ( $\gamma$ )	23	15	14
Simpson (D-1)	0.912 $\pm$ 0.008	0.848 $\pm$ 0.017	0.804 $\pm$ 0.028
Shannon-Weiner (H')	2.40 $\pm$ 0.091	2.14 $\pm$ 0.002	2.12 $\pm$ 0.011

## 2.8. Menaces et mesure de conservation

En dépit du fait qu'elles suscitent des inquiétudes quant à leur conservation, les zones humides d'Afrique du Nord continuent d'être perturbées, drainées et polluées. Aujourd'hui, la plupart d'entre-elles sont dégradées (Belouahem-Abed et *al.*, 2011 ; Rhazi et *al.*, 2012) et plusieurs ont simplement disparues (de Bélair & Samraoui, 1994 ; Muller et *al.*, 2010 ; Muller et *al.*, 2011).

Le pâturage paraît avoir dans la zone étudiée, des influences en partie contradictoires sur la biodiversité de lac Fetzara. D'une part, il limite le développement des espèces les plus sensibles (*Carum montanum* (Batt.) Arcang., *Juncus heterophyllus* L.M. Dufour) ; et d'autre part, il favorise l'expression d'une flore héliophile pionnière comprenant de nombreuses espèces à forte valeur patrimoniale (*Eryngium pusillum* L., *Scrophularia laevigata* Vahl subsp. *laevigata*). Les modifications engendrées par les activités humaines sur les zones humides de la région d'étude tendent à banaliser les cortèges floristiques, qui se retrouvent fortement dominés dans les zones les plus perturbées par des espèces tolérantes au stress (*Helosciadium nodiflorum* (L.) W. D. J. Koch, *Cotula coronopifolia* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Le pâturage modéré est d'ailleurs

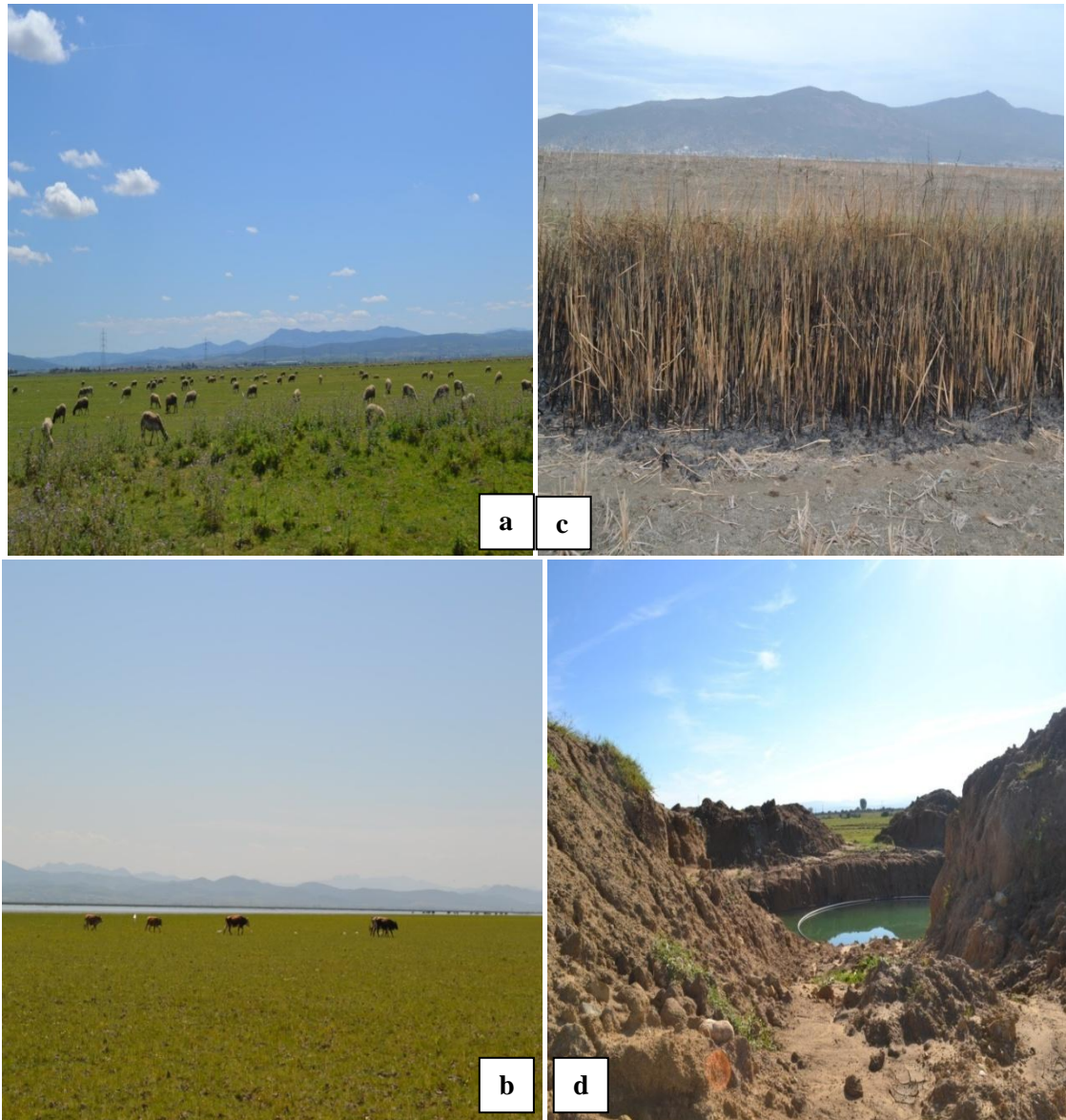
souvent utilisé comme moyen de gestion de la diversité floristique des zones humides (Dumont et *al.*, 2007).

Les résultats obtenus révèlent également de très importantes menaces à court et moyen termes, qui apparaissent essentiellement liées aux pratiques agropastorales intensives et à la modification à court et à moyen terme de l'hydrologie locale par des pompages excessifs. Ces menaces sont d'autant plus inquiétantes qu'il n'existe actuellement aucun suivi régulier des communautés animales et végétales, ni aucune gestion des pratiques humaines (agropastoralisme, chasse, pêche, pompage...), dans ou aux alentours de la zone humide.

Dans cette optique, il doit être réalisé sous le contrôle de scientifiques ou de gestionnaires, capables d'évaluer les changements des communautés végétales et d'orienter les pratiques en fonction.

Nous ajoutons aussi l'effet de l'incendie sur la composition végétale de lac Fetzara. D'une façon générale, l'incendie peut créer provisoirement une situation de non équilibre dans laquelle des espèces ayant des stratégies de survie différentes sont autorisées à coexister. En région méditerranéenne, l'incendie est donc un phénomène potentiellement profitable à la biodiversité des écosystèmes, du moins à certaines échelles d'approche ; dans certaines conditions ou à d'autres échelles, il peut être au contraire un agent de dégradation (Rigolot, 1997).

Les utilisateurs des terres doivent être conscients de l'intérêt et de la fragilité des habitats concernés comme condition préalable nécessaire à la mise en œuvre de mesures de protection ciblées (Bouahim et *al.*, 2015). Dans le lac étudié, cela devrait inclure (1) la protection des zones, y compris les populations d'espèces où les problèmes de conservation sont les plus critiques (*Salsola soda* L., *Myriophyllum alterniflorum* DC., *Scrophularia tenuipes* Coss. & Durieu) et (2) l'établissement d'ententes de gestion avec les propriétaires fonciers et / ou les utilisateurs, en définissant les modalités d'utilisation compatibles avec le maintien des espèces cibles et susceptibles d'entraîner une compensation financière pour les pertes induites. Les deux types de mesures pourraient, si nécessaire, s'accompagner de l'acquisition par le gouvernement de certaines parcelles pour contrôler les divers facteurs anthropiques et naturels et favoriser les communautés végétales les plus menacées.



**Figure 38.** Impact anthropique dans le lac Fetzara ; **a** - Photo de surpâturage par des moutons; **b** - Photo de surpâturage par des vaches ; **c** - Photo d'un incendie sur les touffes de *Typha* ; **d** - retenue d'eau pour le pompage) (Clichés Djamai Z. & Hamel T., 2015).

## 2.9. Conclusion

Les résultats présentés dans le cadre de ce travail révèlent la présence de 152 espèces. La forte pression anthropozoïque, notamment le pâturage et l'utilisation des terres agricoles, rend hypothétique le maintien à long terme de cette flore. Ces conditions ont permis le développement d'une flore composée principalement de 49% de thérophytes, soit 75 taxons.

L'élément méditerranéen est bien représenté avec près de 51,97 % de la flore recensée.

La flore étudiée abrite 8 taxons endémiques, leur conférant une importance particulière en termes de conservation de la diversité génétique des espèces considérées.

En termes de conservation, il y a lieu de rappeler la nécessité de mettre en place rapidement des mesures de protection des mares temporelles de la région d'étude, notamment en encadrant les nouvelles pratiques agricoles non traditionnelles pouvant porter atteinte à certaines espèces et à leur habitat.

### 3. Etude pollinique

L'étude du référentiel pollinique actuel nous a permis d'établir une liste des principaux taxons indicateurs de l'état du milieu d'étude. Loin d'être exhaustive, cette liste se heurte à quelques limites, la première étant qu'elle ne reflète pas la multiplicité des milieux en raison d'un jeu d'échantillonnage restreint. La seconde limite, l'absence d'un inventaire pollinique effectué sur le lac Fetzara, car cette étude n'a jamais été abordée.

L'étude des assemblages polliniques permet de distinguer trois strates de végétation.

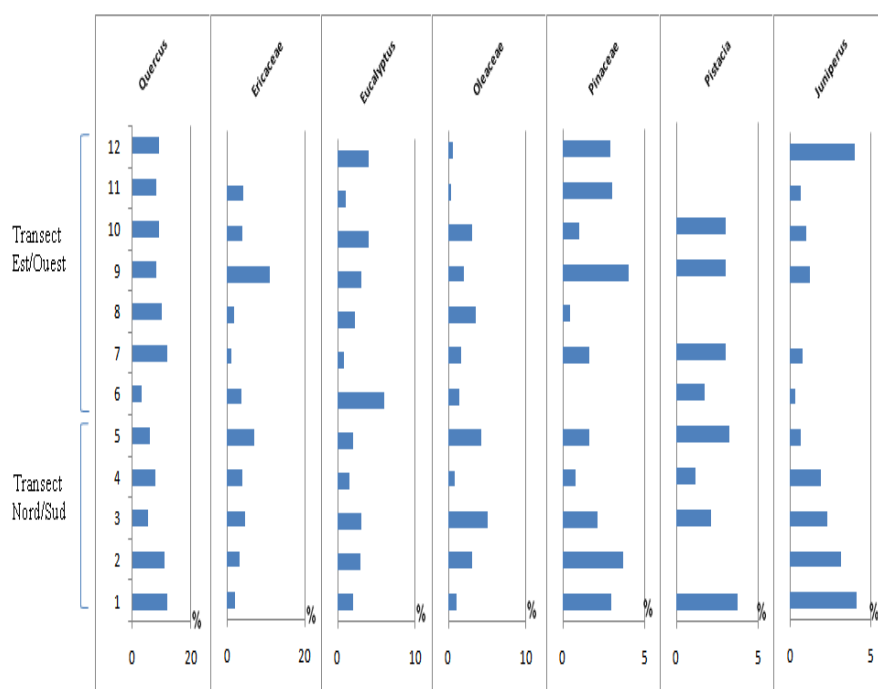
#### 3.1. Strate arborée

##### **Eucalyptus**

D'après l'inventaire floristique effectué dans la partie Sud du lac, un reboisement d'Eucalyptus datant de 1954 a été remarqué, planté par la compagnie de Mokta-El-Hadid sur les alentours du lac Fetzara (Gaffarel, 2004). Cette plantation entraine dans le cadre d'un projet de mise en valeur de la région permettant d'assécher le lac et en même temps fournir des espaces ombrageux (Travers, 1958). Le pollen d'Eucalyptus est présent dans la plupart des sédiments de surface avec un pourcentage  $> 2\%$  (figure 39).

##### **Tamarix**

Tamarix pousse dans des habitats salins, le long des cours d'eau et oueds. On y trouve *Tamarix africana* Poiret et *Tamarix gallica* subsp. *gallica* sensu lato uniquement sur les berges de l'oued El-Melah. Le pollen de Tamarix est relativement peu répandu sur les transects effectués avec un pourcentage maximum de 1% (figure 39).



**Figure 39.** Pourcentage de grains de pollen de la strate arborée

### Oleaceae

Le pollen d'*Olea europaea* L. se trouve pratiquement sur toutes les surfaces quelle que soit leur altitude (Davis & Fall, 2001), ce qui montre une dispersion atmosphérique importante de ce type de pollen.

L'espèce *Olea europaea* est la plus répandue dans la région d'Annaba, particulièrement sur le massif montagneux de la péninsule de l'Edough (Hamel, 2013)

La longue durée de vie et la stratégie de reproduction végétative d'*Olea* rendent difficile la distinction entre populations sauvages et individus des vergers abandonnés (Lipshitz et al., 1991). La variété sauvage *Olea europaea* var. *Oleaster* est très similaire à la variété cultivée *Olea europaea* (Zohary, 1973)

Le pollen des Oleaceae est présent dans tous les échantillons avec un pourcentage > 2% sur le transect Nord/Sud et < 1,5% sur le transect Est/Ouest (figure 39).

### Pinus

Bien qu'aucun arbre de *Pinus* ne se trouve sur les sites échantillonnés, son pollen se trouve en quantités relativement moyennes dans tous les échantillons (0,5 à 3,5%), ce qui démontre ses capacités de dispersion à longue distance (Davis, 1963). D'une manière générale, la plupart des Pinaceae se situent aux alentours de notre site d'étude. Dans la région de Annaba, on trouve

surtout des forêts artificielles de *Pinus pinaster* Aiton, *Pinus pinea* L. et *Pinus halepensis* du côté d'El-Hadjar (Ketfi, 1998). Le transect Nord/Sud (2.5%) est plus riche que celui d'Est/Ouest (1.7%) ( figure 39).

### **Quercus**

La péninsule de l'Edough est dominée par le chêne liège (*Quercus suber* L.) et les forêts caducifoliées de chêne zeen (*Quercus canariensis* Willd) (Hamel, 2013).

Le pollen de *Quercus* est présent dans la plupart des échantillons en pourcentages relativement élevés 9% pour le transect Nord/Sud et 7% pour le transect Est/Ouest (figure 39).

### **Pistacia**

Le pollen du *Pistacia* est présent dans la plupart des échantillons en pourcentages relativement faibles, 2% sur le transect Nord/Sud et 1% sur le transect Est/Ouest (figure 39). Les espèces *Pistacia lentiscus* L. et *Pistacia atlantica* Desf. sont très répandues en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, mais leurs surfaces ont été considérablement réduites par les activités anthropiques (Zohary, 1973). Sur la péninsule de l'Edough, le *P. lentiscus* est présent depuis le bord de la mer jusqu'à 400 m d'altitude (Hamel *et al.*, 2013).

### **Juniperus**

Les Junipéraie occupent sur les côtes d'Afrique du Nord une place remarquable. En Algérie, le *Juniperus phoenicea* L. est accompagné de *juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* (Sibth. & Sm.) Neilr. (Bonin, 1994). Le pollen de *Juniperus* est présent dans la plupart des échantillons de surface, il atteint ses niveaux les plus élevés à 2,5% dans le transect Nord/Sud (figure 39).

### **Alnus**

D'après Belouahem *et al.* (2012), *Alnus glutinosa* est présent dans la zone humide de Guerbès Senhadja, qui se situe à quelques kilomètres au Nord/Ouest du lac Fetzara. Le pollen d'*Alnus* est présent dans les échantillons de surface avec un pourcentage très faible < 1% enregistré sur les deux transects (figure 39).

### **Ericaceae**

*Arbutus unedo* L., *Erica arborea* L. et *Erica multiflora* L. poussent sur le maquis méditerranéen dans la région de Annaba (Hamel & Boulemtafes, 2017). *Erica scoparia* subsp. *scoparia* L. a été également signalée dans la zone Guerbès-Senhadja, sur le maquis marécageux de la station Sidi

Fritis (Ibncherif, 2012). Le pollen des Ericaceae est produit à des pourcentages relativement moyens (environ 4%) sur les deux transects (figure 39).

### 3.2. Strate non arborée

Cette strate est dominée par des plantes xérophytes adaptées à la sécheresse, mais pouvant aussi, sous certaines conditions, vivre en milieu humide, exondé et ouvert, elles sont les témoins d'une forte anthropisation.

#### Asteraceae

Les espèces les plus fréquentes des Asteraceae recensées sur notre site d'étude sont: *Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers., *Carlina involucrata* Poir. subsp. *hispanica*, *Acanthoxanthium spinosum* (L.) Fourr., *Centaurea napifolia* L., *Cichorium intybus* subsp. *glabratum* Arcang., *Cladanthus mixtus* (L.) Oberprieler & Vogt, *Crepis vesicaria* L. subsp. *vesicaria*, *Dittrichia viscosa* L. Greuter, *Galactites mutabilis* Durieu, *Galactites elegans* (All.) Soldano, *Hyoseris radiata* L., *Scolymus hispanicus*, *Bellis annua* L. Cette famille est la plus dominante dans la péninsule de l'Edough avec 67 espèces (Hamel, 2013).

La liste est complétée par les inventaires effectués par de Bélair (acronyme international GDB; <http://gdebelair.com/>) Faurel, 1947 et GDB), les espèces décrites sont les suivantes : *Carduus pycnocephalus* (L.) ssp. *pycnocephalus*, *Carlina lanata* L., *Andryala integrifolia* L., *Chamaemelum fuscatum* (Brot.) Vasc., *Coleostephus myconis* (L.) Reichenb. fil., *Filago vulgaris* Lam., *Filago gallica* L., *Filago pygmaea* L., *Jacobaea delphiniifolia* (Vahl) Pels & Velk, *Leontodon tuberosus* L., *Otospermum glabrum* (Lag.) Willk, *Silybum marianum* (L.) Gaertner, *Xanthium brasilicum* Velloso.

Le pollen des Asteraceae est commun dans tous les sédiments de surface sur les deux transects avec des pourcentages de 7% sur le transect Nord/Sud et 9% sur le transect Est/Ouest et des concentrations variables (figure 40).

La présence du genre *Artimisia* (2%) peut indiquer l'ouverture du milieu (Subba-Reddi & Reddi, 1986), alors que la sous-famille des Cichorideae avec un pourcentage > 2,5% peut indiquer des signes de dégradation.

## Poaceae

La famille des Poaceae est représentée par un grand nombre d'espèces, les plus abondantes *Arundo donax* L., *Cynodon dactylon* L. Pers. et *Hordeum leporinum* Link. La presque totalité du centre du lac est couverte par *Phragmites domingensis* (Pers.) Steudel. Le pollen des Poaceae se trouve dans tous les échantillons avec des pourcentages dépassant les 11% (figure 40).

## Chenopodiaceae

La famille des Chenopodiaceae regroupe un nombre important d'espèces comprenant neuf plantes différentes (*Chenopodium vulvaria* L., *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott, *Suaeda maritima* L. Dumort, *Beta vulgaris* L., *Salsola soda* L., *Atriplex prostrata* DC, *Atriplex halimus* L. et *Salicornia ramosissima* J. Woods) ce qui dénote la capacité de ces espèces à résister à la salinité qui règne dans ces milieux humides (Boulos, 1991 ; Chenchouni, 2012 ; Adi et al., 2016).

Le pollen des Chenopodiaceae est présent dans tous les échantillons avec un pourcentage minimal de 6% dans les deux transects (figure 40).

## Fabaceae

Le pourcentage de pollen de surface des Fabaceae reflète la végétation qui existe dans le lac, avec 8% et 5% respectivement sur le transect Est/Ouest et le transect Nord/Sud (figure 40). Parmi les espèces rencontrées figurent *Trifolium angustifolium* L., *Medicago murex* Willd., *Scorpiurus muricatus* subsp. *muricatus* L., *Trifolium campestre* Schreber, *Trifolium glomeratum* L., *Vicia sativa* L., *Astragalus sesameus* L., *Lathyrus ochrus* L. DC, *Medicago truncatula* Gaertner, *Melilotus infestus* Guss, *Tetragonolobus biflorus* (Desr.) DC, *Lotus corniculatus* L., etc... (Faurel, 1947 ; herbier privé de Gérard de Bélair « acronyme international GDB; <http://gdebelair.com/> »).

## Apiaceae

Plusieurs espèces des Apiaceae se développent dans la région d'étude : *Eryngium pusillum* L., *Ammi visnaga* L. Lam., *Ammi majus* L., *Daucus carota* L. var. *mauritanicus*, *Eryngium tricuspdatum* L. subsp. *tricuspdatum*, *Oenanthe globulosa* L., *Torilis nodosa* (L.) Gaertner, *Helosciadium nodiflorum* (L) W. D. J. Koch, *Torilis arvensis* (Huds.) Link, *Bupleurum tenuissimum* L., *Kruberia peregrina* L. Hoffm, *Oenanthe silaifolia* M. Bieb., *Thapsia garganica* L., *Bupleurum lancifolium* Hornem.

Le pollen des Apiaceae est relativement faible par rapport à la diversité floristique présente sur le site d'étude, moins de 2% sont enregistrés sur les deux transects (figure 40).

Une faible représentation (< 1%) de certains taxons polliniques non arborés a été également enregistrée sur les deux transects :

Tableau 12. Listes des espèces herbacée présentes et peu productrices de pollen (<1%)

Familles	Taxa (Dobignard & Chatelain, 2010-2013)
Ranunculaceae	<i>Clematis cirrhosa</i> L
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L. subsp. <i>arvensis</i> , <i>Convolvulus althaeoides</i> L., <i>Convolvulus siculus</i> L., <i>Convolvulus tricolor</i> L., <i>Cressa cretica</i> L., <i>Cuscuta epithymum</i> L.
Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i> L
Scrophulariaceae	<i>Scrophularia laevigata</i> Vahl subsp. <i>laevigata</i> , <i>Parentucellia viscosa</i> (L.) Caruel
Asphodelaceae	<i>Asphodelus ramosus</i> subsp. <i>ramosus</i> L
Asparagaceae	<i>Drimia numidica</i> (Jord. & Fourr.) J.C.
Lamiaceae	<i>Stachys ocymastrum</i> L. Briq, <i>Mentha pulegium</i> L., <i>Mentha suaveolens</i> subsp. <i>suaveolens</i> Ehrh, <i>Stachys arvensis</i> L
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L., <i>Sinapis arvensis</i> subsp. <i>arvensis</i> , <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik., <i>Rapistrum rugosum</i> L. All. ssp. <i>Rugosum</i> , <i>Lepidium squamatum</i> Forsskål
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> subsp. <i>lanceolata</i> L., <i>Plantago serraria</i> L., <i>Kickxia commutata</i> (Reichenb.) Fritsch, <i>Veronica arvensis</i> L., <i>Linaria reflexa</i> L. Desf., <i>Kickxia spuria</i> L. Dumort, <i>Veronica polita</i> Fries, <i>Plantago coronopus</i> L., <i>Plantago lagopus</i> L., <i>Veronica anagalloides</i> Guss.
Polygonaceae	<i>Rumex conglomeratus</i> Murray, <i>Rumex pulcher</i> L, <i>Rumex bucephalophorus</i> L, <i>Rumex crispus</i> L., <i>Polygonum aviculare</i> L
Boraginaceae	<i>Cerithe major</i> L., <i>Echium sabulicolum</i> subsp. <i>decepiens</i> Klotz, <i>Heliotropium europaeum</i> L., <i>Heliotropium supinum</i> L.

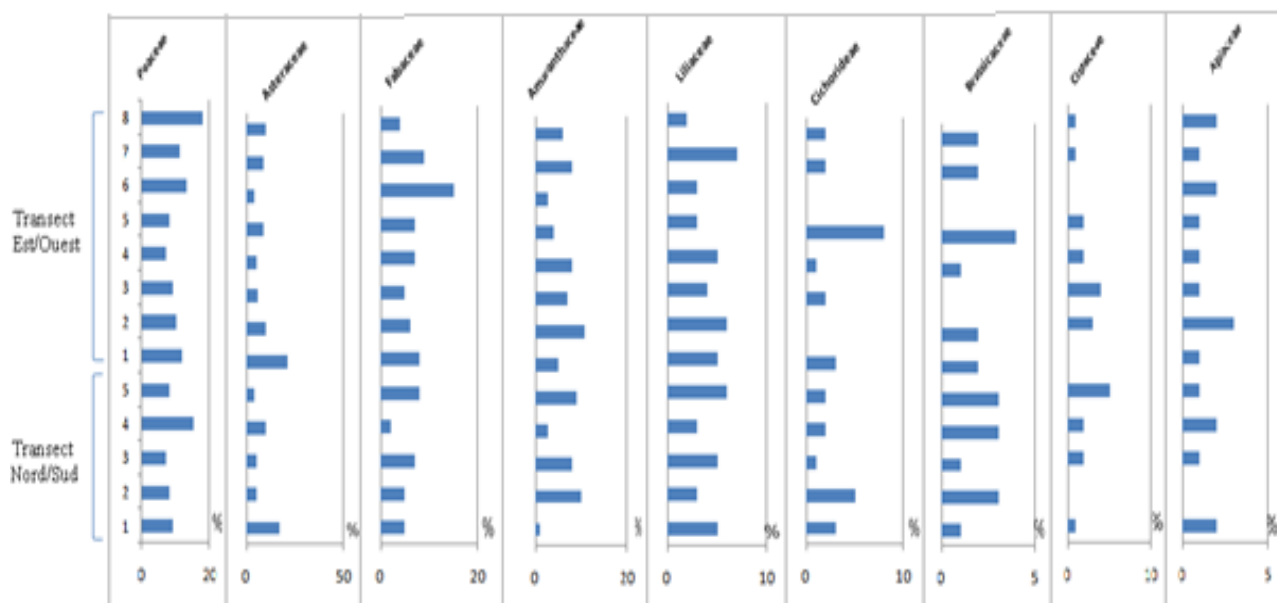


Figure 40. Pourcentage de grains de pollen de la strate herbacée

### 3.3. Strate hygrophyte

Cette strate occupe les milieux saturés ou à saturation semi-permanente, elle est constituée des familles suivantes :

#### Typhaceae et Juncaceae

Cette famille est présente dans le lac en abondance avec les espèces *Typha domingensis* (Pers.) Steudel, *Juncus acutus* L. et *Juncus bufonius* L.

La présence du genre *Juncus* est un bon indicateur des habitats humides salés. Plusieurs auteurs font remarquer la diversité et l'abondance en cette famille dans les régions caractérisées par des sols salés et humides (Chehma, 2005 ; Chehma et al., 2005). Le pollen des Typhaceae est très répandu dans les deux transects avec un pourcentage >10% (figure 41).

#### Cyperaceae

Cette famille enregistre le plus important apport pollinique >11% sur les deux transects (figure 41). D'après l'inventaire actuel effectué sur la zone d'étude, les espèces suivantes ont été signalées: *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla subsp. *lacustris*, *Carex divisa* Hudson, *Cyperus rotundus* L. subsp. *rotundus*, *Eleocharis palustris* (L.) Roemer & Schultes, *Schoenoplectus supinus* (L.) Palla, *Schoenoplectus litoralis* (Schrader) Palla, *Bolboschoenus glaucus* (Lam.) S.G. Smith, avec une dominance du *Cyperus longus* L. subsp. *badius* (Desf.) Asch.

### Haloragaceae

Les espèces *Myriophyllum spicatum* L. et *Myriophyllum verticillatum* L. sont très abondantes en milieux inondés du lac Fetzara. Le pollen du *Myriophyllum* est présent avec un pourcentage < 2% (figure 41).

### *Nymphaea* et *Lemna minor* L

Selon (Quézel & Santa, 1962), le Nunuphar blanc (*Nymphaea alba* L.) est signalé comme très rare sur les lacs de la région de Annaba.

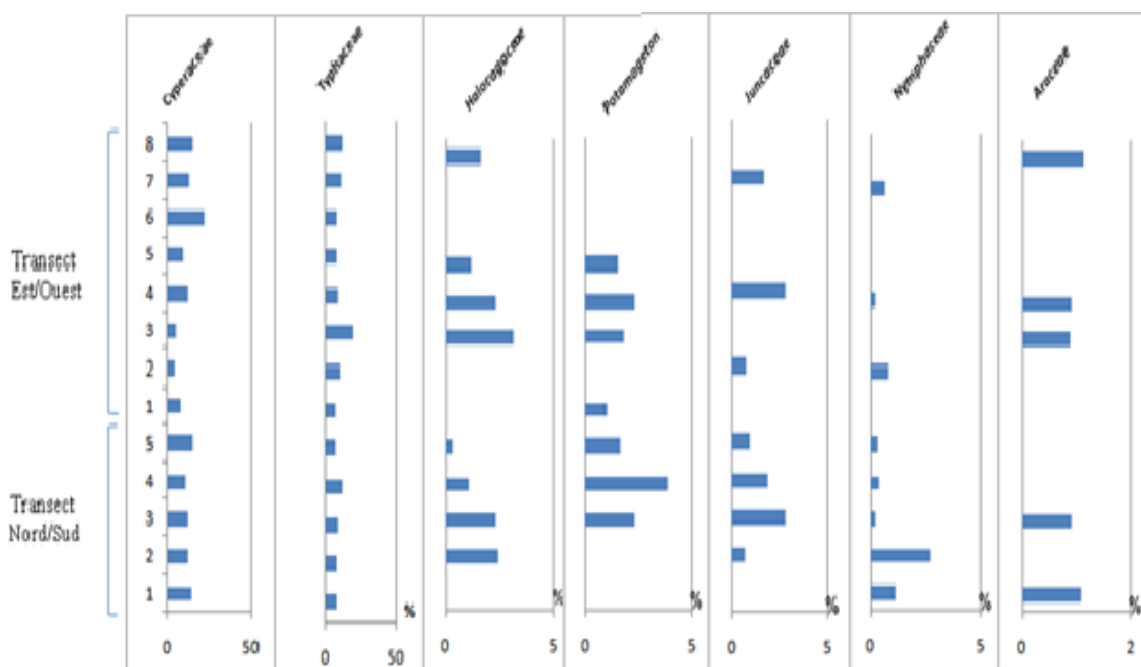


Figure 41. Pourcentage de grains de pollen de la strate hygrophytique

### 3.4. Relations végétation/pollen

Les résultats de l'analyse pollinique reflètent l'expression de la végétation locale et régionale, cette représentation se manifeste par 3 situations écologiques différentes qui peuvent à notre avis expliquer la dynamique végétale dans ce milieu :

#### a) Pollen présent-végétation présente

Les résultats obtenus montrent que la partie du pollen identifié provient de la végétation sur place, c'est-à-dire l'inventaire de la végétation sur terrain a été confirmé par la présence de grains de pollen dans les sédiments (Eucalyptus, Tamarix, Oleaceae).

### b) Pollen présent- végétation non présente

L'analyse pollinique a mis en évidence le pollen provenant de la végétation régionale, en effet la végétation inexistante dans notre région d'étude, peut conduire à deux situations : soit un apport régional, c'est-à-dire le pollen provient de la végétation environnante (Pinus, Alnus, Quercus), soit la végétation source a terminé son cycle végétal et peut se retrouver dans le sol sous forme de graine (*Nymphaea alba* L. et *Lemna minor* L.

### c) Pollen non présent-végétation présente

Il ressort de cet inventaire que certaines espèces appartenant aux différentes strates sont présentes sur le site, mais il n'existe pas de traces de pollen, cela est peut être dû à 3 possibilités : soit une faible production pollinique, soit une fragilité du pollen ou encore la période de floraison coïncide avec la saison sèche, ce qui expose le pollen au processus de décomposition c'est-à-dire les conditions sont défavorables à la conservation du pollen.

**Tableau 13.** Liste des espèces herbacées non représentées par leur pollen

Familles	Espèces
Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i> L. subsp. <i>arvensis</i> L., <i>Anagallis monelli</i> subsp. <i>linifolia</i> L. Maire
Gentianaceae	<i>Centaurium erythraea</i> Raf.
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia helioscopia</i> L. subsp. <i>helioscopia</i> , <i>Euphorbia exigua</i> L.
Lythraceae	<i>Lythrum junceum</i> Banks & Solander
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i> Graham
Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i> L., <i>Fumaria capreolata</i> L.
Geraniaceae	<i>Geranium molle</i> L.
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.
Molluginaceae	<i>Corrigiola littoralis</i> subsp. <i>littoralis</i> L.
Verbenaceae	<i>Verbena officinalis</i> L.
Rubiaceae	<i>Sherardia arvensis</i> L., <i>Galium viscosum</i> subsp. <i>viscosum</i> Vahl
Araceae	<i>Arum italicum</i> Miller
Resedaceae	<i>Reseda alba</i> L. subsp. <i>alba</i> L.
Iridaceae	<i>Moraea sisyrinchium</i> (L.) Ker Gawl.
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.
Ceratophyllaceae	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.
Rutaceae	<i>Ruta angustifolia</i> Pers
Campanulaceae	<i>Solenopsis laurentia</i> L. C. Presl

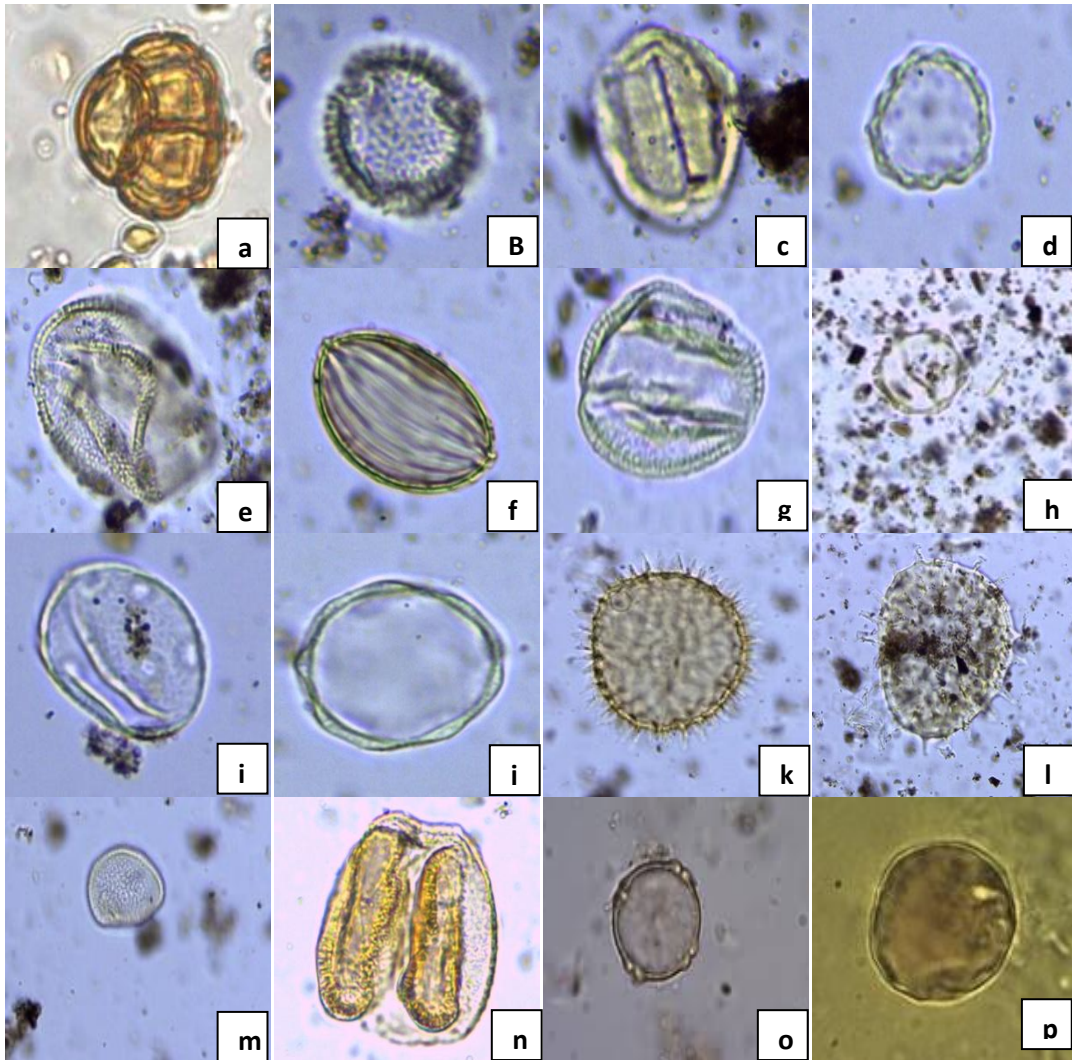
### 3.5. Conclusion

A l'issue de la prospection effectuée sur la zone d'étude, l'analyse pollinique reconnaît, 86 familles ou types polliniques le long des deux transects étudiés (Nord/Sud et Est/Ouest).

L'analyse descriptive a permis de démontrer que la strate arborée est présente avec un pourcentage de 22% des grains de pollen (figure 39), le *Quercus* domine par (8%), Ericaceae (4%), *Pinus* (2%), *Eucalyptus* (2%) et *Pistacia* (2%).

Le pollen des espèces herbacées dominant les assemblages, atteignant des pourcentages élevés dans tous les échantillons avec 52%. Dans cette strate, les Poaceae constituent le type de pollen dominant (11%) suivi par les familles des Asteraceae (9%), Fabaceae (7%), Chenopodiaceae et Liliaceae (5%). Le pourcentage des autres taxons est relativement faible (figure 40).

Le pollen de la strate hygrophyte représente 25% du total pollinique (figure 41). Les assemblages dominants sont les Cyperaceae (11%) et Typhaceae (10%).



**Figure 42.** a. Erica type ; b. Olea type ; c. Quercus type ; d. Chénopodiaceae type ; e. Lyliaceae type ; f. Ephedra type ; g. Fabaceae type ; h. Ulmus type ; i. Plantago type ; j. Lamiaceae type ; k. Chychoroidaie type ; l. Malva type ; m. Typha/sparganium type ; n. Pinus type ; o. Alnus ; p. Poaceae.

#### 4. Discussion générale

L'étude a porté sur une comparaison particulière entre la végétation actuelle et celle révélée par l'analyse palynologique des sols ; elle a pour but de statuer sur l'envergure des changements survenus dans les assemblages végétaux à la suite des différentes perturbations survenues ces dernières années. Il est donc possible d'établir un diagnostic précis et objectif sur le niveau de stabilité du site étudié.

Afin d'effectuer ce travail nous avons procédé de la façon suivante :

- Une caractérisation physicochimique des sols de la couche de surface qui a révélé que nous sommes en présence de sols à texture argileuse lourde, saturés en eau, riches en sels et à réaction alcaline.
- Un inventaire de la végétation actuelle a permis de reconnaître 152 espèces et sous-espèces, ligneuses et herbacées réparties en 45 familles et 115 genres, alors que l'exploitation des données bibliographiques faisait ressortir 284 espèces.
- Une caractérisation pollinique qui a révélé 86 taxons ou types polliniques.

En effet la texture argileuse favorise la stagnation d'eau à cause de la faible porosité des sols, créant des conditions particulières pour la circulation de l'eau et de l'air. Cette situation influence le couvert végétal en favorisant l'installation et le développement des espèces résistantes aux conditions extrêmes à savoir la saturation en eau et la concentration en sels, c'est le cas de *Juncus acutus* L., *Potamogeton nodosus* Poir., *Ranunculus aquatilis* L., *Salsola soda* L., *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott et *Tamarix africana* Poir.

Le couvert végétal du site d'étude est riche et diversifié, sa dynamique saisonnière calquée sur le rythme d'inondation et exondation des sols a permis le développement de différents types biologiques composés principalement de thérophytes (Daget, 1980), exemples *Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers., *Cotula coronopifolia* L., *Galactites tomentosus* Moench et *Medicago littoralis* Loisel.

Selon les espèces dominantes, nous avons distingué plusieurs types de mares temporaires autour de lac Fetzara, mares à *Ranunculus aquatilis* L., mares à *Callitriche obtusangula* Le Gall, mares à *Alisma plantago-aquatica* L., mares à *Juncus* et *Typha domingensis* (Pers.) Steudel, mares à *Schoenoplectiella supina* (L.) Lye et *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla.

Sur le plan biogéographique, l'influence méditerranéenne domine dans toute la zone d'étude, la flore étudiée abrite 8 taxons endémiques, leur conférant une importance particulière en termes de conservation de la diversité génétique des espèces considérées (Quezel, 2002).

L'analyse factorielle des correspondances a permis de séparer les espèces du maquis dégradé à oléo-lentisque dans la partie positive et les espèces thérophytiques et xériques dans la partie négative sur l'Axe 1. L'Axe 1/2 traduit un gradient d'anthropisation dans le sens inverse de l'Axe 2.

Il est à remarquer que selon des travaux réalisés dans la région d'étude, certaines espèces qui ont été signalées particulièrement par Faurel (1947) et de Bélair (2002-2006) ne figurent pas dans nos relevés telles que l'espèce endémique du Maghreb *Solenopsis laurentia* (L.) C.Presl et les espèces hygrophilles (*Zannichellia palustris* (L.) subsp. *Palustris*, *Potamogeton pectinatus* L., *Myriophyllum spicatum* L. et *Veronica anagalloides* Guss. Ce sont probablement des espèces qui ont disparue à cause des intenses activités anthropiques, particulièrement le surpâturage et les autres travaux agricoles autour du lac. Mais il se pourrait également que ces espèces ont échappé de nos investigations sur une surface d'étude aussi large.

Cette diversité végétale est accompagnée par une production de pollen qui trouve dans les conditions de saturation des sols en eau du lac Fetzara un biotope qui favorise la conservation des grains de pollen. La caractérisation pollinique des échantillons de sols montre que ce milieu est propice pour la conservation du pollen. La séparation et la purification du pollen permet de donner une image sur le couvert végétal passé et actuel du site et de déduire les variations en relation avec les conditions pédoclimatiques (Bourgon-Desroches, 2010).

En effet, la détermination de la quantité de pollen dans les sédiments de surface du lac Fetzara reste influencer par l'ouverture du milieu lors de la construction des ouvrages hydrauliques tels que les canaux de drainage et la vanne installée à la fin du canal principal permettant le contrôle du niveau d'eau dans le lac et éviter ainsi les inondations.

Cette ouverture du milieu s'est traduite dans les diagrammes établis par une diminution des grains de pollen de la strate arborée (AP : 22%) pour *Alnus*, *Pinus*, *Pistacia* au profit d'une augmentation du pollen des plantes non arborées (NAP : 52%), dominée par les Poaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae et Fabaceae. Toutefois, la prise en compte dans l'interprétation des résultats de ce seul indice a été depuis longtemps remise en cause (Jalut, 1991 ; Galop, 1998 ; Sugita et al., 1999 ; Gaillard, 2007 ; Favre et al., 2008). De nombreux autres facteurs peuvent influencer la

relation AP/NAP, comme la structure de la végétation, l'apport pollinique lointain, la dispersion des pollens, la production de chaque espèce, la qualité du pollen, etc.... Certaines études ont montré la variabilité et les fluctuations de ce rapport dans des contextes identiques mais soumis à des contraintes différentes (Jackson 1990, Favre et *al.*, 2008 ; Stebich et *al.*, 2005). En outre, la seule appréhension du degré d'ouverture du milieu ne suffit pas à produire des hypothèses et des interprétations, une observation détaillée de la composition des assemblages est nécessaire (Faure, 2012).

Sur le lac Fetzara, il a été constaté que le rapport AP/NAP augmente le long du transect Nord/Sud, il est le plus important sur les points P1, P2, P3, P4 et P5. Ceci peut être expliqué par la présence d'une couverture forestière très dense sur la péninsule de l'Edough au Nord du lac, productrice d'une importante quantité de pollen, ce dernier peut être transporté par les eaux de ruissellement du bassin versant, les vents et même certains animaux permettant son dépôt dans les sédiments du centre du lac.

Selon Jacobson et Bradshaw (1981), dans un grand milieu aquatique, l'assemblage de pollen tend à être influencé par des éléments régionaux, ce qui n'est pas le cas pour la majorité des grains de pollen déposés dans les petits bassins ; la domination est assurée par des éléments de provenance locale. Bennett (1986) a suggéré que la plupart des grains de pollen qui arrivent dans un bassin sont transportés par les eaux circulant dans les canaux de drainage actuels plutôt que par le vent ; ce résultat confirme les observations enregistrées dans la présente étude. Néanmoins, l'analyse pollinique des sédiments de surface dans le Lagoa Salgada au Brésil, a montré une forte influence de la direction du vent dans le dépôt des grains de pollen (Toledo et *al.*, 1994 ; Luz et *al.*, 2005).

Sur le transect Est/Ouest, le rapport AP/NAP est en faveur de la strate herbacée qui couvre une grande partie du site d'étude, c'est la raison pour laquelle le lac Fetzara reste toujours considéré comme une grande zone de pâturage. Le faible résultat obtenu pour la strate arborée intervient malgré que ce transect porte un nombre de points d'échantillonnage plus important que celui du Nord/Sud.

L'utilisation des sols marécageux salés comme pâturage pour le bétail était autrefois une pratique répandue tant en Amérique du Nord (Hatvany, 2003) qu'en Europe (Jensen, 1985 ; Kiehl et *al.*, 1996 ; Bos et *al.*, 2002 ; Schroder et *al.*, 2002 ; Tessier, 2003) ou encore en Afrique (Ouattara & Louppe, 1998). Cette pratique a eu pour effets, la perturbation des sols par le piétinement du bétail, ceci a probablement facilité l'établissement d'espèces exotiques ne poussant pas dans les milieux humides. D'autre part, le troupeau peut aussi faciliter la dissémination des grains de certaines espèces grâce à leur transport sur le pelage des animaux ou le transit intestinal (Bakker et *al.*, 1985 ; Malo & Suazer, 1995).

Le piétinement et le broutage, ainsi que les travaux d'aménagement et de mise en valeur des sols peuvent avoir non seulement un impact sur les caractéristiques d'un marais (hydrologie, salinité, érosion, etc...), mais aussi sur les interactions compétitives qui existent entre les différentes espèces végétales (Bourgon-Desroches, 2010).

Concernant la conservation des grains de pollen dans les sédiments de surface du lac, il a été observé une abondance de grains de pollen abimés, ceci est peut être liée aux collisions de transport des palynomorphes et surtout les conditions qui règnent au niveau de la surface du sol (Tyson, 1995). Le plus haut niveau de détérioration a été enregistré dans la plupart des échantillons relevés dans le coté Est du lac, particulièrement le point P6 situé au voisinage du canal principal de drainage (Cintia et *al.*, 2012).

D'après Campbell (1991), les grains de pollen et les spores endommagés par l'érosion ont été trouvés dans de nombreux bassins sédimentaires et peuvent être interprétés comme le résultat d'un nouveau dépôt après une période d'exposition à l'air, y compris les cycles de climats humides et secs. Il est à rappeler que le processus de corrosion des grains de pollen et des spores se produit généralement un certain temps après leur libération par la végétation source (Wilmshurst & Mc Glone, 2005).

## **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion générale

Dans cette étude il est question d'une mise en évidence des relations entre les variables biologiques et édaphiques et de participer à une contribution pour retracer la dynamique actuelle du paléoenvironnement en comparant la végétation actuelle environnante avec le signal pollinique dans le lac Fetzara. Ce site situé dans la région de Annaba, couvre une superficie estimée à 18600 ha, dont une très grande partie est affectée par le phénomène de salinisation. Depuis plusieurs décennies, les pouvoirs publics ont engagé de nombreux programmes d'aménagement et de mise en valeur des terres de ce site, mais tous les efforts effectués n'ont jamais abouti aux résultats escomptés.

Les analyses effectuées sur les sédiments du lac Fetzara ont permis de démontrer que les sols ont une texture argileuse lourde, moyennement calcaires avec des pH alcalins et surtout très affectés par le phénomène de salinisation. Ces résultats imposent certaines conditions spécifiques qui peuvent influencer l'évolution du couvert végétal en favorisant le développement d'une végétation adaptée et tolérante sur ce substrat imperméable, saturé en eau et présentant des concentrations en sels très élevées.

A partir des relevés floristiques effectués sur le terrain sur plusieurs campagnes, l'inventaire a révélé la présence de 152 espèces, l'ensemble des formations étudiées se caractérise principalement par la dominance de 49% de thérophytes, soit 75 taxons. L'influence méditerranéenne est bien représentée avec près de 51,97 % de la flore recensée. La région d'étude est caractérisée par une hétérogénéité du tapis végétal entre d'une part ligneux et herbacées et d'autre part entre vivaces et annuelles ; cette disparité paysagère est liée sans aucun doute aux conditions édaphiques et hydrologiques du milieu.

D'après l'analyse canonique des correspondances, les stations situées au Sud renferment le plus grand nombre d'espèces, dont quatre sont classées rares dans la liste rouge de l'UICN (2017), il s'agit de *Carum montanum*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Juncus heterophyllus* et *Scrophularia tenuipes*.

Les données floristiques inédites de Faurel (1947) et de Bélair (2002-2006) montrent la présence de quelques espèces non signalées dans nos relevés telle que *Solenopsis laurentia* (L.) C.Presl,

mais également la présence de nouvelles espèces non inventoriées par ces mêmes auteurs ; ceci démontre l'importante richesse floristique de ce site qui mérite plus d'intérêt par les scientifiques.

L'étude pollinique réalisée sur les sédiments de surface a permis d'évaluer les différents messages polliniques par rapport à la flore actuelle existante sur le lac Fetzara. Les assemblages polliniques répartis sur les deux transects dans les sédiments de surface, ont montré la dominance du pollen non arboré (52%) ce qui reflète l'état actuel du couvert végétal. Il est utile de signaler l'augmentation relative du pollen arboré sur le transect Nord/Sud ; ceci est certainement dû à la couverture végétale très dense sur le massif forestier de l'Edough au Nord du lac. D'une manière générale, hormis cette différence sur les quantités de pollen arboré, les résultats obtenus sur le transect Nord/Sud sont à peu près similaires à ceux observés sur le transect Est/Ouest, ce qui confirme l'homogénéité des 2 transects sur le site d'étude.

L'observation des grains de pollen endommagés peut être expliquée par les phénomènes d'humectation et de dessiccation des sols, mais également considérée comme un facteur de production de ces micro-restes dont une quantité très importante est apparue abimée. Le plus haut niveau de détérioration de ces grains de pollen a été observé dans la partie Est au voisinage du canal principal de drainage.

Cette étude effectuée sur un site « protégé » n'est qu'un premier maillon d'une chaîne de travaux qui ont permis d'apporter des éléments de réponse pour définir les limites de la végétation moderne sur ce milieu, visant la reconstitution écologique et paléoécologique du lac Fetzara. Elle a permis également l'évaluation de l'impact des sociétés sur le paysage végétal et de mesurer les limites de ces dernières sur la pérennité de ce milieu. Beaucoup de données restent encore à acquérir et plusieurs points méritent d'être développés. Les résultats obtenus dans cette étude vont certainement contribuer dans un proche avenir à :

- Des recherches paléocologiques approfondies sur les variations du climat, il s'agit en l'occurrence de travaux sur les macrorestes, tels que les Astorcodes et le pollen fossile à partir de carottages en profondeur afin d'apporter des pistes fondamentales sur l'histoire des processus évolutifs de la végétation dans une perspective de gestion et de préservation.

- La confection d'un modèle prédictif en se basant sur tous les inventaires de la flore effectués sur ce site, les cartes de la végétation ainsi que la datation C<sup>14</sup>, tout ceci permettra d'améliorer la comparaison des données récentes et ceux de l'Holocène, qui sont très importantes pour la surveillance et la conservation de la biodiversité du lac Fetzara.
  
- Il semble aussi nécessaire de réaliser un inventaire plus détaillé non seulement sur le site d'étude mais également sur les alentours de la région, tout ceci permettra de servir de base à un suivi sur les prochaines décennies afin d'évaluer l'adaptation de la végétation aux changements édaphiques du milieu qui peuvent se présenter dans l'avenir.
  
- Il est aussi nécessaire de délimiter les parcelles de pâturage afin de diminuer le piétinement qui peut nuire à la couverture végétale. Ceci ne peut se faire que par la sensibilisation des riverains.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques

**AJCI ; 1985** - Etude de faisabilité d'un projet d'aménagement agricole de la région périphérique du lac Fetzara. Ag. Jap. Coop. Inter., Annexes A et B, 150 p. + 72 p.

**Aliat T. & Kaabeche M. ; 2013** - Caractérisation phytoécologique de la zone humide Chott El Beida (Sétif, Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 35: 35-41

**Atbib M. ; 1979** - Etude phytoécologique de la réserve biologique de Mehdia (littoral atlantique du Maroc), 1- La végétation hygrophile de la Merja Sidi Bou Ghaba. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 4: 99-188.

**Babali B. ; 2014** - Contribution à une étude phytoécologique des monts de Moutas (Tlemcen-Algérie occidentale) : Aspects syntaxonomique, biogéographique et dynamique. Thèse de Doctorat en Ecologie et Environnement, Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen, 194 p.

**Bagella S., Caria M.A., Farris E. & Filigheddu R.S.; 2009** - Spatial-time variability and conservation relevance of plant communities in Mediterranean temporary wet habitats: a case study in Sardinia (Italy). *Plant Biosyst.*, 143: 435-442.

**Bahi K. ; 2012** - Contribution à l'étude phytoécologique des zones humides de la région d'Oran. Mémoire de Magister en Ecologie végétale, Université d'Oran, 153 p.

**Bakker J.P., Dijkstra M. & Russchen P.T. ; 1985** - Dispersal, germination and early establishment of halophytes and glucophytes on a grazed and abandoned salt-marsh gradient. *New phytologist*, 101: 291-308.

**Barbero M., Bonin G., Loisel R. & Quézel P.; 1989** - Sclerophyllus *Quercus* forests of the mediterranean area : Ecological and ethological significance Bielefelder Okol. *Beitr.* 4: 1-23.

**Barreto C.F., Barth O.M., Luz C.F.P., Coelho L.G. & Vilela C.G. ; 2006** - Distribuição diferencial de palinómorfos na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 9 (1): 15-24.

- Barreto C.F., Vilela C.G., Batista N. & Barth O.M. ; 2012** - Spatial distribution of pollen grains and spores in surface sediments of Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 84 (3): 627-643.
- Beer R., Tinner W., Carraro G. & Grisa E. ; 2007** - Pollen representation in surface samples of the *Juniperus*, *Picea* and *Juglans* forest belts of Kyrgyzstan, central Asia. *The Holocene*, 17: 599-611.
- Behre K.E. ; 1981** - The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores*, 23: 225-245.
- Behre K.E. ; 1986** - Anthropogenic indicators in pollen diagrams. Balkema, Rotterdam, 232 p.
- Belouahem-Abed D., Belouahem F., Benslama M., de Bélair G., & Muller S.D. ; 2011**- Les aulnaies de Numidie (Nord-Est algérien) : biodiversité floristique, vulnérabilité et conservation. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 334: 61–73.
- Bélair (de) G. & Samraoui B.; 1994** - Death of a lake: Lac Noir in the Northeastern Algeria. *Environ. Conserv.*, 21, 169-172.
- Bélair (de) G. ; 2005** - Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, Nord-Est algérien). *Ecologia Mediterranea*, 31: 83–100
- Belair (de) G. ; 2008** - Un carrefour d'origine biogéographique: les mares temporaires de Numidie (Nord-Est algérien). *Au fil des Mares*, 6/7: 21-24.
- Belgherbi B. ; 2011** - Contribution à l'étude phytoécologique et préservation de la biodiversité de la zone humide de la Macta (Algérie occidentale). Thèse de Doctorat en Sciences, Université de Tlemcen, Algérie, 172 p.
- Benhassine-Gherzouli C., 2013** – Anthropisation et dynamique des zones humides dans le Nord-Est algérien : Apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire. Thèse de Doctorat Géographie et Aménagement, Université Toulouse 2, France, 206 p.

**Bennett K.D. ; 1986** - Competitive interactions among forest tree populations in Norfolk, (England) during the last 10.000 years. *New Phytologist* , 103: 603-620.

**Benslama M. & Zanache H. ; 2006** - Etude palynologique des marais tourbeux du complexe humide d'El Kala : cas de Bourdim et Garaet el Ouez. *Rev. Sci. Technol. Synthèse*, 15: 15 – 20.

**Benslama M., Andrieu-Ponel V., Guiter F., Reille M., de Beaulieu J.L., Migliore J. & Djamali M. ; 2010** - Nouvelles contributions à l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation en Algérie: analyse pollinique de deux profils sédimentaires du complexe humide d'El-Kala. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 333: 744-754.

**BenTiba B. ; 1982** - Relations pluie pollinique-végétation en Kroumirie (Tunisie septentrionale). *Ecologia Mediterranea*, 8 (4): 62-73.

**BenTiba B. & Reille M. ; 1982** - Recherche pollen analytiques dans les montagnes de Kroumirie (Tunisie septentrionale) : premiers résultats. *Ecologia Mediterranea*, 8 (4) : 76-86.

**Benzécri J.P. ; 1973** - L'analyse des données. Tome II : l'analyse des correspondances. Dunod, Paris. 619 p.

**Benzecri J.P.; 1980** – Pratique de l'analyse des données. Analyses des correspondances, Exposé élémentaire. Ed. Dunod, Paris, 424 p.

**Bernard J. ; 1996** - Paléoenvironnement du Pays-de-Retz et du marais Breton-Vendéen. Thèse de Doctorat, Université de Nantes, 174 p.

**Birks H.J.B. & Line J.M. ; 1992** - The use of rarefaction analysis for estimating palynological richness from Quaternary pollen-analytical data. *The Holocene*, 2: 1-10.

**Birks H.H. & Birks H.J.B. ; 2000** - Future uses of pollen analysis must include plant macrofossils. *Journal of Biogeography*, 27: 31-35.

**Blanca G., Cabezudo B., Cueto M., López C.F. & Torres C.M. ; 2009** - Flora vasculaire de Andalucía Oriental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Vol. 1-4, 1851 p.

**Bliss S.A. & Zedler P.H.; 1998** - The germination process in vernal pools: sensitivity to environmental conditions and effects on community structure. *Oecologia* 113: 67-73.

**Bonin G. ; 1994** - Quelques aspects des forêts d'Afrique du Nord. Forêt Méditerranéenne, 15 (1): 69-74.

**Bonnet B., Aulong S., Goyet S., Lutz M. & Mathevet R. ; 2005** - Gestion intégrée des zones humides méditerranéennes : Conservation des zones humides. Tours du Valat, Arles, 160 p.

**Borcard D.; 1997**- Some notes on the interpretation of a factorial or canonical correspondence analysis. Université de Montréal, 11 p.

**Bos D., Bakker J.P., de Vries Y. & Van Lieshout S. ; 2002** - Long-term vegetation changes in experimentally grazed and ungrazed back-barrier marshes in the Wadden Sea. *Applied vegetation Science*, 5: 45-54.

**Bottema S. & Barkoudah Y. ; 1979** - Modern pollen precipitation in Syria and Lebanon and its relation to vegetation. *Pollen et Spores*, 21: 427-480.

**Bouahim S., Rhazi L., Ernoul L., Mathevet R., Amami B., Saber E., Muller S.D., Grillas P.; 2015** - Combining vulnerability analysis and perceptions of ecosystem services in sensitive landscapes: A case from western Moroccan temporary wetlands. *J. Nat. Conserv.*, 27: 1-9.

**Bouazza M. & Benabadi N. ; 2002** - Contribution à l'étude du cortège floristique de la steppe au Sud d'El Aricha (Oranie-Algérie). Sciences et Techniques, N° Spécial D, 11-19.

**Boulaacheb N. ; 2009** - Etude de la végétation terrestre et aquatique du djebel Mégriss (Nord tellien, Algérie). Analyse floristique, phytosociologique et pastorale. Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas, Sétif, 402 p.

**Boulaacheb N., Clément B. & Gharzouli R. ; 2011** - Les groupements végétaux des mares temporaires des hauts plateaux sétifiens (Djebel Mégriss, Nord tellien, Algérie). *Bull. Men. Soc. Linn.*, Lyon, 80 (7/8): 149-189.

**Bouldjedri M., de Belair G., Mayache B. & Muller S.D. ; 2011** - Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord : le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (Nord-Est algérien). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 557- 772.

**Boulos L. ; 1991** - Notes on *Suaeda* Forsk. ex Scop. Studies in the Chenopodiaceae of Arabia. *Kew Bulletin*, 46, 291-296.

**Boumezbeur A. ; 2004** - Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale. Ed. Direction Générale des Forêts, Alger, 105 p.

**Bourgon-Desroches M. ; 2010** - Evaluer le niveau d'intégrité écologique de la végétation d'un marais : le cas du marais de la pointe aux Epinettes, Parc National du Bic. Ecole Sup. Aménag. Territoire et Dévelop. Régional, Univ. Laval, Quebec, 67 p.

**Bournérias M. ; 1998** - Les Orchidées de France, Belgique et Luxembourg. Ouvrage collectif sous l'égide de la Société Française d'Orchidophilie. Ed. Biotopie, Paris, 504 p.

**Braun-Blanquet J. ; 1928** - Pflanzensoziologie. Springer Berlin, 216 p.

**Braun-Blanquet J. ; 1932** - Plant sociology. The study of plant communities. Ed. Mc Gray Hill, New York, 439 p.

**Braun-Blanquet J., Roussine N. & Negre R.; 1952** - Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. Ed. C.N.R.S, Carte des groupements végétaux. Montpellier, France, 297 p.

**Brun C. ; 2007** - Archéophytes et néophytes. Pour une nouvelle détermination des marqueurs polliniques de l'anthropisation. Le cas des milieux cultivés et rudéraux de Franche-Comté. Thèse Doctorat Sciences de la Vie et Environnement, Université de Franche Comté, Besançon, 430 p.

**Campbell I.D. ; 1991** - Experimental mechanical destruction of pollen grains. *Palynology* 15: 29-33.

**Campbell I.D. ; 1999** - Quaternary pollen taphonomy : examples of differential redeposition and differential preservation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 149: 245-256.

**Cehma A., Djebar M.R., Hadjadji F. & Rouabeh L. ; 2005**- Étude floristique spatio-temporelle des parcours sahariens du Sud-Est algérien. *Sécheresse*, 16: 275-285.

**Cehma A. ; 2005** - Étude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional algérien. Cas de la région de Ouargla et Ghardaïa. Thèse de Doctorat Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie, 198 p.

**Chenchouni H. ; 2012** – Diversité floristique d'un lac du Bas Sahara algérien. *Acta Botanica Malacitana*, 37: 33-44.

**Chessel D., Thioulouse J. & Dufour A.B. ; 2004** - Introduction à la classification hiérarchique. Fiche de Biostatistique-Stage 7, 56 p.

**Chessel D., Dufour A.B. & Thioulouse J. ; 2004** - The ade4 package-I: One-table methods. *R News*, 4: 5-10.

**Cheverry C. & Robert M. ; 1998** - La dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau. Une menace pour l'avenir de l'agriculture et pour l'environnement des pays au sud de la Méditerranée. *Etude et Gestion des Sols*, 5 (4): 217-226.

**Court-Picon M., Buttler A. & de Beaulieu J.L. ; 2005** - Modern pollen-vegetation relationships in the Champsaur Valley (French Alps) and their potential in the interpretation of fossil pollen records of past cultural landscapes. *Review of Paleobotany and Palynology*, 135: 13-39

**CPCS ; 1967** - Classification française des sols. Commission de Pédologie et Cartographie des Sols, INRA, Paris, 87 p.

- Daget P. ; 1980** - Sur les types biologiques botaniques en tant que stratégie adaptative (cas des thérophytes). In : *Recherches d'écologie théorique : les stratégies adaptatives*. Paris, 89-114.
- Daget P. & Gaston A. ; 2001**- La base FLOTROP et biodiversité des pâturages du Tchad oriental. *Systematics and Geography of Plants*, 71(2): 327-33.
- Dagnelie P. ; 1973** - L'analyse factorielle. In: "Whittaker R.H. Handbook of vegetation sciences: ordination and classification of communities. *The Hague Junk* : 223-248.
- Dakki M., El Fellah B., Fekhaoui M., El Houadi B. & Benhoussa A.; 2003** – Diagnostic pour l'aménagement des zones humides du Nord-Est du Maroc : 1 Embouchure de la Moulaya. MedWestCoast Maroc, 52 p.
- Daoud Y. ; 1993** - Contribution à l'étude des sols des plaines du Chélif. Le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux. Thèse Doctorat d'Etat , Institut National Agronomique, Alger.
- Daoud Y. & Halitim A. ; 1994** - Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse*, 5: 151-160.
- Davis M.B. ; 1963** - On the theory of pollen analysis. *American Journal of Science*, 261: 897-912.
- Davis C.P. & Fall P.L. ; 2001** - Modern pollen precipitation from an elevational transect in central Jordan and its relationship to vegetation. *Journal of biogeography*, 28: 1195-1210.
- Deil U.; 2005** - A review on habitats, plant traits and vegetation of ephemeral wetlands – a global perspective. *Phytocoenologia* 35, 533-705.
- Demnati F. ; 2013** - Biodiversité et enjeux socio-économiques des lacs salés (Chotts et Sebkhass) d'Algérie. Cas des Chotts Merouane et Melghir. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université Mohamed Khider, Biskra, 143 p.
- Dimanche P. & Schoenenberger A. ; 1970** - Description des milieux des Mogods et de Kroumirie. Institut National de Recherches Forestières, Tunis, 26 p.

**Djamai R.; 2007** - Contribution à l'étude de la salinité des sols et des eaux du système endoréique du lac Fetzara (Nord-Est algérien). Approche géochimique et évolution spatio-temporelle des phénomènes. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Institut National Agronomique, Alger, 167 p.

**Djili K. & Daoud Y. ; 2000** - Effect of rainfall rate on soil calcium and exchangeable sodium distributions in Northern Algeria. . *Sécheresse* ; 11 (1) : 37-43.

**Dobignard A. & Chatelain C. ; 2010-2013** – Index synonymique et bibliographique de la flore d'Afrique du Nord. Ed. Conservatoire et Jardins Botaniques, Genève. Vol. 1-5, 2236 p.

**Dray S., Dufour A.B. & Chessel D. ; 2007** - The ade4 package-II: Two-table and K-table methods. *R News*, 7: 47–52.

**Dufrene M. ; 2003** - Méthodes d'analyse des données écologiques et biogéographiques.

**Dumont B., Farruggia A. & Garel J.P.; 2007** - Pâturage et biodiversité des prairies permanentes. *Rencontre Recherche Ruminants*, 14, 17-24.

**Durand J.H. ; 1950** - Premiers résultats de l'étude des sols du lac Fetzara. Doc. inédit, Services des Etudes Scientifiques, Alger, 112p. + Carte.

**Elenga H., Schartz, D., Vincens A., Bertaux J., de Namur C., Martin L., Wirrmann D. & Servant M. ; 1996** - Diagramme pollinique holocène du lac Kitina (Congo) : mise en évidence de changements paléobotaniques et paléoclimatiques dans le massif forestier du Mayombe. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 323 (2): 403-410.

**El-Moslimany A.P. ; 1987** - The late Pleistocene climates of the Lake Zeribar region (Kurdistan, Western Iran) deduced from the ecology and pollen production of non arboreal vegetation. *Vegetatio*, 72: 131-139.

**Ennabili A. & Ater M. ; 1996** - Flore (Pteridophyta et Spermaphyta) des zones humides du Maroc : inventaire et écologie. *Acta Botanica Malacitana*, 21: 221-239.

**Faure E. ; 2012** - "Hautes terres" : l'anthropisation des monts d'Aubrac et du Lézou (Massif Central, France) durant l'holocène : approche palynologique des dynamiques socio- environnementales en moyenne montagne. Thèse de Doctorat en Géographie et aménagement, Université de Toulouse II, le Mirail, 312 p.

**Faurel L. ; 1947** - Flore du Lac Fetzara. Doc. inédit ; Services des Etudes Scientifiques, Alger.

**Favre E., Escarguel G., Suc J.P., Vidal G. & Thévenod L. ; 2008** - A contribution to deciphering the meaning of AP/NAP with respect to vegetation cover. *Review of Paleobotany and Palynology*, 148: 13-35.

**Ferchichi A. & Abdelkebir S. ; 2003** - Impact de la mise en défens sur la régénération et la richesse floristique des parcours en milieu aride tunisien. *Sécheresse*, 14 : 181-187.

**Ferchichi-Ben Jamaa H., Muller S.D., Daoud-Bouattour A., Gharbi-Gammar Z., Soulié Marsche I., Ouali M. & Ben Saad-Limam S. ; 2010** - Structures de végétation et conservation des zones humides temporaires méditerranéennes : la région des Mogods (Tunisie septentrionale). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 333: 265-279.

**Ferchichi-Ben Jamaa H., Muller S.D., Gharbi-Gammar Z., Rhazi L., Soulié-Marsche I., Gammar A.M., Ouali M., Ben Saad-Limam S. & Daoud-Bouattour A. ; 2014** - Influence du pâturage sur la structure, la composition et la dynamique de la végétation de mares temporaires méditerranéennes (Tunisie septentrionale), *Rev. Écol. (Terre Vie)* 69 : 196-213.

**Fustec E. & Lefeuvre C. ; 2000** - Fonctions et valeurs des zones humides. Ed. Dunod, Paris, 426 p.

**Gaillard M.J. ; 2007** - Pollen methods and studies. Archaeological applications. *Encyclopedia of Quaternary Science*, p. 2570-2595.

**Gaffarel P. ; 2004** - L'Algérie : histoire, conquête et colonisation : 1883. Ed. Jaques Gandini, Paris, 190 p.

**Galop D. ; 1998** - La forêt, l'homme et le troupeau dans les Pyrénées. 6000 ans d'histoire entre Garonne et Méditerranée. GEODE- Laboratoire d'écologie terrestre- FRAMESPA, Toulouse le Mirail, 285 p.

**Gaudin L. ; 2015** - Etude palynologique de prélèvements réalisés dans les fossés bordiers et dans un niveau sous-jacent à la voie antique située aux N° 11-17 rue des Tanneurs à Lyon (69). Rapport d'étude palynologique. Service archéologique de la ville de Lyon, 16 p.

**Gaussen H. ; 1963** - Écologie et phytogéographie. *Abbayes*, 39: 952-972.

**Gauthier-Lièvre L. ; 1931** - Recherches sur la flore des eaux continentales de l'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord* ; Mém. Hors Série, Alger, 299 p.

**Gehu J.M., Kaabèche M. & Gharzouli R. ; 1993** - Phytosociologie et typologie des habitats des rives des lacs de la région d'El Kala (Algérie). *Coll. Phytosociol.* XXII. Syntaxonomie typologique des habitats. Bailleul, pp. 297-331.

**Ghezlaoui B.E., Benabadji N., Benmansour D. & Merzouk A. ; 2011** - Analyse des peuplements végétaux halophytes dans le Chott El-Gharbi (Oranie-Algérie). *Acta Botanica Malacitana*, 36: 113-124.

**Ghrabi-Gammar Z., Daoud-Bouattour A., Ferchichi H., Mokhtar-Gammar A., Muller S.D., Rhazi L. & Ben Saad-Limam S. ; 2009** - Flore vasculaire rare, endémique et menacée des zones humides de Tunisie. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 64: 19-40.

**Goeury C. & de Beaulieu J.L. ; 1979** - A propos de la concentration du pollen à l'aide de la liqueur de Thoulet dans les sédiments minéraux. *Pollen et Spores*, 21 (1) (19/9): 239-251.

**Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N. & Perennou C. ; 2004** - Les mares temporaires Méditerranéennes. Volume 1 : Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion. Projet Life, Station Biologique, Tour du Valat, Arles, 120 p.

**Hachicha M. , Cheverry C. & Mhiri A. ; 2003** - Étude comparative de bonification de sols salés sous conditions naturelles et sous irrigation et drainage en milieu semi-aride. *Sécheresse* ; 14 (3): 143-147.

**Halitim A. ; 1988** - Sols des régions arides d'Algérie. Ed. Office des Publications Universitaires, Alger, 384 p.

**Hamel T., Séridi R., de Bélair G., Slimani A.R. & Babali B. ; 2013** - Flore vasculaire rare et endémique de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). *Rev. Sci. Techno. Synthèse* ; 26: 65 – 74.

**Hamel T. ; 2013** - Contribution à l'étude de l'endémisme chez les végétaux vasculaires dans la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie, 238 p.

**Hamel T., Séridi R., Bélair (de) G., Slimani A.R. & Balbali B. ; 2013** - Flore vasculaire rare et endémique de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien), *Revue Synthèse des Sciences et de la Technologie*, 26: 65-74.

**Hamel T. & Meddad-Hamza A. ; 2016** - Note sur les Orchidées de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien), *L'Orchidophile*, 211 (4): 79-86.

**Hamel T. & Boulemtafes A. ; 2017** - Floristic diversity of the Cap de Garde (North-East Algeria). *International Journal of Biosciences*, 10 (6): 131-149.

**Hammada S., Dakki M., Ibn Tattou M., Ouyahya A. & Fennane M. ; 2004** - Analyse de la biodiversité floristique des zones humides du Maroc. Flore rare, menacée et halophile. *Acta Botanica Malacitana*, 29: 43-66.

**Hammada S. ; 2007** – Etudes sur la végétation des zones humides du Maroc. Catalogue et analyse de la biodiversité floristique et identification des principaux groupements végétaux. Thèse de Doctorat, Université Mohammed V-Agdal, Rabat, 199 p.

**Hassani F. ; 2013** - Etude des Caelifères (Orthoptères) et caractérisation floristique (biodiversité floristique) de leur biotope dans des stations localisées à Tlemcen et Ain Temouchent. Régime alimentaire de *Calliptamus barbarus* et *Sphingonotus rubescens*. Thèse de Doctorat en Ecologie et Environnement, Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen, 199 p.

**Hatvany M.G. ; 2003** - Marshlands: Four centuries environmental change on the shores of the St Lawrens. Les Presses de l'Université Laval, Saint-Foy, Canada, 99 p.

**Haycock N.E. & Pinay G.; 1993** - Groundwater nitrate dynamics in grass and poplar vegetated riparian buffer strips during the winter. *Journal Environmental Quality*, 22 : 273–278.

**Heiri O., Lotter A.F. & Lemke J. ; 2001** - Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediment: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25: 101-110.

**Hjell K.L. ; 1997**- Relationship between pollen and plants in human influenced vegetation types using presence-absence data in western Norway. *Review of Paleobotany and Palynology*, 99: 1-16

**Ibncherif H. ; 2012** – Etude bio-géochimique en tourbière : paléoclimat et pollution anthropique. Cas du complexe humide de Guerbès-Sanhadja. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie, 128 p.

**Jackson S.T. ; 1990** - Pollen source area and representation in small lakes of the Northeastern United States. *Review of Paleobotany and Palynology*, 63: 53-76.

**Jacobson G.L. & Bradshaw R.H.W. ; 1881** - The selection of sites for paleovegetational studies. *Quaternary Research*, 16: 80-96.

**Jalut G. ; 1991** - Le pollen, traducteur de paysage agraire. In Guilaine J. (dir.), *Pour une archéologie agraire*. Ed. Armand Colin, Paris, p. 345-368.

**Janssen C.R. ; 1970** - Problems in the recognition of plant communities in pollen diagrams. *Vegetatio*, 20: 187-198.

**Jauzein P. ; 1995** - Flore des champs cultivés. Ed. INRA, Paris, 887 p.

**Jensen A. ; 1985** - The effect of cattle and sheep grazing on salt-marsh vegetation of Skallingen, Denmark. *Vegetation*, 60: 37-48.

**Joleaud L. ; 1936** - Etude géologique de la région de Bône et de La Calle. *Bull. Serv. Carte Géol.* Algérie ; Imp. Typo-litho et Cie, Alger ; 2 (12) : 185 p. + 4 pl.

**JORA ; 2012** - Décret exécutif du 18 janvier 2012, complétant la liste des espèces végétales non cultivées et protégées. Journal Officiel de la République Algérienne, N° 3-12/12 du 18-01-2012.

**Ketfi L. ; 1998** - Etude aéropalynologique de la région d'El-Hadjar. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, 123 p.

**Kiehl K., Eischeid I., Gettner S. & Walter J. ; 1996** - Impact of different sheep grazing intensities on salt marsh vegetation in northern Germany. *Journal of vegetation Science*, 7: 99-106

**Klein J.K. ; 1979** - Application de l'analyse factorielle des correspondances à l'étude phytosociologique de l'étage alpin des Pyrénées centrales. *Phytosociologia*, 5 : 125-188.

**Knaap van der W.O. ; 2009** - Estimating pollen diversity from pollen accumulation rates: a method to assess taxonomic richness in the landscape. *The Holocene*, 19: 159-163.

**Koull N. & Chehema A. ; 2013** – Diversité floristique des zones humides de la vallée de l'oued Righ (Sahara septentrional algérien). *Revue des Bio-Ressources*, 3 (2): 72-81.

**Lavagne A. & Rebuffel G. ; 2002** - Etude des marais et prairies marécageuses du nord-est et du centre-est du département du Var (France). *Bull. Soc. Linn. Provence*, 53: 91-122.

**Legendre P. & Legendre, L. ; 1998** - *Numerical ecology*, 2ème édition. Elsevier Science, Amsterdam, 157p.

**Le Houerou H.N. ; 1995** - Considérations biogéographiques sur les steppes arides du Nord de l'Afrique, *Sécheresse*, 6 : 167-182.

**Lipshitz N., Gophna R., Hartman M. & Biger G. ; 1991** - The beginning of olive (*Olea europaea*) cultivation in the Old World: A reassessment. *Journal of Archaeological Science*, 18: 441-453.

**Liu H., Cui H., Pott R. & Speier, M. ; 1999** - The surface pollen of the woodland-steppe ecotone in southeastern Mongolia, China. *Review of Paleobotany and Palynology*, 105: 237-250.

**Loisel R. ; 1976** - La végétation de l'étage méditerranéen dans le Sud-Est continental français. Thèse Doctorat, Université Aix-Marseille III, 384 p.

**Lorenzoni C. & Paradis G. ; 2000** - Phytosociologie de mares temporaires méditerranéennes: les Tre Padule et la Padule Maggiore (Suartone, commune de Bonifacio, Corse). Coll. Phytosociol. XXVII: 571-587.

**Luz C.F.P., Barth O.M. & Silva C.G. ; 2005** - Spatial distribution of palynomorphs in the surface sediments of the Lagoa do Campelo lake, North region of Rio de Janeiro State, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19 (4): 741-752.

**Madon O. & Médail F. ; 1996.**- The ecological significance of annuals on a Mediterranean grassland (Mt Ventoux, France). *Plant Ecol.*, 129 : 189-199.

**Maire R. ; 1957** – Flore de l'Afrique du Nord. Vol. 1-16, Ed. Paul Lechevalier, Paris, 5559 p.

**Maire R., 1952-1987** – Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). Vol. 1-16, Ed. Paul Lechevalier, Paris, 5559 p.

**Malo, J.E. & F. Suarez F. ; 1995** - Establishment of pasture species on cattle dung: the role of endozoochorous seeds. *Journal of Vegetation Science*, 6: 169-174.

**Mandaluniz N., Aldezabal A. & Oregui L.M.; 2009** - Atlantic mountain grassland heathlands: structure and feeding value. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7: 129-136.

**Markgraf V. ; 1980** - Pollen dispersal in a mountain area. *Grana*, 19: 127-146.

**Marre A. ; 1992** - Le Tell oriental algérien, de Collo à la frontière tunisienne : Etude géomorphologique. Office des Publications Universitaires, Alger ; Vol. 1-2 ; 624 p.

**Mazier F. ; 2006** - Modélisation de la relation entre pluie pollinique actuelle, végétation et pratiques pastorales en moyenne montagne (Pyrénées et Jura). Application pour l'interprétation des données polliniques fossiles. Thèse de Doctorat en Sciences de la Vie et environnement, Université de Franche Comté, Besançon, 247 p.

**Médail F. & Diadema K.; 2009**- Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography*, 36 : 1333-1345.

**Megharbi A., Abdoun F. & Belgherbi B. ; 2016** – Diversité floristique en relation avec les gradients abiotiques dans la zone humide de la Macta (Ouest d'Algérie). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 71 (2): 142-155.

**Miras Y. ; 2004** - L'analyse pollinique du plateau de Millevaches (Massif central France) et des sites périphériques limousins et auvergnats. Approche des paléo-environnements, des systèmes agro-pastoraux et évolution des territoires ruraux. Laboratoire de Chrono-écologie, Université de Franche Comté, Besançon, 300 p.

**Momo Solefack M.C. ; 2009** - Influence des activités anthropiques sur la végétation du Mont Oku (Cameroun). Thèse de Doctorat en Biologie-Santé, Université de Picardie, Amiens et Université de Youndé 1, 161 p.

**Moore P.D., Webb J.A. & Collinson M.E. ; 1991** - Pollen analysis. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, 216 p.

**Muller S.D., Daoud-Bouattour A., Belouahem-Abed D., Ben Saad-Limam S., Benslama M., Ferchichi-Ben Jamaa H., Rhazi L. & Ghrabi-Gammar Z.; 2010** - Peat mosses (*Sphagnum*) and related plant communities of North Africa. I. The Numidian-Kroumirian range (Algeria-Tunisia). *Fl. Medit.*, 20: 159-178.

**Muller S.D., Rhazi L., Saber E., Rifai N., Daoud-Bouattour A., Bottollier-Curtet M., Ben Saad-Limam S. & Ghrabi-Gammar Z.; 2011** - Peat mosses (*Sphagnum*) and related plant communities of North Africa. II. The Tingitanean-Rifan range (northern Morocco). *Nova Hedw.*, 93: 335-352.

**Nielsen A.B. ; 2004** - Modelling pollen sedimentation in Danish lakes at C. AD 1800: an attempt to validate the POLLSCAPE model. *Journal of Biogeography*, 31: 1693-1709.

**N’Klo Ouattara N.K. & Louppe D. ; 1998** – Influence du pâturage sur la dynamique de la végétation ligneuse en Nord Côte d’Ivoire. Séminaire : Aménagement Intégré des Forêts Naturelles des Zones Tropicales Sèches en Afrique de l’Ouest, Ouagadougou, Burkina Fasso, 16-21 novembre 1998, 12 p.

**Papayannis T. ; 2010** - Un patrimoine à préserver. Les zones humides méditerranéennes. Ed. Buchet Chastel, Paris, 192 p.

**Pearson T.H. & Rosenberg R.; 1978** - Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanographic Marine Biology*. **6**, 230-306.

**Pignatti S. ; 1982** - Flora d’Italia. Vol.1-3, (Reprint 1997), Ed. Edagricole, Bologna, Italia, 2302p.

**Podani J., Csontos P. & Tamas J.; 2000** - Additive trees in analysis of community data. *Community Ecology*, 1 : 1-9.

**Quézel P. ; 1956** - Contribution à l’étude des forêts de chêne à feuilles caduques d’Algérie. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 1: 1-57.

**Quezel P. & Santa S. ; 1962-1963** - Nouvelle flore d’Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS, Paris ; Vol. 1-2 ; 1170 p.

**Quezel P. ; 1998** - La végétation des mares transitoires à isoètes en région méditerranéenne : intérêt patrimonial et conservation. *Ecologia Mediterranea*, 24 (2): 111-117.

**Quézel P. ; 2002** - Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 112 p.

**Quézel P. & Médail F. ; 2003** - Écologie et biogéographie des forêts du Bassin méditerranéen, Elsevier, Paris, 573 p.

**Raunkiaer C.; 1934** - The life forms of plants and statistical plant. Geography Claredon press, Oxford, 632 p.

**R Core Team ; 2013** - R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. (<http://www.R-project.org/>).

**Reille M. & Lowe J.J. ; 1993** - A re-evaluation of the vegetation history of the eastern Pyrenees (France) from the end of the last glacial to the present. *Quaternary Science Reviews*, 12: 47-77.

**Reille M. & Andrieu V. ; 1995** - The late Pleistocene and Holocene in the Lourdes basin, Western Pyrenees (France) : new pollen analytical and chronological data. *Vegetation History and Archeobotany*, 4: 1-21.

**Reille M. ; 1990** - Leçon de palynologie et d'analyse pollinique. Ed. CNRS, Paris, 206 p.

**Reille M. ; 1992** - Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille, Ed. CNRS, Paris, 446 p.

**Reille M. ; 1995** - Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord–Supplément 1. Marseille, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille, Ed. CNRS, Paris, 294 p.

**Reille M. ; 1998** - Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord–Supplément 2. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille, Ed. CNRS, Paris, 520 p.

- Reille M.; 1992-1998** - Pollens et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Atlas photographique, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologique, CNRS, Marseille, 1260 p.
- Rhazi L., Rhazi M., Grillas P. & El Khyari D.; 2006** - Richness and structure of plant communities in temporary pools from western Morocco: influence of human activities. *Hydrobiologia*, 570: 197-203.
- Rhazi L., Grillas P, Saber E., Rhazi M., Brendonck L. & Waterkeyn,A.; 2012** - Vegetation of Mediterranean temporary pools: a fading jewel ? *Hydrobiologia* 689: 23-36.
- Rhazi M., Grillas P., Médail F. & Rhazi L.; 2005** - Consequences of shrub clearing on the richness of aquatic vegetation in oligotrophic seasonal pools in Southern France, *Phytocoenologia*, 26: 489–510.
- Rigolot E. ; 1997** - Incendie et biodiversité en région méditerranéenne française. *Forêt méditerranéenne*, 18: 35-38.
- Ritchie J.C. ; 1984** - Analyse pollinique de sédiments holocènes supérieurs des hauts plateaux du Maghreb oriental. *Pollen et Spores*, 26 (3-4): 489-496.
- Roche E. ; 1991** - Evolution des paléoenvironnements en Afrique centrale et orientale au Pléistocène supérieur et à l'Holocène. Influences climatiques et anthropiques. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 27: 187-208.
- Saidi D., Le Bissonnais Y., Duval O., Daoud Y. & Halitim A. ; 2004** - Effet du sodium échangeable et de la concentration saline sur les propriétés physiques des sols de la plaine du Chelif (Algérie). *Etude et Gestion des Sols*, 11 (2): 137-148.
- Salgado-Labouriau M.L.; 2001**- Reconstruindo as comunidades vegetais e o clima no passado. *Revista Humanidades*, 48: 24-40.

**Schoellammer P. ; 1997** - Recherche des signatures paléoclimatiques dans les remplissages lacustres fini- et postwürmiens du Locle (Neuchâtel, Suisse) et d'Ilay (Jura, France) à partir des analyses palynologiques, minéralogiques et géochimiques. Thèse de Doctorat, Université de Neuchâtel/ Université de Franche-Comté, Neuchâtel/Besançon, 346 p.

**Schroder H.K., Kiehl K. & Stock M. ; 2002** - Directional and non-directional vegetation changes in a temperate salt marsh in relation to biotic and abiotic factors. *Applied Vegetation Science*, 5: 33-44.

**Shannon C.E.; 1984** - A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.

**Skinner J. & Zalewski S. ; 1995** - Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes. Tour du Valat, Arles, 78 p.

**Souche R. ; 2009** - Orchidées de Genova à Barcelona. Ed. Sococor, St Martin de Londres, 222 p.

**Stanbouli-Essassi S. ; 2003** - Etude palynologique en Tunisie septentrionale et reconstitution de l'évolution de l'environnement de 40 000 ans à l'époque présente. Thèse de Doctorat, Université de Liège, Belgique, 116 p.

**Subba-Reddi C. & Reddi N.S. ; 1986** - Pollen production in some anemophilous angiosperms. *Grana* , 25: 55-61.

**Sugita S. ; 1993**- A model of pollen source area for an entire lake surface. *Quaternary Research*, 39: 239-244.

**Sugita S., Gaillard M.J. & Broström A. ; 1999** - Landscapes openness and pollen records: a simulation approach. *The Holocene*, 9 (4): 409-421.

**Tessier M., Vivier J.P., Ouin A., Gloaguen J.C. & Lefeuvre J.C. ; 2003** - Vegetation dynamics and plant species interactions under grazed and ungrazed conditions in a western European salt marsh. *Acta Oecologica*, 24: 103-111.

**Ter Braak C.J.F.; 1995** - Ordination: Data analysis in community and landscape ecology. in: Jongman R.H.G., Ter Braak C.J.G. & Van Tongeren O.F.R. (eds). Ordination: Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, 291 p.

**Toledo M.B., Barros M.A. & Barth O.M. ; 1994** - Contribuição a palinologia da lagoa Salgada, Rio de Janeiro. In: VIII Reunião de Paleobotanicos e Palinolocos. Boletim de Resumos, São Paulo, 81 p.

**Travers L. ; 1958** – La mise en valeur du lac Fetzara. *Annales de Géographie*, 67 (361): 260-262

**Tyson R.V. ; 1995** - Sedimentary Organic Matter. Ed. Chapman and Hall, London, 614 p.

**Van Wieren S.E.; 1995** - The potential role of large herbivores in nature conservation and extensive land use in Europe. *Biol. J. Linnean Soc.*, 56: 11–23.

**Vela E. & Benhouhou S. ; 2007** - Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 330: 589-605.

**Vincens A., Dubois M.A., Guillet, B., Achoundong G., Buchet G., Kamgang Kabeyene Beyala V., de Namur C. & Riera, B. ; 2000** - Pollen rain-vegetation relationships along a forest-savanna transect in southeastern Cameroon. *Review of Paleobotany and Palynology*, 110: 191-208.

**Walter K.S. & Gillett H.J.; 2017** - IUCN red list of threatened plants. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre. IUCN–the World Conservation Union. Gland, Switzerland & Cambridge, UK. 275p.

**Whittaker R.H.; 1972** - Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*, 21: 213-251.

**Wilmshurst J.M. & Mc Glone M.S. ; 2005** - Origin of pollen and spores in surface lake sediments: Comparison of modern palynomorph assemblages in moss cushions, surface soils and surface lake sediments. *Review of Paleobotany and Palynology*, 136: 1-15.

**Ybert J.P., Salgado-Laboriau M.L., Barth O.M., Lorscheitter M.L., Barros M.A., Chaves S.A.M., Luz C.F.P., Ribeiro M., Scheel R. & Vicentini K.R.F. ; 1992** – Sugestoes para padronizacao da metodologia empregada para estudos palinologicos do Quaternario. *Rev. Inst. Geol.*, Sao Paulo, 13: 47-49.

**Zohary M. ; 1973** - Geobotanical foundation of the Middle East. Ed. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 739 p.

### **Webographie**

<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr>

<http://gdebelair.com/>

<http://www.R-project.org/>

## LISTE DES FIGURES

<b>CHAPITRE 0. INTRODUCTION</b> .....	10
<b>CHAPITRE I. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SITE ETUDIE</b> .....	14
<b>Figure 1.</b> Situation géographique du lac Fetzara .....	15
<b>Figure 2.</b> Carte géomorphologique de la région du lac Fetzara (Marre, 1987).....	19
<b>Figure 3.</b> Le bassin versant du lac Fetzara (AJCI, 1985).....	20
<b>Figure 4.</b> Répartition des classes de sols du lac Fetzara (AJCI, 1985).....	23
<b>Figure 5.</b> Présentation des données thermiques de la région de Annaba.....	27
<b>Figure 6.</b> Hauteurs moyennes mensuelles des précipitations de la région de Annaba (1982-2011).....	27
<b>Figure 7.</b> La fréquence des vents de la région de Annaba (1978-1998).....	28
<b>Figure 8.</b> Bilan hydrique climatique de la zone d'étude. ....	29
<b>Figure 9.</b> Diagramme pluviothermique de Gaussen (1954) pour la région de Annaba (1982- 2011).....	30
<b>Figure 10.</b> Etage bioclimatique de la région de Annaba selon le climagramme d'Emberger (1954).....	32
<b>CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES</b> .....	33
<b>Figure 11.</b> Carte de localisation des points d'échantillonnage.....	37
<b>CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION</b> .....	42
<b>Figure 12.</b> Distribution des fractions granulométriques des sols.....	43
<b>Figure 13.</b> Distribution des classes du pH des sols.....	44
<b>Figure 14.</b> Différentes classes de conductivité électrique des sols.....	44
<b>Figure 15.</b> Répartition des classes de CEC des sols.....	45
<b>Figure 16.</b> Répartition globale des bases échangeables des sols.....	46

<b>Figure 17.</b> Les classes de calcaire total des sols.....	46
<b>Figure 18.</b> Distribution des différentes classes de matière organique des sols.....	47
<b>Figure 19.</b> Les différentes classes de l'azote total dans les sols.....	48
<b>Figure 20.</b> Les classes du phosphore assimilable dans les sols.....	48
<b>Figure 21.</b> <b>a.</b> photo d'une mare à <i>Juncus</i> et <i>Typha domingensis</i> ; <b>b.</b> photo d'une mare à <i>Callitriche obtusangula</i> ; <b>c.</b> photo d'une mare à <i>Schoenoplectiella supina</i> , <i>Schoenoplectus lacustris</i> ; <b>d.</b> photo d'une mare à <i>Ranunculus aquatilis</i> L. (Clichés Djamaï Z. & Hamel T. 2015).....	52
<b>Figure 22.</b> <b>a</b> - Photo de <i>Moraea sisyrrinchium</i> (L.) Ker Gawl. <b>b</b> - Photo de <i>Echium sabulicolum</i> Pomel subsp. <i>sabulicolum</i> . <b>c</b> - Photo de <i>Cladanthus mixtus</i> (L.) Chevall. <b>d</b> - Photo de <i>Ranunculus arvensis</i> L. <b>e</b> - Photo de <i>Melilotus indicus</i> (L.) All. <b>f</b> - Photo de <i>Sonchus oleraceus</i> L. (Clichés Djamaï Z. & Hamel T., 2015).....	53
<b>Figure 23.</b> <b>a.</b> photo de <i>Ophrys tenthredinifera</i> Willd. subsp. <i>Tenthredinifera</i> ; <b>b.</b> photo de <i>Serapias strictiflora</i> Da Veiga (Clichés Djamaï Z. & Hamel T., 2015).....	54
<b>Figure 24.</b> Les familles les plus représentées dans la région d'étude.....	55
<b>Figure 25.</b> Photo de <i>Salsola soda</i> L. (Cliché Djamaï Z. & Hamel T., 2015).....	56
<b>Figure 26.</b> Photo de <i>Ziziphus lotus</i> (L.) Lam (Cliché Djamaï Z. & Hamel T., 2015).....	56
<b>Figure 27.</b> Spectre global des types biologiques de la région d'étude.....	58
<b>Figure 28.</b> Répartition des types biogéographiques dans la région d'étude.....	59
<b>Figure 29.</b> <b>a.</b> Photo de <i>Oenanthe virgata</i> Poir. ; <b>b.</b> <i>Scrophularia tenuipes</i> Coss. & Durieu ; <b>c.</b> <i>Hyacinthoides lingulata</i> (Poir.) Rothm. ; <b>d.</b> <i>Daucus virgatus</i> (Poir.) Maire ; <b>e.</b> <i>Scrophularia laevigata</i> Vahl subsp. <i>Laevigata</i> ; <b>f.</b> <i>Galactites mutabilis</i> Durieu (Clichés Djamaï Z. & Hamel T., 2015).....	61
<b>Figure 30.</b> Dendrogramme des espèces de lac Fetzara.....	64
<b>Figure 31.</b> Dendrogramme des relevés de lac Fetzara.....	64
<b>Figure 32.</b> Plan factoriel 1/2 de 152 espèces X 11 relevés.....	67
<b>Figure 33.</b> Plan factoriel 1/2 de 11 relevés X 152 espèces.....	67
<b>Figure 34.</b> Plan factoriel 1/3 de 152 espèces X 11 relevés.....	69
<b>Figure 35.</b> Plan factoriel 2/3 de 152 espèces X 11 relevés.....	70
<b>Figure 36.</b> Carte de l'analyse canonique des correspondances (8 stations x 68 espèces x 6 variables environnementales).....	71

<b>Figure 37.</b> Analyse Linéaire Discriminante sur les assemblages des 8 stations X 6 variables environnementales.....	73
<b>Figure 38.</b> Impact anthropique dans le lac Fetzara ; à gauche : le surpâturage ; à droite : incendie) (Clichés Djamai Z. & Hamel T., 2015).....	77
<b>Figure 39.</b> Pourcentage de grains de pollen de la strate arborée.....	79
<b>Figure 40.</b> Pourcentage de grains de pollen de la strate herbacée.....	84
<b>Figure 41.</b> Pourcentage de grains de pollen de la strate hygrophytique.....	86
<b>Figure 42.</b> Photos de grains de pollen.....	89

## LISTE DES TABLEAUX

<b>CHAPITRE 0. INTRODUCTION</b> .....	10
<b>CHAPITRE I. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SITE ETUDIE</b> .....	14
<b>Tableau 1.</b> Répartition de la superficie des formations topographiques du lac Fetzara (AJCI, 1985) .....	19
<b>Tableau 2.</b> Distribution des différentes classes de sols.....	22
<b>Tableau 3.</b> Distribution des terres agricoles du lac Fetzara (AJCI, 1985).....	25
<b>Tableau 4.</b> Données climatiques moyennes mensuelles de la région du lac Fetzara (Annaba – Les Salines : 1982 – 2011).....	26
<b>Tableau 5.</b> Fréquence des vents de la région de Annaba (1978-1998).....	28
<b>Tableau 6.</b> Indices d’aridité de de Martonne (1926) de la région de Annaba (1978-1998).....	31
<b>CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES</b> .....	33
<b>CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION</b> .....	42
<b>Tableau 7.</b> Les familles les plus représentées dans la région du lac Fetzara.....	54
<b>Tableau 8.</b> Les types biogéographiques en pourcentage dans la zone d’étude.....	59
<b>Tableau 9.</b> Liste des espèces végétales spontanées les plus intéressantes rencontrées dans la sur lac Fetzara.....	62
<b>Tableau 10.</b> Les valeurs propres de l’AFC.....	63
<b>Tableau 11.</b> Mesure de la diversité végétale pour les 8 relevés échantillonnés.....	75
<b>Tableau 12.</b> Listes des espèces herbacée présentent et peu productrices de pollen (<1%).....	84
<b>Tableau 13.</b> Liste des espèces herbacées non représentés par leur pollen.....	87

