

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME

DE MASTER EN SCIENCES DE LA MER

Sujet :

**Intégration des données satellitaires dans
un SIG pour la gestion du littoral.**

Présenté par:

- Gana Aissa

Soutenu le 18/10/2012 devant le jury suivant :

Mr O.SEFIANE	Maîtres Conférences B (ENSSMAL)	Président
Mr M.GUERFI	Maîtres Conférences B (ENSSMAL)	Promoteur
Mr M.HELLEL	Maître-Assistant A (ENSSMAL)	Examineur
Mr F.BOUAICHA	Maître-Assistant A (ENSSMAL)	Examineur

Promotion : (2012)

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer toutes nos reconnaissances à ceux qui, à divers titres, ont collaboré à la réalisation de ce travail. Nous les devons à de nombreuses personnes que nous avons le plaisir et l'honneur de citer ci-après.

Mr, GUERFI Mokhtar avoir dirigé ce travail et lui avoir accordé un intérêt tout au long de son élaboration.

Nous tenons à remercier :

Mr, Soufiane Omar d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

Mr, Hellel Mustapha nous avoir honoré de sa présence, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mr, Bouaicha Farid on le remercie d'avoir accepté examiner notre travail.

Enfin nos vifs remerciements, à toutes les personnes qui nous ont aidé du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de Master.

GANNA Aissa

Table des matières

Introduction générale.	1
I.1. Le littoral en Algérie	2
I.1 .1 Introduction.....	2
I.1.2 Le littoral en Algérie : un état de fait	2
I.2. Les SIG pour le littoral	3
I.2.1 Les composantes de SIG	3
I.2.2 Les fonctions des SIG	4
I.2. 3 Les phases de mise en œuvre	5
I.3. Notions de télédétection.....	7
I.3.1. Définition de la télédétection	7
I.3.2 Principe.....	7
I.3.2.2 L'onde électromagnétique	8
La réflexion	8
L'absorption	8
Transmission	8
Diffusion	9
L'émission.....	9
II. Les méthodes et les outils	10
II.1. Les méthodes	10
II.1.1. Détection du trait de côte.....	10
II.1.1.1 Méthodes par détection de contours.....	11
II.1.1.2 Méthode par seuillage et morphologie mathématique.....	12
II.1.1.3 Méthode par classification.....	12
II.1.1.4 Comparaison et critique	13
II.1.2 Détection des chenaux	13
II.1.3 Extraction du réseau routier	14

II.1.4 Extraction du bâti	16
II.1.5 Segmentation et classification	17
II.1.6 Méthodologie de traitement des images satellitaires	17
II .2. Les outils utilisés	19
II.2.1. Le logiciel ENVI	19
II.2.2. Adobe Illustrator.....	19
II.2.3. SPO 2003 Orientation préférentielle des formes.....	20
II.2.4. Rose.....	21
II.2.5 logiciel MapInfo.....	22
II.2.6 ARCGIS.....	23
III. SIG dans le Littoral :.....	24
III.1. Représentation des enjeux :	24
III.2. Cartographie des ressources :	24
III.3.Représentation des contraintes :	25
III.4.Gestion	25
III.5. Suivi et évaluation:	25
III.6.Information et communication :	26
III.7. Exemple d'intégration des données de télédétection et SIG en zone littoral : cartographie du changement du trait de côte.	28
III.8. SIG dans la démarche GIZC:.....	29
Conclusion générale	30

List des figures

Figure 1 : Composantes d'un SIG.....	5	
Figure 2 : Organisation de l'information dans les SIG	6	
Figure 3 : Phases de développement d'un SIG (d'après Crain I.K., & Mc Donald C.L., 1984)	7	7
Figure 4: Représentation de l'onde électromagnétique	10	
Figure 5: Relation entre absorption, réflexion et transmission	11	
Figure 6 : Schéma de la méthode de Géraud (les boîtes grises sont les paramètres à définir)	17	
Figure 7: Organigramme de la méthodologie de travail.....	20	
Figure 8 : Cartes de linéaments réalisés avec Adobe Illustrator.	22	
Figure 9 : Interface du logiciel SPO.....	23	
Figure 10: Interface du logiciel Rose. a. Introduction des données sur l'orientation des linéaments dans « Data ». b. La rosace des directions apparaît en cliquant sur « Rose ».	23	
Figure 11 : présentation d'un SIG service maritime besoins en données par thème.....	28	

Introduction

Générale

Introduction générale.

Connaître la position exacte des différents objets géographiques composant le littoral est fondamental pour la gestion des ressources côtières et la protection du littoral. Les décideurs locaux et nationaux ont besoin d'informations à jour pour pouvoir gérer les activités humaines (constructions côtières, routes, etc), pour inventorier les ressources naturelles, ainsi que pour délimiter les zones soumises aux risques liées à la proximité de la mer [K. White and H. E ,1999, R. Zeidler,2007]. L'acquisition automatique de ces informations est complexe, difficile et coûteuse en temps si on utilise les techniques classiques. Cette acquisition est également très dépendante des caractéristiques morphologiques du littoral (plages de sable, rocher, falaise, etc). Des techniques rapides et reproductibles sont requises notamment pour visualiser l'évolution de la côte et mettre à jour les cartes côtières. Les images satellites à haute voire très haute résolution spatiale peuvent être exploitées pour obtenir cette information spatiale, qui peut aussi également être intégrée dans des SIG (Systèmes d'Informations Géographiques) [X. Yang,2005].

Nous présentons donc dans le premier chapitre de notre mémoire Importance de littoral

SIG, définition, les différentes composantes, leur fonction et les phases de mise en œuvre

Et en termine ce chapitre par une généralité sur la télédétection.

Dans le deuxième chapitre, on va traiter les différentes méthodes et les outils utilisés dans le SIG pour gestion de littoral

Et on termine par un exemple d'intégration des données de télédétection et SIG en zone littoral : cartographie du changement du trait de côte.

Chapitre I

Généralités

I.1. Le littoral en Algérie

I.1 .1 Introduction

La bande côtière séduit d'emblée par la beauté de ses sites, la mer lui confère notoriété, attractivité, et un rôle stratégique dans les perspectives de développement grâce à ses particularités paysagères, socio-économiques et ses caractéristiques physiques et climatiques remarquables. En effet le littoral abrite un grand nombre d'écosystèmes parmi les plus complexes, les plus divers et les plus productifs de notre planète. Si le littoral concentre de nombreuses ressources et opportunités, il est aussi exposé aux pollutions, nuisances et autres dégradations dues au développement des activités économiques. Pour que le littoral conserve sa productivité et ses fonctions naturelles, il faut améliorer la planification et la gestion de son développement. L'aménagement des zones littorales doit se fonder sur une base scientifique tenant compte de ses caractéristiques géomorphologiques et climatiques et conciliant les exigences des divers secteurs économiques dont la survie dépend de ses écosystèmes (**Paskoff, R,1993, Marcadon, J., et al 1999**)

I.1.2 Le littoral en Algérie : un état de fait

Le littoral algérien s'étend sur 1200 km. Il représente un écosystème fragile et constamment menacé de dégradation en raison de la concentration de la population (2/3 de la population sur 4% du territoire seulement), des activités économiques et des infrastructures le long de la bande côtière) (**M.A.T.E,2000**). A cette forte concentration de la population permanente s'ajoute une population estivale supplémentaire. A ce propos, il faut signaler qu'en Algérie il n'existe aucune politique visant à gérer et à promouvoir le tourisme balnéaire, encore moins d'une manière durable, même si actuellement, on assiste à une prise de conscience de la part des pouvoirs publics : les thèmes «environnement, aménagement du territoire et développement durable du tourisme» sont au cœur des débats. Une des principales mesures prises dans ce cadre est la promulgation de la loi 03-01 du 17-02-2003 relative au développement durable du tourisme, la loi 03-02 du 17-02-2003 fixant les règles générales d'utilisation et d'exploitation des plages et la loi 03-03 du 17 -02-2003 relative aux zones d'expansion et sites touristiques. La majorité des Zones d'expansion Touristique (ZET) ont été détournées de leur vocation initiale, leurs terrains d'assiettes ont servi pour implanter des lotissements et des coopératives immobilières (**Tessa, A,1993**). Par ailleurs le développement économique et social en Algérie a négligé l'environnement marin bien que le monde s'accorde à admettre que la mer et les zones côtières sont d'une importance vitale. Il en résulte de graves atteintes à l'environnement, favorisées par une réglementation générale qui ne tient pas compte des spécificités des régions. En effet L'intérêt accordé à la protection et à la valorisation du littoral en Algérie est récent, la loi relative à la protection et à la valorisation du littoral a été promulguée en février 2002, son application effective nécessite l'élaboration de 11 textes juridiques.

Le littoral en Algérie est donc confronté à des problèmes multiples. On constate l'absence d'une prise en charge effective et d'une gestion appropriée. (pdf Maghfour....)

I.2. Les SIG pour le littoral

Un SIG est un ensemble de matériels, logiciels, données et personnes dont la fonction est d'exploiter l'information pour produire des résultats et atteindre un but. Les thèmes d'application des SIG concernent l'ensemble des activités où interviennent des données localisées : l'aménagement territorial, la gestion des ressources, la protection de l'environnement, les études d'impact et le suivi de phénomènes dynamiques.

I.2.1 Les composantes de SIG

Les SIG sont composés d'outils (matériel et logiciels), de bases d'information (spatiale et descriptive) et de compétences.

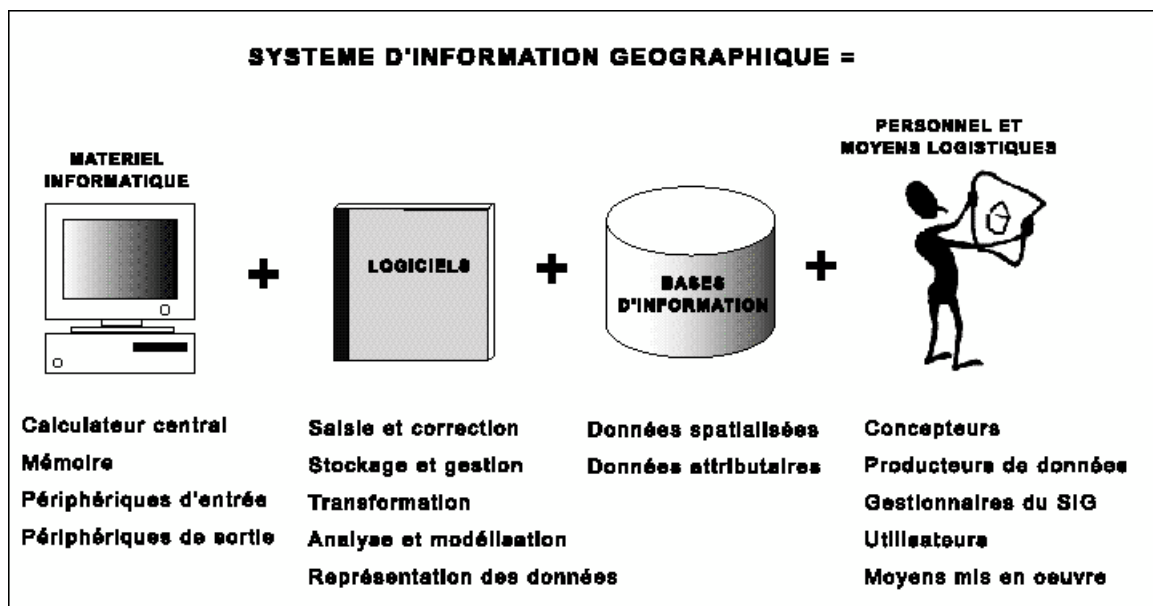


Figure 1 : Composantes d'un SIG

Le **matériel** inclut une unité centrale dotée d'une mémoire importante (les données sont souvent volumineuses), les périphériques d'entrée (clavier, table à digitaliser scanner), et les périphériques de sortie (écran, imprimante, traceur). De nombreux

Logiciels commerciaux existent désormais sur le marché. La contrainte la plus importante concerne la compatibilité des formats, qui permet de garantir l'échange des données.

Les **données** sont gérées sous la forme de couches thématiques (fig. 2) dans une base d'information géographique

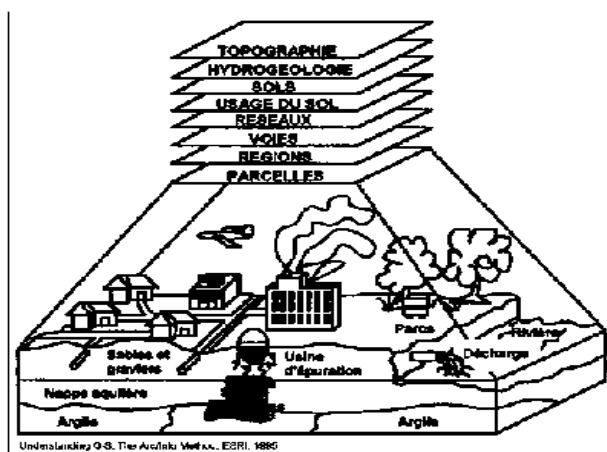


Figure 2 : Organisation de l'information dans les SIG

(BIG). Chaque couche associe une information spatialisée et une information thématique (ou attribut). *L'information spatialisée* est géoréférencée dans un système connu qui peut être administratif (adresse), hiérarchique (réseau) ou géographique (coordonnées x, y). Deux formats principaux existent. En mode *raster* (image) l'information spatiale est représentée sous la forme de grilles, dont chaque cellule (*pixel*) est caractérisée par une valeur. En mode *vectoriel* l'information spatiale est représentée par des entités géométriques élémentaires (points, arcs, surfaces) identifiées par leurs coordonnées et rattachées les unes aux autres par un ensemble de relations *topologiques* (connectivité, contiguïté, adjacence, ...). *L'information thématique* peut être qualitative (toponyme, type de substrat, ...) ou quantitative (altitude, statistiques). Elle est rattachée à l'information spatialisée par un identifiant commun.

Le **personnel** joue un rôle essentiel dans la mise en œuvre, le maintien et le développement du SIG. Il est en outre l'interlocuteur privilégié des différents utilisateurs de l'outil (gestionnaires, décideurs, scientifiques). Il dispose donc de compétences particulières, à la fois techniques et humaines, qui lui confèrent un rôle d'*administrateur* de la Base d'Information Géographique.

I.2.2 Les fonctions des SIG

« Les SIG sont utilisés, d'une part pour traiter ensemble plusieurs aspects d'un même espace, abordés antérieurement à l'aide de sources incompatibles et, d'autre part pour expliciter les relations et les organisations spatiales quels que soient les objets impliqués ». Les cinq fonctions d'un SIG sont les suivantes:

- **Acquisition** : saisie numérique des données analogiques provenant de cartes, ou importation des informations numériques disponibles sous différents formats ;
- **Intégration** de l'information en une base géométriquement et sémantiquement cohérente ;
- **Archivage** de l'information sous la forme de couches d'accès rapide pour les différents usagers à l'aide de systèmes de requêtes ;
- **Analyse** qualitative ou quantitative de l'information par l'usage de paramètres spatiaux (calculs de distances et de surfaces, modélisation, interpolation) ou de requêtes attributaires permettant de produire une information inédite ;
- **Représentation** de l'information sous des formes variées (tableaux, graphiques, cartes).

I.2.3 Les phases de mise en œuvre

La mise en œuvre d'un SIG peut être décomposée en trois phases d'inventaire, d'analyse et d'aide à la décision (fig. 3).

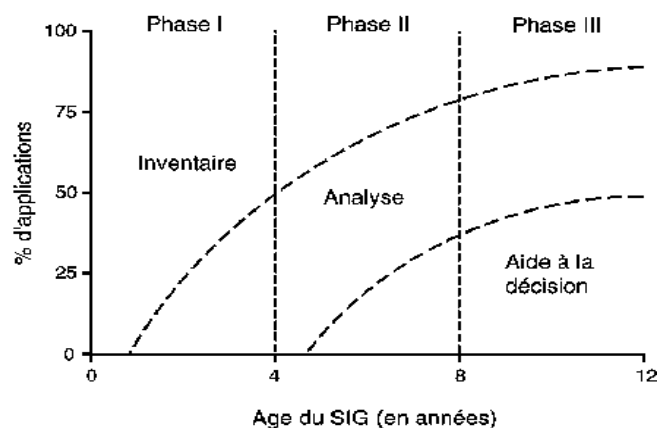


Figure 3 : Phases de développement d'un SIG (d'après Crain I.K., & Mc Donald C.L., 1984)

I.2.3.1. L'inventaire

Une base d'information géographique offre un support d'archivage de données variées (thème, échelle) provenant de sources diversifiées (images, cartes, terrain, statistiques, ...). L'étape d'inventaire et d'intégration de l'existant permet ainsi de produire un **état des connaissances** sur la zone étudiée. Plus particulièrement, la comparaison des caractéristiques de l'information intégrée (exhaustivité, échelle, âge) permet la mise en évidence de ses points faibles et de ses lacunes. Les apports des SIG dans la phase d'inventaire sont de plusieurs ordres.

- Ils permettent l'**archivage d'un état de référence** (état zéro) dans le cadre de suivis à moyen ou long terme d'aménagements ou de l'environnement.
- Ils contribuent à **identifier les besoins d'informations complémentaires**. En particulier, la connaissance de l'information existante et la confrontation de différents paramètres déterminants peuvent être utiles à la définition de stratégies d'échantillonnage.
- Ils peuvent servir à la **validation** d'une information nouvelle ou à celle de résultats de modélisation.

De plus, la structuration de l'information dans des formats normalisés facilite sa **communication**. Elle permet ainsi l'utilisation d'une information de référence commune à différents services. Les SIG offrent en outre d'importantes potentialités de représentation de l'information sous différentes formes (graphique, cartographique, statistique, animation vidéo). La carte notamment, constitue un outil particulièrement adapté à la communication, car elle permet d'intégrer des informations spatialisées pouvant être comprises à la fois par les gestionnaires, les décideurs, les scientifiques et les populations locales.

La phase d'inventaire est souvent longue et fastidieuse car elle nécessite l'intégration de données hétérogènes dans une base d'information cohérente géométriquement et sémantiquement. Elle se poursuit durant les phases d'analyse et d'aide à la décision, en fonction des problématiques posées, particulièrement dans les études environnementales pour lesquelles il est difficile de connaître *a priori* l'ensemble des paramètres pertinents.

I.2.3.2. L'analyse

La gestion et l'aménagement du littoral nécessitent la prise en compte de nombreux paramètres physiques, biologiques et socio-économiques. Leur intégration sous forme de couches thématiques permet l'analyse de leurs relations logiques, thématiques, statistiques ou géométriques. En effet, les SIG offrent d'importantes potentialités pour l'analyse de l'information géographique. Les outils proposés sont multiples et plus ou moins complexes : calcul de distances ou de surfaces, interpolation, analyse multivariée, ... Le modèle topologique permet en outre l'étude des relations spatiales (inclusion, proximité, ...) liant les différentes entités. Les résultats des analyses constituent une information inédite susceptible en retour d' étoffer la BIG (Base d'Information Géographique).

I.2.3.3. L'aide à la décision

L'acquisition des connaissances peut avoir pour objectif de fournir les éléments utiles à la gestion et à l'aménagement du territoire. Pour les services, il peut s'agir par exemple de réaliser des propositions de zonage dans le cadre d'un SMVM (Schéma de Mise en Valeur de la Mer) selon différents scénarios (protection, développement, ...). La mise en place d'un outil d'aide à la décision nécessite :

- le développement d'interfaces permettant d'établir un lien entre le SIG et d'autres bases de données, ou entre le SIG et des outils d'analyses complexes ;
- l'intégration de modèles dynamiques spatio-temporels performants permettant d'élaborer des simulations et des prévisions ;
- le développement d'une interface conviviale facilitant l'accès de l'information aux utilisateurs potentiels à différents niveaux (consultation, analyse, gestion).

I.3. Notions de télédétection

I.3.1. Définition de la télédétection

Le mot télédétection (en anglais « remote sensing ») désigne l'ensemble des techniques qui permettent d'étudier à distance des objets ou des phénomènes. Le néologisme « remote sensing » fait son apparition aux Etats-Unis dans les années soixante, lorsque des capteurs nouveaux viennent compléter la traditionnelle photographie aérienne. Le terme de télédétection a été introduit officiellement dans la langue française en 1973 et sa définition officielle est la suivante :

« 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. » *Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988.*

Une définition plus précise, et pour nous plus opérationnelle, de la télédétection est la suivante :

« La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre (y compris l'atmosphère et les océans),

Sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente, pour ensuite mettre en application cette information. » (D'après le site Web du Centre Canadien de Télédétection : <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca>).(1)

I.3.2 Principe

Elle utilise le rayonnement électromagnétique (la lumière la chaleur et les ondes Radio) comme moyen de détection et de mesure des propriétés physiques des objets observés.

I.3.2.1 Le rayonnement électromagnétique

Est l'énergie créée en tout point de l'espace par un double champ périodique : un champ électrique E et un champ magnétique M qui se déplacent à la vitesse de la lumière propagation et son amplitude, il peut être absorbé, transmis ou réfléchis selon les objets

étudiés. Afin de comprendre la nature de l'information apportée par les données de télédétection, il est indispensable de connaître la nature de ce rayonnement.

I.3.2.2 L'onde électromagnétique

Est une vibration qui se propage dans l'espace représentée par deux vecteurs la succession des cycles aller- retour d'un champs magnétique et d'un champs électrique l'émission, l'absorption, la réflexion et la transmission.

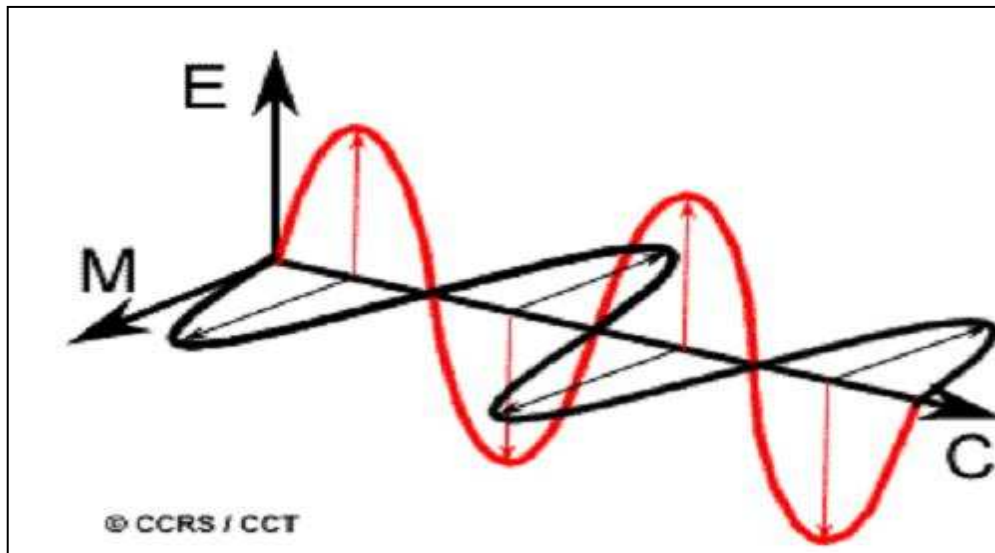


Figure 4: **Représentation de l'onde électromagnétique**

La réflexion :

Tout corps qui reçoit une certaine quantité d'énergie rayonnante d'une source extérieure peut en réfléchir une partie. Le rapport entre l'énergie réfléchie et l'énergie incidente est appelé coefficient de réflexion ou réflectance. La réflexion peut être spéculaire (dirigée entièrement dans une seule direction), ou diffuse (dirigée dans toutes les directions).

L'absorption :

Tout corps qui reçoit une quantité de REM peut en absorber une partie. Le rapport entre l'énergie absorbée et l'énergie reçue est appelé coefficient d'absorption ou absorptance.

Transmission :

Tout corps qui reçoit une quantité de REM peut en transmettre une partie. Le rapport entre l'énergie transmise ou réfractée et l'énergie incidente est appelé coefficient de transmission ou transmittance. Une surface d'eau pure est un exemple de surface

Diffusion :

Des particules microscopiques comme celles contenues dans l'atmosphère, amènent la diffusion dans toutes les directions d'une partie de l'énergie émise par la source qui, traversant ce milieu peut alors être considérablement transformée.

L'émission:

Tout corps dont la température est supérieure au zéro absolu (-273°C) émet un rayonnement électromagnétique. La source peut être le soleil, le satellite (Radar) ou encore la cible (infrarouge thermique). En effet selon le premier principe de la thermodynamique (conservation d'énergie], la somme des énergies réfléchies absorbées et tr égale à l'énergie incidente et la somme des coefficients de égale à 1.

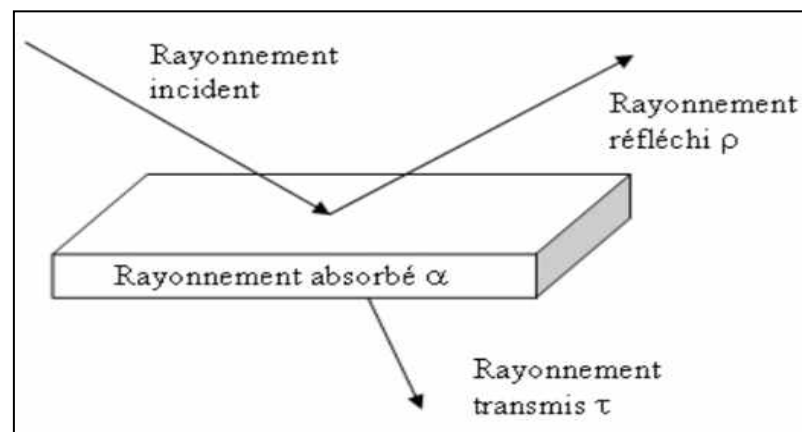


Figure 5: **Relation entre absorption, réflexion et transmission**

Tous les corps réfléchissent ou émettent des flux énergétiques sous forme de rayonnement, la variation relative de l'énergie réfléchi ou émise en fonction de la longueur d'onde constitue ce qu'on appelle « la signature spectrale » elle qui correspond à deux grandeurs physiques : la réflectance et la luminance. Ainsi, à un objet donné dans un état donné doit correspondre un spectre unique qui peut être utilisé pour l'identifier et déterminer son état.

Chapitre II

Les méthodes et les outils

II. Les méthodes et les outils

II.1. Les méthodes

Détection des objets géographiques du littoral

Dans le but de nous donner une idée des techniques actuelles d'extraction des objets géographiques du littoral, nous avons fait un état de l'art portant principalement sur le trait de côte ainsi que sur les chenaux.

II.1.1. Détection du trait de côte

Les méthodes de détection du trait de côte se divisent en deux parties, celles basées sur les images optiques et celles basées sur les images radar. Le trait de côte est un objet linéaire qui n'existe pas dans la réalité, il s'agit simplement de la frontière entre la mer et la terre. L'objectif d'une méthode de détection d'une telle limite se résume donc souvent à détecter la mer, puis détecter la terre et voir où se situe leur frontière commune.

.A) Imagerie radar

Les images radar sont de plus en plus populaires grâce à leur capacité de voir à travers la couverture nuageuse mais leur mauvaise qualité rends difficile l'extraction d'information, ainsi que la localisation précise des données extraites.

Etant donné qu'aucune image radar n'est disponible dans le cadre de l'ANR- JC Ecosgil, nous ne nous intéresserons pas à ce type d'images. Cependant nous pouvons citer quelques méthodes comme celle de Dellepiane [S. Dellepiane et al 2004] basée sur la connexité floue, ou celle d'Onana [V.P. Onana et al,2001] qui est texturale et géométrique, on peut encore citer l'approche de Moctezuma [M. Moctezuma et al,1997] qui utilise les transformées de poly-nôme et les segmentations markoviennes.

.B) Imagerie optique

Les images optiques sont les images satellites les plus courantes, utilisées notamment pour la cartographie, elles contiennent souvent plusieurs bandes correspondant chacune à une longueur d'onde donnée, ainsi qu'une bande panchromatique correspondant à une image en niveaux de gris. Cependant ce type d'image présente l'inconvénient que toute couverture nuageuse masquera la zone d'études.

II.1.1.1 Méthodes par détection de contours

Heene [G. Heene et al,2000] quant à lui se base sur la détection de contours de Canny [J. Canny et al,1986], qui utilise un filtre linéaire gaussien pour diminuer le bruit. Puis il calcule la direction des contours et leur amplitude à l'aide de gradients de magnitude et de direction. On leur applique ensuite un amincissement dans lequel on met l'amplitude du contour à zéro si elle est inférieure à celles des deux contours adjacents selon la direction de ce contour. Finalement, on seuille le résultat en utilisant un double seuillage, tous les contours supérieurs au seuil haut sont étiquetés comme contour, ceux inférieurs au seuil bas sont étiquetés comme non-contour, ceux supérieurs au seuil bas et connexes à un pixel supérieur au seuil haut à travers une chaîne de contours sont étiquetés comme contour. Une fois l'algorithme de Canny appliqué, il utilise l'image de départ qu'il seuille afin d'obtenir deux classes différentes, une représentant l'eau, l'autre la terre. La fine bordure entre les deux classes est utilisée comme masque pour filtrer le résultat de l'algorithme de Canny. Ensuite, il applique une fermeture de contours qui va connecter les points séparés par n pixels en suivant les contours selon la direction du gradient. L'image gradient nécessaire à ce suivi peut être obtenue par un gradient de Sobel ou de Roberts. Si un pixel du gradient de la fermeture des contours est supérieur à un certain seuil, il sera considéré comme contour. Il pratique encore un dernier seuillage et obtient le trait de côte. Bien que cette méthode donne de bons résultats, l'auteur concède qu'il faut la pratiquer sur les bandes rouge à infra-rouge autrement on obtient trop de faux positifs, c'est à dire des pixels étiquetés comme trait de côte mais n'en étant pas.

Karantzalos [K. G. Karantzalos et al,2002], propose une méthode en trois étapes : en premier lieu il améliore l'image et la lisse afin d'améliorer la visibilité et la perception des différentes régions de l'image. La deuxième étape consiste en la détection de contours, par la méthode de Canny [J. Canny et al,1986] ou celle de Vliet [L. J. van Vliet et al,1989] que Karantzalos juge équivalente en terme de fiabilité. L'ultime étape de cette méthode consiste à établir une connexité entre les différents contours. Pour ce faire, l'auteur utilise toute une série d'opérateurs présents dans la boîte à outils de traitement d'image de Matlab [C. Thompson and L. Shure,1993]. Il effectue d'abord une transformation 'clean' puis un 'fill' suivi de cinq 'bridge' et d'un 'tophat'. Il continue avec trois 'skeletonize', un 'thin' et un 'closing'. Et enfin, il termine par quatre 'skeletonize' et un 'clean'. Finalement, les composantes connexes de moins de quinze pixels sont éliminées car jugées non pertinentes. Les résultats obtenus par cette méthode sont loin d'être satisfaisants, en effet les images résultats contiennent plus que le trait de côte, notamment des contours de hangars.

Loos [E.A. Loos and K.O. Niemann,2002] commence par améliorer l'image en adaptant son amélioration à l'histogramme ainsi qu'en corrigeant la brillance et le contraste. Ensuite, l'auteur utilise un algorithme de détection et d'amélioration de contours. Il a ainsi testé les filtres suivants : Laplacien, Sobel, Prewitt, Canny, Roberts, Frei-Chen et différence de pixel [J. G. Moik,1980]. L'utilisateur doit ensuite sélectionner au moins un pixel de départ et un pixel de fin appartenant au trait de côte, il peut également définir des points intermédiaires. L'algorithme va alors déterminer le trait de côte en reliant ces deux points en se basant sur les contours. Cependant, les paramètres déterminant le trait de côte devront avoir été déterminés. Cette recherche heuristique est très rapide grâce aux données entrées par l'utilisateur. Bien qu'efficace cette méthode repose beaucoup sur l'intervention de l'utilisateur qui doit d'abord lui-même identifier le trait de côte afin de pouvoir cliquer sur deux des pixels le composant.

II.1.1.2 Méthode par seuillage et morphologie mathématique

Jishuang [**Q. Jishuang and W. Chao,2002**], a développé une méthode basé sur le seuillage, il effectue donc un seuillage qui classera les pixels inférieurs au seuil comme appartenant à la mer et les pixels supérieurs au seuil comme appartenant à la terre. Cependant, un seuillage n'est pas suffisant, en effet il y aura des valeurs inférieures au seuil mais qui seront sur la terre, comme certains bâtiments, ou des objets sur la mer qui seront au-dessus du seuil, ainsi que de l'eau présente dans la terre mais qui ne sera pas reliée à la mer. Pour traiter ces problèmes, il classe donc les régions isolées à l'intérieur des deux grands régions que sont la terre et l'eau, en région isolée dans l'eau mais qui n'est pas de l'eau, région isolée dans la terre et qui n'est pas de l'eau, il élimine ces deux types de régions à l'aide des opérations d'ouverture et de fermeture, et enfin il a la classe des régions isolées dans la terre mais qui font partie de la côte. Ensuite, il connecte ces dernières régions en créant un chenal, qui est le plus court chemin entre ces régions et la région principale de l'eau. Ainsi, il obtient une image binaire dont il peut facilement extraire le trait de côte. Cette méthode donne de très bons résultats, son seul défaut réside dans le choix du seuil qui nécessite un expert ou une approche empirique.

II.1.1.3 Méthode par classification

Basée sur l'étude d'images Landsat ETM+, la méthode présentée par Bagli et Soille [**S. Bagli and P. Soille,2004**] nécessite d'entrer manuellement ou automatiquement des marqueurs qui seront les points de départ pour l'algorithme de croissance de régions, basé sur un critère de similarité, ou pour un algorithme de ligne de partage des eaux. L'algorithme de croissance de régions qu'il utilise est le suivant. A chaque étape, on ajoute un pixel non-assigné à la région voisine la plus similaire à ce pixel. On procède ainsi jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucun pixel qui n'appartienne pas à une région. Cet algorithme produit une tessellation de l'image en autant de régions que l'on avait de marqueurs. On obtient ainsi un ensemble de régions homogènes. Le trait de côte correspond alors aux frontières entre deux régions de natures différentes, une représentant de l'eau, l'autre de la terre. Pour déterminer ce que représente une région, ils utilisent les longueurs d'onde de certaines bandes, ce qui leur permet ensuite d'extraire le trait de côte. Ils obtiennent par cette méthode des résultats fiables à plus de 96%. Cependant, avec cette méthode il obtienne également les limites des lacs et cette méthode nécessite l'intervention d'un expert pour déterminer les points de départ des régions.

Krishna [**G. M. Krishna et al,2005**] présente différentes méthodes de classification. Il divise l'image en trois classes : l'eau, la terre et la transition entre les deux. Pour ce faire, il base chaque classification sur une bande ou un indice différent. La première est basée sur un double seuillage de la bande SWIR (Short-Wave Infra-Red), la deuxième sur un algorithme de classification ISODATA [**J. R. Jensen,1996**] (Iterative Self Organized Data Analysis) sur les bandes 2 (0.57-0.61 μm), 3(rouge) et proche-infrarouge. La troisième classification est basée sur une analyse en composantes principales des bandes 2(0.57-0.61 μm) et proche-infrarouge. La quatrième base sa classification sur l'indice NDVI. Enfin, la cinquième utilise le WI (Water Index) qui se calcule comme la somme des bandes visibles divisée par la somme des bandes infrarouges, cet indice permet également de classer les pixels en trois classes. Après comparaison, il apparaît que la meilleure des cinq classifications était celle basée sur la bande SWIR. Bien qu'elle obtienne de bons résultats, cette méthode nécessite l'intervention d'un expert pour déterminer les seuils du double seuillage, la rendant caduque pour un non-expert.

II.1.1.4 Comparaison et critique

L'observation du tableau 2.1, nous montre que souvent les méthodes de détection du trait de côte nécessitent une intervention de l'utilisateur, celle-ci peut-être légère (détermination de seuil) ou plus lourde (sélection de points sur l'image), dans tous les cas cette intervention limite la méthode à une utilisation par des TAB.1 – Comparaison des différentes méthodes de détection du trait de côte

TAB.1 – Comparaison des différentes méthodes de détection du trait de côte

Méthode	Type	Résolution	Bruit	Utilisateur
Bagli[4]	Multi/Pan	12,5,25	Non Traité	Requis
Dellepiane[13]	Radar	20	Traité	Requis
Heene[20]	Multi	N/A	Traité Non	Requis Non
Jishuang[25]	Multi	N/A	Traité	Requis
Karantzalos[26]	Multi/Pan	30,10,6,1	Traité	Requis
Krishna[29]	Multi	23	Non Traité	Non Requis
Loos[34]	Multi	1,4,10,15,20,30	Non Traité	Requis
Moctezuma[37]	Radar	20	Traité	Requis
Onana[40]	Radar	N/A	Traité	Non Requis

experts, ce qui ne devrait pas être le cas. De la même manière, on peut remarquer que certaines méthodes ne traitent pas le bruit, ce qui les limite aux images de bonne qualité, voire très bonne qualité, alors qu'une méthode d'extraction devrait être adaptée à des images contenant du bruit, ce qui est fréquent avec les images satellites. De plus, la plupart de ces méthodes sont limitées à une résolution bien particulière (sauf pour Loos et Karantzalos), elles ne sont donc adaptées qu'à un certain type d'images satellites, rendant difficile voire impossible l'étude de l'évolution au cours du temps du trait de côte, les résolutions des instruments ayant changées.

II.1.2 Détection des chenaux

Lohani [B. Lohani et al,2006] propose un algorithme pour extraire les réseaux de chenaux depuis une image aérienne. Il utilise en premier lieu le détecteur de contours de Sobel [R.C. Gonzalez and R.E. Woods,2003] sur la bande rouge. Il seuille cette image pour éliminer les magnitudes faibles, il supprime les contours qui ne sont pas des maxima le long de l'axe perpendiculaire à leur magnitude. Il applique ensuite un seuillage par hystérésis [J. Canny et al,1986] obtenant ainsi des contours plus continus. Il utilise une transformée de distance-avec-destination, qui est basée sur la transformée de distance euclidienne [K.R. Castelman,1996], mais qui comporte en plus la direction d'où vient la distance minimale. Dans l'image obtenue les distances maximales représentent les lignes centrales des chenaux et des zones non-chenales. Il met à zéro les valeurs des pixels ne représentant pas un maximum, et squelettise l'image résultante en utilisant la méthode de Zhang [T.Y. Zhang and C.Y. Suen,1984], il supprime ensuite les lignes de 2-3 pixels pour éviter qu'elles ne

perturbent les étapes suivantes. L'étape suivante consiste à sélectionner sur l'image originale des points représentant des chenaux, l'utilisateur doit donc cliquer un certain nombre de points. Ces points sont ensuite utilisés dans un algorithme ISODATA [J. R. Jensen,1996]. Une fois les clusters obtenus il les classe en utilisant la distance de Mahalanobis [J.A. Richards,1993], il calcule la distance de chaque pixel de chaque cluster par rapport au pixel moyen du cluster. Il trie ainsi les pixels et calcule un EPV (Estimated 'P' value) qui lui permet de déterminer si un pixel appartient à un chenal. L'étape suivante consiste à partir des points sélectionnés manuellement et trouver la ligne du squelette la plus proche en utilisant les directions déterminées précédemment. Ensuite, toutes les lignes de squelettes trouvées et classées comme chenal sont gardées. Il faut maintenant compléter et relier les différents chenaux, pour ce faire, l'auteur localise les points terminaux et extrapole les chenaux pour les relier à d'autres points terminaux en utilisant l'interpolation rationnelle [W. H. Press et al,2002]. Cette méthode laisse encore certains chenaux non connectés au réseau des chenaux, ces chenaux sont ignorés car ils ont été éliminés par la classification, pour contrer cela il classe comme chenal toutes les lignes de squelette qui ont des points terminaux à chacune de leurs extrémités. Maintenant qu'il a le squelette du réseau des chenaux, il va l'étendre jusqu'aux contours en utilisant les directions déterminées précédemment, obtenant ainsi les chenaux complets. Cette méthode a comme défaut principal de nécessiter l'intervention de l'utilisateur qui doit déjà trouver les chenaux sur l'image et en cliquer certains points. Dans le cas où l'utilisateur ne serait pas un expert cela ne serait pas possible, sans compter que la moindre erreur de l'utilisateur entraînera une erreur de la méthode.

II.1.3 Extraction du réseau routier

Zhang [C. Zhang, S. Murai, and E. Baltasvias,1999] cherche à extraire le réseau routier d'une image satellite. Il commence par classifier et segmenter l'image en utilisant l'algorithme ISODATA [J. R. Jensen,1996] (Iterative Self Organizing Data Analysis Technique). Après segmentation les maisons sont des petites régions séparées les une des autres alors que les routes sont de longs objets. L'auteur se sert alors de la notion de grand axe d'une ellipse qui entoure un objet pour éliminer les maisons. Il utilise une granulométrie basée sur ce critère ce qui donne la distribution en taille des objets dans une image, lui permettant de définir un seuil de taille en dessous duquel les objets ne sont pas des routes. Il pratique alors une ouverture triviale avec cette taille pour éliminer les objets n'étant pas des routes. Il applique ensuite une fermeture pour boucher les trous. Afin d'enlever les petits chemins, il pratique une ouverture en utilisant un élément structurant dont la taille est la largeur de la route principale. Il élimine ensuite les maisons qui restaient encore en réappliquant une ouverture triviale. Cette ouverture ayant créé des trous dans le réseau routier, il réapplique une fermeture pour combler les trous. Il reste ensuite des morceaux de route non connectés, pour les reconnecter, il réduit le réseau routier à une largeur de 1 pixel, ensuite pour chaque point final il regarde si dans un certain rayon, il y a un autre point final, si c'est le cas il les reconnecte pour compléter le réseau routier. Cette méthode simple a cependant ces limites, elle ne pourra détecter des routes non continues ou abimées (chute d'arbre, tunnel...), elle n'éliminera pas les chemins secondaires aussi larges que la route (descente de garage ou entrée de propriété), elle ne pourra dans la même image détecter des routes sombres et des routes claires (goudron, sable, terre).

Géraud [T. Géraud and J.-B. Mouret,2004] a mis au point une méthode basée sur les champs de markov et la morphologie mathématique. La première étape est de choisir une image où les routes peuvent être facilement mise en évidence (par exemple une bande où elles sont plus claires que leur environnement). Il filtre ensuite l'image par une ouverture d'aire suivie d'une ligne de partage des eaux. Grâce à l'ouverture la ligne de partage des eaux est améliorée. L'auteur construit ensuite un graphe d'adjacence de courbe basé sur la ligne de partage des eaux, où chaque noeud représente une ligne de partage et chaque branche relie deux noeuds dont les lignes de partage qu'ils représentent sont connexes. Le problème revient à présent à définir si chaque noeud représente ou non de la route. Géraud modélise ce problème en utilisant les champs aléatoires de Markov [S. Geman and D. Geman,1984]. Il se base sur deux types d'informations utilisables pour déterminer si un noeud est ou non une route, en premier lieu la forme, une route est en général une ligne droite avec une valeur constante pour les pixels la composant ensuite une route est connecté à une autre route, il est rare que les routes s'arrêtent d'un coup. Son approche est proche de celle de Tupin [F. Tupin et al,1998]. Il définit d'abord la courbure des lignes, ainsi que la variance de ces courbures. Il utilise ensuite ce qu'il appelle le premier terme d'énergie qui est calculé à partir de la courbure, de sa variance et des intensités des pixels composant le noeud. Il définit ensuite le deuxième terme d'énergie qui va permettre d'étiqueter les noeuds connexes définissant ainsi les informations contextuelles nécessaires à l'identification du noeud courant. Finalement, l'algorithme de recuit simulé [S. Kirkpatrick et al,1983] est utilisé pour résoudre le problème en utilisant les deux termes d'énergie, obtenant ainsi le réseau routier. Le principal problème de cette méthode est le besoin d'avoir une image idéale où la route ressort par rapport au reste de l'image et est prévu pour des routes droites ou à courbure faible ou constante, ce qui exclut les routes de montagne. Le schéma général de l'approche est donnée en figure .6

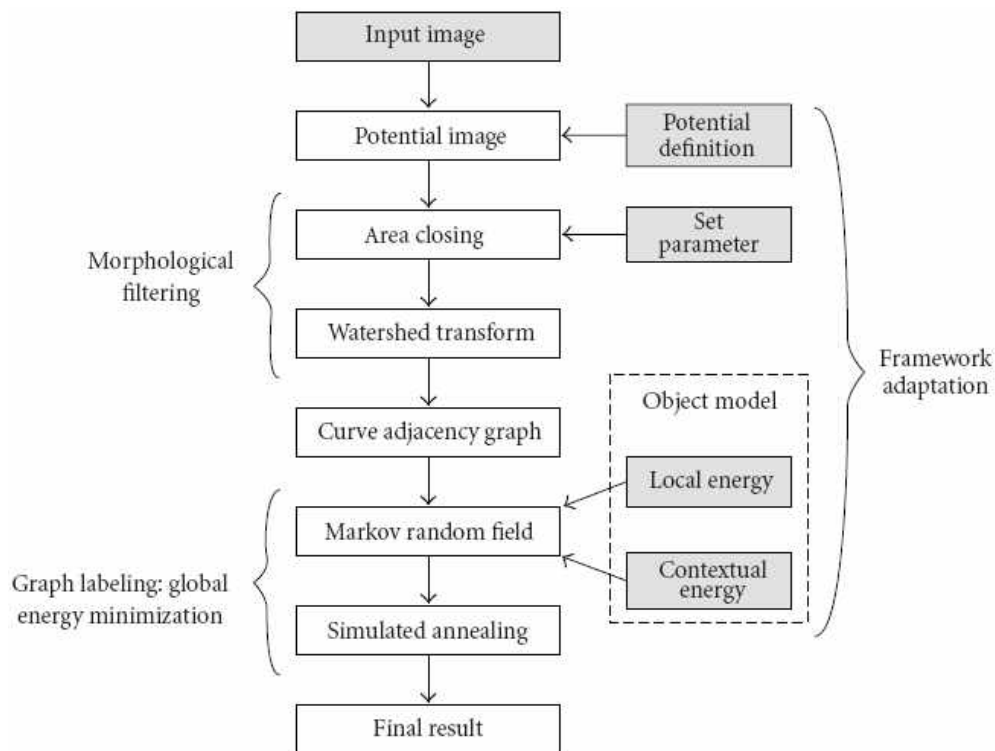


Figure 6 : Schéma de la méthode de Géraud (les boites grises sont les paramètres à définir)

II.1.4 Extraction du bâti

Matti-Gallice [C. Matti-Gallice and C. Collet,2004] a défini deux méthodes pour extraire le bâti d'images satellites. Ces deux méthodes diffèrent dans leur première étape, appelée étape de rehaussement d'information. La première utilise ce que l'auteur appelle Texture par Morphologie Mathématique, qui est en fait l'addition d'un bottom-hat et d'un top-hat, soit la différence entre une ouverture et une fermeture. La deuxième méthode utilise le gradient morphologique, c'est à dire la différence entre une érosion et une dilatation. Ces deux méthodes ont profondément modifié le contenu informatif de l'image originale, depuis un assemblage de pixels de valeurs différentes à des textures caractéristiques du bâti et du non bâti. Pour mettre en évidence, sur la nouvelle image, les structures du bâti, l'auteur utilise la reconstruction géodésique qu'il applique comme Legevey-Padovani [A. Legevey-Padovani and C. Mering,1997]. Les routes et les fleuves interférant avec une détection correcte du bâti, l'auteur a utilisé un masque des routes et des fleuves afin de les retirer de l'image pour qu'ils ne perturbent pas l'extraction du bâti. Cette méthode obtient des résultats relativement intéressants mais reste restreinte car elle nécessite d'avoir un masque représentant les routes et les fleuves, de plus lors de la reconstruction géodésique l'auteur précise qu'il faut beaucoup d'essais pour définir la meilleure taille pour l'élément structurant.

Lefèvre et al [S. Lefèvre et al,2007] ont développés une méthode basée sur l'opérateur de transformée en tout ou rien en binaire. La première étape consiste donc à binariser l'image, mais plutôt que de la binariser avec un seuil, les auteurs binarisent l'image plusieurs fois en utilisant une classification non-supervisée basée sur l'histogramme de l'image. Ils obtiennent ainsi plusieurs images binaires (clusters) correspondant à des tranches de niveaux de gris représentatives. Un bâtiment pouvant être composé de parties présentes sur différentes images binaires (variations de couleur du toit par exemple), ils additionnent les clusters par deux, trois ou plus. Pour éliminer les objets plus petits qu'un bâtiment, les auteurs utilisent une ouverture, dont la taille de l'élément structurant est défini par une granulométrie bi-dimensionnelle, le pic principal de la granulométrie étant la taille en dessous de laquelle tous les objets seront enlevés, si cette taille est trop faible, le cluster est ignoré. La méthode consiste ensuite en des applications de la TTR avec des éléments structurants de taille variable afin d'identifier tous les bâtiments quelquesoit leur taille sur chaque cluster. L'ultime étape est une reconstruction géodésique permettant d'obtenir l'image des bâtiments détectés. Cette méthode est simple mais coûteuse en temps de calcul, de plus elle ne permet de détecter que des bâtiments de forme rectangulaire.

II.1.5 Segmentation et classification

Chen [Q. Chen et al,2004] a utilisé l'algorithme de la Ligne de Partage des Eaux. Sa méthode utilise en premier lieu un gradient d'homogénéité local [F. Jing et al,2003]. Sur l'image du gradient il applique l'algorithme de Ligne de Partages des eaux de Smet [P.D. Smet and R.L. Pires,2000] qui, comme tous les algorithmes de ligne de partage des eaux produit une sur-segmentation, c'est à dire que le nombre de régions trouvées dans l'image est trop important. Pour limiter la sur-segmentation l'auteur définit deux seuils, le seuil du minimum local, ainsi tous les pixels dont la valeur dans l'image gradient est inférieure à ce seuil seront des minima locaux, il définit également le seuil de taille, ainsi tous les bassins inférieurs à une certaine taille seront enlevés car considé-

II.1.6 Méthodologie de traitement des images satellitaires

Dans cette partie et pour tester la cartographie des différentes lithologies sur l'image satellite nous avons suivi les étapes suivantes (figure 7) :

- Nous avons d'abord traité les images satellitaires en utilisant le logiciel ENVI 4.5. Les traitements utilisés sont les filtres directionnels, les compositions colorées, l'analyse en composantes principales (ACP) et les rapports de bandes.
- Nous avons ensuite appliqué les filtres directionnels sur les images traitées par l'ACP (les trois premières bandes de l'ACP) pour obtenir les cartes linéamentaires.
- Ces différentes images issues des traitements sont ensuite importées dans Adobe Illustrator dans des calques différents. Les images traitées par les compositions colorées, l'analyse en composantes principales (ACP) et les rapports de bandes seront utilisées pour une analyse lithologique des formations de la zone étudiée.
- Les images traitées par les filtres directionnels sont utilisées pour tracer les linéaments dans Adobe Illustrator. Les cartes obtenues sont ensuite introduites dans SPO pour obtenir le nombre et les directions des linéaments. Ces données ont été ensuite utilisées pour tracer les rosaces de direction à l'aide du logiciel Rose.

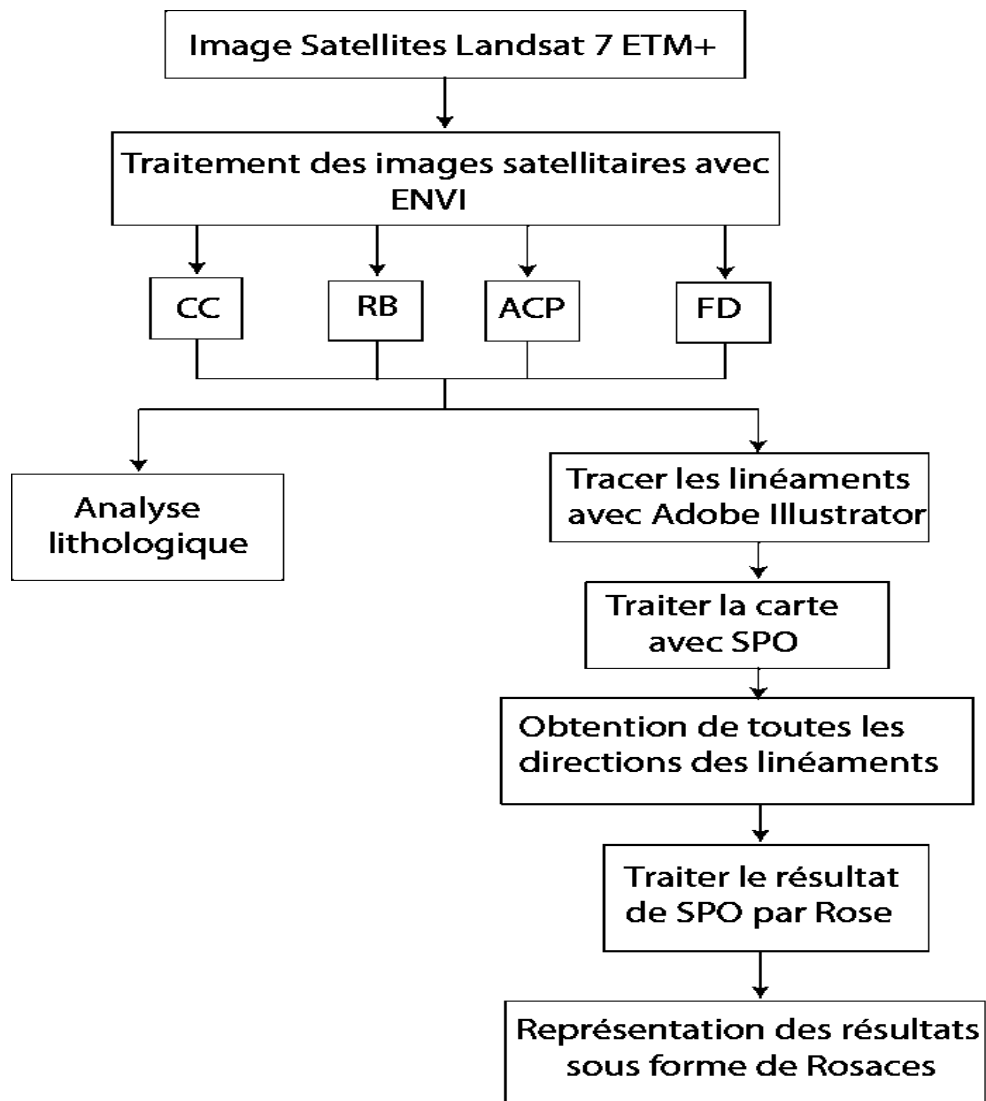


Figure 7: Organigramme de la méthodologie de travail

II .2. Les outils utilisés

Description des logiciels utilisés dans le SIG

Plusieurs logiciels utilisés dans le SIG parmi ils :

ENVI 4.5, Adobe Illustrator CS, SPO v6 et Rose

2.1.0. Les deux premiers sont des logiciels commercialisés, les deux autres sont des logiciels gratuits.

II.2.1. Le logiciel ENVI

Le logiciel ENVI est un logiciel commercial complet de visualisation et de traitements d'images issues de la télédétection. Toutes les méthodes de traitement d'images de corrections géométriques, radiométriques, de démixage radiométrique, de classification et de mise en page cartographique sont présentes. D'autres outils relatifs à la visualisation et à la modélisation de données topographiques sont aussi disponibles.

II.2.2. Adobe Illustrator

C'est un logiciel de création graphique vectorielle de référence dans les environnements professionnels. Il fait partie de la gamme Adobe et peut être utilisé indépendamment ou en complément de Photoshop. Les images vectorielles sont constituées de courbes générées par des formules mathématiques. L'un des outils principaux d'Illustrator étant « la plume » qui permet de tracer des courbes à l'aspect parfait grâce au placement de points d'ancrage et de tangentes qui vont en modifier la courbure. L'un des avantages des images vectorielles est qu'elles ne sont pas dépendantes de la résolution, c'est-à-dire qu'elles ne perdent pas en qualité si on les agrandit

(Wikipedia, http://fr.wikipedia.org/wiki/Adobe_Illustrat)(2).

La version Adobe Illustrator CS est offre des outils de dessin vectoriel puissants.

Utilisation d'Adobe Illustrator pour tracer les linéaments à partir des cartes qui ont subi un traitement par filtrage directionnels

(figure 8). Ces cartes linéamentaires seront ensuite traitées par le logiciel SPO.

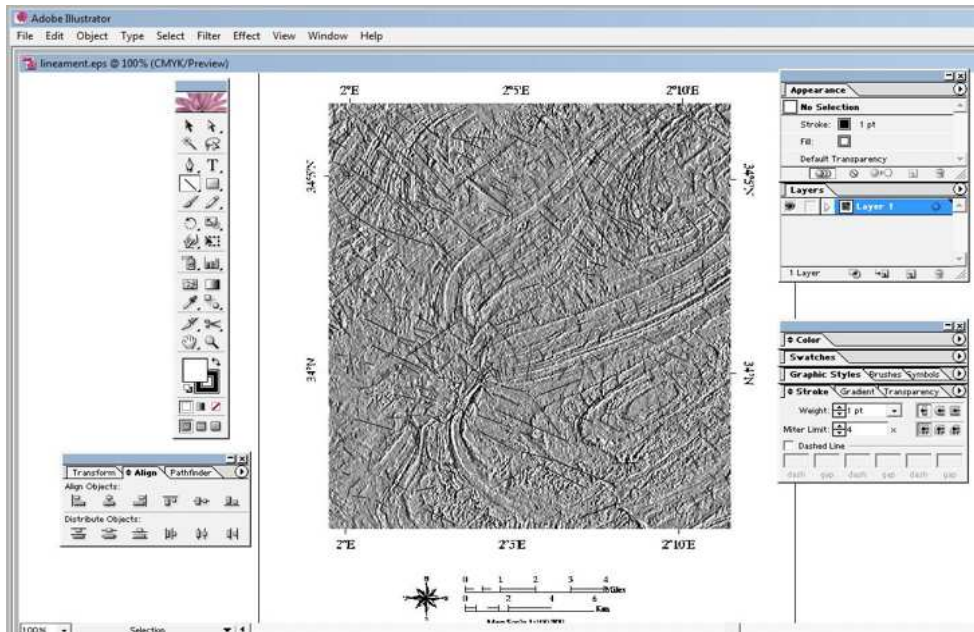


Figure 8 : Cartes de linéaments réalisés avec Adobe Illustrator.

II.2.3. SPO 2003 Orientation préférentielle des formes

(Launeau et Robin, 2008,

[http://www.sciences.univ-nantes.fr/lpgnantes/lpg/fichiers/launeau-\(3\)\(p/Programmes/InstallSPO.zip\)](http://www.sciences.univ-nantes.fr/lpgnantes/lpg/fichiers/launeau-(3)(p/Programmes/InstallSPO.zip))

Ce logiciel a été élaboré pour des études de CSD (Cristal Size Distribution, voir Higgins, 2000 et Higgins, 2002 pour la présentation de la méthode), qui lient, dans les roches magmatiques et particulièrement volcaniques, les variations de taille et d'orientation d'un minéral donné à la présence de différentes générations de ce minéral. Nous l'utilisons, pour notre part, pour compter les linéaments, leur longueur et leur direction (opération qui prend quelques secondes pour des cartes qui peuvent comporter plusieurs centaines voire des milliers de linéaments). Ce logiciel nous permet de calculer automatiquement pour chaque dyke sa longueur et son orientation...etc.

Une fois le traçage des linéaments avec Adobe Illustrator terminé, le calque est alors enregistré sous format « BMP », le format qui est reconnu par le logiciel SPO. On charge alors l'une des images BMP, dans SPO en appuyant sur la touche « Nouvelle

image », une fois que celle-ci apparaît, on appuie sur le bouton « calcul » comme le montre la figure 9. La dernière étape, lorsque le calcul est terminé, consiste à demander le tableau correspondant, sur lequel nous obtenons le nombre de dykes représenté dans l'image avec la direction et la longueur de chacun d'entre-eux.

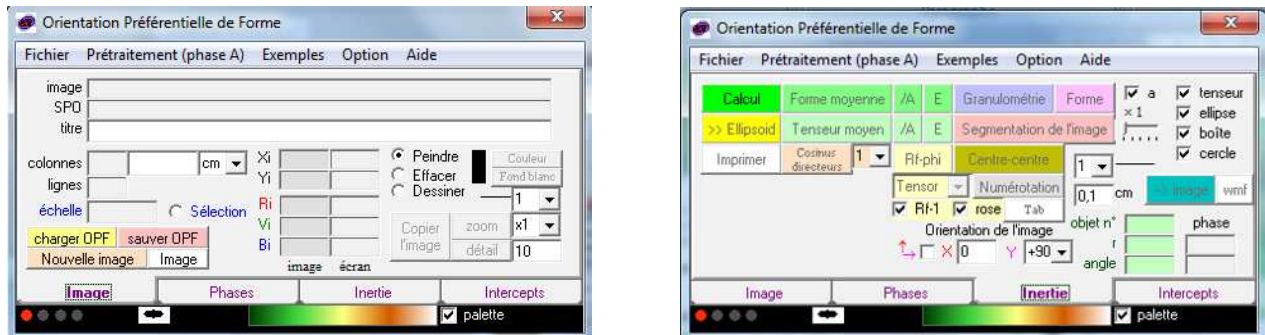


Figure 9 : Interface du logiciel SPO

II.2.4. Rose

(Thompson, 2001 – 2004, <http://mypage.iu.edu/~tthomps/programs/>),(4)

C'est un logiciel qui permet de représenter graphiquement la répartition statistique de l'orientation de linéaments (failles, dykes, etc.).

Le logiciel est très facile à utiliser. Une fois le logiciel lancé, on clique sur « File » puis « New ». Une fenêtre Rose Diagram apparaît. On clique sur « Data », on introduit nos données sur l'orientation des linéaments (dans notre cas, il s'agit des données obtenues avec le logiciel SPO) (figure 10a). Une fois

les données introduites dans « Data », on clique sur « Rose » et la rosace apparaît (figure 31b).

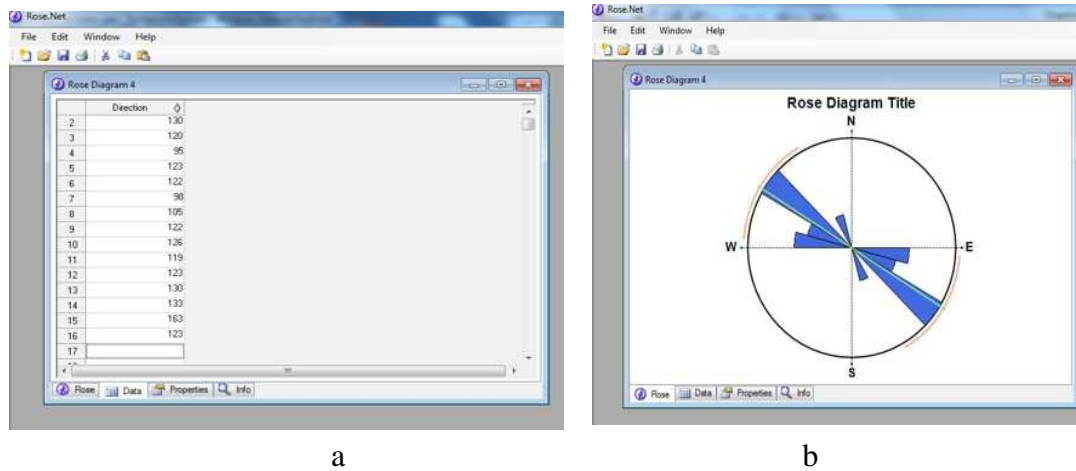


Figure 10: Interface du logiciel Rose. a. Introduction des données sur l'orientation des linéaments dans « Data ». b. La rosace des directions apparaît en cliquant sur « Rose ».

II.2.5 logiciel MapInfo

Map Info est un logiciel modulaire qui s'articule autour du logiciel MapInfo Professional® version 6.5. Ce logiciel peut aussi bien être fourni en version mono poste que multi utilisateurs accessible par réseau. Pour plus de renseignement consultez les sites web :

- [http://w3.claritas.fr/france/secteur_public/\(5\)](http://w3.claritas.fr/france/secteur_public/(5)) pour le site du distributeur Claritas en France
- <http://www.mapinfo.com/> (6) pour le site du constructeur américain

1. MapInfo Professional V6.5 : est un outil de type Système d'Information Géographique qui sert à créer de l'information géographique, à traiter de l'information et à la cartographier.

Pour simplement visualiser de l'information géographique au format Mapinfo, le visualiseur MapInfo **ProViewer v6.5** gratuit est suffisant. En complément de MapInfo Professional®, il existe d'autres outils qui peuvent vous aider à régler vos problèmes. Ces outils ne seront pas abordés dans ce manuel mais simplement évoqués

2. Vertical Mapper™ est un outil de création et d'exploitation de l'Information Géographique sous forme de grilles (Grid) assez puissant (MNT, exploitation d'images raster en relief...). Vertical Mapper™ est un logiciel de type Plug-in, produit par la société canadienne NorthWood Geoscience qui s'utilise avec l'environnement MapInfo Professional®. Ce logiciel n'existe qu'en langue anglaise.

3. ChronoMap® et ChronoVia® (800 Euros) - logiciels de la société française Magellan Ingénierie - qui sont conçus pour le calcul d'itinéraires, l'optimisation de tournées et la recherche de proximité (isochrones).

4. **MapBasic®** est le langage de programmation qui permet de personnaliser une application MapInfo. Par exemple, étendre ses fonctionnalités cartographiques, automatiser des traitements répétitifs ou intégrer MapInfo dans d'autres applicatifs. MapBasic® contient des procédures permettant, en quelques lignes de code, d'intégrer la dimension géographique dans vos applications en y exploitant des cartes et des fonctions cartographiques. Les programmes MapBasic® sont facilement intégrables dans des développements réalisés dans d'autres langages tels que Visual basic, Delphi, C++, PowerBuilder... La version 5 .5 de MapBasic fonctionne avec Map Info V 6.xx. Ce logiciel n'existe qu'en langue anglaise.
5. **MapInfo MapXTM 4.5**
est l'ActiveX cartographique des développeurs d'applications MapInfo
6. **MapXtreme Java Edition pour Internet**, est une solution cartographique " 100% Pure Java™ ". Portable sur toutes les plate-formes (Unix ou Windows NT), MapXtreme Java Edition pour Internet est une solution pour intégrer les applications cartographiques sur Internet/ Intranet

Il existe une mailing list des utilisateurs francophones de Map info très utile pour se tenir au courant des évolutions des produits ou de leurs évolutions à l'adresse :

[\(7\) http://geomatique.georezo.net.](http://geomatique.georezo.net)

Les données fournies avec le logiciel Map Info Professional®

Construire une SIG, c'est croiser des données thématiques professionnelles avec des données génériques vecteurs ou raster. En standard, MapInfo Professional est livré avec quelques jeux de données. Mais celles-ci sont à vocation purement pédagogique de manière à assurer la prise en main du logiciel par l'acquéreur.

Pour s'équiper des données qui conviennent le mieux à vos applications particulières, il faut rechercher des données vers les producteurs institutionnels ou leurs distributeurs.

II.2.6 ARCGIS

ArcGIS est l'un des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) les plus utilisés. Ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales. Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre ces différentes couches est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées.

Les différentes couches d'informations sont descriptives d'un espace géographique terrestre déterminé. Elles peuvent correspondre à des documents cartographiques représentant des objets thématiques géographiquement identifiés (carte de type IGN, photographies aériennes, images satellitaires, etc.) ou issus des analyses et des procédures de spatialisation (carte de la teneur en eau du sol, carte topographique, carte de la hauteur des arbres dans un peuplement forestier, etc.).

Le logiciel ArcGIS 8.2 comprend quatre applications principales :

ArcCatalog ArcMap ArcToolbox ArcReader

Chapitre III

SIG et le Littoral

III. SIG dans le Littoral :

Si l'intérêt des SIG pour l'environnement littoral est reconnu depuis plusieurs décennies ; c'est seulement à partir des années 1990 que les applications se sont diversifiées et multipliées, utilisant alors les progrès technologiques réalisés en informatique et surtout les données d'observation " (in situ et télédétection) de plus en plus nombreuses.

Le SIGL :

- peut intervenir en tant qu'outil d'appui au développement durable d'un littoral donné.
- respecte les spécificités particulières que représente un littoral.
- conçu pour répondre et soutenir l'aménagement, la gestion et le développement de ces zones sensibles.

III.1. Représentation des enjeux :

La gestion partagée, au cœur du processus de gestion intégrée, implique le partage des informations relatives à tous ces enjeux pour l'élaboration d'une plate-forme commune d'objectifs, sur la base de compromis. Dans ce contexte, il est essentiel de pouvoir juxtaposer et comparer, sur une base géographique commune les données « métier » de chaque partenaire de la GIZC.

III.2. Cartographie des ressources :

L'exploitation optimal mais durable des zones côtière nécessite de disposer de la cartographie actualisée des ressources, renouvelables ou non. En effet, c'est souvent sur la question de l'utilisation ou de la répartition des ressources que se posent des problèmes délicats de recherche de compromis, que ce soit entre des intérêts particuliers ou entre l'intérêt général et des intérêt particuliers. On peut ainsi évoquer la question des ressources halieutiques, de plus en plus disputées dans les zones touristiques entre pêcheurs plaisanciers et les pêcheurs professionnels, celle des ressources en eau sujette à une surexploitation liée au tourisme et aux loisirs, aggravée parfois par des activités très consommatrices comme l'agriculture.

III.3.Représentation des contraintes : Idéalement, les contraintes associées à chaque enjeu ou à chaque activité devraient trouver leur représentation dans un SIG littoral, notamment :

- *En termes d'exigence* : espace, périodes, ressources ;
- *En terme d'interactions* : il convient de représenter toutes les incompatibilités (entre activités, avec la protection ou le statut de la zone occupée) ;
- *En terme d'impact environnemental* : associé à chaque activité (panache d'effluents, impacts paysagers, bruit, odeurs) ;
- *En termes de risques* : L'élaboration de compromis ou la prévention des conflits potentiels, implique en effet le croisement de diverses contraintes s'exerçant sur le littoral.

III.4.Gestion : La gestion intégrée est complexe et multidisciplinaire. Elle s'appuie sur de nombreux paramètres, très souvent spatialisés, comme c'est le cas pour la plupart des impacts et des conflits. La représentation dans un système unique de tous ces paramètres est une assistance unique à la décision et à la gestion, ce qui explique pourquoi tout projet de gestion implique nécessairement la mise en place d'un *Système d'Information Géographique* capitalisant notamment les données, des modèles reliant actions et effets attendus, des indicateurs de gestion, la programmation et le suivi des actions de surveillance et de contrôle.

III.5. Suivi et évaluation: Dans le processus dynamique que constitue la gestion intégrée le suivi tient une place très importante car c'est notamment en fonction des impacts observés ou de l'évolution des objectifs que sont prises les décisions de gestion et que sont éventuellement adaptés les objectifs ou le calendrier pour les atteindre. Les données utilisées pour le suivi concernent tous les « piliers » du développement durable

- Aspects écologiques ;
- Aspects économiques ;
- Aspects sociaux.

Sur un territoire étroit que l'on cherche à gérer de manière optimale, il convient de cartographier finement les nombreux paramètres dans l'espace et dans le temps. L'évaluation est un volet important d'une saine gestion. Elle suppose la production régulière d'indicateurs, parfois confondus avec les indicateurs de gestion, qui sont généralement basés sur des données recueillies lors des suivis.

III.6.Information et communication :

La gestion en commun implique la mise à disposition de l'information. Il est évident que les décisions concertées ne peuvent être prises que si tous les partenaires partagent la même information. La mise à disposition d'informations suppose aussi un support commun de connaissances, utilisant des références communes (géographiques, symboliques, temporelles), et capable de générer des synthèses accessibles à un large public. Si l'information est essentielle aux acteurs directs, la communication est primordiale pour l'adhésion du public aux contraintes de gestion ou de financement. Ceci implique de pouvoir fournir à chacun une information à son niveau de besoin en termes de thématique ou de complexité, de tendances et de perspectives.

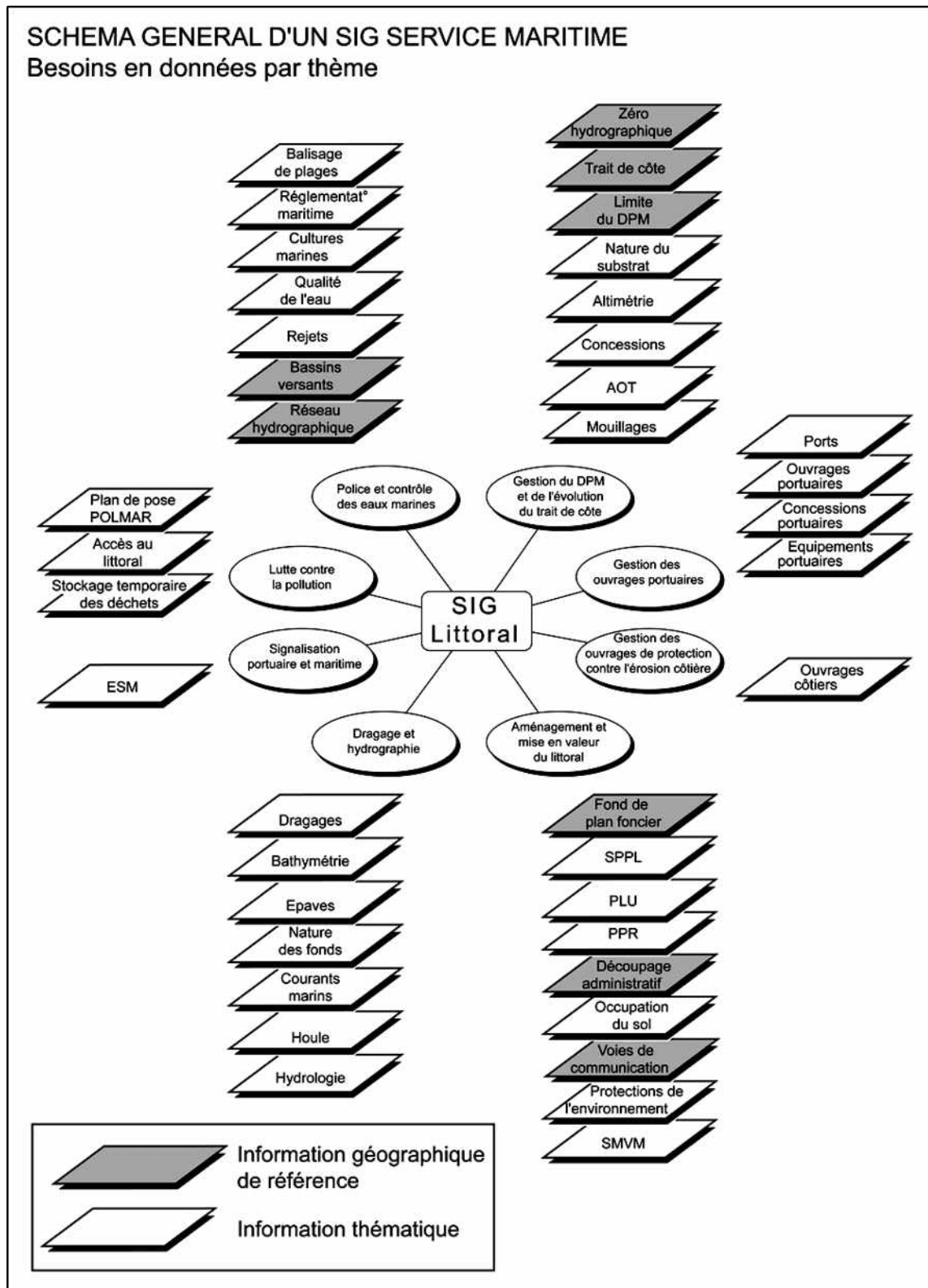


Figure 11 : présentation d'un SIG service maritime besoins en données par thème

III.7. Exemple d'intégration des données de télédétection et SIG en zone littoral : cartographie du changement du trait de côte.

L'évolution du trait de côte constitue un thème majeur de l'évolution de l'environnement côtier : 50 % des rivages marins de la terre régressent (**Robin, 2002**). Ainsi, l'érosion du littoral est l'un des problèmes environnementaux les plus critiques pour les L'élévation du niveau de la mer, en liaison avec le réchauffement de la Terre provoqué par l'effet additionnel de serre d'origine humaine aura des conséquences sur certains espaces littoraux (**Paskoff, 2001**). En effet, le volume de la plupart des glaciers diminue avec le réchauffement du climat. L'eau douce provenant de cette fonte va faire monter le niveau de la mer, modifierait la salinité des eaux, et les courants marins. Le réchauffement de l'eau des océan entraînera lui aussi une hausse du niveau de la mer puisque les eaux chaudes occupent un plus grand volume que les eaux froides. l'élévation du niveau de la mer qui va se répercuter sur les côtes basses (**UNESCO, 2005**).

L'étude diachronique des évolutions des côtes est basée sur la comparaison des plans cadastraux, des photographies aériennes multi-dates et des images satellitaires ainsi que sur une approche naturaliste classique associée à des mesures de terrain. Il est important d'identifier ces milieux fragiles, en particulier lorsque les enjeux socio-économiques qu'ils représentent sont importants. Il convient que l'aménagement des côtes prenne en compte l'ensemble des risques littoraux: recule des traits de côtes, submersions marine, salinisation des nappes phréatiques d'eau douce et engraissement des ouvrages portuaires. L'image prise depuis l'espace, donne une bonne réponse sur les niveaux d'humidité du sable, reconnaissance des systèmes de barres, limite eau/terre. Elle permet aussi une bonne séparation des écosystèmes côtiers.

pays côtiers d'Afrique de l'Ouest. En effet, l'océan Atlantique engloutit en moyenne un à deux mètres de plage par an.

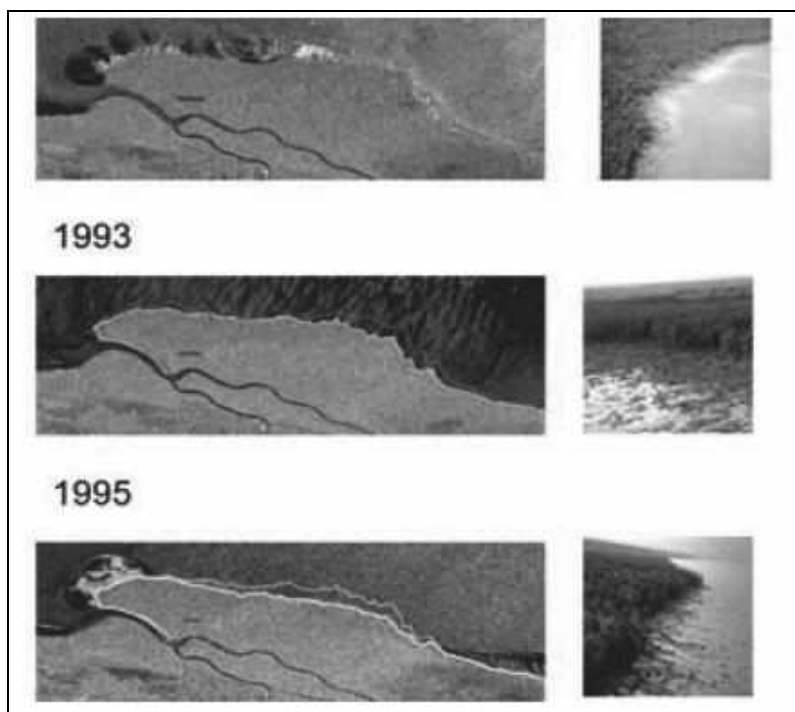


Figure 12 : Evolution de traits de côtes entre 1993 et 1999. Guyane française.
(Source : Rudant, 1997).

III.8. SIG dans la démarche GIZC:

Il est unanimement admis que la cartographie constitue une des assises fondamentales de la planification tant à l'échelle locale, régionale, nationale qu'internationale. « Dessiner » le monde aide à sa compréhension : en offrant la possibilité d'afficher, d'étudier l'emprise spatiale des phénomènes ainsi que les interactions spatiales qu'ils génèrent. Dans ce domaine le SIG représente la synthèse des progrès réalisés dans le traitement numérique de l'information géographique en rendant possible une approche structurée, cognitive de l'information géographique sur un même territoire à travers un ensemble coordonné d'opérations informatisées.

Le SIG est un outil de localisation (observatoire fonciers, atlas des logements sociaux, observatoire du développement urbain et économique, atlas du patrimoine...), il sert aussi d'outil de gestion (gestion du patrimoine, gestion des droits des sols...), enfin il est utilisé comme outil d'aide à la décision pour : le choix du site, la planification, le diagnostic de territoire et pour étudier les enjeux littoraux.

A ce titre, le SIG, constitue un élément clé, en particulier grâce aux potentialités qu'il offre pour l'intégration de données spatialisées de source, d'échelle et de nature variées. Leur utilisation est devenue courante pour la gestion des zones côtières.

Conclusion Générale

Conclusion générale

La bande côtière séduit d'emblée par la beauté de ses sites, la mer lui confère notoriété, attractivité, et un rôle stratégique dans les perspectives de développement grâce à ses particularités paysagères, socio-économiques et ses caractéristiques physiques et climatiques remarquables. En effet le littoral abrite un grand nombre d'écosystèmes parmi les plus complexes, les plus divers et les plus productifs de notre planète.

Autrement, Le littoral a des potentialités économiques, qui constituent des ressources essentielles pour les zones côtières. La préservation des usages liés à la mer et leur développement est une condition nécessaire à la vitalité du littoral. La cohabitation de ces usages pose certains problèmes, en particulier la dégradation possible de l'environnement. Il y a donc un véritable enjeu de faire cohabiter l'ensemble de ces activités. Cet enjeu est obligatoirement complété par un enjeu de développement durable qui implique une préservation des espaces et des richesses naturelles,

Pour que le littoral conserve sa productivité et ses fonctions naturelles, il faut améliorer la planification et la gestion de son développement et élaborer et base de données pour leur gestion.

Dans ce contexte, notre objectif d'intégrer des données satellitaires dans un SIG pour la gestion du littoral.

On a bien détail dans notre étude, l'importance de gestion du littoral puis la notion SIG et ses composantes.....

Afin d'arriver à l'application des données de la télédétection pour bien vouloir gérer le littoral

Bibliographie

- A. Legevey-Padovani and C. Mering. Apport des opérateurs de morphologie mathématique à l'extraction des failles à partir d'images spot panchromatique - exemple de la faille de huacra-huacra (sud-pérou). *Photo Interprétation*, 3 - 4 :209 – 217, 1997.
- A. Tessa, «Economie touristique et aménagement du territoire», O.P.U, 1993
- B. Lohani, D.C. Mason, T.R. Scott, and B. Sreenivas. Extraction of tidal channel networks from aerial photographs alone and combined with laser altimetry. *International Journal of Remote Sensing*, 27 :5–25(21), Janvier 2006.
- C. Matti-Gallice and C. Collet. Morphologie mathématique et échelle : extraction du bâti à différentes résolutions spatiales. *Revue Internationale de Géomatique*, 10(10) :441 – 463, 2004.
- C. Thompson and L. Shure. Image processing toolbox. The Math Works Inc., 1993.
- C. Zhang, S. Murai, and E. Baltsavias. Road network detection by mathematical morphology. In *ISPRS Workshop "3D Geospatial Data Production : Meeting Application Requirements"*, pages 185 – 200, 7-9 avril 1999.
- E.A. Loos and K.O. Niemann. Shoreline feature extraction from remotely-sensed imagery. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, volume 6, pages 3417 – 3419, 2002.
- F. Jing, M.J. Li, H.J. Zhang, and B. Zhang. Unsupervised image segmentation using local homogeneity analysis. In *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, volume 2, pages 456 – 459, 2003.
- F. Tupin, H. Maitre, J.-F. Mangin, J.-M. Nicolas, and E. Pechersky. Detection of linear features in sar images : application to road network extraction. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(2) :434 – 453, 1998.
- G. Heene and S. Gautama. Optimisation of a coastline extraction algorithm for object-oriented matching of multisensor satellite imagery. In *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, volume 6, pages 2632 – 2634, 2000.
- G. M. Krishna, D. Mitra, A.K. Mishra, Sh. Oyuntuya, and K. Nageswra Rao. Evaluation of semi-automated image processing techniques for the identification and delineation of coastal edge using IRS, LISS-III image. *International Journal of Geoinformatics*, 1(2), juin 2005.
- J. Canny. A computational approach to edge detection. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 8(6) :679–698, 1986.
- J. G. Moik. *Digital Processing of Remotely Sensed Images*. NASA, Washington, D.C., 1980.
- J. R. Jensen. *Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1996.

- J.A. Richards. Remote Sensing Digital Image Analysis 2nd edn. Berlin : Springer-Verlag, 1993.
- J. Marcadon, et al. Les littoraux espaces de vies, SEDES. 1999
- K. G. Karantzas, D. Argialas, and A. Georgopoulos. Towards automatic detection of coastlines from satellite imagery. In 14th International conference on Digital Signal Processing, volume 2, pages 875 – 880, 2002.
- K. White and H. E. Monitoring changing position of coastlines using thematic mapper imagery, an example from the Nile delta. *Geomorphology*, 29 :93 - 105, 1999
- K.R. Castelman. Digital image processing. New Jersey : Prentice Hall, 1996.
- L. J. van Vliet, I. T. Young, and G. L. Beckers. A nonlinear Laplace operator as edge detector in noisy images. *Computer vision, graphics, and image processing*, 45(2) :167–195, 1989.
- M. Moctezuma, B. Escalante, R. Mendez, J. R. Lopez, and F. Garcia. Coast-line detection with polynomial transforms and Markovian segmentations. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, volume 1, pages 38 – 40, 1997.
- M.A.T.E. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement , Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement.2000
- P.D. Smet and R.L. Pires. Implementation and analysis of an optimized rain-falling watershed algorithm. In *Image and Video Communications and Processing*, volume 3974, pages 759 – 766, 2000.
- Q. Chen, C. Zhou, J. Luo, and D. Ming. Fast segmentation of high-resolution satellite images using watershed transform combined with an efficient region merging approach. In *Combinatorial Image Analysis, 10th International Workshop, IWCIA 2004, Auckland, New Zealand*, pages 621 – 630. Lecture Notes in Computer Science, 1-3 décembre 2004.
- Q. Jishuang and W. Chao. A multi-threshold based morphological approach for extracting coastal line feature in remote sensed images. In *FIEOS 2002 Conference*, volume XXXIV, part 1, 2002.
- R. Zeidler. Continental shorelines : climate change and integrated coastal management. *Ocean and Coastal Management*, 37(1) :41 – 62, 2007.
- R.C. Gonzalez and R.E. Woods. Digital image processing. Pearson Higher Education, 2003. 2nd edition.
- R.Paskoff, Les littoraux, Impact des aménagements sur leur évolution, 2^{ème} édition 256. Masson. 1993
- R. Paskoff, Le changement climatique et les espaces côtiers : l'élévation du niveau de la mer : risques et réponses : actes du colloque d'Arles, 12 et 13 octobre 170p. 2001
- S. Bagli and P. Soille. Automatic delineation of shoreline and lake boundaries from Landsat satellite images. In *ECO-IMAGINE*, 13-15 Mai 2004.

- S. Dellepiane, R. De Laurentiis, and F. Giordano. Coastline extraction from sar images and a method for the evaluation of the coastline precision. *Pattern Recognition Letters*, 25 :1461 – 1470, 2004.
- S. Geman and D. Geman. Stochastic relaxation, gibbs distributions, and the bayesian restoration of images. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 6(6) :721 – 741, 1984.
- S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt Jr., and M. P. Vecchi. Optimization by simulated annealing. *Science*, 220(4598) :671 – 680, 1983.
- S. Lefèvre, J. Weber, and D. Sheeren. Automatic building extraction in vhr images using advanced morphological operators. In *IEEE/ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas (URBAN)*, Paris, avril 2007.
- T. Géraud and J.-B. Mouret. Fast road network extraction in satellite images using mathematical morphology and markov random fields. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 16 :2503 – 2514, 2004.
- T.Y. Zhang and C.Y. Suen. A fast parallel algorithm for thinning digital patterns. *Communications of the ACM*, 27(3) :236 – 239, 1984.
- UNESCO. L'UNESCO a 60 ans. *Le nouveau courrier*, Nov. 2005. 76p.2005

- V.P. Onana, J. Mvogo Ngonu, H. Trebossen, J.P. Rudant, and E. Tonye. Coastline detection in sar images using texture analysis in textural or geometrical multi-resolution. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, volume 3, pages 1549 – 1551, 2001
- W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Wetterling, Flannery, and P. Brian. *Numerical Recipes in C : The art of scientific computing*, 2nd edn. Cambridge : Cambridge University Press, 2002.
- X. Yang. Remote sensing and gis applications for estuarine ecosystem analysis : an overview. *International Journal of Remote Sensing*, 26(23) :5347 – 5356, 2005.

Sources internet:

- 1 <http://www.ccrs.nrcan.qc.ca>).
- 2 (Wikipedia, http://fr.wikipedia.org/wiki/Adobe_Illustrat)
- 3 [http://www.sciences.univ-nantes.fr/lpgnantes/lpg/fichiers/launeau-\(\(p/Programmes/InstallSPO.zip](http://www.sciences.univ-nantes.fr/lpgnantes/lpg/fichiers/launeau-((p/Programmes/InstallSPO.zip))
- 4 (Thompson, 2001 – 2004, <http://mypage.iu.edu/~tthomps/programs/>),
- 5 http://w3.claritas.fr/france/secteur_public/
- 6 <http://www.mapinfo.com/>
- 7 <http://geomatique.georezo.net>.