

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المعهد الوطني لعلوم البحر و تهئية الساحل
Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du
Littoral



**Mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme
d'ingénieur en sciences de la mer et de l'aménagement du littoral
Option : Aménagement du littoral**

Thème

**L'apport de la télédétection à la gestion
intégrée des zones côtières en Algérie**

Présenté par :

M^{lle} BITAM SAMIA

Devant le jury :

Mr	L ARID	Mohamed	Président
Mr	BELKESSA	Rabah	Examineur
Mlle	FEZZAA	Nassima	Examinatrice
Mr	GUERFI	Mokhtar	Promoteur

Promotion 2005/2006

SOMMAIRE

Introduction générale	1
------------------------------	----------

Chapitre I : Concepts et fondements de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC)

I. 1- Introduction	3
I.2-La zone côtière	3
I.2.1- Définition	3
I.2.2 - Composantes de la zone côtière	4
I.2.3- problématique	4
I. 3- Gestion intégrée et développement durable	4
I.3.1-Définition de la gestion intégrée	4
I.3.2- Définition du développement durable	5
I.3.3-Le développement durable et la GIZC	6
I. 4- Définition, objectif général de déroulement du processus GIZC	6
I.4.1-Définition de la GIZC	6
I.4.2- Caractéristiques	7
I.4.3- Objectif de la GIZC	8
I.4.4- Le programme de la GIZC	8
I.4.4.1- Initiation	10
I.4.4.2- Planification	10
I.4.4.3- La mise en œuvre	10
I.4.4.4- Suivi et évaluation	11
I. 5- Qu'est-ce que la télédétection ?	12
I. 5.1-Définition	12

Chapitre II : Les principaux paramètres océanographiques mesurés

II.1- Introduction	13
II.2-Les paramètres mesurés en océanographie et leur rôle	13
II.2.1- La température de surface de la mer	13

II. 2.2- La température de surface de l'océan	14
II. 2.3- Le vent à la surface (la vitesse du vent à la surface)	16
II. 2.4- La hauteur des vagues	16
II. 2.5- La circulation océanique	16
II. 2.6- La concentration de la chlorophylle	17
II. 2.7- La concentration de la matière en suspension	17
II. 2.8- La topographie de surface (altimétrie)	18
II. 2.9 - La pollution marine	18
II.3- L'apport de la télédétection à la gestion des ressources en zone côtière	18
II.3.1- La surveillance de l'environnement	18
II. 3.2- La cartographie des ressources et inventaire	19
II.3.3- Evaluation des dégâts causés par catastrophes naturelles	19
II. 3.4- La gestion des aires protégées	20

Chapitre III : Description de la zone d'étude

III.1- Introduction	21
III.2- La GIZC en Algérie	21
III.3- Intérêt des zones humides et leur protection internationale	21
III. 3.1- Définition d'une zone humide	21
III.3.2- Historique des zones humides d'Algérie	22
III.4- Le choix du site Réghaïa	22
III. 5- Description et situation géographique de la zone d'étude	22
III.5.1- Situation géographique	22
III. 5.2 - Description du site	25

Chapitre IV : Apport de la télédétection à l'aménagement du littoral

IV. 1- Présentation et caractéristiques du microsatellite ALSAT-1	30
IV.1.1- Présentation du microsatellite ALSAT-1	30
IV.1.2- caractéristiques d'ALSAT-1	31
IV.2- Présentation et caractéristiques du satellite IKONOS	31

IV.2.1- Présentation du satellite IKONOS II	31
IV.2.2- caractéristiques du satellite IKONOS II	33
IV.3- Les moyens utilisés	34
IV.3.1- Les images "ALSAT-1 "et "IKONOS II "	34
IV.3.2- Les outils utilisés : le logiciel ENVI 4.0	34
IV. 3. 3- Les méthodes utilisées	34
IV. 3.4- Définition des méthodes utilisées	34
IV.4- Résultats et interpretation	35
IV.4.1-Affichage des images ALSAT-1 et IKONOS	35
IV.4.1.1- Affichage des images ALSAT-1	35
IV.4.1.2- Affichage des images IKONOS de la baie d'Alger	36
IV.4.1.3- Affichage d'une image ALSAT-1	36
IV.4.1.4- Affichage d'une image IKONOS	36
IV.4.2- Traitement des images ALSAT-1 et IKONOS II	37
IV.4.2.1- Traitement des images ALSAT-1	37
IV.4.2.2- Traitement des images IKONOS II	39
Conclusion générale	45
Références bibliographiques	47
Liste des documents utilisés	53
Liste des organismes consultés	53

REMERCIEMENTS

Monsieur Mokhtar GUERFI, Chargé de Cours à l'ISMAL, a eu l'amabilité de m'encadrer durant l'accomplissement de mon travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et de mes sincères remerciements.

Je remercie les membres du Jury qui ont accepté de juger ce travail.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de tous ceux qui m'ont aidée à finaliser mon travail.

Introduction générale

Bien que les zones côtières ne recouvrent qu'une petite partie de la surface de la terre, c'est dans cette zone que la plupart des gens (population mondiale) vit et travaille. Ceci a pour conséquence le fait que le système côtier et ses ressources naturelles sont sous pression continue et croissante. En effet ces zones connaissent à travers le monde un accroissement de la population, une expansion du tourisme et une exploitation intensive des ressources marines. A cela il faut ajouter les risques naturels provoqués, notamment, par les changements climatiques. Les conflits d'intérêt y sont de plus en plus fréquents et l'utilisation des ressources naturelles et de l'environnement est compromise. Ceci pourrait conduire à une perte d'espèces marines et terrestres, une perte de ressources historiques et archéologiques ainsi qu'à la pollution de l'air. Dès que les conflits entre l'utilisation des zones et des ressources côtières deviennent omniprésents, des compromis sont nécessaires entre leur développement et leur conservation. Dans ce cas, la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) permet d'éviter ou de minimiser la perte de ressources de valeur. En effet la GIZC est apparue devant la nécessité de prendre en compte les relations complexes existant entre les activités humaines et le milieu littoral et ceci afin d'atteindre le développement durable de ces espaces. Nous présentons donc dans le premier chapitre de notre mémoire les concepts et fondements de la gestion intégrée des zones côtières.

Le milieu marin est étroitement lié aux zones côtières et constitue l'objet d'étude de l'océanographie. Nous décrivons alors dans le deuxième chapitre les différents paramètres mesurés en océanographie et nous insisterons sur l'apport de la télédétection dans la mesure des divers paramètres. En effet la télédétection par satellite est aujourd'hui une composante à part entière de l'océanographie. Elle permet d'effectuer des mesures de vent, de température de surface, de couleur de l'eau et de topographie avec des couvertures spatiales et temporelles bien supérieures à celles obtenues par des méthodes in situ.

Les zones côtières algériennes sont d'une valeur inestimable mais elles subissent, de plus en plus, de graves dégradations suite au développement industriel et touristique ainsi qu'à l'explosion démographique qu'a engendré le phénomène de littoralisation. Ces zones nécessitent un entretien considérable et une gestion raisonnable afin de les sauver et conserver

leurs ressources. Notre étude est portée sur l'une des zones humides algériennes d'importance internationale qui est le lac de Réghaïa que nous décrivons dans le troisième chapitre.

Dans le quatrième chapitre, quant à lui, nous étudions l'apport de la télédétection à l'aménagement du littoral. Nous y présentons les caractéristiques du microsatellite ALSAT-1 et du satellite IKONOS. Des images brutes issues de ces deux satellites sont traitées avec le logiciel ENVI (Environment for Visualizing Images) dans sa version 4.0.

Nous terminons notre travail avec une conclusion générale où sont rassemblés les différents résultats auxquels nous avons abouti.

I - concepts et fondements de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC)

I.1-Introduction

Le concept de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) est un concept relativement récent dont l'interface terre-mer représente le champ d'observations, d'investigations et d'interventions. C'est un domaine multidisciplinaire par excellence. Il est de plus en plus reconnu aujourd'hui comme un outil incontournable pour la conduite d'un développement durable du milieu marin et littoral [1].

Le concept de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) est apparu devant la nécessité de prendre en compte les relations complexes existant entre les activités humaines et le milieu littoral, ceci afin d'atteindre le but de développement durable de ces espaces [2]. Le concept de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) est ainsi progressivement apparu au niveau international. Il consiste en un processus continu et dynamique visant à rapprocher les intérêts des différents acteurs (groupes économiques et scientifiques, impératifs sociaux et réglementation), en élaborant et en mettant en œuvre des plans de gestion intégrée qui assureront la protection ou la restauration de l'environnement côtier, ainsi que le développement durable des ressources vivantes [3].

I. 2- la zone côtière

I.2.1-Définition :

"C'est un espace de ressources vivantes et non vivantes pour les activités humaines. C'est aussi un environnement exceptionnellement productif, riche en ressources naturelles et en diversité biologique avec un fort potentiel pour les activités commerciales" [4].

La zone côtière possède des propriétés physiques et écologiques ainsi que des caractéristiques socio-économiques particulières qui font d'elle un espace singulier. Cependant, elle correspond également à un espace vulnérable aux pressions des activités humaines et aux forces de la nature [5].

La zone côtière peut être définie comme : *"l'interface ou zone de transition entre la terre et la mer. Ses limites dépendent de la forme, des fonctions, des dynamiques et des objectifs fixés pour la gérer" [6].*

En général, la délimitation d'une zone côtière se base sur trois critères principaux :

- Les limites administratives ;

- Les limites des écosystèmes ;
- Les limites dans lesquelles le ou les problèmes se posent.

I.2.2 - Composantes de la zone côtière

Les composantes d'une zone côtière peuvent inclure les deltas, les plaines côtières, les marais, les plages et dunes, les récifs, les forêts de mangrove, les lagons, les fjords et autres caractéristiques côtières [7].

I.2.3- Problématique

La zone côtière est souvent confrontée à des problèmes qui sont liés aux activités humaines y compris les activités touristiques qui provoquent des perturbations au niveau de l'environnement (pollution, surexploitation des ressources vivantes marines, détérioration de l'habitat, changements climatiques, introduction d'espèces non indigènes,...) en portant atteinte à sa qualité et à l'intégrité de ses ressources. Ces problèmes se résument à [6] :

- La pollution qui concerne toutes les composantes de l'environnement côtier (air, sol, eau);
- L'érosion, surtout par les interventions humaines liées aux activités touristiques;
- L'augmentation des pressions sur les écosystèmes et perte d'habitats;
- La perte de ressources marines, terrestres et de valeur paysagère;
- La perte d'accessibilité au littoral;
- La surexploitation et la salinisation des eaux souterraines;
- La réduction des ressources côtières rares comme l'eau.

En bref, c'est dans la zone côtière que le principe de la gestion intégrée est le plus proclamé sur le plan international.

I.3- Gestion intégrée et développement durable

I.3.1-Définition de la gestion intégrée

La gestion intégrée est une notion qui est née dans le contexte du développement durable [8]. Elle évoque une conjugaison entre la protection de l'environnement, sa mise en valeur et son développement et cela en tenant compte des contextes économique, social et culturel, dans une perspective à long terme [5].

La gestion intégrée est l'un des principes sous-jacents de la partie II de la Loi intitulée "stratégie de gestion des océans" [9]. C'est un processus continu et concerté de planification qui réunit les parties intéressées, les intervenants et les responsables de la réglementation. Il a pour objectif d'aboutir à une entente sur l'équilibre optimal entre la conservation, l'exploitation durable et le développement économique des zones côtières et marines [10].

I.3.2- Définition du développement durable

Le développement durable est un concept qui a été développé lors de la "Conférence de Rio" en 1992 (époque où est officiellement apparu le terme développement soutenable ou développement durable) [8]. Selon le "rapport Brundtland" en 1987, ce concept est nouveau et il répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins [11].

Le développement durable est une approche globale qui touche l'ensemble des activités humaines. C'est véritablement une vision des choses qui peut modifier de façon substantielle les pratiques individuelles et collectives ainsi que les pratiques institutionnelles et administratives pour prendre la forme d'une sorte de révolution silencieuse [12].

Le concept de développement durable repose sur quatre principes [12] :

- Ne pas compromettre les besoins des générations futures ;
- Prendre en compte l'ensemble des efforts environnementaux des activités urbaines ;
- Assurer l'équité entre les habitants de la ville et ceux de la campagne ainsi qu'entre les générations actuelles et futures ;
- Favoriser la participation de tous les citoyens aux décisions concernant le développement de leurs espaces et territoires.

Selon **Christian BRODHAG** [12], la définition communément admise pour le développement durable s'énonce ainsi :

"un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs "

I.3.3- Le développement durable et la GIZC

C'est la gestion des ressources pour le développement durable de l'environnement dans les zones côtières. Il convient donc de souligner que la gestion des ressources et la conservation de la durabilité de l'environnement se font au sein d'un concept novateur. Ce concept est celui de la gestion intégrée des zones côtières, inséparable d'un autre concept qui, bien que mal défini parfois, demeure tout de même l'une des clés de l'avenir d'une zone côtière ; il s'agit du développement durable (ou soutenable).

Ce n'est qu'assez tardivement que le concept de la gestion intégrée apparût dans la littérature. C'est d'abord un concept politique car la gestion relève véritablement de l'art de gouverner pour peu que l'on admette que gouverner c'est prévoir et anticiper les problèmes pouvant survenir dans le futur. C'est donc en lisant les grands textes politiques contemporains que l'on cherchera l'apparition du terme. On a d'abord pensé à la gestion de la zone côtière avant que la nécessité de l'intégration ne se fasse sentir. C'est donc de façon pragmatique et quasi empirique que la définition s'est progressivement mise en place indiquant que le développement durable implique une gestion intégrée de la zone côtière. Ce concept doit être économe de la ressource considérée comme un capital que l'on doit faire fructifier mais que l'on ne doit pas mettre en péril dès lors que la zone côtière est étroite et fragile. C'est ainsi que le développement durable cherche à concilier développement économique et protection de l'environnement [13].

I. 4- Définition, objectif général de déroulement du processus GIZC

I.4.1-Définition de la GIZC

Les zones côtières ont une importance physique et humaine considérables en tant qu'interface terre-mer à usage multiple et des milieux complexes très reproductifs.

Selon KNECHT *"la GIZC est un processus dynamique qui rassemble gouvernement et société, science et décideurs ainsi que les intérêts publics et privés en vue de la protection et du développement des systèmes et des ressources côtières. Ce processus vise à retirer le maximum d'avantages pour fixer des choix à long terme privilégiant les ressources et leurs usages raisonnés et raisonnables "* [14].

La GIZC est donc un « processus permanent, proactif et adaptatif de gestion des ressources pour le développement durable de l'environnement dans les zones côtières ». Ainsi, la GIZC est définie comme un processus de gestion [6]:

- Adapté aux conditions et besoins des zones côtières ;
- Intégré, basé sur une approche rationnelle et des résultats scientifiques ;
- Pluridisciplinaire; Créant les conditions favorables au développement durable.

La gestion intégrée des zones côtières (GIZC) est définie par la "Commission Environnement Littoral" (2002) de la façon suivante: "*Processus dynamique, continu et itératif destiné à promouvoir le développement durable des zones côtières*" [15].

De ce fait, la gestion intégrée de la zone côtière (GIZC) représente un défi constant exigeant à la fois une régulation des conflits d'usage, la préservation de l'environnement durable et l'assurance d'un développement durable de ce territoire généralement très convoité qu'est la zone côtière [16].

I.4.2- Caractéristiques

La gestion intégrée de la zone côtière permet de réduire et d'éviter les dégâts environnementaux. Elle a des avantages que l'on peut classer en deux catégories : éthiques et économiques.

- **Avantages éthiques :**

La GIZC aide à préserver la nature et ses ressources pour les générations futures (développement durable). Elle permet aussi de protéger l'usage et les droits traditionnels et l'accès équitable aux ressources côtières. En bref, la GIZC aide à appliquer les principes de la déclaration de RIO.

- **Avantages économiques :**

* La planification dynamique permet de rentabiliser au mieux les mesures prises en tant que réponses, par une démarche GIZC.

* La planification sectorielle a un plus grand coût global comparativement à la planification intégrée si on additionne les coûts engendrés par les différents secteurs séparément [4].

I.4.3-Objectif de la GIZC

L'objectif général de la gestion intégrée de la zone côtière est de prévoir la meilleure utilisation à long terme et durable des ressources côtières, ainsi que la conservation perpétuelle de l'environnement côtier le plus avantageux. Il convient de souligner que la gestion des ressources et la conservation de l'environnement au sein de la GIZC ne sont pas incompatibles avec la croissance économique. La rationalisation de l'usage des ressources constitue le moteur principal de la GIZC [6].

La gestion intégrée de la zone côtière a pour objectif de réunir autour d'un même projet de développement durable des acteurs aux intérêts souvent divergents. Elle considère ainsi le littoral comme une interface entre la terre et la mer [8].

I.4.4- Le programme de la GIZC

La GIZC est un processus cyclique qui se divise généralement en quatre phases :

- **l'initiation** (reconnaissance du problème),

- **la planification** (collecte des données, développement de politique et prise de décision),

- **la mise en œuvre** (plan d'exécution, conduite, maintien et contrôle),

- **le suivi et l'évaluation** (bilan et perspectives).

Ces quatre phases forment un cheminement cyclique et itératif, plutôt qu'une évolution de type linéaire. Elles doivent être considérées comme une approche itérative et circulaire. **Itérative** pour que durant n'importe quelle étape, il devient clair que l'étape précédente n'a pas été faite correctement. **Circulaire** parce que le processus de la GIZC améliore la connaissance du système côtier et les nouvelles opportunités où les nouveaux dangers apparaîtront au grand jour.

Nous distinguons dans le figure I.1, le schéma des différentes étapes: initiation, planification, mise en oeuvre, contrôle et évaluation. Chacune consistant en un nombre de tâches.

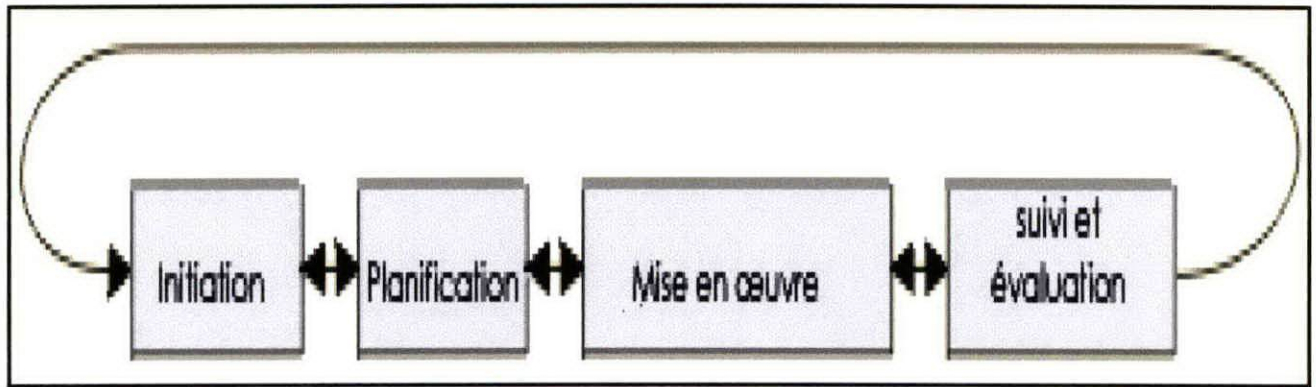


Figure I.1 : Schéma des différentes étapes de la GIZC

I.4.4.1-Initiation

L'initiation de la GIZC est une étape qui nécessite une décision politique. Cependant, les décideurs ont besoin d'être informés de l'urgence qu'il y a et des avantages à tirer d'une approche intégrée. Le niveau du décideur dans l'approche dépend de l'étendue géographique du problème (local, régional ou national) sur lequel le processus va se concentrer. L'information des décideurs pourrait être fournie par un document de propositions et un tel document doit contenir une vue d'ensemble :

- Des problèmes à résoudre (urgence) ;
- Des limites de l'approche sectorielle ;
- De la signification du processus de la GIZC ;
- Des améliorations qui seront obtenues par la GIZC et qui font référence au premier point
- Des étapes nécessaires pour rendre la GIZC opérationnelle, y compris un plan de travail, un calendrier et les coûts ;
- L'identification, enfin, d'une structure de coordination (qui va diriger le processus).

L'initiation de la GIZC implique autant les usagers que le public. La GIZC sera conçue pour obtenir un usage durable et démocratique des ressources côtières pour eux et il est préférable de les impliquer le plus tôt possible [4].

I.4.4.2- planification

La planification de la GIZC est une étape qui permet d'identifier et de présenter une proposition aux décideurs pour établir une gestion continue et intégrée de la zone marine et côtière. Cette étape contient trois sous étapes :

- **La collecte des données** : un profil côtier doit être préparé. C'est une vue d'ensemble des caractéristiques (naturelles, sociales, technologiques, institutionnelles et de gestion) en rapport avec le problème posé dans une région donnée.
- **Le développement de la politique** : En se basant sur le profil de la zone côtière, une politique doit être développée, elle constitue le noyau central du processus de la GIZC tel que la description du programme.
- **La prise de décision** : finalement, le programme de GIZC doit être accepté par les décideurs et formellement adopté.

I.4.4.3- la mise en œuvre : dans cette étape, le programme qui a été approuvé doit être appliqué, ce qui veut dire que les plans et les actions retenus doivent être exécutés pour que le programme devienne opérationnel. Cette étape contient trois étapes :

- **Plan d'exécution** : l'exécution du plan veut dire dans ce cas, que les arrangements nécessaires pour faciliter la réalisation du programme et qui ont été planifiés dans le processus de GIZC doivent être appliqués. Ces arrangements sont de différents types :
 - Les arrangements institutionnels : installation des structures administratives qui assurent l'intégration horizontale et verticale de la gestion.
 - Les arrangements légaux : lois, conventions, décrets et normes pour rendre la gestion effective et réalisable.
 - Les arrangements financiers : pour l'allocation des fonds et moyens financiers pour les besoins en dépenses durant le processus.

- **Le fonctionnement** : le fonctionnement d'un programme GIZC doit commencer à donner les résultats désirés si la préparation a été minutieuse et bonne. Cependant, la gestion d'un processus complexe et itératif tel que la GIZC n'est pas une tâche facile. Les informations obtenues à partir des actions de suivi, de surveillance et d'évaluation peuvent conduire à des changements dans le programme en cours et de nouveaux intérêts peuvent faire surgir des problèmes inattendus.

- **Conflits de gestion** : la gestion des conflits d'intérêts est le principal problème durant le fonctionnement des programmes GIZC. Les conflits qui surgissent peuvent être de nature « verticale » entre les usagers à différents niveaux, ou « horizontale » entre des usagers au même niveau et à différents secteurs.

Pour régler des conflits importants, les programmes GIZC devraient établir un système d'arbitrage. Un tel système doit fournir une méthodologie claire pour traiter les conflits et arriver à des solutions [4].

I.4.4.4- suivi et évaluation : cette étape contient les deux étapes suivantes :

- **Surveiller** : le programme de surveillance commence dès que le programme de la GIZC est opérationnel. Les procédures de surveillance collectent constamment l'information qui sera évaluée et reportée dans les autres étapes et devraient conduire à des changements de politique. Le type de contrôle dépend des objectifs du programme GIZC qui doivent être clairs [4].

- **Évaluation** : dans cette étape les données collectées sont ensuite utilisées pour analyser et comprendre jusqu'à quel point l'action résultant du programme GIZC peut-elle aborder ou résoudre les problèmes identifiés. Si l'évaluation conduit à l'adoption du déroulement du programme GIZC, il faut s'assurer que ces politiques nouvelles ou adaptées aient été évaluées à l'avance. On peut distinguer deux types d'évaluation :

- soit le fonctionnement est continuellement surveillé par l'agence GIZC pour aider à améliorer la gestion et les politiques ;

- soit de temps à autre, tous les deux ans, une grande évaluation est faite pour montrer le fonctionnement du programme au public. Ceci aide à maintenir et gagner du soutien au programme [4].

I. 5- Qu'est-ce-que la télédétection ?

I. 5.1 – Définition

La télédétection est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes.

La télédétection a été définie par COMITAS (1988) [15] comme étant *"l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci"*.

Ainsi, la télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information pour ensuite mettre en application cette dernière [18].

Les expérimentations menées depuis les années 70 ont montré que la télédétection par satellite ouvrait un nouveau champ de connaissance. Elle offre en effet des moyens de repérage des modes d'occupation du sol. Elle permet de les quantifier et donne des indications sur la qualité des eaux marines ou continentales. Cependant, les techniques de télédétection peuvent être bénéfiques pour détecter et cartographier des étendues d'eau, en connaître globalement l'état et repérer des changements éventuels même si ceux-ci ne sont pas toujours immédiatement interprétables[19].

II - les principaux paramètres océanographiques mesurés

II.1-Introduction

Au cours des vingt dernières années, la télédétection par satellite a démontré son efficacité pour la mesure des paramètres des océans. A partir de 1990, l'apparition successive de nouveaux instruments satellitaires a permis d'améliorer les techniques d'extraction des paramètres océanographiques issus des mesures satellitaires et les techniques de restitution de ces paramètres sont aujourd'hui bien établies [20].

La télédétection par satellite est aujourd'hui une composante à part entière de l'océanographie. Elle permet d'effectuer des mesures de vents, de température de surface (SST), de couleur de l'eau et de topographie avec des couvertures spatiales et temporelles bien supérieures à celles obtenues par des méthodes in situ [21].

La télédétection est une activité qui restera l'une des priorités de l'activité d'un laboratoire en océanographie côtière. Elle trouve sa justification dans le fait que la donnée spatiale est l'une des seules données pertinentes pour apporter l'information synoptique nécessaire à l'étude des zones côtières, de la petite échelle spatiale (fronts, vagues, structure fine du vent, structures sédimentaires) à la grande échelle (structures méso-échelles dynamiques et bio-géochimiques). La pratique des différents capteurs spatiaux et les compétences acquises dans les nombreux aspects de la physique de la mesure continueront à être entretenues et développées [22].

II.2-Les paramètres mesurés en océanographie et leur rôle

II.2.1- la température de surface de la mer

La température de surface de la mer est sans doute un des paramètres les plus fondamentaux de l'environnement marin, systématiquement utilisé en océanographie physique et biologique [23]. Elle peut être mesurée par des bouées en mer ou estimée par des satellites à partir du rayonnement infrarouge émis par la surface de la mer. Elle peut être aussi calculée par des modèles de prévision océanique comme Mercator [24].

Depuis 1973, le satellite NOAA s'occupe de déterminer la température de surface de la mer-SST (Sea Surface Temperature) à partir des données satellitaires. La détermination de la SST à partir des données du radiomètre infra-rouge est un processus bien connu [25].

Une nouvelle climatologie décadaire de la température de la mer à échelle fine a été réalisée pour améliorer la détection des nuages sur la mer dans l'imagerie satellitaire. Elle a été construite à partir des données AVHRR « Advanced Very High Resolution Radiometer » de

nuit provenant des satellites NOAA sur la période 1985-1995. Cette climatologie comporte des champs de température moyenne, de température minimale et de température maximale à environ 9 kilomètres de résolution [26].

II. 2.2- la température de surface de l'océan

La température de surface nous permet d'étudier les mouvements de l'océan. Des mesures de température en profondeur avec des bouées encreées ou dérivantes et des mesures altimétriques permettent une étude plus complète des mouvements de l'océan.

Pour étudier la température océanographique, deux systèmes sont employés : des mesures in situ et des mesures effectuées par satellite.

➤ Les mesures in situ

Ces mesures sont effectuées soit par des bateaux de commerce qui relèvent des données au cours de leurs voyages et transmettant leurs résultats à divers laboratoires, soit par des bateaux océanographiques lors de campagne de mesures.

Pour acquérir de manière continue les mesures des paramètres de surface ou de profondeur, on a recours à des réseaux de bouées automatiques qui retransmettent les données acquises. Il existe différents types de bouées (figures II.1 et II.2) :

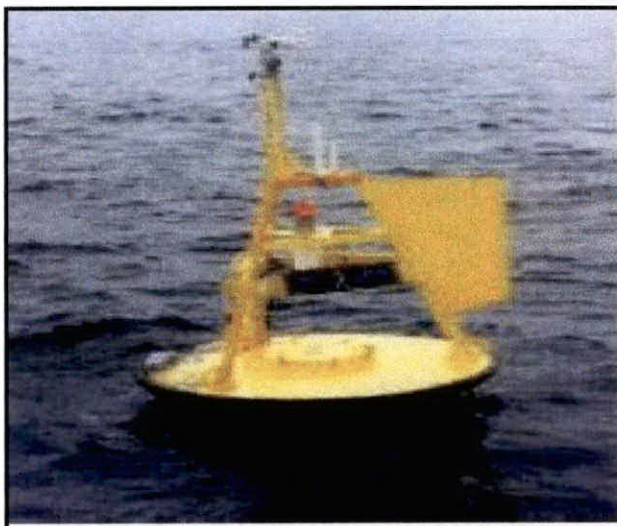


Figure II.1 : Les bouées ancrées sont fixées au fond de la mer et sont équipées de divers capteurs pour collecter des données océanographiques et des données atmosphériques.



Figure II.2 : Les bouées dérivantes sont équipées d'une ancre flottante, ce qui donne un filin supportant différents capteurs entre la bouée et l'ancre (capteurs de température de la mer et capteurs de salinité, capteurs de pression pour connaître la profondeur où sont effectuées les mesures ..., en surface et à différentes profondeurs ...).

➤ Les mesures par satellite

Des mesures de la température de surface des océans sont effectuées à partir des satellites géostationnaires (dont l'orbite est située dans le plan de l'équateur, à une altitude de 36000 km, figure II.3) tels que les différents METEOSAT (ESA). Des satellites défilants (dont l'orbite quasi polaire peut être comprise entre 800 et 1000 km, figure 3) tels que les satellites NOAA (USA) et ENVISAT (ESA) sont également chargés des mesures de cette température [27].



NOAA



METEOSAT



ENVISAT

Figure II.3 : Satellite géostationnaire et satellites défilants.

Depuis le début des années soixante, les satellites d'observation (défilants et géostationnaires) permettent une vue synoptique par des observations répétées, à une échelle de l'ordre du kilomètre, très supérieure à celle résultant des moyens de prospection couramment utilisés en mer.

Grâce aux satellites géostationnaires, l'information satellitaire peut être utilisée comme donnée de base pour la cartographie de la température de surface de l'océan [23].

II. 2.3- le vent à la surface (la vitesse du vent à la surface)

Les vents représentent l'un des éléments qui font bouger directement les bouées, mais aussi qui jouent sur les courants de surface. Ils peuvent être mesurés par des instruments appelés des "diffusiomètres" embarqués sur des satellites [24]. On peut calculer la vitesse du vent à partir des mesures altimétriques qui permettent aujourd'hui de connaître ces données en temps quasi-réel (48h), et d'améliorer les modèles de prévision météorologique [28].

II. 2.4- la hauteur des vagues

La hauteur des vagues est l'une des caractéristiques les plus importantes de la houle, dont elle mesure l'amplitude [29].

La hauteur des vagues dépend de trois facteurs [30] :

- la vitesse du vent ;
- la durée pendant laquelle il souffle ;
- la distance sur laquelle il souffle (fetch).

Pour cartographier la hauteur des vagues, on utilise l'altimètre Satellitaire qui est devenu aujourd'hui une technique spatiale au centre de l'activité de l'océanographie [31,32].

II. 2.5- la circulation océanique

La circulation océanique constitue le plus grand modérateur des températures de la planète [33]. Elle est appelée encore topographie dynamique et elle comprend une partie permanente stationnaire (circulation permanente liée à la rotation de la terre, aux vents permanents, etc.). Elle représente des amplitudes de l'ordre du mètre en moyenne [31].

Connaître la circulation océanique permet d'aborder, d'une part, les questions d'environnement globales liées aux relations entre l'océan et le climat et d'autre part, le domaine de l'environnement littoral, où l'hydrodynamique côtière joue un rôle essentiel [34].

Depuis 1978, l'altimétrie par satellite (satellite Seasat) fait progresser l'étude de la circulation océanique, car il permet une étude complète de celle-ci sur tous les océans, en permanence. Les courants sont repérables par altimétrie, la hauteur de mer étant plus élevée dans le courant (la différence avec la hauteur de mer hors du courant peut atteindre un mètre). Des cartes des courants et de leurs variations ont ainsi pu être tracées pour toutes les mers [35].

II. 2.6- la concentration de la chlorophylle

La concentration de la chlorophylle (indicateur du phytoplancton) est le principal facteur qui détermine la capacité de l'océan à transmettre la lumière visible. Cette propriété est un élément important des modèles physiques servant à calculer la profondeur et la température de la couche mélangée; elle est donc essentielle en prévision météorologique numérique. Les concentrations de chlorophylle sont obtenues à partir de la couleur de l'océan. La communauté des végétaux à la base de la chaîne alimentaire est presque entièrement constituée d'organismes microscopiques collectivement appelés phytoplancton, lequel contient de la chlorophylle qui modifie la couleur de l'océan [36].

Les données de la concentration de chlorophylle mises en relation avec des données de la température de surface des océans constituent un bon moyen pour déterminer les zones pouvant être atteintes par la pollution [37].

Le capteur CZCS (coastal zone color scanner) a été conçu pour mesurer la concentration de la chlorophylle. Comme un satellite peut voir la surface entière de l'océan, il détectera également un signal de couleur d'eau provenant de toute région qui contient d'autres matières. Quand la seule matière ou la matière dominante est composée de pigments de type chlorophylle, le CZCS fournira alors une estimation de la concentration de ces pigments. Cela se produit habituellement en pleine mer, dans les régions côtières ou littorales [38].

II. 2.7- la concentration de la matière en suspension

Par la signification environnementale, les matières en suspension sont constituées par les solides en suspension dans l'eau. Ils proviennent de sources naturelles, d'effluents municipaux ou industriels, du ruissellement des terres agricoles et des retombées de matières atmosphériques en suspension [39].

II. 2.8- la topographie de surface (altimétrie)

La topographie de la surface de la mer, qui est directement reliée à la forme du géoïde et à la signature des effets océaniques, est accessible par la technique de l'altimétrie satellitaire. La mesure altimétrique est la mesure de distance par radar entre le satellite et la surface de la mer. L'orbite du satellite servant de référence, l'altimétrie permet de déterminer la surface topographique moyenne des océans, dont les hauteurs sont rapportées à un ellipsoïde de référence [40].

II. 2.9 -la pollution marine

Le terme de pollution marine est définie comme étant *“l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) qui ont des effets délétères causant des dommages aux ressources, constituant des risques pour la santé humaine, des obstacles aux activités marines, une dégradation de la qualité d'utilisation des eaux de mer et une diminution de ses agréments.”*

Les substances ou l'énergie introduites directement ou indirectement par les êtres humains créent ou sont susceptibles de créer :

- des risques pour la santé des humains ;
- des dommages aux ressources biologiques ou aux écosystèmes marins ;
- des atteintes aux valeurs d'agrément ;
- des entraves aux autres utilisations légitimes de la mer.

II.3- L'apport de la télédétection à la gestion des ressources en zone côtière

Dans cette section nous décrivons les rapports potentiels entre la télédétection et quelques exemples représentatifs des problèmes que rencontrent les gestionnaires des régions côtières : la surveillance de l'environnement, cartographie et inventaire des ressources, évaluation des dégâts causés par les catastrophes naturelles et gestion des aires protégées.

II.3.1- la surveillance de l'environnement

La télédétection peut contribuer au suivi de l'environnement en permettant aux gestionnaires des régions côtières d'obtenir des données répétitives d'appui, synoptiques pour certains paramètres à travers de larges domaines spatiaux et temporels.

Certains capteurs peuvent fournir des données sur la température, la clarté, la circulation et la profondeur de l'eau. Les capteurs multi-spectraux embarqués à bord de satellites comme LANDSAT- TM, SPOT-HRV ou SeaWifs fournissent déjà des informations quantitatives sur la couleur de l'eau qui peut être utilisée pour des investigations sur les panaches et le transport de sédiments, les blooms d'algues et les sources de pollution.

II. 3.2- la cartographie des ressources et inventaire

L'utilisation de la télédétection dans l'inventaire des ressources marines vivantes a eu des succès à des degrés divers. Les grandes espèces pélagiques de poissons peuvent facilement être observées par satellite, mais beaucoup de bancs de poissons proches des côtes, sont relativement petits par rapport à la résolution spatiale actuelle de certains systèmes de détection (30-1000m). Cependant, le satellite permet d'identifier un certain nombre de variables associées aux habitats qui sont des indicateurs potentiels de la distribution et de l'abondance tels que la température de surface, la clarté de l'eau, la circulation des fronts et des tourbillons ainsi que la présence d'habitat côtier végétalisé tels que les marécages (zones humides).

Les habitats de sub-surface tels les coraux, les poissons à coquillages et les herbes de mer sont plus difficiles à quantifier par satellite que ceux au-dessus de la ligne d'eau parce que les capteurs spatiaux ne peuvent capter que l'énergie électromagnétique au dessus de la colonne d'eau. Ainsi, la télédétection se retrouve limitée et ne peut quantifier les objets du fond à cause des eaux turbides. Cependant la cartographie des marécages (les zones humides) par télédétection présente des avantages sur les levés conventionnels de terrain ou l'utilisation des photographies aériennes.

II.3.3- évaluation des dégâts causés par les catastrophes naturelles

L'inventaire des ressources fait par télédétection satellitaire peut être essentiel dans l'établissement de l'état de la région avant et après une catastrophe naturelle. En effet, les images satellitaires permettent de quantifier l'étendue des dégâts causés par des déversements d'hydrocarbures, par l'échouage de navires ou par les inondations et les ouragans. Ces études de base sont utiles aussi pour identifier des zones qui pourraient être particulièrement

susceptibles aux dégâts tels que les habitats proches des routes de navigation ou les zones densément peuplées qui sont sujettes aux inondations subites.

La télédétection pourrait être très utile aux gestionnaires dans le suivi du mouvement des matières dangereuses transportées par l'eau ou par l'air. Les grandes nappes de pétrole sont cartographiées d'une façon routinière par des satellites comme TIROS/ LANDSAT AVHRR,, SPOT, ERS-1/SAR, RADARSAT ; mais le type de pétrole, l'âge, l'épaisseur des nappes, l'état de la mer et l'angle d'observation du satellite peuvent limiter les capacités de la télédétection à quantifier ou à localiser des déversements d'hydrocarbures. Pour une réponse significative de déversements de matières dangereuses, les gestionnaires doivent avoir accès, à temps, à des données sur la taille, la position et la trajectoire de ces matières.

II. 3.4- la gestion des aires protégées

Des nombreuses applications de la télédétection à la gestion des aires protégées ont été décrites dans les paragraphes précédents à savoir : la surveillance de l'environnement, la cartographie et l'inventaire des ressources ainsi que l'évaluation des dégâts causés par les catastrophes naturelles.

La télédétection est également utilisée pour la surveillance de l'utilisation, par le public, des vastes zones marines où l'accès est difficile ou impossible à restreindre. Elle permet également l'évaluation de l'état des ressources des aires protégées en respectant les zones qui leur sont contiguës et qui ne sont pas protégées.

Les gestionnaires de ces zones sont souvent amenés à maintenir un équilibre entre l'accès et l'utilisation de ces zones par le public et la conservation ainsi que la protection des ressources. Le but est de s'assurer que ces zones et les ressources naturelles qui leur sont associées sont protégées et si possible les améliorer pour l'utilisation dans le futur.

III.1- Introduction

Les zones côtières algériennes sont d'une valeur inestimable, malheureusement elles subissent, de plus en plus, de graves dégradations suite au développement industriel, touristique et à l'explosion démographique qui a engendré le phénomène de littoralisation. Ces zones nécessitent en effet un entretien considérable et une gestion raisonnée et raisonnable afin de les sauver et de conserver leurs ressources [42].

Notre étude sera justement portée sur l'une des zones humides algériennes d'importance internationale qui est le lac de Réghaïa. Cette zone a été inscrite sur la liste Ramsar en 2003 [43] dont on tentera de faire un exercice de gestion d'une zone côtière (GIZC) [44].

III.2- La GIZC en Algérie [42]

La gestion intégrée des zones côtières "GIZC" en Algérie est prise en charge par le "Plan d'Aménagement Côtier", PAC par abréviation. Elle n'est appliquée jusqu'à présent que sur la zone côtière algéroise et cela pour deux raisons :

- **La première** : c'est qu'elle représente la capitale qui est la force motrice de notre pays.
- **La deuxième** : c'est la tendance vers la dénaturation totale de son littoral suite à l'évolution de l'anthropisation.

Les études du PAC ont pour but d'élaborer un plan de gestion pour le littoral d'Alger, en s'appuyant sur les principes fondamentaux de la gestion intégrée, en vue d'établir les conditions d'équilibre durable entre l'utilisation rationnelle des ressources de la zone côtière et les besoins économiques et sociaux.

III.3. Intérêt des zones humides et leur protection internationale

III.3.1- Définition d'une zone humide [45]

Au sens de la convention de Ramsar : "Les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur ne dépasse pas 6 mètres" [Ramsar, 1971].

III.3.2- Historique des zones humides d'Algérie

D'après " LEDANT et AL 1979 ", Il y a un siècle de cela, une grande partie de la plaine de la Mitidja et de larges aires de l'arrière pays d'EL-KALA étaient constituées de marécages.

Les colons français en quête de nouvelles terres agricoles ont procédé au drainage des eaux pour éliminer les eaux stagnantes. Actuellement le lac de Halloula près d'Alger a totalement disparu. Le lac de Réghaïa est un vestige de la Mitidja précoloniale [43].

L'Algérie possède 254 zones humides naturelles importantes présentées dans l'atlas des zones humides algériennes édité par la direction générale des forêts en 1999 [45].

III.4- Le choix du site de Réghaïa

Le marais côtier de Réghaïa est considéré comme un site d'importance internationale car il constitue le dernier vestige de l'ancienne Mitidja [46].

L'eau de la réserve de Réghaïa est marquée par un certain degré de pollution [47].

Le marais côtier de Réghaïa demeure actuellement la seule zone humide de la région biogéographique de l'Algérois qui fait face directement à la mer méditerranée. C'est aussi la seule zone humide ayant échappé aux opérations d'assèchement qui ont fait disparaître les lacs de la Mitidja notamment, le lac Halloula et les petits marais de la ressauta près de Bordj El Kiffan, d'où son importance historique et écologique [48].

III.5- Description et situation géographique de la zone d'étude

III.5.1- Situation géographique

La réserve naturelle du lac de Réghaïa (figures III.1, III.2, III.3 et III.4) se trouve à environ 30 km de la ville d'Alger, sur le littoral Est. Elle se trouve à cheval sur deux communes : Réghaïa, dont le chef lieu se situe à moins d'un km au sud de cette zone et la commune de Heuraoua dont le chef lieu et ses agglomérations font limite à la zone humide de Réghaïa. Elle se trouve également à 30 km à l'Est du centre d'Alger et à 14 km de la ville de Boumerdes.

Les coordonnées géographiques du lac de Réghaïa se situent entre 3°19' et 3°21' de longitude Est et entre 36°45' et 36°48' de latitude Nord [49].

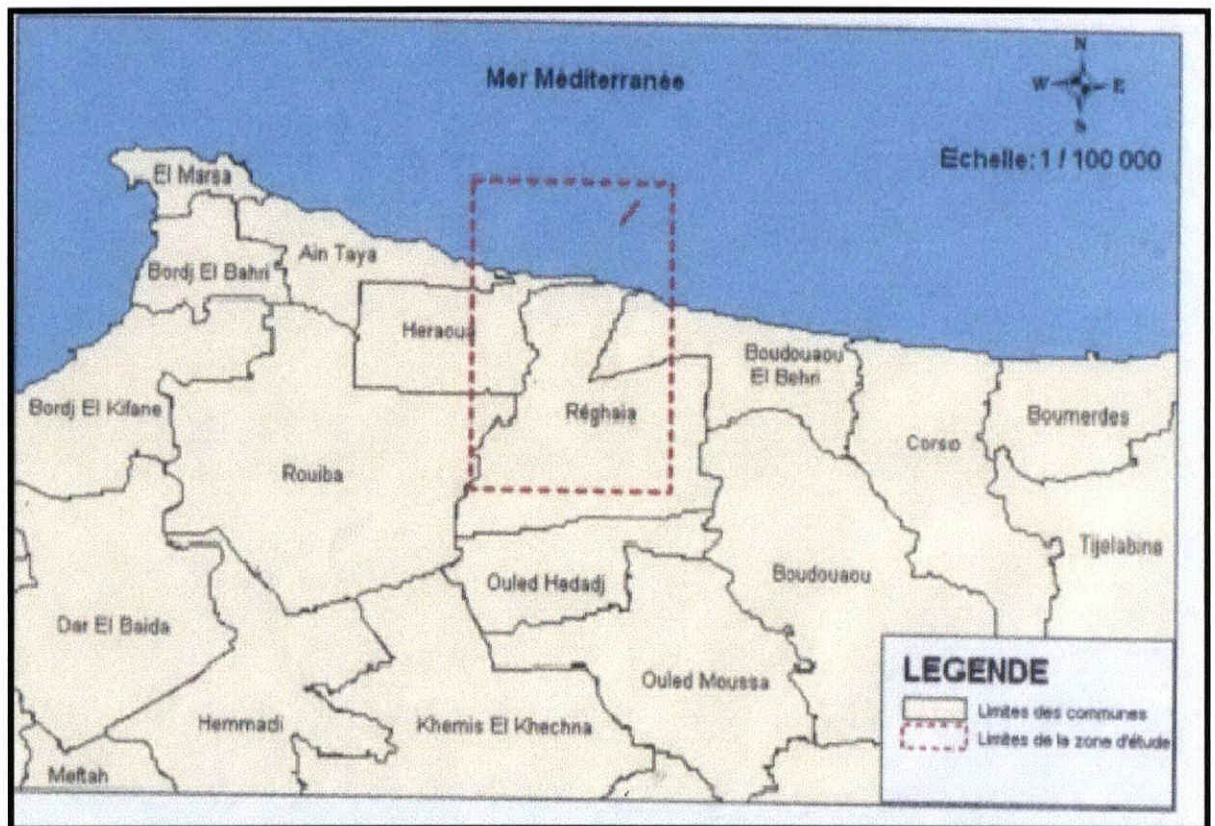


Figure III.1 : Situation géographique de la zone humide de Réghaïa
Réalisée à partir de la carte topographique [43].



Figure III.2 : Représentation géographique de la réserve naturelle de Réghaïa (Atlas des 26 zones humides Algériennes d'importance internationale, 2002) [49]



Figure III.3 : photo aérienne 1997 de la zone humide de Réghaïa

Source : INC (Echelle : 1/10000) de L'ANAT

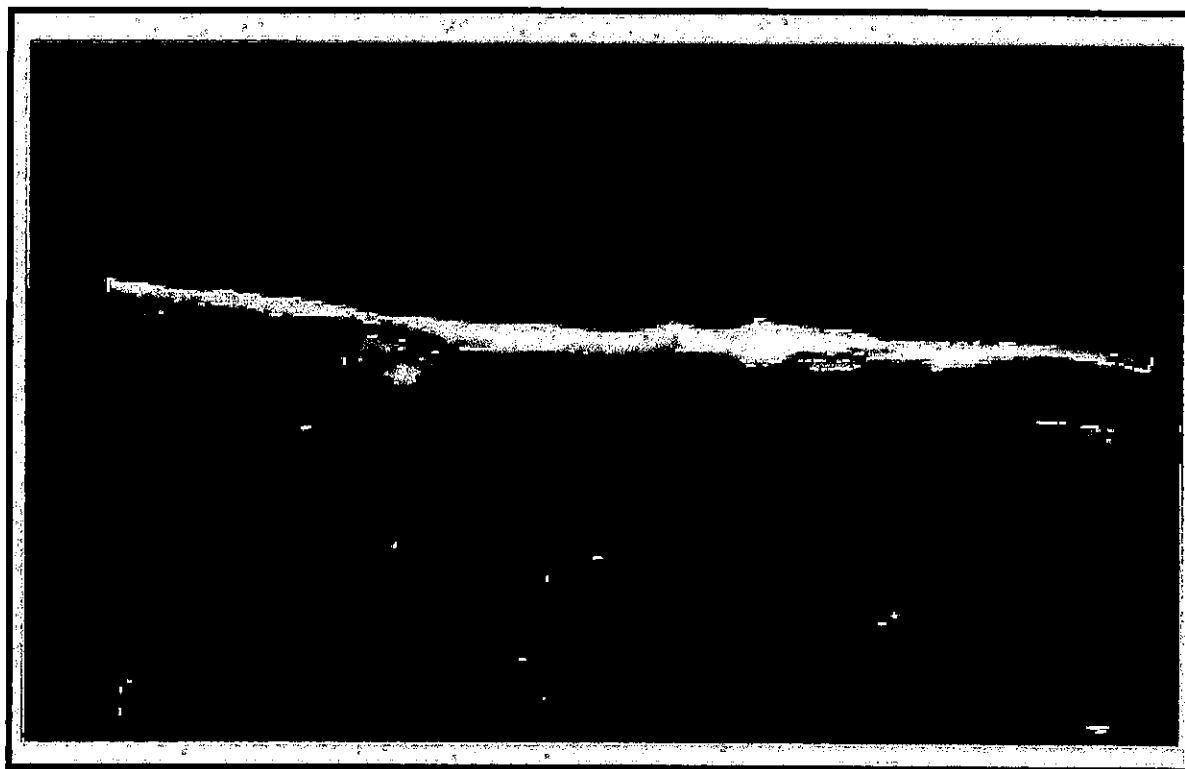


Figure III.4 : photo aérienne de la zone humide de Réghaïa prise le 9-03-2003

Source : INCI (Echelle : 1/10000) [42]

III.5.2 - Description du site [49]

Cette réserve s'étend sur une superficie d'environ 842 hectares. Elle est classée par rapport à la division biogéographie de l'Algérie, selon QUEZEL et SANTA (1963) dans :

- La région Méditerranéenne ;
- Le domaine Maghrébin méditerranéen ;
- Le secteur Algérois ;
- Le sous secteur littoral.

Le lac de Réghaïa correspond à l'estuaire de l'Oued Réghaïa, dont l'embouchure est barrée par un cordon dunaire. Aujourd'hui, ces dunes sont doublées à quelques 600 m en amont d'une digue artificielle qui retient le lac permanent.

La réserve abrite un plan d'eau d'une superficie de 75 ha présentant une capacité de 4 millions de m³, avec une profondeur de 6m.

Cette zone présente plusieurs écosystèmes dans l'Algérie (lacustre, marécageux, forestier, dunaire et marin) [43].

➤ Ecosystème lacustre :

L'écosystème lacustre (figure III.5) est représenté par un réservoir permanent d'eau douce d'une superficie de plus de 75 hectares. Les berges du lac sont colonisées par *des groupements de plantes hydrophiles* telles que : *typha latifolia*, *phragmites communis* et *scirpus lacustris*.

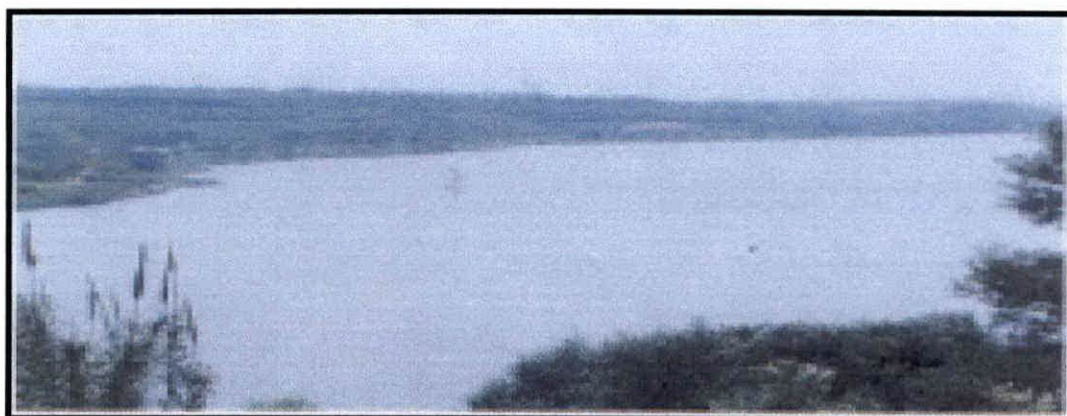


Figure III.5 : Ecosystème lacustre

➤ **Ecosystème Marécageux :**

L'écosystème marécageux (figure III.6) est un habitat propice pour la nidification de nombreuses espèces d'oiseaux notamment le héron. Ces marécages et scirpes subsistent d'une part en aval de la digue, d'autre part sur les rives et dans les points en amont du lac.

Les plantes aquatiques émergentes dominant le paysage sont à base de Typha, de phragmites et des scirpes.



Figure III.6 : Ecosystème Marécageux

➤ **Ecosystème forestier :**

L'écosystème forestier (figure III.7) forme une ceinture plus ou moins étroite autour du lac. Il assure une bonne protection pour l'avifaune et les autres espèces faunistiques.

Il est composé d'un maquis à *olea europea* et de lentisque, caractérisé par une végétation buissonnante et des lianes (*Cratageus monogyna*, *Rubus ulmifolius* et *smilax aspe*).



Figure III.7 : Vues sur le maquis

➤ Ecosystème dunaire

L'écosystème dunaire (figure III.8) constitue une barrière naturelle entre la mer et le lac. Il est représenté par une bande végétale composée du maquis et de la roselière assurant essentiellement la protection de l'avifaune. On distingue des groupements végétaux : *pancratium maritimum*, *ammophila arenaria*, *chamaerops humilis*. Cette végétation assure le rôle de la protection, mais aussi l'augmentation des chances de nidification.



Figure III.8 : Ecosystème dunaire de la réserve de Réghaïa

➤ Ecosystème marin

L'écosystème marin est défini par l'îlot Aguéli (figure III.9) qui fait face au marais à 1 km en mer et il permet les échanges du point de vue ornithologique, notamment pour le grand cormoran et le Martinet noir.

La classification du site de Réghaïa sur la liste de Ramsar des zones humides d'importance internationale se justifie par les critères suivants :

A) C'est un témoin dans l'histoire puis qu'il a échappé aux plusieurs tentatives d'assèchement notamment en 1932. Par conséquent, il reste à présent la seule zone humide de l'Algérois qui s'ouvre directement sur la méditerranée et donc une escale propice pour les oiseaux migrateurs.

Le site de Réghaïa présente un autre intérêt qui consiste en sa position à mi-chemin entre les voies migratoires classiques de Gibraltar et du détroit Sicilo-Tunisien.

B) On note la présence des quatre espèces rares dans le monde dont 3 sont classées vulnérables sur la liste rouge de l'UICN : *Aythya Nyroca*, *Marmaronetta angustirostris* et *Oxyura leucocephala*.

C) C'est un patrimoine riche en matière de végétation et espèces animales importantes pour l'équilibre écologique et le maintien de la biodiversité de l'Afrique du nord et la méditerranée.

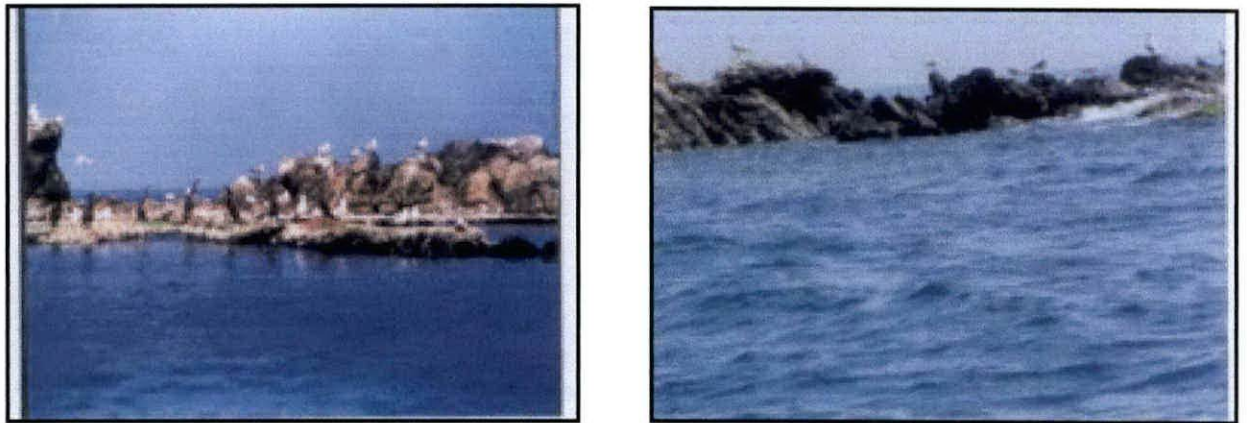


Figure III.9: Vues sur l'île Agueli

Le site de Réghaïa abrite quatre espèces d'oiseaux rares et protégées par la législation internationale (figure III.10). Ces espèces sont : la Sarcelle marbrée (*Marmaronetta angustirostris*), le fuligule nyroca (*Aythya nyroca*), l'Erismature à tête blanche (***Oxyura leucocephala***) et la poule sultane (***Porphyrio porphyrio***).

Il faut signaler que l'espèce du héron centré (***Ardea cinerea***) n'est pas encore protégée en Algérie malgré sa protection au plan international dans le cadre de la convention africaine.

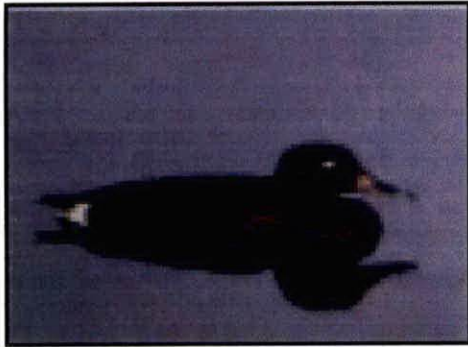
Une colonie de Goéland leucophée (***Larus cachinnaus***) est établie durant toute l'année sur l'île Agueli située à environ 1 km du rivage.



Marmaronetta angustirostris : Sarcelle marbrée



Porphyrio porphyrio : poule sultane



Aythya nyroca : fuligule nyroca



Oxyura leucocephala : l'Erismature à tête blanche

Figure III.10 : Les quatre espèces d'oiseaux rares du lac de Réghaïa

IV - Apport de la télédétection à l'aménagement du littoral

IV.1- Présentation et caractéristiques du microsatellite ALSAT-1

IV.1.1- Présentation du microsatellite ALSAT-1

ALSAT-1 est le premier satellite algérien de cartographie qui a pour objectif principal la gestion des ressources naturelles du territoire algérien [50]. Il s'inscrit dans un programme international d'observation de la terre (DMC – Disaster Monitoring Constellation) pour la prévention et la gestion des catastrophes [51]. Il a été conçu dans le Centre spatial de Surrey (SSTL -Surrey satellite technologie limited) au Royaume-Uni et lancé par un lanceur Cosmos-3M de la base russe de Plesetsk le 28 novembre 2002.

ALSAT-1 (figure IV.1) est un maillon de constellation de microsatellites de 7 pays (Algérie, Chine, Nigeria, Royaume Uni, Thaïlande, Turquie, Vietnam).

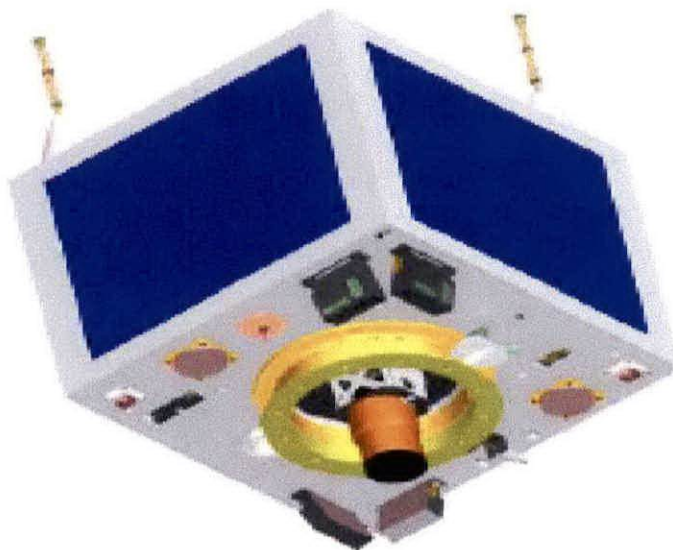


Figure IV.1 : Micro-satellite algérien Alsat-1

C'est l'Algérie qui a eu le privilège de lancer le premier satellite ALSAT-1 dans le cadre de cette constellation qui permettra le suivi de certains phénomènes naturels et autres risques majeurs comme les inondations, les séismes et les feux de forêts [51]. Les premières véritables images d'Alsat-1 ont été reçues le 17 décembre 2002, par la station de réception qui se trouve dans les locaux du Centre National des Techniques Spatiales (CNTS) d'Arzew [50].

IV.1.2- Caractéristiques d'ALSAT-1

Dans le tableau 1 se trouvent les caractéristiques du microsatellite ALSAT-1.

Date de Lancement	28 novembre 2002
Altitude	680 km
Inclinaison	98,2degrés
Dimension	60 x 60 x 60cm
Poids	92 kg
Capacité de stockage	1 Go byte
Durée de vie	5 ans
Bandes spectrales	Bande 1 : de 0,52 à 0,62 μm → vert Bande 2 : de 0,63 à 0,69 μm → rouge Bande 3 : de 0,76 à 0,90 μm → PIF
Capacité de stockage	1 Go byte
Délai de repassage	5 jours
Vocation	Observation de la terre

Tableau 1 : Caractéristiques du microsatellite ALSAT-1.

IV.2- Présentation et caractéristiques du satellite IKONOS

IV.2.1-Présentation du satellite IKONOS [52]

Le satellite IKONOS est le précurseur d'une nouvelle génération de capteurs à très haute résolution spatiale dont font également partie ses homologues Quickbird et Orbview, mis au point en 1999 par la société américaine Satellite Imaging Corporation. Les données issues du capteur sont en effet largement diffusées à travers le monde par la société Space Imaging.

Le satellite Ikonos, également appelé CRSS, a été mis au point, à la fin des années 1990 aux Etats-Unis d'Amérique, par la société Satellite Imaging Corporation, pour un coût total de 740 millions de dollars et assuré conjointement par l'armée américaine et la firme privée Space Imaging futur distributeur des données issues du capteur. Retardé de plus d'un an à cause de

nombreux problèmes, le lancement d'Ikonos I (figure IV.2) a finalement eu lieu le 29 avril 1999 depuis la Vandenberg Air Force Base, en Californie, par le lanceur Athéna conçu par la société Lockheed Martin. Malheureusement, une erreur de lancement a provoqué la perte du satellite, qui s'est abîmé en mer au bout de quelques minutes.



Figure IV.2 : Le satellite Ikonos (au premier plan) avant son lancement

Il ne fallut que quelques mois pour construire Ikonos II (figure IV.3), conçu par Lockheed Martin et ayant une masse totale de 726 kg. Son lancement s'est opéré avec succès le 24 septembre 1999 par le lanceur Athéna 2 [52].

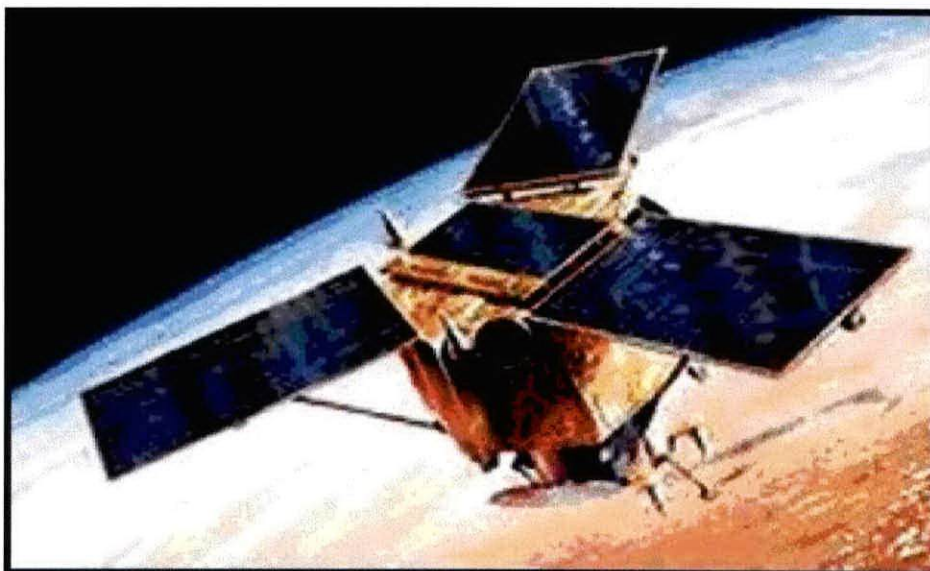


Figure IV.3 : Vue d'artiste du satellite Ikonos II (Copyright Satimagingcorp)

IV.2.2- Caractéristique du satellite Ikonos II

Les caractéristiques du satellite IKONOS II (figure IV.4) sont données dans le tableau 2.

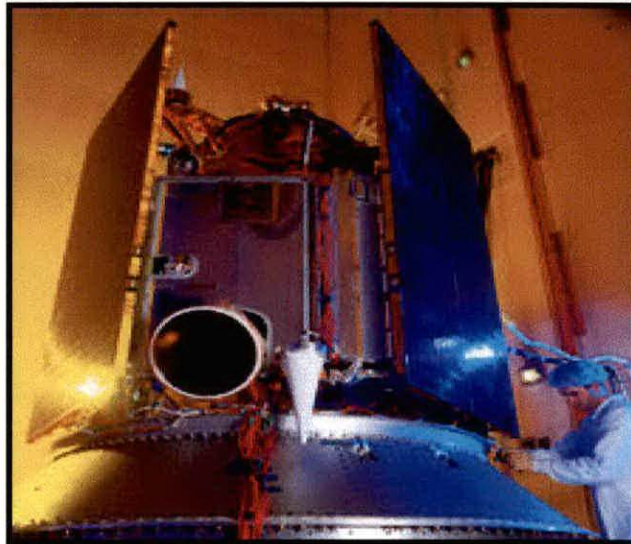


Figure 4: Ikonos II.

Date de Lancement	24 septembre 1999
Altitude	680 km
Inclinaison	98,1°
Masse total	726 kg
Emplacement de lancement	Base Aérienne De Vandenberg
Fabrication (conçu)	la société Lockheed Martin
Durée de vie	7 ans
vitesse de balayage au sol	6,8 m.s ⁻¹
période orbitale	98 mn
Bandes spectrales	Bande 1 : de 450 à 530 nm → bleu Bande 2 : de 520 à 610 nm → vert Bande 3 : de 640 à 730 nm → rouge Bande 4 : de 760 à 880 nm → proche infrarouge
Vocation	Observation de la terre

Tableau 2 : caractéristiques du satellite IKONOS II

IV. 3- Les moyens utilisés

IV.3.1- Les images "ALSAT-1 "et "IKONOS II "

Dans cette étude nous utilisons principalement les images du microsatellite algérien ALSAT-1 et les images du satellite américain IKONOS II. Des images de la région d'Alger, prises le 10 mars 2003 par ALSAT-1 et d'autres images prises le 24 août 2004 par le satellite Ikonos II ont été traitées et ceci afin d'évaluer l'apport de ces images à l'aménagement du littoral.

IV. 3. 2- Les outils utilisés : le logiciel ENVI 4.0

Pour tirer une information utilisable en aménagement du littoral, les images brutes de télédétection, doivent être traitées. Pour cela, nous avons eu recours au logiciel ENVI (the Environment for Visualizing Images) dans sa version 4.0 mise sur le marché le 28 août 2003.

Ce logiciel est disponible au laboratoire d'informatique de l'ISMAL. Il comprend une gamme très large d'opérations de traitement des images et il est considéré comme l'un des logiciels les plus performants existant sur le marché mondial. Il a été développé et commercialisé par Research Systems, Inc., une entreprise américaine dont le siège est à Boulder au Colorado.

IV. 3. 3- Les méthodes utilisées

L'image de télédétection est non seulement une représentation des objets terrestres à un instant T, mais aussi un ensemble structuré d'informations qui, après affichage sur l'écran, ont une signification pour l'œil humain.

Avant de faire subir des traitements aux images ALSAT-1 et IKONOS II, nous les avons d'abord affichées une à une à l'état brut

Nous définissons ici, brièvement certaines des méthodes utilisées afin d'évaluer leur pertinence.

IV. 3.4- Définition des méthodes utilisées :

➤ **La composition colorée :** elle s'effectue par la combinaison des bandes spectrales (bleu, rouge et vert).

➤ **Rehaussement**

On applique le rehaussement des images afin de faciliter l'interprétation visuelle et la compréhension des images. On améliore la distribution des valeurs de l'ensemble d'une image par celui du rehaussement de Gauss et celui d'égalisation de l'histogramme.

➤ **Segmentation :**

La segmentation d'une image consiste à identifier les zones homogènes de cette image (encore appelées "régions" ou "parcelles") d'un point de vue à la fois radiométrique et textural, dans un but de classification de l'image par régions et non plus par pixels.

➤ **Classification non supervisée**

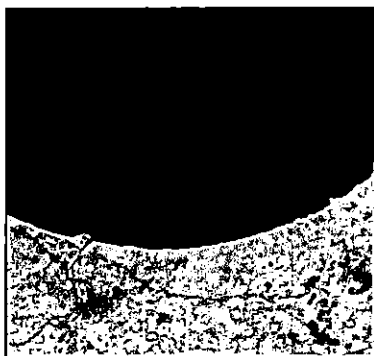
En cartographie, on utilise une classification non supervisée lorsque l'identité des types de couverture du sol n'est pas connue, cela résulte d'un manque d'informations ou de l'incertitude sur la réalité du terrain. Il existe deux méthodes de classification non supervisée : **Isodata et K-means.**

IV.4- Résultats et interprétation

IV.4.1-Affichage des images ALSAT-1 et IKONOS

IV.4.1.1- Affichage des images ALSAT-1

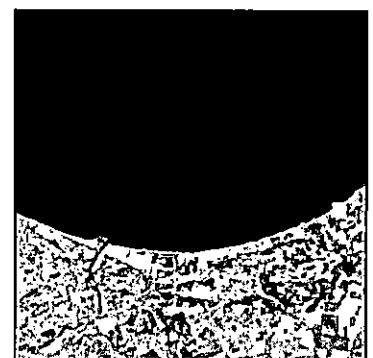
La figure IV.5 représente une image de la baie d'Alger prise le 10/03/2003 par le microsatellite ALSAT-1.



L'image du canal R



L'image du canal G



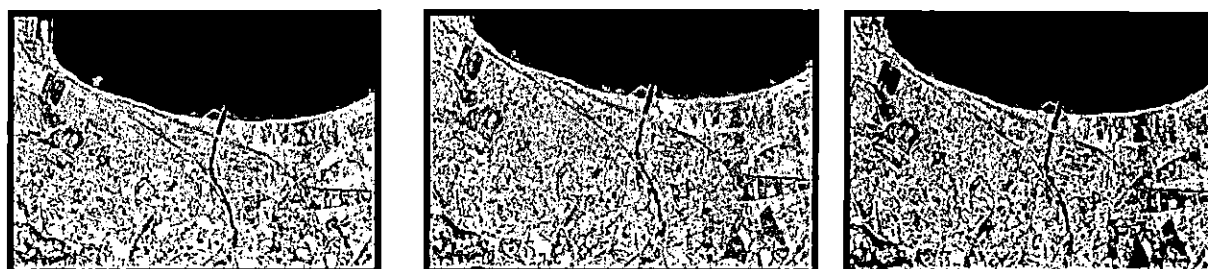
L'image du canal B

Figure IV.5 : Les trois canaux de l'image ALSAT-1 de la baie d'Alger du 10/03/2003.

L'image du canal R apparaît plus claire que celles des images du canal vert G et du canal bleu B.

IV.4.1.2- Affichage des images IKONOS de la baie d'Alger

La figure IV.6 représente une image de la baie d'Alger prise le 20 août 2004. Par le satellite IKONOS II.



L'image du canal R

L'image du canal G

L'image du canal B

Figure IV.6 : Les trois canaux de l'image IKONOS de la baie d'Alger du 20 août 2004.

L'image du canal R apparaît plus claire que celles des images du canal vert G et du canal bleu B.

IV.4.1.3- Affichage d'une image ALSAT-1

La figure VI.7 représente l'image ALSAT-1 brute de la baie d'Alger prise le 10 mars 2003.

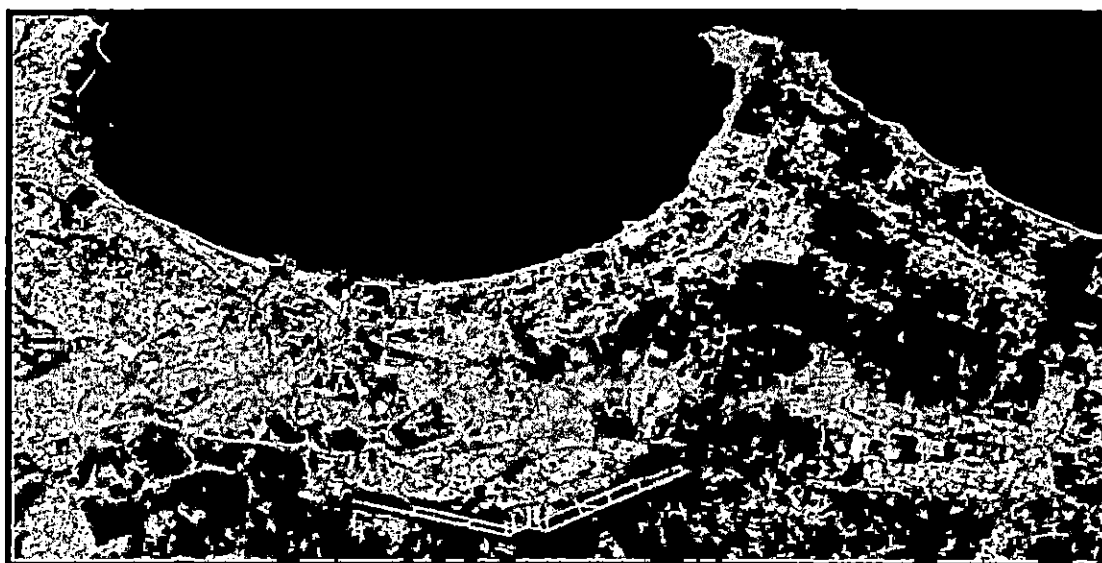


Figure IV.7 : image ALSat-1 brute de la baie d'Alger (10-03-03).

IV.4.1.4- Affichage d'une image IKONOS

La figure IV.8 représente une image brute issue du satellite IKONOS II sur laquelle la zone d'étude est contournée.



Figure IV.8 : image IKONOS brute de la baie d'Alger (29-06-04).

IV.4.2-Traitement des images ALSAT 1 et IKONOS II

IV.4.2.1-Traitement des images ALSAT 1

Les images retenues dans le cadre de cette application ont été prises par le micro satellite ALSAT-1, le 10 mars 2003. L'image brute est représentée sur la figure IV.7 et les images traitées sont représentées sur les figures IV.9, IV.10 et IV.11.

➤ Réalisation de la composition colorée

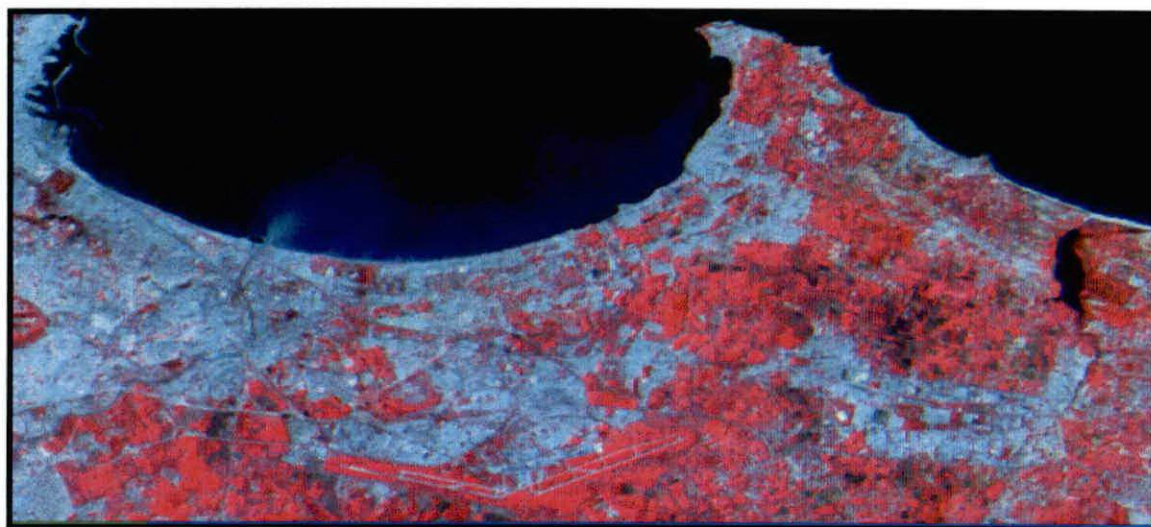


Figure IV.9 : Composition colorée de l'image Alsat-1 de la baie d'Alger (10-03-03).

➤ **Rehaussement**

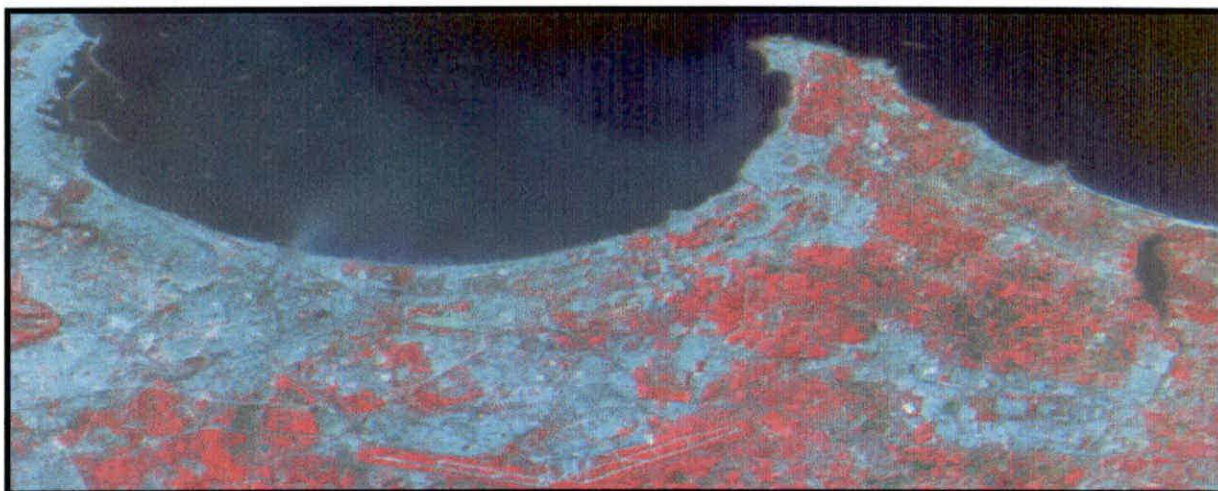


Figure IV.10 : Rehaussement de Gauss de l'image de la composition colorée de la Baie d'Alger (10-03-03).

Le rehaussement de Gauss est une méthode de traitement d'images appliquée sur l'image traitée. Dans le cas de notre étude nous avons appliqué cette dernière sur la composition colorée de la baie d'Alger prise le 10-03-03. A partir de l'image obtenue, nous remarquons une perturbation sur l'ensemble de l'image qui est plus dense sur la partie marine et moins dense sur le reste de l'image, ce qui indique qu'il y a une pollution.

➤ **Réhaussement de Gauss et égalisation de l'histogramme de la composition colorée**

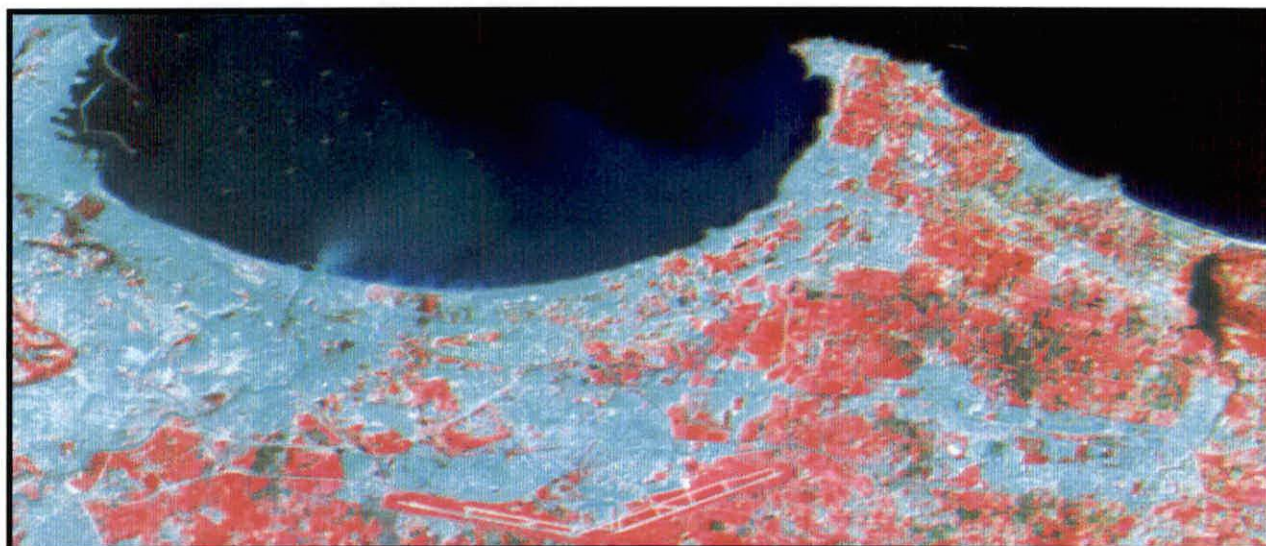


Figure IV.11: Réhaussement de GAUSS et égalisation de l'histogramme de la Composition colorée de la baie d'Alger (10-03-03)

L'image de la composition colorée a subi deux traitements d'images (le rehaussement de gauss et l'égalisation), ce qui a donné cette image (figure IV.11) qui contient des taches plus claires indiquant une forte pollution au niveau de la zone d'urbanisation sur la cote algérienne.

IV.4.2.2-Traitement des images Ikonos II

Les images retenues dans le cadre de cette application ont été prises par le satellite Ikonos II à des dates précises. Sur la figure 8 est représentée la figure à l'état brut. Sur les figures IV.12, IV.13 et IV.14 sont représentées les images traitées.

➤ Réalisation de la composition colorée



Figure IV.12 : Composition colorée de l'image IKONOS de la baie d'Alger (29-06-04).

➤ Rehaussement de Gauss



Figure IV.13 : Rehaussement de Gauss de la composition colorée de l'image IKONOS de la baie d'Alger (29-06-04).

➤ Rehaussement de Gauss et égalisation de l'histogramme



Figure IV.14 : Rehaussement de Gauss + égalisation de l'histogramme de la composition Colorée de l'image IKONOS de la baie d'Alger (29-06-04).

➤ **La classification non supervisée de l'Image IKONOS d'Alger**

- **Classification ISODATA**

Sur la figure IV.15 est présentée la classification ISODATA de la baie d'Alger.

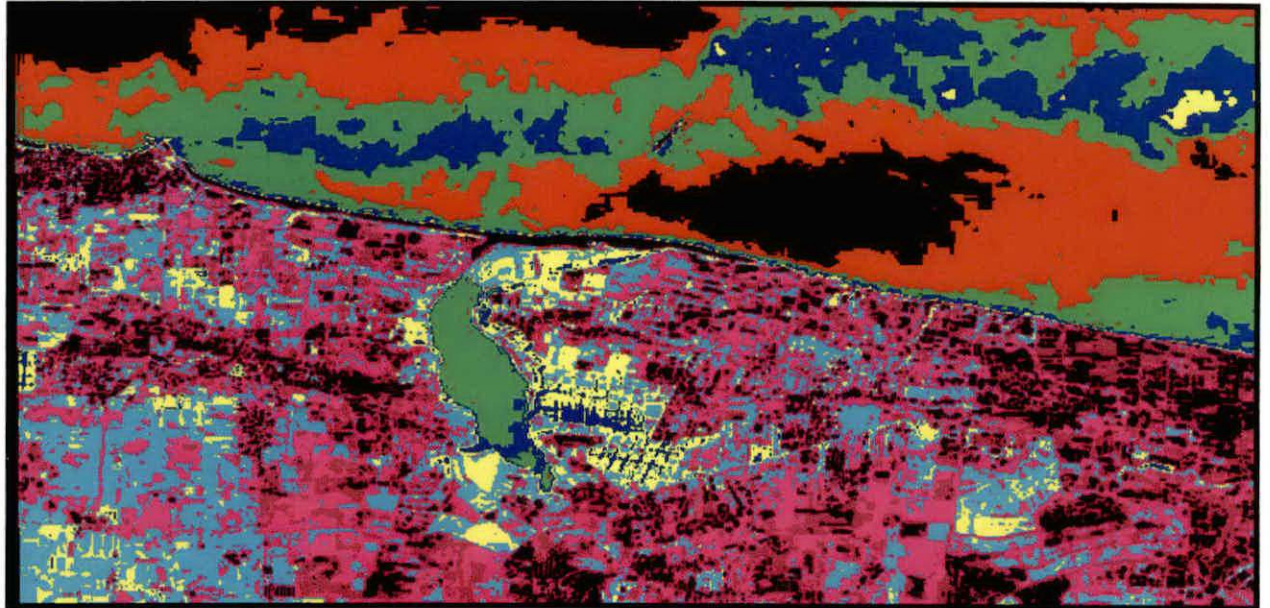


Figure IV. 15 : La classification non supervisée de l'image Ikonos de la baie D'Alger (29-06-04) par la méthode Isodata.

- **Classification K-means**

La figure IV.16 représente la classification k-means de l'image IKONOS d'Alger.

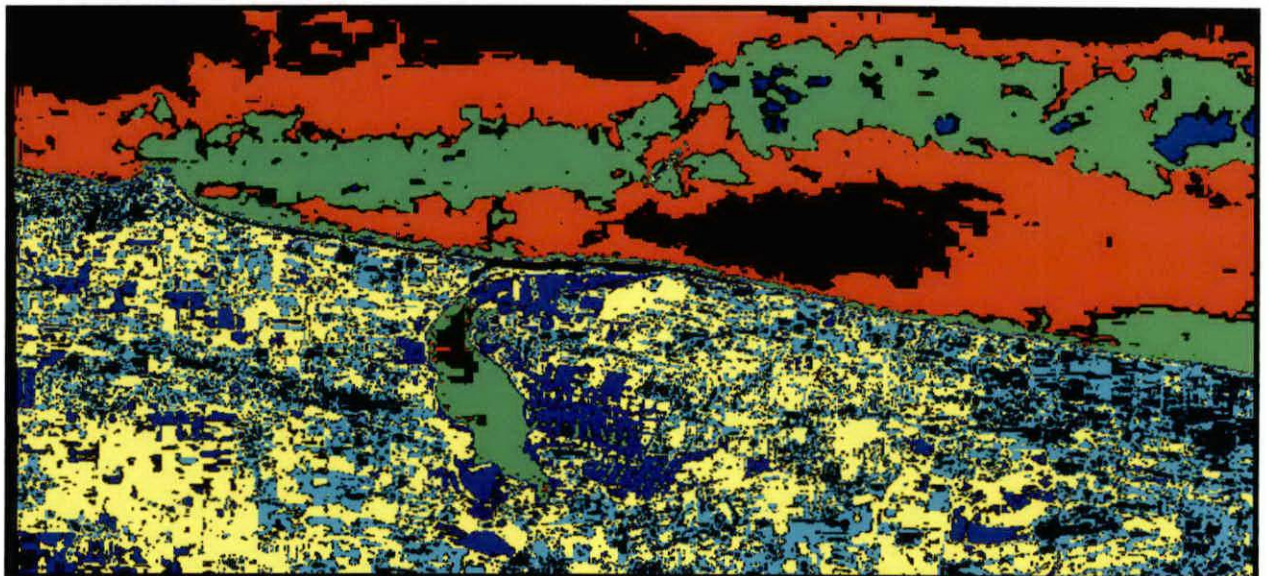


Figure IV.16 : la classification non supervisée de l'image Ikonos de la baie D'Alger (29-06-04) par la méthode K-means.

➤ **Segmentation de l'image IKONOS d'Alger**

La segmentation des images est une opération visant à découper une population hétérogène en sous-ensembles plus homogènes disposant de caractéristiques communes. Elle permet d'isoler dans l'image les objets sur lesquels doit porter l'analyse et de séparer, dans une image, les régions d'intérêt de fond. Il existe plusieurs techniques de segmentation, la plus simple étant le seuillage des valeurs de niveaux de gris des images.

L'opération de segmentation de l'image IKONOS d'Alger a permis de discriminer les deux grands ensembles d'objets présents sur l'image, l'eau et la terre. En effet, il y a d'une part une séparation nette entre la mer et le continent, et sur le continent une séparation entre les zones humides (surface d'eau) et les autres. Ceci est illustré par la figure IV.17 où on observe le lac de Réghaïa.



Figure IV.17 : Image IKONOS segmentée de la baie d'Alger (29-06-04)

➤ **La classification non supervisée de l'image IKONOS de la baie d'Alger (18-06-04)**

Sur la figure IV.18 est représentée l'image initiale de la baie d'Alger.



Figure IV.18 : Image initiale de la baie d'Alger le 18-06-04

- **Méthode de classification non supervisée Isodata**

Sur la figure IV.19 est représentée la classification de l'image IKONOS de la baie d'Alger.

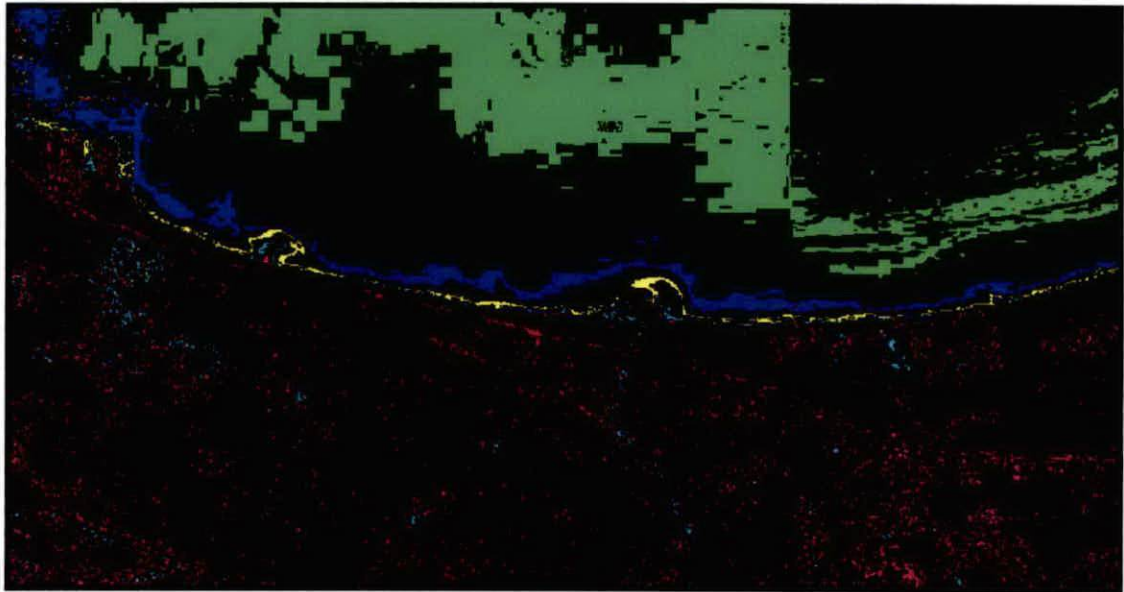


Figure IV.19 : La classification non supervisée de l'image ikonos de la baie d'Alger 18-06-04 par la méthode ISODATA

- **Méthode de classification K-means**

Sur la figure IV.20 est représentée la classification non supervisée par la méthode K-means de l'image IKONOS de la ville d'Alger.

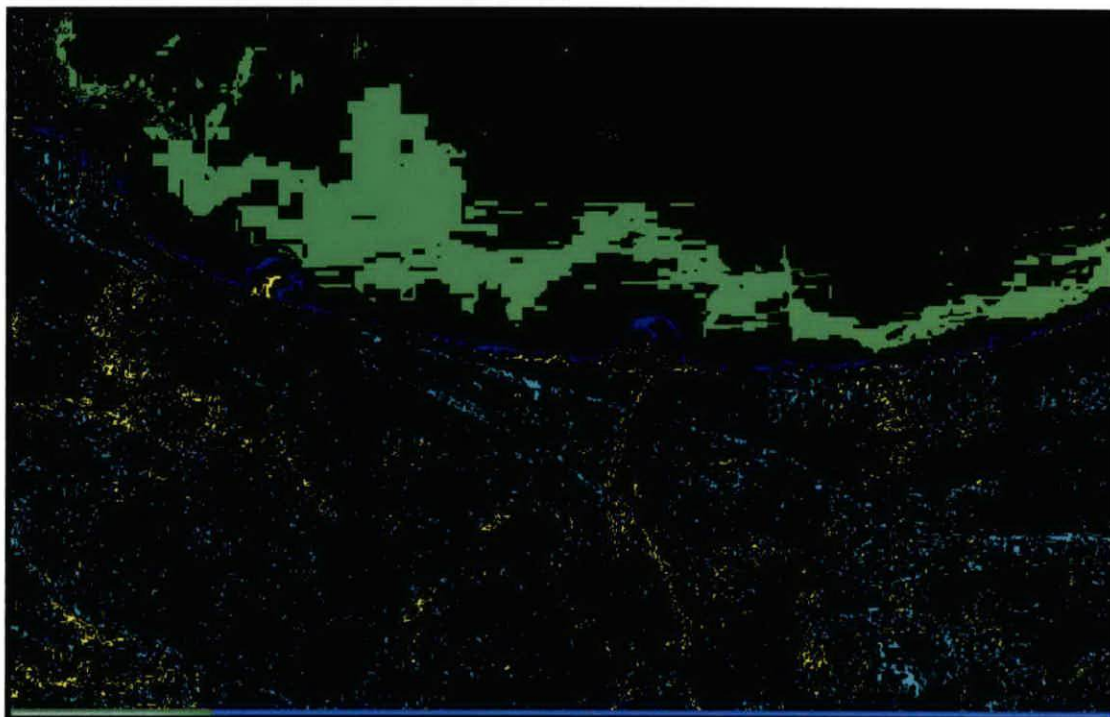


Figure IV.20 : la classification de l'image ikonos de La baie d'Alger 18-06-04 par la méthode k-means.

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés à la gestion intégrée des zones côtières. Le concept de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) est un concept, relativement récent dont l'interface terre-mer représente le champ d'observation, d'investigation et d'intérêt. C'est aussi un domaine reconnu aujourd'hui comme un outil incontournable pour la conduite d'un développement du milieu marin et du littoral.

La télédétection est une activité qui demeure l'une des priorités de l'activité d'un laboratoire en océanographie côtière. Elle trouve sa justification dans le fait que la donnée spatiale permet d'apporter l'information nécessaire à l'étude des zones côtières.

La zone étudiée dans notre mémoire qui est le lac de Réghaïa est l'une des zones les plus représentatives du littoral algérien. Cette zone est en effet composée de plusieurs sous-systèmes écologiques qui lui confèrent un rôle stratégique et lui confèrent une biodiversité remarquable. 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, le lac de Réghaïa est un lieu de passage et de reproduction très important pour les oiseaux migrateurs. Cette réserve d'eau douce constitue également un immense réservoir utilisé pour l'irrigation des terres agricoles environnantes.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons présenté les caractéristiques du microsatellite algérien ALSAT-1 qui représente le premier microsatellite algérien de cartographie qui a pour objectif la gestion des ressources naturelles du territoire algérien. Il s'inscrit également dans un programme international d'observation de la terre pour la prévention et la gestion des catastrophes naturelles.

Nous avons présenté également dans ce mémoire les caractéristiques du satellite américain IKONOS II qui représente une nouvelle génération de capteurs à très haute résolution spatiale mis au point par la société Satellite Imaging Corporation qui réalise une large diffusion des images issues de ce satellite à travers le monde par le biais du Site Space Imaging.

Les images satellitaires que nous avons étudiées proviennent du microsatellite ALSAT-1 et IKONOS II. Ces images dites brutes au début ont été traitées par le logiciel ENVI dans sa version 4.0. Ce logiciel comprend une gamme très large d'opérations de traitement des images

et il est considéré comme l'un des logiciels les plus performants existant sur le marché mondial et permet de tirer des images étudiées une information utilisable en aménagement du littoral.

Les différentes opérations que nous avons appliquées aux diverses images sont :

- Le rehaussement qui permet de faciliter l'interprétation visuelle et la compréhension des images.
- la segmentation qui consiste à identifier leurs zones homogènes d'un point de vue à la fois radiométrique et textural, dans un but de classification de l'image par régions et non plus par pixels.
- La classification non supervisée dans ses deux versions Isodata et K-means. En effet cette classification est utilisée lorsque l'identité des types de couverture du sol n'est pas connue.

Le rehaussement appliquée à la composition colorée de la baie d'Alger nous permet de distinguer une perturbation sur l'ensemble de l'image qui est plus dense sur la partie marine et moins dense sur le reste de l'image ce qui indique qu'il y a une pollution.

L'opération de segmentation de l'image IKONOS d'Alger a permis de discriminer les deux grands ensembles d'objets présents sur l'image, l'eau et la terre. En effet, il y a d'une part une séparation nette entre la mer et le continent, et sur le continent une séparation entre les zones humides (surface d'eau) et les autres.

Références bibliographiques

[1] : Journées Méditerranéennes sur la Gestion Intégrée des Zones Côtières.

Site Internet : <http://www.ismal.net/fr.htm>

[2] : Apport des systèmes d'information géographique (sig) pour la surveillance et l'évaluation de la qualité des eaux côtières. Une contribution à la gestion intégrée de la zone côtière Coulombienne.

Site Internet : http://biblion.epfl.ch/EPFL/theses/2003/2724/2724_abs.pdf

[3] : Assistance scientifique et technique pour la gestion intégrée des zones côtières.

Site Internet : <http://www.ifremer.fr/prod/survenv/etudintg.htm>

[4] : principes de la GIZC

Site Internet : <http://www.netcoast.nl/coastlearn/website/fr/>

[5] : Doctorat ; « Les conflits d'usage liés à l'environnement sur le littoral du Languedoc Roussillon :

Réseaux d'acteurs sociaux et médiation pour une gestion intégrée »

Site Internet : <http://www.mgm.fr/UMR/Cadoret/doctorat.htm>

[6] : Cours de formation.

Evaluation de la Capacité d'Accueil pour le développement du tourisme dans les régions côtières méditerranéennes.

Site Internet :

<http://www.pap-thecoastcentre.org/TOURISME-Documento%20master.doc>

[7] : Zone côtière.

Site Internet :

http://www.environnement.gouv.fr/rhone-lpes/bassin_rmc/rdbrmc/glossaire/zoncot.htm

[8] : Qu'est-ce que la GIZC ? « Gestion intégrée des zones côtières ».

Site Internet : <http://asso.objectif-sciences.com/Qu-est-ce-que-la-GIZC-Gestion.html>

[9] : Gestion intégrée.

Site Internet : http://www.dfo-mpo.gc.ca/media/backgrou/1996/hq-ac100-1_f.htm

[10] : Gestion des océans.

Site Internet : http://www.dfo-mpo.gc.ca/canwaters-eauxcan/oceans/im-gi/index_f.asp

[11] : fondation pour les générations futures –pourquoi soutenable ?

Site Internet : www.fgf.be/index2.php?section=page&ID=16

[12] : ALI SEDJARI, "Aménagement du territoire et développement durable".

Edition : L'HARMATTAN-GRET, 1999.

[13] : ANDRE GAMBLIN, "Les littoraux espace de vie ".

Edition : SEDES, France & al, (1998).

[14] : Mokhtari Khadidja, Mémoire de fin d'étude§, Apport du microsatellite ALSAT -1 à l'observation et L'aménagement du littoral en Algérie (Application à la baie d'Alger et au golf d'Arzew) ; 2005.

[15] : FERDINAND BONN et GUY ROCHON, "précis de télédétection ".

Edition : UREF, 1996.

[16] : Fiche Gestion Intégrée de la Zone Côtière.

Site Internet : <http://www.ifremer.fr/com/actualites/dev-durable-gestion-cote.htm>

[17] : GIZC

Site Internet : <http://fr.groups.yahoo.com/group/GIZC/>

[18] : Introduction –qu’est-ce que la télédétection ?

Site Internet : http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/chapter1/01_f.php

[19] : Isabel BOURDIAL « eau vue par satellite », Institut d’Aménagement et d’Urbanisme de la Région d’Ile-de-France. Avril 1987.

[20] : Observation de l’océan depuis l’espace pour l’expérience GODAE.

Site Internet : www.cnes-tv.com/dossiers/dossier_jason/pdf/Kawamura_godae_vf.pdf

[21] : La télédétection par satellite est aujourd’hui une composante à part entière.

Site Internet : www.tel.ccsd.cnrs.fr/tel-00003277/en/

[22] : Dynamique côtière océan-atmosphère.

Site Internet : www.lseet.univ-tln.fr/theme1.htm

[23] : Restitution de la température de surface de la mer à partir du satellite méteosat II.

Site Internet : www.bondy.ird.fr/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_35-36/39730.pdf

[24] : Argonautica- les données.

Site Internet : www.jason.oceanobs.com/html/argonautica/donnees_fr.html

[25] : Application de la télédétection à la pêche.

Site Internet : www.fao.org/DOCREP/003/T0355F/T0355F07.htm

[26] : Réalisation d’une climatologie mondiale de la température de surface de la mer à échelle fine.

Site Internet : www.smf.asso.fr/Ressources/Faug%E8re35.pdf

[27]: Température de surface des océans.

Site Internet :

olympiades-physique.in2p3.fr/.../18_Reims_temperature_oceans/reims-temperature-surface-mer2005.pdf

[28] : Météorologie marine et étude de l'atmosphère.

Site Internet : www.jason.oceanobs.com/html/applications/meteo/welcome_fr.html

[29] : Météo-France la houle.

Site Internet : www.meteo.fr/meteonet/decouvr/a-z/html/948_curieux.htm

[30] : Sciences océaniques.

Site Internet: www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/osap/projects/waves/default_f.htm

[31]: Altimètre satellitaire.

Site Internet : fr.wikipedia.org/wiki/Altimétrie_satellitale

[32] : La circulation océanique modère les températures.

Site Internet : www.wslar.epfl.ch/lacote/lacote061102.html

[33] : Aviso altimétrie.

Site Internet: www.jason.oceanobs.com/html/alti/principe_fr.html

[34] : Circulation-océan.

Site Internet : www.ifremer.fr/francais/rapp2004/circulation-ocean.htm

[35] : Observer la situation océanique et ses variations.

Site Internet :

www.jason.oceanobs.com/html/applications/circulation/welcome_fr.html

[36] : Concentration de Chlorophylle.

Sciences Océanologiques - Institut Océanographique de Bedford -

Site Internet : www.mar.dfo-mpo.gc.ca/science/ocean/ias/seawifs/seawifs_2_fr.html

[37]: Suivi multi-temporel de la concentration de la chlorophylle en méditerranée orientale à l'aide de sea-wifs et landsat TM.

Site Internet: www.grid.unep.ch/activities/capacitybuilding/lebanon/liban.pdf

[38]: Imagerie satellite.

Site Internet : www.mar.dfo-mpo.gc.ca/science/ocean/remotesensing/doc/czcs3-f.html

[39]: Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau.

Site Internet : www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/rivieres/annexes.htm

[40] : Evolution du niveau de la Méditerranée.

Site Internet :

<http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/Infosciences/Climats/Ocean/Articles/niveau-mediterra.html>

[41] : PAN - Programme d'action nationale.

Site Internet : www.npa-pan.ca/npa/faq_f.htm

[42] : Ksouri Saida, Mémoire de fin d'études, " Contribution à la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) « le cas de la zone humide côtière de Réghaïa »" ; 2005.

[43] : Chalal Farid et Yahiaoui Loucif, Mémoire de fin d'études, "Contribution à l'analyse de durabilité d'une zone humide côtière « Le cas du lac de Réghaïa » " ; 2005.

[44] : Programme d'Aménagement Côtier (PAC) " zone côtière algéroise "

Site Internet :

<http://www.pap-thecoastcentre.org/Alger/Action%20pilote%20-%20site%20du%20lac%20de%20Reghaia.pdf>

[45] : ATLAS des zones humides algériennes d'importance internationale 2001 ; Edité par DGF.

[46] : ATLAS des 26 zones humides algériennes d'importance internationale 2002; Edité par DGF.

[47] : [Rapport 1 : Analyse – diagnostic de la situation actuelle].B.N.E.D.E.R.

[48] : Bouane Malha, Mémoire de fin d'études, "Bioécologie des oiseaux et relations trophiques entre quelques espèces animales des abords du marais de Réghaïa" ; 2002.

[49] : Bouankoud Hafida, Chegrane Amel, "Contribution à l'étude de quelques macrophytes bioindicateurs de pollution de l'eau dans le lac de Reghaïa" ; 2005.

[50] : le programme alsat

Site Internet : fr.wikipedia.org/wiki/Programme_Alsat

[51] : Sig et imagerie alsat pour la cartographie du risque d'incendie de forêt

Site Internet :

http://www.fig.net/pub/morocco/proceedings/TS13/TS13_2_missoumi_tadjerouni.pdf

[52] : Projet –IKONOS

Site Internet :

http://perso.ensg.ign.fr/renard/Projet_Ikonos_IT05/Projet_Ikonos_IT05.doc

Liste des documents utilisés

- 1) Photo aérienne de la zone humide de Réghaïa 1997. Echelle 1/10000.
- 2) Photo aérienne de la zone humide Réghaïa 2003. Echelle 1/10000.
- 1) Carte géographique de la réserve naturelle de Réghaïa.

Liste des organismes consultés

- 1) **A.N.A.T** : Agence nationale de l'aménagement de territoire.
- 2) **B.N.D.E.R** : Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural.
- 3) **C.C.R** : Centre Cynégétique de Réghaïa.