

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE
MEMOIR EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
DE MAGISTERE EN SCIENCES AGRONOMIQUES
Option : Ecologie des communautés biologiques

Etude de la végétation du lac de Reghaïa
étude phytosociologique, dynamique et
cartographique

DERGHAL Narimane Karima Eps BENMOUSSA

Promoteur : M^r ABDELKRIM Hassen Professeur ENSA
22 FEVRIER 2010

JURY: **Président** : Mr SELLAMI Mahdi Professeur ENSA **Examineur** : M^{me} BENTERKHICINadjla
Attachée de recherche INCT **Examineur** : M^{me} KHELIFI Houria Maître de conférences ENSA MADR
Examineur : M^r BELOUAD Abdelghani Chargé d'études et de synthèses

Table des matières

Dédicace . . .	5
Remerciements . . .	6
Résumé . . .	7
Summary . . .	8
Liste des Abréviations . . .	9
INTRODUCTION GENERALE . . .	10
CHAPITRE I Présentation de la zone d'étude . . .	13
I- Caractéristiques du milieu physique . . .	13
1. Situation géographique et administrative . . .	13
2. Historique du lac de Réghaïa . . .	13
3. Topographie . . .	15
4. Hydrographie . . .	15
5. Géologie . . .	18
6. Pédologie . . .	18
7. Climatologie . . .	18
II- Cadre Biotique . . .	24
1- Les écosystèmes de la zone humide de Réghaïa . . .	24
2- La faune terrestre . . .	25
3- La richesse floristique . . .	30
4- Le cadre phytogéographique . . .	31
III- Les aspects socio-économiques . . .	32
1- Les activités urbaines . . .	33
2- Les activités industrielles . . .	33
3- Les activités agricoles . . .	33
4- Les activités touristiques . . .	34
CHAPITRE II : Méthodologie générale . . .	35
I- Etude de la végétation . . .	35
1- Méthodologie générale . . .	35
2- Traitement des données . . .	36
II- Approche cartographique et télédétection . . .	40
1- Utilisation des données spatiales et exogènes pour le suivi de la végétation . . .	40
2- Méthodologie du suivi cartographique . . .	41
3- Caractéristiques des données spatiales et photos aériennes . . .	41
4- L'outil informatique utilisé . . .	42
5- Traitement des données exogènes . . .	43
6- Notion de bases sur le système d'information géographique (SIG) . . .	48
7- Les domaines d'applications . . .	51
CHAPITRE III : Résultats et interprétations . . .	52
I- Traitement des données floristiques par l'AFC . . .	52
1- Analyse factorielle globale . . .	52

2-Analyse factorielle partielle . . .	56
II- Méthode phytosociologique . . .	66
1-Etude syntaxonomique . . .	66
2-Le schéma syntaxonomique . . .	68
III-Description des groupements végétaux . . .	69
1- Association à <i>Typha latifolia</i> Pignatti 1953 . . .	69
2- Groupement à <i>Oxalis cernua</i> . . .	71
3- Groupement à <i>Ranunculus macrophyllus</i> . . .	72
4- L'Oleo lentiscetum . . .	75
VI-Combinaison des données exogènes et spatiales dans le suivi de la dynamique de la végétation . . .	76
1-Traitement des données . . .	77
2- La réalisation des cartes d'occupation du sol multi –date . . .	89
3-Réalisation des cartes de la physionomie de la végétation . . .	95
4-Approche diachronique : éléments d'évolution par comparaison des cartes et de l'image Quickbird . . .	100
Conclusion générale . . .	106
Références bibliographiques . . .	108
ANNEXE . . .	115
ANNEXE I . . .	115
ANNEXE II . . .	116
ANNEXE III . . .	117
ANNEXE IV . . .	118
ANNEXE V . . .	120
ANNEXE VI . . .	121
ANNEXE VII . . .	122
ANNEXE VIII . . .	123
ANNEXE Les différents facies de la Zone Humide du Lac de Réghaïa . . .	124
ANNEXE Photos aériennes 1980 . . .	125
ANNEXE Photos aériennes 2003 . . .	126
ANNEXE Image satellite Landsat ETM+2001 . . .	127

Dédicace

Je dédie ce modeste travail A la mémoire de mon père et de mes deux petits anges Mouhamed Nazim et Mellissa que dieu ai leurs âmes A ma mère Hadria lumière de ma vie , qui m'a offert son amour, assuré son encouragement, son soutien , son aide , sa confiance , qui m'a donné tout ce dont elle dispose pour faire de moi ce que je suis ; qu'elle considère que ce modeste travail est pour moi un cadeau que je puisse lui offrir ; que Dieu lui accorde longue et heureuse vie ; A mon amour de mari Khaled que j'ai toujours trouvé à mes côtés, pour son soutien, ses conseils et surtout pour avoir supporté mes caprices. A mon adorable petit poupon Nazim A ma belle famille a sa tête mon beau père Makhlouf et a Tata Baya. A mes très chers frères Mehdi et Lyes, mes belles sœurs Amira et Lamia ainsi qu'à mon petit neveu Racim A toute ma famille, grands et petits particulièrement ma grand-mère Mani. A tous mes ami(e)s Narimane

Remerciements

Si ce modeste travail a pu prendre forme, c'est grâce à la contribution de plusieurs personnes dont j'ai aujourd'hui le grand plaisir de remercier.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements tout particulièrement à monsieur SELLAMI .M., Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'agronomie d'El Harrach, pour ses conseils, sa disponibilité, son soutien et d'avoir accepté de présider le jury.

J'exprime également mes sincères remerciements à monsieur ABDELKRIM. H., Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'agronomie d'El Harrach, d'avoir encadré ce travail avec beaucoup de patience et pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail.

Je tiens aussi à remercier et témoigner toute ma gratitude à madame BENTERKHICI. N., chargé de recherche au Centre National des Techniques Spatiales d'Arzew, pour toute l'attention et la confiance qu'elle m'a accordée, pour m'avoir fait bénéficier de ses connaissances et conseils qui m'ont permis de prendre les bonnes orientations.

Il m'est agréable d'adresser aussi mes sincères remerciements à madame KHELIFI. H., Maître de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure d'agronomie d'El Harrach, pour avoir accepté de juger mon travail

Je ne remercierai jamais assez monsieur BELOUAD. A., qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance éternelle pour son aide et l'intérêt qu'il a manifesté pour ce travail et pour avoir honoré mon invitation à ce jury.

Mes remerciements s'adressent également à monsieur ARIZOU, Directeur du Centre National des Techniques Spatiales d'Arzew, pour sa confiance et de m'avoir donné l'opportunité de faire une formation au sein de son établissement qu'il trouve ici toute ma reconnaissance.

Je tiens à remercier monsieur YOUSFI. D., Chef du laboratoire de télédétection(CNTS) qui a mis à ma disposition toute la documentation et la logistique disponible, et pour les conseils qu'il m'a apporté.

Que mon beau père trouve ici l'expression de ma gratitude pour ses conseils et son aide.

Je remercie mon oncle LAKHLEF. Ibrahim pour les conseils qu'il m'a apporté la disponibilité qu'il m'a octroyé, je lui exprime ma vive gratitude.

Je ne manquerai pas d'adresser mes vifs remerciements à monsieur TALEB. A., Directeur du Centre Cynégétique de Réghaïa, et à l'ensemble du personnel particulièrement pour leur soutien moral et amical.

Mes remerciements s'adressent également à Rafik et Lotfi pour leurs aides et leurs disponibilités.

A la mémoire de Monsieur BELOUED, pour sa précieuse aide dans la reconnaissance de la flore.

A tous ceux et celles qui, de loin ou de près, ont contribué à la concrétisation de ce mémoire particulièrement à Mohamed de la bibliothèque centrale de l'ENSA et à SAID du DPGR et surtout à monsieur BICHE.

Résumé

La zone humide du lac de Réghaïa représente un type de zone humide unique au niveau de la région biogéographique de l'algérois, elle se situe à 30Km à l'Est d'Alger et se trouve à mi-chemin des voies migratoires classiques de Gibraltar et du détroit Sicilo-Tunisien. Pour, une meilleure connaissance de la répartition et de la dynamique de la végétation au niveau de la zone d'étude, on a décrit dans un premier volet les principaux groupements végétaux qui contribuent à définir la végétation du lac à travers la récolte de 219 relevés ayant fait l'objet d'une analyse numérique : l'A.F.C et la (C.A.H), ceci nous a permis de faire ressortir 4 groupements appartenant à différentes classes. Ces groupements sont :

- Groupement à **Oxalis cernua** (classe des Stellarietea mediae),
- Groupement à **Typha latifolia** (classe des Phragmitetea communis),
- Groupement à **Ranunculus macrophyllus** (classe des Ranunculo macrophylli-Juncetum inflexi)
- Groupement à **Olea europaea** et **Pistacia lentiscus** (classe des Quercetea illicis),

Le traitement des images satellitaires (les images satellitaires Landsat et QuikBird) et l'intégration des données exogènes (les photographies aériennes et les cartes topographiques) au sein d'un SIG, nous a permis dans un second volet de décrire et d'identifier la répartition des différents groupements végétaux et de mettre en évidence leur dynamique dans le temps et dans l'espace (spatiotemporelle).

Grâce à ces applications nous avons pu élaborer différentes cartes thématiques, qui facilitent l'observation de l'évolution du couvert végétal sur une période de 26ans (1980-2006), afin d'envisager des programmes de restauration et de gestion durable de ce milieu naturel.

Les résultats obtenus ont montré une grande dégradation au niveau de la zone humide, d'où la nécessité d'accorder une attention particulière à la protection et la conservation de ces milieux.

Mots clés : Zone humide, Algérie, phytosociologie, groupement végétaux, Biodiversité, dynamique de la végétation, télédétection, SIG, gestion durable.

Summary

The humid zone of the Réghaïa lake represents a type of unique humid zone at the level of the phytogeographic Algiers area. It's in 30km east Algiers and through the middle of the classical migratory ways of Gibraltar and Sicily-Tunisia strait. For a better knowledge of distribution and vegetation dynamics at the level of the zone of study, we represented in the 1st chapter, the main plant groupings which contribute to define the vegetation of the lake across harvest of 219 samples, having made the object of a numerical analysis belonging to different classes of vegetation. These groupings are:

- Grouping in *Oxalis cernua* (class of *Stellaria media*),
- Grouping in *Typha latifolia* (class of *Phragmitetea communis*),
- Grouping in *Ranunculus macrophyllus* (Association of *Ranunculo macrophyllus*-*Juncetum inflexi*),
- Grouping in *Olea europaea* and *Pistacia lentiscus* (class of *Quercetea illicis*).

The treatment of the Landsat and Quik Bird satellite pictures and the incorporation of data exogenous (The air photographs and topographical cards within GIS, allowed us in the 2nd chapter, to represent and identify the distribution of different vegetal groupings, and to put in an obvious place their dynamics in time and space.

With these applications, we could work out different thematic cards which make , the observation of the evolution of plant place settings over a period of 26years (1980-2006) easier, in order to envisage programs of rehabilitation and lasting management of this naturel environment.

Acquired results showed a big deterioration at the level of the humid zone, from which the necessity to grant a particular attention in protection and concervation of these environment.

Key words: Humid zone, Algeria, phytosociology, biodiversity, vegetation dynamics of vegetation, télédetection, SIG, durable gestion.

Liste des Abréviations

- **AFC** : Analyse Factorielle des Correspondences
- **ANRH** : Agence Nationale des ressources hydriques
- **APAR** : Rayonnement Photo synthétiquement Actif Absorbé
- **BDG** : Systèmes de Gestion de Bases de Données (SGBD).
- **CAH** : Classification Ascendante Hiérarchique
- **CITES** : Convention sur le Commerce International des Espèces de Faune et Flore sauvages menacées d'extinction.
- **CNIG** : Conseil National de l'Information Géographique.
- **CNTS** : Centre National des Techniques Spatiales (Arzew)
- **DSA** : Direction des Services Agricoles
- **EAC** : Exploitation Agricole Commune
- **EGZIB** : Entreprise de Gestion de la Zone Industrielle de Boumerdes
- **ENVI** : « *The Environment For Visualizing Images* » version 4.2 : Logiciel de traitement des données de Télédétection
- **ETM+** : le capteur *Enhanced Thematic Mapper Plus*
- **I.N.C** : Institut National de Cartographie
- **GPS** : Système de positioning Géographique
- **Landsat 7 ETM+** : *Land Satellite n°7* (Satellite)
- **Mapinfo 7.5** : ce Logiciel traite et cartographie l'information géographique
- **MSS** : *Multi Spectral Scanneur*
- **NDVI ou NVI** : Indice de Végétation Normalisé
- **ONM** : Office National de Météorologie
- **PAC** : Plan d'Aménagement Côtier
- **PC-ORD** : Logiciel de traitement et d'ordination
- **Quikbird** : Satellite
- **RBV** : *Return Beam Vidicon*
- **SIG** : Système d'Information Géographique
- **TM** : capteur *Thematic Mapper*
- **UICN** : Union Internationale de la Conservation de la Nature

«Des éléments bougent, des mutations se préparent, des évolutions s'amplifient ou au contraire s'atténuent. Être attentifs à ces frémissements, les suivre dans leur durée, les estimer à défaut de les mesurer, c'est questionner à la fois les conflits engendrés au sein des rapports homme/nature et un futur possible qui sans cesse se décompose et se recompose » (Arrus, 2002) »

INTRODUCTION GENERALE

Les zones humides constituent des territoires d'exception mondialement renommés pour leur patrimoine naturel et sont considérées comme les plus riches et les plus productives biologiquement.

En effet, de très importantes étendues de zones humides ont déjà disparu ou sont en phase de dégradation, aussi bien dans les pays développés que dans les pays en voie de développement. Les dégâts sont causés soit directement par une conversion de ces écosystèmes en agriculture intensive, ou en zones résidentielles et industrielles, soit indirectement par les impacts négatifs générés par les activités économiques dans les régions qui leur sont adjacentes.

Le problème de ces zones a souvent été soulevé par les scientifiques, il a fait d'ailleurs l'objet de nombreux séminaires et congrès qui concluent tous sur leur importance écologique et économique ainsi que sur la nécessité de les protéger afin d'utiliser de façon rationnelle et durable leurs ressources.

Cette prise de conscience mondiale était à l'origine de la convention de Ramsar (Iran, 1971) relative aux zones humides d'importance internationale qui constitue l'un des premiers accords internationaux sur la protection de l'environnement, reconnue et signée par plusieurs pays dont l'Algérie¹.

A l'instar des autres milieux naturels, les zones humides algérienne n'échappent pas aux impacts des changements globaux et subissent une artificialisation croissante de leur gestion. En effet, aujourd'hui ces zones, complexes, subissent des pressions importantes, de diverses origines, qui mettent en danger ce patrimoine.

¹ De par la superficie (2,8 millions de km²) des zones humides classées, l'Algérie occupe la troisième place en Afrique après le Botswana et la Tanzanie, et le huitième pays dans le monde après le Canada, la Russie, l'Australie, le Brésil, le Pérou, et les deux pays Africains précédemment cités.

De cet état de fait, notre intérêt porte principalement sur la zone humide du lac de Réghaïa, site unique au niveau de l'algérois, dont le choix n'est pas venu par hasard, bien au contraire, ce fût l'objet d'une grande réflexion émanant du fonds de nos consciences, car elle demeure exposée aux différentes formes d'altérations malgré son inscription comme zone protégée au niveau national² et international³.

Afin d'arrêter cette tendance, nous avons jugés utile de procéder à l'établissement de bases de données qui permettront de suivre de près les richesses tant animales que végétales de ce site, et ceux par l'établissement d'inventaires afin de dresser un bilan des pertes et des gains pendant une période donnée, pouvant ainsi constituer une première étape dans la conception d'une approche de gestion rationnelle de ces ressources.

De l'état sur les recherches réalisées au sein de la zone humide du lac de Réghaïa traitant la végétation, il ressort que très peu de travaux lui ont été consacrés dans le passé et qu'aucune étude approfondie récente n'a été entreprise. Ceci, bien entendu, en dehors de quelques inventaires floraux, souvent établis pour des objectifs précis nous citons à titre

d'exemple : Lazreg (1983), qui c'est axé sur l'étude de la végétation à l'embouchure de l'Oued Réghaïa. Meriem (1985) ayant travaillé sur les espèces d'oiseaux hivernantes, en plus du travail de Boukhalfa (1991) portant sur l'intérêt ornithologique des oiseaux d'eau tandis que le travail de Derghal et Guendez (1999) a consisté en une contribution à l'étude de la végétation au niveau du lac de Réghaïa. D'autres travaux traitant essentiellement de la pollution ont été menés par Chebli (1971) et Bouam (1989).

Compte-tenu des acquis précédents, nous avons sciemment insisté sur l'étude des groupements végétaux en ayant pour ambition de couvrir le site du lac de Réghaïa dans sa globalité. Ceci dans le but d'inclure toutes ses phytocénoses et d'étudier l'ensemble de ses associations végétales.

²Arrêté du 2 Novembre 1999 pris par l'ex Gouvernorat du Grand Alger. Portant protection de la zone humide de Réghaïa, et propose le site pour son classement en réserve naturelle.

³inscrite sur la liste Ramsar en 2003.

Pour cela, il a été proposé de conduire une investigation complémentaire, afin de répondre à la problématique assignée, de ce fait, nous avons dressé un travail de recherche qui porte sur la contribution à l'étude de la végétation au niveau de la zone humide du lac de Réghaïa –Approche phytosociologique, dynamique et cartographique –

Pour une meilleure connaissance de la répartition spatiale et de la dynamique de la végétation dans notre zone d'étude, nous avons jugé utile de recourir aux données de la télédétection (les images satellitaires Landsat⁴ et QuikBird⁵) ainsi que des données exogènes (les photographies aériennes et les cartes topographiques) renforcées par des observations de terrain.

Le traitement des images satellitaires et l'intégration des données exogènes au sein d'un SIG⁶ nous a permis de décrire et d'identifier la répartition des différents groupements végétaux et de mettre en évidence leur dynamique dans le temps et dans l'espace (spatiotemporelle).

Grâce à ces applications nous avons pu élaborer différentes cartes thématiques, qui facilitent l'évaluation de la dynamique du couvert végétal sur une période de 26 ans (1980-2006), afin d'envisager des programmes de restauration et de gestion durable de ce milieu naturel.

Le travail a été subdivisé en trois chapitres liés les un aux autres:

- Le premier chapitre est consacré à une approche descriptive du milieu physique.
- Le deuxième chapitre porte sur une présentation exhaustive de la méthodologie adoptée pour notre cas d'étude.
- Et enfin le troisième chapitre aborde le traitement des données et la présentation des résultats.

⁴ Le programme *Earth Resources Technological Satellite* (ERTS) utilisant les satellites ERTS-1 dont le nom a été transformé en LANDSAT (*Land Satellite*) est dû à la NASA. Tous les satellites de la série Landsat sont héliosynchrones en orbite sub-polaire

⁵ Satellite géostationnaire dont la conception lui permet de fonctionner correctement à faible altitude et il possède assez d'énergie pour ne pas devoir écourter sa mission. Cela

signifie que QuickBird est le satellite commercial qui possède la résolution la plus pointue au monde.

⁶ Système d'information géographique.

CHAPITRE I Présentation de la zone d'étude

Pour une meilleure connaissance de l'état actuel de notre zone humide, un diagnostic exhaustif a été effectué comprenant dans un premier temps une description sommaire du milieu d'étude avant de se pencher sur ses caractéristiques hydrographiques, topographiques, géologiques, pédologiques et climatiques. On aborde par la suite au niveau de la seconde partie les caractéristiques biotiques du milieu marquées par la présence des différents écosystèmes et les richesses floristiques et faunistiques qu'ils recèlent. Quant à la troisième partie elle a été consacrée à l'aspect socio-économique de la région (activités urbaines, industrielles, agricoles et touristiques).

I- Caractéristiques du milieu physique

1. Situation géographique et administrative

La zone humide de Réghaïa s'étend sur une superficie totale de 1100 ha, elle se situe à 30 km à l'Est d'Alger formant ainsi le débouché naturel de la plaine de la Mitidja. Elle est bordée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la route nationale 24 reliant Alger à Constantine, à l'Est par la ville de Boudouaou et à l'Ouest par la ville d'Ain-Taya.

Ce périmètre dont les coordonnées géographiques sont : 3°19' et 3°21' de longitude Est du méridien de Greenwich et entre 36°45' et 36°48' de latitude Nord.

Cette zone se trouve à cheval sur deux communes : la commune de Réghaïa dont le chef lieu se situe à moins de 1 km au Sud de la zone d'étude ainsi que la commune de Heuraoua au Sud –Ouest dont le chef lieu et ses agglomérations font limite directe au lac de Réghaïa, de ce fait, cette zone humide relève de la Wilaya d'Alger, Circonscription administrative de Rouïba (Fig.1).

2. Historique du lac de Réghaïa

Le marais de Réghaïa est une zone humide côtière correspondant à l'estuaire de l'oued Réghaïa dont l'embouchure est barrée par un cordon dunaire.

En 1930, en quête de nouvelles terres agricoles, les colons entreprennent l'assèchement de l'oued par pompage, drainage et plantation d'eucalyptus. Ce projet est finalement abandonné

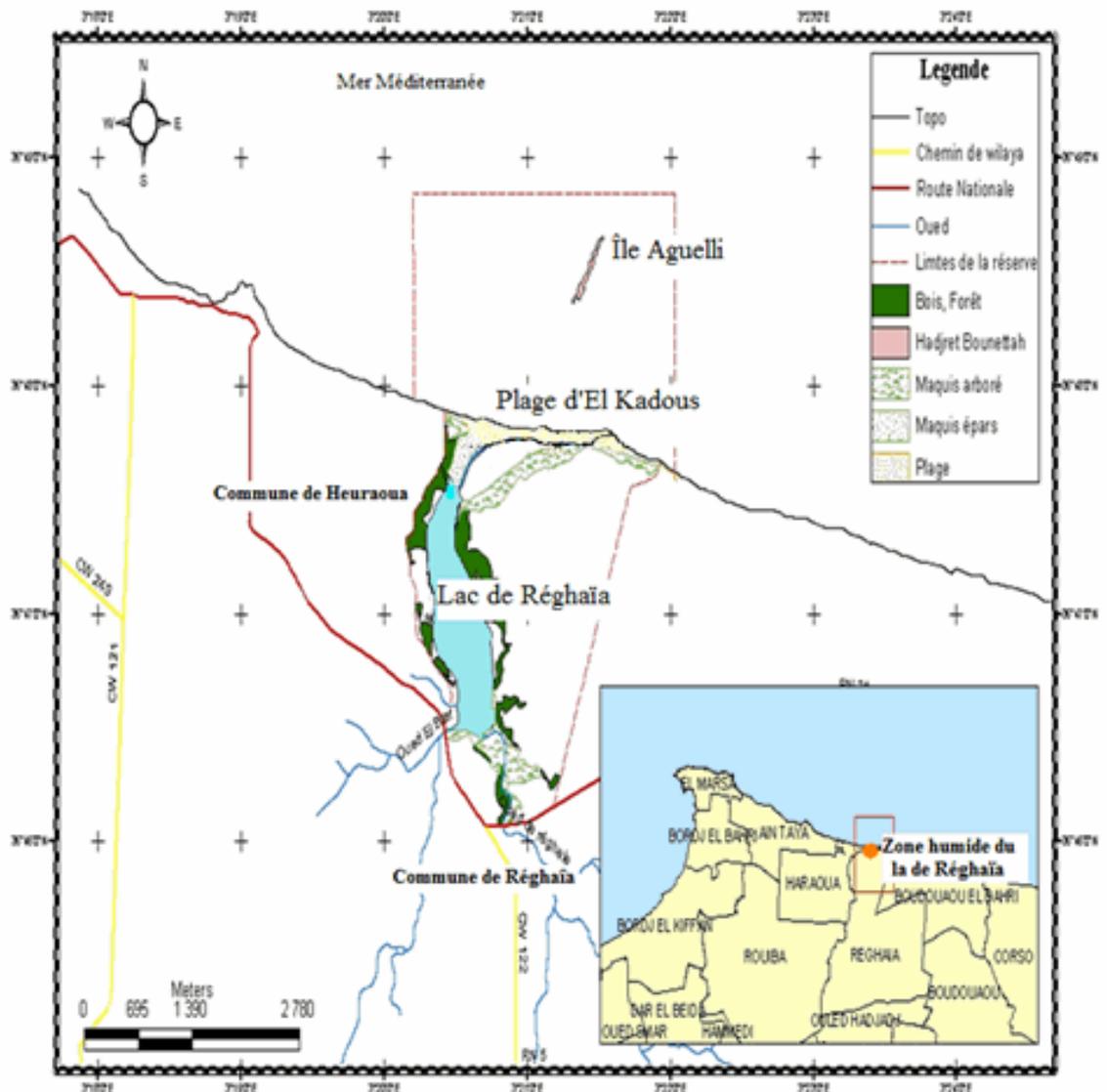


Fig.1 : Situation géographique de la zone humide du lac de Réghaïa

(Source : Challal et Yahiaoui ; 2005)

et une digue en terre est construite afin de créer un réservoir pour l'irrigation. Une station de pompage est mise en service.

Entre 1970 et 1974, des travaux de curage sont réalisés ; une digue est alors construite pour retenir des volumes plus importants d'eau issus de l'oued. Le chenal en aval est recalibré.

Sur la rive Est du lac est implanté depuis 1983 le Centre Cynégétique de Réghaïa relevant du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

Durant l'année 1997, a été mise en activité la station d'épuration des eaux usées, cette dernière assure le traitement de lagunage des eaux résiduaires.

En 1999, le site du lac de Réghaïa a été classé comme zone protégée par arrêté du Gouverneur d'Alger sous le n°1844. Et en juin 2003, ce site a été classé sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale du fait qu'il remplit les critères suivants :

- **Critère 1** : Dernier vestige de la Mitidja, son intérêt est souligné par son isolement géographique et sa position à mi-chemin entre les voies migratoires classiques de Gibraltar et du détroit Sicilo-Tunisien.

- **Critère 2** : Le site abrite 04 espèces d'oiseaux rares.

- **Critère 3** : Il abrite des espèces végétales et animales importantes pour le maintien de la diversité biologique d'Afrique du Nord et de la Méditerranée.

3. Topographie

Le plan d'eau est situé à 4 m au dessus du niveau de la mer, sa profondeur varie de quelques centimètres à 6 mètres.

Les berges immédiates du lac se caractérisent par une pente douce variant de 0 à 3%. L'altitude est très variable elle atteint 35 m au niveau des collines. La zone du maquis occupe les fortes pentes (12,5 % à 25%) surplombant le plan d'eau.

Cette zone est déterminée par une topographie assez complexe, elle est formée de quatre plateaux à configuration variée :

a – Plateau Ouest : C'est le plateau de Bordj-el bahri et Ain-Taya : il descend graduellement vers la plage en forme de falaises à pentes plus ou moins abruptes.

b – Plateau Est : C'est le plateau de Boudouaou, il s'étale sur la partie Est du périmètre de Réghaïa et se termine sur le littoral par des falaises.

c – Plateau Sud : Il englobe tous les terrains qui proviennent du Hamiz jusqu'à la ville de Réghaïa. Il est formé de terrasses qui s'achèvent au sud de l'oued Réghaïa par des marécages.

d – Plateau Central : Il s'étend sur toute la zone sillonnée par l'oued Réghaïa qui forme une vallée étroite. Cette dernière comprend deux versants, l'un à l'Est appartenant anciennement aux domaines Saïdani et Ali khodja, qui est actuellement occupé par le centre cynégétique et la station de pompage. L'autre à l'Ouest occupé par le douar Ain El-kahla et le domaine Boudhane.

A la partie Nord de la vallée nous rencontrons les formations suivantes:

- **Le cordon dunaire** : à la limite entre Réghaïa-plage et la plage d'El kadous, se trouvent des dunes côtières couvertes d'une végétation spécifique, formant une barrière morphologique entre la plage et le lac de Réghaïa.
- **Les falaises** : toute la partie littorale de la zone humide de Réghaïa est limitée par une falaise (pente forte) constituée de sable consolidé et de grès. Sa hauteur diminue en allant de l'Est vers l'Ouest jusqu'au bassin versant de l'oued de Réghaïa, cette falaise est couverte d'une végétation plus ou moins dense.
- **Plage** : La plage d'El kadous est une plage assez large, 1500m de longueur avec une largeur qui varie entre 10 à 40 m, qui est limitée à l'Est par Réghaïa plage, à l'ouest par Déca plage et au Sud par le lac de Réghaïa. Cette plage est caractérisée par un sable plus ou moins fin, la grande surface de cet endroit est la conséquence d'accumulation des apports de l'oued Réghaïa.

4. Hydrographie

Le sous bassin versant de l'oued de Réghaïa constitue une unité hydrologique du bassin versant d'El-Harrach Hamiz. Ce dernier, occupe la partie occidentale de la plaine de la Mitidja, principale plaine côtière de l'Algérois. (Fig.2).

Selon Mutin (1977), l'origine des eaux superficielles du lac de Réghaïa est très diverse. Ces eaux proviennent des précipitations et du ruissellement des eaux des nappes à la surface en forme de sources qui coulent le long des pentes, également ce lac est alimenté par trois cours d'eau notamment (Tab.1 et 2):

1- Oued Boureah : c'est un affluent de l'oued El-Hamiz. Il débute à Rouiba et draine les eaux de ruissellements des terres agricoles de la Mitidja Nord- Est.

2- Oued Réghaïa : prend naissance au Nord de la ville de Ouled moussa, il est le plus important avec une longueur de 5500m et une profondeur égale à 17 mètres. Il est alimenté par deux affluents Oued Guesbaï et Oued Berraba.

3- Oued El-biar : prend naissance aux environs de la zone industrielle Rouïba-Réghaïa, sa longueur est de 4075 m avec une profondeur qui augmente au fur et à mesure que nous nous approchons du lac pour atteindre 4 m à l'embouchure.

Caractéristiques Oueds	Bassin versant (km ²)	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)
Oued Boureah	20	3600	08	05
Oued Réghaïa	85	5500	10	17
Oued El-Biar	15 à 20	4075	06	04

Tab.1 : Caractéristiques des cours d'eau

ANRH. 2000

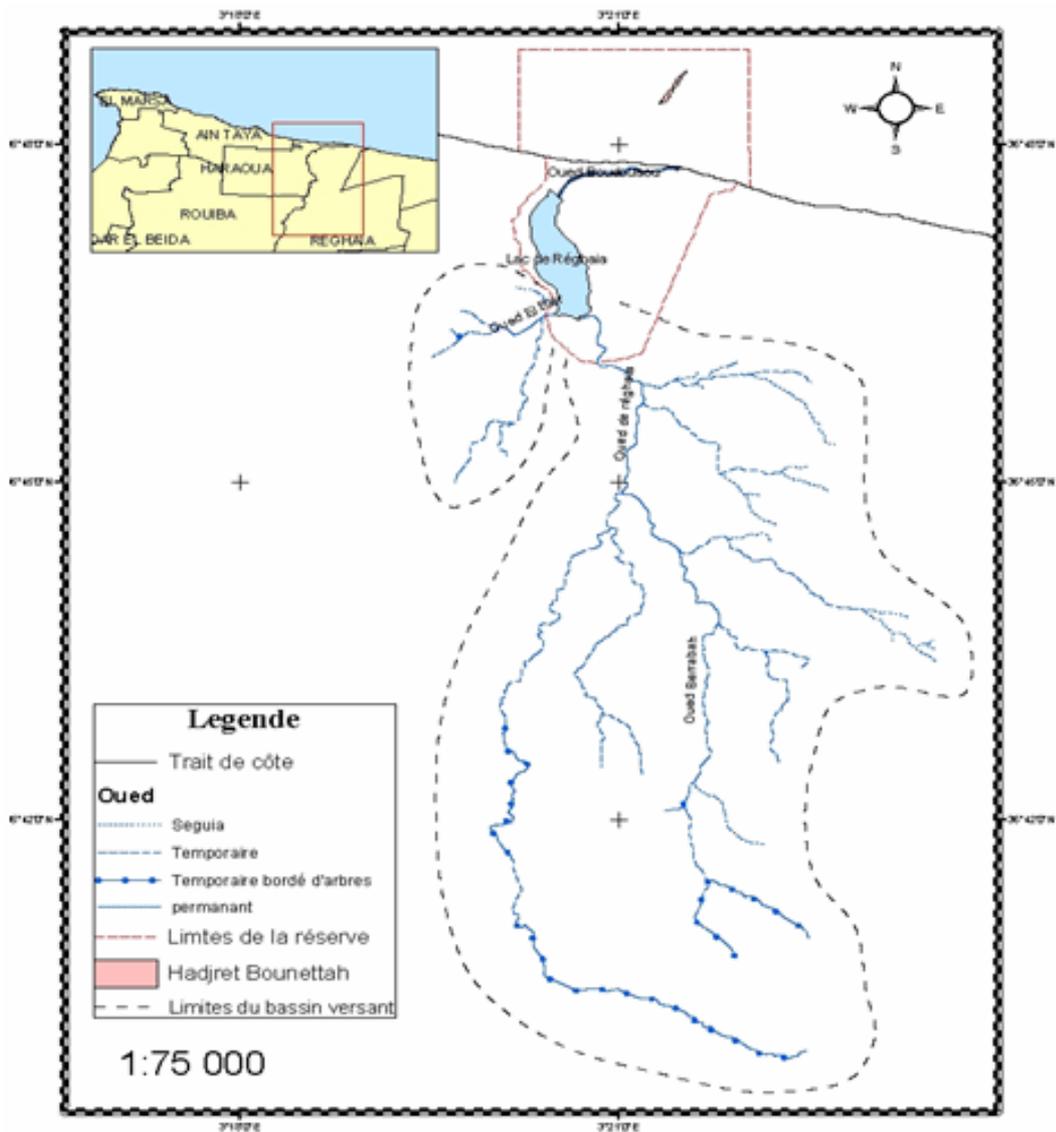


Fig.2: Le bassin versant du lac de Réghaïa (Source : Challal et Yahiaoui ; 2005)

Côte (m)	Surface (km ²)	Volume (m ³)
2	1,300	2,0
3	1,262	3,3
4	1,364	4,8
5	1,500	5,2

Tab.2 : Importance de la retenue du lac en fonction de la topographie et de la côte atteinte

ANRH. 2000

La côte actuelle mesure 3m, ce qui correspond à un volume de 3,3 m³, représentant la réserve possible en eau du lac.

La zone humide de Réghaïa est pourvue d'une station de pompage équipée de trois pompes verticales, d'une capacité de 350 l/s chacune, afin d'alimenter le réseau d'irrigation d'un périmètre agricole de plus de 1200 ha.

Suite à l'installation d'une station d'épuration située en amont de la retenue, le lac reçoit quotidiennement une quantité importante d'eau d'origine industrielle (20.000 m³/j) et urbaine (7000 m³/j).

En plus, il existe une alimentation souterraine grâce à l'affleurement de la nappe; dont le débit reste inconnu à ce jour, les eaux du lac sont douces mais assez polluées par les divers rejets industriels, urbains et agricoles.

5. Géologie

De par sa situation au Nord- Est de la plaine de la Mitidja, cette zone humide présente une formation géologique en synclinal néogène de dépôts fins du miocène et du plio-quadernaire (Glangeaud, 1932).

Selon Rivoirard (1952), la Mitidja est un synclinal post-astrien rempli par des dépôts du pliocène supérieur (Fig.3). Les marnes du lac sont isolées de la mer par le Cordon dunaire du Sahel formé par des dépôts de sables dunaires (Boukhalfa, 1991) qui constituaient la digue naturelle, cette dernière est renforcée par une digue artificielle. Ces formations géologiques contribuent au maintien du marais malgré les nombreuses tentatives d'assèchement.

6. Pédologie

La Mitidja est caractérisée par des sols peu évolués d'apport alluvial, ce sont des sols lourds à textures limoneuses et argilo-limoneuses (Aubert et Duchaufour in Mutin 1977).

Au niveau de la zone humide de Réghaïa s'entremêlent divers types de sols, principalement des sols bruns méditerranéens et des sols rouge brunifiés.

- **Les sols bruns méditerranéens** : sont le type pédologique dominant sur le périmètre. Ils se sont formés sur le plateau central de Réghaïa et Ouled Moussa. Ce sont des sols profonds ou moyennement profonds généralement de texture lourde et de qualité moyenne. On trouve divers variétés, à savoir les sols non lessivés, argilo - graveleux ou caillouteux.
- **Les sols rouges brunifiés** : très anciens, ils se trouvent sur de petites superficies du plateau central et du plateau du littoral. D'une façon générale, ce sont des sols de profondeurs moyennes et de qualités médiocres.

7. Climatologie

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution des êtres vivants. En région méditerranéenne le climat est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes.

Les facteurs climatiques sont formés par un ensemble de phénomènes énergétiques constitués par la lumière, la température et les facteurs hydrologiques et mécaniques (Ramade, 1984).

Le lac de Réghaïa est une zone humide côtière dont une partie des eaux superficielles proviennent des précipitations; d'où l'intérêt de l'étude climatique.

Les climatologues admettent que le trait fondamental du climat méditerranéen est la sécheresse estivale qui peut être plus ou moins longue. De plus il y a toujours un contraste entre la saison froide qui est humide et la saison chaude qui est sèche.

L'absence de station météorologique au niveau du site nous a contraints à exploiter les données enregistrées à la station de Dar El-Beida.

Les données climatiques ont été puisées des documents de l'Office National de la Météorologie (ONM) sur une période de dix (10) ans entre 1995 et 2004.

7.1- Les températures

La température conditionne les différentes activités de la totalité des espèces et des communautés vivant dans la biosphère (Ramade, 1984).

Il est connu également que les températures représentent un facteur déterminant pour les végétaux. En effet, elles conditionnent la répartition des espèces et favorisent le dessèchement estival de la végétation.

Les températures mensuelles moyennes, maximales et minimales de cette région sont mentionnées dans le tableau 3.

Mois Station	T° C	Jan	Fév	Mars	Avl	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
	DAR	M	17,18	17,82	20,03	21,77	24,72	28,85	31,45	32,70	29,61	26,27	20,90
	m	6,06	5,34	7,03	8,61	12,61	16,43	19,22	20,48	17,65	14,19	9,72	7,27
	<u>M+m</u>												
EL	2	11,62	11,58	13,53	15,19	18,66	22,64	25,33	26,59	23,63	20,23	15,31	12,79
BEIDA	M-m	11,12	12,48	13,00	13,16	12,11	12,42	12,23	12,22	11,96	12,08	11,18	11,05

Tab.3 : Valeurs des températures mensuelles de la zone humide de Réghaïa (ONM – 1995-2004)

ONM. 1995- 2004

- La moyenne du minima (m) du mois le plus froid est: 5,34C° (Février)
- La moyenne du maxima (M) du mois le plus chaud est : 32,70 C° (Août)
- Les moyennes mensuelles M + m prennent des valeurs saisonnières.

2

- la plus faible moyenne caractérise la période hivernale : 11,58C° en Février.
- la moyenne la plus élevée caractérise la période estivale : 26,59C° en Août.

7.2- Les précipitations

Les précipitations présentent un facteur abiotique d'importance significative sur l'évolution et la répartition des espèces végétales dans les milieux naturels. De ce fait, la connaissance de l'évolution du régime pluviométrique est nécessaire pour mieux comprendre les interactions de la végétation avec les autres composantes de l'écosystème.

Ainsi, nous avons jugé utile de prendre en considération les données pluviométriques d'une période déterminée.

Notre région d'étude se caractérise par des précipitations d'une extrême variabilité dans l'espace et dans le temps. Les pluies sont fréquentes en automne et en hiver; elles diminuent sensiblement dès la fin du printemps et deviennent rares pendant l'été (Tab.4).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avl	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
Précipitations en mm	92,40	75,40	45,00	64,10	46,00	7,15	1,95	16,50	24,70	44,20	93,00	86,90	597,40

Tab.4 : Valeurs des précipitations

ONM. 1995 - 2004

- Le mois de Novembre représente le mois le plus pluvieux pour cette station, soit une valeur de 93,00 mm.
- Le mois de Juillet représente le mois le plus sec pour cette station, soit une valeur de 1,95 mm.

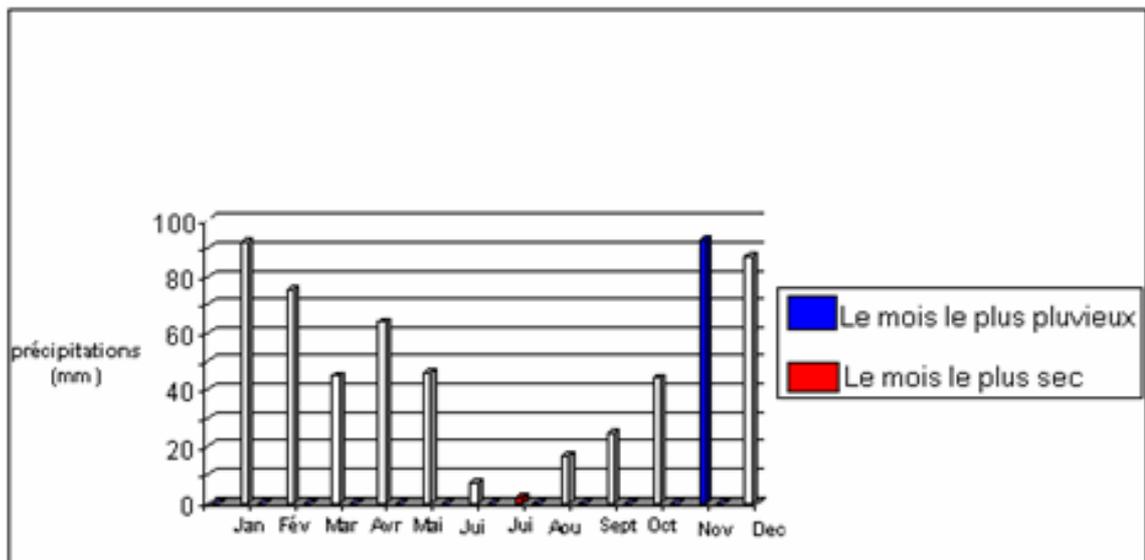


Fig. 3 : Histogramme des précipitations mensuelles

Notre station est située dans la frange littorale où les pluies commencent à tomber durant le mois de Septembre, s'accroissent en Novembre, Décembre, Janvier et Février, décroissent quantitativement en Mars, Avril et Mai pour devenir très faibles en Juin, Juillet et Août (Fig.3).

7.3- Les vents

Le vent est caractérisé par sa fréquence, son intensité et sa direction dominante. C'est l'un des facteurs météorologiques non négligeables; sachant bien que ce facteur peut conditionner la diffusion et la propagation du pollen qui se traduit par la répartition de la végétation au sein de cette zone humide.

Au niveau de notre station d'étude le vent est souvent faible et modéré, sa direction prédominante est de Nord-Ouest. Le sirocco souffle en moyenne 5 jours/an. Les orages sont fréquents surtout en hiver et en automne avec en moyenne 23,3jours/an.

7.4- L'humidité

La période humide englobe les trois saisons (automne, hiver et printemps) et la période sèche correspond à l'été.

7.5- Synthèses climatiques

Afin de caractériser le climat d'une région, il est nécessaire de procéder à une synthèse des principaux facteurs climatiques (Températures et Précipitations), ce qui permet de déterminer le seuil critique au dessous duquel le bilan hydrique du sol et donc des végétaux devient déficitaire.

Différents auteurs dont Bagnouls et Gausson, Emberger et Stewart ont proposé des synthèses numériques et graphiques qui rendent mieux compte de cette réalité.

7.5.1- Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953)

Ce diagramme revêt un grand intérêt dans la mesure où des données climatiques permettent de visualiser et de quantifier la période sèche et humide par la relation

$$P \leq 2T$$

Sur le même graphique sont portés :

- en abscisse, les mois de l'année.
- en ordonnée, les températures et précipitations, de sorte que l'échelle des précipitations soit double de celle des températures.

Pour la station que nous étudions, la période sèche dure cinq (5) mois et la période humide s'étend sur sept (7) mois. (Fig.4).

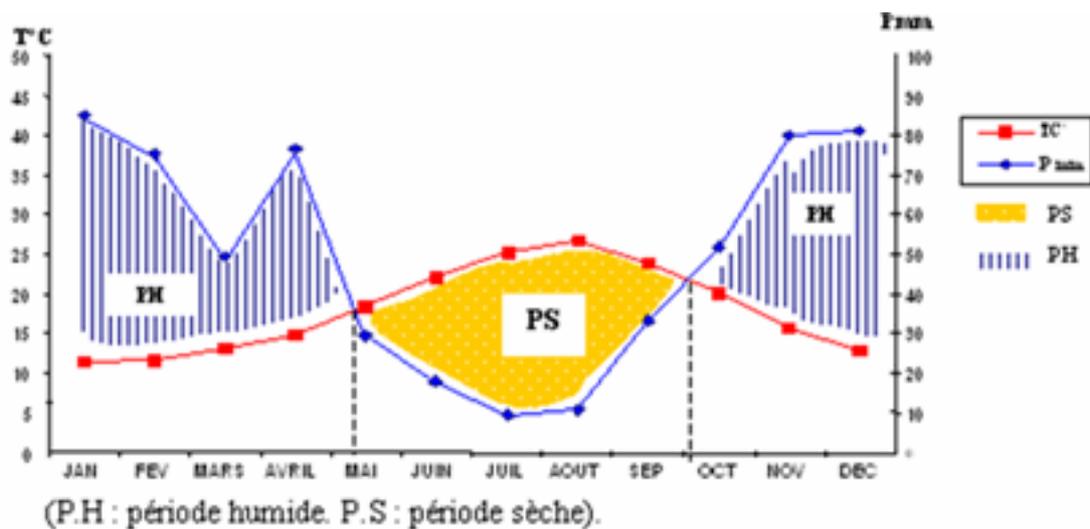


Fig.4 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens

7.5.2- Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger spécifique au climat méditerranéen est un rapport entre les précipitations et les températures moyennes annuelles. Il permet une classification bioclimatique des milieux.

Emberger (1955) a proposé un quotient pluviothermique et un climagramme qui permettent de distinguer les différents étages climatiques méditerranéens (humide, subhumide, semi-aride, aride et saharien) ainsi que les variantes de chaque étage (hiver doux, frais, froid ou chaud).

Il s'écrit:

P: Précipitation moyenne annuelle

$\frac{M+m}{2}$: Moyenne des températures annuelles du mois le plus chaud

M - m: Amplitude thermique

M et m : Exprimés en degré kelvin.

La zone humide de Réghaïa est située dans l'étage bioclimatique méditerranéen sub-humide et se caractérise par une saison humide de 07 mois et une saison sèche de 05 mois qui correspond à la période estivale.

Stewart (1969) simplifia la formule précédente en proposant un quotient :

$$Q_3 = 3,43 \frac{P}{(M-m)}$$

M: Température moyenne maximale du mois le plus chaud (C°) **M=32,70C°**.

m: Température moyenne minimale du mois le plus froid(C°) **m= 5,34C°**.

P: Moyenne annuelle des précipitations (mm) **P= 597,4 mm**.

La valeur obtenue positionne la station dans l'étage bioclimatique subhumide variante à hiver doux (Fig.5).

7.5.3- Conclusion

Le climat de notre région est un climat relativement pluvieux, tempéré par la proximité de la mer. Il s'inscrit dans le climat méditerranéen et se caractérise par une saison humide de sept (7) mois et une saison sèche de cinq (5) mois qui correspond à la période estivale.

D'après Emberger, la zone humide de Réghaïa est située dans l'étage bioclimatique subhumide caractérisé en particulier par des étés secs et chauds et par des hivers doux et humides.

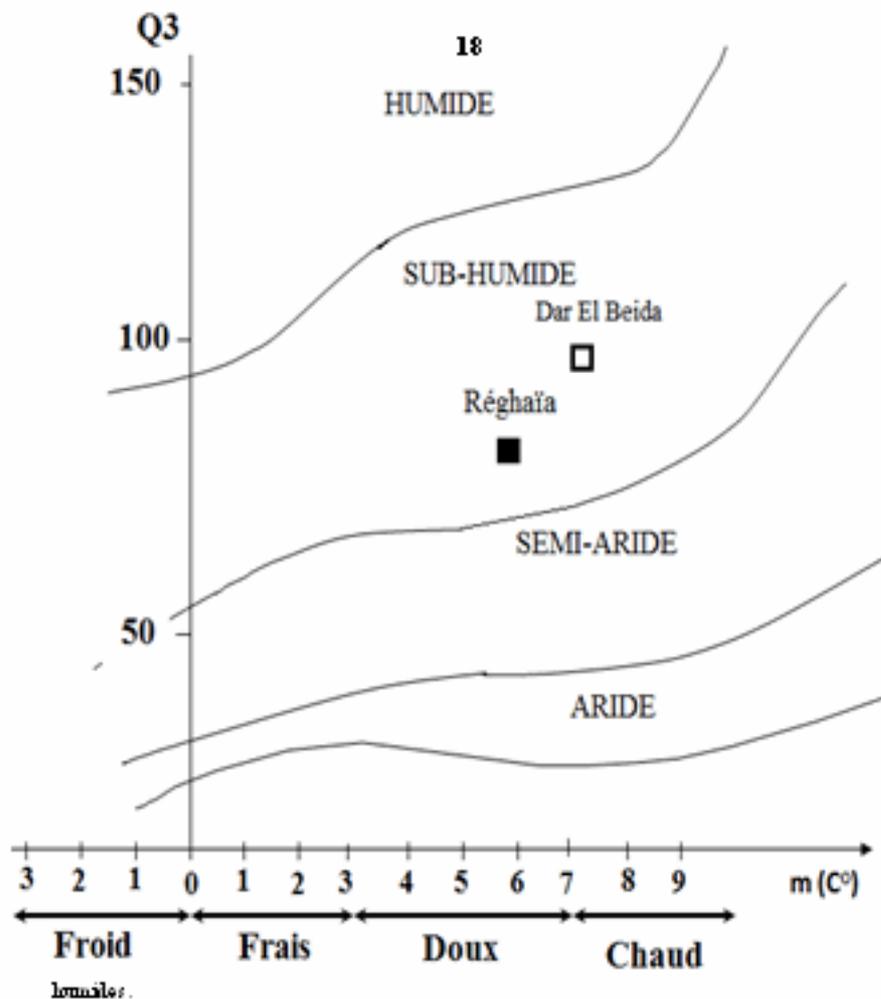


Fig.5 : Position de la station de Réghaïa dans le Climagramme Pluiothermique d'Emberger

II- Cadre Biotique

1- Les écosystèmes de la zone humide de Réghaïa

Notre zone d'étude se trouve à la limite des milieux continentaux et marins, cette interaction entre l'habitat aquatique et terrestre lui confère une mosaïque d'écosystèmes abritant des communautés vivantes très spécifiques par suite des particularités « micro-climatiques », topographiques et édaphiques qui les caractérisent.

Les différents écosystèmes de la zone humide de Réghaïa se succèdent de la partie continentale jusqu'à la mer comme suit :

1.1- L'Ecosystème marécageux

Milieu intermédiaire entre le pré et le lac, cet écosystème renferme une végétation qui varie en fonction des saisons suite à l'alternance d'inondations et d'assèchements parfois prolongés de l'endroit, le caractère le plus manifeste de cet habitat est sa végétation qui forme des zones distinctes en cercles concentriques.

Les plantes aquatiques émergentes dominant le paysage de cette zone humide sont le *Phragmites communis* et *Typha latifolia*, enrichies au printemps par des touffes de *Scirpus lacustris* et *Iris pseudo-acorus*. D'autres espèces s'y trouvent également tels que les *Joncs* et les *Renoncules*.

Quant au rôle joué par cet écosystème, il est marqué par le fait qu'il contient et règle les crues des oueds, c'est l'habitat propice pour la nidification de nombreuses espèces d'oiseaux notamment le héron, l'avocette et le canard colvert.

Les milieux les plus ouverts attirent quant à eux les oiseaux d'eaux comme les Aigrettes, les Limicoles et les Foulques.

1.2- L'Ecosystème lacustre

Il est représenté par un réservoir permanent d'eau douce d'une superficie de plus de 75 ha. A partir de la limite externe de la rive se succède une zone peuplée d'arbres hydrophiles *Salix alba*, *Populus alba*, *Eucalyptus camaldulensis*.

Les berges du lac sont colonisées par des groupements de plantes hygrophiles telles que *Typha latifolia*, *Phragmites communis* et *Scirpus lacustris*.

Le plan d'eau abrite les oiseaux d'eau (différents types de canards) et les poissons tels que le Gambusia et l'Anguille.

1.3- L'Ecosystème forestier

Il forme une ceinture plus ou moins étroite autour du lac qui favorise une bonne protection pour l'avifaune et les autres espèces animalières.

Cet écosystème est représenté par quelques vestiges de l'ancien maquis à *oleo-lentisque* composé principalement d'*Olea europaea* et de *Pistacia lentiscus*.

Le cortège floristique qui vient enrichir cette association regroupe les espèces suivantes : *Crataegus oxycantha* ssp *monogyna*, *Rubus ulmifolius* et *Smilax aspera*.

Le maquis à oléastre et lentisque comprend une faune terrestre typique des milieux boisés méditerranéens (Renard roux, Genette, Mangouste et une avifaune composée des fauvettes, turdidés, columbidés etc.).(Mouali, 2006).

1.4- L'Ecosystème dunaire

Le cordon dunaire constitue une barrière naturelle entre la mer et la zone inondable, il est colonisé par une végétation qui se développe en bande étroite le long de la côte qui arrête et fixe le sable.

Il est représenté par des groupements à *Pancratium maritimum*, *Lotus creticus*, *Ammophila arenaria* et *Chamaerops humilis*. La zone de transition entre le lac et les dunes est colonisée par des peuplements à *Tamarix africana* et *Plantago coronopus*.

1.5- L'Ecosystème marin

Cet écosystème est représenté par la petite île Agueli qui se dresse sur une superficie de 212 m² entre le large et l'embouchure du lac de Réghaïa abritant une faune et flore remarquable. Cette île a un effet attractif et joue un rôle capital comme zone de frayère pour de nombreuses espèces marines, à titre d'exemple, la grande cigale de mer *Scyllarus latus*.

Cet îlot est reconnu également comme lieu de nidification de certaines espèces d'oiseaux telles que le *Goéland leucophé*.

Ainsi, les espèces végétales qui couvrent cette formation rocheuse, sont: *Asteriscus maritimus*, *Althaea officinalis*.

Parmi les diverses communautés benthiques littorales propres à ce biotope, celles qui présentent la plus grande importance sont les herbiers de Posidonie.

1.6- L'Ecosystème agricole

L'agro-système couvre 38% de la superficie totale de la zone humide occupant ainsi les plateaux Est et Ouest.

2- La faune terrestre

2.1- L'Avifaune

De par sa situation géographique au Nord-Est de la Mitidja, face à la Camargue et à mi-chemin des voies migratoires classiques de Gibraltar et du détroit Sicilo-Tunisien, cette zone humide constitue un important site d'accueil pour l'avifaune migratrice de la région algéroise et du centre nord algérien d'une manière générale (Ledant et al.1979 in Meriem, 1985).

C'est incontestablement un site très important pour la halte des migrateurs aux deux passages en raison de la situation du lac ouvert sur la mer. Ce rôle d'accueil de passagers s'avère important sachant que c'est le seul site encore viable dans cette région centrale du littoral algérien (Mouali, 2006).

L'originalité de l'avifaune rencontrée au niveau de cette zone réside d'abord dans la cohabitation de plusieurs espèces à statut phénologique différent (Annexe I). Ceci est induit par la proximité et/ou la juxtaposition des différents milieux décrits et surtout dans certaines parties, leur interconnexion. De ce fait, la zone humide de Réghaïa a révélé une richesse et

une diversité insoupçonnée non seulement en oiseaux migrateurs et hivernants mais aussi en nicheurs rares (Boukhalifa, 1991).

L'analyse de la distribution des espèces dans les différents habitats de la zone côtière algéroise montre que sur 250 espèces d'oiseaux recensées, 106 espèces sont totalement inféodées à la zone humide du lac de Réghaïa. Ce qui représente une richesse spécifique de 55% du total présumé des espèces d'Algérie qui est de 378 espèces.

Malgré sa faible superficie, la capacité de charge du lac de Réghaïa est importante, voire comparable à celle des grandes zones humides algériennes comme les lacs Tonga et Oubeira (Nord-Est algérien) ou encore le marais de la Macta (Oranie).

Il est signalé qu'une colonie de Goélants leucophée (*Larus cachinnans*) est établie durant toute l'année sur l'île Agueli située à environ 1 kilomètre du rivage. Quant à la nidification du Grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*) sur le même site est jugée probable (PAC., 2005).

De par le passé, le lac de Réghaïa a servi de lieu de nidification à des espèces aussi rares que symboliques telles que la Sarcelle marbrée (*Marmaronetta angustirostris*), le Fuligule nyroca *Aythya nyroca* (celui-ci y a niché en 2005) et la Poule sultane *Porphyrio porphyrio* (Mouali, 2006).

Ledant et al. (1979), ont mentionné également la nidification supposée du Héron pourpré (un couple en 1978) et du Râle d'eau (à la fin des années 1970) et la nidification probable de la Sarcelle d'été en 1978 (seul lieu de nidification soupçonné en Afrique du Nord à l'époque).

Enfin, ils ont signalé que « la Sterne naine a manifesté des velléités de nidification sur la dune où les dérangements trop fréquents jouent un rôle dissuasif ».

Sur le plan de la diversité systématique, les 206 espèces recensées au niveau du lac de Réghaïa se rapportent à 48 familles de 16 ordres différents recouvrant au total 112 genres. La distribution des espèces d'oiseaux du lac de Réghaïa selon le statut phénologique est représentée dans le tableau 5.

Statut phénologique	Nombre d'espèces	% des espèces	Observation
Nicheur sédentaire	65	31,55	-Total des nicheurs : 93 Espèces (45,14% du nombre total des espèces)
Nicheur estivant	28	13,59	
Migrateur hivernant	52	25,24	-Total des non nicheurs : 107 espèces (51,94% du nombre total des espèces)
Migrateur de passage	55	26,70	
Accidentel	6	2,90	-Total des accidentels : 6
Total	206	100,00	/

Tab.5: Statut phénologique des espèces d'oiseaux du lac de Réghaïa PAC.2005

Cette zone humide fait l'objet de recensements d'oiseaux depuis 1977. Les dénombrements que nous avons retenus sont ceux réalisés dans le cadre des recensements hivernaux des oiseaux d'eau du mois de janvier entre 1977 et 2001

(Annexe II), coordonnées par le Bureau International de Recherche sur les Oiseaux d'Eau (Wetlands International actuellement, Slimbridge, Angleterre).

2.1.1- Le statut des espèces d'oiseaux

a) Les espèces rares

Parmi les espèces d'oiseaux rares du lac de Réghaïa, nous citons: la sarcelle marbrée (*Marmaronetta angustirostris*), le fuligule nyroca (*Aythya nyroca*), l'érismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*), le héron crabier (*Ardeola ralloides*), la grande aigrette (*Egretta alba*), la poule sultane (*Porphyrio porphyrio*), l'élanion blanc (*Elanus caeruleus*), l'échasse blanche (*Himantopus himantopus*) et l'étourneau unicolore (*Sturnus unicolor*).

Parmi les espèces rarissimes, il faut citer le Fuligule à bec cerclé (*Aythya collaris*), une espèce d'origine Nord- Américaine. En effet, l'observation de cette espèce au début du mois de mars 1978 au lac de Réghaïa représente la première mention pour l'Algérie et apparemment pour l'Afrique (Ledant *et al.*, 1979).

b) Les espèces protégées

En référence aux différents textes de la législation algérienne et internationale, 53 espèces d'oiseaux parmi les plus rares, qui évoluent dans les différents habitats de la zone humide du Lac de Réghaïa sont protégées (Annexe III).

Tab.6: Nombre d'espèces d'oiseaux du Lac protégées au plan national et international

Nombre d'espèces du lac de Réghaïa	Nombre d'espèces protégées en Algérie	Protection par convention africaine, Annexe:	Inscrites sur les listes de la CITES, Annexe:	Inscrites sur les Listes Rouges de L'U.I.C.N, Catégorie:
206	53	26	22	5

- Les espèces protégées au plan national

En Algérie, 53 espèces sont protégées conformément aux deux textes législatifs suivants:

- Décret n° 83 – 509 du 20 août 1983 relatif aux espèces animales non domestiques protégées qui concerne 32 espèces;
- Arrêté du 15 janvier 1995 complétant la liste des espèces animales non domestiques protégées qui concerne 21 espèces.

- Les espèces protégées au plan international

- 26 espèces sont protégées par la Convention africaine sur la conservation de la nature et de ses ressources naturelles (dite Convention d'Alger), parmi lesquelles 10 espèces figurent dans l'Annexe A et 16 espèces sur l'Annexe B;
- 22 espèces figurent dans les Annexes de la Convention de Washington sur le commerce international des animaux sauvages menacés d'extinction (dite Convention de la CITES). Elles se distribuent comme suit: Annexe I: 1 espèce; Annexe II: 18 espèces; Annexe III: 3 espèces;
- Cinq (5) espèces figurent dans trois catégories de listes rouges des espèces menacées d'extinction de l'Union Mondiale pour la Nature
- La distribution de ces espèces par catégorie se présente comme suit:

- Catégorie menacée d'extinction ou en danger (EN): l'érismaure à tête blanche (*Oxyura leucocephala*);
- Catégorie vulnérable (VU) : la sarcelle marbrée (*Marmaronetta angustirostris*), le faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*) et le rale des genêts (*Carex carex*);
- Catégorie à faible risque (ou préoccupation mineure) (LR): le fuligule nyroca (*Aythya nyroca*).

Remarque: Il est à signaler que le Héron cendré (*Ardea cinerea*) n'est pas encore protégé en Algérie, malgré sa protection au plan international dans le cadre de la convention africaine.

c) Les espèces en danger en Méditerranée

Sept (7) espèces présentes sur le site du lac de Réghaïa sont considérées en danger ou menacées en Méditerranée. Ces espèces, figurant sur l'Annexe II du Protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée, sont: le balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*), le puffin cendré (*Calonectris diomedea*), le pétrel tempête (*Hydrobates pelagicus*), le flamant rose (*Phoenicopterus ruber roseus*), la sterne naine (*Sterna albifrons*), la sterne voyageuse (*Sterna bengalensis*) et la sterne caugek (*Sterna sandvicensis*).

2.2- Les mammifères

La diversité des milieux de la zone humide de Réghaïa offre des conditions favorables à l'installation de nombreuses espèces de mammifères. La faune sauvage recensée est variée ceci est démontré par l'existence de 21 espèces couvrant 19 genres et appartenant à 13 familles de 6 ordres. Le total des espèces au niveau de cette zone représente 19.44% du total présumé des espèces d'Algérie qui est estimé à 107 espèces (dont 96 espèces terrestres et 11 espèces marines) (Bellatreche, 1987).

La famille la plus représentée est celle des *Muridae* avec 5 espèces. Puis on trouve 4 familles représentées par deux espèces (familles des *Canidae*, *Viveridae*, *Léporidae* et *Soricidae*). Enfin, 8 familles sont représentées par seulement une <seule espèce (cas des familles des *Mustelidae*, *Suidae*, *Félidae*, *Gerbillidae*, *Hystricidae*, *Erinacéidae*, *Rhinolophidés* et *Vespertilionidae*).

Trois espèces sont ubiquistes, elles évoluent dans tous les habitats de la zone humide du lac de Réghaïa. Ce sont le chacal commun (*Canis aureus*), le lièvre du Cap (*Lepus capensis*) et la gerbille champêtre (*Gerbillus campestris*). Les espèces dénombrées dans la zone se trouvent souvent dans la structure de la végétation (bois, bosquet, terrains dégagés, ... etc.) et dans sa composition (graminées, ronces, ... etc.) des éléments indispensables à la réalisation de leurs niches écologiques (Anonyme, 1997).

Nom commun	Nom scientifique	Protégé en Algérie depuis :	Inscrites sur les listes de la CITES, Annexe :	Inscrites sur les listes rouges de l'UICN. Catégorie :
Belette de Numidie		1983		
Mangouste Ichneumon		1983		
Genette commune		1983		
Chat sauvage		1983	II	
Lérot		1983		
Porc-épic		1983	III	Faible risque
Hérisson d'Algérie		1983	II	

Tab.7: Mammifères sauvages protégés de la zone humide du Lac de Réghaïa

PAC. 2005

Les Chauves-souris (Ordre des Chiroptères), petits mammifères volants, sont les espèces les moins connues dans la zone humide du lac de Réghaïa et d'une manière générale dans toutes les régions d'Algérie.

2.3- Les reptiles et les amphibiens

Globalement, la faune vertébrée des reptiles et des amphibiens de notre zone reste méconnue car très peu de travaux ont été consacrés à cette faune. L'inventaire préliminaire peut s'établir comme suit : Au moins 09 espèces de reptiles et 06 espèces d'amphibiens regroupées en 4 familles, évoluent dans les différents habitats écologiques de la zone humide (Tab.8). Il est à noter que trois (03) espèces de reptiles sont protégées au plan national conformément au décret n° 83-509 du 20 août 1983 relatif aux espèces animales non domestiques protégées. Nous citons la Tortue mauresque (*Testudo graeca*), la Clème de Lépreuse (*Mauremys leprosa*) et le Caméléon Commun (*Chamaeleo vulgaris*). (Anonyme, 2002).

Reptiles		Amphibiens	
Famille	Espèces	Famille	Espèces
<i>Testudinidae</i>	Tortue mauresque	<i>Ranidae</i>	Grenouille verte
<i>Emydidae</i>	Clémmyde lépreuse		Grenouille rieuse
<i>Camaleontidae</i>	Caméléon commun	<i>Bufonidae</i>	Crapaud de Maurétanie
<i>Geckonidae</i>	Tarente des murailles		Crapaud vert
<i>Lacertidae</i>	Lézard ocellé	<i>Discoglossidae</i>	Discoglosse peint
	Psammodrome algire	<i>Hylidae</i>	Rainette verte
<i>Colubridae</i>	Couleuvre de Montpellier		
	Couleuvre d'Algérie		
	Couleuvre fer à cheval		

Tab.8: Espèces de reptiles et d'amphibiens du Lac de Réghaïa

Au plan international, la tortue mauresque (*Testudo graeca*) est inscrite sur l'Annexe II de la convention de la CITES et dans la catégorie VULNERABLE (VU) des listes rouges d'espèces menacées d'extinction de l'UICN (UICN, 2001-2004). Au regard de la législation algérienne, aucune espèce d'amphibien n'est protégée en Algérie.

3- La richesse floristique

Composée d'une mosaïque complexe très diversifiée, d'espèces herbacées et arbustives, la zone humide de Réghaïa constitue ainsi une réserve génétique qui présente une grande valeur patrimoniale.

La distribution de cette flore est conditionnée par l'hydromorphie et l'halomorphie du sol qui génère sa stratification spatiale (Annexe IV).

Les communautés végétales liées au lac de Réghaïa se répartissent comme suit:

- Au Nord, la plage d'El Kadous constitue une frange remarquable où nous pouvons distinguer les groupements liés aux habitats des dunes et arrières dunes plus ou moins fixées;
- Environnant le lac, les parcelles soumises à l'exploitation de l'homme sont à signaler;
- Un maquis mitoyen surplombant le côté Est du lac de Réghaïa.

3.1- Groupements hygrophiles

Liés à la présence temporaire ou permanente de l'eau, on distingue deux types de groupements :

- **Les groupements des eaux courantes** : Ce sont des groupements végétaux qui s'allongent auprès des cours d'eaux tels que : *Paspalum distichum*, *Panicum repens*, *Carex muricata* et *Carex hispida*.
- **Les groupements des marécages** : Ces groupements végétaux se développent en bandes vertes dans les zones marécageuses de l'aval, de l'amont et sur la rive Est du lac. Cette végétation dépend des fluctuations du niveau de l'eau. Les formations hautes les plus importantes sont à base de *Typha latifolia* et *Phragmites communis* qu'on retrouve avec un taux de recouvrement élevé surtout sur la rive Est et Nord du lac.

3.2- Les groupements de forêts

Représentés par des Groupements de maquis dominés par *Olea euopaea* et *Pistacia lentiscus*, formant une ceinture plus ou moins étroite le long des pentes surplombant le lac.

Cette association caractéristique du climat méditerranéen, prospère sur tous les types de substrats. Cette strate peut atteindre jusqu'à 4 mètres de hauteur pour les lentisques et 7 mètres pour les oliviers formant ainsi une couverture discontinue.

Remarque : On note la présence d'un groupement de forêt représenté par l'*Eucalyptus camaldulensis* qui s'est installé suite à un reboisement effectué sur la pente Nord-Ouest du lac. Cette petite forêt artificielle présente un cortège floristique composé d'espèces de divers habitats tels que : *Panicum repens*, *Cynoglossum creticum*, *Clematis cirrhosa*, etc.

3.3- Groupements et associations des dunes maritimes

Les falaises et les cordons dunaires ont fait l'objet d'études sur la base de nombreux travaux (Géhu et al., 1994 ; Khelifi, 2003 ; Farsi, 2003; Ammar, 2003). Un certain nombre d'associations végétales a été rapporté, accompagnées de listes floristiques et de typologie des communautés propres à ces habitats. En se rapportant aux principaux taxons qui arrêtent et fixent le sable et qui se développent en bandes étroites le long de la côte on site : *Ammophila arenaria*, *Lotus creticus*, *Chamaerops humilis*, *Salsola kali*, *Ononis variegata*, *Matthiola tricuspidata*, *Pancretium maritimum*.

Ces groupements de dunes maritimes ont subi depuis un certain nombre d'années des dégradations remarquables se traduisant par la disparition de phytocénoses originelles liées à ce type d'habitat (PAC; 2005).

3.4- Les groupements d'adventices des cultures

Ce sont les groupements des cultures situées sur les plateaux surplombant le lac ou vers l'aval du canal. C'est groupements sont dominés par une pelouse riche en chiendent qui semble occuper tout le territoire. Les autres taxons d'adventices sont principalement ceux qui colonisent les cultures maraîchères ou les vergers. (*Oxalis cernua*, *Stellaria media*, *Polygonum aviculare*, etc.).

4- Le cadre phytogéographique

La position de l'Algérie en tant que territoire de liaison, son ouverture vers les pays du Nord grâce à la méditerranée, ainsi que sa grande diversité climatique, ont permis d'enrichir et de varier sa flore.

Le marais côtier de Réghaïa présente une richesse floristique non négligeable estimée à un minimum de 233 espèces végétales recensées, soit l'équivalent de 13% de la flore du nord de l'Algérie (Derghal et Guendez, 2000).

Sur le plan phytogéographique, l'étude de la végétation du lac de Réghaïa a permis de recenser 50% d'espèces d'origine méditerranéenne, 12 % d'espèces cosmopolites, les espèces européennes représentent 14 %, les paléo tempéréées, 7 % et 5% des espèces tropicales.

Par ailleurs, d'autres origines sont représentées sur le spectre phytogéographique (Fig.6) : 4 % d'espèces circumboréales, ainsi que 3% d'espèces d'origines diverses.

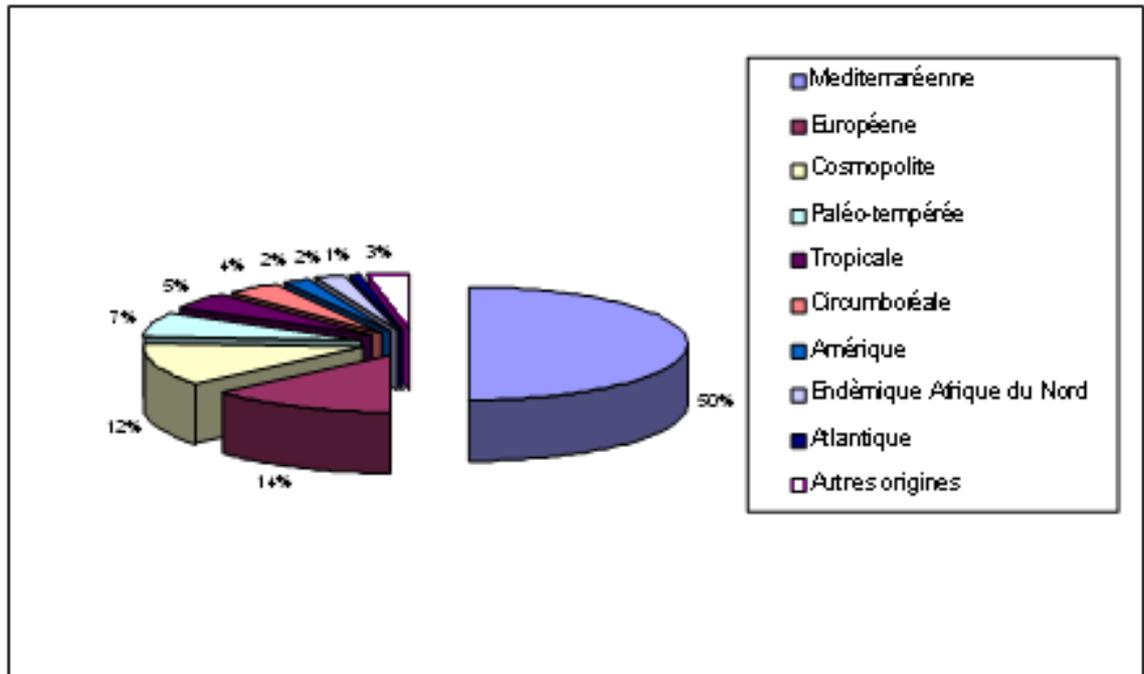


Fig.6 : Le spectre phytogéographique (Derghal et Guendez, 2000)

Enfin, il est à signaler la présence de trois espèces endémiques à l'Afrique du nord : *Arenaria cerastioides*, *Cyclamen africanum* et *Scilla lingulata* et également la présence d'une espèce rare au niveau du littoral : *Abutilon theophrasti*, (Anonyme, 2002).

III- Les aspects socio-économiques

Les aspects socio-économiques sont étroitement liés à toutes les actions humaines qui utilisent ou altèrent directement ou indirectement les fonctions propres des zones humides, leurs ressources et leurs valeurs : Cycle hydrologique, fonction de recharge de la nappe, contrôle des crues, rétention des sédiments, recyclage des produits toxiques, ...etc. Ils sont également des ressources des zones humides, et concernent des produits de l'économie locale, régionale et souvent nationale (Benessaïah et al., 1998).

De ce fait, la zone humide de Réghaïa évolue sous l'influence de quatre grandes activités qui sont :

- Les activités urbaines

- Les activités industrielles
- Les activités agricoles
- Les activités touristiques

1- Les activités urbaines

La zone humide de Réghaïa est située à cheval sur deux communes. Réghaïa et Heraoua qui occupent respectivement une superficie de 27,25 et 12,4 Km². Soit 50% de la superficie de la circonscription de Rouïba et 5% de la surface totale de la wilaya.

La population totale des deux communes est passée de 56778 habitants en 1987 à 82830 habitants en 1998. Avec un taux de croissance de l'ordre de 3.31% entre 1987-1998 pour la commune de Réghaïa et de 4.18% pour la commune de Heuraoua.

La pression démographique s'est traduite dans l'espace par la prolifération de bidonvilles caractérisés par une urbanisation anarchique et spontanée, réalisée au coup par coup ; la superficie du tissu urbain a considérablement augmentée au dépend du secteur non urbanisable et particulièrement sur des terres agricoles fertiles.

2- Les activités industrielles

La zone humide de Réghaïa se situe à l'aval d'une zone industrielle qui ne cesse de se développer (plus de 150 unités).

Créée en 1963, cette zone industrielle s'étend sur une superficie de 1000 ha et draine une masse importante de main d'œuvre (40000 emplois directs). Elle est occupée par des établissements industriels et de services privés et publics. (Tab.9)

Tab. 9 : Situation des unités industrielles

Situation	Publiques	Privées
Opérationnels	66	68
En construction	06	30
Structure d'appuis	05	-
Nombre d'emploi	38.612	2.554

Ces unités industrielles présentent des charges polluantes plus ou moins importantes, en fonction de leur capacité de production et de leur charge polluante (Anonyme, 2000). Une classification a été établie avec l'aide de l'EGZIB (entreprise de gestion de la zone industrielle). Il en ressort que sur 100 établissements classés, 8 sont en catégorie 1 (entreprises polluantes), 36 en catégorie 2 (entreprises moyennement polluantes) et 63 en catégorie 3 (entreprise peu ou pas polluantes).

3- Les activités agricoles

La zone humide de Réghaïa fait partie de la plaine de la Mitidja, classée parmi les régions à vocation agricole en raison de sa topographie et la fertilité de ses sols.

De ce fait, plus de 400 ha sont à vocation agricole dont le tiers (1/3) de ces terrains sont privés (6 propriétaires) tandis que les 2/3 appartiennent à l'état. Les terrains domaniaux de

l'Etat sont partagés entre 8 exploitations agricoles individuelles et 19 exploitations agricoles communes (EAC). Le nombre total d'exploitants sur la zone est estimé à 95.

Les cultures pratiquées au niveau de cette région s'orientent essentiellement vers le maraîchage, classé comme activité dominante avec les principales cultures suivantes : la tomate, la pomme de terre, la salade, la courgette, le piment, le haricot vert. La ferme des agrumes est exploitée par un agriculteur privé sur une superficie de 6 ha. Les cultures sous serres, représentent une superficie de plus de 16 ha ceci est une preuve d'adaptation aux conditions du marché et du développement des systèmes agraires.

Ainsi, depuis l'avènement des subventions accordées aux agriculteurs depuis l'année 2002, nous avons constaté :

- la plantation de 107 hectares de vignes;
- l'utilisation de la technique d'irrigation au goutte à goutte sur environ 18 hectares ;
- l'utilisation de la technique d'irrigation par aspersion sur 160 hectares.

Quant à l'irrigation de cette surface agricole, elle se fait à partir des eaux du lac de Réghaïa dont l'alimentation est assurée par la station de pompage implantée sur la rive Est de ce lac. Le volume d'eau pompée est de l'ordre de 10 millions de m³ par an, assurant ainsi l'irrigation d'environ 1500 hectares de terres agricoles.

L'élevage est l'activité dominante sur cette zone. L'estimation de la population d'animaux possédée par les exploitants dans le périmètre de la zone humide est de 1275 ovins, 385 bovins et 63 caprins, soit un total de 1723 animaux.

4- Les activités touristiques

Du fait de l'alliance de la mer et de la terre, La zone humide de Réghaïa recèle de remarquables potentialités naturelles atout justifiant le degré de rareté de ce type de milieu au niveau de l'Algérois. Il faut rappeler que la plage d'El Kadous située sur la partie Nord du lac reçoit des milliers d'estivants atteignant les 3 millions en 2003 et 2004, elle constitue ainsi une ressource de base pour le tourisme balnéaire.

A cela s'ajoute l'écotone des dunes, zone de transition entre le lac et la mer caractérisée par une grande étendue de pré bordé de Tamarix qui sert de lieu de loisir et de détente en plein air pour de nombreuses familles venant de la capitale.

CHAPITRE II : Méthodologie générale

La réussite de toute étude et en particulier celle d'ordre écologique repose sur l'objectivité de la phase expérimentale qui dépend amplement de l'approche méthodologique adoptée, en vue de répondre aux nombreux objectifs de l'étude considérée.

Or, le choix de cette dernière s'avère une opération très délicate, notamment en présence d'un arsenal de techniques et de méthodes d'étude et d'analyse de la végétation.

Donc, ce n'est pas par liberté de choix, mais c'est par souci de trouver une méthode appropriée, que nous avons opté pour cette méthodologie de travail.

I- Etude de la végétation

C'est surtout en raison de son caractère indicateur vis-à-vis des autres facteurs écologiques que la végétation présente un intérêt majeur dans l'étude de l'écosystème (Godron, 1984).

La végétation est en effet très sensible aux conditions climatiques locales sur le site, aux conditions topographiques et hydriques du sol ainsi qu'à l'action de l'homme. Elle est en quelque sorte le reflet de toutes les conditions qui régissent dans un milieu donné. Son étude approfondie et celle de la variation de sa composition sur le terrain permettent une meilleure compréhension du fonctionnement d'un écosystème.

Le but de notre étude est une contribution à la connaissance des groupements végétaux de la zone humide de Réghaïa et la précision de leur place dans un cadre phytosociologique global proposé pour la région méditerranéenne.

Par ailleurs, la cartographie de l'espace sera évaluée par un traitement de photographies aériennes sur des séquences diachroniques, en ayant recours à l'imagerie satellite.

1- Méthodologie générale

Les lignes directrices de la méthodologie générale préconisée pour cette étude se définissent comme suit :

- La méthode d'échantillonnage est du type subjectif.
- Le traitement des données recueillies sur le terrain est basé sur trois types d'approches distinctes qui s'avèrent complémentaires à savoir :
- Une méthode d'ordination : l'Analyse Factorielle des correspondances et la classification ascendante hiérarchique.
- La Méthode Phytosociologique de l'école Zuricho-montpelliéraine, appelée communément la méthode des tableaux de BRAUN-BLANQUET.
- Une approche de cartographie et télédétection qui synthétisera en dernier lieu les principaux résultats obtenus lors de cette étude.

1.1- Echantillonnage retenu

L'échantillonnage consiste à choisir des éléments du milieu de façon à obtenir des informations objectives et d'une précision mesurable sur l'ensemble (Gounot, 1969).

Nous avons retenu pour le présent travail l'échantillonnage subjectif qui est la forme la plus simple et la plus intuitive d'échantillonnage.

D'après Gounot (1969) il s'agit d'une reconnaissance qualitative et quantitative qui permet de déblayer le terrain. Il est adapté à tout type de formation végétale.

1.2- Réalisation des relevés phytosociologiques

Le relevé d'après Guinochet (1973) est un inventaire floristique. Godron (1984) rapporte que le relevé est la liste des plantes trouvées dans une localité donnée.

Pour le choix du relevé nous avons adopté la conception de Gounot 1969, selon laquelle "l'emplacement du relevé est choisi subjectivement, de manière à ce qu'il soit homogène et représentatif d'une unité de végétation".

Quant au relevé phytosociologique c'est la liste des espèces qui se trouvent sur une surface d'un individu d'association (Daget et *al*, 1982).

Nous avons entamé les sorties sur le terrain à partir du mois de Mars 2005 elles ont pris fin durant le mois de juin de la même année. Le choix de la date du relevé doit être situé précisément dans le temps: il devrait toujours être effectué au moment de l'année où la végétation est à l'optimum de son développement (Gillet, 2000).

Pour ce faire, un total de 125 relevés floristiques ont été réalisés dans différentes zones de notre région d'étude sur une surface qui varie de 1 à 50 m².

La fiabilité et la crédibilité de l'utilisation de cette phase repose également sur les travaux antérieurs entrepris au niveau de notre zone d'étude.

2- Traitement des données

Les relevés réalisés ont fait l'objet de plusieurs méthodes de traitement de données afin d'en extraire le maximum d'information permettant une meilleure connaissance du couvert végétal présent au niveau de notre site d'étude.

A partir de ces différentes méthodes utilisées, nous avons retenu seulement celles qui mettent le mieux en évidence les relations entre le milieu et la végétation. Il s'agit de l'analyse factorielle des correspondances et son complément la classification ascendante hiérarchique, ainsi que la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet (1957) basée sur la méthode des tableaux phytosociologiques.

2.1- L'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C)

La technique de l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C) est désormais classique depuis sa mise au point mathématique (Benzecri, 1973; Benzecri et *al.*, 1980; Fenelon, 1981 in Abdelkrim, 1995) et les nombreuses applications et utilisations (Roux G. et M., 1967 ; Lacoste, 1972 et 1975; Lacoste et Roux, 1972; Briane et *al.*, 1978 in Abdelkrim, 1995).

A cette technique, s'ajoute celle de la classification ascendante hiérarchique (C.A.H). Il est à noter que ces deux méthodes d'analyses ont montré toute leur efficacité en phytosociologie depuis de longues années dans les nombreux travaux relatifs à la

connaissance des diverses communautés végétales, aussi bien en Europe, qu'en Asie ou en Afrique (Abdelkrim, 1995).

L'analyse factorielle des correspondances est un mode de répartition graphique du tableau de contingence. Elle vise à rassembler en un ou en plusieurs graphes la plus grande partie possible de l'information contenue dans un tableau.

L'AFC est essentiellement un mode de représentation graphique de tableaux de contingence ou de tris croisés multiples appelés matrices (nombre relevés X nombre espèces). Elle vise à rassembler en un ou plusieurs espaces la plus grande partie de l'information, en s'attachant non pas aux valeurs absolues, mais aux correspondances entre les caractères et aux valeurs relatives. Elle s'applique aux données fréquentielles ou nominales, c'est à dire aux données qualitatives (Kadid, 1999).

C'est une méthode dite métrique, qui a pour objectif :

- d'élaborer et de décrire, sous forme graphique, le maximum d'informations contenues dans un tableau de données qui croise variables et individus (tableau contingence).
- la recherche d'un classement sur des échelles continues appelées facteurs pour autant de lignes que de colonnes d'un tableau de données (Kadid, 1999).

L'originalité de l'AFC, réside dans l'utilisation d'une forme quadratique pour le calcul des corrélations qui conduit à comparer non pas des valeurs mais des profils, c'est à dire, des données divisées par leur effectif total ou poids (Briane., 1987). Ce profil sous-entend que les valeurs relatives des variables vont être mises en évidence beaucoup plus que les valeurs absolues.

Elle consiste en l'établissement d'une identification totale entre l'ensemble des objets considérés (relevés) et l'ensemble des caractères (espèces), à partir des données d'ordre phytosociologique (Lacoste, 1975).

La projection des relevés et des espèces dans le plan des axes factoriels fait ressortir une disjonction spatiale des nuages de points formant des ensembles interprétant ainsi les différences floristico-écologiques entre ces ensembles. Le choix du nombre d'axes à retenir est réalisé en fonction des valeurs propres de chaque axe. En effet, ces valeurs permettent de qualifier la part de l'information expliquée par les différents axes.

La démarche adoptée comporte une analyse de la totalité des relevés, suivie de plusieurs analyses partielles sur les divers ensembles issus de l'analyse globale.

Les diagrammes relevés et espèces sont directement superposables, ce qui facilite l'interprétation.

Le logiciel utilisé pour notre analyse est le PC-ORD (Mc Cune et Mefford, 1999). Ce logiciel intègre plusieurs techniques de classification et d'ordination. De plus, sa manipulation est rendue aisée grâce à la possibilité de son utilisation sous Windows.

Cette méthode d'ordination permet également de faire ressortir les facteurs écologiques responsables de la répartition des différents groupements.

2.2- La Classification Ascendante Hiérarchique (C.A.H)

Cette technique est utilisée surtout comme aide à l'interprétation des résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances. Elle permet d'exploiter avec le minimum d'arbitraire les cartes d'analyse. Elle tient compte de toutes les dimensions mais aussi des pondérations.

La C.A.H., bien utilisée, permet donc la détection et la délimitation efficace de classes « homogènes » (Kadid, 1999).

C'est une méthode de classification qui procède par agrégations successives à partir des éléments d'un ensemble d'objets; donc, les résultats de cette classification sont exprimés sous une forme graphique arborescente représentant des partitions à partir des éléments d'un ensemble considéré chaque partition regroupe les objets ayant les mêmes affinités floristiques.

· Approche phytosociologique

Parmi les méthodes floristiques utilisées fréquemment dans l'analyse de la végétation et qui se base essentiellement sur la composition floristique, figure la méthode phytosociologique, appelée communément la méthode de Braun-Blanquet, ou la méthode sigmatiste.

Cette méthode a été mise au point par Braun-Blanquet (1957) à Montpellier, c'est la science qui étudie les relations entre les plantes et de ce fait les associations végétales. Cette discipline est relativement récente. Les végétaux se regroupent le plus souvent par affinités et ces relations sont étudiées grâce à l'analyse de relevés de ces groupements.

Selon Gehu et Martinez (1981), la phytosociologie et la science des groupements végétaux, c'est-à-dire la syntaxonomie. Cette science est ordonnée en un système hiérarchisé où l'association est l'unité élémentaire.

Guinochet (1973) a défini l'association végétale comme étant une combinaison originale d'espèces, dont certaines dites caractéristiques, lui sont plus particulièrement liées, les autres étant qualifiées de compagnes. L'objectif de la phytosociologie réside en la description et la compréhension de la végétation, l'organisation dans l'espace et dans le temps, sur les plans qualitatif et quantitatif des espèces végétales qui la constituent (Meddour, 1994).

Le principe de cette méthode consiste à ordonner les relevés au moyen de tableaux et à les regrouper en fonction de leurs affinités floristiques.

Cette méthode comprend deux étapes : l'étape analytique et l'étape synthétique

A- Etape analytique :

C'est la réalisation des relevés phytosociologiques sur le terrain. Le relevé est avant tout une liste d'espèces qui sont généralement accompagnées chacune d'un coefficient d'abondance – dominance.

Le coefficient de l'abondance - dominance basé sur l'échelle de BRAUN BLANQUET (Guinochet, 1973) est le suivant :

5 : Recouvrement supérieur à 75 %; abondance quelconque.

4 : Recouvrement de 50 à 75 %; abondance quelconque.

3 : Recouvrement de 25 à 50 %; abondance quelconque.

2 : Très abondant au recouvrement, supérieur à 5 %.

1 : Abondance et recouvrement faibles ou peu abondant avec un plus grand recouvrement.

+ : Simplement présent (recouvrement et abondance très faible).

B- Etape synthétique :

Le principe de cette méthode est l'établissement d'un tableau à double entrée, dont les colonnes renferment les relevés et les lignes représentent les espèces. L'intersection des lignes et des colonnes indique l'abondance - dominance de chaque espèce dans le relevé.

L'élaboration d'un tableau phytosociologique de détail se fait suivant des étapes successives :

- **Tableau brut** : il réunit les relevés dans l'ordre de leur dépouillement,
- **Tableau de présence** : il classe les espèces du tableau en fonction de leur présence décroissante,
- **Tableau partiel** : il ne regroupe que quelques espèces dont on soupçonne la tendance à la combinaison ou à l'exclusion (les plus probables relèvent des catégories de présence de II à IV),
- **Tableau ordonné** : il fait apparaître les groupes statistiques en réunissant, à proximité les uns des autres, les relevés qui se ressemblent le plus,
- **Tableau phytosociologique définitif** : il classe les espèces par catégorie phytosociologique et à l'intérieur de chaque catégorie par présence décroissante,
- **Tableau synthétique** réunit et compare non pas les relevés mais les colonnes de présence issues des tableaux détaillés.

La présence d'une espèce dans un tableau phytosociologique est exprimé par le chiffre romain qui représente les classes de présences suivantes, selon l'échelle donnée par Braun-Blanquet 1951 :

I: espèce présente dans 1 - 20 % des relevés

II: espèce présente dans 21 - 40 % des relevés

III: espèce présente dans 41 - 60 % des relevés

IV: espèce présente dans 61 - 80 % des relevés

V: espèce présente dans 81 - 100 % des relevés

La classe de présence se calcule par la formule suivante :

$$CP = \frac{100}{n} \times m$$

CP : classe de présence.

n : nombre total de relevés.

m : nombre de présence de l'espèce.

S'il arrive que deux espèces appartiennent à la même classe de présence, il serait nécessaire de calculer le coefficient de recouvrement par la formule suivante :

$$C = \frac{Prm}{Ntr} \times 100$$

C: Coefficient de recouvrement.

Prm: Sommes de pourcentages moyens de recouvrement d'une espèce.

Ntr: Nombre total des relevés dans le tableau.

Abondance	Limites de recouvrement (%)	Pourcentage moyen de recouvrement
5	75 - 100	87,50
4	50 - 75	62,50
3	25 - 50	37,50
2	10 - 25	17,50
1	1 - 10	5,00
+	-	0.5-1,00
r	-	0.5-1,00

Tab.10 :Pourcentage moyen de recouvrement

Echelle donnée par Tüxen et Ellenberg (1937) in Gounot 1969.

II- Approche cartographique et télédétection

1- Utilisation des données spatiales et exogènes pour le suivi de la végétation

Dans le but de bien mettre en évidence les résultats escomptés de l'analyse factorielle des correspondances, de la classification ascendante hiérarchique et de la méthode phytosociologique, nous avons sollicité d'autres modes de représentation, en l'occurrence la représentation cartographique et la télédétection.

La cartographie de la végétation remonte aux premiers travaux de biogéographie, relatifs à l'étude globale du paysage végétal ; travaux initiés par De Candolle dès 1805 et poursuivis par Flahaut entre 1894 et 1897 (Long, 1974).

C'est un mode d'expression graphique concret d'un certain nombre d'entités comme la végétation. Elle permet d'affiner la composition de la végétation.

La cartographie de la végétation consiste à recenser, décrire et à représenter sous forme de cartes les communautés végétales d'un territoire donné. Ainsi, et suivant les disciplines, diverses cartes peuvent être établies telles que les cartes phytosociologique, phytoécologique, phytodynamique, physionomique,... etc.

En Algérie, les premières cartes de végétation ont fait leur apparition en 1909 grâce à LAPIE avec la publication de la carte botanique de la Kabylie et de Djurdjura au 1/200 000 et à MAIRE en élaborant la carte phytogéographique de l'Algérie en 1926 (Abdelkrim, 1978).

La carte est, conformément à son modèle, un extrait sensé de la réalité très détaillée. Les objets et les formes de la surface terrestre y sont représentés dans un format réduit. Dans cette représentation, on utilise un ensemble de signes conventionnels, appelés aussi symboles cartographiques (Ozenda, 1986).

2- Méthodologie du suivi cartographique

Les renseignements fournis par le travail de terrain sont qualitativement exacts, mais quantitativement insuffisants en ce qui concerne les limites et la physionomie. Ils sont alors complétés à l'aide d'un ensemble de techniques, connues sous le nom de télédétection (*remote sensing*), qui consiste dans l'interprétation de photographies aériennes prises par avion ou par satellite (Ozenda, 1986). En ce qui concerne les instruments utilisés dans la délimitation et le suivi de l'évolution des unités végétales au niveau de la zone humide du lac de Réghaïa nous disposons d'un fond topographique, de photographies aériennes ainsi que d'imageries satellites.

3- Caractéristiques des données spatiales et photos aériennes

Il existe deux grands types de données spatiales. Les **photographies** dont la principale caractéristique est d'être au format papier et les **images** qui sont des informations numériques.

Le passage des photos aériennes analogiques aux images satellitaires numériques s'est traduit par un foisonnement de développements méthodologiques qui ont pour but d'en exploiter pleinement les caractéristiques essentielles (Mayaux, P et *al.*, 2003 in Sitayeb, 2005).

A- Cartes topographiques

Nombreux sont les chercheurs qui s'accordent à considérer la photographie aérienne ainsi que les fonds topographiques comme les meilleurs instruments pour la délimitation des unités végétales.

L'emploi de ces outils est étayé par des vérifications sur terrain. Rey (1988) précise que ces deux phases sont indispensables et complémentaires. Pour ce faire, nous disposons d'un fond topographique établi par l'institut national de cartographie (I.N.C) de l'année 1983 de la région Est d'Alger au 1/25 000ème.

B- Photos Aériennes

La première photographie aérienne date de [1858](#) , elle est l'œuvre du photographe et aéropostier [Félix Nadar](#) qui a pris un cliché du [Petit Bicêtre](#) , au sud de Paris, à proximité de [Bièvres](#) depuis un [ballon captif](#) .

En [1888](#) , c'est la première photographie sous [cerf-volant](#) par [Arthur Batut](#) . [Émile Wenz](#) perfectionne le système trop tributaire des mouvements du cerf-volant. De nombreux systèmes apparaissent : déclenchement par fil, chariot pour monter la nacelle photo, etc.

Mais la photographie aérienne a pris réellement son essor lors de la première guerre mondiale avec le développement de l' [aéroplane](#) et des besoins en renseignements militaires.

Les photos aériennes sont des données très précieuses pour l'étude d'un territoire. Elles sont exhaustives, répétitives, fiables, à condition de respecter les règles des techniques de photo-interprétation.

Elles autorisent une cartographie précise de tous les faits visibles dans le paysage ; l'utilisation du sol et la morphologie agraire. Cependant la préparation de telles cartes suppose que deux conditions soient remplies : que soient corrigées les déformations de

l'image et que soient établies les correspondances entre les faits visibles sur le terrain et leur image photographique.

Une photographie désigne spécifiquement toute image captée et enregistrée sur une pellicule photographique. Cette technologie ne permet l'appréhension que d'une petite partie du spectre électromagnétique : le visible (400 à 600 nm) et le proche-infrarouge (700 à 900 nm).

Chaque cliché aérien est accompagné d'une série d'informations indispensables, relatives à l'émulsion utilisée, à l'échelle ou encore à la date de prise de vue. En règle générale, ces informations sont mentionnées dans la marge de chaque cliché aérien.

Selon Ozenda (1986), l'intérêt majeur de l'utilisation des photographies aériennes réside dans le fait qu'elles nous permettent une cartographie diachronique, c'est-à-dire une étude de l'évolution de la végétation avec le temps.

Ce type d'étude est maintenant facilité par les missions aériennes répétitives avec des périodes de quelques années, et surtout par des images satellites qui rendent accessibles les évolutions à court terme.

Afin de bien cerner les objectifs recherchés par la présente étude nous nous sommes basés sur les photos aériennes de la mission 1980 et 2003 à l'échelle de 1/10.000ème.

C- L'imagerie satellitale

Une image satellite est une représentation graphique, quelle que soit la longueur d'onde ou le dispositif de télédétection qui a été utilisé pour capter et enregistrer l'énergie électromagnétique.

C'est une matrice de pixels. Le terme de pixel, provenant de la contraction des mots anglais de *picture* et *element* étant la plus petite surface homogène constitutive d'une image enregistrée.

Elle est caractérisée par sa résolution spatiale, sa résolution spectrale, sa résolution radiométrique et sa résolution numérique.

Les données satellitaires disponibles pour effectuer cette étude de cartographie de la végétation appliquée à la problématique du suivi du couvert végétal, sont :

- Une scène du capteur Landsat 7 ETM+ prise le 16Avril 2002 (trajectoire 192, rangée 35)
- Une scène acquise du capteur Quikbird prise le 20 Mars de l'année 2006.

Notant que ces images sont issues du Centre National des Techniques Spatiales (CNTS) à Arzew.

4- L'outil informatique utilisé

A- Le logiciel ENVI4.2

L'ENVI «*The Environment For Visualizing Images* » version 4.2 est un logiciel de traitement d'images développé par la société RSI (Research Systems). C'est un logiciel haut de gamme qui permet de lire, de visualiser et d'analyser des images numériques et en particulier issues de la télédétection. ENVI supporte un grand nombre de formats de fichier de toutes tailles, mais possède également son format propre. Le format utilisé par ENVI est

un format raster brut associé à un fichier entête ASCII (texte). Le fichier entête (header) contient toutes les informations utiles au logiciel pour lire le fichier : dimension de l'image, résolution, projection cartographique, ...etc.

L'avantage principal d'ENVI est qu'il permet de lire des données hyper spectrales (empilement possible de plusieurs centaines de plans images) que nous utiliserons pour gérer et analyser des fichiers multi dates.

B- Le logiciel Mapinfo 7.5

Le logiciel Mapinfo : est un outil de type système d'information géographique qui sert à créer, traiter et à cartographier l'information géographique. Il compile, assemble, croise des données, thématiques professionnelles avec des données génériques vecteurs ou rasters.

MapInfo offre la possibilité de travailler très facilement sur des documents vectoriels, il permet également l'édition et l'habillage de documents rasters.

Ce logiciel fournit une variété de fonctionnalités de visualisation et d'édition incluant :

- l'ouverture multiple de tables ;
- la gestion de l'affichage et de l'étiquetage des couches ;
- la création et modification d'analyses thématiques ;
- la manipulation des vues ;
- la recherche d'informations associées à une couche ;
- la gestion des unités et des projections.

5- Traitement des données exogènes

5.1- Traitement des photos aériennes

Afin de bien puiser l'information à partir des photos aériennes nous avons procédé à une synoptique de traitements:

a- La scannisation : L'interprétation des photos aériennes nécessite en premier lieu la scannisation de ces dernières. Les photographies aériennes sont numérisées à l'aide d'un scanner en choisissant la taille du pixel (pas du scanning). La taille du fichier raster est fonction du pas adopté lors de l'opération de numérisation, la réduction de la taille du fichier (en méga-octet) se traduit par une perte d'information sur l'orthophotoplan final.

b- Le géoréférencement des photos aériennes : Les données exogènes sont issues de sources très différentes, l'intégration de ce type de données dans un SIG nécessite un travail de référencement et de calage très important. Parmi ces données, nous distinguons les photos aériennes, que nous avons utilisées dans le cadre de cette étude. En effet, deux couvertures aériennes à l'échelle de 1/ 25.000 ème ont été utilisées et cela pour les années 1980 et 2003. L'utilité de ce type de données est indéniable pour l'identification des objets, d'une part et la différenciation entre les cultures annuelles et pluriannuelles d'autre part.

Les deux couvertures ont été calées par rapport à des points connus sur le terrain à l'aide d'un GPS et sur les cartes topographiques correspondantes. Ce calage des données est une opération très importante pour le géoréférencement des données multi sources. Les points pris en considération pour le calage de ce lot de photographies doivent être repérables, bienvisibles, identifiables à la fois sur la photo à redresser et sur un document de référence qui peut être une carte topographique ou une image satellite, en effet tout document possède des coordonnées précises.

Après cette étape, nous avons procédé à un mosaïquage des différentes photos en notre possession.

c-L'assemblage ou mosaïquage des photos aériennes : Les différentes photos aériennes d'une même région une fois calées, peuvent être assemblées (mosaïquage) entre elles en utilisant les discontinuités du paysage. On obtient ainsi une couverture homogène du territoire.

d-Digitalisation des objets : La numérisation étant la technique qui permet de constituer directement une base de données cartographiques organisée et structurée. Elle consiste à reconstituer la géométrie des objets soit à l'aide du curseur d'une table à digitaliser, soit à l'aide de l'ordinateur. Ce dernier permet d'enregistrer à la fois la nature et la géométrie de l'objet et le cas échéant, les données attributaires rattachées. Dans notre cas nous avons utilisé comme outil de numérisation le logiciel MapInfo 7.5.

5.2- Traitement des données spatiales

L'utilisation des données spatiales est devenue indispensable de nos jours, grâce aux apports rigoureux des outils de télédétection, pour les besoins de cette étude et afin de mieux préciser la dynamique de la végétation, nous avons utilisé plusieurs données satellitaires d'une résolution spatiale différente telles que les données du capteur Landsat 7 et du capteur Quik Bird.

· La série LANDSAT

Le programme *Earth Resources Technological Satellite* (ERTS) utilisant les satellites ERTS-1 dont le nom a été transformé en LANDSAT (*Land Satellite*) est dû à la NASA. Le premier satellite d'observation Landsat-1 a été lancé par la NASA en 1972. Landsat avait été conçu pour tester la faisabilité d'une plate-forme multispectrale d'observation de la Terre non habitée. Depuis, le programme Landsat a permis l'acquisition de données sur tous les coins de la planète et en 1985, le programme a été commercialisé pour fournir des données aux divers utilisateurs civils.

Tous les satellites de la série LANDSAT sont héliosynchrones en orbite sub-polaire, dont l'altitude standard a varié de 917 (1 à 3) à 705 km (4 à 7) mais on distingue plusieurs générations : Caméra numérique *Return Beam Vidicon* (RBV), capteur multispectral :

Spectral Scanneur (MSS), capteur Thematic Mapper (TM) et le capteur *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+).

Les tailles des "Pixel" sont de 15 mètres dans la bande panchromatique; 30 mètres dans les bandes de visible et l'infrarouge moyen et proche; et 60 mètres dans la bande infrarouge thermique.

· La série QuickBird

A l'origine programmé comme un système d'imagerie ayant une résolution de 0.6 mètre, les projets ont été ensuite modifiés par Digital Globe pour augmenter la résolution en ajustant l'orbite dans laquelle le satellite évolue. En conséquence, la résolution panchromatique passe de 80 centimètres à 61 centimètres et les résolutions multi spectrales de 4 à 2,44 mètres.

La conception de QuickBird lui permet de fonctionner correctement à faible altitude et il possède assez d'énergie pour ne pas devoir écourter sa mission. Cela signifie que QuickBird est le satellite commercial qui possède la résolution la plus pointue au monde.

Les données peuvent servir à la cartographie, la planification agricole et urbaine, la recherche météorologique et la surveillance militaire. Grâce à ce satellite les bâtiments, les voitures et même de grands arbres individuels peuvent être reconnus.

5.2.1- Les différentes phases de traitement

Les images obtenues après acquisition ne sont pas utilisables directement pour une interprétation aisée. On peut dire que le prétraitement doit fournir à partir des images brutes des images propres c'est-à-dire améliorées.

Le traitement des images recouvre l'ensemble des techniques consistant à modifier une image dont le but est de faciliter son interprétation où d'extraire des informations à partir de données, c'est à dire extraire des caractéristiques pertinentes par rapport à une problématique choisie, par exemple : l'occupation du sol.

Le traitement numérique d'une image comprend trois grandes étapes; prétraitement, réhaussement (amélioration) d'image et classification.

a-Le prétraitement est une opération effectuée sur les images en amont de tout traitement de façon à les corriger ou les améliorer géométriquement et thématiquement.

La mise au point d'une méthode concertée de surveillance par télédétection suppose un certain nombre d'étapes techniques incontournables. Parmi celles-ci, les corrections géométriques et les corrections radiométriques fondamentales pour la détermination des changements (Escadafal et al, 1999 in Sitayeb, 2005).

- **Les corrections radiométriques** comprennent entre autres, la correction des données à cause des irrégularités du capteur, des bruits dus au capteur ou à l'atmosphère, et de la conversion des données afin qu'elles puissent représenter précisément le rayonnement réfléchi ou émis mesuré par le capteur.
- **Les corrections géométriques** comprennent la correction pour les distorsions géométriques dues aux variations de la géométrie « Terre-capteur », et la transformation des données en vraies coordonnées (par exemple en latitude et longitude) sur la surface de la Terre.

b-Réhaussement de l'image cette fonction a pour but d'améliorer l'apparence de l'imagerie pour aider l'interprétation et l'analyse visuelles. Les fonctions de rehaussement permettent l'étirement des contrastes pour augmenter la distinction des tons entre les différents éléments d'une scène, et le filtrage spatial pour réhausser (ou éliminer) les patrons spatiaux spécifiques sur une image.

c-Transformation de l'image : c'est une opération similaire à celle de rehaussement de l'image. Cependant, alors que le rehaussement de l'image qui est normalement appliquer à une seule bande de données à la fois, la transformation de l'image combine le traitement des données de plusieurs bandes spectrales. Des opérations arithmétiques (c'est-à-dire addition, soustraction, multiplication, division) sont faites pour combiner et transformer les bandes originales en de "nouvelles" images qui montrent plus clairement certains éléments de la scène.

5.2.2- Composition colorée de l'image

Toutes les couleurs sont formées par l'addition de la lumière des trois couleurs primaires additives : rouge, vert et bleu (procédé utilisé pour afficher de la lumière sur un écran par exemple). En partant du noir, c'est à dire l'absence de lumière, on va ajouter des quantités

variables de lumières rouge, verte et bleue pour afficher une couleur précise. Chaque couleur est donc une combinaison singulière des trois couleurs primaires, la couleur blanche étant l'addition des trois couleurs primaires à intensité maximale. Ce procédé est appelé synthèse trichromique additive. (Fig.7).

La synthèse trichromique soustractive est le procédé inverse. Toutes les couleurs sont créées par soustraction de la lumière des trois couleurs soustractives : cyan, magenta et jaune (procédé utilisé pour la peinture, l'imprimerie ou la photographie). En partant du blanc, c'est à dire la lumière la plus intense, on va soustraire des quantités variables de lumières rouge, verte et bleue pour afficher une couleur précise.

Ainsi, du rouge mélangé au vert donne du jaune, du vert mélangé au bleu donne du cyan et de bleu mélangé au rouge donne du magenta. Le blanc est le fruit de l'addition des trois couleurs fondamentales à leur intensité maximale et le noir représente l'absence totale de lumière. Le gris est donc le résultat de l'addition d'une même proportion de chacune des trois couleurs fondamentales.

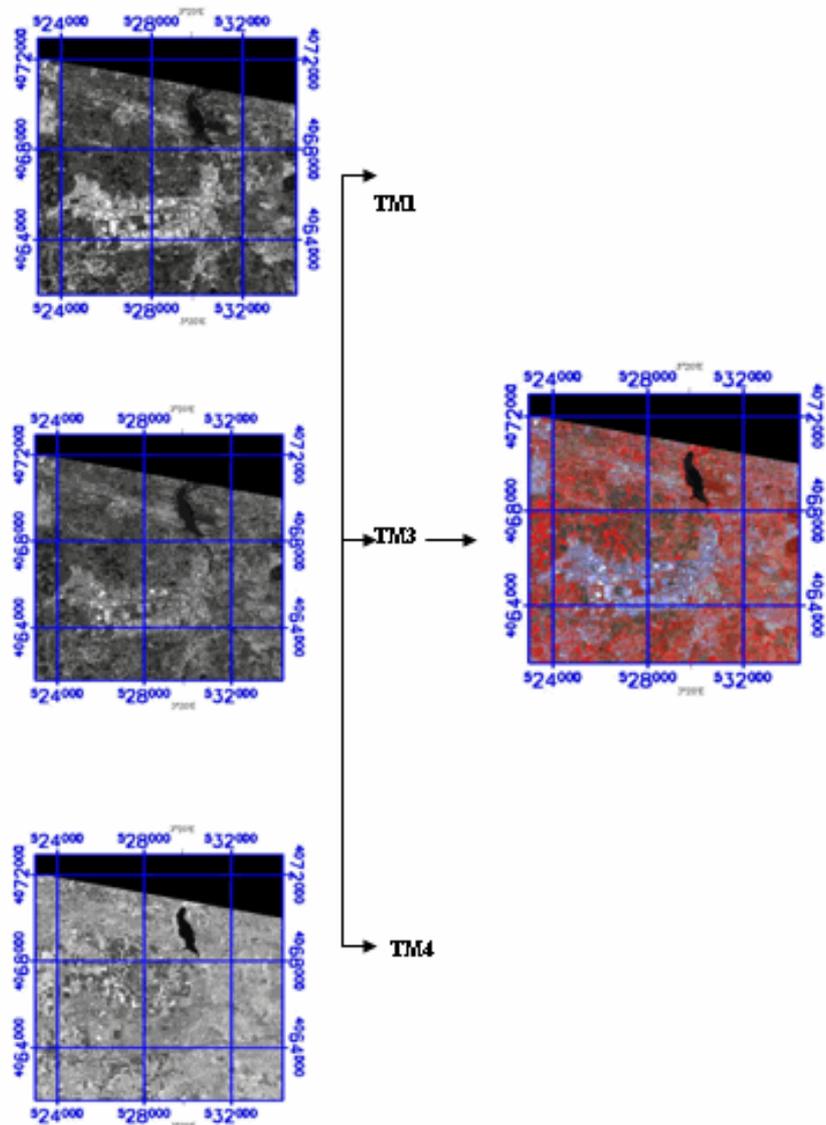


Fig.7 : Composition colorée de l'image Landsat ETM+ de la région de Réghaïa

5.2.3- Les traitements spécifiques

5.2.3.1- La classification des images satellites

Selon Kluser (2000) la classification est "l'arrangement et la mise en ordre d'objets en groupes ou en ensembles sur la base de leurs relations". La classification d'une image de télédétection consiste en une reconnaissance automatique des réflectances.

L'algorithme utilisé pour classer l'image va effectuer des regroupements de pixels en fonction de leurs similitudes. Il est ainsi possible d'identifier automatiquement les différents thèmes d'une image (végétation, eau, bâti...). Il est possible d'effectuer une classification sur un nombre important de canaux, la rapidité des traitements diminuant avec le nombre d'informations à traiter. Les diverses méthodes de classification peuvent être séparées en deux types :

A- Les méthodes de classifications non supervisées

C'est à dire complètement automatisées dans ce cas l'utilisateur définit un certain nombre de paramètres d'ordre spatiaux ou thématiques et l'ordinateur fait le reste. Les choix de l'utilisateur portent par exemple sur le nombre de classes souhaitées ou le seuil à partir duquel l'ordinateur peut considérer que la classification est terminée (il y a toujours des pixels quasiment inclassables).

B- Les méthodes de classification supervisées

L'utilisateur va guider l'ordinateur en lui fournissant des informations d'ordres thématiques ou spatiales. Ce type de classifications nécessite donc un minimum de connaissances sur la zone d'étude. Cette méthode donne des résultats souvent bien meilleurs, mais elle est plus longue (Tab.11).

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Classifications non supervisées	- Utiles pour réaliser une première segmentation des images en grands thèmes d'occupation du sol. - Cette segmentation pourra être utilisée pour réaliser un masquage des thèmes non concernés par l'étude	- Le regroupement des valeurs de comptes numériques crée des classes dont la signification thématique est parfois difficile à identifier
Classifications supervisées	- Les classes obtenues ont une signification thématique précise	- Le temps de réalisation est long, en particulier pour le choix et la délimitation des zones d'apprentissage

Tab.11 : Résumé les avantages et les inconvénients de chaque méthode

Girard, 2000

5.2.3.2- Les indices nécessaires pour l'étude de la végétation

La réflectance d'un couvert végétal ne dépend pas seulement des propriétés d'absorption des feuilles mais aussi de son architecture. Celle-ci varie selon la forme, la dimension, la

distribution dans l'espace et de la quantité des surfaces du couvert végétal. La distribution spatiale de la végétation sur le sol dépend du type de végétation, de la disposition des plantes, et de leurs stades de croissance. Au fur et à mesure que la végétation se développe, les effets du sol s'estompent (Sitayeb, 2005).

Les indices de végétation correspondent à une démarche empirique dans la recherche d'une estimation de paramètres concernant la végétation afin d'identifier des couverts végétaux chlorophylliens, d'évaluer l'indice foliaire, le développement de la canopée, les effets de stress, l'APAR (rayonnement photo synthétiquement actif absorbé), l'évapotranspiration, le rendement...etc. Ils sont plus ou moins sensibles à la contribution spectrale venant du sol ainsi qu'à celle provenant de l'éventuelle matière sèche sur pied mélangée à la matière verte (Girard, 2000).

Le principal indice utilisé dans l'analyse des images satellitales multi spectrales est l'indice de végétation normalisé (NDVI ou NVI) qui va traduire la densité du feuillage et la proportion de sol effectivement couverte par la végétation. Il est défini de la manière suivante :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Proche Infrarouge} - \text{Rouge}}{\text{Proche Infrarouge} + \text{Rouge}}$$

Le NDVI est déterminé à partir des réflectances planétaires dans les canaux rouges (autour de 0.45µm) et proche infrarouge (autour de 0.65µm). (Sitayeb, 2005).

Le NDVI présente la particularité d'augmenter en présence de la végétation, ce paramètre permet d'une part de mieux différencier les types de végétation et apporte, d'autre part, une information supplémentaire sur l'état du couvert végétal (Sitayeb, 2005).

D'autres indices permettant d'étudier la végétation existent. Il s'agit par exemple de l'indice de brillance, l'indice pigmentaire, l'indice de transparence.

6- Notion de bases sur le système d'information géographique (SIG)

Grâce au développement des nouvelles technologies (satellites et mise au point d'ordinateurs puissants) le Système d'Information Géographique (SIG), qui était assimilé au départ à un moyen de représenter les données sur une simple carte géographique, devient de plus en plus un outil important d'aide à la prise de décision; un outil de portée relativement grande et élargie à des domaines connexes à la gestion globale du développement.

L'objectif fondamental du SIG est de fournir une base d'information facilitant ainsi la prise de décision, dans plusieurs domaines.

6.1-Définition d'un SIG

Le système d'information géographique (SIG) est, historiquement, né du croisement de la cartographie assistée par ordinateur et des systèmes de gestion de bases de données (SGBD).

Appelés GIS (Geographic Information System) dans le monde anglophone, ils sont, depuis 1988, définis aux Etats-Unis comme des « systèmes informatiques de matériels, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion ».

Les SIG sont des « ensembles de données repérées dans l'espace et structurées de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision » définition, adoptée par (le Conseil national de l'information géographique en 1990),

6.2-Composition d'un SIG

Le SIG est composé, d'une part, de la base de données géographiques, et d'autre part, d'un ensemble d'outils permettant l'utilisation de celle-ci (Annexe V).

6.2.1- La base de données géographiques (BDG)

Elle est constituée d'un ensemble numérique de « cartes » et d'informations associées. Elle décrit des objets à la surface de la terre, composée des deux éléments suivants :

- Une base de données décrivant les objets spatiaux (localisation, forme).
- Une autre définissant les caractéristiques thématiques (attributs) de ces objets.

6.2.2- La saisie numérique

La saisie numérique d'une information à caractère spatial, telle que les documents cartographiques, constitue aussi un autre système de base. Celui-ci permet de convertir l'information analogique d'une carte en une information numérique.

6.2.3- La représentation cartographique

Elle permet de sélectionner des éléments de la BDG et de les représenter cartographiquement à l'écran ou à l'imprimante.

6.2.4- Le système de gestion de base de données (SGBD)

Un SIG contient non seulement un SGBD traditionnel, mais aussi une variété d'outils capables de gérer à la fois les dimensions thématiques et spatiales de l'information. A l'aide d'un SGBD, il est possible d'introduire des informations thématiques, sous la forme de tables ou de statistiques et subséquemment d'en extraire des éléments spécifiques sous la même forme.

6.2.5- L'analyse spatiale

L'analyse spatiale de l'information est une extension des capacités d'interrogation des bases de données traditionnelles, en prenant en compte la localisation des observations. L'exemple le plus simple consiste à combiner dans une requête la présence conjointe de deux caractéristiques spécifiques à deux ensembles d'objets spatiaux distincts.

Un SIG est nécessaire car il permet de considérer le recouvrement spatial d'entités. La procédure, appelée recouvrement ou superposition, correspond à l'opération manuelle de superposition d'une carte transparente sur une seconde carte.

A l'instar du SGBD, le système d'analyse spatiale a une liaison bidirectionnelle avec la BDG pour permettre un traitement de type analytique. Ainsi, il prélève à la fois de l'information de la BDG et la complète à l'aide des résultats de l'analyse.

Ainsi, les capacités analytiques d'un système d'analyse spatiale et du SGBD jouent un rôle essentiel dans l'extension de la base de données, au travers des connaissances sur les relations qui existent entre les objets. Bien que la notion de superposition soit le mot-clé des SIG, l'analyse spatiale assistée par ordinateur a beaucoup évolué et propose des opérations bien plus riches et complexes.

6.2.6- L'analyse statistique

Des outils de statistique descriptive de données spatiales ont été développés pour prendre en compte le caractère spatial des données et aussi parce que ce type de données pose des problèmes particuliers d'application des procédures classiques.

6.2.7- Le traitement d'image

Le traitement d'image de télédétection permet de transformer le contenu originel d'une image en une information au contenu thématique exploitable à l'aide de procédures de classification.

6.3-Les principales fonctions d'un SIG

Les systèmes d'information géographique peuvent être constitués pour répondre à différentes demandes. Comme le système universel n'existe pas, il faut les adapter selon les objectifs fixés.

Toutefois ils ont en commun des fonctionnalités que l'on retrouve dans chaque système regroupées en 5 familles sous le terme des « 5A » pour : Abstraction, Acquisition, Archivage, Affichage et Analyse. (Marmonier, 2002 in Sitayeb, 2005).

a. Abstraction : modélisation du réel selon une certaine vision du monde.

b. Acquisition : intégration et échange de données (Import- Export). L'acquisition des données est faite par trois modes :

- Digitalisations : la numérisation des plans cartographiques scannés par l'ordinateur ou la table à digitaliser.
- Scanner : les cartes, les photos aériennes sont introduites sous forme des données raster.
- Clavier : la saisie des données attributaires.

c. Archivage : structuration et stockage de l'information géographique sous forme numérique.

d. Affichage : représentation et mise en forme, notamment sous forme cartographique.

e. Analyse : analyse spatiale (calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données).

6.4-Modes de représentation des données géographiques

Les données spatiales sont représentées dans un SIG suivant deux modes : vecteur ou raster.

6.4.1- Mode vecteur

En mode vecteur, les objets sont définis par des points, par des arcs ou des polygones. A chaque objet est alors assigné un identifiant unique, à travers lequel lui sont associées des caractéristiques attributaires quantitatives et/ou qualitatives. Le mode vecteur est de ce fait, plus adapté à la représentation de variables discrètes. Il permet de représenter les objets tels qu'on les perçoit dans le monde réel.

- Les points :

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

- Les lignes :

Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

- Les polygones :

Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de formation végétales.

6.4.2- Mode raster

Les données sont stockées sous forme de cellules de taille et de forme identiques pour représenter l'espace, en le découpant de manière régulière. Généralement de forme carrée, les cellules (ou 'pixels') sont organisées en lignes et colonnes. A chaque pixel correspond une valeur unique. Les images satellitaires ou scannées sont des exemples de données représentées en mode raster.

7- Les domaines d'applications

Les domaines d'application des SIG sont nombreux et variés tels que :

- La protection de la nature : mesure de la dégradation des écosystèmes et évaluation des risques futurs liés à la pollution.
- La géomorphologie : pour évaluer les effets d'érosion afin de déterminer la façon la plus efficace d'intervenir.
- La socio économie : impact des activités anthropiques (le surpâturage, surexploitation, ... etc.) sur la dégradation du couvert végétal.
- La foresterie : analyse et suivi de la biodiversité, cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture.
- Tourisme : gestion des infrastructures, itinéraires touristiques.
- Planification urbaine : cadastre, voirie, réseaux assainissement.
- Protection civile : gestion et prévention des catastrophes.
- Transport : planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires.
- Hydrologie : planification et gestion des réseaux hydriques.

CHAPITRE III : Résultats et interprétations

I-Traitement des données floristiques par l'AFC

Le traitement numérique (A.F.C) de nos données requiert deux (02) étapes d'analyses distinctes et consécutives : la première est une analyse globale et la seconde une ou plusieurs analyses partielles.

1- Analyse factorielle globale

La matrice brute des données faisant l'objet de notre travail est défini par un total de 222 relevés et 337 espèces. Notant que cette matrice globale se compose de 38 relevés et 190 espèces issus de l'études de Lazereg en 1983, de 06 relevés et 24 espèces résultants de l'étude de Boukhalfa en 1991, 73 relevés et 89 espèces issus de l'étude de Guendez et Derghal en 2000 et enfin les relevés réalisés lors d'une campagne de terrain en 2005 où on a recensé 125 relevés et 255 espèces.

Afin de limiter l'influence des espèces accidentelles, la taille de cette matrice a été réduite. Ainsi, sont éliminées toutes les espèces dont la présence est inférieure ou égale à deux. La matrice finale comprend donc 219 relevés et 245 espèces (Annexe V).

Pour cette présente analyse nous nous sommes basés sur l'observation des axes 1, 2 et 3. Ce sont les plus informatifs car selon Abdelkrim (1995), ces trois premiers axes sont toujours déterminants dans l'individualisation des ensembles de relevés et d'espèces. Les valeurs propres relatives aux deux axes calculés par l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C) sont les suivants :

- Axe 1 : 0.645
- Axe 2 : 0.340

Il apparaît que les deux premiers axes ont les valeurs les plus élevées. En effet, ce sont ces axes qui fournissent le maximum d'informations contenues dans le nuage de points. La valeur propre relative de l'axe 3, nous amène à le considérer dans l'analyse des différents plans factoriels.

1.1- Description et interprétation des résultats

1.1.1- Description de la carte des relevés

L'étude de la carte factorielle relative au plan 1-2, présentant la projection des relevés dans ce premier plan, montre une représentation particulièrement significative. En effet, l'étude de cette carte factorielle laisse apparaître une nette différenciation spatiale de deux ensembles de relevés par rapport à un troisième peu dissocié, situé à proximité de l'origine des axes. Ceci implique que ces relevés s'opposent radicalement entre eux par leurs caractères floristiques et écologiques.

La distribution spatiale de ces ensembles apparaît comme suit (Fig.8):

- Le premier nuage de points-relevés «l'ensemble I», dit «noyau central», très dense composé de 206 relevés d'origines très diverses, dont le plus grand nombre se condense à droite de l'origine des axes et s'étale le long de l'axe 02. Ce type de distribution dénote une grande homogénéité des relevés.

A partir de ce nuage partent deux autres nuages dits «branches», diamétralement opposées par l'axe 1.

- L'ensemble II, occupe les quadrants [+1, +2], est un ensemble de relevés très étalé s'étirant parallèlement à l'axe 1, présentant ainsi une position extrême sur la carte factorielle. Cet ensemble se compose de 08 relevés nettement individualisés.

Quant à «L'ensemble III» il est composé par 05 relevés résultant des relevés effectués sur les rives du lac par Boukhalifa en 1991. Les points relevés de cet ensemble longent l'axe 2 en se décalant fortement vers le quadrant [-1, +2]. Il constitue le lot le plus pauvre en relevés se rapportant à un mélange de groupements végétaux dominés essentiellement par *Polygonum hydropiper* et *Digitaria sanguinalis*.

Les résultats de l'AFC suivant les axes 1 et 3 confirment l'existence des ensembles I, II et III mis en évidence lors de cette analyse (Annexe VI).

1.1.2- Signification des axes factoriels

Après avoir individualisé les groupes de relevés sur les différents plans factoriels successifs, on procède à la mise en évidence des gradients écologiques qui se fait à travers l'interprétation des axes factoriels. La détermination de ces gradients écologiques, et par conséquent l'interprétation des axes 1 et 2 s'avère une opération très délicate par le fait que, chaque axe représente plusieurs facteurs en proportion variable (Binet et al, 1972).

Pour ce faire, on tiendra compte des éléments suivants

- La proximité des points et plans principaux.
- Le rôle joué par chaque point (relevé ou espèce) dans la détermination écologique des axes 1 et 2 à travers leurs contributions relatives.
- La nature des relevés (leur emplacement sur le terrain) et l'écologie des espèces.
- L'axe factoriel 1

Les relevés et les espèces longeant la partie positive et la partie négative de l'axe 1 et présentant des valeurs de contributions relatives les plus élevées et les plus significatives sont mentionnées dans le tableau suivant

Côté positif de l'axe 1		Côté négatif de l'axe 1	
N° de relevé	CTR	N° de relevé	CTR
53	936	104	233
54	872	103	213
55	743	107	155
109	720	106	147
Espèce	CTR	Espèce	CTR
<i>Ammophila arenaria</i>	418	<i>Polygonum hydropiper</i>	279
<i>Pancreatum maritimum</i>	233	<i>Rumex conglomeratus</i>	132
<i>Cynoglossum creticum</i>	100	-	

Tab.12 : Relevés et espèces à contributions relatives élevées pour l'axe 1

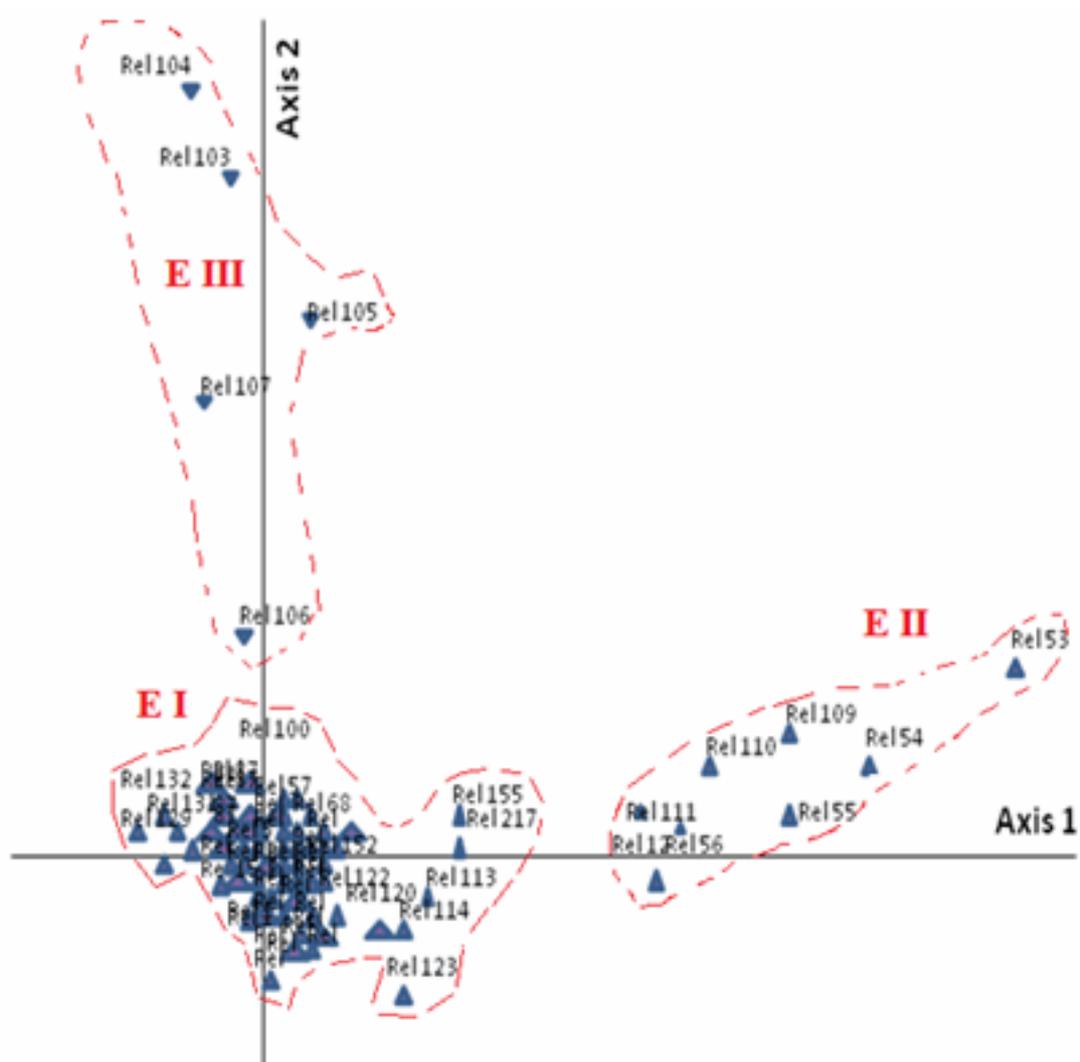


Fig.8: Analyse globale

Plan factoriel des relevés (axes 1-2)

L'examen de la carte factorielle des relevés, nous permet de déterminer le facteur écologique recherché. Il s'agit de l'organisation spatiale des phytocénoses, exprimée par les types biologiques des espèces (dominantes) composant les groupements végétaux déterminés par l'AFC.

En effet, cette carte met en évidence une nette opposition entre deux (02) ensembles de relevés dont la nature biologique est différente. Il s'agit de l'ensemble II, situé dans le côté positif de l'axe 1 qui renferme 08 relevés à savoir le 53, 54, 55, 56, 109, 110, 111 et 112 récoltés en totalité sur la partie Nord du lac de Réghaïa (partie dunaire) où le substrat est de texture sablonneuse et sec (très pauvre en matière organique). Tandis que l'ensemble III, se cantonne sur la partie négative de l'axe 1, et composé principalement de relevés réalisés sur les rives directes du lac où le substrat est vaseux.

La superposition de la carte factorielle «espèces» et la carte factorielle «relevés» permet de visualiser, pour chaque ensemble retenu les espèces qui lui sont rattachées par leur localisation (Fig.9).

De ce fait, l'étude de la carte factorielle relative aux espèces confirme amplement l'existence d'un gradient de variation de substrat exprimé le long de l'axe horizontal. Les espèces ayant les valeurs de contribution relatives les plus élevées et qui se positionnent dans le quadrant positif de l'axe 1 soit +1, +2, sont des espèces psammophiles dominée principalement par : *Ammophila arenaria*, *Pancratium maritimum*.

Alors que le quadrant négatif -1, +2, renferme un lot d'espèces qui se développe sur un substrat vaseux de texture argilo-sableuse très riche en matière organique et humide, représenté par *Polygonum hydropiper* et *Rumex conglomeratus*.

Ainsi on peut conclure que l'axe horizontal (Axe 1) traduit un gradient de variation du substrat.

L'axe factoriel 2

Les contributions relatives les plus explicatives des relevés et des espèces participant dans l'interprétation écologique de l'axe 2, sont comme suit :

Côté positif de l'axe 2		Côté négatif de l'axe 2	
N° de relevé	CTR	N° de relevé	CTR
106	430	113	109
132	200	120	100
131	150	122	98
Espèce	CTR	Espèce	CTR
<i>Typha latifolia</i>	517	<i>Kendmania sicula</i>	219
<i>Potentilla reptans</i>	465	<i>Urginea maritima</i>	76
<i>Tamarix africana</i>	235		

Tab.13 : Relevés et espèces à contributions relatives élevées pour l'axe 2

Selon les données fournies par le tableau, les relevés ayant été projetés dans la partie positive de l'axe 2, sont réalisés dans une formation végétale à fort pouvoir colonisateur, sur des atterrissements minéraux limono-argileux (Chaïb, 1992). Contrairement aux relevés (113, 120, 122), contribuant à l'axe 2 du côté négatif, effectués sur les pentes du lac.

Cet état de fait se trouve étayé par la présence, du côté positif de l'axe 2, d'espèces telles que *Typha latifolia*, *Potentilla reptans* et *Tamarix africana* qui se développent le long des berges directes du lac formant ainsi des plages de végétation hygrophile. Du côté négatif du même axe, c'est un autre type de formation végétale qui prend place dominée principalement par *Kundmania sicula* et *Urginea maritima* rencontrés sur toutes les pentes de la vallée, ces espèces sont liées aux habitats où la dégradation de la végétation est à un stade avancé.

L'analyse des résultats escomptés de cet axe, traduit une opposition entre le lot de relevés réalisés au niveau des berges du maquis et les relevés réalisés au niveau des rives directes du lac. Donc l'axe factoriel 2, traduit un gradient de pourcentage de pente.

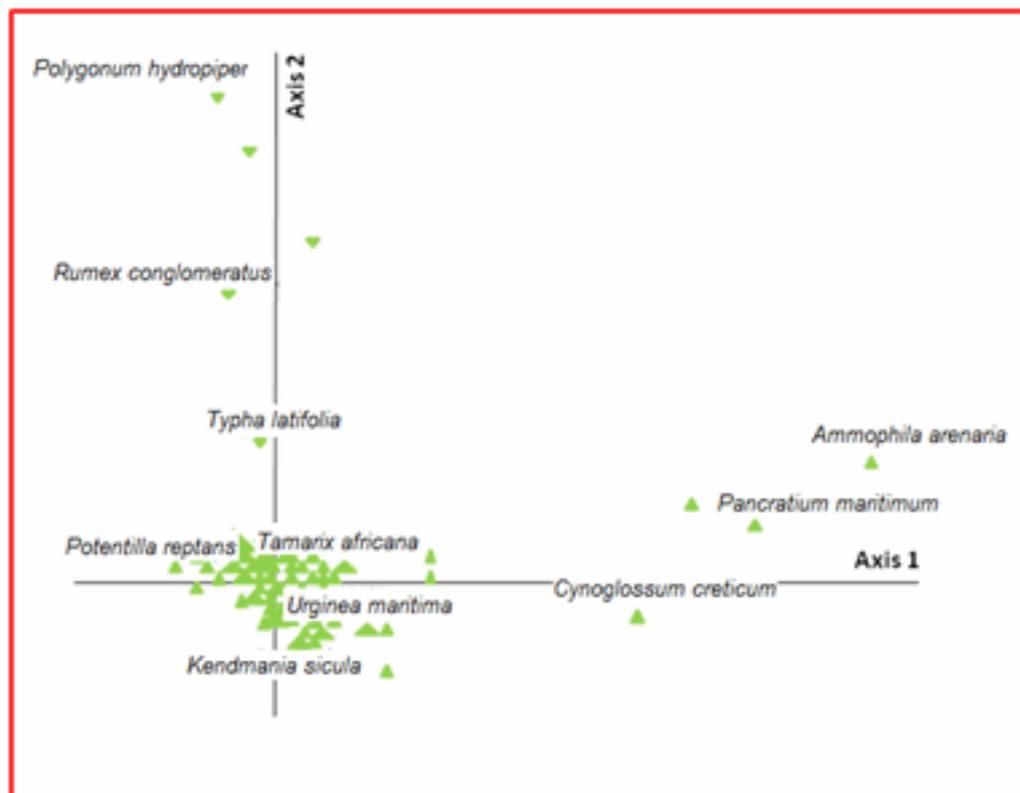


Fig.9 : Analyse globale

Plan factoriel des espèces (Axes 1-2)

2-Analyse factorielle partielle

Guinochet (1973), signale que lorsque l'AFC s'applique à un nombre important de relevés de natures diverses, la seconde phase de traitement consiste en une analyse partielle des ensembles regroupés près de l'origine des axes, après élimination des groupes bien différenciés lors de la première analyse.

2.1-Première analyse partielle

Après élimination des ensembles bien distincts (II, III) lors de l'analyse globale; Nous avons procédé à une 1^{ère} analyse partielle de l'ensemble I composé de 184 relevés et 217 espèces.

Cette analyse aboutit donc à une disjonction spatiale de l'ensemble I en 3 îlots accusant une nette individualisation floristique et écologique (Fig.10). L'examen de la carte factorielle relative aux axes 1 et 2 révèle l'existence de 3 sous ensembles qui se répartissent comme suit:

- **Le S/Ensemble I-1** : Composé de 03 relevés et 20 espèces, très homogène situé à l'extrémité négative de l'axe 1 et s'étirant le long de l'axe 2.

Ce lot s'avère exclusivement composé par les relevés suivants (101, 102 et 98) réalisé sur la rive Sud-Est du lac de Réghaïa où dominent les groupements à base de *Ranunculus macrophyllus* et *Iris pseudo-acorus*.

- **Le S/Ensemble I-2** : se se cantonne vers le pôle positif de l'axe 1 réunissant 179 relevés. Ce noyau central est composé d'un ensemble de relevés très hétérogènes s'agglutinant en majorité au niveau de l'origine des axes. Ce lot subira à son tour une seconde analyse partielle afin de discriminer les différents groupements végétaux auxquels ils appartiennent.
- **Le S/Ensemble I-3** : se positionnant dans l'extrémité négative de l'axe 1, ce lot de points est composé de 2 relevés, représentant un groupement à base d'*Euphorbia helioscopia*.

2.1.1-Interprétation des axes factoriels

La détermination des axes factoriels 1 et 2 s'est basée sur les mêmes procédures entreprises dans l'analyse globale.

- Axe factoriel-1

L'axe 1, exprime un nouveau facteur écologique commun aux deux sous-ensembles dégagés par cette première analyse partielle. Le tableau 14, présente les contributions relatives élevées des relevés et des espèces contribuant dans la détermination de l'axe1.

Côté positif de l'axe 1		Côté négatif de l'axe 1	
N° de relevé	CTR	N° de relevé	CTR
165	280	02	575
155	212	16	335
171	232	21	238
146	119	06	220
Espèce	CTR	Espèce	CTR
<i>Stachys ocymastrum</i>	449	<i>Olea europeae</i>	385
<i>Inula viscosa</i>	14	<i>Pistacia lentiscus</i>	208
<i>Cynodon dactylon</i>	69	<i>Rubus ulmifolius</i>	75

Tab.14: Relevés et espèces à contributions relatives élevées pour l'axe 1

Après examen de la carte factorielle des relevés et espèces selon l'axe 1, nous avons remarqué que le noyau central oppose deux groupes de relevés dont le 1^{er} groupe (S/ Ensemble I-2a) se localise sur la partie négative de l'axe 1, caractérisé par la dominance d'espèces reconnues par leur grande taille (espèces phanérophtes, Jauzein, 1995). A l'opposé on trouve un lot de relevés (S/Ensemble I-2b) regroupant des espèces herbacées qui supportent le piétinement.

De ce fait, nous pouvons extraire la conclusion suivante de notre carte factorielle (Fig.10): que dans la partie négative de l'axe 1, nous sommes en présence d'espèces du maquis en équilibre alors que la partie positive de cet axe réunit des espèces des milieux pâturés où la dégradation est plus ou moins accentuée.

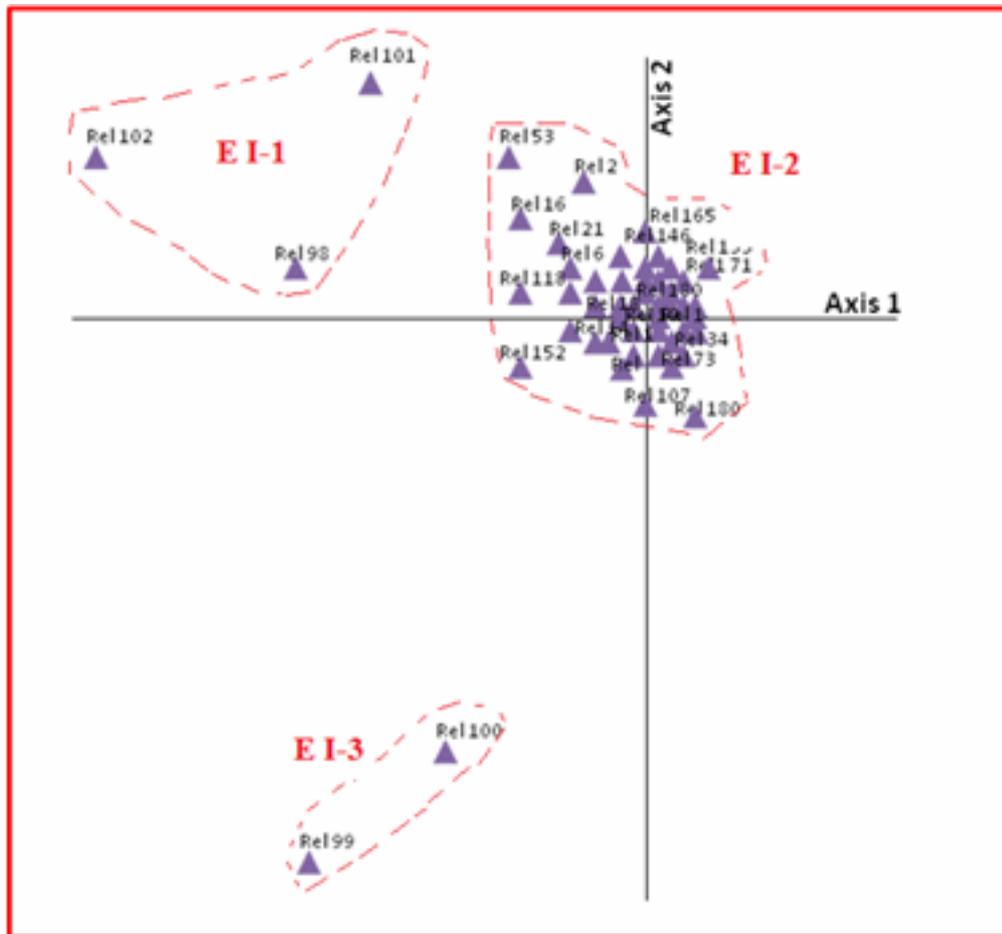


Fig.10: Première analyse partielle

Plan factoriel des relevés (Axes 1-2)

Axe factoriel-2

Les relevés et les espèces qui se sont étroitement liés à l'axe factoriel 2 sont réunis dans le tableau suivant.

Côté positif de l'axe 2		Côté négatif de l'axe 2	
N° de relevé	CTR	N° de relevé	CTR
101	290	100	449
102	235	99	654
98	168	-	
Espèce	CTR	Espèce	CTR
<i>Iris pseudoacorus</i>	305	<i>Euphorbia helioscopia</i>	320
<i>Ranunculus macrophyllus</i>	400	<i>Arundo donax</i>	500
<i>Juncus acutus</i>	97	<i>Sinapis arvensis</i>	460

Tab.15 : Relevés et espèces à fortes contributions relatives pour l'axe 2

Les relevés qui contribuent à l'axe 2 (101, 102 et 98), du côté positif, sont réalisés en majorité sur la rive Sud-Est du lac et se composent principalement d'espèces hygrophiles et humifères colonisatrice des berges du lac dominé par les espèces à forte contribution relatives suivantes : *Iris pseudo-acorus*, *Ranunculus macrophyllus* et *Juncus acutus*.

Quant au 2^{ème} lot (S/Ensemble I-3) se localise a l'extrémité négative de l'axe 2 et se compose d'espèces thermophiles qui se développent sur substrat sec tel que *Arundo donax*, *Sinapis arvensis* et *Euphorbia helioscopia*.

Ainsi, le gradient écologique exprimé par l'axe 2 est l'humidité du sol qui va en diminuant du côté positif au côté négatif de l'axe 2.

La carte factorielle relative au plan factoriel 1-3 (AnnexeVII), fait apparaître les deux premiers sous ensembles déjà discriminés sur l'axe 1-2 et révèle l'existence de deux sous ensembles, situés sur la partie positive de l'axe 3 ayant pris naissance a partir du noyau central (S/Ensemble I-2).

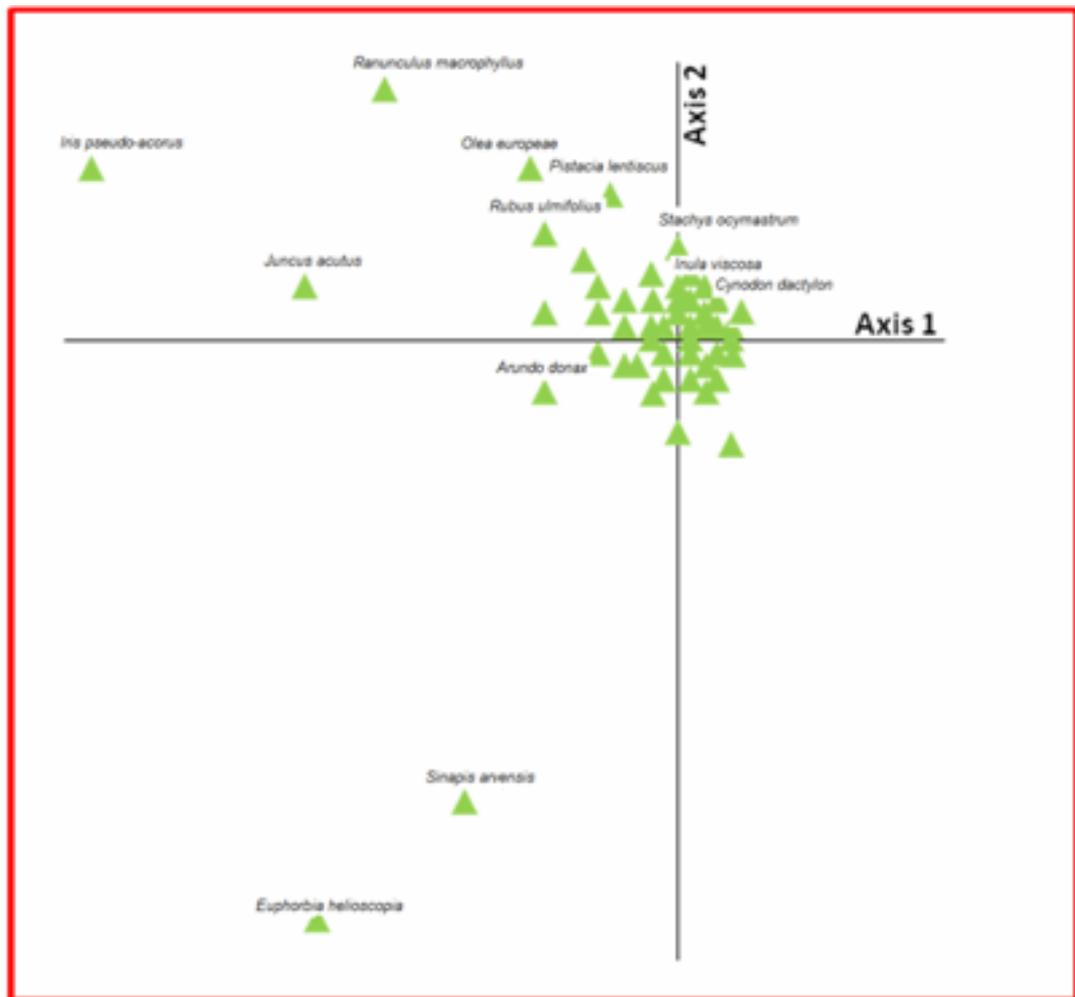


Fig.11: Première analyse partielle

Plan factoriel des espèces (Axes 1-2)

Après analyse de ce groupe de relevés nous avons constaté qu'il est composé d'un ensemble de végétation prés-forestière dominée par les espèces de maquis suivantes: *Olea europaea*, *Pistacia lentiscus* et *Phyllirea angustifolia*.

2.2-Deuxième analyse partielle

Ce traitement concerne les relevés du sous-ensemble I-2 composé de 179 relevés individualisés lors de la première analyse partielle.

Cet ensemble de relevés se discrimine en trois sous-ensembles, comme on le constate sur la carte factorielle considérée (Fig.12).

- **S/Ensemble I-2-1** : Il regroupe 05 relevés: 21, 27, 52, 34 et 53 réalisés au niveau de la prairie humide située sur la partie Nord du lac occupant la zone de transition entre le lac et le cordon dunaire ainsi que les pelouses qui occupent les versants Nord et Ouest du lac, caractérisées par les espèces physionomiquement dominantes suivantes: *Plantago coronopus* et *Cynodon dactylon*
- **S/Ensemble I-2-2** : Il réunit 06 relevés (164, 132, 141, 9, 16 et 2) réalisés sur le versant Est du lac, dominés essentiellement par *Olea europaea* et *Pistacia lentiscus*.

Ces végétaux ligneux poussent sur des terrains très divers parfois très secs. Ces maquis constituent la dernière zone de végétation avant les cultures et occupent les talus qui ceinturent le lac.

- **S/Ensemble I-2-3** : regroupe 115 relevés d'origine très diverse qui peuvent appartenir à des jachères et des friches occupant une position centrale par rapport aux axes 1 et 2. Les espèces les plus répandues sont les suivantes : *Convolvulus altheoides*, *Oxalis cernua* et *Daucus carota*.

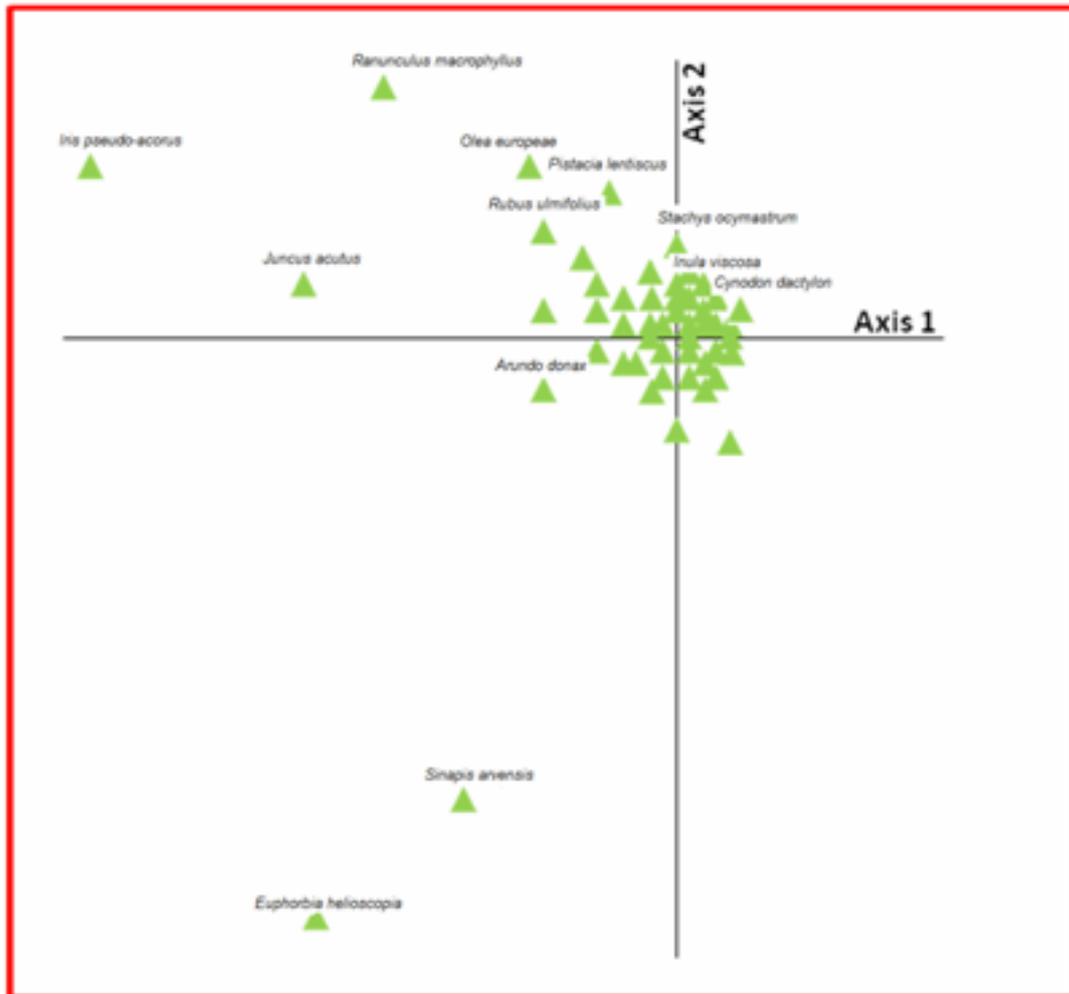


Fig.12: Seconde analyse partielle

Plan factoriel des relevés (Axes1-2)

2.2.1-Interprétation des axes factoriels

L'éclatement du sous-ensemble I-2 de cette seconde analyse partielle a permis d'obtenir trois sous-ensembles I-2-1, 2 et 3. C'est la nature de leur répartition sur le seul plan factoriel 1-2 que nous tenterons d'expliquer dans ce qui suit.

- Axe factoriel-1

L'analyse factorielle des correspondances fait ressortir sur le plan écologique, les variables responsables de la répartition des relevés ainsi que leurs groupements en ensembles

cohérents sur les différentes cartes factorielles. Les relevés à fortes contributions relatives participant à la construction de cet axe sont présentés dans le tableau suivant.

Côté positif de l'axe 1		Côté négatif de l'axe 1	
N° de relevé	CTR	N° de relevé	CTR
60	321	127	129
20	201	69	222
145	118	92	90
Espèce	CTR	Espèce	CTR
<i>Ranunculus macrophyllus</i>	556	<i>Plantago coronopus</i>	444
<i>Oxalis cernua</i>	434	<i>Aster squamatus</i>	329
<i>Lythrum junceum</i>	100	<i>Cynodon dactylon</i>	213
<i>Convolvulus tricolor</i>	70	<i>Eryngium dichotomum</i>	142
<i>Daucus carota</i>	98	-	

Tab.16 : Relevés et espèces à contributions relatives élevées pour l'axe1

Le pôle positif de l'axe 1, est occupé par des relevés qui correspondent aux milieux ouverts des friches et des jachères des biotopes humides réalisés sur sol argileux marneux, marqués par les taxons à fortes contributions relatives suivants : *Ranunculus macrophyllus*, *Oxalis cernua*, *Lythrum junceum*, *Convolvulus tricolor* et *Daucus carota*, laissées à leur propre dynamisme.

Alors que le pôle négatif de cet axe, comporte des relevés de prairies et pelouses humides (S/Ensemble1-2-1), rappelons que ces stations sont marquées par la présence de taxons liés aux sols, plus ou moins sablonneux-argileux et ils sont peu salés durant la période sèche (Horvatic, 1963 in Lazreg, 1983): *Cynodon dactylon*, *Aster squamatus* et *Plantago coronopus* et *Eryngium dichotomum*. Il est à noter également que ces espèces se rattachent aux milieux encore soumis à l'action anthropique (Abdelkrim, 1995).

La détermination du gradient écologique, extrait le long de l'axe1, montre que ce dernier exprime une variation du substrat, la dégradation du milieu ainsi que la salinité du sol.

Axe factoriel-2

Dans cette seconde analyse partielle nous constaterons la présence, dans la partie positive de l'axe 2, trois relevés à fortes contributions relatives (164, 132 et 141) réalisés dans le maquis. Du côté négatif de l'axe, nous avons les relevés (23, 26 et 56) effectués dans les zones à végétation herbacées.

Parmi les espèces ayant des contributions relatives élevées pour l'axe 2, contribuant du côté positif, ce sont celles communes des matorrals ou des forêts xérophytiques méditerranéennes caractérisant les milieux secs et stables (Quezel et Santa, 1962). On aperçoit une stratification bien distincte de ces taxons telles que : *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea* et *Phillyrea angustifolia*.

Le quadrant négatif de cet axe est marqué par le cantonnement à son extrémité négative d'un lot de végétation herbacée caractérisée par leurs tailles petites dominé

principalement par *Oxalis cernua*, *Cynodon dactylon* et *Eryngium maritimum*. (Tab.17et Fig.13).

Cet ensemble réunit donc des espèces nitrophiles des sols influencés par l'activité humaine et rassemble des mauvaises herbes des cultures et des terres piétinés.

Côté positif de l'axe 2		Côté négatif de l'axe 2	
N° de relevé	CTR	N° de relevé	CTR
164	178	23	87
132	56	26	109
141	40	56	99
Espèce	CTR	Espèce	CTR
<i>Olea europaea</i>	577	<i>Oxalis cernua</i>	460
<i>Pistacia lentiscus</i>	343	<i>Cynodon dactylon</i>	300
<i>Phillyrea angustifolia</i>	67	<i>Eryngium maritimum</i>	110

Tab.17 : Relevés et espèces à contributions relatives élevées pour l'axe 2

A partir de la distribution des relevés et des espèces tout le long de l'axe 2, nous pouvons attribuer à ce dernier un premier gradient qui traduit la stratification de la végétation et un second gradient traduisant le degré d'eutrophisation du milieu.

2.3-Troisième analyse partielle

Cette étape d'analyse concerne seulement la matrice des relevés qui comprend 87 relevés et 95 espèces et qui nous révèle l'existence de deux grands ensembles il s'agit du :

- S/Ensemble I-2-3a: composé de 17 relevés (16, 9, 106, 7, 101, 6,102, 19, 24, 21, 52, 53, 34, 12, 27, 20 et 2) qui se répartissent le long de la partie négative de l'axe 1, dominés principalement par les espèces de maquis représentées par *Olea europaea*, *Pistacia lentiscus*, *Asphodelus microcarpus* et *Beta vulgaris*.
- S/Ensemble I-2-3b : situé à l'extrémité positive de l'axe 1, composé de 70 relevés dominés par des espèces hygrophiles telles que *Typha latifolia*, *Phragmites communis* et *Salix alba*.

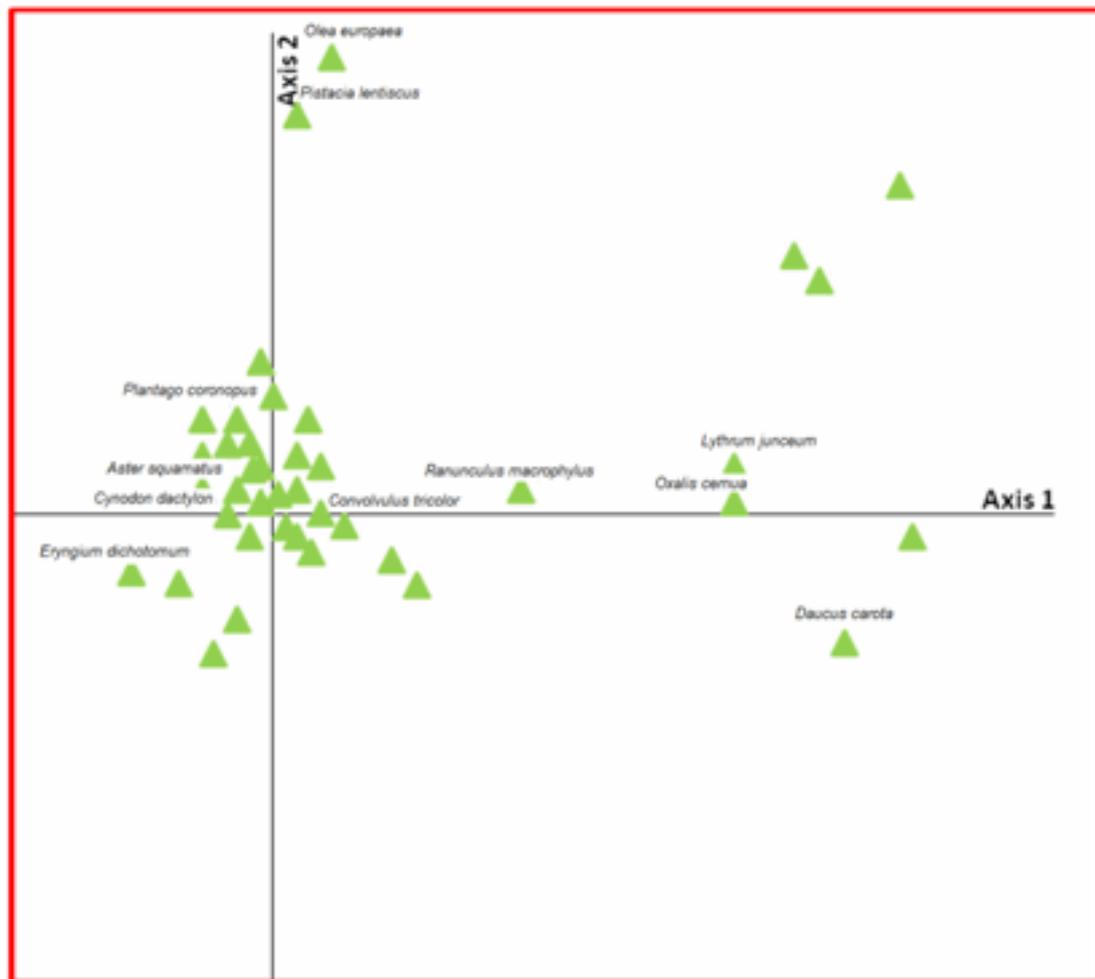


Fig.13: Seconde analyse partielle

Plan factoriel des espèces (Axes 1-2)

Axe factoriel-1

En effet, ces deux cartes relevés (Fig.14) et espèces (Fig.15), mettent en évidence une nette opposition entre deux (02) sous ensembles dont le type biologique est différent, il s'agit du S/Ensemble I-2-3a, situé dans le côté négatif de l'axe 1, qui correspond selon la nature des relevés à un lot d'espèces des maquis littoraux à olivier et lentisque et le S/Ensemble I-2-3b cantonné dans la partie positive de ce même axe, composé principalement d'hydrophytes.

Le tableau 18, résume les contributions relatives les plus élevées des espèces par rapport à l'axe1.

Côté positif de l'axe 1		Côté négatif de l'axe 1	
N° de relevé	CTR	N° de relevé	CTR
23	269	2	689
26	176	19	75
25	99	9	123
Espèce	CTR	Espèce	CTR
<i>Olea europaea</i>	350	<i>Typha latifolia</i>	567
<i>Asphodelus microcarpus</i>	190	<i>Phragmites communis</i>	456

Tab.18: Les espèces et relevés à fortes contributions relatives par rapport à l'axe 1

A la lumière de ce qui précède, nous pouvons conclure que cette troisième analyse partielle est venue confirmer la présence d'un gradient déjà signalé précédemment, traduisant une variation hydrique du sol.

Au terme de ces analyses (globales et partielles), nous sommes parvenus à dégager quatre (04) ensembles floristiques correspondant à quatre (04) groupements végétaux, que nous décrivons ultérieurement par l'approche phytosociologique (Annexe VIII). Il s'agit des groupements suivants : Le groupement à *Olea europaea*, le groupement à *Typha latifolia*, le groupement à *Oxalis cernua*, le groupement à *Ranunculus macrophyllus*.

D'autre part, l'AFC, nous a également permis de mettre en évidence et d'identifier deux (02) facteurs écologiques conditionnant la distribution spatiale des communautés végétales caractérisant notre zone d'étude à savoir : la texture et le taux d'humidité du sol et la stratification de la végétation.

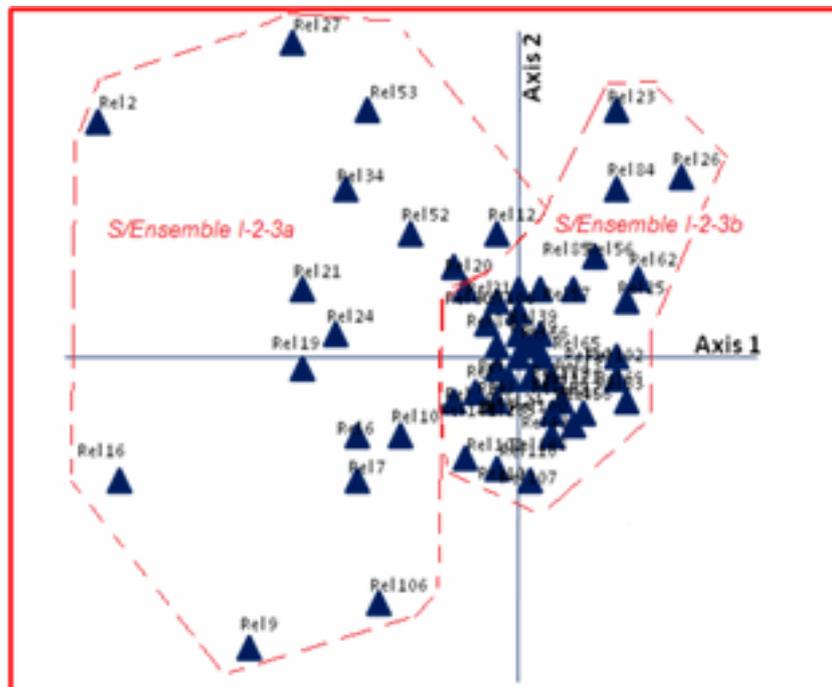


Fig.14 : Troisième analyse partielle

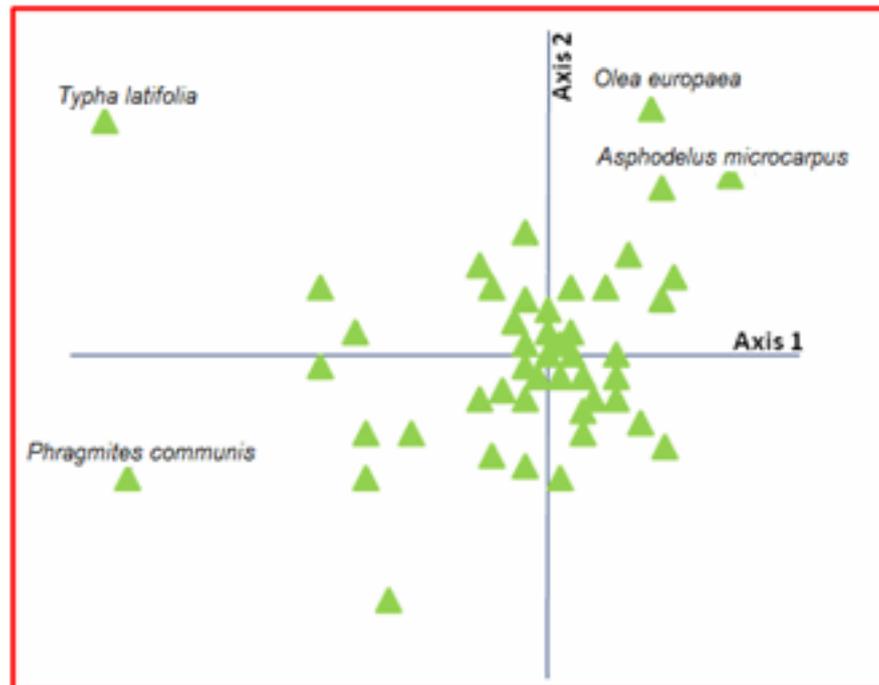


Fig.15 : Troisième analyse partielle

II- Méthode phytosociologique

1-Etude syntaxonomique

L'utilisation de la méthode sigmatiste à l'aide des tableaux phytosociologiques d'une part et les résultats de l'A.F.C d'autre part a permis de mettre en évidence les principaux groupements végétaux présents au sein du lac de Réghaïa.

La caractérisation floristique et écologique de ces groupements ainsi que leur rattachement aux unités phytosociologiques supérieures est présentée dans cette partie.

aperçu historique sur les unités supérieures des groupements végétaux du lac de Réghaïa

INTRODUCTION

La communauté végétale du lac de Réghaïa s'organise en groupements végétaux qui appartiennent à trois classes phytosociologiques ainsi qu'une alliances il s'agit de la :

- Classe des Phragmitetea communis
- Classe des Stellarietea mediae
- Classe des Quercetea ilicis
- Alliance du Ranunculion macrophyllus

1.1- Classe des *Phragmitetea communis* Schmale 1939

Pour réaliser l'historique de cette classe nous nous sommes basés sur les travaux de Kadid (1989 et 1999). Cette classe regroupe les associations des grands héliophytes des bords des eaux.

L'historique de la classe des *Phragmitetea* a été abordé avec le travail de Koch (1926). Cet auteur a présenté l'ordre des *Phragmitetalia* qui regroupe les associations des roselières et des grandes cariçaies, réunies respectivement dans l'alliance du *Phragmition communis* et du *Magnocaricion elatae*.

Tüxen(1937) a repris cette classification. Le terme de *Phragmitetea* apparaît dans les travaux de Braun Blanquet et Tüxen (1943), comportant l'ordre des *Phragmitetalia* qui se subdivise en trois alliances, *Phragmition*, *Glycerion* et *Magnocaricion elatae*.

En 1947, Soo donne une nouvelle alliance, le *Bolboschenion maritima* Soo, 1945. Plus tard, Le Brun et al. (1949) ne mentionne plus le *Bolboschemion* mais rassemble les communautés d'héliophytes du Bord des eaux courantes dans le Glycerio-sparganion BR-BL et Sissingh 1942.

En 1954, Pignatti élabore un schéma relativement original de la classe qui se trouve pour la première fois subdivisée en trois ordres : Les *Phragmitetalia* (w. Koch 1926) Pignatti 1953 avec le *Phragmition* et le *Juncion maritimi* Pignatti 1953 non Braun Blanquet 1931, les *Nasturtio Glycerietalia* avec le *sparganio-glycerion* et le *Magnocaricetalia* avec le *Magnocaricion*.

Balatova- Tulackova (1963), Passarge (1964 et 1978), Whestoff et Denheld (1969) reprennent ce schéma en y apportant des modifications plus ou moins importantes, alors que Oberdorfer et al. (1967), Philippi (1973), Tüxen (1975) puis Oberdorfer (1977 et 1980) suivis par de nombreux phytosociologues s'en tiennent à un seul ordre comportant, selon les uns ou les autres, trois ou quatre alliances.

Parmi les espèces caractéristiques de la classe retenue par Tüxen et Preising (1942) et que nous retrouvons dans notre travail : *Phragmites communis*, *Typha latifolia*, *Potentilla reptans*, *Plantago coronopus* et *Ranunculus macrophyllus*.

1.2- Classe des *Stellarietea mediae*

La complexité de la végétation ainsi que la variabilité des facteurs influençant sa répartition, tels l'action anthropique et les caractéristiques biogéographiques du territoire, ont amené plusieurs auteurs à proposer divers schémas syntaxonomiques qui restent encore complexes. Ceci s'explique par l'hétérogénéité du groupe des plantes messicoles et rudérales.

Cependant, plusieurs associations et alliances ont été tout d'abord rattachées au *Rudero Secalinetea*, comme définie par Braun Blanquet en 1931. Pour cet auteur, elle englobe la végétation messicole et la végétation rudérale et celle des cultures sarclées.

En 1952, Braun Blanquet abandonne cette conception des *Rudero secalinetea* et sépare la classe des mauvaises herbes en deux classes bien distinctes les *Secalinetea* qui regroupent les mauvaises herbes messicoles et les *Chenopodietea* qui englobent les groupements liées aux cultures sarclées décombres et bords de chemin.

Actuellement les auteurs font l'élaboration d'un système de syntaxon cohérent qui est fondé sur les travaux de Tüxen (1950). Cet auteur unifie les groupements de mauvaises herbes en une seule classe : les *Stellarietea mediae* qui correspond à des végétations annuelles ou biannuelles des sites enrichis en azote minérale et très influencés par l'homme (Gehu et al, 1984 in Abdelkrim, 1995).

D'après Muller (1983) (in Boulfekhar, 1989) la création de cette classe est due essentiellement aux améliorations des rotations et des façons culturales.

La classe des ***Stellarietea mediae*** Tx Lohn et Prsg. in Tx, 1950: selon Gehu et al. (1984) in Abdelkrim (1995), cette classe nitrophile et rudérale à thérophytes des sols influencés par l'activité humaine réunit les groupements de mauvaises herbes des cultures, des lieux très piétinés et des terres rapportées. Parmi, les alliances les plus importantes présentent au sein de cet ordre et que nous retrouvons dans notre étude est : ***Oxalido-Fumarion***, représentée par un groupement à ***Oxalis cernua***.

1.3- Classe des ***Quercetea ilicis***

L'association à ***Olea europaea*** et ***Pistacia lentiscus*** est connue sous le nom d' ***Oleo lentiscetum*** au sens large. Cette association est ordinairement rangée dans l'alliance ***Oleo ceratonion*** qui se rencontre partout dans le bassin méditerranéen avec des variations plus ou moins accentuées tout au long de son aire de répartition.

Initialement décrite par Braun Blanquet (1936), elle agrée les caractéristiques telles que ***Ceratonia siliqua***, ***Chamaerops humilis***, ***Olea europaea*** var-***oleastrer*** et ***Euphorbia dendroïdes***.

Molinier (1954) et plus tard Guinochet (1970 et 1974) in Loisel (1976) n'admettent que l'olivier auquel ils associent le lentisque et le myrte. Les autres espèces étant réservées à l' ***Oleo lentiscetum provincialis*** et Braun Blanquet et Molinier (1951).

Les espèces de l' ***Oleo- ceratonion*** : ***Pistacia lentiscus*** et ***Myrtus communis*** sont aussi fréquemment répandues dans le ***Quercion ilicis*** et le ***Quercion suberis*** où elles différencient des variantes chaudes. En conséquence, Loisel (1976) invite à les élever au rang d'ordre et de classe. Parmi, les espèces caractéristiques de la classe retenue par Braun Blanquet (1936) et que nous retrouvons dans notre travail : ***Olea europaea*** et ***Pistacia lentiscus***.

1.4- Association à ***Ranunculus macrophyllus***

le ***Ranunculo macrophylli-Juncetum inflexi*** Pérez Latorre, Galàn & Cabezudo in Pérez Latorre, P. & D. Navas, Gil & Cabezudo

2-Le schéma syntaxonomique

- Phragmitetea Tüxen. & Preising, 1942
 - Phragmitetalia W. Koch 1926
 - Phragmition communis W. Koch 1926
 - Phragmitetum communis Schmale 1939
 - Groupement à *Typha latifolia***
- Stellarietea mediae Tüxen, Lohmeyer & Preising ex von Rochow 1951
 - Chenopodietalia muralis Br.-Bl. In Br.-Bl., Gajewski, Wraber & Walas 1936. (Groupements nitrophiles des cultures sarclées).
 - Oxalido cernuae-Fumarion capreolatae** Abdelkrim 1995, (Groupements végétaux de plaine sur sols humides de bioclimat sub-humide chaud).

Groupement à *Oxalis cernua*

Mentho-Juncion inflexi de Foucault 1984

Quercetea illicis Braun-Blanquet. in Braun-Blanquet., Roussine & Nègre 1952 (Végétation arborée ou arbustive méditerranéenne, souvent sempervirente et sclérophylle).

Ordre : Pistacio-Rhamnetalia alaterni Riv-Mart. 1975

Alliance : *Oleo- Ceratonion* Br-Bl. 1936.

Association : *Oleo- lentiscetum* Br-Bl. 1933.

Groupe à *Olea europaea* et *Pistacia lentiscus*

Association *Ranunculo macrophylli-Juncetum inflexi* Pérez Latorre, Galàn & Cabezudo in Pérez Latorre, P. & D. Navas, Gil & Cabezudo

Groupe à *Ranunculus macrophyllus* Communautés des eaux peu profondes, calmes, stagnantes à faiblement courantes, capables de supporter une émergence estivale.

III-Description des groupements végétaux

Les résultats de l'AFC ont permis de mettre en évidence les principaux groupements présents au sein du lac de Réghaia. La caractérisation floristique et écologique de ces groupements et leur rattachement aux unités phytosociologiques supérieures est présentée ci-dessous :

1- Association à *Typha latifolia* Pignatti 1953

Ce groupement se compose de 15 relevés, et ce répartit sur toute la rive formant des îlots de végétation avec un recouvrement très dense dont la hauteur est supérieure à 1 mètre. Au niveau de notre zone d'étude, *Typha latifolia* apparaît parfois en mélange avec d'autres hélophytes, formant ainsi une large roselière qui confère une physionomie particulière au lac. Cette espèce hygrophile colonisatrice des habitats humides et marécageux, affine les zones d'atterrissement des mares, étang et rivières à courants faibles, les eaux mésotrophes à eutrophes. Ce groupement peut former des tâches de végétation plus ou moins monospécifiques où *Typha latifolia* domine exclusivement le paysage du lac.

Le *Typhetum latifolia* se rattache au *Phragmition communis* W.Koche (1962), alliance des *Phragmitetea*. Cette association a été décrite en France par divers auteurs qui la reconnaissent comme une unité spécifique et non un faciès du *Scirpetum lacustris* ou du *Scirpo-Phragmitetum* (Feltzines, 1982).

Nous retrouvons dans ce groupement les autres caractéristiques de l'alliance, en l'occurrence le *Phragmites communis* avec une présence élevée accompagnée dans ce milieu humide par d'autres espèces à savoir : *Potentilla reptans*, *Plantago coronopus* et *Ranunculus macrophyllus* (Tab.19). Ce groupement comporte autant d'espèces appartenant à la classe des *Chenopodietea* que celle des *Secalinetea*. Selon Molinier (1956), ce faciès typique des endroits nitrophiles et très pâturés comprend les caractéristiques suivantes :

Cynodon dactylon, *Foeniculum vulgare* et *Stellaria media*. Les espèces accidentelles au nombre de 52 sont importantes.

N° du Relevé terrain	62	67	26	94	69	80	73	25	72	57	58	65	76	59	83
N° du Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Date du relevé	04/05	04/05	03/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05
Exposition	Nord-	Nord-	Sud. Est	Ouest	Est	Est	Est	Est	Est	Nord	Nord-	Nord-	Est	Est	Est
Positionnement	Digue	Digue	Oued	Rive du lac	Berge	Berge	Berge	Berge	Berge	Talus	Forêt	Berge	Berge	Talus	Talus
Recouvrement %	100	100	50	100	100	100	100	100	100	100	40	80	80	60	100
Surface du relevé m²	04	04	10	04	05	02	10	04	10	25	25	04	02	04	04
Humidité	S	H	H	H	~	H	~	~	~	S	S	H	H	S	~
Inclinaison %	10	0	10	0	0	0	0	0	10	30	10	10	0	10	10
Nombre d'espèces	10	11	31	21	14	04	25	22	20	29	15	13	08	09	13
Caractéristiques du groupement															
<i>Typha latifolia</i>	5	5	5	5	5	5	5	4	2	-	-	-	-	-	9
<i>Phragmites communis</i>	4	-	5	5	4	-	-	4	2	-	3	-	-	-	7
Caractéristiques des <i>Phragmitetea</i> Tuxen et Preisling 42.															
<i>Plantago coronopus</i>	-	-	4	-	1	-	3	2	5	-	-	1	-	-	6
<i>Potentilla reptans</i>	3	4	2	-	4	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5
<i>Ranunculus macrophyllus</i>	-	-	2	-	2	-	3	-	+	-	-	-	-	-	5
<i>Ranunculus sardous</i>	3	-	1	-	4	-	-	2	-	-	-	-	-	-	5
<i>Plantago major</i>	+	-	4	-	2	-	-	+	-	-	-	-	-	-	4
<i>Tamarix africana</i>	4	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	5	-	-	4
<i>Polygonum hydropiper</i>	-	4	-	3	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Salix alba</i>	-	+	+	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	3
<i>Juncus acutus</i>	-	-	+	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Nasturtium amphibium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	2

Tab.19: Le *Typhetum latifoliae* Pignatti 1953

Autres espèces : *Olea europaea* (65, +); *Gastrium scabrum*(94, 1); *Scrofularia aquatica*(94, 1); *Silene gallica*(72, 1); *Pistacia lentiscus*(72, +); *Chamaerops humilis*(57, 2); *Thymelia hirsute*(57, 2); *Echium plantagineum*(26, 1); *Ranunculus arvensis*(67, 2); *Allium triquetrum*(83, 1); *Rubia peregrina*(62, 1); *Euphorbia peplus*(58, 1); *Phillyrea angustifolia*(83, +); *Asparagus acutifolius*(58, 1); *Fumaria capreolata*(94, 1); *Bromus hordeaceus*(73, 1); *Hirschfeldia incana*(26, +); *Ononis variegata*(72, 1); *Lotus creticus*(57, 1); *Echium confusum*(57, +); *Linum usitatissimum*(26, 1); *Lythrum junceum*(26, 1); *Trifolium pallidum*(26, 3); *Scleropoa rigida*(73, 1); *Iris sibirica*(57, 2); *Allium roseum*(57, 1); *Melica minuta*(57, 1); *Picris duriaei*(57, +); *Salvia verbenaca*(57, 1); *Ephedra fragilis*(57, 3); *Opuntia ficus-indica*(57, 1); *Paronychia argentea*(57, 2); *Cotyledon umbilicus-veneris*(57, 1); *Serapias lingua*(57, 1); *Asteriscus maritimus*(57, 1); *Lagurus ovatus*(57, +); *Echium maritimum*(57, 1); *Leontodon hispidulus*(72, +); *Vicia sicula*(72, +); *Heleocharis palustris*(72, 2); *Smilax aspera*(83, 1); *Ammi visnaga*(83, 4); *Amaranthus angustifolius*(83,

5); *Rosa sempervirens*(94, 2); *Vinca difformis*(94, 2); *Carex muricata*(94, 3); *Eucalyptus camaldulensis*(58, 5); *Pennissetum violaceum*(58, 1); *Juncus bufonius*(73, 3); *Celsia cretica*(73, +); *Sherardia arvensis*(73, 1); *Convolvulus althaeoides*(57, 3).

2- Groupement à *Oxalis cernua*

Ce syntaxon correspond aux 15 relevés réalisés au niveau des berges échantillonnées (rives Sud, Est, Ouest et Nord du lac), le recouvrement de ce groupement atteint souvent son maximum (80% à 100%).

Oxalis cernua est une des mauvaises -herbes les plus répandues dans la plaine de la Mitidja. Cette espèce vivace à recouvrement important et de haute fréquence, tend à faire un peuplement presque pur dans les groupements d'adventices au niveau des vergers et cultures des plaines de la Mitidja ou de la Soummam décrites par Chevassut et al(1971) in Abdelkrim (2004). Ce taxon a été décrit en Sicile par Poli en 1966, comme étant une des caractéristiques de l'association à *Oxalis cernua* et *Cyperus rotundus*, fréquente dans les vergers de citronniers, souvent irrigués. El Antri (1983) confirme à son tour l'existence de ce syntaxon.

D'autre part, L'*Oxalis cernua* a été signalé par Abdelkrim (2004) lors de son étude réalisée au niveau du secteur biogéographique de l'Algérois où il marque la présence de ce groupement au sein d'une association s'y rapportant à l'Oxalido-Fumarion. La classe des Stellarietea mediae, semble être retenue comme celle correspondant à une végétation annuelle ou bisannuelle des sites enrichis en azote minéral et très influencés par l'homme, (cultures, jeunes friches etc.)(Abdelkrim, 2004).

C'est au sein de cette classe que nous distinguons *Erodium moschatum* qui montre une forte présence suivie par d'autres espèces à fréquence moindre telle que: *Anagallis arvensis*, *Stellaria media*, *Cynodon dactylon*, *Poa annua*, ...etc. Des caractéristiques des Chenopodietalia (*Cynoglossum creticum*, *Beta vulgaris* et *Borago officinalis*, ...) sont à noter également au niveau de la dition. Notons, outre la présence d'éléments floristiques qui se rattachent aux relevés (1, 3, 33, 64, 20 et 15) réalisés en général sur les berges du lac et dominés principalement par *Olea europaea*, espèce caractéristique des pays Méditerranéens, celles des Phragmitetea viennent à leur tour enrichir ce groupement du point de vue physionomique cette dernière est marquée par l'abondance et la dominance de *Phragmites communis* suivie d'autres héliophytes. (Tab.20).

Ce groupement est décrit grâce à 09 relevés réalisés à l'embouchure de l'oued de Réghaïa sur les rives du lac et le long des ruisseaux.

Cette espèce est caractéristique des endroits humides (Quezel et Santa; 1962). Elle se développe avec un recouvrement élevé (de 80 à 100%) à des profondeurs généralement faibles mais pouvant atteindre 30cm. Selon les mêmes auteurs, Ce groupement à *Ranunculus macrophyllus* apparaît sous forme de plante très puissante pouvant dépasser 1 mètre, très commune dans le Tell et rare ailleurs.

Le *Ranunculus* fait partie des groupements de marais compris dans des formations d'hygrophytes toujours mal individualisées (Nègre, 1964).

Formant des groupements très denses mais très homogènes le *Ranunculus macrophyllus* est accompagnée dans ce milieu humide par d'autres espèces liées aux lits des oueds et aux vallées comme *Tamarix africana*, *Ranunculus sardous* et *Plantago coronopus*.

Ainsi, la présence de l'eau temporaire se manifeste par la présence avec abondance dominante importante de *Borago officinalis* et *Geranium dissectum*.

Le groupement que nous décrivons comporte des espèces caractéristiques d'unités supérieures telles que les *Phragmitetea*.

Nous notons particulièrement les faciès marqués par la dominance des grands hydrophytes tels que *Typha latifolia* et *Phragmites communis* enrichis par *Iris pseudo-acorus*, *Juncus acutus*, *Rumex conglomeratus*, ...etc. Comme le montre le tableau 21, le *Ranunculus macrophyllus* se trouve avec des transgressives des *Stellarietea mediae* qui sont aussi abondantes parmi lesquelles nous distinguons: *Cynodon dactylon*, *Poa annua* et *Stellaria media*.

D'autres espèces participent à l'enrichissement du groupement, notamment: *Plantago major*, *Polygonum hydropiper*, *Euphorbia helioscopia*, ...etc.

Tab.21 : Groupement à *Ranunculus macrophyllus*

Etude de la végétation du lac de Reghaïa

N° du Relevé terrain	36	35	51	37	66	92	75	87	34	
N° du Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Date du relevé	04/05	04/05	03/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	
Exposition	Nord	Nord	Nord	Nord	Ouest	Ouest	Ouest	Sud	Est	
Position sur terrain	Canal	Berge du lac	Canal	Berge du lac	Digue	Berge du lac	Berge du lac	Terre inculte	Maquis	
Humidité du sol	Sec	Sec	~Humide	Sec	Sec	Humide	~Humide	~Humide	Sec	
Recouvrement %	80%	100%	80%	80%	100%	100%	80%	80%	80%	
Surface du relevé m ²	10m ²	08m ²	06m ²	10m ²	04m ²	02m ²	04m ²	02m ²	05m ²	
Inclinaison %	0%	0%	0%	0%	10%	0%	10%	0%	60%	
Nombre d'espèces	21	08	08	20	10	09	10	05	33	CP
Groupement à <i>Ranunculus macrophyllus</i>										
<i>Ranunculus macrophyllus</i>	-	-	-	4	2	2	+	3	-	5
<i>Plantago coronopus</i>	4	1	+	3	-	-	3	-	-	5
<i>Tamarix africana</i>	5	5	5	4	-	-	-	-	-	4
<i>Ranunculus sardous</i>	1	-	-	-	4	-	2	-	-	3
Caractéristiques des PHRAGMITETEA R. Tx. et Preising 1942										
<i>Typha latifolia</i>	+	5	-	-	5	4	-	-	-	4
<i>Phragmites communis</i>	-	1	2	-	5	-	-	-	1	4
<i>Rumex conglomeratus</i>	+	-	-	3	-	1	-	2	-	4
<i>Juncus acutus</i>	4	-	+	5	-	-	3	-	-	4
<i>Iris pseudo-acorus</i>	-	-	-	-	-	3	-	5	-	2
<i>Kundmannia sicula</i>	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2
<i>Cynoglossum creticum</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	2	2
Transgressives de STELLARIETEA MEDIAE										
<i>Cynodon dactylon</i>	-	-	-	3	3	2	-	2	3	5
<i>Poa annua</i>	+	-	+	1	+	3	-	-	-	5
<i>Borago officinalis</i>	1	-	-	2	2	-	2	-	+	5
<i>Bellis annua</i>	+	-	-	+	-	2	+	-	-	4
<i>Oxalis cernua</i>	-	-	1	-	1	-	-	-	1	3
<i>Stellaria media</i>	1	-	-	2	-	-	-	-	+	3
<i>Geranium dissectum</i>	1	-	-	2	1	-	-	-	-	3
<i>Urtica urens</i>	1	-	-	1	-	-	-	-	+	3
<i>Daucus carota</i>	-	2	-	3	-	-	-	-	+	3
<i>Galactites tomentosa</i>	3	1	-	-	-	-	-	-	+	3
<i>Asphodelus microcarpus</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	1	2
<i>Foeniculum vulgare</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	4	2
<i>Centaurea calcitrapa</i>	3	-	-	3	-	-	-	-	-	2
<i>Rubia peregrina</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2
<i>Crepis vesicaria</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2

Autres espèces : *Plantago major* (66, 2); *Allium triquetrum* (51, 2); *Polygonum hydropiper* (92, 5); *Medicago hispida* (36, 1); *Erodium moschatum* (34, +); *Bromus rigidus* (34, +); *Euphorbia helioscopia* (35, +); *Bromus madritensis* (34, 1); *Phillyrea angustifolia* (34, 5); *Arisarum vulgare* (66, 2); *Verbascum sinuatum* (75, 1); *Thymelaea hirsuta* (34, +); *Reseda alba* (34, +); *Carex vulpina* (66, 2); *Euphorbia peplus* (34, +); *Pistacia lentiscus* (34, 5); *Fumaria capreolata* (34, +); *Stachys ocymastrum* (37, 2); *Inula viscosa* (51, 1); *Lavatera cretica* (34, 1);

Centaurea sphaerocephala(75, +); *Capsella bursa pastoris*(37,2); *Sinapis arvensis*(37, 1); *Silene colorata*(36,+); *Scirpus lacustris*(92, 3); *Genista ferox*(34, 1); *Papaver rhoeas* (35, +); *Cyperus longus*(37, 3); *Cerastium glomeratum*(34, 2); *Calendula arvensis*(34,2); *Vicia sativa*(34,2); *Fedia cornucopiae*(34, 1); *Linaria reflexa*(34, 1); *Lamium amplexicaul*(34,+).

4- L'Oleo lentiscetum

Ce groupement est caractérisé par 15 relevés dans le tableau 22. Il occupe les versants Est / Sud-Est et Nord-Ouest par rapport au lac, formant ainsi une ceinture arbustive dont la hauteur dépasse les 2 mètres par endroit.

La dominance de *Pistacia lentiscus* et le grand rôle d'*Olea europaea* ainsi que le cortège floristique qui accompagne ces 2 espèces permettent de classer ce maquis dans l'association *Oleo lentiscetum* appartenant à l'alliance, *Oleo ceratonion* ; l'ordre des *Pistacio Rhamnetalia* Br BL (1931) et la classe des *Quercetea ilicis*.

Cette association réunit dans un ensemble les premiers peuplements arborescents vivant au bord de mer et doublant la frange halophile (Nègre, 1964).

Selon Chevassut (1956), ces végétaux ligneux, largement répandus en Algérie, poussent sur des terrains très divers, parfois très secs. Ils ont donc une grande amplitude écologique et se trouvent à la limite de leur tolérance vis à vis du facteur hydrique.

Pour Sadki et al (1994) l'alliance *Oleo-ceratonion* se rencontre partout dans le bassin méditerranéen avec des variations plus ou moins accentuées tout au long de son aire de répartition. Cette alliance se caractérise par : *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea*, *Rhamnus alaternus*, *Ampelodesma mauritanica*, *Myrtus communis* et *Calycotum spinosa*, qui sont plus arbustifs que sylvatiques ainsi que leurs conditions de développement plus xérique.

Dans le site étudié *Olea europaea* est toujours accompagné de *Pistacia lentiscus* formant ainsi l'association *Oleo-lentiscetum* Br. BL (1931).

Des caractéristiques des *Quercetea ilicis* sont présentes dans ce groupement avec une forte présence pour certaines. Parmi elles : *Phillyrea angustifolia* qui constitue un faciès remarquable.

N° du Relevé terrain	02	06	07	09	12	16	19	21	24	34	52	53	101	102	106	
N° du Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Date du relevé	03/05	03/05	03/05	03/05	03/05	03/05	03/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	04/05	
Exposition	Nord-	Nord-	Nord-	Est	Sud-	Sud-	Sud-	Sud-								
Position sur terrain	Talus	Talus	Talus	Méquis												
Huridité du sol	Sec	Sec		Sec												
Recouvrement %	80	100	80	80	100	100	80	80	80	70	90	70	70	90	90	
Surface du relevé m²	10m²	08m²	06m²	10m²	04m²	02m²	04m²	02m²	05m²	10m²	05m²	02m²	05m²	10m²	04m²	
Inclinaison %	30	30	30	40	10	20	10	20	30	20	30	30	30	20	10	
Nombre d'espèces	21	08	08	20	10	09	10	05	33	12	16	06	11	14	20	
Association Oleo-lentiscetum Br - BL (1933)																
<i>Olea europaea L</i>	5	3	4	4	4	5				-	-	-	4	5	5	12
<i>Fistacia lentiscus L</i>	4	3	2	3	3	-	-	3	3	4	4	4	5	-	-	12
<i>Rubia perigrina</i>	1	+	1			3				2		-	-	-	-	5
<i>Jasminum fruticans</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
<i>Calycotum spinosa</i>	2	-	-	-	-	3	-	1	-	+	-	-	-	-	-	4
Caractéristiques des Quercetalia Br - BL (1931)																
<i>Phillyrea angustifolia</i>	2	4	-	2	3	3	-	4	1	1	-	-	2	4	3	11
<i>Asparagus acutifolius</i>	1	+	2	2	3	2			+		-	-	-	-	-	7
<i>Rhamnus alaternus</i>	1	2	-			1				+		2				5
<i>Smilax aspera</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2

Tab.22 : L'Oleo – lentiscetum

Autres espèces *Cynoglossum creticum*(21, +), *Phragmites communis*(52, +), *Ferula communis*(34, 1), *Convolvulus arvensis*(12, 1), *Torilis arvensis*(19,+), *Phalaris sp*(102, +), *Prunus smilatus*(53, +), *Cyclamen africanum*(24, 1), *Pulicaria odora*(6, +), *Clematis cirrhosa*(106, 1), *Brassica napus*(7, +), *Cherardia arvensis*(101, 2).

VI-Combinaison des données exogènes et spatiales dans le suivi de la dynamique de la végétation

L'objectif principal de cette phase de l'étude consiste à démontrer les potentialités des données exogènes multi temporelles et les images satellitaires dans le suivi de la dynamique de la végétation.

Pour réaliser les inventaires de l'occupation du sol multi dates d'une façon assez précise, il est nécessaire de décrire exactement l'occupation des espaces donnés sous forme graphique.

La méthodologie suivie, dans le cadre de cette étude, comporte deux étapes : traitements des données, extraction des résultats.

1-Traitement des données

1.1- Traitement des photos aériennes

Les documents photographiques multi dates (1980, 2003) à l'échelle de 1/10 000 ème, couvrant notre zone d'étude ont été soumis aux opérations de traitement suivantes

1.1.1- Scannage des photos aériennes

Les photographies aériennes sont des données en format papier qui vont subir dans un premier temps le scannage afin de les transformer en format numérique facile à exploiter.

Le scannage des photos aériennes est une opération préalable à l'ortho rectification et au géoréférencement. La précision du scannage va ainsi définir en fonction de l'échelle de la photographie utilisée la surface des pixels sur le terrain.

1.1.2-Le géoréférencement des photographies aériennes

La correction géométrique des différentes séquences de photographies aériennes a été réalisée à partir de plusieurs points d'appui identifiés sur le terrain en se basant sur le GPS. De ce fait nous avons fixé 4 points d'appuis pour chaque photo aérienne.

Avant de procéder à l'opération de calage des photos aériennes, il est nécessaire de choisir un système de projection commun pour toutes les données à traiter. Pour cela, nous avons adopté

pour l'ensemble des photos acquises un système de projection de type Universel Transverse Mercator (UTM), fuseau 31, à référence géodésique Nord Sahara, basé sur ellipsoïde Clark 1880, en effet ce système est bien connu et déjà programmé dans un GPS.

Il est à souligner que ces points de calage sont identifiables et répartis de manière homogène sur toute la zone, sous le logiciel Map.Info version 7.5. (Fig.16).

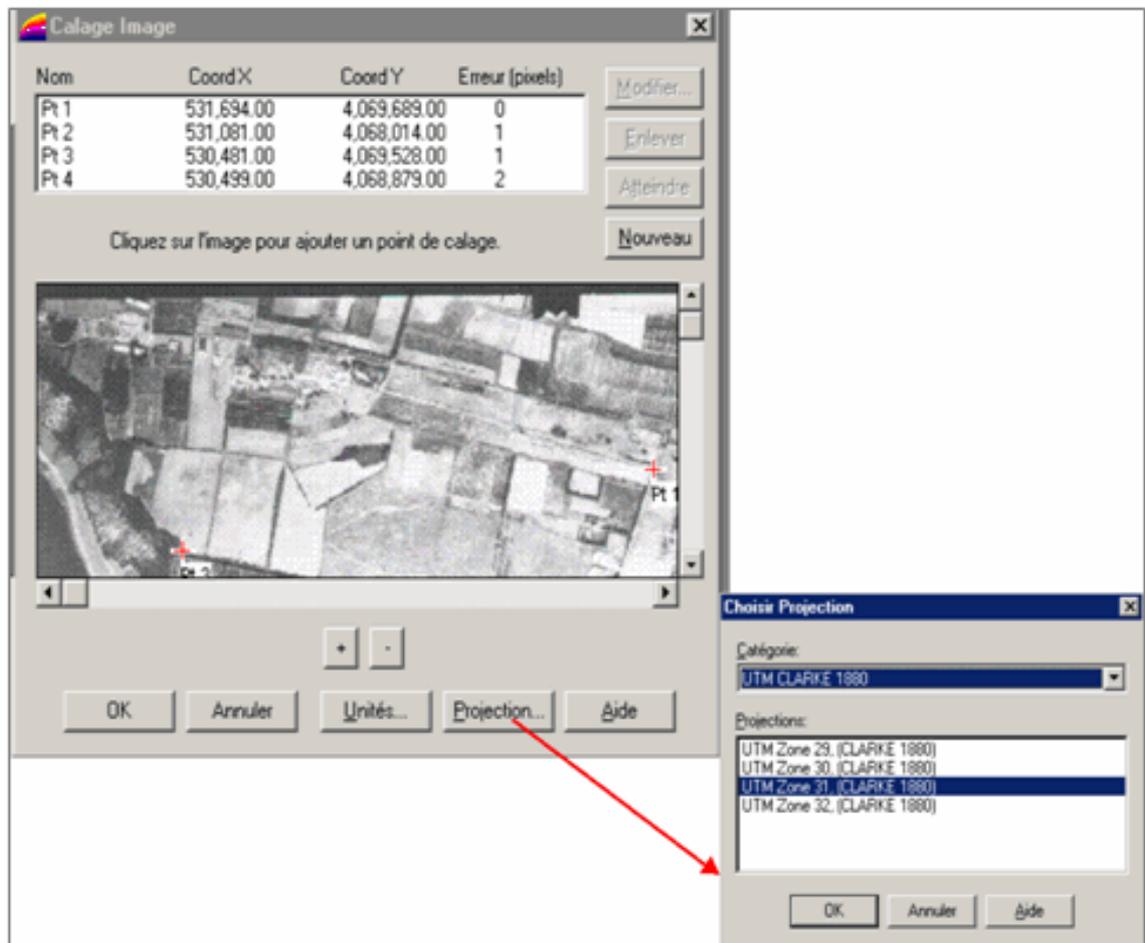


Fig.16 : L'opération de calage des photos aériennes

1.1.3-L'assemblage des photos aériennes

Ces photos déjà géoréférencées et calées ont été assemblées en un seul fichier numérique. Cette phase a été effectuée par la création d'une mosaïque en assemblant les différentes séquences de photos aériennes couvrant l'étendue de la zone d'étude, en utilisant le logiciel Map.info 7.5. (Fig.17 et 18).

1.1.4- La digitalisation

L'étape qui suit l'opération de traitement spécifique des photos aériennes est l'interprétation de ces dernières en se basant sur les données de terrains, ainsi que sur la numérisation des couches d'information sous format vecteur.

Ces couches d'information établies sont les suivantes:

- Une couche d'information concernant l'ensemble de l'occupation du sol telles que les parcelles agricoles et les servitudes (bâti, hangar, bassin, ruine, etc....);
- Une couche d'information concernant les unités écologiques;
- Une couche d'information pour le réseau hydraulique;
- Une couche d'information regroupant le réseau routier.

1.1.5- Interprétation des photos aériennes

Les photographies aériennes enregistrent toutes les entités visibles à la surface de la terre vues d'en haut. Bien que les objets soient visibles, ils ne sont pas toujours faciles à identifier.

On appelle photo-interprétation le processus d'étude et de collecte des renseignements requis pour identifier les diverses entités anthropiques et naturelles. Lorsqu'elles sont correctement interprétées, les photographies aériennes constituent une excellente source de données spatiales pour l'étude de l'environnement de la terre.

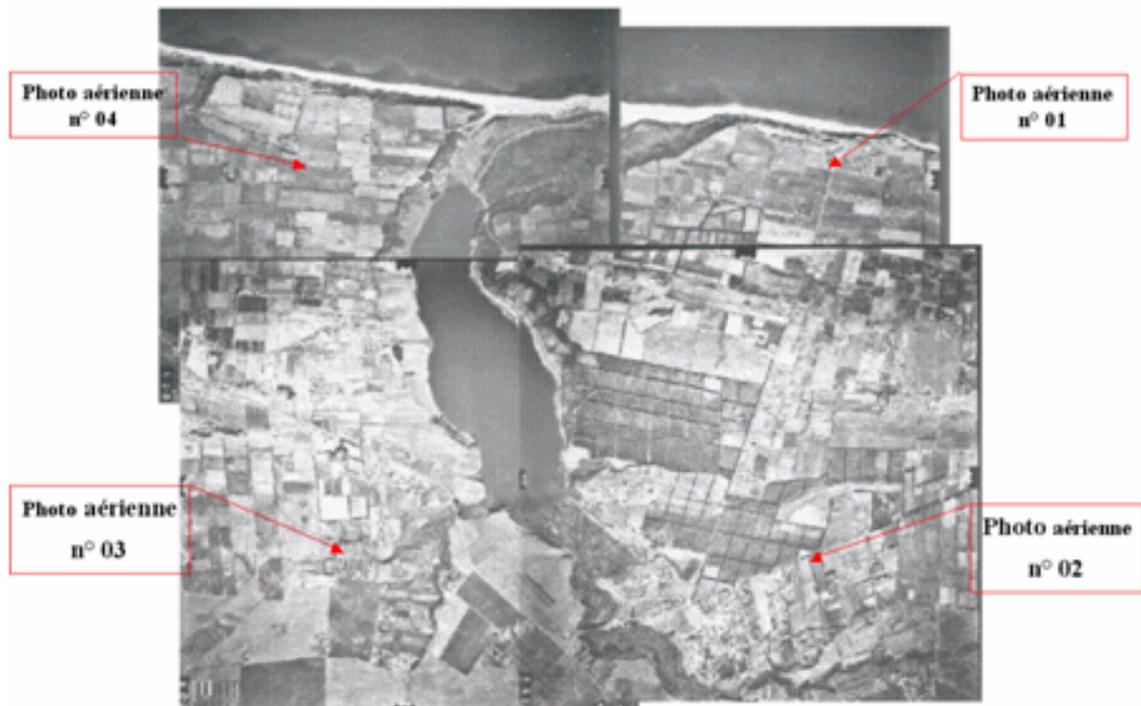


Fig.17 : Le plan photographique issu de l'opération d'assemblage des photos aériennes de l'année 1980



Fig 18 : Le plan photographique issu de l'opération d'assemblage des photos aériennes de l'année 2003

De ce fait on doit évaluer les facteurs suivants :

Forme : la forme d'un objet sur une photographie aérienne aide à identifier l'objet en question. Des formes régulières et uniformes indiquent souvent une contribution de l'homme;

Motif : comme la forme, la disposition des objets dans l'espace (p. ex., cultures en rang par opposition à un pré) est également utile pour identifier les objets et l'usage qu'on en fait;

Taille : la mesure de la superficie de l'objet (p. ex. : routes à une voie ou à plusieurs voies);

Tonalité/couleur : les caractéristiques colorimétriques d'un objet, par rapport aux autres objets de la photo. Le sable est clair, tandis que l'eau a généralement une couleur plus foncée.

Ombre : l'ombre fournit des renseignements sur la hauteur, la forme et l'orientation de l'objet qui la porte (p. ex. : espèces d'arbres);

Texture : les caractéristiques physiques d'un objet changeront la façon dont l'objet apparaît sur une photo (p. ex. : de l'eau calme a une texture lisse, un couvert forestier a une texture rugueuse);

Association/Site : le fait d'associer la présence d'un objet avec un autre peut aider à identifier un objet

Temps : les caractéristiques temporelles d'une série de photographies peuvent être utiles pour déterminer les changements historiques dans une région (p. ex. : en regardant

une série de photos d'une ville prises à différentes époques, il peut être possible de déterminer la croissance de cette dernière);

Vue stéréoscopique : il est important d'avoir une vue stéréoscopique ou en 3-D d'une région afin d'en déterminer le relief topographique et la hauteur des objets tels que les arbres et les édifices.

Ainsi, a cette étape de traitement, les photographies aériennes sont soigneusement examinées et interprétées (Tab.23).

1.2- Traitement des données spatiales

1.2.1- Traitement des images satellites

Les données de télédétection ont subi un certain nombre de traitement spécifiques:

- La correction géométrique: afin de les rendre superposables avec d'autres types de données exogènes.
- La composition colorée
- La classification de l'image et application des indices notamment l'indice de végétation normalisé.

Après avoir traité automatiquement ces images, il est nécessaire de combiner ces données avec les données des photos aériennes multi- dates et les données de terrain, dans le but de faire ressortir l'information recherchée.

1.2.2- Corrections géométriques

L'image Quik Bird utilisées lors de cette étude présentent un certain nombre de déformations dues au système de prise de vue, au relief et à la courbure de la terre. A cet effet, nous avons jugé utile de réaliser une correction géométrique de l'image par la sélection de 21 points géodésiques pris par un GPS, parmi ces points, nous en avons retenu 11, répartis sur toute la surface de l'image à traiter.

Ces redressements géométriques reposent sur l'utilisation du modèle polynomial de degré «1» et l'interpolation du plus proche voisin, qui consiste à affecter au point courant de l'image corrigée la radiométrie du point le plus proche dans l'image brute. L'image quadratique moyenne est de '0.77' pixels soit une erreur d'environ 0.8 mètre.

1.2.3- Création de la composition colorée

La composition colorée est un traitement largement utilisé. Celle-ci consiste à superposer des images de différents canaux afin d'obtenir un document coloré qui nous permet d'obtenir le maximum d'informations concernant les différents thèmes d'occupation du sol.

Notre choix a porté sur la trichromie RGB suivant cette affectation :

- la couleur rouge est affectée au canal proche infra rouge " 0,774-0,900 μ m"
- la couleur verte est affectée au canal du visible rouge "0,629- 0,690 μ m"
- la couleur bleu est affectée au canal du visible vert " 0,523- 0,605 μ m".

Nous avons opté pour cette trichromie, car elle est très riche en information et elle est utilisée afin d'identifier les différents types de végétation.

Nous avons établi cette composition colorée pour les images du satellite Landsat et Quik Bird. De ce fait, l'interprétation faite sur la base de l'analyse de cette image nous révèle l'existence des cibles définies sur la figure 19.

Les principaux domaines d'applications des canaux Landsat ETM+ sont :

- Canal ETM+1 (0.45 à 0.52 μ m) : Visible bleu. Cartographie bathymétrie, distinction sol- végétation et conifères.
- Canal ETM+2(0.52 à 0.60 μ m) : Visible vert. Etat de santé et de vigueur des plantes.
- Canal ETM+3(0.63 à 0.69 μ m) : Visible rouge. Distinction des types de végétation.
- Canal ETM+4(0.76 à 0.9 μ m) : Proche infrarouge. Evaluation de la biomasse, cartographie des littoraux (contraste terre et eau).
- Canal ETM+5(1.55 à 1.75 μ m) : infra rouge moyen. Evaluation de l'humidité du sol et de la végétation.
- Canal ETM+6(10.40 à 12.50 μ m) : infrarouge thermique. Evaluation de l'humidité du sol, cartographie thermique.
- Canal ETM+7(2.08 à 2.35 μ m) : infrarouge. Distinction des types de sol et de roche.

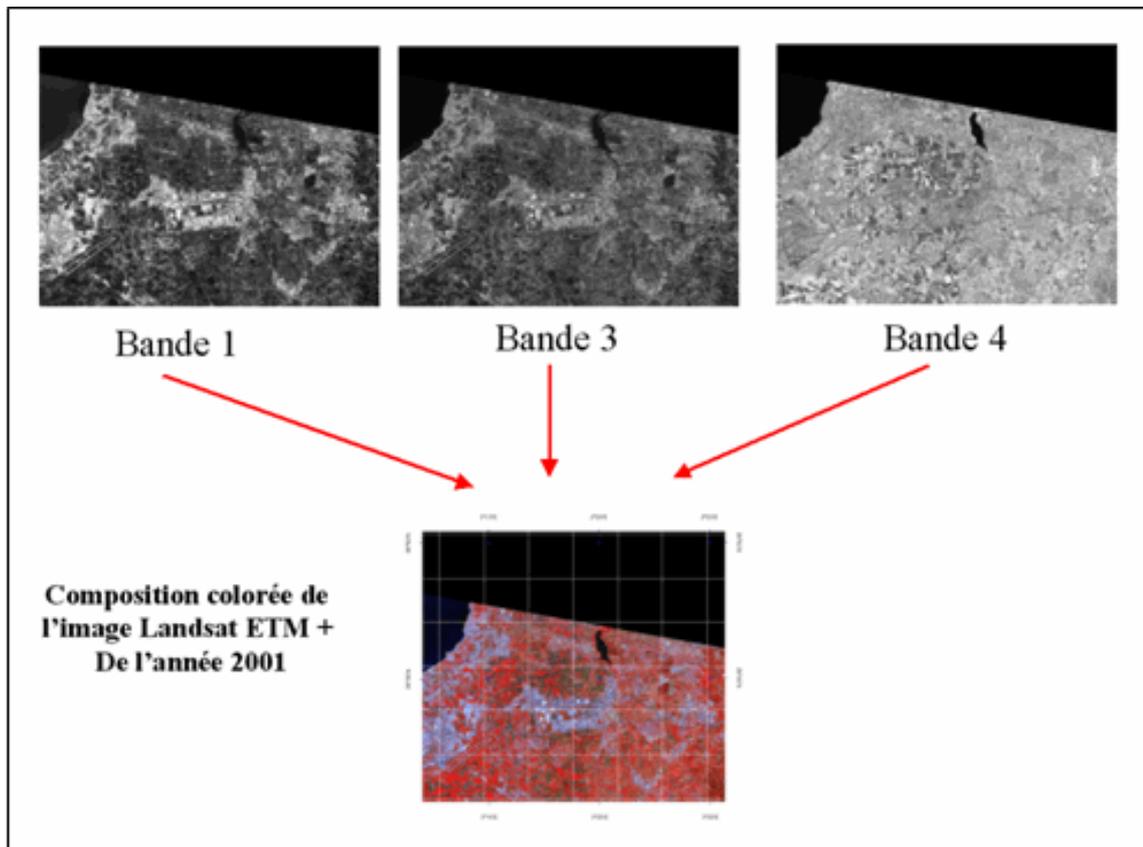


Fig. 19 : les bandes nécessaires pour la Composition colorée de l'image Landsat ETM + 2001

1.2.4-Classification de l'image satellite

Dans le but de réaliser une carte d'occupation du sol, nous nous sommes intéressés à des techniques de traitement informatique telles que la classification multispectrales. Cela

consiste en fait à simplifier la radiométrie de l'image brute, qui représente le paysage par la formation de classes.

Pour pouvoir couvrir tous les aspects thématiques de notre zone d'étude, nous avons utilisé l'image Landsat ETM + ainsi que l'image Quik Bird.

Cette technique est basée sur une connaissance préalable de la zone à cartographier et repose sur deux modes de classification:

- Le mode de classification non supervisée;
- Le mode de classification supervisée.

1.2.4.1- La classification non supervisée

Une fois l'image traitée, nous avons procédé à la classification pour extraire des informations thématiques contenues dans les données de télédétection. Dans une première étape nous avons réalisé une classification non supervisée où l'identité des types de couverture du sol n'est pas connue a priori. Les résultats montrent cependant que les pixels sont répartis dans les différentes classes en fonction de leur valeur.

De nombreux algorithmes de classification permettent de créer des regroupements de pixels ayant des caractéristiques spectrales semblables. C'est ce regroupement qui crée des classes : sols nus, végétations naturelles, cultures...etc.

L'algorithme utilisé dans le cadre de notre classification est : l'algorithme ISODATA.

1.2.4.1.1- Classification non supervisée de l'image Landsat(Fig.20)

La photo interprétation de la composition colorée (RGB) de notre zone d'étude combinée à des vérifications sur terrain nous a permis de dresser une légende des différentes classes :

- **Plan d'eau** : les plans d'eau sont facilement identifiables sur l'image; ils apparaissent en rouge.
- **Végétation**: représentant les arbres, forêt et maquis au niveau de notre site, cette classe est bien discriminée visuellement sur l'image, elle est de couleur jaune.
- **Tissu urbain** : cette classe est de couleur sombre, elle est fortement représentée au sein de notre zone d'étude surtout au niveau de la partie Sud et Ouest du lac.
- **Jachère** : elle regroupe l'ensemble des terres en jachères, elle apparait dans le bleu sur la composition colorée et elle est plus atténuée sur la partie Sud -Est de l'image.
- **Cultures maraîchères** : elles se présentent par une teinte bleu vert occupant une bonne partie de l'image.
- **Sol labouré, route et sol nu** : ils sont bien visibles sur l'image, ils sont de couleur mauve.

1.2.4.1.2- Classification non supervisée de l'image Quick bird (Fig.21)

La photo interprétation de l'image Quik Bird combinée à des validations sur terrain a permis de dégager les classes suivantes:

- **Plans d'eau** : sont facilement repérables sur l'image car ils sont caractérisés par une teinte rouge, ils correspondent au lac, à la mer, aux oueds, et aux bassins d'eau.
- **Jachères, sol nu** : ont une couleur bleu vert et sont facilement discernables par leur géométrie.
- **Cultures maraîchères** : cette zone de culture ayant un parcellaire clairement défini, elle apparait avec une couleur jaunesur la composition colorée.

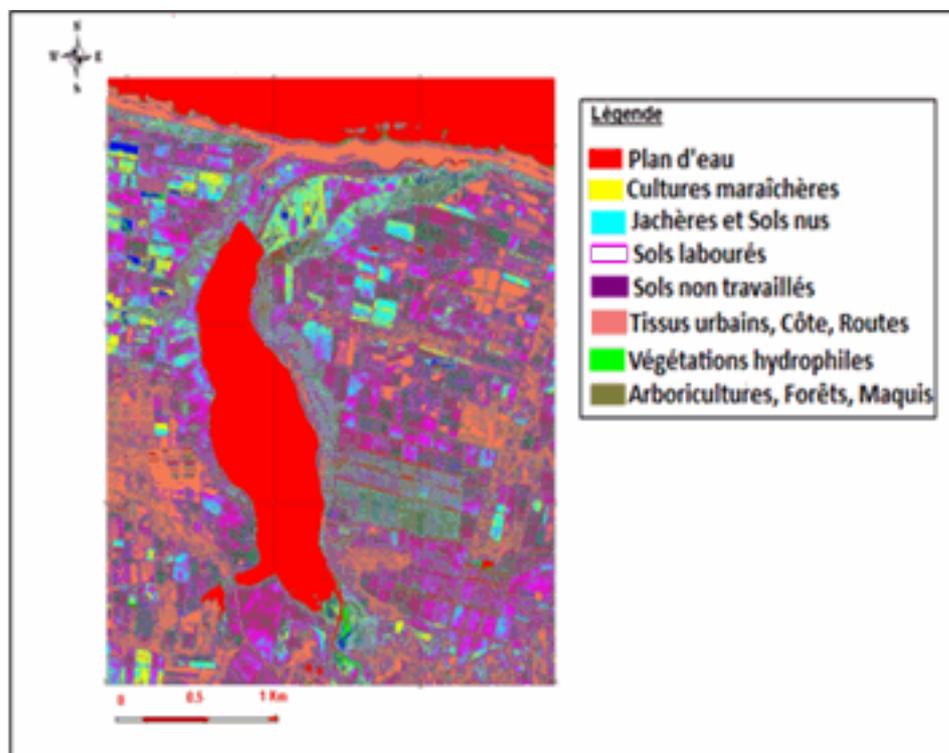
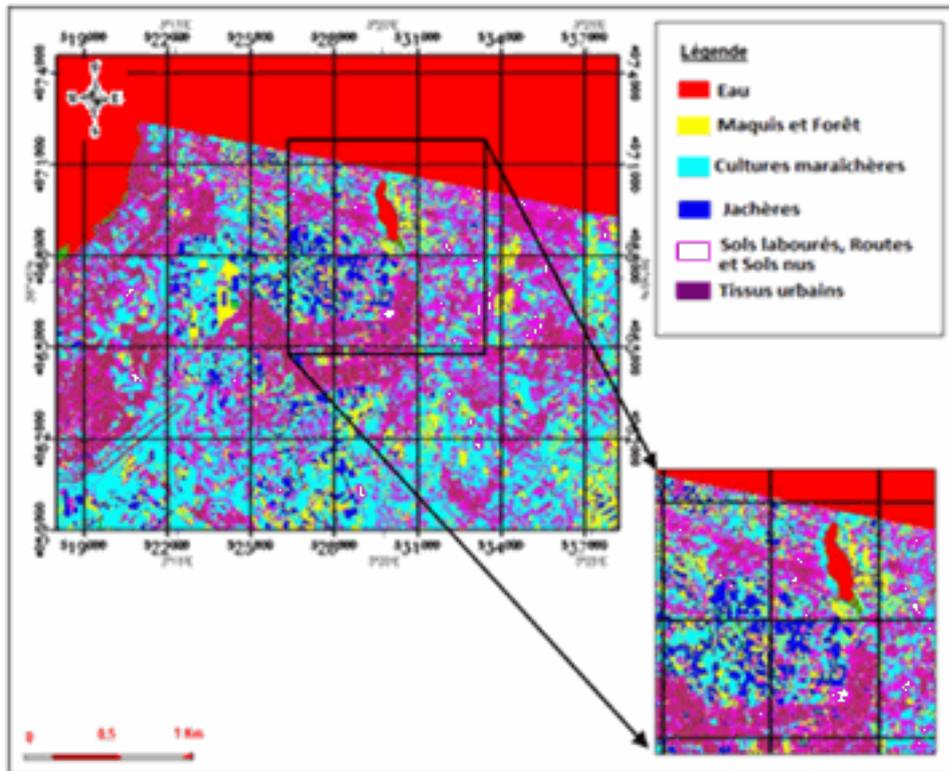
- **Tissu urbain, route et côte** : cette classe apparaît dans les nuances d'orange sur la composition colorée et elle est facilement repérable sur l'image.
- **Maquis, Forêt et Arboriculture** : est de couleur vert sombre. Elle se concentre surtout sur la partie centrale de l'image (les berges Est et Ouest du lac).
- **Végétation hydrophile** : elle est représentée par un teint vert vif, elle est dominée par une couverture végétale spécifique présentant une forte activité chlorophyllienne et se cantonne surtout sur la partie Sud du lac.
- **Sol labouré** : il s'agit d'un ensemble de terres caractérisées par de petites parcelles et sont de couleur rose.
- **Sol non travaillé** : cette classe regroupe l'ensemble des terres non exploitées qui se situent à proximité du lac, cette classe apparaît sur l'image par une couleur violet foncé.

Après avoir défini la typologie des grandes classes, et réalisé une photo-interprétation de l'image Quickbird, nous avons relevé certaines confusions entre les différentes classes dégagées.

Cette étape nécessite une matrice de confusion qui permet d'évaluer la classification.

- La classe tissu urbain est confondue avec la classe trait de côte et la route.
- Nous remarquons que la classe arboriculture risque d'être confondue avec le maquis, où encore la forêt.
- Une autre confusion peut être établie entre les jachères et les sols nus.

Afin d'éviter ces confusions, il est nécessaire d'analyser la séparabilité des différentes classes avant de lancer la classification. En effet, les signatures spectrales des thèmes illustrent bien le comportement spectral des objets dans les différents canaux. Ainsi, nous pouvons expliquer les chevauchements et donc les confusions qu'il peut y avoir entre les différentes classes.



1.2.4.2 La classification supervisée

La photo interprétation suite à des missions de terrain facilite l'identification d'échantillons homogènes dans l'image, représentatifs des différents types d'occupation du sol.

La classification supervisée commence par l'identification des classes d'information qui sont ensuite utilisées pour définir les classes spectrales qui les représentent.

Donc les phases de cette classification se résument comme suit:

- la définition de la légende;
- la sélection des échantillons représentatifs;
- la classification proprement dite (choix de l'algorithme) dans notre cas nous avons utilisé l'algorithme de maximum de vraisemblance;
- évaluation de la classification (matrice de confusion).

Nous décrivons ici les principales étapes de ce traitement (Fig.22)

- Nomenclature ou légende utilisée

Afin de faciliter le choix des classes, une visualisation de la zone d'étude en composition colorée (ETM+, 4, 3 et 1) est nécessaire.

La photo-interprétation des images satellitaires Landsat et Quick bird d'une part et les photos aériennes d'autre part consolidées par les données recueillies auprès de la DSA, nous ont permis de définir les 08 classes d'occupation du sol suivantes:

- **Tissu urbain** : cette classe est bien discriminée visuellement sur l'image, elle apparaît sous une couleur rose.
- **Cultures maraîchères** : sont caractérisées par des parcelles de petites tailles de couleur bleu claire. Ces cultures sont fortement présentes dans la région, la production est principalement constituée de (poivron vert, tomate, haricot, etc.) et présentent également une forte activité chlorophyllienne.
- **Sol non travaillé** : cette classe apparaît avec une forte réflectance de la couleur jaune occupant ainsi une bonne partie de l'image.
- **Eau** : est bien discriminée visuellement sur l'image; elle est de couleur bleu foncé.
- **Végétation claire** : cette classe regroupe les terres présentant une très faible couverture végétale et apparaît avec une faible réflectance.
- **Végétation dense** : regroupe les sols présentant une très forte couverture et apparaît avec de fortes réflectances.
- **Forêt et maquis** : il s'agit de zones ayant un parcellaire clairement définie elles apparaissent avec une couleur vert claire sur la composition colorée.
- **Jachères**: cette classe regroupe l'ensemble des terres au repos, elle apparaît dans les nuances d'orange sur la composition colorée. Elle est dominée par une couverture de végétation plus ou moins sèche, en fonction de la mise en jachère de la parcelle. Elles sont facilement identifiables sur l'image par la forme géométrique de leurs parcelles

Les classifications des données image ont fourni des résultats qui, après analyse nous ont permis d'identifier deux types de remarques générales :

- Sur le plan thématique, les résultats obtenus sont très intéressants. En effet, ils mettent en évidence l'apport considérable d'une résolution spatiale fine dans la reconnaissance et l'inventaire des différents habitats.
- La Très Haute Résolution (THR) améliore l'identification des éléments lors de la détermination des classes de nomenclature.

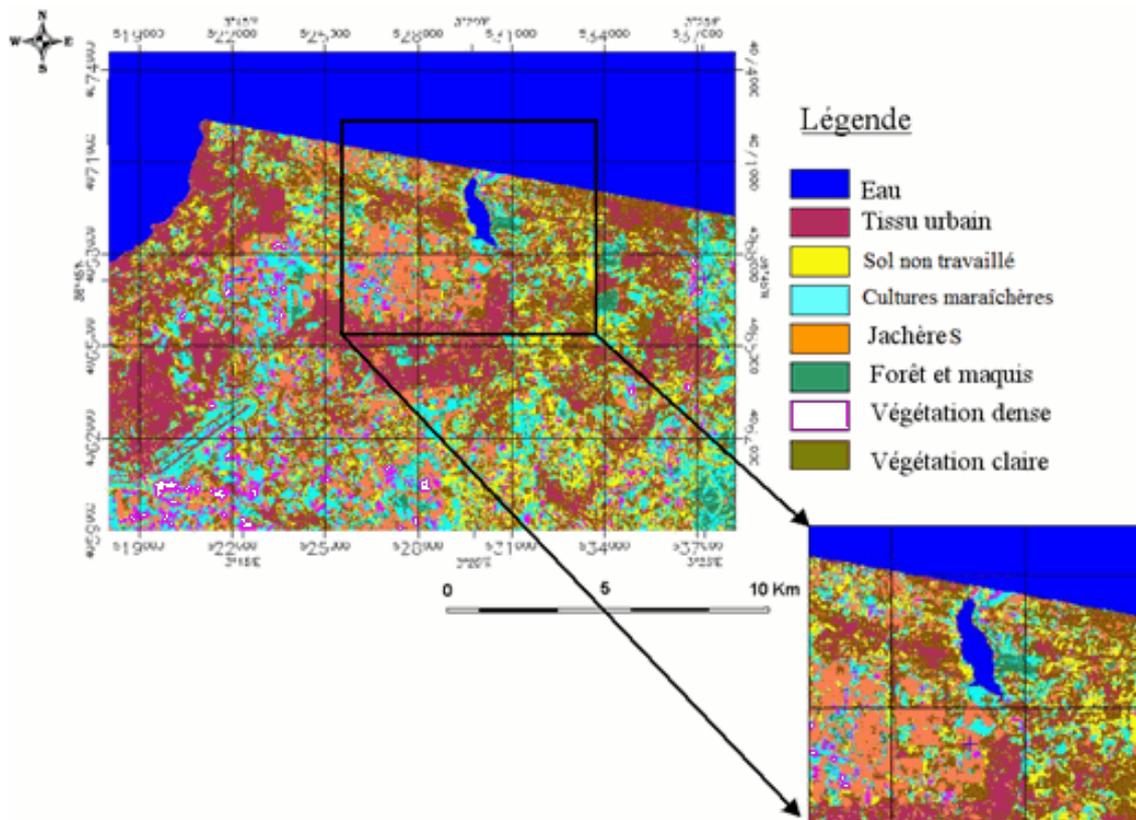


Fig.22 : Classification supervisée de l'image Landsat ETM + 2001

1.2.5-Application des indices (Indice de végétation normalisée (NDVI))

Les indices sont des analyses multivariées c'est à dire des traitements élaborés à partir de plusieurs canaux. Il s'agit souvent d'opérations mathématiques plus ou moins simples visant soit à réduire la somme d'informations (rappel : en codage RVB, on ne peut visualiser que trois canaux en même temps) ou bien la mise en évidence de thèmes particuliers (végétation, sols...).

Le résultat d'un NDVI prend la forme d'une nouvelle image, la valeur de chaque pixel étant comprise entre 0 (sol nu) et 1 (couvert végétal maximal). C'est l'analyse de la palette de nuances s'étendant entre ces valeurs extrêmes (peu fréquentes) qui va renseigner l'observateur sur la densité du couvert végétal et la quantité de biomasse verte.

La réponse spectrale d'un couvert végétal dense est forte dans les longueurs d'ondes proche-infrarouges (à cause de l'activité chlorophyllienne) et faible dans les longueurs d'ondes rouges, alors que la réponse spectrale d'un couvert très clairsemé est inverse (forte influence des minéraux par rapport à l'activité chlorophyllienne). La différence normalisée permet de rendre compte de ces deux phénomènes sur une même image.

Nous présentons une visualisation de l'NDVI de l'image Landsat de l'année 2001 (Fig.23), et celui de l'image Quickbird de l'année 2006 (Fig.24), correspondant à notre zone d'étude. Ce type de visualisation consiste à présenter en noir et blanc et d'une échelle en tons de gris une image satellitaire.

De ce fait, nous pouvant extraire les informations suivantes à partir de l'NDVI des deux images :

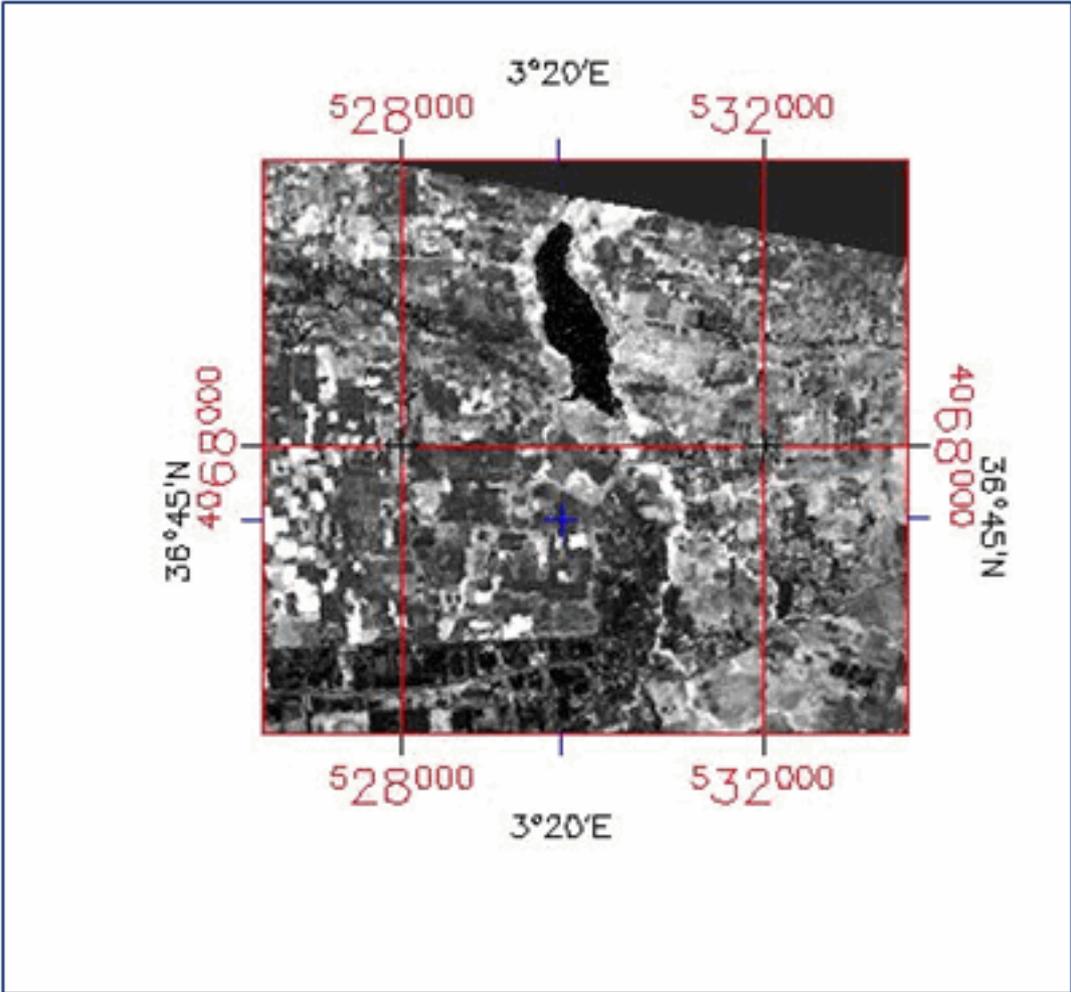


Fig. 23 : NDVI (indice de végétation) de l'image Landsat ETM + 2001



Fig.24 : NDVI de l'image QuickBird 2006

Source : CNTS, 2006

- Plus de blanc : traduit la dominance d'un couvert végétal dense;
- Plus de nuance de gris explique la présence d'un couvert végétal moins dense;
- Quant à la couleur noire, elle marque la présence dans la zone : de sols nus, de l'eau, du bâti et des jachères.

Ainsi, une première interprétation visuelle peut être faite sur la composition colorée de l'NDVI des images donnant ainsi un premier aperçu des différents objets sur le terrain (Fig. 25, Fig.26).

- Le rouge correspond à un état chlorophyllien d'une végétation naturelle ou cultivée.
- Le bleu claire ou foncé correspond au tissu urbain et sol nu.
- Le noir correspond aux surfaces d'eau.
- Le vert correspond aux jachères.

2- La réalisation des cartes d'occupation du sol multi –date

La couverture du sol est la couverture physique observée, que se soit depuis le sol ou grâce à un instrument de télédétection. Elle comprend la végétation (naturelle ou plantée), les sols et les constructions anthropiques (bâtiments, routes, etc.) qui recouvrent la surface

terrestre. L'eau, la glace, les surfaces rocheuses ou sableuses sont également comprises dans la couverture du sol.

La carte d'occupation du sol est un document objectif qui rend compte de l'état actuel de la végétation et de l'emprise entropozoïque sur le milieu.

Les données d'occupation du sol permettent d'approcher la réalité du terrain.

Pour une meilleure description du milieu ainsi que pour une meilleure mise en évidence du couvert végétal, nous nous sommes référés aux données suivantes :

- Les données des relevés phytosociologiques;
- Les résultats obtenus lors du traitement des images satellites;
- Les informations acquises lors des différentes observations notées sur le terrain.

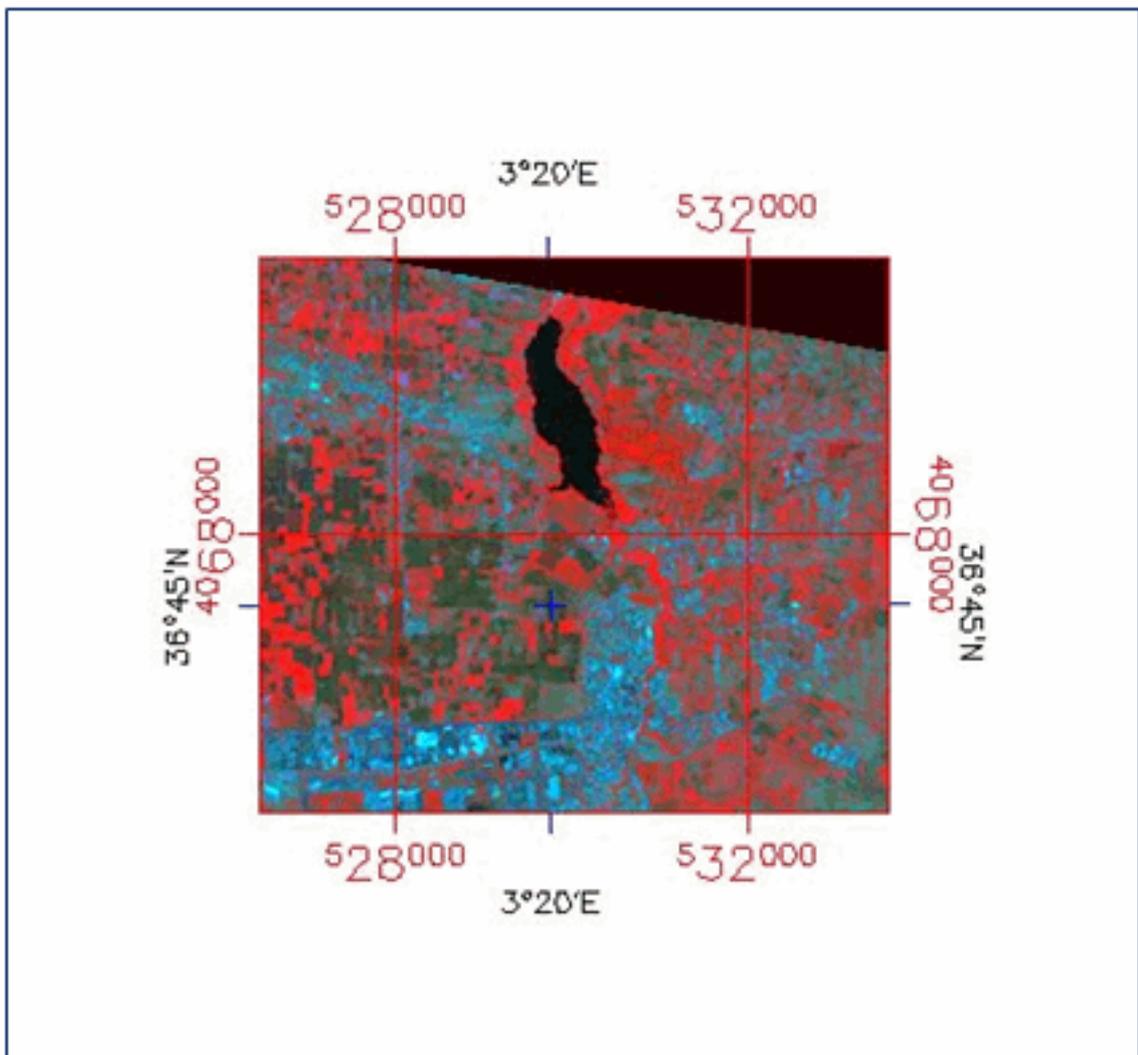


Fig.25 : Composition colorée de l'NDVI de l'image Landsat ETM + 2001



Fig.26 : Composition colorée de l'NDVI de l'image QuickBird 2006

Source : CNTS, 2006

Pour obtenir les cartes finales d'occupation du sol et de la dynamique de la végétation au niveau de la zone humide de Réghaïa, nous nous sommes basés sur la technique de photo interprétation des photos aériennes de l'année 1980 et 2003 ainsi que l'interprétation visuelle et le traitement des images à très haute résolution (Image Quik Bird) de l'année 2006

2.1- Interprétation des cartes d'occupation du sol

L'exploitation des résultats obtenus au cours des différentes étapes de traitement des photos aériennes de l'année 1980, nous a permis d'établir une carte d'occupation du sol ainsi qu'une carte des groupements végétaux de la même année.

En effet, l'interprétation des photos aériennes, nous a permis d'identifier les thèmes suivants:

- Le domaine naturel : les zones arborées, les maquis, les sols nus, les végétations naturelles et les surfaces d'eau.
- Les surfaces artificialisés : les zones urbanisées et les espaces libres.

Les espaces agricoles : les vergers, les jachères, les cultures annuelles, les cultures maraîchères, les sols labourés non travaillés et l'arboriculture.

L'arboriculture représente une grande part des cultures dans la zone d'étude en 1980, elle vient se placer en deuxième position après les maraîchages. En ce qui concerne les maraîchages nous en distinguons deux types : les cultures de pleins champs et les cultures sous serres, cette dernière catégorie n'existait pas encore en 1980.

Par ailleurs, les bosquets les eucalyptus et les pelouses représentent une importante superficie au niveau de la zone humide.

Les photographies utilisées dans le cadre de ce travail ont été prises en 1980 et en 2003, il s'est écoulé plus de 23 ans entre les deux documents. Entre temps, beaucoup d'éléments visibles sur la carte de l'année 1980 ont disparu alors que d'autres éléments nouveaux sont dorénavant identifiables sur les photos de l'année 2003.

Les figures 27 et 28 illustrent l'évolution de l'occupation des sols entre 1980 et 2003.

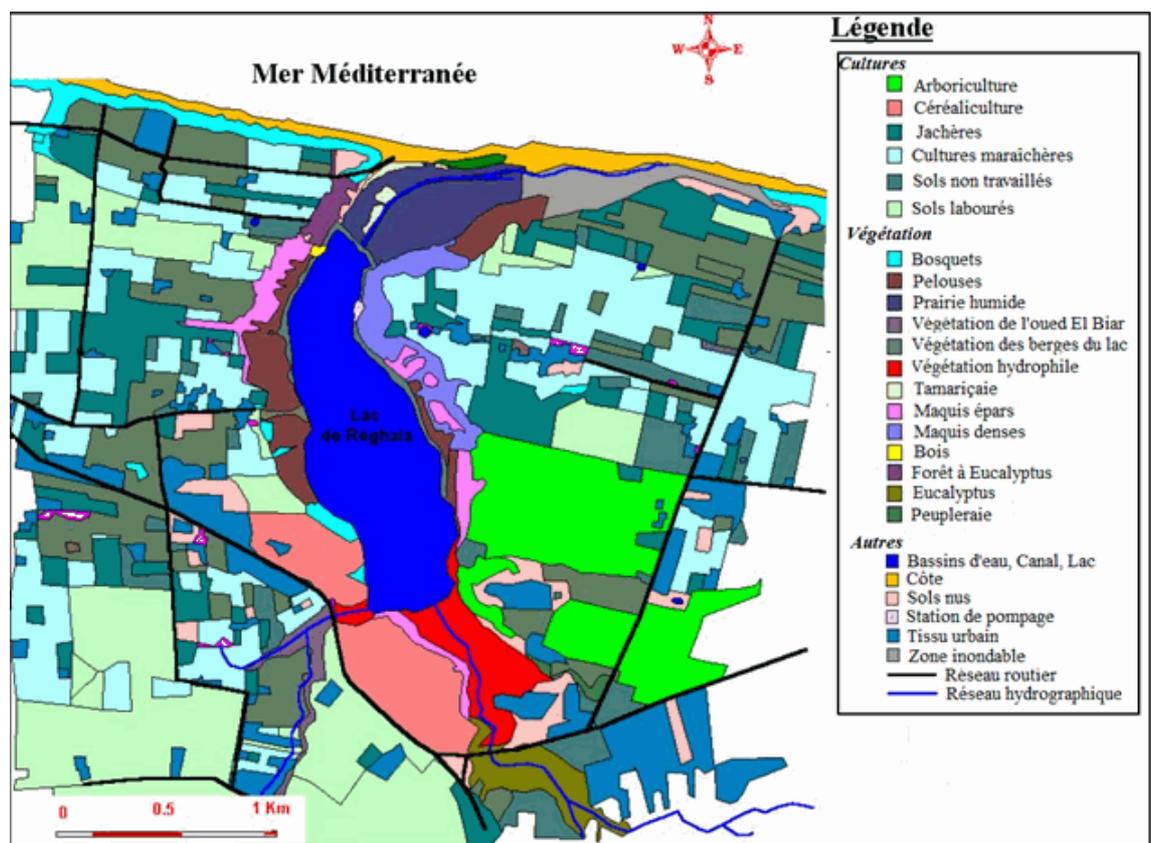


Fig.27 : Carte d'occupation du sol (Année 1980)

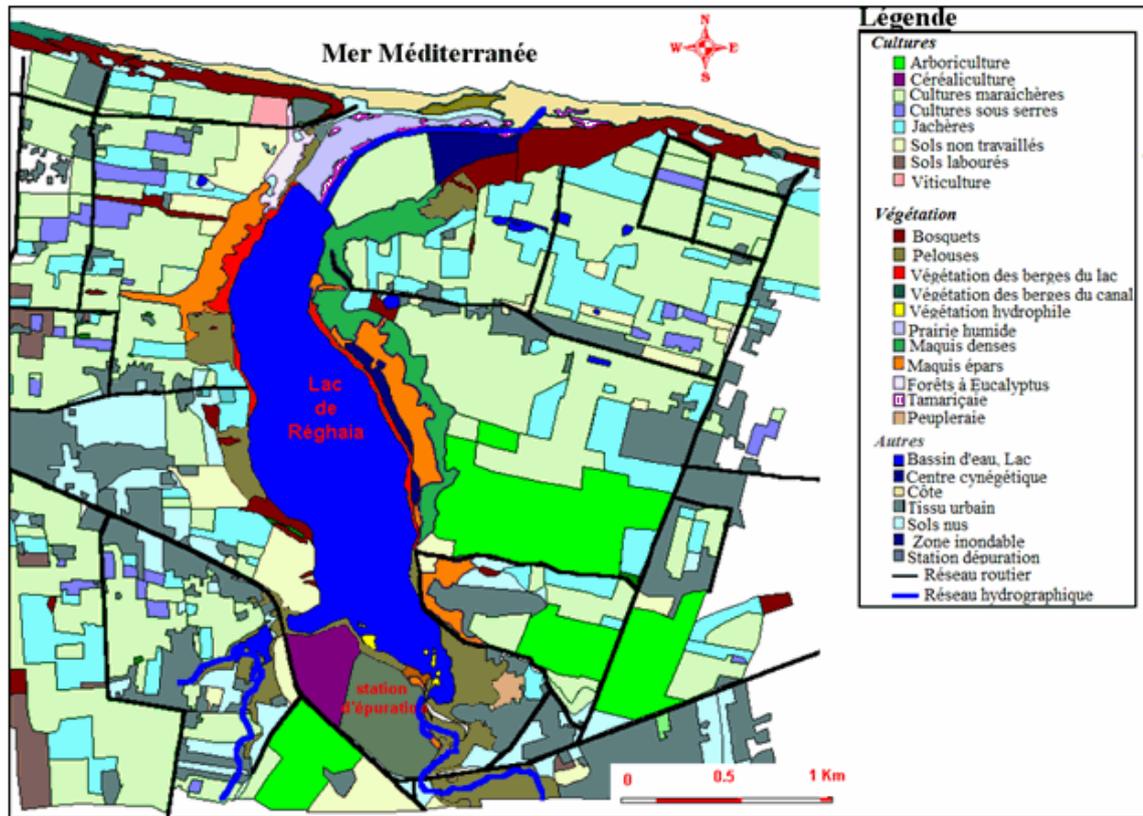


Fig.28 : Carte d'occupation du sol (Année 2003)

Cultures

L'agriculture prédomine de part et d'autre toute la plaine qui juxtapose la zone humide. Cette activité économique est une source de revenus pour une bonne partie de la population qui vit aux alentours du lac.

En trouve en premier lieu les cultures maraichères, qui couvrent d'importantes surfaces avec un taux de 73% en 2003 et 46% en 1980.

L'arboriculture par contre ne représente que 19% de la superficie agricole, là nous remarquons une légère régression par rapport à l'année 1980 (20%).

Un nouveau type d'utilisation du sol a fait son apparition au sein de notre zone d'étude : c'est les cultures sous serre. Il ne couvre que 5% de la superficie agricole. Il s'agit là des effets du plan initié par le ministère de l'agriculture et du développement rural à travers l'incitation à la mise en place de nouvelles pratiques agricoles.

Depuis l'avènement des subventions accordées aux agriculteurs en 2002, nous avons constaté : la plantation de vignobles sur la partie Nord-Ouest de la zone humide. Signalons que cette pratique agricole été à l'abandon depuis les années 80, car elle est passée d'un taux de 23% à juste 1% en 2003. Quant aux cultures céréalières elles sont passées de 11% à 2%.(Fig.29 et Fig.30).

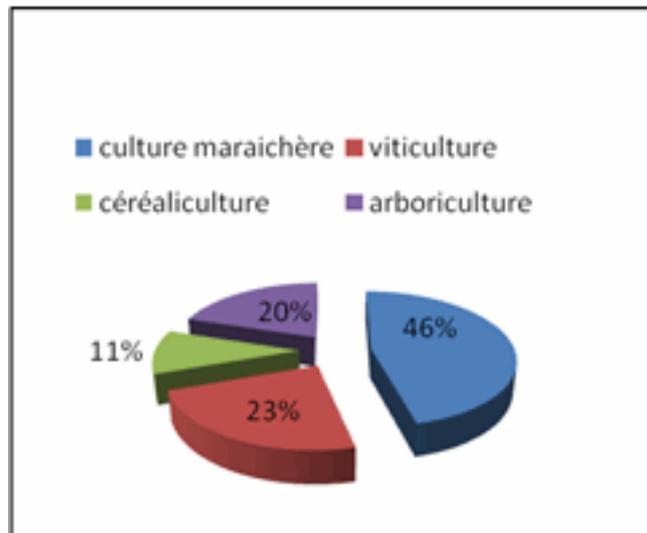


Fig. 29 : Etat de l'agriculture en 1980

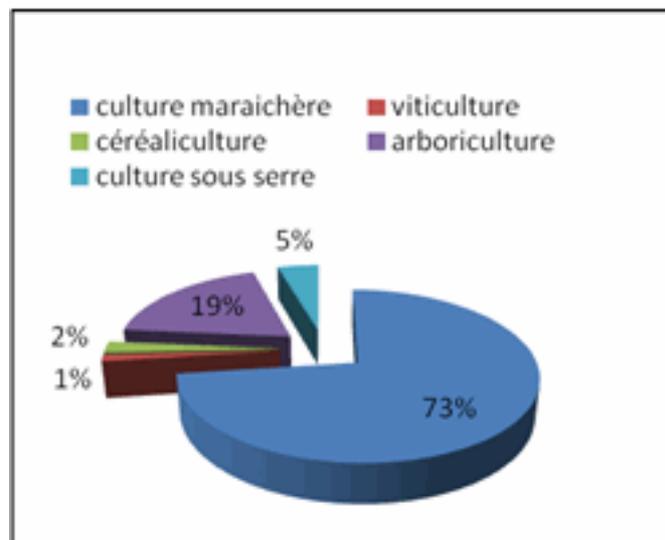


Fig.30 : Etat de l'agriculture en 2003

- Végétation naturelle et reboisement

L'analyse des deux photos démontre que la végétation naturelle et les reboisements sont bien représentés surtout au niveau de la partie centrale de la zone humide, car on y trouve un maquis à base d'Olivier et des surfaces couvertes de végétation hydrophile, des pelouses, bosquets et une prairie humide, etc. Une description plus détaillée se trouve plus loin dans notre analyse.

- Autres

- Tissu urbain

Le tissu urbain a été photo-interprété avec l'appui des images satellites pour la validation. Cette interprétation visuelle est liée plutôt à la texture et la structure de ces zones qu'à une simple information spectrale.

La suburbanisation au sud, a une frontière moins nette, car elle s'étend jusqu'à la limite du plan d'eau. Il est à souligner que cette urbanisation qui se traduit par des constructions illicites au niveau de notre zone est un phénomène récent datant des 20 dernières années.

Si nous nous référons à la carte de 1980, nous remarquons clairement que cette partie du lac était encore couverte d'une vaste plage de végétation hydrophile.

Nous remarquons la présence d'une station d'épuration sur la rive Sud Ouest du lac occupant une parcelle destinée au par avant à l'agriculture.

- Centre cynégétique

Ce centre a été construit en 1983 sur la berge Est du lac de Réghaïa, si on compare les photos des deux années il apparait clairement sur celle de 2003, mais pas avant.

- Routes et pistes

La zone est délimitée par des routes carrossables comme indiqué, de nombreuses pistes sillonnent la zone agricole pour des besoins de servitude des ex-domaines Ali khoudja et Saidani, en plus des pistes qui mènent vers le Centre Cynégétique.

3-Réalisation des cartes de la physionomie de la végétation

La carte des unités de l'occupation des terres réalisée lors de la première phase a servi dans une seconde phase de support à la cartographie des principales unités de végétation présentent au niveau de la zone humide.

Cette carte met en évidence l'agencement dans l'espace de différentes unités de végétation selon le type biologique des espèces caractéristiques de ces syntaxons.

Long (1968), définit la carte physionomique comme étant une représentation de l'inventaire du paysage végétal réel, ou de la végétation actuelle. La réalisation de ce type de carte nécessite l'emploi de photographies aériennes en noir et blanc au 1/10 000ème. A partir de ces photos nous avons pu délimiter et définir les unités végétales les plus importantes au sein de notre zone humide.

Les groupements végétaux dégagés par l'AFC et définis par l'approche sigmatiste feront l'objet de deux cartes traitant chacune la physionomie de la végétation :

- Une de l'année 1980 basée sur le travail de Lazreg (1983) (Fig : 31)
- et celle de 2003 en ce référant aux groupements dégagés lors de cette étude (Fig : 32).

3.1-Interprétation de la carte physionomique de la végétation

L'examen minutieux des cartes physionomiques de l'année 2003 nous a permis de faire ressortir les principales unités physionomiques représentées sur la carte:

- **La 1^{ère} unité physionomique** borde les berges du lac, elle se dispose en une longue ceinture dont la largeur est très variable d'une zone à une autre, la présence de cette unité physionomique est presque nulle sur la rive Sud-Ouest du lac, englobant des groupements à grandes héliophytes représentés par le *Typha*

latifolia, le *Phragmites communis*, le *Scirpus lacustris*, et à un degré moindre l'*Iris pseudoacoris*.

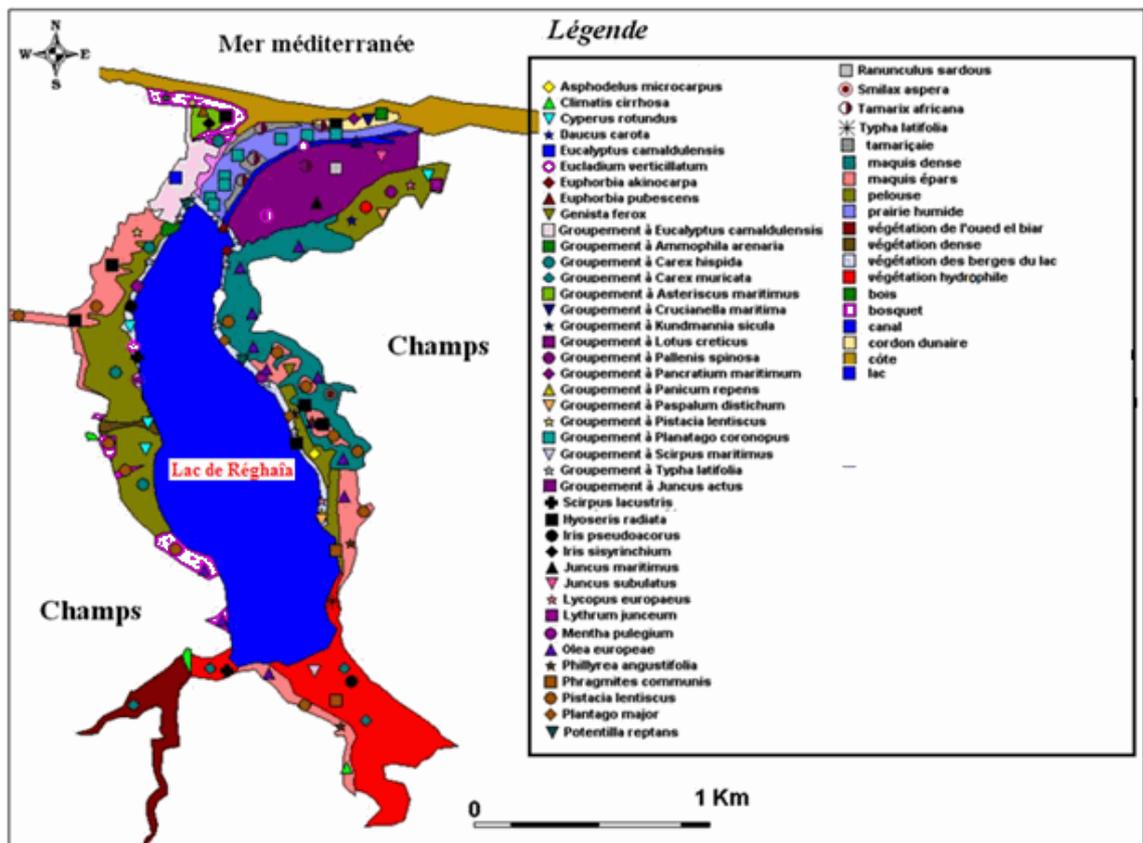


Fig.31 : La carte physionomique et taxons dominants (Année 1980)

La 2^{ème} unité, s'individualise également en ceinture plus ou moins étroite occupant tout le versant Est et une partie du versant Nord-Est du lac de Réghaïa formant ainsi des groupements de maquis denses et épars par endroit, cette végétation de maquis croit sur les sols secs, elle est dominée principalement par le *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea*, *Phillyrea angustifolia*.

Divers faciès se dessinent parfois à l'intérieur de cette formation caractérisés par la prédominance locale d'une ou de deux espèces révélatrices de la dégradation du milieu, telle que *Ampelodesma mauritanica* et le *Chamaerops humilis*.

· **La 3^{ème} unité physionomique**, s'installe des formations herbacées qui correspondent aux pelouses dominées par des graminées qui témoignent d'une forte pression pastorale surtout sur le versant Ouest et Nord-Est du lac.

- Une pelouse à *Oxalis cernua*, est fortement présente dans notre zone.

Des groupements halophiles viennent s'ajouter à cette unité physionomique représentés par:

· Une pelouse à *Plantago coronopus*, quicolonise la partie Nord du lac.

· Une pelouse à *Asteriscus maritimus*, ce groupement de végétation chasmophile englobe des espèces exposées aux embruns marins, se développe dans les rochers et les falaises.

· Il est à souligner, que cette 3^{ème} unité se différencie des autres unités par une réponse spectrale propre due à l'absence de ligneux et par un parcellaire bien perceptible sur la mosaïque des photos aériennes et sur l'image Quikbird.

· **La 4^{ème} unité physionomique**, se dispose un lot de végétation psammophile qui occupe le cordon dunaire situé sur la partie Nord du lac de Réghaïa tel que le *Pancratium maritimum*, *Lotus creticus*, *Ammophila arenarea*, *Crucianella maritima* et *Hyoseris radiata*.

Cette unité physionomique est faiblement repérable sur les photos aériennes du fait du faible taux de recouvrement de la végétation.

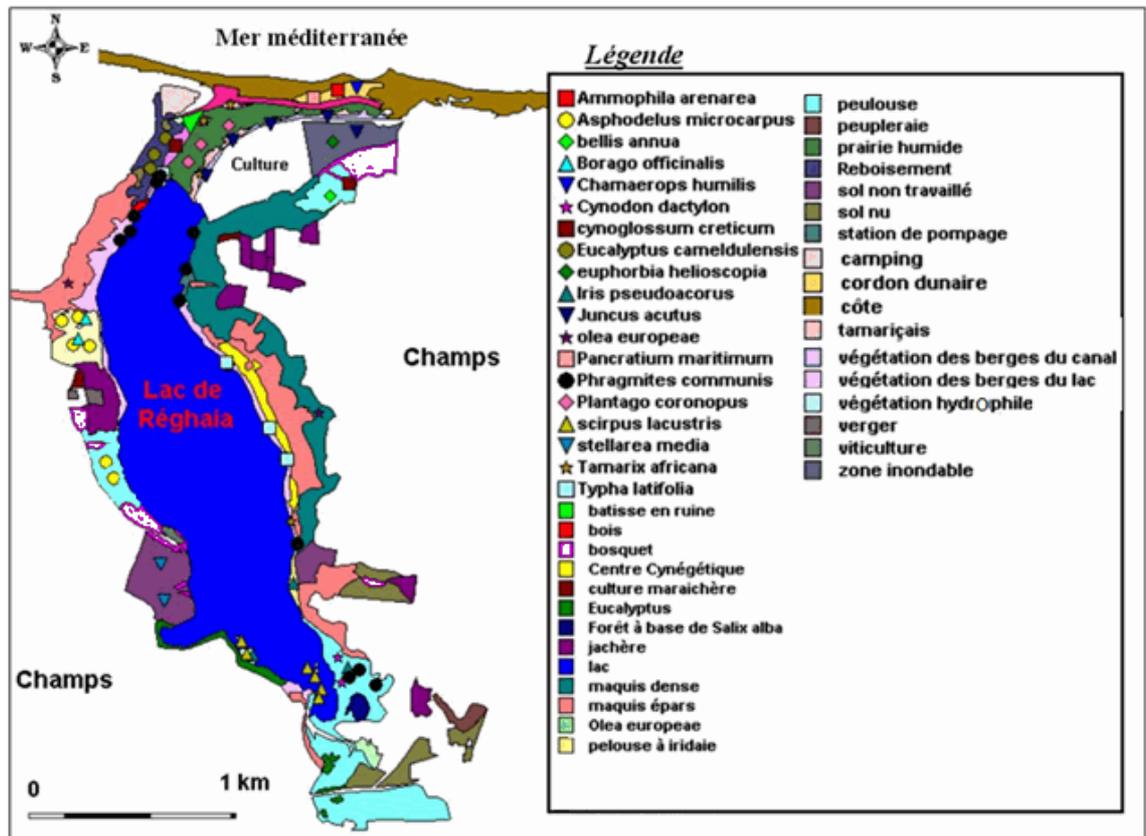


Fig.32 : La carte phytosociologique et taxons dominants (Année 2003)

3.2-Les résultats escomptés

Il ressort de l'observation de nos deux cartes que notre zone d'étude est dominée par quatre groupements floristiques bien distincts répartis tout le long du lac. Cette variation morphologique nous l'exposons comme suit :

- La partie Sud du lac** : est pratiquement envahie par la végétation émergée particulièrement les grandes hélophytes qui contribuent à la formation de véritables murailles végétales. C'est ce qui attribue à cette partie du lac l'aspect d'un milieu fermé, et moins dégagé où certaines zones sont inaccessibles.

D'autres groupements végétaux marquent leur présence également au sein de cette rive, ils s'individualisent à l'intérieur des ceintures de végétation d'hélophytes précédemment décrite sous forme d'îlots de végétation en formant des unités végétales monospécifiques on note l'exemple de *Salix alba*, ainsi que *Scirpus lacustris* qui se présente sous forme de touffes plus ou moins circulaires supportant un degré plus ou moins élevé d'inondation.

Nous soulignons toute fois que l'*Iris pseudoacorus* semble caractériser la partie Sud-Est et Sud-Ouest du lac, seulement du fait que nous ne l'avons pas signalé en parcourant la partie Est, Nord (digue) et Ouest du lac.

- **La partie Est du lac** : la première ceinture de végétation longeant les bordures immédiates du lac présente une forte tendance à héberger les syntaxons à hélrophytes dont les principaux représentants sont les suivants (*Typha latifolia* et *Phragmites communis*).

Ainsi, nous tenons à signaler la présence sur cette berge d'une espèce arborescente spécifique aux milieux humides qui marque sa présence dans certain groupements à hélrophytes à savoir le *Tamarix africana* cette espèce phanérophyte dénote d'un envasement plus ou moins notable des berges du lac. Son expansion en groupement monospécifique est fortement marquée le long du canal.

En revanche, la complexité du milieu a également permis l'installation au niveau du versant Est du lac d'une végétation de maquis dense couvrant une superficie de 30 Ha, cette dernière est entrecoupée par un maquis épars par endroit dominée principalement par *Olea europeae* et *Pistacia lentiscus*. De par l'espace qu'elle occupe, cette formation végétale constitue l'unité végétale la plus répandue par rapport aux autres associations.

- **La berge Ouest du lac** : nous tenons à faire remarquer que cette berge se spécifie par une forte présence d'une végétation herbacée dominée par *Oxalis cernua*, *Stellaria media*, *Anagallis arvensis*, *Cynodon dactylon*,...etc.

Ces pelouses d'herbacées, se propagent sous forme de plages de végétations entrecoupées par endroits pour laisser l'espace à un maquis épars ou à un bosquet. De ce qui précède, il apparait que la berge Ouest constitue, de par la physionomie de sa végétation, un milieu ouvert et dégagé.

- **La partie nord** : notons que l'action combinée des facteurs sel, humidité du sol et la nature du substrat entraîne une hétérogénéité du couvert végétal au niveau de cet endroit. De ce fait, les principales formations herbacées présentent au Nord du lac sont les suivantes :

La partie sableuse de la zone humide du lac de Réghaïa représentée par un cordon dunaire très piétiné, dont la flore est extrêmement clairsemée. Il en subsiste quelques pieds de *Pancratium maritimum*, *Lotus creticus* et de chénopodes indicateurs d'une dégradation assez avancée.

Quant à la petite dépression située en arrière du cordon dunaire est colonisée par un groupement halophile à *Plantago coronopus*, dont l'habitat est assez humide temporairement, blanchâtre par un dépôt de sel.

L'analyse des résultats recueillis lors de l'examen des cartes physionomiques des deux années nous permet également de discerner un autre mode d'agencement de la végétation à savoir sa stratification.

En se référant donc, aux types biologiques illustrés par la carte physionomique, nous distinguons les strates de végétation suivantes, qui se présentent comme suit, et ceci en allant de la plus basse à la plus haute strate :

- Strate herbacée : englobant les pelouses et la prairie humide.
- Strate émergée : composée de groupements à petites et grandes hélrophytes.
- Strate arborescente : referme le maquis, la forêt à *Eucalyptus*, la Peupleraie.

4-Approche diachronique : éléments d'évolution par comparaison des cartes et de l'image Quickbird

Cette partie du travail s'articule autour de deux phases :

- Repérage et mesure des zones de changement;
- Détermination de la nature de l'évolution des zones.

4.1-Repérage et mesure des zones de changement

Dans le but de traduire l'importance spatiale des unités de végétation au niveau de la zone humide du lac de Réghaïa et pour dégager leurs rapports réciproques et leurs dynamiques, nous avons reporté leurs limites sur des cartes au 1/ 10 000^{ème} par le biais d'une méthode simple basée sur l'utilisation de photographies aériennes consolidée par une image satellitaire.

La comparaison des cartes ainsi obtenues par superposition montre l'évolution des surfaces occupées par les différentes entités végétales sur une période de 23 ans (Tab.24).

Superficie des Types écologiques (ha) Année	Pelouse	Maquis	Végétation des berges du lac	Cordon dunaire	Prairie humide	Reboisement	Végétation hydrophile
1980	28.06	37.46	5.81	1.49	26.69	4.65	23.58
2003	35.93	44.10	7.228	1.85	8.19	3.64	0.848

Tab.24 : Evolution de la surface des différents types écologiques entre 1980 et 2003.

L'analyse des résultats du tableau 24, nous a permis l'établissement de l'histogramme (Fig. 33), qui montre une importante variabilité spatio-temporelle de la surface des différentes unités écologiques, ceci s'est traduit par une évolution progressive ou régressive dans le temps.

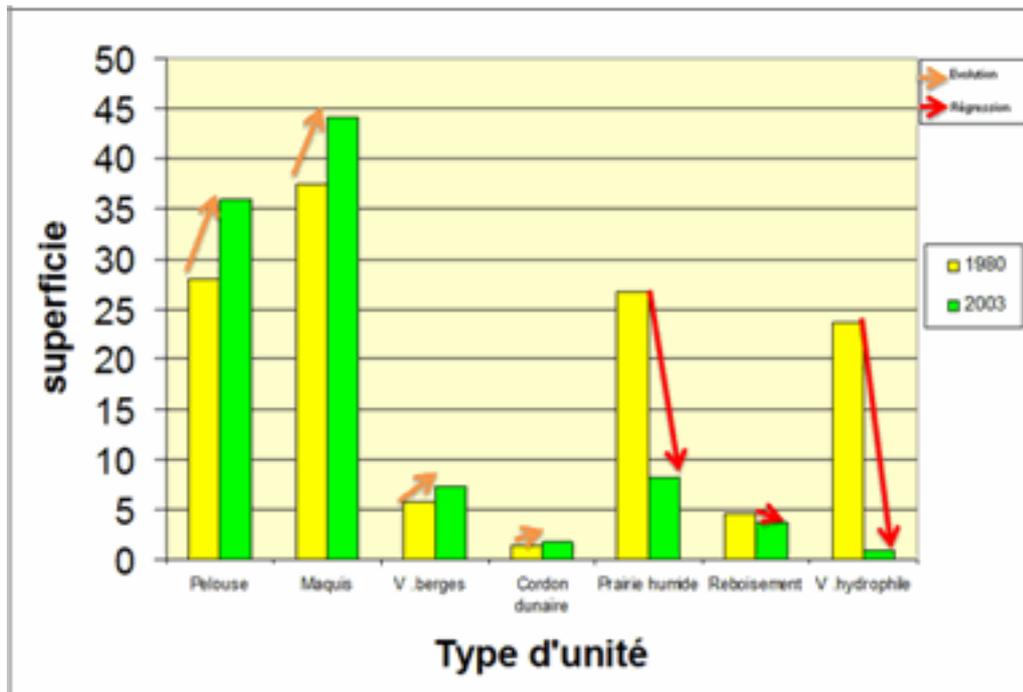


Fig.33 : Evolution des unités écologiques entre 1980 et 2003

4.2-L'évolution des différentes entités écologiques entre 1980 et 2003

L'analyse et la comparaison des différentes cartes réalisées, a fait ressortir un premier constat sur l'évolution de la végétation au sein de la zone étudiée :

La dynamique régressive : cette dynamique traduit la diminution de l'emprise spatiale de quelques types d'occupation du couvert végétal au sein de notre zone d'étude durant la période donnée. Nous enregistrons une diminution d'une proportion assez importante des superficies végétales.

En comparant les données sus citées (Tab.24), on se rend compte que la superficie de la prairie humide a nettement diminuée, elle est passée de 26.69 ha en 1980 à seulement 8.19 ha en 2003. Il est à souligner que la majeure partie de la prairie située à l'Est du chenal a été mise en culture et ce en raison de la fertilité de ces sols et la disponibilité de l'eau pour l'irrigation.

La superposition du plan photographique de l'année 1980 avec celui de 2003 a permis de constater l'ampleur des changements enregistrés pendant cette période au niveau des formations de la végétation hydrophile, cantonnée sur la partie Sud du lac dont la superficie a été réduite à 0.848 ha en 2003, se traduisant par une dynamique régressive du couvert végétal, en raison : du maintien en permanence de niveaux d'eau trop élevés au sein de cette zone, et de l'anoxie du sédiment par pollution. Signalons que ces changements se sont produits surtout depuis la mise en place de la station d'épuration.

Le reboisement à base de peuplement d'eucalyptus situé sur le versant Nord-Oest, apparaît sur le plan photographique de 2003 sous forme de petites taches dispersées et des terres nues. Cette nette régression de la forêt riveraine du lac, serait due à l'impact important lié à l'action anthropique.

Les figures suivantes (34, 35, 36) illustrent clairement l'évolution de l'occupation des entités écologiques entre 1980 et 2003.

· **La dynamique évolutive ou progressive** : Il s'agit de l'extension de l'emprise spatiale des types d'occupations du sol suivants :

En 1980 les bouquets forestiers ont considérablement diminué du côté Ouest alors qu'ils semblent s'élargir du côté Est en 2003. Par rapport aux années précédentes, l'année 2003 (Fig.37) est caractérisée par une reprise de la végétation se traduisant par une évolution de la superficie du maquis recouvrant en grande partie, la pente Est du lac, qui s'est étendue en particulier à proximité du Centre Cynégétique.

En comparant les cartes obtenues (Fig.38), nous constatons, en effet, une nette augmentation de la taille de la roselière polypécifique et autres végétations lacustres. Cette formation végétale colonisatrice des berges du lac s'est épaissie du côté Ouest du lac et s'est allongée de façon remarquable sur la rive Est, et remonte par l'intermédiaire de tâches de végétation plus ou moins étendues, pour occuper la frange Sud du lac. Alors que du côté de la digue nous assistons à une disparition de cette ceinture de végétation plus ou moins importante.

Il est à signaler que durant cette période le cordon dunaire a connu une légère augmentation de la superficie (Fig.39), par contre si nous nous référons aux groupements des dunes littorales on constate que ces derniers ont subi depuis un certain nombre d'années des dégradations remarquables marquées par la disparition de phytocénoses originelles liées à ce type d'habitats.

Les perturbations sont relevées par le piétinement ou par des tentatives de remodelage du paysage, ainsi, les éléments floristiques sont réduits en nombre et en abondance aboutissant à un milieu minéral de dunes nues.

D'après la figure 40, nous constatons une nette évolution au niveau de cette unité de végétation (Pelouses). La progression de ce couvert végétal s'opère surtout au niveau de la partie Sud du lac au niveau des deux oueds, qui s'est traduit par un étalement «en tache d'huile».

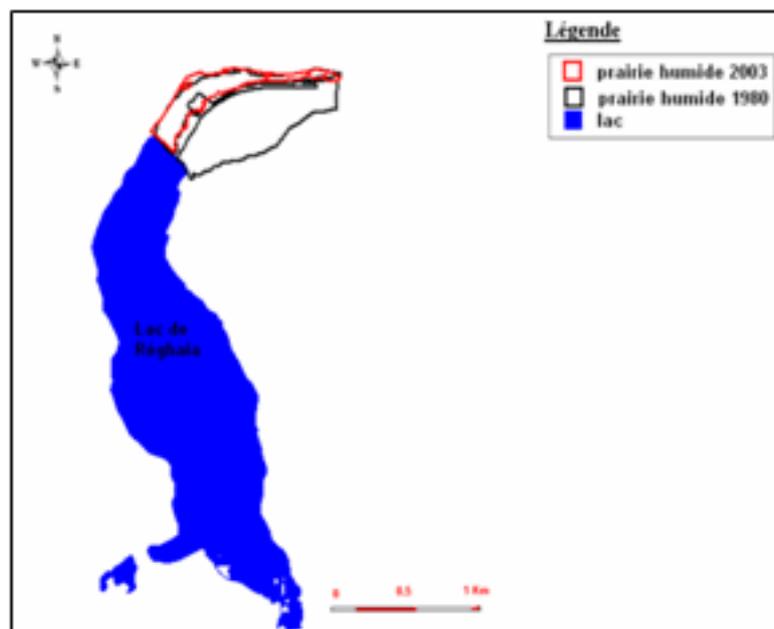


Fig.34 : Evolution de la prairie humide entre 1980 et 2003

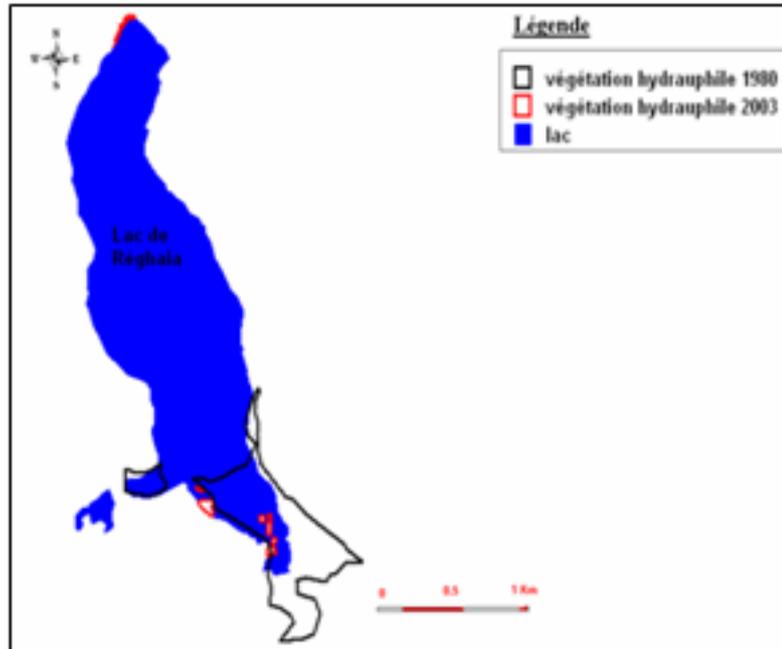


Fig.35 : Evolution de la végétation hydrophile entre 1980 et 2003



Fig.36 : Evolution du Reboisement entre 1980 et 2003

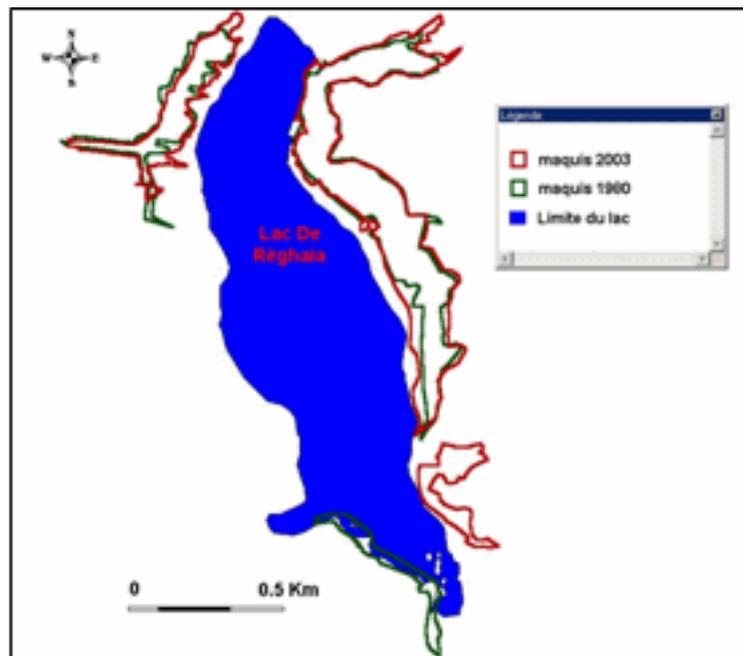


Fig.37 : Evolution du maquis entre 1980 et 2003

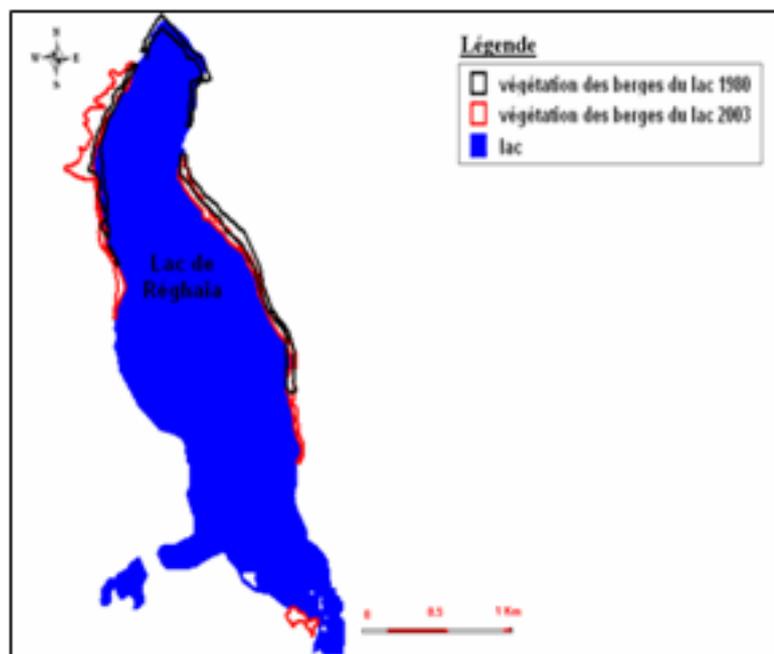


Fig.38 : Evolution de la végétation des berges du lac 1980 et 2003

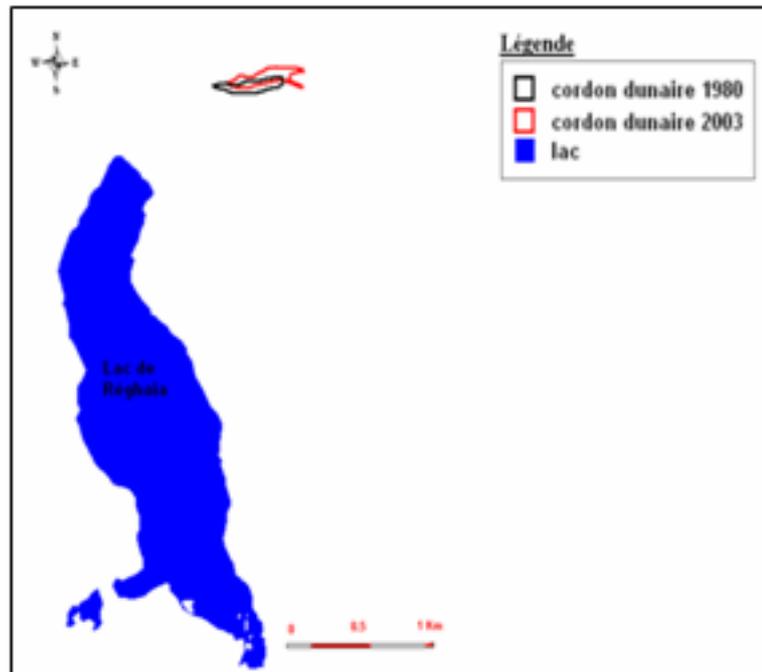


Fig.39 : Evolution du cordon dunaire entre 1980 et 2003

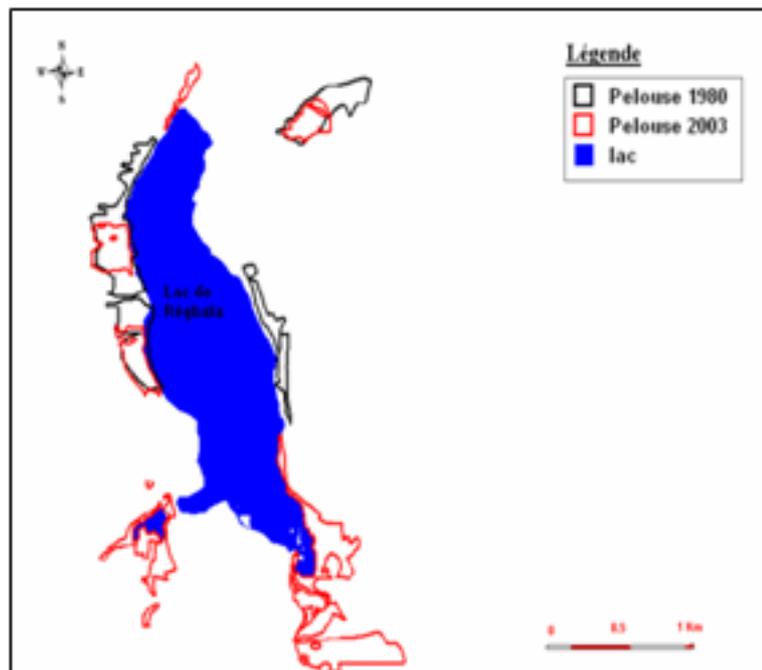


Fig.40 : Evolution des pelouses entre 1980 et 2003

Conclusion générale

Le but de notre étude est une contribution à la connaissance des groupements végétaux de la zone humide de Réghaïa et la précision de leur place dans un cadre phytosociologique global proposé pour la région méditerranéenne.

Par ailleurs, la cartographie de l'espace sera évaluée par un traitement de photographies aériennes sur des séquences diachroniques, en ayant recours à l'imagerie satellite.

La première partie de ce travail est consacrée à la description du cadre biotique et abiotique de notre région d'étude, à travers laquelle nous avons fait ressortir l'originalité de la zone humide.

L'analyse des données climatiques sur une période de 10 ans nous a permis de confirmer les caractéristiques générales du climat de notre région d'étude; il s'agit pour celle-ci d'une région à climat de type méditerranéen avec une période humide et une autre sèche. Appartenant à l'étage bioclimatique sub - humide à hiver doux.

Les données ayant servi à cette étude ont porté sur une matrice globale composée d'un total de 219 relevés floristiques et 245 espèces, réalisés dans différentes zones de notre région d'étude, sur une surface qui varie de 1 à 50 m².

Notant que cette matrice globale se compose de 38 relevés et 190 espèces issus de l'études de Lazereg en 1983, de 06 relevés et 24 espèces résultants de l'étude de Boukhalfa en 1989, 73 relevés et 89 espèces issus de l'étude de Guendez et Derghal en 1999 et enfin les données récoltées lors d'une campagne de terrain en 2005 suivant un échantillonnage subjectif où 125 relevés et 255 espèces ont été recensés.

Du point de vue phytogéographique, ces espèces appartiennent pour la plupart à des origines différentes, parmi lesquelles 63 % d'espèces méditerranéennes 12 % d'espèces cosmopolites, 10 % d'espèces eurasiatiques et 8 % d'espèces paleotempérées qui ressortent clairement d'après la classification établie par Quezel et Santa (1963). Ceci contribue à la biodiversité du milieu.

L'étude de la végétation nécessite l'utilisation d'une méthode de traitement des données. L'analyse factorielle des correspondances (AFC) fût choisie comme méthode d'approche, suivie d'une méthode complémentaire, la classification ascendante hiérarchique (CAH).

A travers ces analyses nous avons pu mettre en évidence et identifier deux (02) facteurs écologiques conditionnant la distribution spatiale des communautés végétales caractérisant notre zone d'étude à savoir : la texture et le taux d'humidité du sol ainsi que la stratification de la végétation.

Au terme de ces analyses (globale et partielle), nous sommes parvenus à dégager quatre(04) ensembles floristiques correspondant à quatre (04) groupements végétaux. Parallèlement, l'analyse syntaxonomique a servi d'une part, à affiner nos quatre groupements discriminés par l'A FC et d'autre part, à préciser leur place dans la diagnose phytosociologique.

Les unités phytosociologiques décrites sont les suivantes :

- **Groupement à *Olea europaea* et *Pistacia lentiscus*** : Le maquis occupe la majorité des versants de la région étudiée formant ainsi une ceinture arbustive, poussant sur des terrains très divers parfois secs. Dans ce maquis se trouvent les espèces de base comme *Pistacia lentiscus* et *Olea europaea* qui ont donné le nom à l'association *Oleo lentiscetum*.
- **Groupement à *Typha latifolia*** : Les Typhaies offrent une physionomie particulière en dressant un rideau de feuilles surmontées par l'inflorescence typique en forme de massettes. Signalons que le groupement peut former des tâches de végétations plus ou moins monospécifiques éloignées de la roselière qui domine le paysage du lac.
- **Groupement à *Ranunculus macrophyllus*** : Les endroits du lac où la formation a *Ranunculus* présente une étendue aussi importante se trouve sur la rive Ouest et Sud-Est. Il faut rappeler également que le groupement à *Ranunculus macrophyllus* pose un problème de syntaxonomie.
- **Groupement à *Oxalis cernua*** : Il forme un groupement bien distinct, lié aux jachères. Ce groupement a été déjà signalé en Algérie par Abdelkrim (1995).

De ce fait, la communauté végétale du lac de Réghaïa s'organise en groupements végétaux qui appartiennent à deux classes phytosociologiques ainsi que deux alliances, il s'agit de :

- La classe des *Phragmitetea communis* Tüxen. & Preising, 1942, Schmale 1939
- La classe des *Stellarietea mediae* TüxenLohmeyer & Preising ex von Rochow 1951
- La classe des *Quercetea illicis* Braun-Blanquet. in Braun-Blanquet., Roussine & Nègre 1952.
- L'alliance du *Ranunculion macrophyllus* Pérez Latorre, Galàn & Cabezudo in Pérez Latorre, P. & D. Navas, Gil & Cabezudo.

Le deuxième volet de ce travail, consiste en l'utilisation d'une approche cartographique, qui s'est avérée un outil synthétique hautement performant, du fait qu'elle nous a permis la description la plus fidèle de la répartition des groupements végétaux et du milieu dans lequel elle se développe. De ce fait, nous avons eu recours aux techniques de télédétection spatiales par le biais des images satellitaires (Landsat et Quickbird) ainsi que les plans de photographies aériennes multidates, afin de réaliser des cartes d'occupations du sol et des cartes physiologiques de la végétation à travers lesquelles nous avons pu établir une étude diachronique basée sur des comparaisons dans le temps entre deux cartes physiologiques du couvert végétal.

Au terme de cette étude, nous avons pu constater qu'à la suite de la forte dégradation du milieu, des peuplements rudéraux à thérophytes des sols influencés par l'activité humaine se sont installés au profit de la végétation du lac.

Pour remédier à ce processus de destruction, il serait important d'encourager l'application des dispositifs législatifs et réglementaires pour la protection de la nature et en particulier le lac de Réghaïa.

Il est nécessaire de mener des actions de protections efficaces et d'approfondir les études phytoécologiques nécessaires aux actions de conservation.

Références bibliographiques

- Abdelkrim, H., 1978-** Cours de cartographie de la végétation et du milieu. Laboratoire d'écologie et de systématique végétale, Département Botanique, I.N.A., El Harrache, 48p. Annexe.
- Abdelkrim, H., 1995-** Contribution à la connaissance des groupements de mauvaises herbes des cultures du secteur Algérois : Approche Syntaxonomique et Phénologique. Thèse Doc. en Sc. Univ. Paris-Sud(Centre d'Orsay), 150p + Annexes.
- Abdelkrim, H., 2004-** Contribution à l'étude écologique et phytosociologique des adventices des cultures et des jachères dans le secteur phytogéographique de l'Algérois (Algérie). Article. Phytocoenologia. Berlin (Stuttgart). 287-326p.
- Abdessemed, R., Ait mokhtar, K., 1998-** Les groupements adventices des vergers du Sahel Ouest Algérois ; Approche Phytosociologique. Thèse. Ing. I.N.A., El Harrache, 73p+Annexes.
- Achour, S., 1996-** Utilisation des SIG pour l'aménagement de la région de Corso-Boumerdes. Thèse. Ing. I.N.A., El Harrache, 62 p.
- Akli, S., 1988-** Etude de la structure verticale de la communauté zooplanctonique du lac de Réghaïa. Thèse. Ing. USTHB. 79p.
- Aknine, L., 2000-** Evolution du paysage dans le Parc National de Gouraya Wilaya de Béjaïa). Thèse. Ing. I.N.A., El Harrache, 67p + Annexes.
- Ammar, M., 2003-** Contribution à l'étude de la végétation de l'Anse de Kouâli (Tipaza) : syntaxonomie, cartographie et conservation. Thèse ing. Agro. INA, El Harrache, Alger. 71p
- Anonyme(1)., 2002-** Atlas des 26 zones humides algériennes. Edité. DGF. 89 p.
- Anonyme(3)., 2005-** Plan de gestion de la réserve naturelle du lac de Réghaïa. 82p.
- Anonyme (4)., 2000-** Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement. 253p.
- Anonyme(5)., 1997-** Gestion et conservation des zones humides Tunisiennes. Med Wet. 173p.
- Anonyme(7)., 2003-** Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar. 16p.
- Association espagnol de phytosociologie., 2001** -Itinera Geobotanica. Volume 14.341p.
- Association espagnol de phytosociologie., 2002** -Itinera Geobotanica. Volume 15.921p.
- Bachiri, Z., Maala, H., 1995** - Examen d'une étude d'impact sur l'environnement, cas de la station d'épuration de Réghaïa. Thèse. Ing. USTHB. 165p.
- Bahriz, A., Chergui, S., 1996-** Contribution à l'étude des groupements végétaux du littoral Algérois, Thèse. Ing. I.N.A. El Harrach, 75p.

- Bagnouls, F., Gaussen, H., 1953-** Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse : 193-239.
- Bardat, J., Bioret, F., Botineau, M., Boulet, V., Delpech, R., Géhu, J., Haury, J., Lacoste, A., Rameau, J., Royer, J., Roux, G., Touffet, J., 2000 -** Prodrome des végétations de France. 75p.
- Beaulieu, J., Kirby, J., 2006-** Rapport méthodologique de la cartographie des milieux humides du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec. Rapport technique. Canada- Québec. 40p.
- Bellatrech. M., 1987-** Recensement hivernal des oiseaux d'eau dans le marais de Réghaia, Institut National Agronomique (INA) – El Harrach - Algérie
- Benessaïah, N., 1998-** Aspects socio-économiques des zones humides méditerranéennes. MedWet. Commission Européenne. Projet life. 167p.
- Benzekri, J.P., 1973-** L'analyse des données- L'analyse des correspondances. Paris, Dunod. 619p.
- Benzekri, J. P., 1980-** Pratique de l'analyse des données. Ed. Dunod. Paris, 424p.
- Binet, D., Gaborit, M., Dessier, A., Roux, M., 1972-** Premières données sur les Copépodes pélagiques de la région congolaise. II. Analyse des correspondances. C.A.H. ORSTOM Sér. Océanogr. 10(2) : 125-137.
- Blondel, J., 1979-** Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173p.
- Bouam, ABD., 1989-** Contribution à la connaissance de la pollution du marais de Réghaïa. Thèse. Ing. INA. El-Harrach. 68p.
- Boukhalfa, D., 1991-** Contribution à la connaissance de l'intérêt ornithologique (oiseaux d'eaux) et écologique du marais de Réghaïa. Thèse Magistère. INA .El-Harrach 126 p.
- Bouzahar, F., 2005-** Etude critique pour l'identification du parcellaire agricole à partir des images à très haute résolution SPOT 5 et IKONOS. Thèse. Ing. C.N.T.S. p.
- Braun-Blanquet, J., 1952-** Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. C.N.R.S. Paris. 297p.
- Briane, J.P., 1987-** Manuel d'utilisation ANAPHYTO. Uni. Paris Sud. Orsay. 64p.
- Cabaussel, G., 1967-** Photo-interprétation et synthèse écologique. Essai d'application à la feuille de Grenoble au 1/10.000. Thèse 3^{ème} cycle. 171p.
- Chaib, J., 1992-** Flore et végétation des milieux aquatiques et amphibies de Haute-Normandie (chorologie, phytosociologie, écologie, gestion). Thèse doc. Univ de Rouen, France. 468p.
- Challal, F., Yahiaoui, B., 2005 -** Contribution à l'analyse de durabilité d'une zone humide côtière (le cas du lac de Réghaïa). Thèse. Ing. Ismal. Dely Ibrahim. 70p.
- Chebli, L., 1971-** Quelques aspects agronomiques de la pollution du marais de Réghaïa Thèse. Ing. INA. El-Harrach. 64p.
- Cherifi, N., Samar, K., 1999-** l'impact des rejets industriels et urbains sur l'environnement à travers le bassin versant : Réghaïa. Thèse. Ing. USTHB.

- Cherifi, F., 2005-** Entomofaune des abords du marais de Réghaïa. Thèse. Ing. INA. El Harrach. Alger. 115p.
- Cherouana, N., 1996-** Contribution à la cartographie et à l'écologie de la végétation aquatique du lac des oiseaux (W. d'El Taref). Thèse. Ing. INA. Alger. 102p.
- Chevassut, G., 1971-** Végétation spontanée hivernale des vignobles de plaine littorale algéroise de la Mitidja (Algérie). Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord. Fasc. T. 1, pp 82- 83.
- Chiffu., 1979-** Cours d'écologie globale. Ins. Nat. Agr. El Harrache, Cours polycopie : 101p.
- Corgne, S., 2004 -** Modélisation prédictive de l'occupation des sols en contexte agricole intensif : application à la couverture hivernale des sols en Bretagne. Thèse. Doc. Univer. Rennes2- Haute Bretagne. P
- Daget, P., Godron, M., Guillermin, J.L, 1972-** Profils écologiques et information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques. Application à l'inventaire écologique des hauts Tatras (Tchécoslovaquie). Comm. Assoc. Int. Phytos. Rintel- sur- Weser. 32p.
- Dajoz, R., 1971-** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434p.
- Dakki, M., Hammada, S., Ibntattou, M., Ouyahia, A., Fennane, M., 2004-** Analyse de la biodiversité floristique des zones humides du Maroc : Flore rare, menacée et halophile. Article. Acta. Botanica. Malaga. 43-66p.
- David, A., 1998-** Apports de la télédétection spatiale de la «couleur de l'océan » à l'océanographie. Lab. Phys. Chim. Marine. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris. vol. 24 no 2 . 81-150p.
- Derghal, N., Guendez, C., 2000-** Contribution à l'étude de la végétation du lac de Réghaïa. Thèse. Ing. INA. El Harrach. Alger. 100p.
- Djaaboub, S., 2002-** Etude de la végétation aquatique du lac Mellah (El kala, w d'El Taref). Thèse. Ing. INA. El Harrach. Alger. 65p.
- Djallal, M., Adnane, K., 1993-** Contribution à la cartographie des sols des régions humides. Thèse ing. Agro. INA, El Harrache, Alger. 130p.
- Dervin, C., 1988-** Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances. Coll. Stat. Ltcf. I.N.R.A- I.N.A. Paris. 75p.
- Emberger, L., 1955-** Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav. Lab. Bot. Géo. Zool., Fac. Sc. Univ. Montpellier, Fasc 7 : 1-43.
- Emberger, L., 1960-** Traité de botanique systématique. Ed. Masson et Scie, Paris, Vol I : 1539p.
- El Antri, M., 1983-** Approchesynsystématique des groupements commensaux des cultures au Maroc. Coll. Phytosoc. N.S. 12" végétation nitrophiles et anthropogènes", pp. 283-311.
- Escafal, R. et al., 1999-** Annual progress report - year 1999 contribution of partner 1. CAMELEO, Centre of the European Commission, Ispra, Italy, 21p.
- Farsi, B., 2003-** Contribution à l'étude des végétations littorales de l'Algérois. Aspect phytosociologique. Thèse. Mag. INA. El Harrach. 103p + Annexes.

- Feltzines, J.C., 1982a**- Etude dynamique, sociologique et écologique de la végétation des étangs du centre de la France. Importance de la compétition interspécifique dans l'organisation de la végétation et la distribution des espèces et des associations. Thèse Doctorat. Uni. Sc. Tech. Lille. 498p.
- Fenelon, J P., 1981**- Qu'est- ce que l'analyse des données ? Ed. Lefonen, Paris, 311p.
- Fournier, P., 1961**- Les quatre flores de la France. Ed. Lechevalier. Paris, 1105p.
- Jauzein, PH., 1995**- Flore des champs cultivés. Sopra I.N.R.A, 898p.
- Hamza, F., 1988**- Recherche des biotopes à *Bulinus truncatus* (hôte intermédiaire de *schistosoma haematobium*) dans la région de Réghaïa. Thèse. Ing. USTHB .61p.
- Horvatic, S., 1963**- Vegetacijska harta otoka paga S opcim pregledon vegetaciskih jedinica horvatskog primorja, SAGREB.187p.
- Iro, A., Yergeau, M., Béné, B., 1990**- Utilisation de la télédétection pour l'aménagement agricole au Sahel. Article. Télédétection et sécheresse. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris. 121-127p.
- Gehu, J.M., Rivaz-Martinez, S., 1981**- Notion fondamentale de phytosociologie. Ber. Int. Sym. Syntaxonomie. 1-33p.
- Gehu, J.M., 1993**- Schéma synsystématique et typologie des milieux littoraux français atlantiques et méditerranéens. Colloques phytosociologique. Bailleul, Vol. 22, 183-212p.
- Gehu, J.M., Sadki, N., 1994**- Remarques de phytosociologie et synchronologie comparées sur le littoral Algérois. Document phytosociologique N. S., Camerino, Vol 15, 341- 357p.
- Gillet, F., 2000**- La phytosociologie synusiale intégrée : guide méthodologique. Doc. Univ. Neuchâtel. 68p.
- Girard, M.C., 2000**- Cours de télédétection. département agronomie – environnement, INA, PARIS- GRIGNON, 68p.
- Girard, M.C., 1995**- Apport de l'interprétation visuelle des images satellitaires pour l'analyse spatiale des sols, un exemple dans la région de Lodève. INA, Paris-grignon, 17p.
- Glangeaud, L., 1932**- Etude géologique de la région du littoral de la province d'Alger. Gouv. Gene. De l'Algérie, BORDEAUX. 608p.
- Godron, M., 1982**- Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés. Edition Masson, Paris. 163p.
- Godron, M., 1984**- Ecologie de la végétation terrestre. Edition Masson, Paris. 196p.
- Gomez, C., 2004**- Potentiels des données de télédétection multisources pour la cartographie géologique : Application à la région de Rehoboth (Namibie). Thèse de doctorat, l'université Claude Bernard - Lyon 1, 210p.
- Gounot, M., 1969**- Méthodes d'étude quantitatives de la végétation. Edition Masson, Paris. 314p.

- Grillas, P., Gauthier, P., Yavercovski, N., Perennou, C., 2004-** Les mares temporaires méditerranéennes -Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion. Production : Station biologique de la Tour du Valat, Le Sambuc - 13200 Arles – France. Volume 1-2. 120- 129 p.
- Guinochet, M., 1973-** Phytosociologie. Edition Masson & Cie, Paris. 228 p.
- Guittonneau, G., Huou, A., 1992-** Connaître et reconnaître la flore et la végétation méditerranéennes. 334p.
- Kadid, Y., 1989-** Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga. P.N.E.K. Thèse. Ing. INA. Alger. 161p.
- Kadid, Y., 1999-** Contribution à l'étude des phytocénoses aquatiques du lac Tonga, El Kala (W. d'El Taref). Thèse. Magistère. INA. Alger. 161p.
- Khelifi, H., 2003-** Inventaire floristique du littoral algérien. (in Biodiversité marine et littorale algérienne) Ed. Djazaïr. Pp35-46.
- Kluser, S., 2000-** Elaboration d'une carte de couverture du sol par interprétation semiautomatisée de l'espace colorimétrique d'orthophotos Application au bassin versant du Nant d'Avril (France, Suisse), Diplôme d'études supérieures en sciences naturelles de l'environnement, Université de Lausanne, 69 p.
- Lazereg, A., 1983-** Etude des changements de la végétation à l'embouchure de l'oued Réghaïa. Thèse. Ing. INA. El-harrach. 84p.
- Lacoste, A., 1972-** La végétation de l'étage subalpin du bassin supérieur de la Tinée(Alpes maritimes). Application de l'analyse multidimensionnelle aux données floristiques et écologiques. Thèse Doc ès Sc. Nat., Univ. Paris-Sud(Orsay), 293p.
- Lacoste, A., et Roux, M., 1972-**L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie, application à des données de l'étage subalpin des Alpes maritimes. I. L'analyse des données floristiques ; II. L'analyse des données écologiques et l'analyse globale *Oecol. Plant.*, 6.pp. 353-369&7.pp.125-146.
- Lacoste, A., 1975-** La végétation de l'étage subalpin du bassin supérieur de la Tinée (Alpes-Maritimes). Application de l'analyse multidimensionnelle aux données floristiques. *Phytocoenologia*, 3 (1) : 83- 122p.
- Ledant, J.P., Jacob, J.P., Hily, C., 1979-** Les oiseaux d'eaux du marais de Réghaïa. Sem. Inter.Avif.Alger. INA El-harrach. 14 p.
- Long, G., 1974-** Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. Ed. Masson et Cie ; Paris, Tome I, 252p.
- Maire, R., 1952-** Flore de l'Afrique du Nord. Vol1. Ed. P. Le chevalier. Paris.178-203p.
- Marmonier, P., 2002-** L'information géographique. ENSG/CERSIG, 11p.
- Mayaux, P. et al., 2003.** Apport des techniques spatiales pour la gestion des aires protégées en Afrique de l'Ouest. Séminaire régional sur l'aménagement et la gestion des aires protégées d'Afrique de l'Ouest, Parakou, Bénin, 8p.
- Mc Cune, B., Mefford., M., J.M., 1999-** PC-ORD version 4. Multivariate Analysis of Ecological Data. MJM software Design, Glenden Beach, Oregon, USA.
- Meddour, R., 1994-** Contribution à l'étude phytosociologique de la portion centro-orientale du Parc National de Chréa. Essai d'interprétation synthétique des

- étages et des séries de végétation de l'Atlas blidéen. Thèse Magister en Sciences Agronomiques. INA. Alger. 330p.
- Meriem, N., 1985-** Inventaire et dénombrement des oiseaux de Réghaia..Thèse. Magistère.INA. Elharrach.
- Messaadi, I., 2003-** Classification d'une image satellitale Landsat (ETM+) à des fins de collecte de statistiques agricoles en terme de superficie. Thèse. Ing. CNTS. Lab. Télédétection. Arzew- Oran. 71p.
- Miri, Y., 1996-** Contribution à la connaissance des ceintures de végétation du lac Oubeira (P.N.E.K). Thèse. Mag. INA, El Harrache, Alger. 89p + Annexes.
- Molinier, R., 1956-** Recherche phytosociologiques dans l'île de Majorque. *Collectanea botanica de Barcelona*. 23p.
- Molinier, R., Vignes, P., 1971-** Ecologie et biocénotique. Delachaux et Niestlé. Paris. 435p.
- Mouali, A., 2006-** Diagnostic écologique de la réserve naturelle du lac de Réghaïa, Algérie. 31p.
- Mutin, L., 1977-** La Mitidja, décolonisation et espace géographique. Ed. Off. Pub. Univ., Alger, 607p.
- Nègre, R., 1964-** Notice de la carte au 1/50 000 de Tipaza. Institut de cartographie de la végétation d'Algérie, Univ. D'Alger. Note et document n° 1, 70 p., Pl. Fig.Couv. III. En Coul.
- Ougrine, M., 1987-** Contribution des images ETM+ de Landsat7 à la mise à jour Cartographique à 1/200 000 Cas de la feuille de M'SILA (Hauts plateaux, Algérie). Centre Régional Africain des Sciences et Technologies de l'Espace en Langue Française. 80p.
- Ozenda, P., 1982-** Les végétaux de la biosphère. Doin, Paris. 431p.
- Ozenda, P., 1986-** La cartographie écologique et ses applications. Masson, Paris. 159p.
- P.A.C., 2005-** Plan d'aménagement côtier - Activité : Gestion intégrée des zones côtières, Action pilote Site du lac de Réghaïa. 45p.
- Programme quadriennal de l'UICN. , 2001-2004-** Projet approuvé par le Conseil de l'UICN pour adoption au Congrès mondial de la nature Amman, Jordanie, 4 au 11 Octobre 2000. 74p.
- Phillips, P., 1987-** Les plantes des bords de mer. Edition Bordos. 190p.
- Puissant, A., Weber, C., 2001-** Utilité des images haute résolution pour évaluer la place de la végétation dans l'aménagement. Laboratoire Image et Ville UMR 7011, Université Louis Pasteur, STRASBOURG, 10 p.
- Puissant, A., Weber, C., 2003-** Les images à très haute résolution, une source d'information géographique en milieu urbain. Lab. Image et Ville. UMR 7011 CNRS. Fac. Géog et d'Amé. Univer. Louis Pasteur (Strasbourg). 345-356p.
- Quézel, P., Santa, S., 1962-** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris, C.N.R.S, tome I et II. 1170p.

- Ramade, F., 1984-** Eléments d'écologie- Ecologie fondamentale. Ed. Mc. Graw-Hill, Paris, 397p. Pl. III.
- Rey, P., 1988-** Notions générales d'utilisation des cartes de la végétation. 26p.
- Rivas-Martinez, S., Fernandez-Gonzalez, F., Loidi, Javier., Lousa, Mario., Penas, Angel., 2001-** Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. 135p.
- Roux G. et M., 1967-** A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie. Rev. Stat. Appl., 15, 2, pp. 59-72.
- Sadki, N., Géhu, J.M., 1994-** Remarque de phytosociologie et de synchronologie comparées sur le littoral algérois. Doc. Phytosocio. N.S.(15). Camerino. 15p.
- Seltzer, P., 1946-** Le climat de l'Algérie. Travaux de l'institut météorologique et physique du globe, Alger, 278p.
- Stewart, P., 1969-** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr., 24-25.
- Simon, B., 2004-** Apport des données du satellite SPOT 5 aux études environnementales de la zone du delta du Rhône et de l'étang de Berre. 6p.
- Si-Tayeb, T., 2006-** Application de la Géomatique dans l'étude de la dynamique de la végétation dans la plaine de la Macta. Thèse. Mag.Univer. Ecobiologie. MUSTAPHA STANBOULI. Mascara. 141p+Annexes.
- Sissingh, G., 1946-** Rudereto-Secalinetea Br-BI.36, Klasse der akkeronkruid-ruderaal, vloedmerk-enkaakalp-gemeenschappen. In : WESHOOFF, V., DIJK J. en PASCHIER, H. OVERZICHT der plantengemeenschappen in Nedrlan, 2de druk ('Graverland 1946).
- Sissingh, G., 1950-** Onkruid associaties in Nederland (les associations messicoles et ruderales des Pays-Bas, résumé en Français) Communic. S.I.G.M.A.N°106, 236p.
- Tabti, D., 2002-** Contribution à l'étude phytosociologique des adventices des vignobles de la ferme pilote Bellalia Ahmed El Ain (W de Tipaza). Thèse. Ing.INA. ElHarrach. Alger. 54p + Annexes.
- Tenedorio, J.A ., 2001-** Télédétection, Système d'information géographique et suivi de l'étalement périurbain dans l'aire métropolitaine de Lisbonne. Bulletin de l'Association de géographes Français. Paris, AGF/CNRS. 66-77p.
- Thomas, C., 2006-** Fusion d'images de résolution spatiales différentes. Thèse. Doc. De l'Ecole des Mines de Paris. 196p.
- Tüxen, R., 1937-** Die pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. Mitt. Flor. Soz. Arbeitsgem., 3, pp.1-170.
- Vergier, F., 1989-** L'évolution de la télédétection satellitaire concernant les milieux littoraux. Télédétection en francophonie. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris. 111-115p.

ANNEXE

ANNEXE I

Liste des oiseaux observés au moins une fois dans le périmètre de la zone humide du lac de Réghaïa

Etude de la végétation du lac de Reghaïa

N°	Nom scientifique	Nom commun	Statut
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38	<i>cinerea Bubulcus ibis Egretta garzetta Botaurus stellaris Nycticorax nycticorax Ardeola ralloides Ardeola purpurea Platalea leucorodia Ixobrychus minutus Porzana porzana Porzana parva Porzana pusilla Ciconia ciconia Plegadis falcinellus Platalea leucorodia Phoenicopterus ruber Tachybaptus ruficollis Podiceps nigricollis Anser anser Anas platyrhynchos Anas penelope Anas strepera Anas clypeata Anas crecca Anas querquedula Anas acuta Netta rufina Tadorna tadorna Tadorna ferruginea Aythya ferina Aythya fuligula Aythya nyroca Oxyura leucocephala Marmaronetta angustirostris Rallus aquaticus Fulica atra Gallinula chloropus Pandion haliaetus Milvus migrans Circus aeruginosus Circus pygargus Circus cyaneus Accipiter nisus Falco tinnunculus Buteo rufinus Haematopus ostralegus Himantopus himantopus Recurvirostra avosetta Charadrius dubius Charadrius alexandrinus Gallinago gallinago Lymnocyptes minimus Limosa limosa Vanellus vanellus Calidris canutus Calidris alba Calidris ferruginea Calidris minuta Calidris alpina Calidris temminckii Philomachus pugnax Numenius arquata Tringa erythropus Tringa stagnatilis Tringa nebularia Tringa totanus Tringa ochropus Tringa</i>	<p>cendré Héron gardeboeufs Aigrette garzette Butor étoilé Bihoreau gris Crabier chevelu Héron pourpré Spatule blanche Blongios nain Marouette ponctuée Marouette poussin Marouette de Baillon Cigogne blanche Ibis falcinelle Spatule blanche Flamant rose Grèbe castagneux Grèbe à cou noir Oie cendrée Canard colvert Canard siffleur Canard chipeau Canard souchet Sarcelle d'hiver Sarcelle d'été Canard pilet Nette rousse Tadorne de Belon Tadorne casarca Fuligule milouin Fuligule morillon Fuligule nyroca Erismature à tête blanche Sarcelle marbrée Râle d'eau Foulque macroule Gallinule- poule-d'eau Balbuzard pêcheur Milan noir Busard des roseaux Busard cendré Busard Saint- Martin Epervier d'Europe Faucon crécerelle Buse féroce Huïtrier pie Echasse blanche Avocette élégante Petit Gravelot Gravelot à collier interrompu Bécassine des marais Bécassine sourde Barge à queue noire Vanneau huppé Bécasseau maubèche Bécasseau sanderling Bécasseau coccorli Bécasseau minute Bécasseau variable Bécasseau de Temminck Combattant</p>	<p>Passager Sédentaire Hivernant/ Passager Hivernant Passager Hiverna Passager Hivernant Hivernant Passag Passager Nicheur Hivernant/ Passager Hivernant Hivernant Hiverna Passager Hivernant/ Passager Nicheur/ Passager Hivernant Nicheur Nicheur F Hivernant Hivernant Passager Hiverna Passager Hivernant Passager Passag Passager Passager Passager Passag Passager Hivernant Nicheur Hivernan occasionnel Nicheur Hivernant Nicheu</p>
116	<i>temminckii Philomachus pugnax Numenius arquata Tringa erythropus Tringa stagnatilis Tringa nebularia Tringa totanus Tringa ochropus Tringa</i>	<p>varié Courlis cendré Chevalier arlequin Chevalier stagnatile Chevalier aboyeur Chevalier gambette Chevalier culblanc Chevalier sylvain Goéland leucophée Goéland</p>	

Année/ Espèce	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	94	98	99	00	01
Fuligule nyroca	2															37			22	73	30
Sarcelle marbrée																				10	
Tadornede belon			10			2		2	1		1	4	1		2				27	2	4
Oie cendrée													19			5	2				
Grand cormoran	29	18			7	3	2		4		45	30	31	6	1		5	2	3		1
Héron crabier			1																		
Héron bihoreau			1																		
Grande aigrette																					2
Aigrette garzette		4	7																1	3	3
Flamant rose																			2	192	64
Poule sultane		9																			6
Busard des roseaux		3		1	1	1			1		1	3			2	1			1	1	1
Buse féroce										1	1										
Elanion blanc																				1	1
Faucon crécerelle												2									1
Echasse blanche																			2		
Martin pêcheur									1	1		24				1					

Evolution des effectifs de quelques espèces d'oiseaux protégées la Zone Humide du Lac de Réghaïa

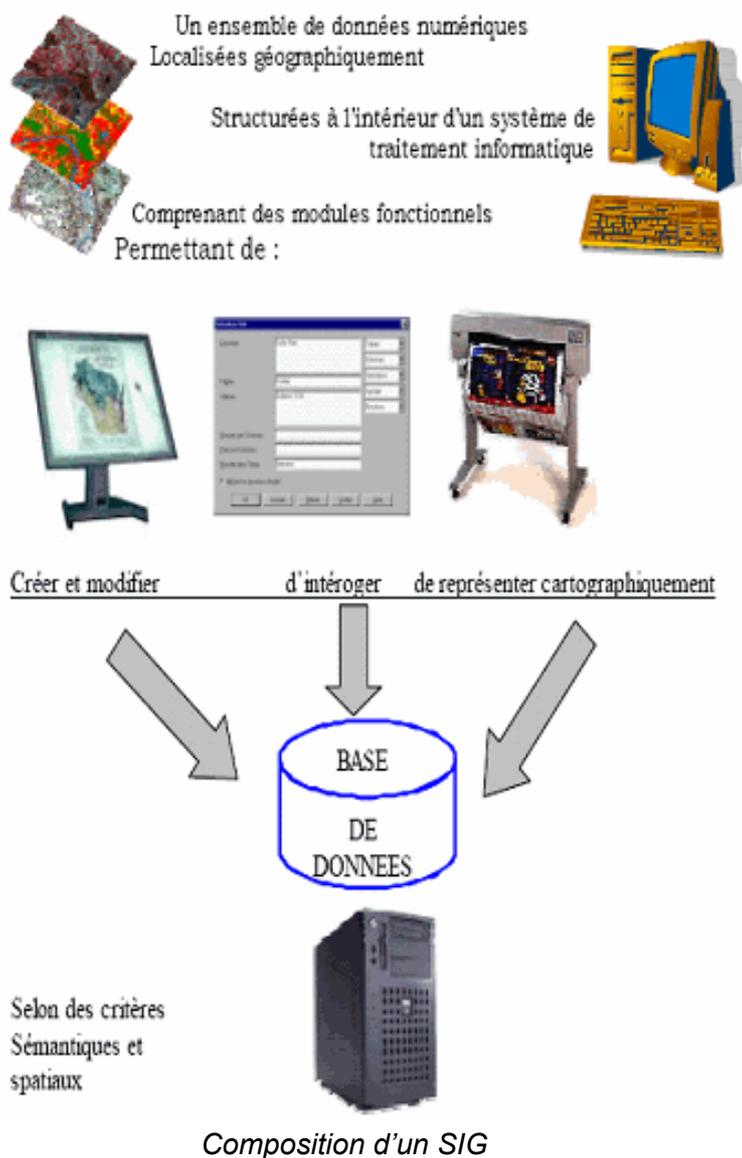
ANNEXE III

Liste des espèces d'oiseaux protégées de la zone humide du lac de Réghaïa

Liste floristique du lac de Réghaïa

Etude de la végétation du lac de Reghaïa

Famille	Nom scientifique	Origine biogéographique
Aracées	<i>Arum italicum</i> Mill	Méditerranée
	<i>Arisarum vulgare</i>	Méditerranée
Aceracées	<i>Aegilops triuncialis</i>	Méd- irranienne
Aristolochiacées	<i>Aristolochia longa</i> L	Méditerranée
Amaryllidacées	<i>Agave americana</i> L	Naturalisée
	<i>Ammophila arenaria</i> (L.) Link.	Circumboréale
	<i>Narcissus elegans</i> (Haw)	Méditerranée
	<i>Narcissus tazetta</i> L	Euro- Méditerranée
	<i>Pancratium maritimum</i> L	Méditerranée
Araliacées	<i>Hedera helix</i> L	Euro-méditerranée
Anacardiacees	<i>Pistacia lentiscus</i> L	Méditerranée
Apocynacées	<i>Nerium oleander</i>	Méditerranée
Boraginacées	<i>Borago officinalis</i> L	Euro-méditerranée
	<i>Cynoglossum creticum</i>	Méditerranée
	<i>Echium sabulicola</i>	
	<i>Echium plantagineum</i>	Méditerranée
	<i>Echium italicum</i>	Méditerranée
Brassicacées	<i>Brassica napus</i> L	
	<i>Eryngium campestre</i>	Euro-méditerranée
	<i>Eryngium tricuspdatum</i>	Méditerranée
	<i>Eryngium maritimum</i>	Euro-méditerranée
	<i>Hirschfeldia incana</i>	Méditerranée
	<i>Rapistrum rugosum</i>	Méditerranée
	<i>Sinapis arvensis</i>	Paléo-temperée
Caryophyllacées	<i>Atractylis cancellata</i>	Méditerranée
	<i>Cerastium glomeratum</i>	Cosmopolite
	<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	Méditerranée
	<i>Spergularia rubra</i>	
Chenopodiacees	<i>Atriplex patula</i>	Circumborée
	<i>Beta vulgaris</i>	Euro-asiatique
	<i>Chenopodium album</i>	Cosmopolite
	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Amérique
Convolvulacées	<i>Calystegia sepium</i> (L) .R	Paléo-temperée
	<i>Convolvulus altheoides</i> L	Méditerranée
	<i>Convolvulus arvensis</i> L	Euro-asiatique
	<i>Convolvulus cantabrica</i> L	Méditerranée
	<i>Convolvulus tricolor</i> L	Méditerranée
Cactacées	<i>Opuntia-ficus indica</i>	
Cyperacées	<i>Cyperus rotundus</i>	Sub- tropical /tropical
	<i>Cyperus longus</i> L	Paléo – Sub-tropical
	<i>Carex divisa</i>	Atlantico-Méditerranée
	<i>Carex muricata</i>	Euro-asiatique
	<i>Scirpus lacustris</i>	Cosmopolite
Crucifères	<i>Crypsis alopecuroides</i>	Paléo-temperée
	<i>Capsella bursa-pastoris</i> L	Méditerranée
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Méditerranée
	<i>Lobularia maritima</i> (L)	Méditerranée
Citacées	<i>Cistus villosus</i>	
Celastiacees	<i>Evonymus latifolius</i> (L)	Euro-méditerranée
Cucurbitacées	<i>Bryonia dioica</i>	Euro-asiatique
Dipsacées	<i>Dipsacus silvestris</i> Mill	Euro-Asiatique
	<i>Scabiosa atropurpurea</i> L	Méditerranée
Dicotyledonacées	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L)	Thermo-cosmopolite
Euphorbiacées	<i>Euphorbia exigua</i> L	Méditerranée
	<i>Euphorbia helioscopia</i> L	Euro-Asiatique
	<i>Euphorbia peplis</i>	Méditerano-atlantique



ANNEXE VI

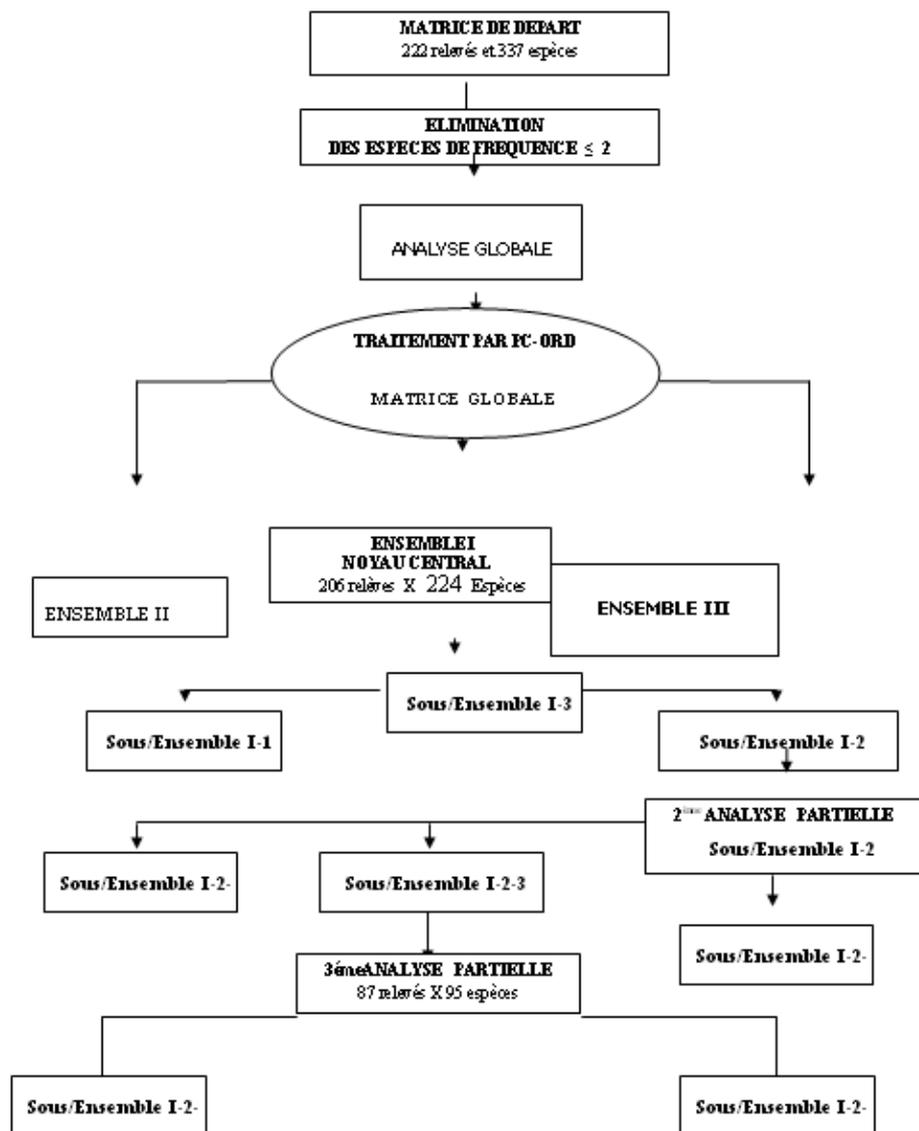
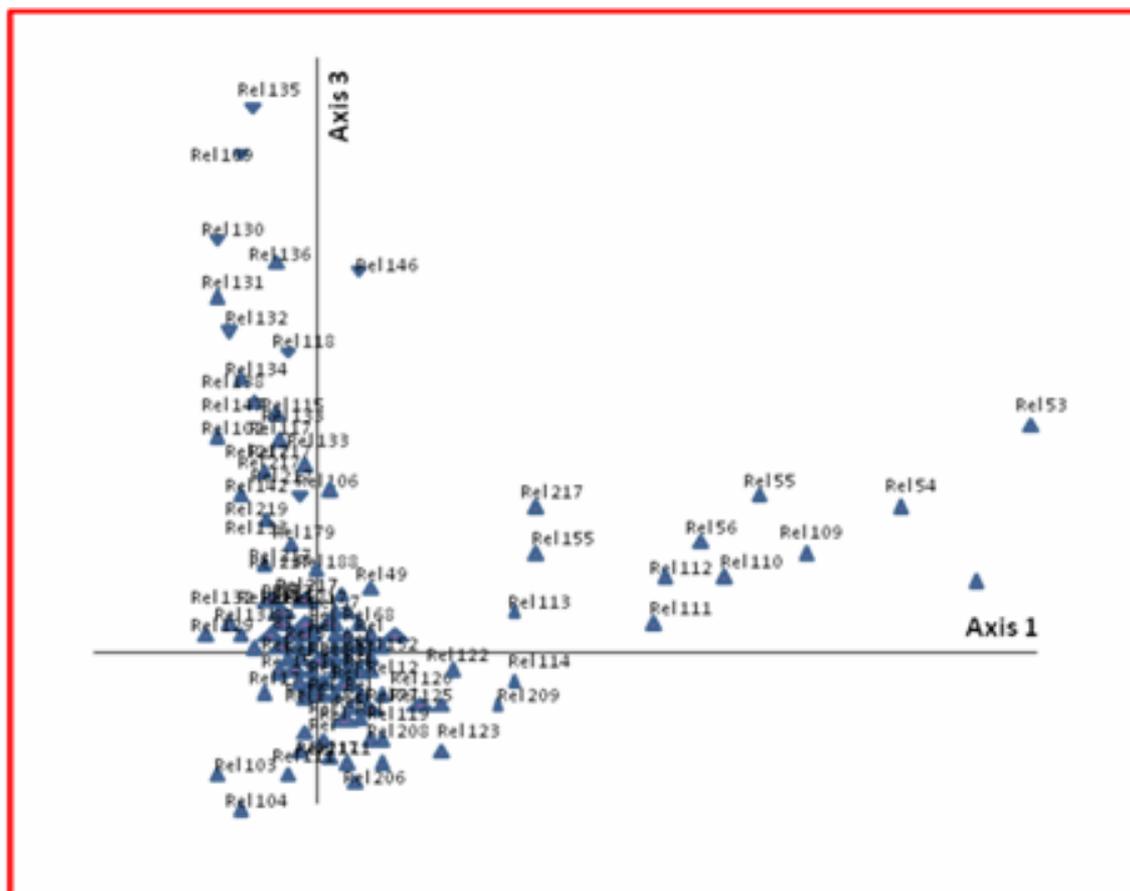


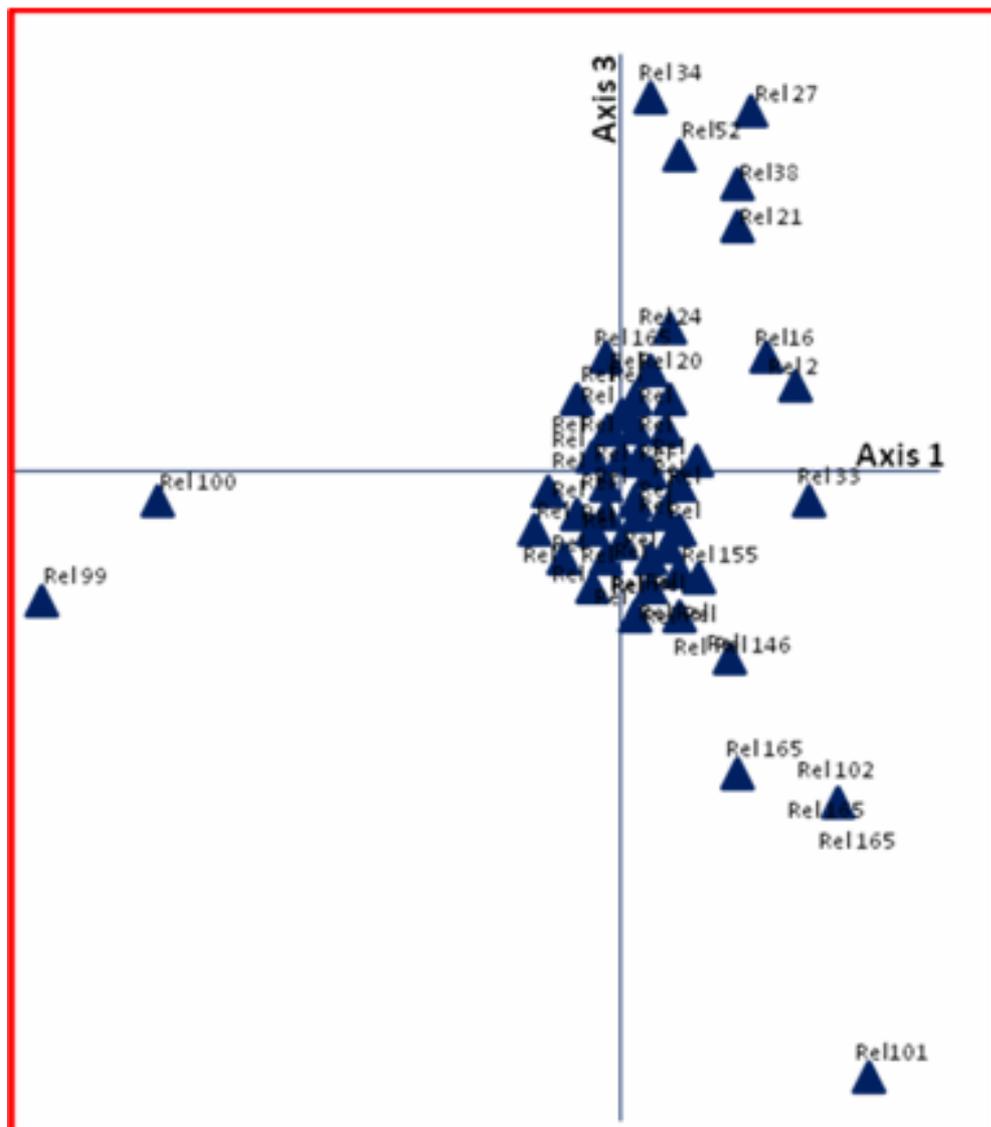
Schéma du chaînage des traitements

ANNEXE VII



Analyse globale Plan factoriel des relevés (Axes1-3)

ANNEXE VIII



Première analyse partielle Plan factoriel des relevés (Axes 1-3)

ANNEXE Les différents facies de la Zone Humide du Lac de Réghaïa



ANNEXE Photos aériennes 1980



ANNEXE Photos aériennes 2003



ANNEXE Image satellite Landsat ETM+2001

