



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM

Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique
Département de Mathématiques et d'Informatique
Filière : Informatique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique
Option : **Systemes d'Information Géo-décisionnels**

THEME :

La télédétection spatiale et SIG marine pour la
conception et la mise à jour de la carte marine
électronique de navigation

Etudiant : « **M. SOLTANE BENALLOU Charef** »

Encadrant : « **M. ABDALLAH BENSALLOUA Charef** »

Année Universitaire 2017-2018

Remerciements

En premier lieu, je remercie Dieu le tout puissant pour m'avoir donné le courage et la patience pour mener à bien ce travail, qu'il soit béni et glorifié.

J'ai une dette particulière de reconnaissance envers mon encadreur M.ABDALLAH BENSALLOUA Charef, qui en sa qualité de promoteur n'a ménagé aucun effort pour assurer mon encadrement et montrer une disponibilité constante pour parfaire ma formation et m'orienter pendant toute la durée de ce travail.

Je voudrais aussi remercier des personnes qui restent souvent dans le l'ombre et qui font qu'aujourd'hui j'en suis là. Je pense à tous les enseignants, qui m'ont transmis leur savoir et leur passion.

J'adresse aussi mes remerciements aux membres de jury qui ont bien voulu analyser et évaluer ce travail.

Je voudrais remercier les différentes personnes et organismes qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

Un grand merci à toute ma famille, mes amis et collègues pour m'avoir supporté et avoir subi mes états d'âme, dans les meilleurs moments comme dans les pires.

SOLTANE BENALLOU Charef

Résumé

Un des moyens permettant d'assurer la sécurité des navires en mer et par conséquent d'éviter les pollutions accidentelles, les collisions avec d'autres navires, obstacles artificiels ou naturels est de mettre à la disposition des marins des cartes marines de qualité, conformes aux moyens modernes de navigation (navigation par GPS). Malheureusement, actuellement, ces documents de navigation sont anciens pour nombre de zones côtières.

Les nouvelles techniques de télédétection satellitaire, associées aux énormes possibilités des systèmes SIG, ouvrent le monde de la conception et la mise à jour de la carte marine électronique de navigation. Pour actualiser plus rapidement ces cartes, des images à très Haute Résolution spatiale (THRS) provenant des satellites optiques de télédétection peuvent être utilisées.

L'approche adoptée dans cette étude concerne les techniques actuelles d'extraction automatique des objets géographiques du littoral les mieux définis par les géographes : Les détails topographiques naturels et artificiels, les Amers, les estrans et les l'installations portuaires, en appliquant une nouvelle approche de classification « Orientée-Objet » d'une image à THRS, associée aux techniques de la digitalisation manuelle de la partie marine, et l'intégration des résultats obtenues sous forme des couches vectorielles dans une base d'information géographique pilotée par un SIG normalisé, dont le but est de réaliser un système d'informations géographiques formalisé pour la cartographie marine de navigation.

Ce travail permettra de faciliter la tâche au personnel chargé de la manipulation des données (consultation, manipulation, mise à jour, visualisation graphique, etc...) liés à la cartographie marine et de fournir toutes les informations dans le temps et les délais opportuns.

Mots-clés

Carte marine, la mise à jour, zone côtière, images THRS, extraction des objets, classification Orientée-Objet, information géographique, système d'information géographique (SIG), carte marine électronique de navigation, Electronic Chart Display and Information System (ECDIS).

Abstract

One of the ways to ensure the safety of ships at sea and consequently to avoid accidental pollution, collisions with other ships, artificial or natural obstacles is to provide seafarers with high-quality, compliant charts. modern means of navigation (GPS navigation). Unfortunately, currently, these navigation documents are old for many coastal areas.

New satellite remote sensing techniques, combined with the enormous possibilities of GIS systems, open up the world of the design and updating of the electronic navigational chart. To update maps of high spatial resolution (THRS) images from remote sensing optical satellites more quickly.

The approach adopted in this study concerns the current techniques of automatic extraction of geographical objects of the littoral best defined by the geographers: the natural and artificial topographical details, the foreshores and the port facilities ..., by applying a new "object-oriented" classification approach of a THRS image, combined with the techniques of manual digitization of the marine part, and the integration of the results obtained in the form of vector layers into a geographic information database driven by a Standardized GIS, the purpose of which is to produce a formalized geographic information system for marine navigation cartography.

This work will make it easier for data manipulation personnel (consultation, manipulation, updating, visualization, graphics, etc.) related to marine mapping and to provide all information in time and timely manner.

Keywords

Marine Chart, Coastal Zone Update, THRS Images, Object Extraction, Object-Oriented Classification, Geographic Information, Geographic Information System (GIS), Electronic Navigational Chart, Electronic Chart Display and Information System (ECDIS).

Table des matières

Remerciements	I
Résumé	II
Abstract.....	III
Table des matières.....	IV
Liste des figures	VI
Liste des tableaux.....	VIII
Sigles et abréviations	IX
Introduction générale.....	1
Chapitre I Systeme d'information géographique d'aide à la navigation maritime	4
I.1 Information géographique et le systeme d'information.....	4
I.1.1 Introduction	4
I.1.2 Information géographique (IG)	5
I.1.3 Système d'informations géographiques (SIG)	8
I.2 l'apport des sig dans le domaine maritime	14
I.3 Conclusion	18
Chapitre II La carte marine de navigation	19
II.1 Introduction	19
II.2 Définition d'une carte marine.....	19
II.3 La standardisation.....	19
II.4 La carte marine officielle.....	20
II.4.1 Les cartes papier.....	20
II.4.2 Les cartes numériques	21
II.5 Etablissement des cartes marines	22
II.6 Principaux renseignements indiquent sur les cartes marines.....	24
II.7 Représentation générale des cartes	26
II.8 Classification des cartes marines suivant leur usage	27
II.9 La mise à jour des cartes	29
II.10 Conclusion.....	29

Chapitre III Potentialité des images à THRS pour la mise à jour de la carte marine (littoral)	30
III.1 Introduction	30
III.2 Apport de l'imagerie satellitale pour la cartographie de littoral.....	30
III.2.1 Caractéristiques des images de télédétection.....	31
III.2.2 Domaines d'application de l'imagerie satellitale	32
III.3 Différentes méthodes de traitement.....	34
III.3.1 Photo-interprétation manuelle ou de manière expertisée.....	34
III.3.2 Traitements d'images automatiques	34
III.4 Conclusion	39
Chapitre IV Applications	40
IV.1 Introduction.....	40
IV.2 Description de la zone d'étude, données et outils utilisés.....	40
IV.2.1 Zone d'étude	40
IV.2.2 Description des données	41
IV .3 Outils utilisés.....	43
IV .3.1 Présentation de quelques logiciels de télédétection et outils SIG	44
IV .3.2 Critères de choix de l'environnement de développement Arcgis 10.5.....	44
IV.4 Approche méthodologique.....	45
IV.5 Démarche méthodologique	46
IV.5 .1 Etapes de préparation des données d'entrées	46
IV.5 .2 Etapes d'extraction automatique des objets de littoral.....	49
IV.5 .3 Etapes d'élaboration de L'ENC.....	60
IV.6 Conclusion	74
Conclusion et perspectives	75
Bibliographie	78

Liste des figures

Figure N°	Titre de la figure	Page
Figure I. 1	La représentation des données géographique en pixel et en vecteur	6
Figure I. 2	Les modes de stockages des données dans le SIG	8
Figure I. 3	Etapes de fonctionnement d'un SIG	8
Figure I. 4	Les SIG de la réalité à la décision	11
Figure I. 5	Exemple d'un navire suivant une route à l'aide du logiciel ECDIS	14
Figure I. 6	Photos de la console ECDIS	14
Figure I. 7	Mise à jour des ENC dans l'ECDIS	15
Figure II. 1	Carte marine à l'échelle 1/15000 du port d'Arzew et Bathioua.	19
Figure II. 2	Objet sur une carte matricielle, exemple de carte matricielle (à gauche) et de carte vectorielle (à droite).	21
Figure II. 3	Technologie des échosondeurs mono et multifaisceaux	23
Figure II. 4	Exemple d'un levé bathymétrique zone Nord-Ouest d'Oran	24
Figure II. 5	Projection cylindrique direct (Mercator)	26
Figure II. 6	Extrait de carte marine Algérienne (Arzew § Ouest de Mostaganem) Echelle 1 /120 000	28
Figure III. 1	Extrait d'une image de Quickbird du port de Bethioua /Arzew en mode panchromatique (à gauche) et Multi-bandes (à droite).	31
Figure III. 2	Représentation abstraite d'une image d'après un réseau hiérarchique d'objets	35
Figure III. 3	Attributs spatiaux (forme).	36
Figure III. 4	Principe de la logique floue.	37
Figure IV. 1	Extrait d'image QuickBird port d'Arzew et de Bethioua	41
Figure IV. 2	Carte marine à l'échelle1/15000 du port d'Arzew et Bethioua- Edition 1989	42
Figure IV. 3	Organigramme méthodologique	44
Figure IV. 4	Méthode de passage de coordonnées géographiques entre deux systèmes	45
Figure IV. 5	Extrait d'image QuickBird d'Arzew (2006)	46
Figure IV. 6	Extrait carte marine sur la même zone	46
Figure IV. 7	Différentes zones d'étude.	47

Figure IV. 8	Choix le niveau d'échelle de la segmentation (de 0 à100)	48
Figure IV. 9	Regroupement des segments (la valeur du seuil Lambda).	49
Figure IV. 10	Zone 4 : tests de segmentation et de Fusion.	50
Figure IV. 11	Zone 6 : tests de segmentation et de Fusion.	51
Figure IV. 12	Extraction des bâtis et des routes.	54
Figure IV. 13	Extraction des bacs et les citernes de stockage.	55
Figure IV. 14	Extraction de trait de côtes par la construction des règles	56
Figure IV. 15	Extraction des objets géographique par la construction des règles	56
Figure IV. 16	Exemple de quelques classes en format vecteur distinct	58
Figure IV. 17	La superposition des différentes classes suivant à l'échelle de la carte	58
Figure IV. 18	Superposition des couches topographiques avec la partie hydrographique	59
Figure IV. 19	Création de la Géo-DataBase « DZ5C0151 » et jeu de classe	65
Figure IV. 20	Représentation graphique des classes objets sur Arcmap	66
Figure IV. 21	Affichage de la Table attributaire de l'entité « Feux»	68
Figure IV. 22	La symbologies INT1 intégrées dans l'ARCMAP	69
Figure IV. 23	Export "Geodatabase to S-57"	70
Figure IV. 24	Visualisation les données S-57 en conformité avec les normes S-52	70
Figure IV. 25	Les figures a,b,c,d et e, résumet quelques exemples d'analyse spatiale"	72

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre du tableau	Page
Tableau II. 1	Classification des cartes marines suivant leurs usages	28
Tableau III. 1	Les échelles cartographiques en fonction de la taille du pixel	33
Tableau IV. 1	Limite géographique de la zone d'étude	42
Tableau IV. 3	Limite géographique de la carte marine	43
Tableau IV. 4	Représentation des classes d'entités	63
Tableau IV. 5	Les entités et leurs attributs	64
Tableau IV. 6	Représentation des classes d'entités avec leurs codages	66

Liste des abréviations

Abréviation	Expression Complète	Page
THRS	Très Haute Résolution spatiale.	2
ESRI	Environmental Systems Research Institute.	44
SIG	Système d'Information Géographique.	2
SI	Système d'Information.	4
IG	Information Géographique.	5
SGBD	Systèmes de Gestion de Base de Données.	6
BDG	Base de Données Géographique.	9
ARPA	Automated Radar Plotting Aid (Aide Automatique de Pointage Radar).	14
AIS	Automatic Identification System (Système d'Identification Automatique).	14
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System.	14
ENC	Electronic Navigational Chart.	21
RNC	Raster Navigational Chart.	21
VHF	Very High Frequency.	14
OMI	Organisation Maritime Internationale.	17
SOLAS	Safety Of Life At Sea (Sauvegarde de la Vie Humaine En Mer).	2
OHI	Organisation Hydrographique internationale.	14
WGS84	World Geodesic System 1984 (Système Géodésique Mondial 1984).	23
NOAA	The National Oceanic and Atmospheric Administration.	17
GPS	Global Positioning System.	2
GC	Grandes Corrections.	28
CNES	Centre National d'Etude Spatiales.	78
ISPRS	International Society for Photogrammetry and Remote Sensing.	33
ENVI EX	Environment for Visualizing Images Feature Extraction.	44
ISO	International Organization for Standardization.	35
SVM	Support Vector Machine.	35
K-ppv	k-plus-proches-voisins.	35
SHOM	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (France)	78

Introduction générale

Mise en contexte

Plus de la moitié du transport de marchandises à travers le monde se fait par voie de mer, l'Algérie, en raison de sa géographie, se trouve parmi les nations les plus exposées aux risques maritimes, et ce pour la longueur de son rivage, son exposition aux vents dominants et la proximité des voies de circulation considérées parmi les plus denses au monde.

La sensibilité et l'importance de l'état de ce secteur nous obligent à agir prioritairement pour améliorer la sécurité maritime. Le souci majeur des navigateurs est d'éviter les collisions avec d'autres navires, obstacles artificiels ou naturels (bouée, jetée, haut fond, etc). Pour minimiser ou éviter ces risques, les navigateurs doivent disposer **d'informations utiles et nécessaires** à la navigation en toute sécurité. Parmi ces informations, nous pouvons citer principalement : la signalisation maritime, la bathymétrie, l'infrastructure portuaire, etc. qui sont représentés sous forme d'objets graphiques sur une carte ou fichiers numériques relèvent d'une importance capitale surtout dans les zones de trafic intense (port, chenal, rivière navigable, etc.) ou en temps de visibilité réduite. Afin de naviguer en toute sécurité et d'éviter les dangers de différentes natures en mer, les navigateurs utilisent des cartes marines et des planchettes de manœuvre sur papier.

Les méthodes classiques de représentation sur papier s'avèrent restreintes. Les concepts et les outils de systèmes d'informations géographiques SIG sont susceptibles d'apporter une contribution intéressante dans ce domaine tant pour le stockage et la diffusion de l'information géo-référencée, que pour l'analyse des relations spatiales.

Traditionnellement, cette information était obtenue au moyen de levés (topographique et bathymétrique) et des techniques photogrammétriques qui étaient dispendieuses et qui exigeaient beaucoup de temps, particulièrement pour la révision des données désuètes. Les récents développements de la technologie informatique (vitesse de traitement de données, capacité de stockage), la demande croissante pour des données numériques et les capacités de production cartographique informatisée, ont favorisé l'utilisation de l'information de télédétection comme source de données pour les applications cartographiques marines.

Avec l'arrivée des images satellitaires à hautes et à très hautes résolutions (THRS), et l'utilisation de nouvelles technologies d'acquisition, de traitement et d'analyse des données, associées aux énormes possibilités des SIG à savoir le SIG marine, ouvrent le monde de la conception et la mise à jour de la cartographie marine numérique. Ces techniques ont pour but d'obtenir des cartes électroniques plus précises, plus claires, plus belles et surtout plus rapides et moins coûteuses à réaliser.

Problématique

Un des moyens permettant d'assurer la sécurité des navires et par conséquent, d'éviter les risques liés à la navigation en mer : naufrages, pollutions marines accidentelles ... etc., est de mettre à la disposition des marins des cartes marines de qualité, conformes aux moyens modernes de navigation (navigation par GPS). Malheureusement, actuellement, d'une part, ces documents de navigation sont anciens sur plusieurs zones côtières, et d'autre part, les méthodes classiques de représentation sur papier s'avèrent restreintes.

La convention internationale sur la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS) édictée par l'Organisation Maritime Internationale (OMI), comporte l'obligation d'emport d'une documentation nautique **officielle et à jour** correspondant à la traversée prévue (cartes marines et ouvrages nautiques). Cette obligation d'emport s'applique à tous les navires et peut être satisfaite en totalité ou en partie par un moyen électronique.

Contribution

Notre travail a pour objectif principal de réaliser un système d'informations géographiques formalisées pour les applications marines permettant de manipuler, mettre à jour, visualiser l'information géographique, par le développement une méthode d'extraction automatique de l'information utile en utilisant des images satellitaires à THRS (application de nouvelle approche de classification basée objet), en vue de faciliter la conception et la mise à jour automatique des cartes marines électroniques de navigation. Par le terme « faciliter », nous entendons que notre approche a pour but d'accélérer et d'enrichir le travail des cartographes, de faciliter la tâche au personnel chargé de la manipulation des données (consultation, manipulation, mise à jour, visualisation graphique, etc....) et de fournir toutes les informations dans le temps et les délais opportuns, et sur un plan économique, de réduire certains coûts de mise en œuvre (par exemple en ciblant mieux les travaux de terrain, notamment dans des zones d'accès difficiles ou des zones dangereuses à la navigation.

A l'issue du traitement, les résultats (données cartographiques sous forme des couches vectorielles) sont intégrés dans une base de données géographique normalisée puis exporter ces données en carte marine électronique de navigation.

Pour atteindre cet objectif, ce mémoire est structuré en quatre chapitres :

Chapitre 1 : Le premier chapitre de ce travail présente le système d'Informations Géographiques d'aide à la navigation maritime ;

Chapitre 2 : Définition de la carte marine de navigation, le type et les principaux renseignements indiqués sur les cartes marines et aussi les moyens disponibles pour la mise à jour ;

Chapitre 3 : Potentialité des images à THRS pour la mise à jour de la carte marine (littoral) et les différentes méthodes d'extraction de l'information à partir d'image satellitaire ;

Chapitre 4 : Il est consacré aux tests appliqués et aux résultats obtenus.

Enfin, nous terminerons par une conclusion générale qui mettra en évidence les résultats obtenus, et nous présenterons quelques perspectives qui restent à explorer.

Chapitre I

Systeme d'information géographique d'aide à la navigation maritime

I.1 Information géographique et le système d'information

I.1.1 Introduction

Les Systèmes d'Information (SI) regroupent l'ensemble des éléments participant à la gestion, au stockage, au traitement, au transport et à la diffusion de l'information au sein d'une organisation. Les systèmes d'information Géographique (SIG) sont donc, des systèmes permettant de communiquer et de traiter l'information géographique [1]. Ce sont des systèmes capables de stocker, partager, consulter et manipuler des objets qualifiés de géographiques, représentés sur des cartes, des plans, des photographies aériennes ou des images satellitaires avec leurs propriétés spatiales ainsi que toutes informations descriptives qui leurs sont attachées. Les SIG ne se limitent pas à une communication de l'information mais permettent aussi d'analyser spatialement l'informations géographiques, simuler de divers scénarios d'évolution et de restituer les résultats.

Les SIG permettent de relier des données à leurs emplacements cartographiques ou géographiques afin de répondre à divers besoins relatifs à la localisation des objets, la mise à jour des travaux de cartographie, la fourniture des éléments clés à la prise de décision, etc. Ils sont donc devenus des outils courants dont différents secteurs se sont emparés, on les retrouve dans de nombreuses applications : la fourniture d'itinéraires sur Internet, les assistants à la conduite automobile, la représentation de la présence de consommateurs potentiels d'un produit ou d'un service dans une région, les études démographiques, le suivi d'expédition de paquets visualisés sur des cartes, etc.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les notions de base relatives à l'information géographique et les modèles de sa représentation. Les systèmes d'information géographique ainsi que leurs fonctionnalités et leurs domaines d'application sont par la suite représentés.

I.1.2 L'information géographique (IG)

I.1.2.1 Définition

L'information géographique peut être définie comme une information relative à un objet ou à un phénomène du monde terrestre, décrit par deux sortes de données :

- Géométriques (son positionnement sur la surface terrestre) :
 - **Image** (matrice de points indépendants les uns des autres) : Photographies aériennes et satellitaires, radars, cartes scannées, etc ;
 - **Vecteur** (objets décrits par leurs primitives géométriques) : points, lignes ou surfaces Routes, parcelles cadastrales, bâtiments, etc.
- Sémantiques (sa nature, son aspect, ses caractéristiques diverses) :
 - **Attributs** (Informations descriptives de l'objet lui-même) : Catégorie de routes, nombre de voies, n° cadastral, Adresse postale, nombre d'étages, etc ;
 - **Relations** (Informations pouvant être attachées à un objet géographique) : Densité de trafic, Accidents, Propriétaires, Revenus moyens des habitants, etc.

I.1.2.2 Modes de représentation de l'information géographique

On distingue deux types de données géographiques : [2]

a. Données spatiales

Quand nous considérons une carte, si nous faisons l'abstraction des symboles, toutes les caractéristiques géographiques qui sont représentées peuvent être caractérisées par l'un des trois types d'objets graphiques suivant : points, lignes, et polygones.

- Les données ponctuelles existent quand un objet est associé à un emplacement unique dans l'espace. Exemple : sonde, nature du fond marin, amers, etc ;
- Les données linéaires existent quand l'emplacement d'un objet est décrit par une chaîne de coordonnées spatiales. Exemples : rivières, routes, chemin de fer, ligne de côte, etc. ;

- Les données surfaciques existent quand un objet est décrit par une chaîne fermée de coordonnées spatiales. Un objet surfacique fait généralement référence à un polygone. Exemple : zone de mouillage, limites administratives, zones climatiques, zone de profondeur, etc.

b. Données attributaires

Un modèle de données distinct est utilisé pour stocker et maintenir les données attributaires dans les SIG. Ces modèles de données peuvent être spécifiques au logiciel SIG ou, à un logiciel externe de gestion de base de données (SGBD), les plus communs sont les modèles suivants : [2]

- Modèle hiérarchique

Les bases de données hiérarchiques organisent des données stables dans une structure arborescente. Le SGBD hiérarchique est orienté pour les ensembles de données qui sont très stables, où les relations primaires parmi les données changent rarement ou pas du tout. En outre, la limitation sur le nombre de parents qu'un élément peut avoir ne favorise pas toujours la représentation des phénomènes géographiques réelle.

- Modèle de réseau

Une base de données réseau organise les données dans un réseau. Toute colonne dans cette structure peut être liée à toutes autres. Comme une structure hiérarchique, une structure en réseau peut être décrite en termes de parents et d'enfants. Ce modèle permet pour un enfant d'avoir plusieurs parents. Ce modèle permet ainsi une modélisation plus réaliste des phénomènes géographiques. En outre, toute réorganisation des données impliquera une reconstruction complète du modèle.

- Modèle relationnel

Généralement, la colonne commune est un numéro d'identification pour une caractéristique géographique sélectionnée. Ce numéro d'identification agit comme clé primaire dans le tableau. L'utilisation des SGBD relationnels est satisfaisante pour :

- La simplicité dans l'organisation et la modélisation de données ;
- La flexibilité : les données peuvent être manipulées par les tables de jointure ;

- L'efficacité de stockage : par la conception appropriée de table de données, les données superflues peuvent être minimisées ;
- La nature non procédurale : les requêtes sur une base de données relationnelles ne sont pas dépendantes de l'organisation interne des données.

I.1.2.3 Modèles de données spatiales

Il existe deux modes qui sont utilisés pour numériser et stocker les données géographiques. Ils correspondent à deux types d'unité spatiale d'observation : [3]

- **Raster** (ou mode image) : description point par point de l'espace géographique (l'unité spatiale d'observation est le pixel de l'image).

- **Vecteur** (ou mode objet) : Description géométrique des objets géographiques par des coordonnées (l'unité spatiale d'observation est l'objet spatial lui-même), les objets géographiques sont représentés par des vecteurs (lignes orientées) qui permettent leur représentation précise, les données géographiques sont représentées à l'aide de formes géométriques de type linéaires, ponctuelles ou surfaciques.

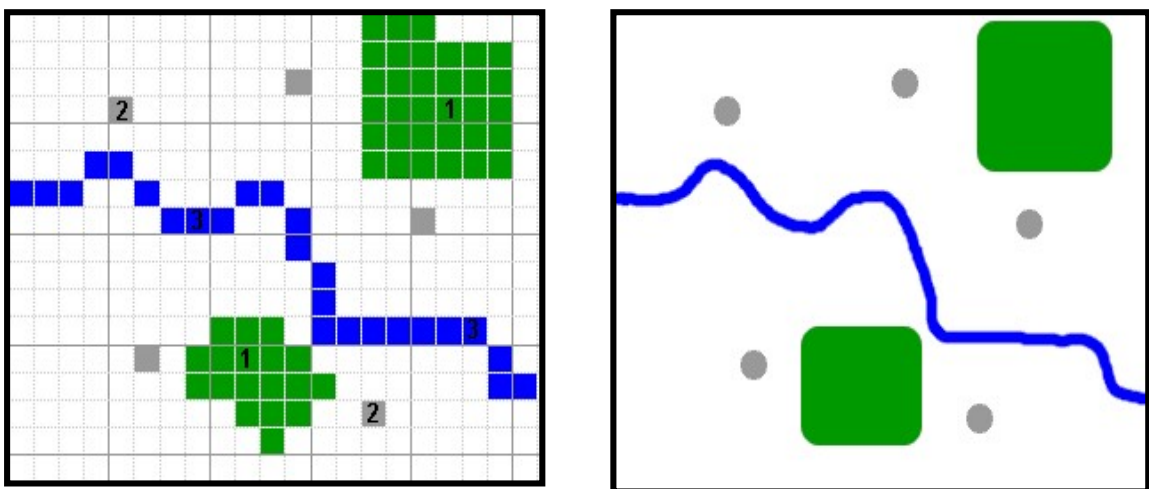


Figure I. 1 - La représentation des données géographique en pixel et en vecteur

I.1.3 Système d'informations géographiques (SIG)

I.1.3.1 Définitions

Différentes définitions du concept des Systèmes d'information géographique ont été données par la communauté SIG : [4]

Un système d'information géographique est : « Un ensemble organisé de procédures de collecte, de gestion et de diffusion d'informations qui possèdent la particularité d'avoir une composante géographique ».

« Un ensemble de données numériques, localisées géographiquement et structurées à l'intérieur d'un système de traitement informatique comprenant des modules fonctionnels permettant de construire, de modifier, d'interroger, de représenter cartographiquement, la base de données, selon des critères sémantiques et spatiaux ».

« Un ensemble organisé globalement comprenant des éléments (données, équipements, procédures, ressources humaines) qui se coordonnent, à partir d'une référence spatiale commune, pour concourir à un résultat ».

Cependant toutes les définitions des SIG trouvées dans la littérature convergent toutes vers la même signification :

Un SIG est un système d'information géographique permettant de rassembler, d'organiser, de gérer, de contribuer, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement. C'est aussi une collection et une organisation de matériels hardware et software.

Les SIG sont souvent définis comme étant un ensemble de personnel et d'outils informatiques (matériels et logiciels) permettant l'acquisition, l'archivage, l'analyse et l'affichage des informations géographiques du monde réel.

Les données localisées peuvent alors être acquises notamment à l'aide de méthodes très diverses :

- La photographie aérienne ou satellitaire ;
- Le relevé direct sur le terrain à l'aide de différents capteurs ;
- La numérisation de documents papier déjà existants.

Les données collectées sont donc de qualité très variée. Elles servent de socle aux applications des SIG. Une fois acquises, elles sont archivées dans des Bases de Données Géographiques (BDG). Ces dernières sont des ensembles structurés d'informations. Comme toutes les BD, les informations sont placées dans des fichiers, et organisées de manière à pouvoir être facilement triées, classées et modifiées à l'aide d'un logiciel spécialisé appelé système de gestion de base de données (SGBD). Les SGBD Géographique (SGBDG) qui contiennent la plupart du temps de gros volumes de données sont optimisés pour extraire rapidement les données en fonction de critères spatiaux et de disposer de langage de requêtes spécifiques.

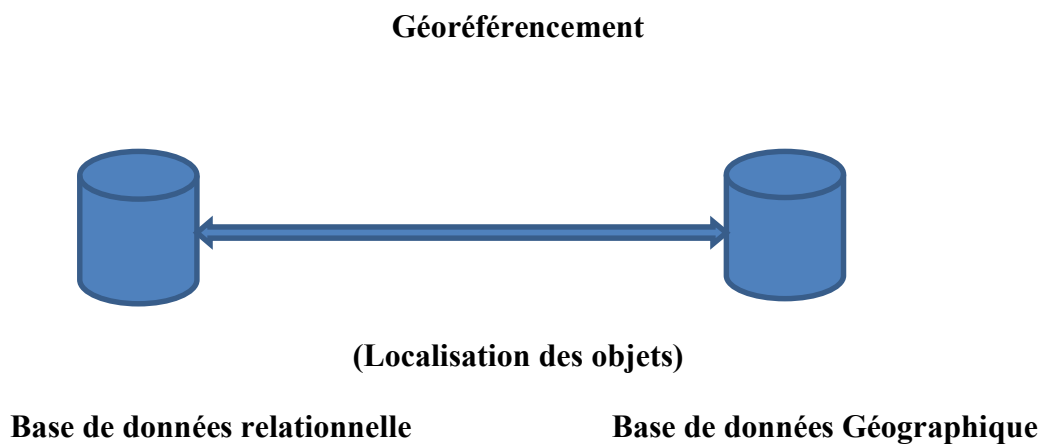


Figure I. 2 - Les modes de stockages des données dans le SIG

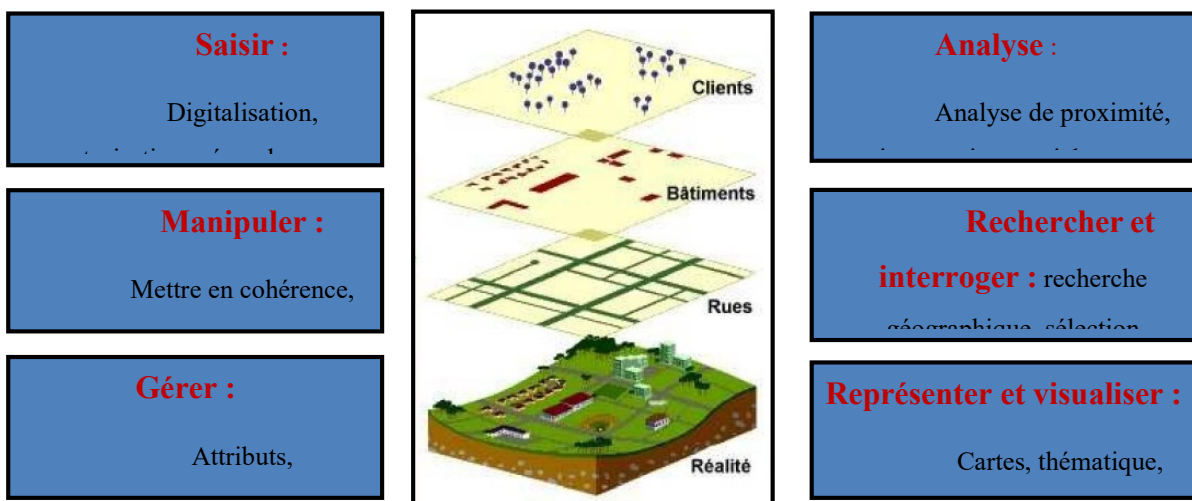


Figure I. 3 - Etapes de fonctionnement d'un SIG

I.1.3.2 Composants d'un SIG

D'une manière générale, un système d'information géographique est composé des éléments suivants : données, logiciel, matériel et personnels (utilisateurs). [3]

1) Données

Les données géographiques sont importées à partir de fichiers ou saisies par un opérateur. Une donnée est dite « géographique » lorsqu'elle fait référence à un (ou plusieurs) objet(s) localisé(s) à la surface de la terre. Leurs coordonnées sont définies par un système géodésique (ou système de référence spatiale).

2) Logiciel d'analyse

Il assure les fonctions suivantes :

- La gestion des bases de données, structuration et stockage ;
- La saisie des informations géographiques sous forme numérique ;
- La manipulation, l'analyse et l'interrogation des données géographiques ;
- La mise en forme et visualisation ;
- La représentation du monde réel ;
- L'interface graphique pour une utilisation facile.

3) Matériel

Les SIG fonctionnent sur une très large gamme d'ordinateurs, des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome. Le traitement des données se fait à l'aide des logiciels sur un ordinateur de bureau ou directement sur le terrain. L'ordinateur de terrain avec GPS permet la cartographie et la collecte des données. La construction de la carte en temps réel et la visualisation de la carte sur le terrain augmente la productivité et la qualité du résultat.

4) Personnels

L'ensemble du personnel est scindé en deux catégories : la catégorie des concepteurs et des développeurs du système et celle des utilisateurs qui exploitent le système pour le traitement et la résolution des problèmes à référence spatiale.

I.1.3.3 Fonctionnalités d'un SIG

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

5) Abstraction

Les systèmes d'information géographique sont utilisés pour réaliser des descriptions du territoire permettant d'obtenir l'information nécessaire pour répondre à une problématique. Ils contiennent cette information sous plusieurs formes dont certaines sont des représentations d'éléments ou de phénomènes existants.

6) Acquisition

Représente l'importation numérique des données récoltées sur le terrain. C'est la qualité demandée en bout de chaîne qui va imposer l'utilisation de certaines technologies pour réaliser les relevés sur le terrain.

7) Archivage

Le Système d'information géographique rassemble de l'information afin de permettre son utilisation dans des applications variées. Représente la gestion de la base de données, des différentes sources, de leurs intégrités et de leurs cohérences, la gestion de données multi source représente une des difficultés importantes.

8) Analyse

Les données contenues dans un système d'information géographique décrivent un terrain, et donc permettent d'appréhender les événements potentiels pouvant survenir. L'utilisation des données dans la résolution de problématiques variées valorisera d'avantage un système d'information. Les principales possibilités offertes par la mise à disposition de renseignements géométriques et de renseignements sémantiques concernent la mise en relation mutuelle d'objets localisés ayant certaines propriétés.

9) Affichage

Représente la mise à disposition des informations contenues dans la base de données sous une forme compréhensible par l'utilisateur. La qualité des données lors de l'affichage doit évidemment être prise en compte dans chaque étape de la chaîne de traitement des informations. Le propre des

informations manipulées dans un SIG est qu'elles sont localisées et pour la plupart dotées d'une géométrie. Elles décrivent un territoire qui peut ainsi être visualisé dans sa totalité ou partiellement selon une échelle variable.

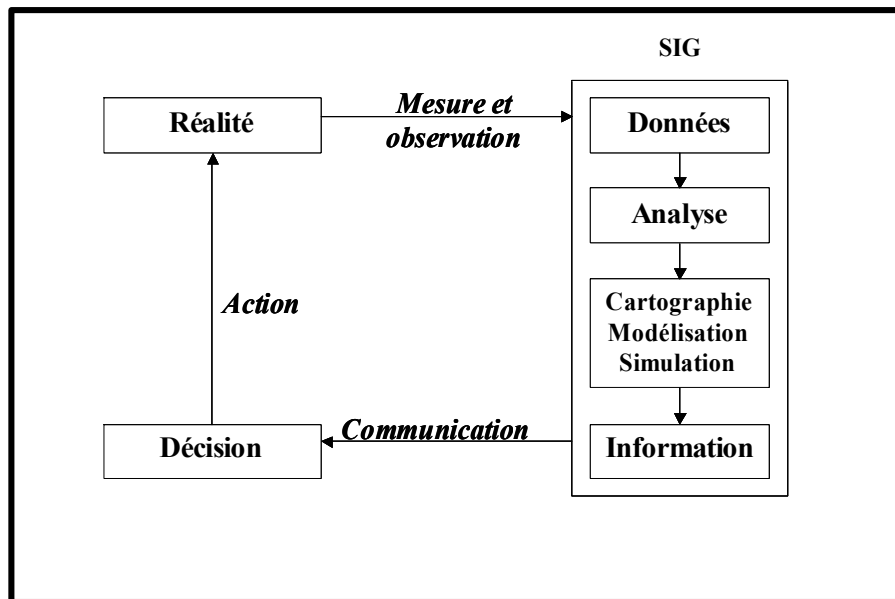


Figure I. 4 - Les SIG de la réalité à la décision

I.1.3.4 Niveaux d'information dans les SIG

Etant donné qu'un SIG manipule l'information géographique, il se compose donc de trois niveaux d'informations :

- **Niveau descriptif** : il représente les caractéristiques non graphiques des objets géographiques ;
- **Niveau géométrique** : l'information dans ce niveau représente la forme et la localisation d'un objet ou d'un phénomène géographique (coordonnées géographiques) ;
- **Niveau topologique** : ce niveau d'information représente les relations qui existent entre les objets géographiques. Il n'existe pas dans tous les logiciels SIG, par exemple : Mapinfo.

I.1.3.5 Domaines d'applications des SIG

Les domaines d'applications des SIG peuvent aujourd'hui se situer à divers niveaux, allant de l'opérationnel au stratégique, Il existe de nombreux cas dans lesquels l'utilisation d'un système d'information géographique est intéressante. [3]

Au fil des ans, les SIG ont été utilisés dans divers domaines aussi variés qu'importants tels que :

- Le tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques) ;
- Le marketing (localisation des clients, analyse du site) ;
- La planification urbaine (cadastre, voirie, réseaux assainissement) ;
- La protection civile (gestion et prévention des catastrophes) ;
- Le transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires) ;
- Les forêts (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture) ;
- La géologie (prospection minière) ;
- La biologie (études du déplacement des populations animales) ;
- Les télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles).

Selon ces domaines d'application les SIG peuvent être :

- **SIG comme outil de production cartographique** : le SIG est un outil pour produire des cartes, souvent en illustration d'études réalisées sur le territoire mais parfois aussi comme outil d'étude.
- **SIG comme outil de consultation cartographique** : pour de très nombreux utilisateurs, le SIG est avant tout un moyen de consulter des cartes et de visualiser le territoire.
- **SIG comme outil d'aide à la conception** : même s'il existe des logiciels plus performants que les SIG pour la conception de projets d'aménagement du territoire on utilise parfois les SIG au niveau d'avant-projets sommaires d'aménagement.
- **SIG comme outil métier pour gérer un patrimoine de données** : dans cette perception, le SIG devient support d'un processus pérenne de gestion de données.
- **SIG comme outil de connaissance et observation du territoire** : l'observation du territoire est plutôt une problématique concernant les organisations publiques.
- **SIG comme outil d'aide à la décision** : on parle ici des outils géo-décisionnels, dans lesquels les SIG sont utilisés pour analyser des données collectées dans les systèmes de gestion.

I.2 L'apport des SIG dans le domaine maritime

Les technologies SIG fournissent des solutions efficaces d'intégration, de visualisation et d'analyse des informations cartographiques, sa capacité à fournir les changements (en haute-mer, sur le littoral, la côte et à terre) s'accroît non seulement du fait de l'amélioration des appareils de mesure et des techniques scientifiques, mais également du fait que les technologies SIG nous aident à mieux comprendre cet environnement dynamique. Ce domaine a rapidement progressé, des applications d'hier qui se bornaient à la collecte et l'affichage de données à celles d'aujourd'hui qui permettent une simulation et une modélisation complexes ainsi qu'aux méthodes et concepts de recherche actuelle.

Les systèmes d'information géographique pour l'aide à la navigation maritime, autrement appelé systèmes de navigation maritime, en raison de leur caractère embarqué, nécessitent la mise en place d'architectures spécifiques à commencer par la gestion des données issues des capteurs embarqués. Le système regroupe toutes les informations extraites de l'environnement par les capteurs embarqués pour les situer spatialement et temporellement dans une base de données cartographique.

I.2.1 Systèmes d'aide à la navigation

Aujourd'hui les passerelles des navires modernes embarquent de plus en plus de systèmes d'aide à la navigation. Ces systèmes ont pour objectif de faciliter le positionnement du navire vis-à-vis de son environnement tels les autres navires, les hauts fonds et la côte. Parmi ces systèmes, il faut citer : [5]

- Les RADAR ARPA : radars qui facilitent le suivi des échos et donc le positionnement relatif d'autres navires afin d'aider le navigateur dans le choix d'une manœuvre pour éviter la collision.
- Les transpondeurs AIS (Automatic Identification System) qui gèrent l'envoi et la réception via VHF des positions GPS, vitesse, cap, type, lieu et heure d'arrivée des navires, vers et depuis les navires environnants.
- Les systèmes d'information et de cartographie ECDIS (Electronic Chart and Information Display). Ces systèmes permettent de superposer sur une carte électronique les positions en temps réel (fonction GPS) des navires et de gérer des alarmes (risque de collision,

risque d'échouement). La figure suivante présente l'interface du logiciel ECDIS. Un navire (en noir) suit une route préalablement définie (ligne rouge en pointillée) à l'intérieur d'un chenal de navigation. Une carte électronique de navigation / Electronic Navigational Chart (ENC) suivant la norme S57 est employée. Ces cartes vectorielles fournissent des descriptions numériques individuelles de chacun des objets qui figurent sur la carte papier (isobathes, sondes, balisages, trait de côte, etc.) et des liens entre certains de ces objets.

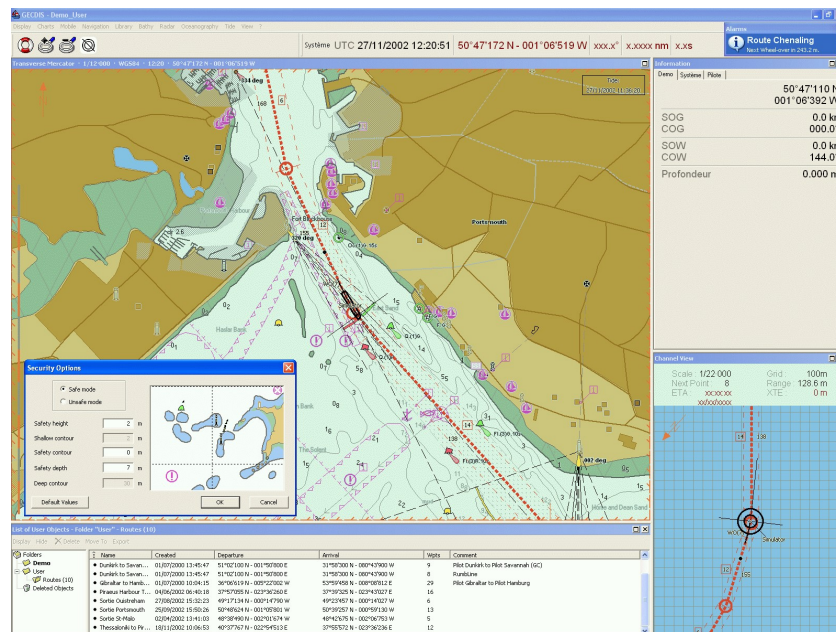


Figure I. 5 - Exemple d'un navire suivant une route à l'aide du logiciel ECDIS



Figure I. 6 - Photos de la console ECDIS

A. Renseignements élémentaire affichés sur l'Ecran

Les renseignements élémentaires affichés sur l'écran de visualisation sont :

- Les données de base.
- Les lignes des hauts fonds.
- Les indications des aides à la navigation fixe et flottante.
- Les limites des passes, chenaux, .etc.
- Les points remarquables bien visibles en donnant un bon écho radar.
- Les zones interdites et réglementées.
- L'échelle de la carte.
- Une indication des avertissements.
- Les points des sondes.
- Les câbles et les lignes sous-marins.
- Etc.

B. Mise à jour

La mise à jour des cartes électronique est beaucoup plus souple et simple que celle de la carte papier. Par conséquent un CD comportant les corrections peut être distribué au même temps que les avis aux navigateurs. De plus les procédures de transmission des modifications sont envisagées chaque jour par liaison satellite.

La mise à jour effective est appliquée automatiquement par l'ECDIS dans sa base de données cartographique

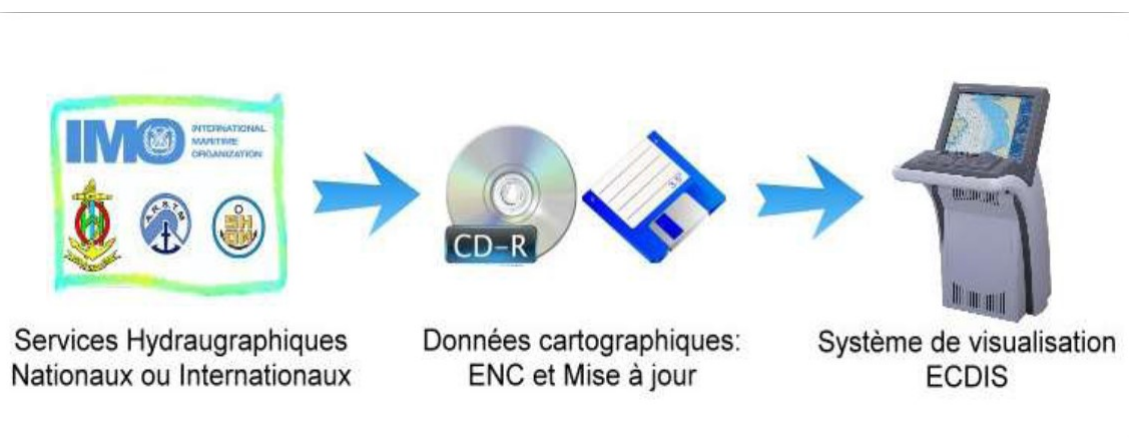


Figure I. 7 - Mise à jour des ENC dans l'ECDIS

C. Normes de l'ECDIS

Un ECDIS doit satisfaire trois types de normes : **[5]**

C.1 Norme OMI

Pour s'assurer que l'ECDIS correspond aux besoins de la navigation, l'Organisation maritime internationale (OMI) a défini une norme de fonctionnement des ECDIS qui devrait rendre possible le remplacement de la carte « papier » par la carte électronique de navigation (ENC) prévue par la Convention SOLAS (Safety Of Life At Sea).

- Les ECDIS ont pour principale fonction de contribuer à renforcer la sécurité de la navigation (sauvegarde de la vie en mer, des biens et de l'environnement) ;
- Les ECDIS devraient pouvoir faire apparaître sur l'écran tous les renseignements cartographiques nécessaires à la sécurité et à l'efficacité de la navigation qui émanent des services hydrographiques agréés par les pouvoirs publics et qui sont diffusés avec leur autorisation ;
- Les ECDIS devraient permettre d'effectuer la mise à jour de la carte électronique de navigation de manière simple et fiable ;
- L'utilisation de l'ECDIS par comparaison avec celle des cartes imprimées devrait faciliter le travail de navigation ;

C.2 Norme S-52

C'est la publication spéciale de l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) n° 52 définit le contenu cartographique et la présentation des données à l'écran. Outre les symboles des (épaves, feux, etc.), il y a lieu de définir les couleurs d'affichage jour et nuit, ainsi que différents niveaux d'affichage (de base, standard ou « à la carte »). Le but est que toutes les cartes aient une présentation identique quel que soit l'appareil utilisé et la source des informations.

C.3 Norme S-57 :

Les éléments de la carte sont décrits comme des objets (vecteur), il faut donc définir le catalogue d'objets, les caractéristiques à définir pour chaque type d'objet et, puisqu'il s'agit de données digitales, de définir le format des données et celui du mode de transmission.

Cette norme définit donc :

- Un catalogue d'objets avec leur définition et les attributs qui les accompagnent ;
- Comment ces objets et leurs attributs sont mémorisés dans la base des données ;
- Le format de transfert, c'est-à-dire de quelle manière les données sont échangées d'un point à un autre.
- **S-61** Publication spéciale de l'OHI n° 61. Spécifications de produit pour les cartes marines matricielles (RNC) ;
- **S-62** Publication spéciale de l'OHI n° 62. Codes de l'OHI pour les agences productrices de données ;
- **S-63** Publication spéciale de l'OHI n° 63. Dispositif de l'OHI pour la protection des données.

I.3 Conclusion

Les systèmes d'information géographique constituent donc des outils opérationnels et nécessaires, qui permettent d'organiser et de gérer l'information géographique sous forme numérique, touchant pratiquement une multitude d'applications.

Pour la navigation maritime ces systèmes sont indispensables car, ils mettent à la disposition des navigateurs des outils d'analyse et de visualisation permettant l'exploitation des données pour en tirer des informations d'aide à la décision.

Dans ce chapitre, nous avons présenté les notions de base relatives à l'information géographique et les modèles de sa représentation. Puis, nous avons passé à la représentation des systèmes d'information géographique, leurs fonctionnalités et domaines d'application. Ensuite, nous avons présenté les systèmes d'aide à la navigation marine.

Afin de bien comprendre la carte marine de navigation, nous présenterons dans le prochain chapitre des notions relatives à la cartographie utilisées dans la navigation marine.

Chapitre II

La carte marine de navigation

II.1 Introduction

Les cartes marines constituent une représentation graphique thématique des informations pertinentes pour les navigateurs en vue d'assurer la sécurité de la navigation, la sécurité y est privilégiée (planifier les routes et aider les navires à naviguer en utilisant les routes les plus courtes, les plus sûres et les plus économiques).

Dans ce chapitre, nous allons entamer à la présentation des notions générales concernant les cartes utilisées dans le domaine de navigation marine. Nous allons présenter les différents types et standards de la cartographie marine. A la fin, une classification des cartes marines selon leur usage sera présentée.

II.2 Définition d'une carte marine

Les cartes marines sont des cartes spécifiquement conçues pour répondre aux besoins de la navigation maritime indiquant : les profondeurs, la nature des fonds, les élévations, la réglementation maritime, la configuration et les caractéristiques des côtes, les dangers et les aides à la navigation (hauts fonds, épaves, zones mal connues, etc) tant dans la sélection des informations que dans leurs symbolisations, la signalisation maritime (phares, balises, bouées) ainsi que les amers. [6]

II.3 La standardisation

De nombreux États produisent des cartes marines ; la Convention SOLAS (*Safety Of Life At Sea*, règle 9, chapitre V) signée dans le cadre de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) impose d'ailleurs aux États parties à la convention de « *prendre des dispositions en vue de rassembler et de compiler les données hydrographiques et de publier, diffuser et tenir à jour tous les renseignements nautiques nécessaires pour assurer la sécurité de la navigation* », les cartes officielles (classiques ou électroniques) respectent le plus souvent les normes et recommandations de l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI). [7]

II.4 La carte marine officielle

Les cartes marines éditées par ou sous l'autorité d'un gouvernement, d'un service hydrographique agréé ou toute autre institution gouvernementale compétente sont dites officielles et peuvent être utilisées pour satisfaire aux prescriptions d'emport (sous réserve qu'elles soient à jour) pour la navigation maritime.

Toutes les autres cartes marines sont, par définition, non officielles et sont souvent appelées cartes privées. Ces cartes ne sont pas acceptées comme pouvant être utilisées pour la navigation aux termes de la Convention SOLAS. [8]

Les cartes marines peuvent être distribuées sous forme analogique, **papier** ou sous forme **numérique** avec des données cartographiques **matricielles** ou **vectérielles**. Elles sont disponibles auprès de divers fournisseurs, gouvernementaux et privées.

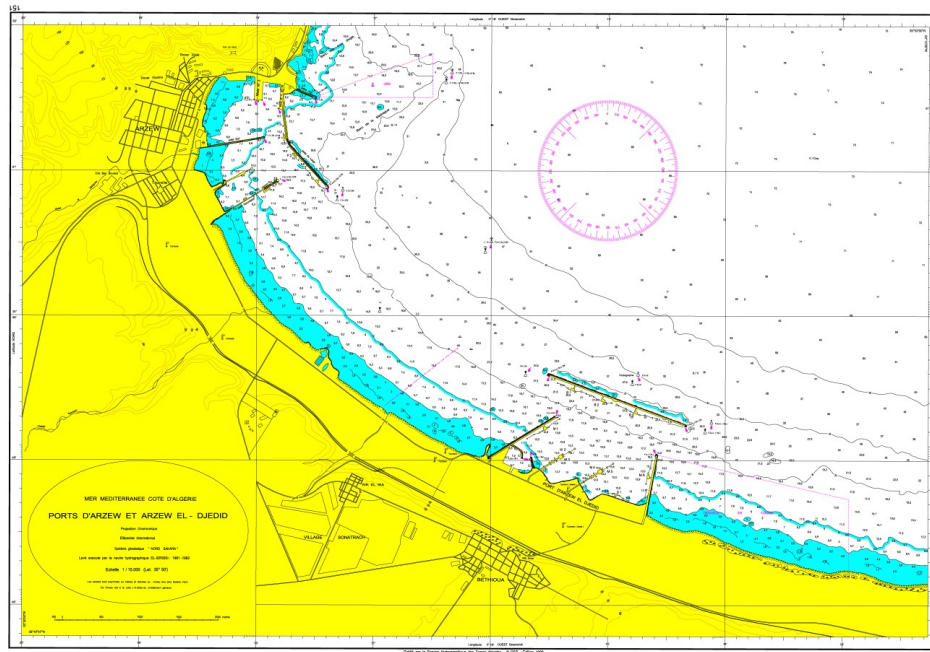


Figure II. 1 - Carte marine à l'échelle 1/15000 du port d'Arzew et Bathioua.

II.4.1 Les cartes papier

La carte papier est un document de travail utilisé par le marin comme une « feuille de route », elle est indispensable pour la sécurité de la navigation. *Conjointement avec les aides à la navigation supplémentaires*, elle est utilisée pour planifier les routes et aider les navires à naviguer en utilisant les routes les plus courtes, les plus sûres et les plus économiques. Les cartes imprimées présentent des informations très importantes telles que les détails

cartographiques représentés par une symbolique appropriée et des textes descriptifs d'informations cartographiques avec leurs symboles. [7]

II.4.2 Les cartes numériques

Les cartes numériques impliquent l'existence d'une base de données standard. Elles représentent une nouvelle aide à la navigation qui offre des avantages considérables pour la navigation maritime, la sécurité, et le commerce. Plus qu'une simple visualisation graphique sur ordinateur, les systèmes de cartes numériques combinent les données géographiques et textuelles dans un outil opérationnel simple et utile. En sa qualité d'aide à la décision automatisée, capable de déterminer en continu la position d'un bâtiment par rapport à la terre, aux objets cartographiés, aux aides à la navigation et aux risques non visualisés. [7]

Il existe deux types de cartes électroniques : les cartes matricielles (Les RNC : Cartes marines matricielles / Raster Navigational Chart) et les cartes vectorielles (Les ENC : Cartes électroniques de navigation / Electronic Navigational Chart). Une carte matricielle est l'image numérisée passive d'une carte papier, tandis qu'une carte vectorielle correspond à une analyse numérique par objet (points, lignes, régions, etc.) conformément à la spécification de l'OHI (S-57). [7]

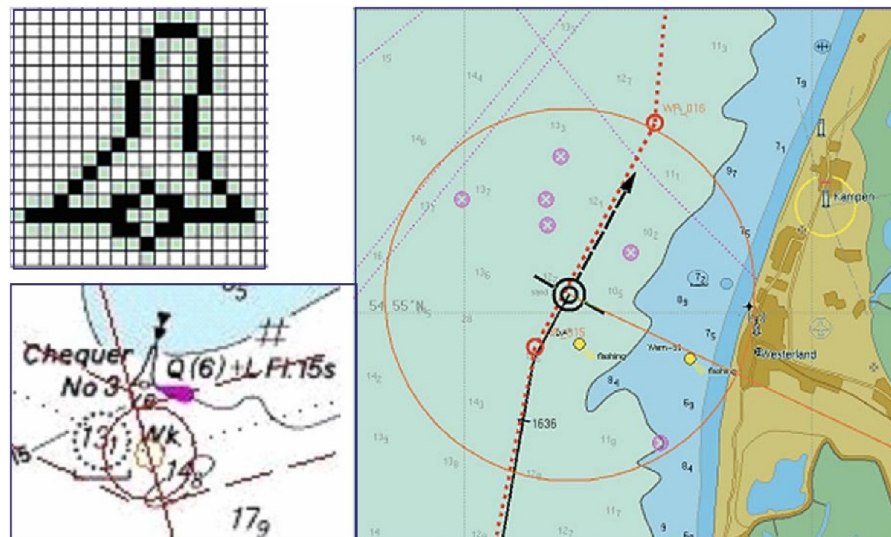


Figure II. 2 - Objet sur une carte matricielle, exemple de carte matricielle (à gauche) et de carte vectorielle avec symbole d'un navire au centre (à droite).

II.5 Etablissement des cartes marines

La plupart des cartes marines sur papier et de leurs versions numériques sont établies à partir de sources diverses, dont d'autres cartes (digitalisation manuelle), des levés, des représentations photogrammétriques, et les images satellitaires, etc. L'intention est de fournir au navigateur les meilleurs renseignements disponibles pour toutes les parties de la carte marine ; l'on commence habituellement par utiliser les sources les plus justes mais il est souvent impossible de compléter la carte sans se référer à des sources plus anciennes et moins exactes. Lorsque les sources utilisent des systèmes de référence différents, des calculs de conversion doivent être effectués et les résultats appliqués pour rendre ces sources compatibles. L'intention est que les conversions en question aient une précision de 0,3 mm à l'échelle de la carte, cette valeur étant la précision maximale effective avec laquelle les cartes peuvent être établies manuellement ; il n'est toutefois pas toujours possible d'atteindre cet objectif, les renseignements disponibles ne le permettant pas forcément. Lorsque la position d'objets critiques pour la navigation est connue avec précision, l'on s'efforce de la porter sur une carte à 0,3 mm près. De toute évidence, la précision variera en fonction de l'échelle de la carte.

La situation changera lorsque les données cartographiques deviendront disponibles sous forme **numérique** mais les données qui seront numérisées dans les premiers temps seront, pour un grand nombre d'entre elles, reprises des cartes papier ainsi établies et les limites resteront donc les mêmes, en outre, un pixel d'écran d'ordinateur mesure environ 0,2 mm x 0,2 mm, ce qui équivaut *grosso modo* à la précision qui peut être obtenue sur les cartes papier.

La situation s'améliore pour les navigateurs puisque les levés effectués récemment reposent directement sur l'utilisation du système de référence WGS84, qu'un nombre croissant de cartes sont donc établies en fonction de ce système de référence. [8]

A. Levé topographique

La carte marine est un document thématique sur lequel sont portées les informations nécessaires à la navigation. Si la qualité d'une carte est avant tout fondée sur celle de sa bathymétrie (*à partir de 2/3 de l'ensemble de la carte*), la partie terrestre et ses approches ne sont pas négligées (*jusqu'à 1/3 de L'ensemble de la carte*). Il n'est donc pas question de se contenter d'une teinte plate délimitée par le trait de côte pour représenter la terre ni, à l'inverse, de reproduire in extenso la topographie des cartes terrestres. Le levé topographique

de la côte se limite, en plus du trait de côte, aux détails topographiques bien visibles depuis le large et qui peuvent aider à identifier la côte. [9]

Un levé topographique comprend quatre phases :

1. La préparation ;
2. Les opérations sur le terrain ;
3. La rédaction ;
4. Le complètement.

Le levé topographique peut être exécuté par :

1. Méthodes classiques (levé de détails par procédé optique) ;
2. Positionnement par GPS.

B. Levé bathymétrique

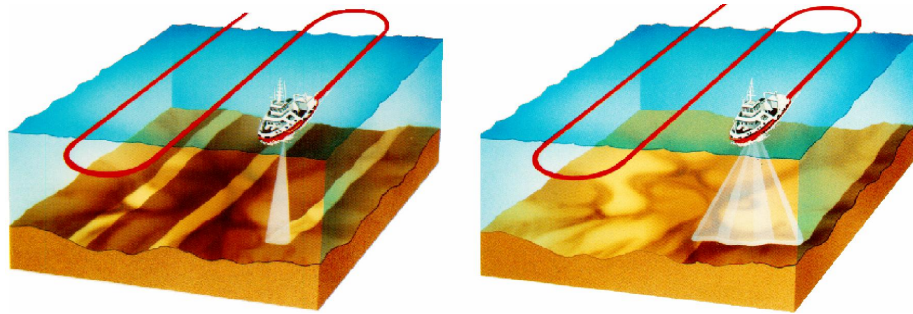
La carte marine est-elle le produit final principal d'un levé hydrographique. Sa précision et son adéquation dépendent de la qualité des données recueillies pendant le levé.

A cet effet des missions hydrographiques sont chargées de recueillir à la mer les informations nécessaires à la satisfaction des besoins les plus courants cités ci-après :

La navigation et gestion du trafic maritime, les opérations navales, la gestion intégrée des zones côtières, la protection de l'environnement marin, l'exploitation des ressources marines et pose de câbles et conduits sous-marins, la délimitation des frontières maritimes et études scientifiques.

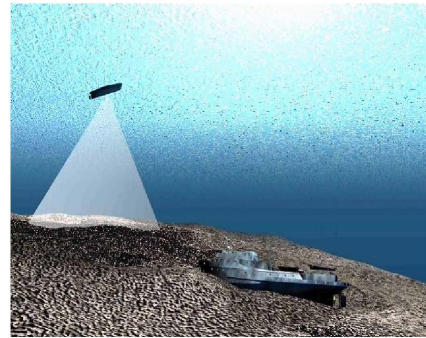
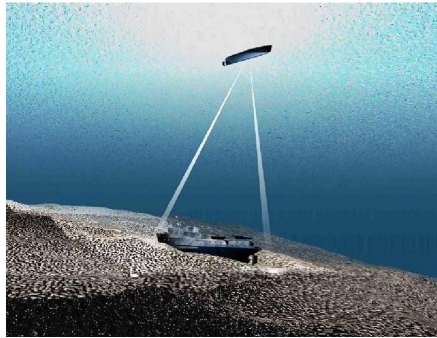
La détermination de la topographie générale du fond de la mer, la réduction de la marée ainsi que la détection, la classification et le mesurage des dangers présentés par le fond de la mer sont des opérations fondamentales en matière de levés hydrographiques.

La technologie des échosondeurs multifaisceaux se développe rapidement et offre un grand potentiel en matière d'investigation précise et exhaustive du fond de la mer à condition d'être utilisée avec les procédures qui conviennent et à condition également que la résolution du système soit adéquate pour la bonne détection des risques pour la navigation. [9]



1. Avec sondeur mono faisceaux

2. Avec sondeur multi faisceaux



3. Système de balayage pour détection des épaves

Figure II. 3 - Technologie des échosondeurs mono et multifaisceaux

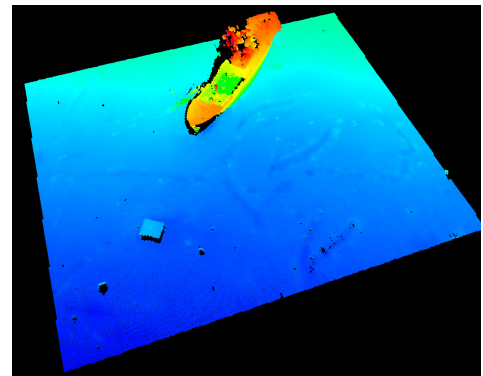
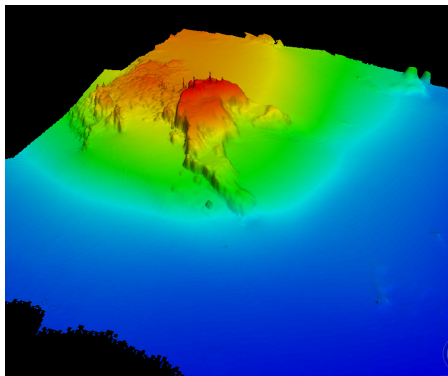


Figure II. 4 - Exemple d'un levé bathymétrique zone Nord-Ouest d'Oran

II.6 Principaux renseignements indiquent sur les cartes marines

1. **Le titre :** Toute carte marine comporte un titre dans lequel est fait mention principalement des données intéressant le navigateur et qui sont :
 - Le nom de la carte (zone cartographiée) ;
 - L'échelle de la carte ;

- Les levés bathymétriques et l'exécutant ;
 - La projection utilisée pour la construction de la carte.
- 2. Le canevas de la carte :** C'est le tracé des méridiens et des parallèles.
- 3. La partie représentant la mer :** Le navigateur trouvera les renseignements suivants :
- **Les sondes :** Ce sont les chiffres et indiquent la profondeur de la mer. Le zéro des cartes correspond à la hauteur de l'eau qui coïncide avec les plus basses mers possibles.
 - **Les isobathes :** Ce sont des lignes de niveau qui relient tous les points de même profondeur.
 - **La nature du fonds :** Elle est indiquée par les abréviations : S=Sable, V=Vase, coq=coquillage, r = roche, cor = corail ; etc.
 - **Les dangers particuliers :** Ils sont mentionnés par leurs signes conventionnels et indications éventuelles de leurs sondes.
 - **La déclinaison magnétique (D) :** C'est l'angle formé entre Nord Vrai et le Nord Magnétique.
 - **Corrections :** C'est la correction des informations qui changent à partir des mises à jour.
 - **Détails topographiques :** Les câbles sous-marins, les pipe-lines les routes.
 - **Le balisage :** Il représente tous les moyens flottants qui permettent de faciliter la navigation ou de signaler un danger, ou un chenal.
- 4. La partie représentant la terre :** Il n'y a que peu d'indications ; on s'est limité à mentionner des points remarquables aisément identifiables de jour depuis le navire appelés « **AMERS** » et qui peuvent être : Des sommets, Châteaux d'eau, Sémaphores et des phares, etc.

Les détails topographiques naturels :

- **Le trait de côte :** représente la limite atteinte par la mer sous l'effet des plus grandes marées astronomiques ;
- **Les îlots :** sont représentés avec tous leurs détails ;
- **Les roches :** les bancs, les récifs couvrants et découvrant ou affleurant, sont levés à basse mer en topographie de roches ;

- **Les reliefs** avec leurs courbes de niveau des lignes joignant des points de même altitude ;
- **Les végétations (Les arbres remarquables)** : A feuilles caduques, à feuilles persistantes, Conifère, Palmier, Eucalyptus, etc.).
- **Hydrographie terrestre** (rivières, lacs, canaux, glaciers etc.).

Les détails topographiques artificiels :

- Les infrastructures portuaires telles que les jetées, les quais, les bassins, et les nouveaux ports de plaisance, les installations côtières, les Agglomération et les bâtiments publics et les infrastructures de transport (routes voies ferrées, aéroports etc.).

II.7 Représentation générale des cartes

Les signes conventionnels et abréviations normalisés utilisés sur les cartes marines sont présentés à l'usage du cartographe et du navigateur dans l'ouvrage 1D. Cet ouvrage est composé de plusieurs tableaux désignés par une lettre. A l'intérieur de chaque tableau les signes conventionnels et abréviations sont repérés par un numéro. **[10]**

A. Echelle de la carte

C'est le rapport qui existe entre le nombre qui indique une longueur sur la carte et celui qui mesure la longueur correspondante sur le terrain. Pour cela il faut :

- Utiliser la carte dont l'échelle et la catégorie correspondent au type de navigation pratiquée dans une zone donnée ;
- Ne pratiquer que les types de navigation permis par les cartes existantes ; Il existe deux types d'échelle présenté sur les cartes marines : Echelle numérique et l'échelle graphique (présenté sur les cartes d'échelle supérieure à 1:80 000, et de format AO) .

B. Système de référence : Elles utilisent plusieurs systèmes de références :

- Un système **altimétrique** pour indiquer l'altitude des points terrestres utiles à la navigation ;
- Un système **bathymétrique** pour indiquer la profondeur de l'eau par rapport à une référence ;

- Un système de **coordonnées** (système géodésique) pour localiser les éléments portés sur la carte en latitude et longitude. Il existe deux types de systèmes géodésiques, les systèmes locaux (Voirol 1960, Nord Sahara 1959) et les systèmes spatiaux (WGS84).

C. Projection

La plupart des cartes marines utilisent la projection de Mercator

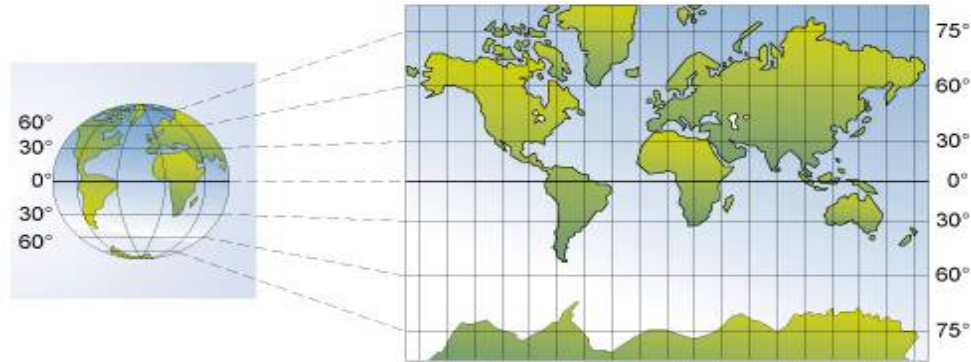


Figure II. 5 - Projection cylindrique direct (Mercator)

D. Format

En général les cartes marines sont établies dans l'un des formats A0, A1 : Les dimensions maximales du cadre intérieur sont les suivantes : A0 : 1 189 x 841 mm et A1: 841 x 595 mm.

E. Couleur

Les cartes marines sont imprimées habituellement en quatre couleurs (Le noir, Biste, Bleu, et le Magenta). Ces couleurs doivent être compatibles avec l'éclairage réglementaire des passerelles des navires.

II.8 Classification des cartes marines suivant leur usage

Les cartes marines sont classées en sept (07) catégories [6] en fonction du type de navigation auquel elles sont destinées. Ces catégories sont définies dans le tableau si dessous.

Tableau II. 1 - Classification des cartes marines suivant leurs usages

Catég	Appellations	Usages	Echelles
1	Carte de pilotage côtier - englobant ports, mouillages, chenaux	Entrée dans les ports – prise et surveillance de mouillage, – navigation dans les passages resserrés. Les cartes aux échelles supérieures au 1/10.000 rentrent aussi dans cette catégorie.	De 1/10.000 à 1/25.000 1/28 000
2	Cartes de pilotage hauturier	Navigation locale. Approche des ports et passages délicats.	De 1/40.000 à 1/60.000 1/90 000
3	Cartes de cabotage	Navigation côtières le plus souvent à 3 M des dangers en suivant des routes parallèles à la côte entre 10M et 20M – localisation possible en vue de terre ; – localisation précise à la sonde ; – localisation délicate (DST, zones encombrées, etc.).	De 1/100.000 à 1/200.000 1/230 000
4	Cartes d' atterrissage	Atterrissage proprement dit, c'est-à-dire Identification le plus tôt possible de la côte au radar ou à la vue. Navigation qui suit sensiblement des routes parallèles à la côte entre 20M et 50M des dangers.	De 1/300.000 à 1/500.000 1/625 000
5	Cartes de traversée	Traversée durant laquelle le navire reste le plus souvent à des distances de terre comprises entre 50 et 20M.	De 1/800.000 à 1/1.100.000 1/1 150 000
6	Cartes océaniques	Navigation au cours de grandes traversées	De 1/1.500.000 à 1/4.000.000
7	Routiers et planisphères	Préparation des grandes traversées	De 1/5.000.000 à 15.000.000

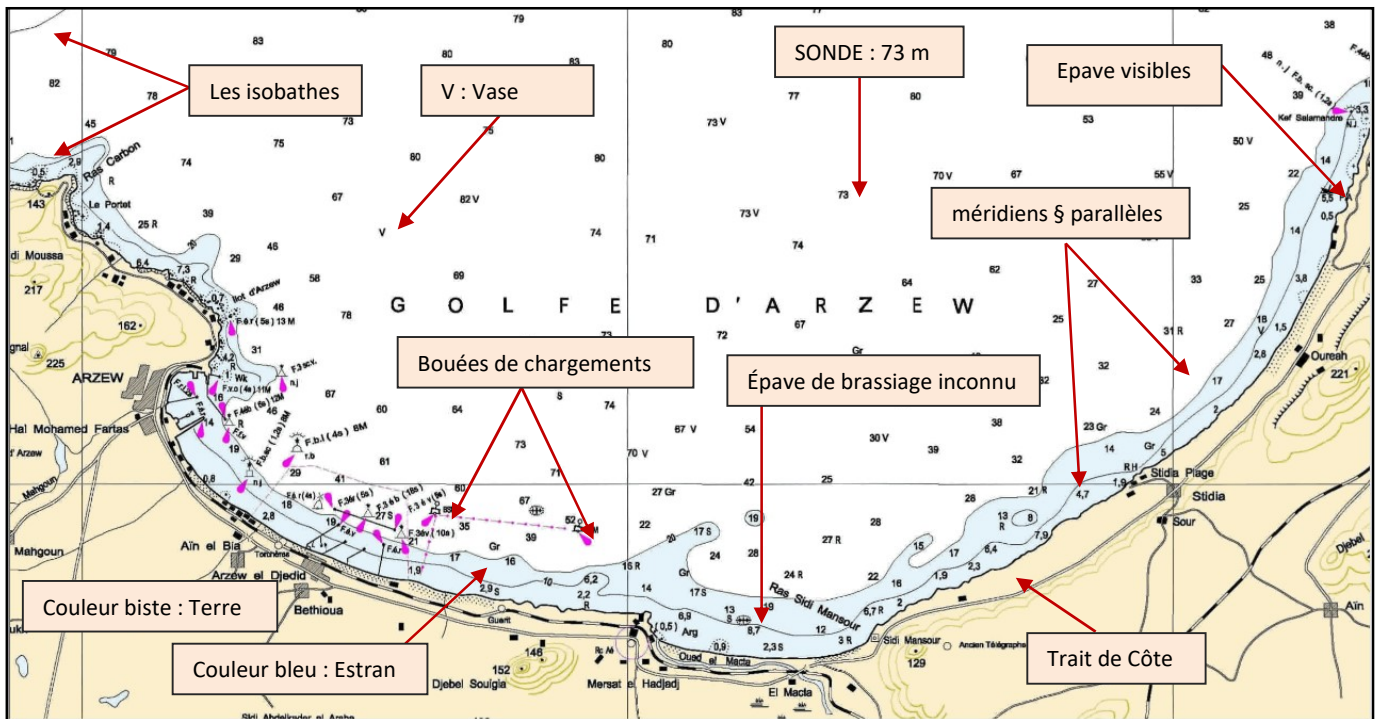


Figure II. 6 - Extrait de carte marine Algérienne (Arzew § Ouest de Mostaganem) Echelle 1 /120 000

II.9 La mise à jour cartes

Nous pouvons distingués plusieurs formes pour la mise à jour des cartes : Correction pas avis-carte, par Annexe graphique, le tirage à jour, les Grandes corrections (GC), nouvelle édition et publication. [6]

II.10 Conclusion

La carte marine est un document d'une importance incontournable pour la sécurité de la navigation marine. Elle est utilisée pour planifier les missions en utilisant les routes les plus courtes, les plus sûres et les plus économiques, néanmoins, pour assurer ses buts, une mise à jour périodique est nécessaire pour actualiser les informations et enrichir les bases de données utilisées dans l'établissement de ses cartes.

Dans ce chapitre, nous avons entamé la présentation des notions générales concernant les cartes utilisées dans le domaine de navigation marine. Nous avons présenté les différents types et standards de la cartographie marine, puis une classification des cartes marines selon leur usage est présentée.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter la potentialité des images satellitaires à Très Hautes Résolution Spatiale (THRS) ainsi les techniques actuelles d'extraction automatique des objets géographiques, pour la conception et la mise à jour de la carte marine de littoral.

Chapitre III

Potentialité des images à THRS pour la mise à jour de la carte marine (littoral)

III.1 Introduction

La télédétection, selon la définition du Larousse, est la technique d'étude de la surface terrestre par analyse d'images provenant d'avions ou de satellites. Elle constitue l'une des techniques les plus importantes associées à la cartographie et offre un moyen d'identifier et de présenter les données planimétriques de façon efficace et dans un format pratique.

Dans ce chapitre, nous allons entamer la présentation des notions relatives à l'imagerie satellitaire. L'apport de la télédétection dans la construction de la cartographie marine (littoral), est ensuite mis en évidence.

III.2 Apport de l'imagerie satellitaire pour la cartographie de littoral

Traditionnellement, les informations contenues dans la carte marine de littoral était obtenue au moyen de levés et de techniques photogrammétriques qui étaient dispendieuses et qui exigeaient beaucoup de temps, particulièrement pour la révision des données désuètes. Les récents développements de la technologie informatique (vitesse de traitement des données, capacité de stockage), la demande croissante pour des données numériques et les capacités de production cartographique informatisée, ont favorisé l'utilisation de l'information de télédétection comme source de données pour les applications cartographiques.

L'aptitude des images numériques à fournir de l'information géographique dépend de deux facteurs, qui correspondent à deux types de descripteurs :

- La précision de la localisation des objets identifiés sur les images ;
- Le type et la nature des objets que l'on peut identifier.

Les satellites ignorent la notion de frontière et fournissent en effet une lecture globale de l'information. L'image satellite se caractérise par sa richesse, la répétitivité des prises de vues utiles à l'observation de l'évolution d'un territoire et la constitution d'archives structurées et l'utilisation de l'imagerie satellitale rend le processus d'élaboration de la carte **rapide, précis et économique**. [11]

III.2.1 Caractéristiques des images de télédétection

Il existe une grande variété d'images qui peuvent être décrites selon trois caractéristiques fondamentales : La résolution spectrale, la résolution spatiale et la répétitivité temporelle.

A. Résolution spectrale

Est liée à l'aptitude d'un système de détection à distinguer des rayonnements électromagnétiques de fréquences (longueurs d'onde) différentes. L'information peut être mesurée dans une ou plusieurs bandes spectrales (gammes de longueurs d'ondes). Ainsi une image est dite :

- « Panchromatique » si elle mesure le rayonnement dans une seule gamme de longueurs d'ondes ;
- « Multi spectrale » si l'information est mesurée dans plusieurs gammes de longueurs d'ondes ;
- « Hyperspectral » si l'information est mesurée dans un très grand nombre de bandes spectrales.

B. Résolution spatiale

Est liée à l'aptitude d'un système de détection à distinguer des objets de positions spatiales différentes. Elle est définie par la dimension spatiale de ses pixels. Une image à 1 mètre de résolution est une image où le pixel correspond à un carré de 1 x 1 mètre au sol. Le pixel est la particule élémentaire de l'image numérique de télédétection. Chaque pixel contient une valeur (un compte) numérique qui traduit l'intensité du signal électromagnétique capté.

C. Répétitivité temporelle

Correspond à la fréquence à laquelle un satellite peut acquérir la même scène. Dans le cas d'un suivi régulier, l'utilisateur doit choisir une répétitivité temporelle adaptée à la dynamique des objets et des phénomènes étudiés.

III.2.2 Domaines d'application de l'imagerie satellitale

Les images satellitaires constituent une base d'information intéressante dans des domaines d'application très variés, elles offrent de précieuses informations à des milliers d'entreprises. Vu l'impossibilité de répertorier tous les types de projets, on peut citer les principales applications :

- Cartographie topographique ;
- Cartographie et hydrographie (la spatio-carte marine, bathymétrie, topographie littorale, sédimentologie des fonds, ...) ;
- Cartographie thématique : Agriculture, Aménagement et occupation des sols, Cadastre, Urbanisme, Téléphonie, Gestion des risques (catastrophe naturelle), Géologie, exploration pétrolière et minière, Ressource en eau -Etudes côtières et océaniques -Climatologie.
- Surveillance maritime par la détection et classification des navires en mer.

Ces applications sont basées principalement sur le panchromatique et le multi-bande.



Figure III. 1 - Extrait d'une image de Quickbird du port de Bethioua /Arzew en mode panchromatique (à gauche) et Multi-bandes (à droite).

A. Modélisation bathymétrique

Pour estimer la bathymétrie (profondeur de l'eau) en calculant un modèle à partir d'une image satellitaire, il faut qu'une certaine quantité de lumière solaire atteigne le fond marin puis soit réfléchi, à travers l'eau et l'atmosphère, jusqu'au satellite. Seules certaines zones littorales remplissent ces conditions.

En outre, l'estimation de la bathymétrie par le calcul d'un modèle n'est possible **que si les conditions de prises de vue satellitaires sont optimales**. Rares sont les images de qualité "bathymétrique". La bathymétrie ne peut donc être calculée que dans certaines zones littorales non nuageuses où les eaux sont claires, peu profondes et si les conditions de prises de vue satellitaire sont optimales.

B. Applications cartographiques

Les dernières décennies ont pris conscience des possibilités énormes de l'imagerie satellitaire, surtout dans le domaine optique pour la mise à jour cartographique. D'après l'ISPRS (*International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*), les besoins cartographiques recourant à l'imagerie spatiale sont répartis selon les trois catégories suivantes : [12]

- **La précision planimétrique** est la plus exigeante. Elle dépend de la résolution cartographique fixée à $\pm 0,2$ mm et qui, aux échelles les plus courantes.
- **La précision altimétrique (H)** dépend de l'espacement cartographique conventionnel (E) entre courbes de niveau qui est égal à $\pm 5 H$.
- **La détectabilité** fait référence à la possibilité de détecter au cours de l'interprétation numérique des objets d'une taille égale au moins à 1,5 pixel.

Tableau III. 1 : Les échelles cartographiques en fonction de la taille du pixel

<i>Taille du pixel</i>	<i>Echelle cartographique</i>
<i>20 m</i>	<i>1 : 50 000</i>
<i>10 m</i>	<i>1 : 25000</i>
<i>5 m</i>	<i>1 : 12 500</i>
<i>1 m</i>	<i>1 : 2500</i>

III.3 Différentes méthodes de traitement

En traitement d'images, il existe deux grandes familles de techniques pour extraire des informations qui décrivent la topographie de littorale (proches de la côte, sur l'estran, et à terre) la nature des fonds et, lorsque les conditions de prise de vue sont optimales.

III.3.1 Photo-interprétation manuelle ou de manière expertisée

L'interprète utilise ses connaissances et son expérience sur le comportement des objets et des phénomènes étudiés afin de sélectionner les attributs discriminants. Il s'aide généralement d'outils de visualisation (composition colorée, affichage des valeurs de l'attribut selon une gamme de couleur), visuellement, un interprète dessine les objets dont il a besoin.

III.3.2 Traitements d'images automatiques

Calculs sur la valeur radiométrique du pixel avec des algorithmes automatiques ou semi-automatiques (traitements préliminaires, analyse en composantes principales, classifications supervisées, seuillages, filtrages, analyse spectrale, modélisation bathymétrique, etc.) ;

En général, les traitements d'images automatiques sont plus performants pour effectuer des calculs complexes et restituer les objets surfaciques ou invisibles à l'œil nu. Ils "voient" plus d'objets que l'œil humain (notamment, sous l'eau). Cependant, pour restituer les objets linéaires et ponctuels, il est souvent plus rapide de les photo-interpréter manuellement (dessin sur l'image) et peut se faire de façon supervisée (assistée) ou non supervisée.

III. 3.2.1 Principes de la classification d'images

La classification consiste à assigner à chaque élément de l'image (pixel ou groupe de pixels appelé « objet ») une classe (catégorie) unique, elle se fait sur la base d'attributs (descripteurs ou caractères) définis à partir de l'information contenue dans les images de télédétection. Il existe plusieurs types d'attributs : les attributs spectraux calculés à partir des valeurs spectrales, les attributs texturaux calculés à partir de l'organisation spatiale (configuration et forme) de ces valeurs spectrales, les attributs temporels calculés à partir de la dynamique temporelle des valeurs attachées à un pixel ou un objet. Enfin d'autres familles d'attributs utiles pour la classification peuvent être définies : attributs morphologiques caractérisant la forme des objets, attributs géométriques caractérisant leurs positions relatives dans l'espace...

III.3.2.2 Techniques de classification images de télédétection

Pour classifier des images de télédétection, plusieurs approches sont disponibles celles, supervisées, ou non-supervisée, basées sur le pixel et celle basée sur l'objet qui peut être réalisée avec des logiciels comme ENVI feature extraction ou eCognition.

1) Classifications basées pixel

La classification des pixels individuels peut être supervisée ou non supervisée, dans la méthode non-supervisée, les pixels sont séparés automatiquement suivants leurs propriétés spectrales. L'algorithme le plus utilisé est le cluster ISODATA, cet algorithme utilise de multiples itérations.

Dans la méthode supervisée, des connaissances préalables, ou acquises concernant les éléments de la scène sont nécessaires. Des échantillons de terrains sont utilisés pour estimer et identifier les caractéristiques spectrales de chaque classe. Les principaux classifieurs supervisés utilisés en télédétection sont : Maximum de Vraisemblance (MV), Minimum Distance (MD), k-plus-proches-voisins (K-ppv)

2) Classifications basées objet

Les approches basées pixels sont bien connues et maîtrisées, mais elle reste incapable devant la **très haute résolution** dont sa qualité thématique se dégrade lorsque l'on extrait uniquement certaines entités d'intérêt, à cause de l'effet « poivre et sel ». Cet artefact correspond à des pixels isolés sans signification thématique. La tendance actuelle est au développement de méthodes « *orientées objets* » où chaque '*objet*' représente un ensemble de pixels homogènes.

L'approche orientée objet offre deux méthodes basiques de classification : une méthode supervisée basée sur l'algorithme de plus proche voisin et Support Vector Machine (SVM), et une méthode basée sur l'utilisation des règles de classification par des fonctions d'appartenance floue. [13]

Dans une démarche orientée objet, l'extraction des classes thématiques à partir d'une image satellite Très Haute Résolution (THR) n'est plus le résultat d'un seul algorithme mais celui d'une procédure qui comporte plusieurs étapes. Ces étapes sont : [14]

- A. La segmentation de l'image (en objets) ;
- B. La fusion des objets ;
- C. Le calcul des attributs pour chaque région afin de créer des objets ;

D. La classification des objets issus de la segmentation (supervisé ou par règles) en fonction des attributs, pour extraire les entités (Features).

A. Segmentation

La segmentation d’une image vis à vis d’un critère d’homogénéité P peut s’exprimer de la manière suivante : **la segmentation d’une image I en regard du critère P est une partition de l’image I en régions homogènes R1, ..., Rn telles que :**

$$I = \cup_{i=1}^n R_i$$

$$\forall i \in \{1,..n\}, R_i \text{ est connexe et } P(R_i) = \text{vrai}$$

$$\forall i, j \in \{1,..n\}, R_i \text{ adjacent à } R_j \text{ et } i \neq j \Rightarrow P(R_i \cup R_j) = \text{faux}$$

- **Approches de segmentation « classiques »**

La segmentation classique d’images fait référence aux notions de différence et de similarité comme sont perçues par le système visuel humain, et ceci donne naissance à trois approches couramment qualifiées : Seuillage d’histogramme, l’approche régions, l’approche contour.

- **Approches de segmentations « Multiresolution »**

La segmentation multi résolution est une partie intégrale de l’approche orientée objet, Cette technique consiste à fusionner les pixels de façon ascendante, en commençant par des objets d’un pixel, jusqu’au seuil défini par l’utilisateur. La segmentation peut être exécutée à différentes échelles (on parle de seuils différenciés) pour obtenir des objets plus ou moins grossiers. Réseau hiérarchique : Plusieurs segmentations à différents niveaux doivent être réalisées, il est ainsi possible d’obtenir un réseau hiérarchique d’images objets. [14]

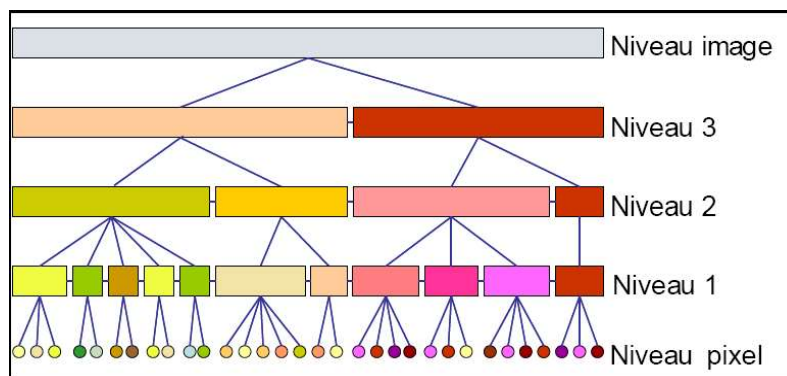


Figure III. 2 - Représentation abstraite d’une image d’après un réseau hiérarchique d’objets

B. Fusion de région

La méthode de fusion procède par regroupement des régions similaires. La fusion entre les différentes régions ne peut pas être faite de manière aléatoire, mais doit s'appuyer sur divers critères, en utilisant une méthode de fusion multicritère. Dans ce cas, on peut ajouter des critères statistiques (intensité moyenne, variance ...) associés aux régions.

C. Caractérisation des objets issus de la segmentation

Une fois la segmentation effectuée, nous disposons d'un ensemble de segments. Pour cela, il est nécessaire de déterminer les propriétés spectrales, spatiales et contextuelles (texture) des objets que l'on souhaite extraire, le choix de ces attributs a été effectué en accord avec des spécialistes en télédétection.

Ces attributs (caractéristiques) peuvent être divisés en trois (03) principales catégories :

1. **Les attributs spectraux** : moyennes, écart type, indice de végétation...etc.
2. **Les attributs Texturaux** : statistiques du premier ordre (occurrence), statistiques du deuxième ordre (cooccurrence) ...etc.
3. **Les attributs spatiaux** : superficie, périmètre, élongation, compacité ...etc.

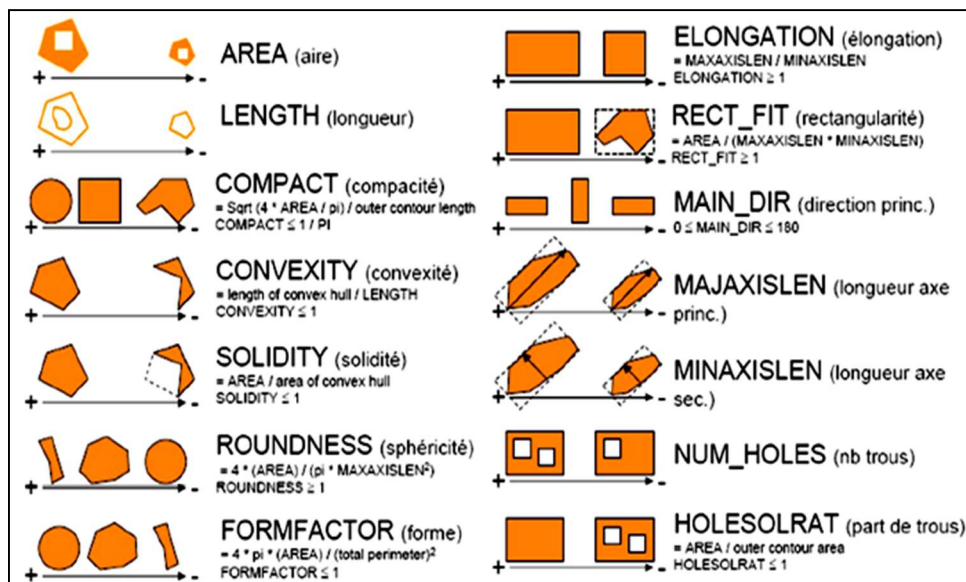


Figure III. 3 - Attributs spatiaux (forme).

D. Classification des objets

Plusieurs techniques de classification sont disponibles dans l'approche orienté objet : [15]

- Classification par la méthode des plus proches voisins ;

- Classification par la méthode Support Vector Machine (SVM) ;
- Classification par une base de règles : Dans le cas de cette classification, il n'y a pas une utilisation d'objets d'entraînement ni de calcul de distance. En fait, en se basant sur nos connaissances, nous définissons des attributs qui distinguent une classe donnée et nous leur appliquons une **fonction d'appartenance**.

Les fonctions d'appartenance sont définies en utilisant les potentialités de la logique floue. Contrairement à la logique booléenne qui raisonne en termes de «vrai» ou «faux» (0 ou 1) (un objet appartient à une classe unique), la logique floue utilise l'ensemble des valeurs comprises entre 0 et 1 où 0 est associé à «faux» et 1 à «vrai». Les valeurs entre 0 et 1 représentent la transition entre le totalement faux et le totalement vrai. En représentant l'incertitude, la logique floue permet d'appréhender le monde réel.

Affectation par logique floue. On affecte une classe à une région suivant le principe de la logique floue expliquée par le schéma ci-après :

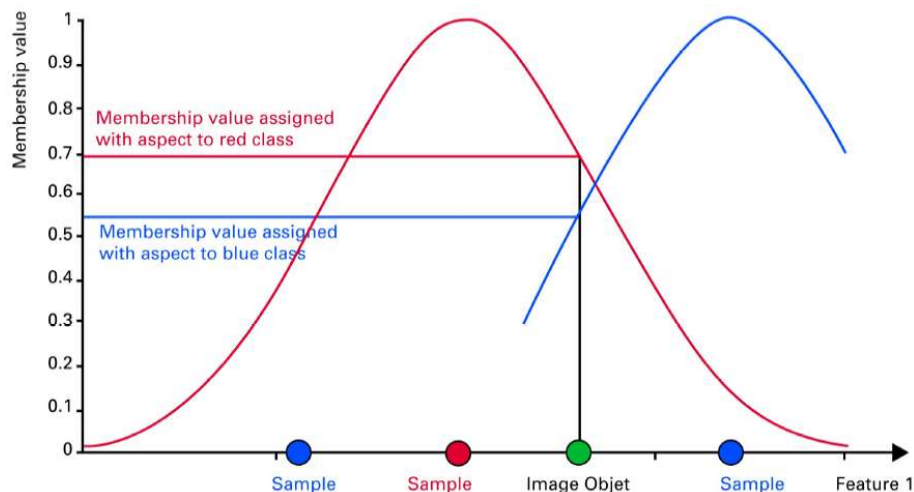


Figure III. 4 - Principe de la logique floue.

- On cherche à savoir si "Image object" appartient à l'échantillon bloc bleu ou rouge (ce sont des zones d'apprentissage) ;
- Feature 1 est l'attribut qui caractérise ces 2 zones d'apprentissage (moyenne des radiométries du canal infrarouge par exemple).
- Fonction floue d'appartenance (Membership Value) : gaussiennes centrées sur la valeur du Feature 1 pour les 2 classes bleues et la classe rouge.
- « Image Object » va être classée rouge car la moyenne de ses radiométries pour l'infrarouge est de 0.68 pour la classe rouge et de 0.55 pour la classe bleue.

L'ensemble des connaissances que nous avons sur une classe donnée, peut être sous forme de règles. La forme la plus élémentaire de ces règles logiques de classifications est :

Si[(**Caractéristique_de_l'objet** (objet) \in **Intervalle 1**] OU [**Caractéristique_2_de_l'objet** (objet) \in **Intervalle 2**] ET [**Caractéristique_3_de_l'objet** (objet) $>$ **Valeur1**],
donc **Classe (objet) = classe (x)**.

L'ensemble des règles qui représentent les diverses classes est groupé dans une structure de classification dite « la base de règles de la classification », on pourrait définir par exemple la règle pour l'extraction d'un objet comme le "route" :

- Objets avec une élongation plus grande que 0.9 et
- Objets avec une compacité moins de 0.3 ET
- Objets avec un écart type moins de 20.

E. Extraction des objets

Vous pouvez maintenant exporter les résultats de classification, chaque classe dans un fichier Shapefile distinct en choisissant le type : Polygone, Ligne Point ou sous format raster (format ENVI).

III.4 Conclusion

Les cartes d'information de base, thématique, et topographique sont essentielles à la planification, l'évaluation et à la surveillance, en vue de la reconnaissance militaire et civile, ainsi que pour la gestion de l'utilisation du sol.

Dans ce chapitre, nous avons exploré l'apport de l'imagerie de THRS et les techniques actuelles de traitements, en vue de faciliter la création et la mise à jour de la cartographie du littoral, qui décrivent la topographie de littorale (Proches de la côte, sur l'estran et à terre). La méthode d'extraction de l'information est fondée sur une nouvelle approche de classification « **Orientée-Objet** » d'une image à THRS.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les différentes étapes suivies pour la conception et la mise à jour automatique de la carte marine de navigation du port d'Arzew et Arzew el Djedid (Bethioua), échelle 1/15 000, tests appliqués et les résultats obtenus d'une part, et les perspectives proposées d'autre part.

Chapitre IV

Applications

IV.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de décrire les différentes étapes suivies pour la conception et la mise à jour automatique de la carte marine du port d'Arzew et Arzew el Djedid (Bethioua), échelle 1/15 000. Nous avons décidé de nous concentrer sur les techniques actuelles d'extraction automatique des objets géographiques du littoral le mieux défini par les géographes: Les détails topographiques naturels et artificiels, les amers, trait de côtes, les estrans et les installations portuaires... , nous allons donner une description de la zone d'étude, les données nécessaires et les logiciels utilisés, ainsi que les méthodes et les paramètres utilisés en appliquant une nouvelle approche de classification « **Basée -Objet** ».

À l'issue du traitement, les résultats (données cartographiques sous forme des couches vectorielles) sont intégrés dans une base de données géographique normalisées puis exporter ces données en carte marine électronique de navigation ENC format S57, dans le but de réaliser d'un système d'informations géographiques formalisées pour les applications marines, permettant de manipuler, mettre à jour, visualiser l'information géographique.

IV.2 Description de la zone d'étude, données et outils utilisés

IV.2.1 Zone d'étude

- Les évolutions côtières dans cette zone provoquent de réels problèmes dans la gestion de la zone littorale : navigation maritime et réglementation, contrôle de la pêche et la surveillance des approches maritime etc ;

- Les cartes marines existant sur la zone sont vieilles, ont été établie dans un système local non rattaché à un système géodésique mondial ;
- L'exploitation des gisements d'hydrocarbures et l'activité générée par les ports d'Arzew et de Bethioua et l'augmentation du trafic nécessitent plus que par le passé la conception et l'actualisation des cartes marines sur cette zone.

Caractéristiques générales de la zone d'étude :

Géographie : Situé à environ 7,5 M à l'ENE du Golfe d'Oran, le Golfe d'Arzew s'ouvre vers le NNW entre Ras carbon et Ras Ouilis à environ 30 M à l'ENE, la partie Ouest du golfe abrite les ports pétroliers et méthaniers d'Arzew et de Bethioua (Arzew el Djedid).

- **Port d'Arzew** : le port d'Arzew [35°51' N – 000°18' W] est essentiellement un port pétrolier et méthanier. Situé à l'extrémité Ouest du golfe d'Arzew, il peut recevoir des navires de plus de 15 m de tirant d'eau.
- **Port de Bethioua** : le port de Bethioua [35°49' N – 000°15' W] est un port artificiel crée pour l'exportation de gaz naturel liquéfié (GNL), de pétrole brut et de gaz de pétrole liquéfié (GPL), l'activité du port est résumée avec celle du port d'Arzew.

IV.2.2 Description des données

IV.2.2.1 Présentation de l'image test

Dans le cadre de ce travail, notre choix s'est porté sur une image ayant une Très Haute Résolution Spatiale (THRS) le standard ortho-rectifier issue du satellite Quickbird sur la zone d'Arzew et de Bethioua (2006), de taille 19300x12500, adopter à notre carte marine.

Cette image est composée de trois bandes spectrales : le bleu (0,45 - 0,52 μm), le vert (0,52 - 0,60 μm) et le rouge (0,63 - 0,69 μm). La résolution spatiale des données Quickbird est de 2,44 mètres, adopter à notre approche de classification basée objet qui permet de caractériser convenablement les objets contenus dans l'image.



Figure IV. 1 - Extrait d'image QuickBird port d'Arzew et de Bethioua

Tableau IV. 1 - Limite géographique de la zone d'étude

.	UTM Zone 30 Nord X	UTM Zone 30 Nord Y	Lat. WGS 84	Long WGS 84
1-NW	740650.5470	3972502.8490	35°52' 2,01" N	0°20' 4,76" W
2-SE	752271.6040	3964998.5620	35°47' 48,19" N	0°12' 30,42" W

IV.2.2.2 Cartographie existante

Les cartes marines dont nous disposons sur le site sont pour la plupart anciennes et en format papier. (Édition 1989, échelle 1/15 000, le système géodésique Nord Sahara, établies par le service hydrographique national) et donc, notre étude fondée sur la conception une nouvelle carte marine en format numérique électronique du port d'Arzew et de Bethioua, intégrée dans une base de données géographique normalisée.

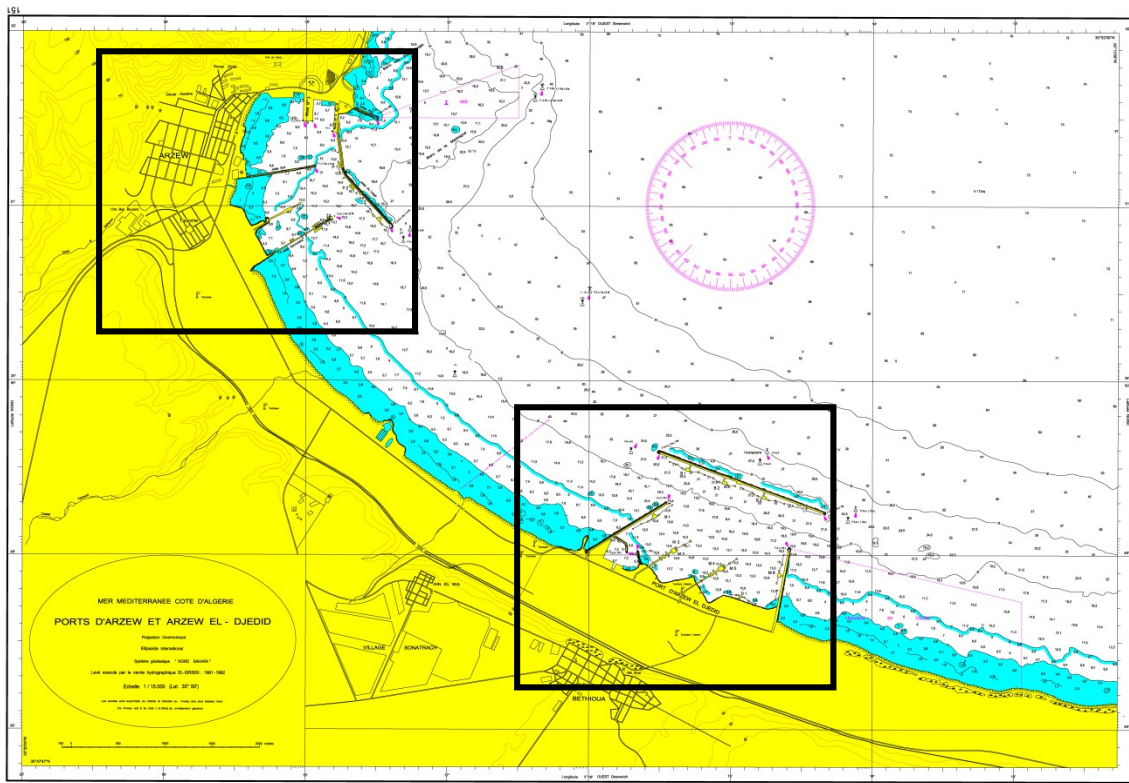


Figure IV. 2 - Carte marine à l'échelle 1/15000 du port d'Arzew et Bethioua- Edition 1989

Tableau IV. 2 - Limite géographique de la carte marine

Type de carte	Echelle	Année de prod.	Sys. Géodésique	Couverture	Lat. Min Long .Min	Lat. Max Long .Max
Marine (carte du port)	1/15000	1989	Nord Sahara	Port d'Arzew et de Bethioua	35°47' 47 N 0°20' 00" W	35°52' 00 N 0°12' 26" W

IV .3 Outils utilisés

Les outils utilisés dans le cadre de ce travail sont les suivants :

- Le logiciel **Autocad Map§Land 2008** ;
- Le logiciel **Google Earth Pro**;
- Le logiciel **TCX Converter** avec connexion internet ;
- Le logiciel **Global Mapper V15** ;
- Le logiciel **ENVI ZOOM et ENVI FX 4.8** ;
- Le logiciel **ARCGIS V 10.5** avec **ESRI ArcGIS Desktop 10.5 Addons** ;
- **OpenCPN 4.8 + dKart Navigator** version demo.

IV .3.1 Présentation de quelques logiciels de télédétection pour l'extraction des objets et outils du développement SIG

Il serait inadéquat de présenter une revue de littérature sur des différentes étapes et approches de traitement pour la conception de la carte marine électronique ENC sans parler des logiciels et outils de développement permettant de réaliser ces cartes.

a- ENVI Ex

Le module Feature Extraction dans ENVI EX (outil d'analyse et de traitement d'images pour les utilisateurs SIG) permet d'extraire, de manière simple et rapide, des objets d'intérêt et des informations, à partir d'images haute résolution (panchromatique ou multispectrale) en fonction des caractéristiques spatiales, spectrales ou texturales.

b- ARCGIS 10.5

ArcGIS 10.5 est un logiciel informatique géographique développé par la société ESRI « Environmental Systems Research Institute ». C'est un outil pour gérer, visualiser, cartographier, interroger et analyser toutes les données disposant d'une composante spatiale.

IV .3.2 Critères de choix de l'environnement de développement Arcgis 10.5

- Outil unique accessible à un public très large et s'adressant à une grande variété d'applications ;
- Interface graphique rapide à prendre en mains ;
- La plupart des bases de données sont utilisables ;
- Gérer une multiplicité d'informations attributaires sur des objets ;
- Les informations sont stockées de façon claire ;
- Etablir des cartographies ;
- Localiser dans l'espace et dans le temps ;
- Réagir rapidement après des événements ayant un impact sur le territoire ;
- Fournir des itinéraires, des plans adaptés ;
- Accessibilité d'intégrer des modules complémentaires (exemple les modules liées à la cartographie marine).

IV.4 Approche méthodologique

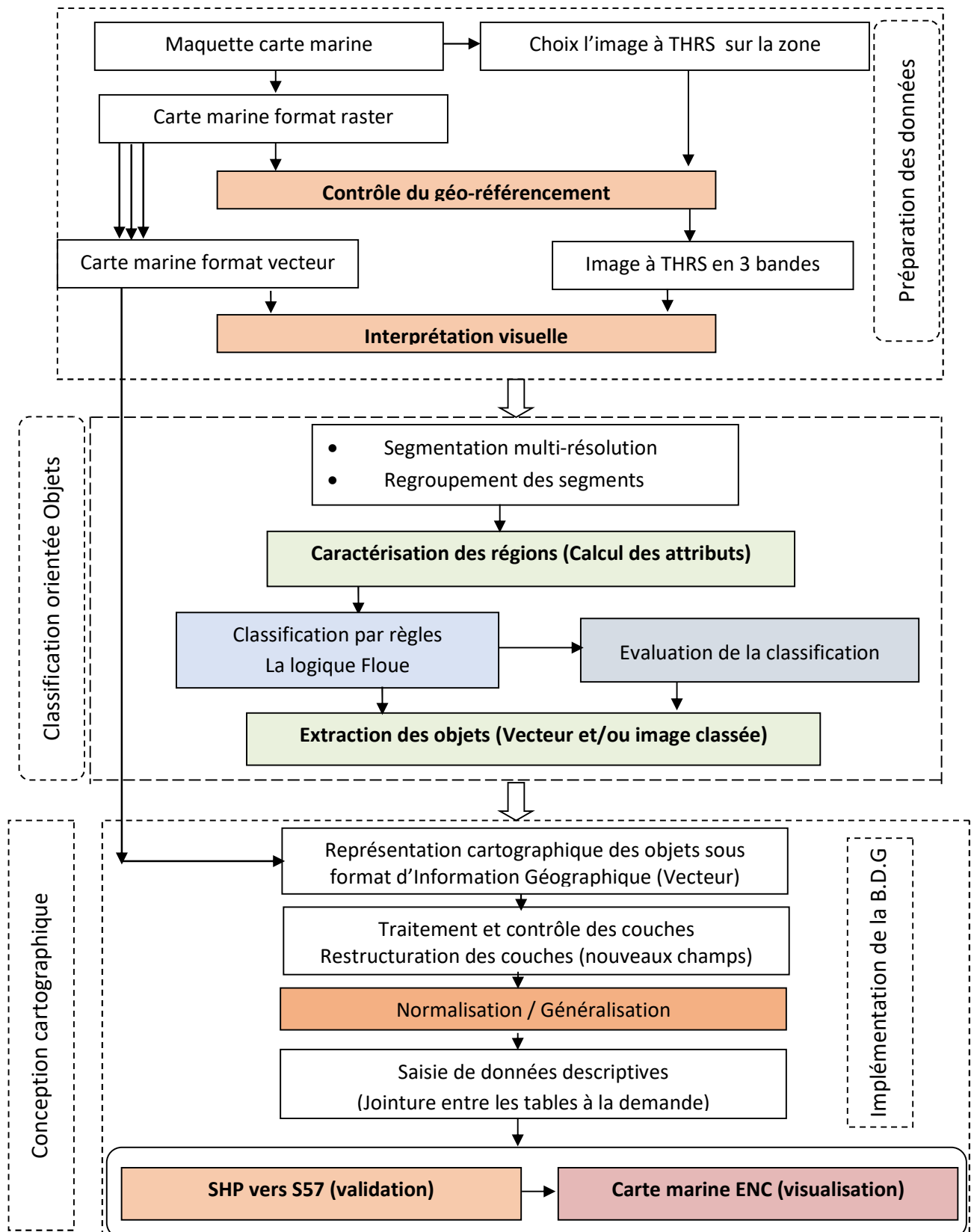


Figure IV. 3 - Organigramme méthodologique

IV.5 Démarche méthodologique

IV.5.1 Etapes de préparation des données d'entrées

IV.5.1.1 Contrôle de géoréférencement

Utiliser les images (image THRS de Quikbird et la carte marine en format raster) pour la conception et la mise à jour des fonds cartographiques marine demande que ces dernières soient correctement géoréférencées, c'est à dire que, d'une part, l'on connaisse les coordonnées géographiques de chaque pixel de l'image (Latitude, Longitude, Hauteur dans un référentiel connu), et d'autre part, de représenter l'image dans la projection cartographique du document à produire.

Le système géodésique utilisé par notre image de Quickbird est le système mondial (WGS84). Par ailleurs, la carte marine utilisée un autre système géodésique (Nord Sahara), le passage des coordonnées géographiques d'un système à un autre se fait directement par la transformation dans le référentiel terrestre associé à chaque système (figure IV.4).

Pour notre étude nous avons appliqué d'une manière automatique le passage entre les deux systèmes de référence par un modèle de transformation intégré dans les logiciels **Global Mapper** et **Autocad Map 3Land**.

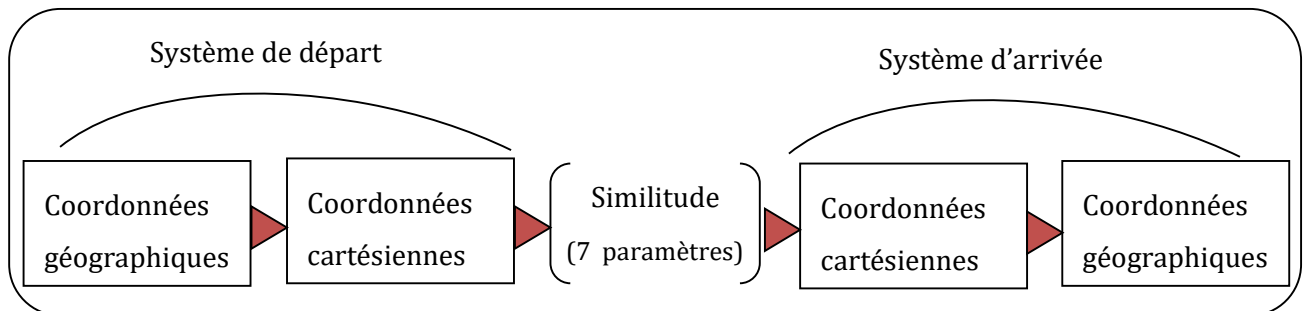


Figure IV. 4 - Méthode de passage de coordonnées géographiques entre deux systèmes

IV.5.1.2 Interprétation visuelle d'image a THRS

L'interprétation et l'analyse de l'imagerie de télédétection ont pour but d'identifier, localiser et de mesurer différentes cibles dans une image pour pouvoir en extraire l'information utile et nécessaire pour la conception et la mise à jour de la carte marine (littoral).

Pour notre étude nous avons concentré sur la localisation sur l'image (pour le traitement) les objets géographiques de littoral les mieux remarquable à partir du large

nécessaire pour la mise à jour cartographique, à cet effet nous avons décidé de partager notre image en six (06) zones (figure IV.5). D'une taille limitée, selon le contenu de chaque zone (classification des objets), d'une part, et d'autre part, d'accélérer le temps de traitement, de mieux visualiser l'image et éviter le blocage de la machine. Les zones géographiques définissent comme suit :



Figure IV. 5 - Extrait d'image QuickBird d'Arzew (2006)

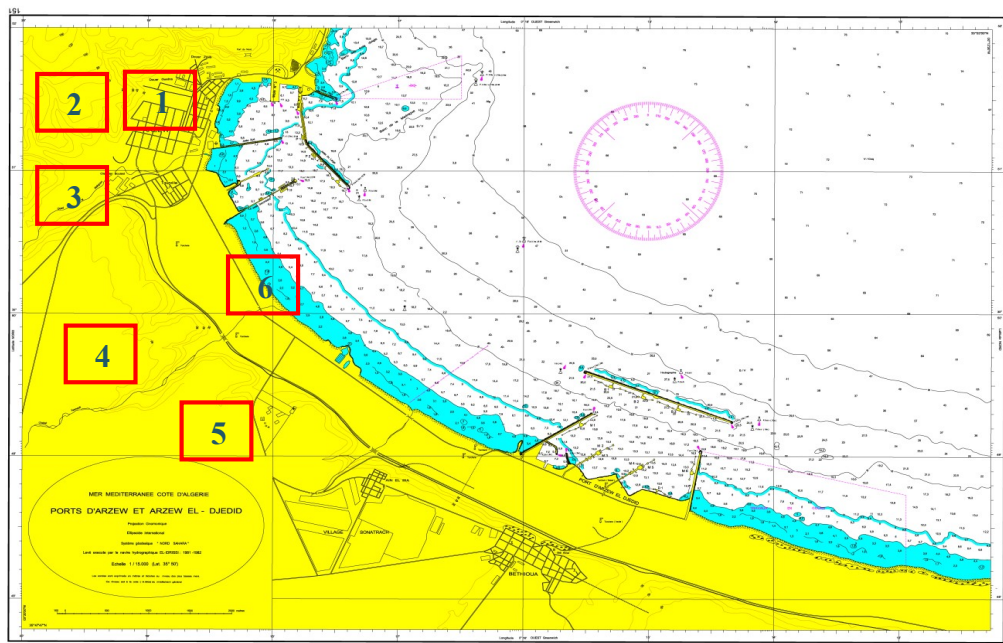


Figure IV. 6 - Extrait carte marine sur la même zone

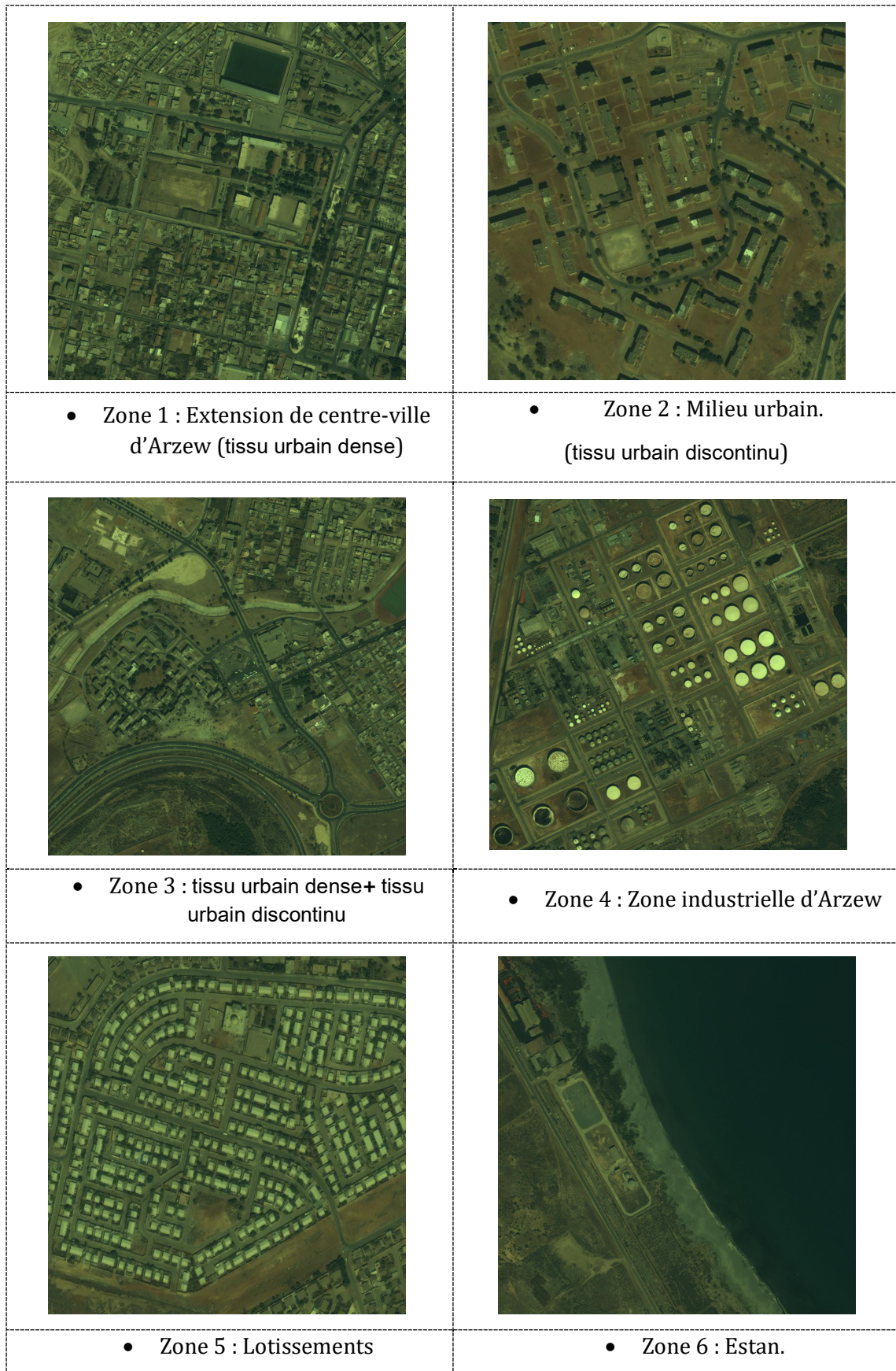


Figure IV. 7 - Différentes zones d'étude.

IV.5 .2 Etapes d'extraction automatique des objets de littoral

IV.5 .2 .1 Traitement d'image

L'extraction d'objets caractéristiques passe par deux principales étapes. Après l'importation des données-images prétraitées (corrections géométriques ou radiométriques, géoréférencement) au sein d'un projet, l'image fait l'objet d'une segmentation et la classification. La segmentation signifie le regroupement de pixels sur le critère d'homogénéité. Les objets obtenus par la segmentation peuvent être classés à travers la méthode de la classification basée sur des règles qui a un principe de la logique floue (voir III.2.2.2). Le logiciel utilisé pour notre étude est ENVI ZOOM FX.

IV.5 .2 .2 Caractérisation des objets sous ENVI FX

Pour la génération d'objets, ENVI Feature Extraction impose un traitement en quatre étapes : la segmentation de l'image, la fusion des segments, l'affinement des objets et le calcul des attributs. La deuxième et la troisième étape sont optionnelles et permettent d'améliorer les résultats en fonction des objectifs de l'utilisateur.

Etape 1 – segmentation d'image originale

Tout d'abord, l'utilisateur peut choisir l'échelle de la segmentation qui correspond au niveau finesse de la segmentation en fonction des objets qu'il souhaite caractériser, notre choix s'est porté sur la segmentation multi-résolution qui autorise une analyse multi-échelle de l'image, cette segmentation est basée sur un algorithme ligne des partages des eaux (Watershed). [14]

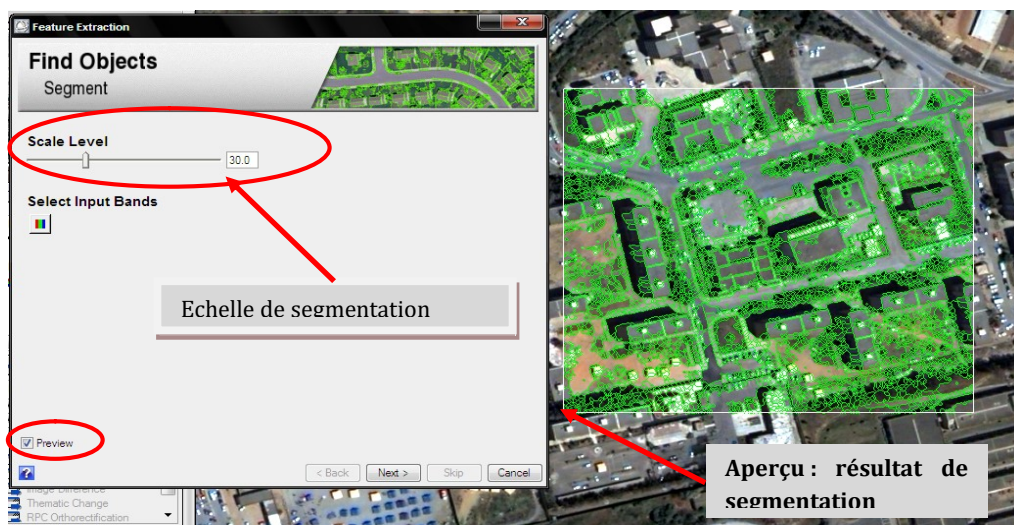


Figure IV. 8 - Choix le niveau d'échelle de la segmentation (de 0 à100)

Etape 2 (optionnelle) : Regroupement des segments

Cette étape utilise l'algorithme «Full Lambda Schedule», qui a un but de regroupement itératif des paires de segments adjacents similaires pour réduire les effets de sur-segmentation. [14]



Figure IV. 9 - Regroupement des segments (la valeur du seuil Lambda).

Les différents niveaux d'échelle testes sur quelques zones d'étude sont les suivant :

A. ZONE 4 (Zone industrielle d'Arzew)

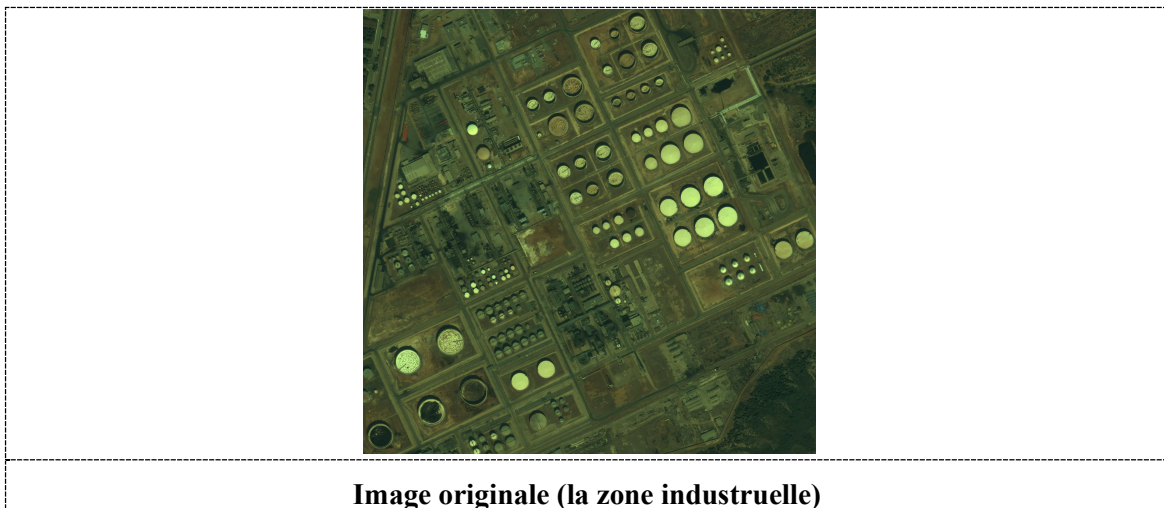


Image originale (la zone industrielle)

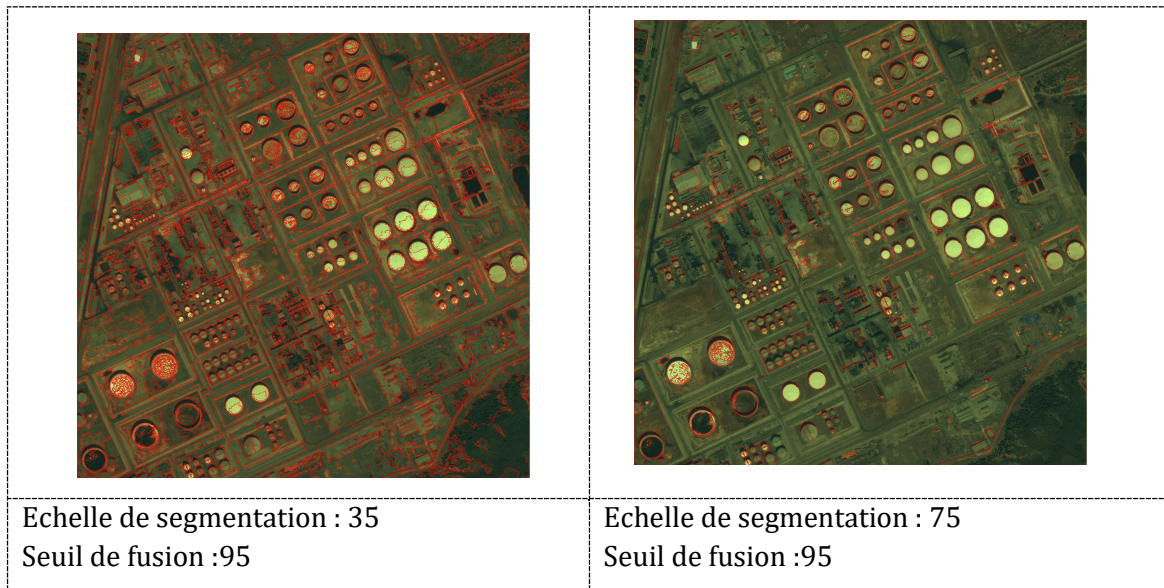


Figure IV. 10 - Zone 4 : tests de segmentation et de Fusion.

Nous voulons extraire comme objet **les bacs de stockage** remarquable à partir du large, après une série de tests (figure IV. 10), les résultats sont les suivants :

- Pour l'extraction de cet objet, nous avons choisi d'appliquer une segmentation à une échelle = 75, pour préserver d'une part, les contours des objets et d'autre part, garder le maximum des bacs de stockage.
- Nous voyons bien que les bacs de stockage sont présentés sur l'image segmentée comme des objets bien délimités ;
- Une fusion à un seuil Lambda de 95 permet d'éliminer l'effet de sur-segmentation.

B. ZONE 6 (ESTRAN)

Description : L'estran est la partie de la surface terrestre située entre la ligne de plus haute mer et plus basse mer. Nous ne prenons ici en compte que les estrans sableux.

Critères d'identifications : les estrans ressortent en bleu-grisâtre, parfois presque blanc, du fait de leur composition minérale. Ils ont la même couleur que le bâti, mais s'en distinguent très aisément. Ils situent bien entendu à proximité de la mer et peuvent couvrir de très grandes surfaces. Ils présentent un aspect relativement lisse et uniforme.

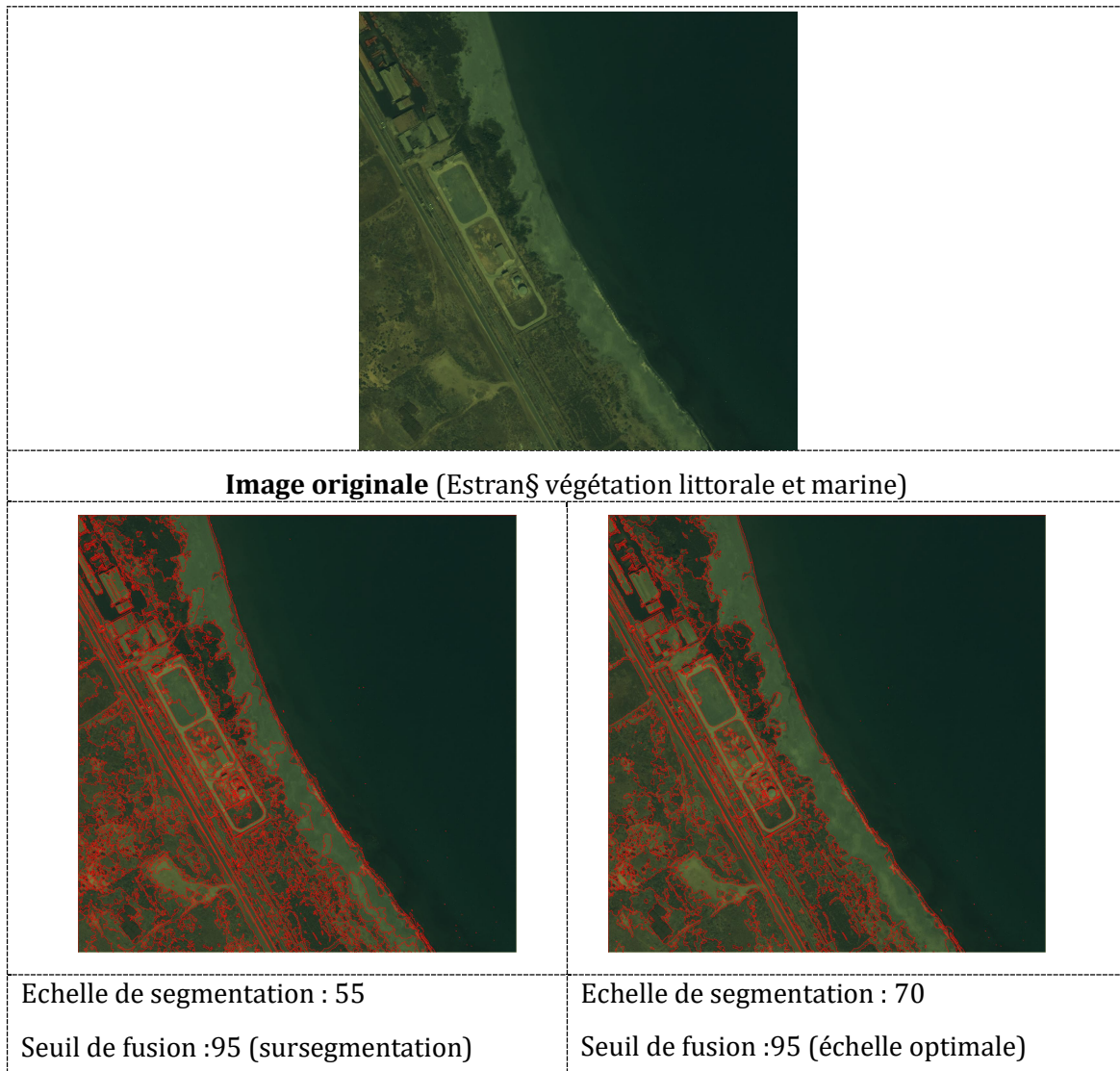


Figure IV. 11 - Zone 6 : tests de segmentation et de Fusion.

L'extraction des deux objets (estran sableux § végétation littoral et marine), dépend des résultats suivants (figure IV.11) :

- Le choix d'une échelle de segmentation à 70 et un seuil de fusion à 95, permettent de délimiter les contours de l'estran ;
- Pour une segmentation à 35 on a obtenu plus d'informations (une image sure-segmentée).

Etape 4 - Calcul des attributs

La quatrième étape consiste à la vectorisation des segments définis par les étapes précédentes et le calcul des attributs disponibles pour chaque segment. Plusieurs attributs sont calculés :

- **Les attributs spatiaux** : caractérisant la forme du segment (surface, la compacité, l'élongation, la convexité, la concavité, la rectangularité, etc.
- **Les attributs spectraux sont** : la valeur minimale, maximale, l'écart type et la valeur moyenne des pixels d'un objet pour un canal de l'image.
- **Les attributs de texture sont** : la moyenne, l'homogénéité, la variance et l'entropie.

IV.5.2.3 Classification des segments (approche basé objet)

Le logiciel propose deux types d'approches pour la classification des objets (voir III.2.2.2).

Nous avons concentré notre travail sur la seconde méthode qui fait appel à des fonctions d'appartenance, les fonctions statistiques d'appartenance peuvent prendre en compte plusieurs paramètres tels que la valeur spectrale des objets (descripteurs statistiques fondés sur la somme de la valeur spectrale des pixels composant cet objet), leur forme, leur taille, leur texture, etc. Les fonctions d'appartenance sont définies en utilisant les potentialités de la logique floue.

IV.5 .2.3.1 classification basée sur des règles pour quelques zones

Le processus de classification est basé sur la formulation d'un certain nombre de règles de connaissance définies par l'utilisateur pour chaque type d'objet à classer, plusieurs règles de connaissances peuvent être combinées pour définir la règle de classification d'un objet donné.

A. Extraction des bâtis (lotissement) à partir de la zone 5

Pour l'extraction des bâtis (lotissement), on a utilisé les règles suivantes : une segmentation à une échelle de 55 et une fusion avec un seuil de 95.

Si (Moy_Bande_2 > 130.00) ALORS Classe du Segment = Bâtis

Les attributs spectraux :

Moyenne dans la deuxième bande spectrale (Avg_band_2) supérieur à 130 : garde le bâti qui a une forte valeur spectrale.

Pour l'extraction des routes sur la même zone, on a utilisé les règles suivantes :

Une segmentation à une échelle de 35 et une fusion avec un seuil de 95.

*Si (Moy_Bande_2 entre 83.2893 ET 129.1716) ET (Compacité > 0.1400) ALORS Classe du Segment
= Routes*

Les attributs spectraux :

- Moyenne dans la deuxième bande spectrale (**Avg_band_2**) entre 83.2893 et 129.1716 : tous les segments qui ont une valeur spectrale incluse dans cet intervalle sont gardés (Routes).


Attributs spatiaux :

- **Compacité (Compacness)** : inférieur à 0.1400 éliminer tous les objets compacts (dans notre test : les segments presque circulaires).



Image originale (Lotissements)

Extract Features
Rule-Based Classification



Lotissements
rule [weight:1.00]
avgband_2 > 130.1639

Display Rule Set

Rule Set:
#1 (1.000): If avgband_2 > 130.1639, then object belongs to "Lotissements".

< Back Next > Skip Cancel



Base de règles pour l'extraction des bâtis

Résultat de l'extraction des bâtis

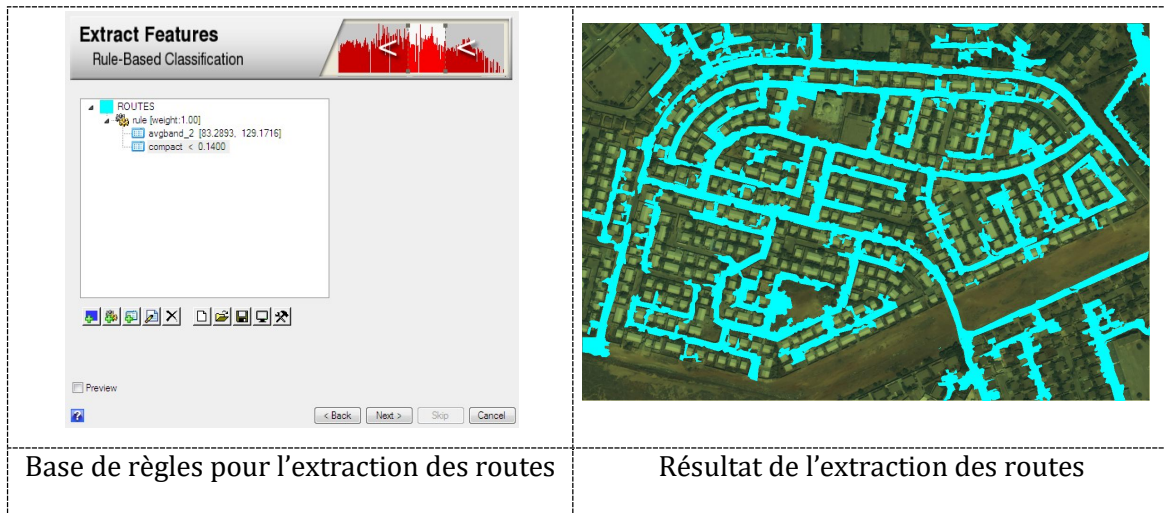


Figure IV. 12 - Extraction des bâtis et des routes.

Evaluation qualitative :

Ce test vise à extraire le bâti et les routes, il permet d'avoir une image segmentée de bonne qualité visuelle, l'image résultante montre :

- Une légère confusion entre les segments bâtis et sol nu.
- La forme des objets bâtis est homogène (rectangulaire).
- Un manque de quelque tronçon de routes, ces segments sont remplacés par des objets sol nu, dû à la construction des règles.

B. Extraction des bacs de stockage sur la zone 4 (la zone industrielle)

Une segmentation à une échelle de 75 et une fusion avec un seuil de 95.

Les règles utilisées pour l'extraction des Bacs de Stockage :

Si (Compacité > 0.1602) ET (solidité > 0.8) ET (sécularité > 0.3) ET (Superficie entre 29.1549 m² et 3007.28 m²) ET (Elongation < 2.38) ALORS Classe du Segment = Bac de Stockage

Attributs spatiaux :

- **Compacité (Compacness)** : supérieur à 0.1602 garde tous les objets compacts (dans notre test : les objets circulaires).
- **Solidité (solidity)** : supérieur à 0.8 garde tous les objets solide (dans notre test : utilisée spécialement pour éliminer l'effet d'ombre).
- **Sécularité (roundness)** : supérieur à 0.3 garde que les objets compacts séculaires.

- **Superficie (Area)** : une superficie entre 29.1549 m² et 3007.28 m². Tous les segments qui ont une superficie incluse dans cet intervalle sont gardés (les bacs).
- **Elongation** : inférieur à 2.38 pour éliminer les objets allongés (tronçons de routes)

	
Image originale (la zone industrielle)	
	
Choix de la base de règles	Résultat de l'extraction

Figure IV. 13 - Extraction des bacs et les citernes de stockage.

Evaluation qualitative :

- Une confusion légère de quelque bac avec le sol nu (quatre bacs de stockage manquants, (sur centaine objets classifiés), dû à la construction des règles ;
- L'ombre à l'extérieur et à l'intérieur de quelques bacs de stockage a déformé la géométrie de l'objet (cercle).
- Un petit objet qui n'appartient pas à la classe d'intérêt est détecté comme un bac de stockage ou citerne.

C. Les règles utilisées pour l'extraction de trait de cotes à partir de l'image globale

Une segmentation à une échelle de 75 et une fusion avec un seuil de 94.

Si ((Moy_Bande_1) < 16.0801) ALORS Classe du Segment = Trait de Côtes.

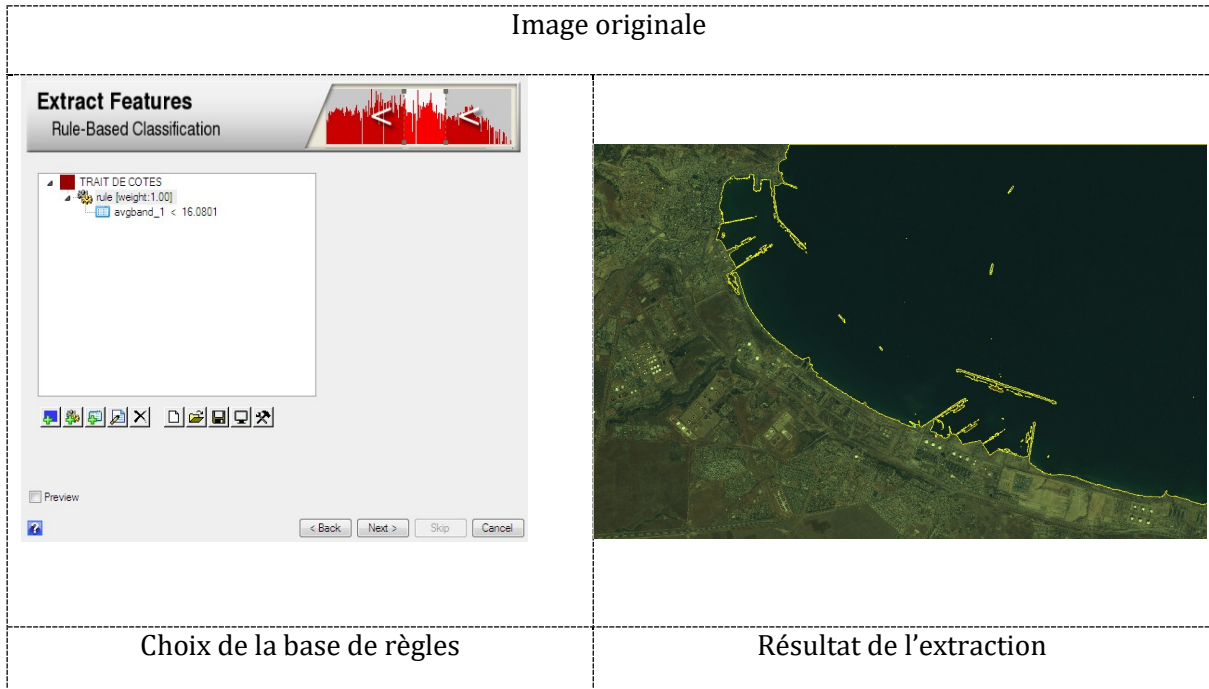


Figure IV. 14 - Extraction de trait de côtes par la construction des règles

- Une confusion remarquable entre le trait de côtes et les navires à quai et au large (objet parasite)

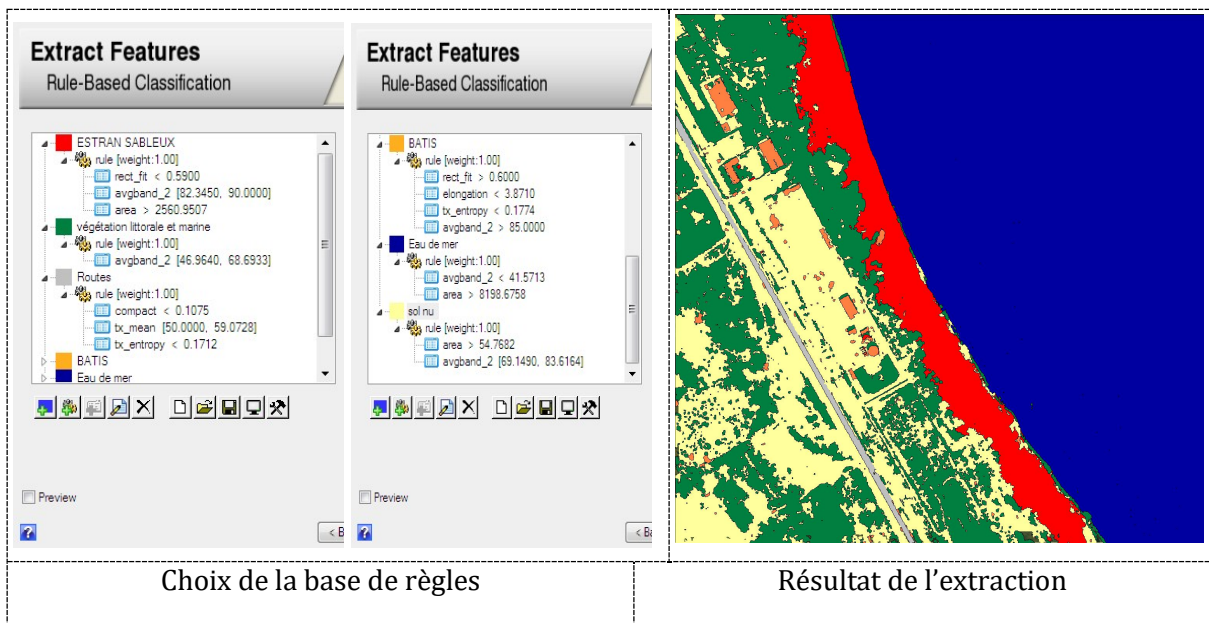


Figure IV. 15 - Extraction des objets géographiques par la construction des règles

L'extraction automatique des objets géographiques de littoral par la classification basée sur des règles permet généralement de discriminer plus facilement entre des objets d'intérêt d'une image homogène, où la construction des règles de classification d'image hétérogène qui contient beaucoup d'objets (même objet avec des caractéristiques différentes) nécessite une bonne connaissance des propriétés des objets à extraire. Donc, dans notre évaluation qualitative des différents tests, on distingue qu'il y a quelques erreurs d'omission, de commission et de confusion qui sont dues principalement au :

- Le choix du paramètre niveau d'échelle de segmentation et le seuil Lambda pour la fusion ;
- La difficulté de modéliser les objets d'intérêt qui ont des caractéristiques hétérogènes d'une région à une autre (le bâti n'a pas la même forme dans les différents quartiers de la ville) ;
- Le problème des objets parasites sur les images de très haute résolution spatiale (ombre, navires, véhicules, etc) ;
- Les confusions entre les objets qui ont des caractéristiques similaires (bâti/sol nu. Végétation/ombre) ;
- La sélection des attributs pertinents pour mieux caractériser les objets d'intérêts ;
- La construction de la base des règles.

IV.5.2.4 Représentation cartographique des objets sous format d'information géographique (vecteur)

Pour la conception et mise à jour de la carte marine de la partie littorale, nous avons exporté les résultats de la classification que nous avons obtenus après différents tests sur les différentes zones d'études, chaque classe dans un fichier vecteur (shapefile) distinct en choisissant le : Polygone, ligne, point. Feature extraction fournit une option pour lisser (Smoothing) nos entités vectorielles. Exemple d'extraction de quelques classes en format vecteur après le lissage

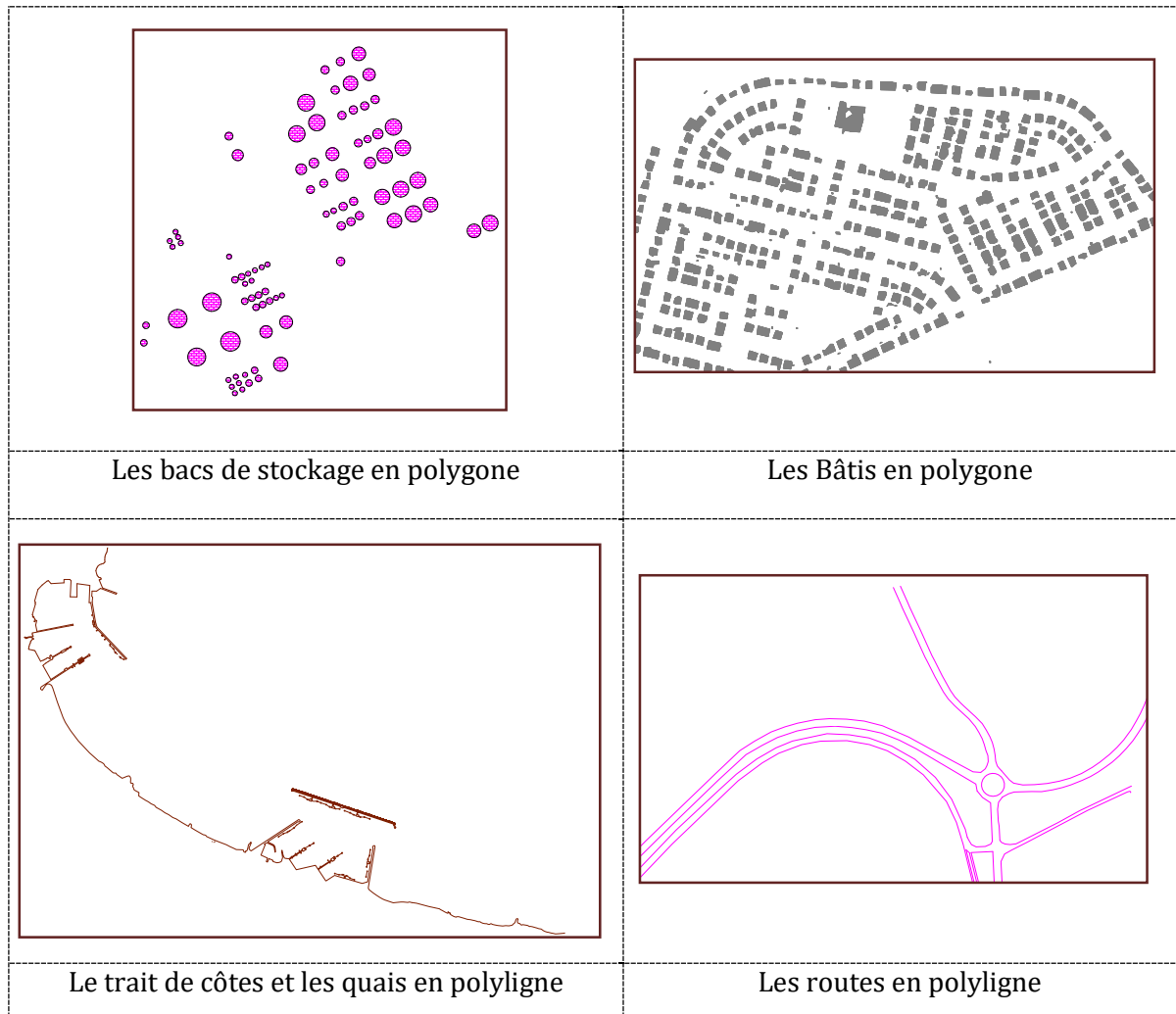


Figure IV. 16 - Exemple de quelques classes en format vecteur distinct

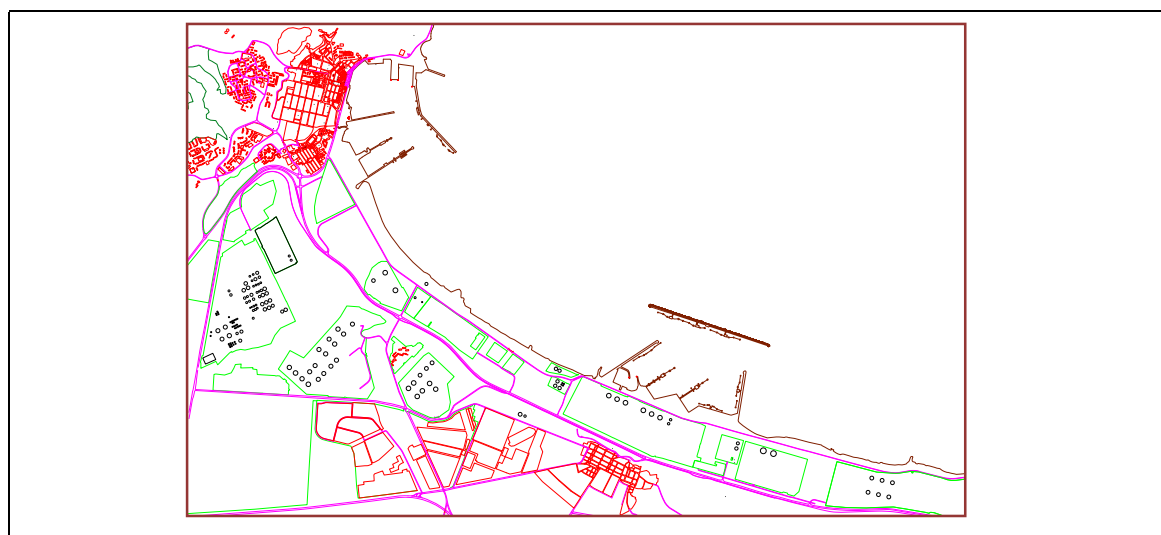


Figure IV. 17 - La superposition des différentes classes suivant à l'échelle de la carte

Digitalisation des Entités de la partie mer à partie de la carte marine

La digitalisation des entités de la carte partie marine, est l'étape la plus importante nécessaire à la réalisation de notre projet. Cette étape consiste à fragmenter la carte en plusieurs calques ou couches, où chaque couche représente un type d'objet graphique.

- Digitalisation des entités de type point : sondes, nature du fond, bouée et balises, etc
- Digitalisation des entités de type polylines : isobathes, limites zones mouillage, etc
- Digitalisation des entités de type polygones : zone de profondeur, routes, zone de mouillage.

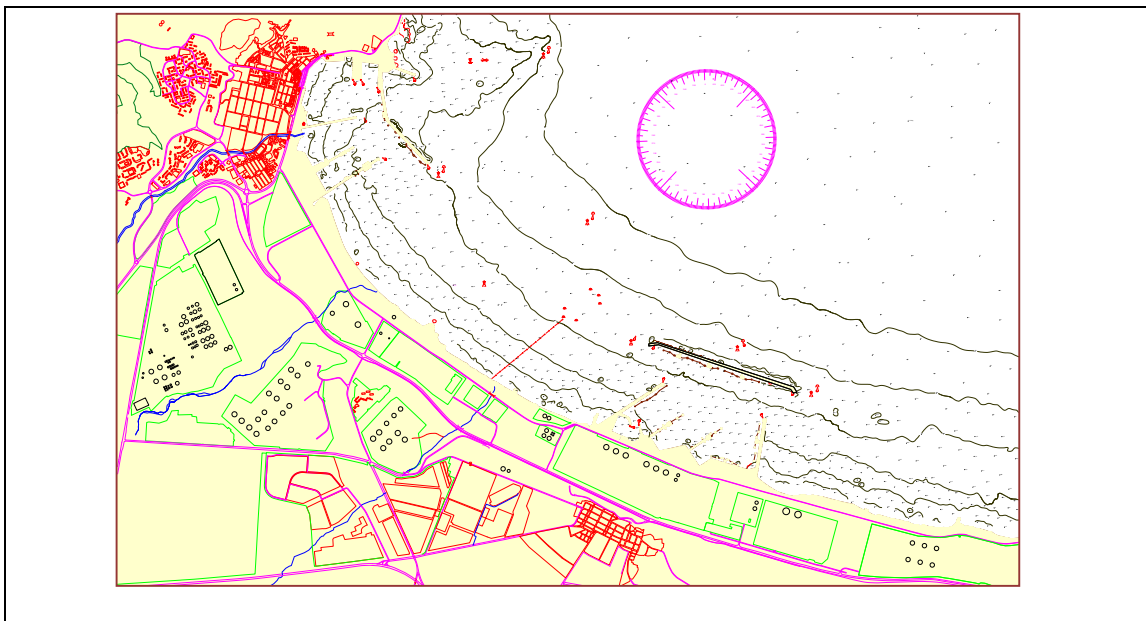


Figure IV. 18 - Superposition des couches topographiques avec la partie hydrographique

IV.5 .3 Etapes d'élaboration de L'ENC

Lorsque la création d'une nouvelle carte électronique, un certain nombre de paramètres identifiant les ENC doivent être indiqués, à savoir :

- Le nom et le chemin de la carte électronique ENC ;
- Les coordonnées géographiques (Limite d'ENC) ;
- L'indication de sources des données ;
- Les paramètres géodésiques (échelle, système de projection).
- La forme de la carte (rectangle).

• **Paramètres Géodésiques :**

- Données horizontales : WGS84 ;
- Données verticales : choisies par l'opérateur ;
- Données bathymétriques : choisies par l'opérateur ;
- Projection : aucune projection (coordonnés géographiques).

IV.5 .3.1 Conception de la base de données géographique

La mise en place d'une base de données géographique permet de visualiser, d'explorer et d'analyser toutes les données nécessaires pour une navigation sécurisée. Les données collectées dans ce système représentent la plateforme d'un outil d'aide à la décision fournissant des informations sur tous les objets relatifs à l'environnement marin afin de déterminer les éléments de mouvements du navire permettant de remédier aux risques et aux dangers de la navigation.

A. Structuration de l'information

Cinq niveaux d'information, correspondant à des degrés croissants d'analyse et d'exploitation du SIG peuvent être identifiés : [16]

1. Le niveau élémentaire est celui de la **donnée**, brute ou prétraitée ;
2. Le second niveau regroupe les **couches thématiques**, provenant de l'intégration des données brutes à la base d'information géographique ;
3. Le troisième niveau concerne les **couches d'analyse**, regroupant par thème l'information inédite produite par l'analyse des couches thématiques ;
4. Les couches du système forment le quatrième niveau issu de l'association d'éléments ou de processus permettant la définition de systèmes ou de potentialités ;
5. Le dernier niveau, constitue une exploitation des couches du système pour la production d'une **information synthétique** pouvant être utilisée dans des contextes opérationnels ou de gestion.

B. Modélisation des données

En fonction de la nature des données, nous avons scindé la modélisation en deux niveaux :

- Le niveau **sémantique** représente les attributs de chaque entité et les relations entre les classes d'entités (à la demande) ;

- Le niveau **géométrique** comprend la représentation géométrique (point, polyline ou polygone) de chaque objet.

C. Schéma conceptuel de données

Le produit de la modélisation des données est un modèle conceptuel de données. Il a pour but de décrire de façon formelle les données qui seront utilisées par le système d'informations géographiques. Il s'agit donc d'une représentation facile et compréhensible des données, permettant de décrire le système d'informations géographiques à l'aide d'entités.

D. Dictionnaire de données

Les différentes rubriques du dictionnaire de données sont les suivantes :

- Base de données : nom de la base de données à laquelle est intégrée la couche d'information thématique ;
- Fichier : nom de la couche d'information thématique ;
- Description sommaire du contenu du fichier ;
- Objectif du fichier en fonction des missions ;
- Fichiers associés : liste des couches thématiques pouvant être associées au fichier ;
- Entité spatiale élémentaire composant le fichier (point, arc, surface) ;
- Source : organisme producteur et/ou propriétaire de l'information ;
- Echelle : indication de l'échelle à retenir pour l'intégration d'une information répondant aux besoins ;
- Attributs : liste des attributs permettant de décrire les caractéristiques de chaque entité du fichier. Pour chaque attribut sont indiqués : un nom de code, une brève explication du contenu, le type (alphanumérique, numérique, binaire, image, etc).

E. Recensement et classification des objets de la carte

En étudiant la carte du port d'Arzew N°151 et son cadre géographique, nous avons pu définir les objets devant être déterminés et nous avons classés comme suit :

- Aides à la navigation : Danger, feux, bouées et balises , etc ;
- Bathymétrie : Sondes, natures du fond marin, isobathes et zone profondeur, etc ;
- Hydrographie Terrestre : Cours d'eau, etc ;
- Plan d'eau : Bassins, darse et môle, etc ;

- Réseau de Transport : Route, Pont, Voie ferrée, etc ;
- Topographie artificielle : Amer, bâtiment, terrain, pont ;
- Topographie naturelle : Sommet topographique, courbes de niveau, trait de côte, etc ;
- Zones : Zone de mouillage, limite zone de mouillage, zone de mouillage interdit, etc.

F. Création de la Geo-Database

Nous avons créé la Géo-DataBase personnelle nommée : « DZ5C0151 », placé dans le répertoire « ARZEW ».

G. Création des jeux de classe

La Géo-DataBase comprend plusieurs jeux de classe, où sont regroupés plusieurs objets représentant un même type d'information.

Exemple : le jeu de classe **Bathymétrie** regroupe des objets tels que : **Fond Marin, Sonde, Isobathe, Zone de profondeur.**

Nous avons créé plusieurs jeux de classe qui sont : Aides à la navigation, Bathymétrie, Hydrographie Terrestre, Plan d'eau, Réseau de Transport, Topographie artificielle, Topographie naturelle et Zones.

H. Création des classes d'entité

Tout objet graphique dans la carte, doit avoir une représentation dans la Géo-DataBase, ces objets seront appelés « *Entités* ». Les entités sont représentées soit par des points, des polygones ou par des polygones.

Le tableau suivant représente les différents jeux de classe avec la représentation topologique de chaque entité :

Tableau IV. 3 - Représentation des classes d'entités

<i>Les jeux de classe</i>	<i>Les entités</i>	<i>La représentation</i>
Aides à la navigation	Dangers	Point
	Bouées...	Point
	Balises	Point
	Feux, ...	Point
	Pipeline, submarine/on land	Polyline
Bathymétrie	Isobathes	Polyline
	Natures du fond marin	Point
	Sondes	Point
	Zones de profondeurs	Polygone

Diverse Zone	Limite de zone de mouillage,....	Polyline
	Zone de mouillage, de pêche,....	Polygone
	Zone de mouillage interdit	Polygone
	D'autres zones	Polygone
Hydrographie Terrestre	Cours d'eau	Polygone
Plan d'eau	Bassin	Polygone
	Darse	Polygone
	Môle	Polygone
	Passe	Polyline
Réseaux de Transport	Route,	Polygone
	Voie ferrée	Polyline
Topographie artificielle	Amer	Point
	Bâtiment	Polygone
	Ponts	Polyline
Topographie naturelle	Courbes de niveau	Polyline
	Sommet topographique	Point
	Trait de côte	Polyline

Toutes ces entités comprennent des caractéristiques qui seront stockées dans des tables appelées tables attributaires, où chaque enregistrement ou ligne de la table correspond un objet graphique de la carte.

Nous avons créé les entités en spécifiant leurs attributs et types selon catalogue des objets S57 ENC ce qui suit :

Tableau IV. 4 - Les entités et leurs attributs

Entités	Attributs
<i>Bassin</i>	ID ; SHAPE ; SHAPE length; code; Nom_bassin; Position_Bassin;
<i>Bouées</i>	ID ; SHAPE ; Type_ Bouée ; code; Couleur ; période-bouée ;
<i>Courbe niveau</i>	ID ; SHAPE ; Altitude ; code; SHAPE length ; Type Relief;
<i>Cours d'eau</i>	ID ; SHAPE ; Type Cours ; code; Nom Cours ; SHAPE length ; SHAPE Area
<i>Darse</i>	ID ; SHAPE ; SHAPE length, code; Num_Darse, Position_Darse ;....
<i>Isobaths</i>	ID ; SHAPE ; code; Valeur ; SHAPE length;.....
<i>Jetée ou appontement</i>	ID ; SHAPE ; code; Type ; Nom de jetée ; SHAPE length ; SHAPE Area ;....
<i>Limite zone de</i>	ID ; SHAPE ; code; Num LZM ; Nom LZM ; SHAPE length;....
<i>Môle</i>	ID ; SHAPE ; code; SHAPE length, Nom_ Môle, Position_ Môle ;....
<i>Nature de fond</i>	ID ; SHAPE ; code; Abréviation ; Nature Code ;....
<i>Passe</i>	ID ; SHAPE ; code; Nom_ Passe, Position_ Passe ;....

<i>Pont</i>	ID ; SHAPE ; code; SHAPE length;.....
<i>Quai</i>	ID ; SHAPE ; code; SHAPE length;.....
<i>Route</i>	ID ; SHAPE ; code; SHAPE length;.....
<i>Sonde</i>	ID ; SHAPE ; code; var ; Etat de sonde ; FN SHFN-INT1 ;.....
<i>Topographie</i>	ID ; SHAPE ; code; SHAPE length ; SHAPE Area;.....
<i>Trait de Côte</i>	ID ; SHAPE ; code; Nature de cote ; SHAPE length ;.....
<i>Voie ferrée</i>	ID ; SHAPE ; code; SHAPE length;....
<i>Zone de mouillage</i>	ID ; SHAPE ; code; N° ; Nom ; SHAPE length ; SHAPE Area;....
<i>Zone de profondeur</i>	ID ; code; Intervale ; Valeur ; SHAPE length ; SHAPE Area;.....

IV.5 .3.2 Normalisation/standardisation de L'ENC

Les cartes officielles (classiques ou électroniques) respectent le plus souvent les normes et recommandations de l'OHI, la publication S57 de l'OHI constitue la norme de l'OHI pour le transfert de données hydrographiques numériques. Cette norme est à utiliser pour l'échange des données hydrographiques numériques entre Services hydrographiques, ainsi que pour la diffusion des données hydrographiques aux fabricants, aux navigateurs et aux autres utilisateurs de données. Elle a été conçue de façon que le transfert de toutes formes de données hydrographiques s'effectue de manière uniforme et cohérente. [17]

1. La convention du nom CCPXXXXX.EEE

CC : Code de l'agence de production, exemple DZ pour l'agence de production Algérienne ;

P : Types de navigation :

2. Vue d'ensemble
3. Générale
4. Côtière
5. Approche
6. Portuaire
7. Amarrage

XXXXX : Identificateur de la carte (alphanumérique), C151 ;

EEE : Nombres de mise à jour (000, pour la cellule de basse) notre cas c'est une carte portuaire, dénommée : **DZ5C0151**

Le système géodésique de ENC est celui de WGS84 si le moyen de positionnement Choisi utilise un système géodésique différent, une alarme sur le ECDIS signalera l'incompatibilité de la carte et du point.

Nous avons créé la Géo-DataBase personnelle nommée et porter le nom de la carte ENC « DZ5C0151 », placé dans le répertoire « ARCGIS » selon de l'arborescence figure suivante :

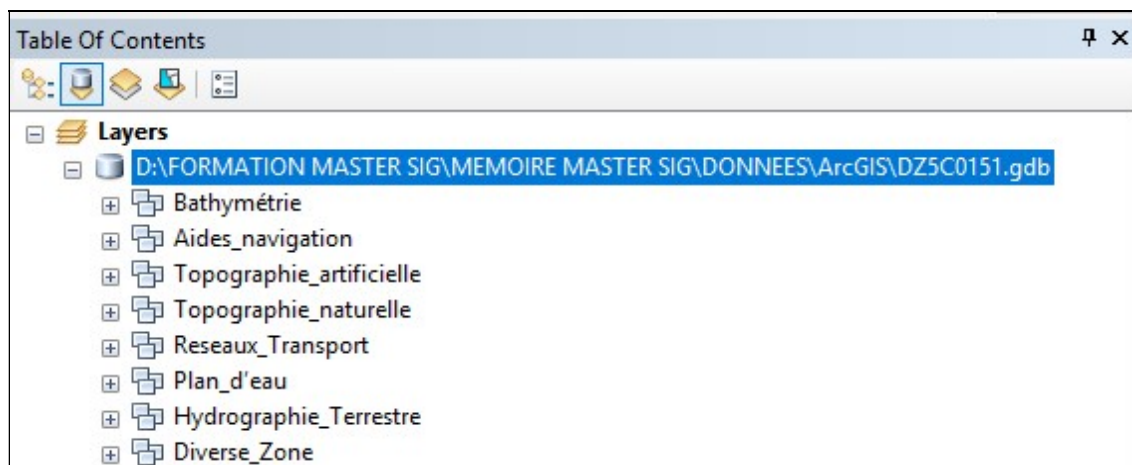


Figure IV. 19 - Création de la Géo-DataBase « DZ5C0151 » et jeu de classe

2. Normalisation des classes d'objets

Les objets sont définis par un acronyme de 6 lettres. Ils s'écrivent toujours en majuscules, chaque classe d'objets est spécifiée d'une façon standard sous les titres suivants :

- **Classe d'objets** : nom de classe d'objets ;
- **Acronyme** : code de six caractères pour la classe d'objet en 6 lettres ;
- **Code** : code de nombre entier à utiliser dans le codage des données.

Le tableau suivant représente les différentes classes d'objets avec leurs acronymes et la représentation topologique utilise pour la conception de notre ENC :

Tableau IV. 5 - Représentation des classes d'entités avec leurs codages et la représentation topologique

Geo Object Classes	Acronym	Code	Geometric primitives			
			Point	Line	Area	None
Beacon, lateral	BCNLAT	7	P			
Bridge	BRIDGE	11			A	
Building, single	BUISGL	12	P		A	
Built-up area	BUAARE	13	P		A	
Buoy, cardinal	BOYCAR	14	P			
Buoy, lateral	BOYLAT	17	P			
Buoy, safe water	BOYSAW	18	P			
Buoy, special purpose/general	BOYSPP	19	P			
Caution area	CTNARE	27	P		A	
Coastline	COALNE	30		L		
Depth area	DEPARE	42		L	A	
Depth contour	DEPCNT	43		L		

Fortified structure	FORSTC	59			A	
Lake	LAKARE	69			A	
Land area	LNDARE	71			A	
Land elevation	LNDELV	72		L		
Land region	LNDRGN	73	P			
Landmark	LNDMRK	74	P		A	
Light	LIGHTS	75	P			
Magnetic variation	MAGVAR	81	P			
Mooring/Warping facility	MORFAC	84	P			
Obstruction	OBSTRN	86			L	A
Pipeline, submarine/on land	PIPSOL	94			L	
Production/storage area	PRDARE	97			A	
Pylon/bridge support	PYLONS	98	P			
Railway	RAILWY	106			L	
Rescue station	RSCSTA	111	P			
Restricted area	RESARE	112			A	
River	RIVERS	114			L	A
Road	ROADWY	116			L	
Sea area/named water area	SEAARE	119			A	
Seabed area	SBDARE	121	P			
Shoreline construction	SLCONS	122			L	A
Silo/tank	SILTNK	125	P			
Slope topline	SLOTOP	126			L	
Sounding	SOUNDG	129	P			
Topmark	TOPMAR	144	P			
Unsurveyed area	UNSARE	154			A	
Vegetation	VEGATN	155			A	
Weed/Kelp	WEDKLP	158	P			
Coverage	M_COVR	302			A	
Navigational system of marks	M_NSYS	306			A	

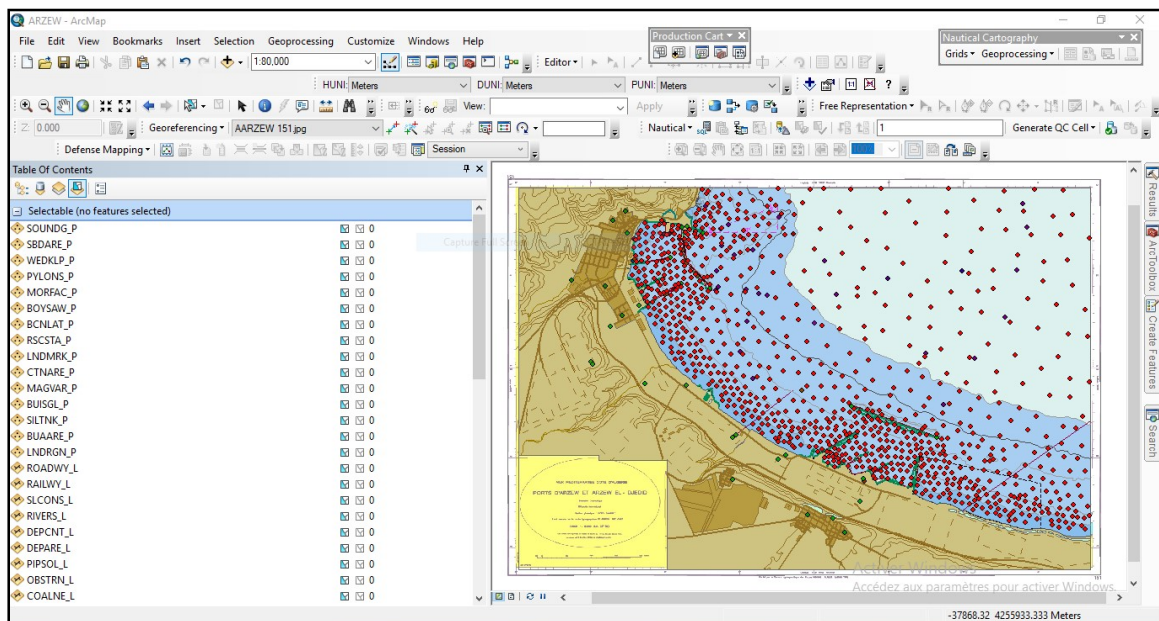


Figure IV. 20 - Représentation graphique des classes objets sur Arcmap

3. Normalisation des attributs classes d'objets

Pour chaque classe d'objets l'ensemble d'attributs appropriés est défini et qui seront stockés dans des tables appelées tables attributaires, et écrits également en acronymes majuscules de 6 lettres. L'OHI définit les conditions de rattachement d'un attribut à un objet, les attributs s'éclatent en données présentées par un index chiffré, se rapportant à un tableau dans le catalogue. Cet ensemble est divisé en trois sous-ensembles :

- Sous-ensemble d'Attributs A : Les attributs dans ce sous-ensemble définissent les différentes caractéristiques d'un objet ;
- Sous-ensemble d'Attributs B : Les attributs dans ce sous-ensemble fournissent des informations concernant l'utilisation des données, par exemple pour la présentation ou pour un système d'information ;
- Sous-ensemble d'Attributs C : Les attributs dans ce sous-ensemble fournissent des informations administratives à propos de l'objet et ses données descriptives.

Chaque attribut est spécifié d'une manière normalisée, sous les titres suivants :

- **Attribut** : Nom d'attribut ;
- **Acronyme** : code de six caractères pour chaque attribut ;
- **Code** : code entier utilisé dans le codage des données ;
- **Type d'attribut** : code d'un seul caractère du type d'attribut.

Notre exemple :

- Nom de classe d'objets : **Sounding** « sondage » : Une profondeur ou une tache d'eau mesurée qui ont été réduite à une donnée verticale.
- Acronyme : **SOUNDG**
- Code: **129**

Sous ensemble d'attributs A : EXPSOU ; NOBJNM ; OBJNAM ; QUASOU ; etc

Sous ensemble d'attributs B : INFORM ; NINFOM ; etc

Sous ensemble d'attributs C : RECDAT ; RECIND ; SORDAT ; SORIND ; etc

Définition :

EXPSOU : Exposition of Sounding « Exposition de la Sonde » ;

NOBJNM : Object Name in National Language « Nom d'Objet en Langue Nationale » ;

OBJNAM : Object Name « Nom d'Objet » ;

QUASOU : Quality of Sounding Measurement « Qualité de Mesure de la Sonde » ;

INFORM : Information ;

NINFOM : Information in National Language « Information en Langue Nationale » ;

RECDAT : Recording Date « Date d'enregistrement » ;

RECIND : Recording Indication « Indication d'enregistrement » ;

SORDAT : Date Source « Date de la Source » ;

SORIND : Source Indication « Indication de la Source ».

OBJECTID	SHAPE	OBJL	COLOUR	HEIGHT	SORIND	SORDAT	LITCHR	SIGGRP	SIGPER	VALNMR
2	Point	75	white	<Null>	<Null>	<Null>	flashing	(5)	20	<Null>
2	Point	75	red	<Null>	<Null>	<Null>	flashing	(1)	4	<Null>
3	Point	75	green	<Null>	<Null>	<Null>	quick-flashing	(3)	10	5 00.5+(00.6)-00
4	Point	75	green	9	<Null>	<Null>	occulting	(1)	4	9 (01.0)-(03.0)
5	Point	75	green	2	DZ,DZ_Reprt,NM-23.2	20141215	flashing	(1)	4	1 01.0+(03.0)
6	Point	75	green	2	DZ,DZ_Reprt,NM-23.2	20141215	flashing	(1)	4	1 01.0+(03.0)
7	Point	75	red	21	<Null>	<Null>	fixed	<Null>	<Null>	1 <Null>
8	Point	75	green	2	<Null>	<Null>	fixed	<Null>	<Null>	1 <Null>
9	Point	75	red	4	<Null>	<Null>	isophase	(1)	2	2 01.0-(01.0)
10	Point	75	red	6	<Null>	<Null>	flashing	(1)	4	2 01.0+(03.0)
11	Point	75	white	15	DZ,DZ_Reprt,NM-4.5 (T)	20150228	quick-flashing	(4)	6	12 00.5+(00.5)-00
12	Point	75	green	<Null>	<Null>	<Null>	fixed	<Null>	<Null>	<Null>

Figure IV. 21 - Affichage de la Table attributaire de l'entité « Feux »

IV.5 .3.3 Saisie des données et spécification de produit

Les normes S-57 bien qu'exhaustives, laissent les Services Hydrographiques décider de ce que doit être le contenu des ENC, les limites des cellules et à quels types de navigation les cellules sont destinées. [17]

Des spécifications complémentaires sur la saisie des données et le produit doivent être élaborées pour clarifier le contenu et la construction des cellules des ENC. Au vu des prescriptions recommandées et obligatoires de la S-57, la clarification relative au contenu doit inclure les objets tels que les prescriptions relatives à la précision et les conventions d'attribution du nom de fichier pour les cellules ainsi que les fichiers texte et image associés.

Les données ponctuelles, linéaires et surfaciques doivent être saisies en conformité avec les prescriptions recommandées ou obligatoires de la S-57 et selon les notes explicatives du producteur Hydrographe.

IV.5.3.4 Symbolisation

Toute carte est illisible sans une symbologie connue ; c'est pour cela que nous devons attribuer une symbologie similaire à celle utilisée par l'OHI, à savoir les signes conventionnels et les abréviations reconnues internationalement et normalisés, figurons dans le INT1 et S-52 pour les cartes ENC.

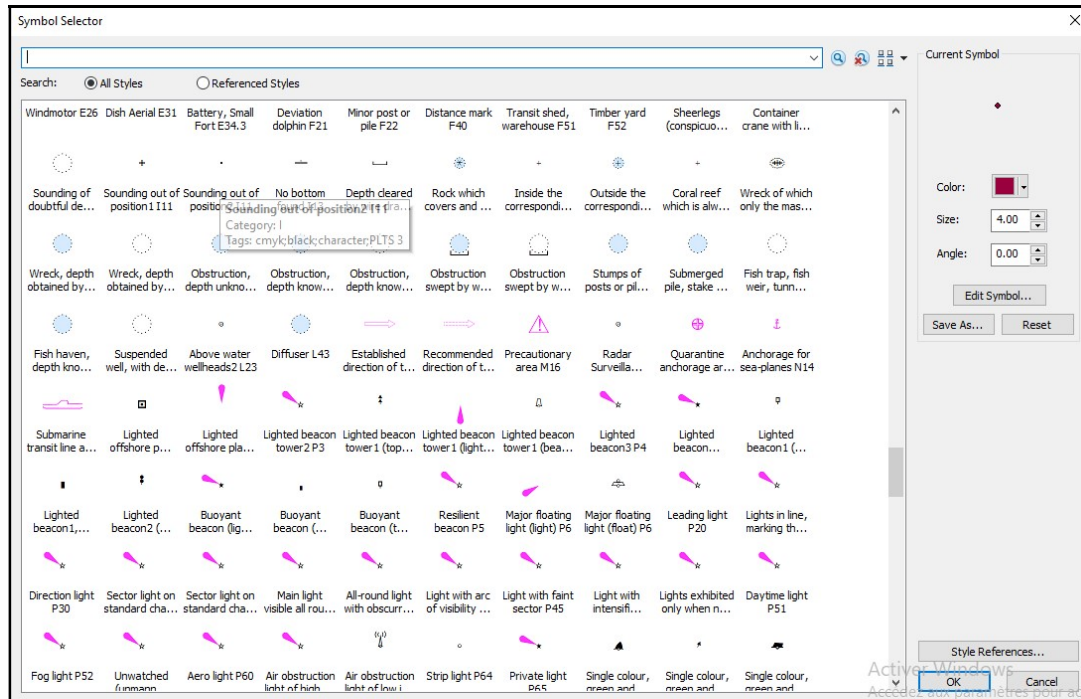


Figure IV. 22 - La symbologies INT1 intégrées dans l'ARCMAP

IV.5.3.5 Exportation et visualisation des données de ENC par le module Esri s-57 viewer

Esri S-57 Viewer est un module complémentaire d'ArcGIS for Desktop. Fournit des outils qui nous ont permis, d'une part, d'importer et d'exporter des données S-57, ainsi que de créer des produits et des jeux d'échange S-57, et d'autre part, de visualiser les données S-57 en conformité avec les normes et spécifications S-52 pour le contenu des graphiques et les aspects d'affichage. Ainsi que d'interroger et analyser des ensembles de données S-57 dans un environnement SIG, superposer des données S-57 avec d'autres données cartographiques, telles que des couches bathymétriques, topographiques, environnementales et d'imagerie satellite.

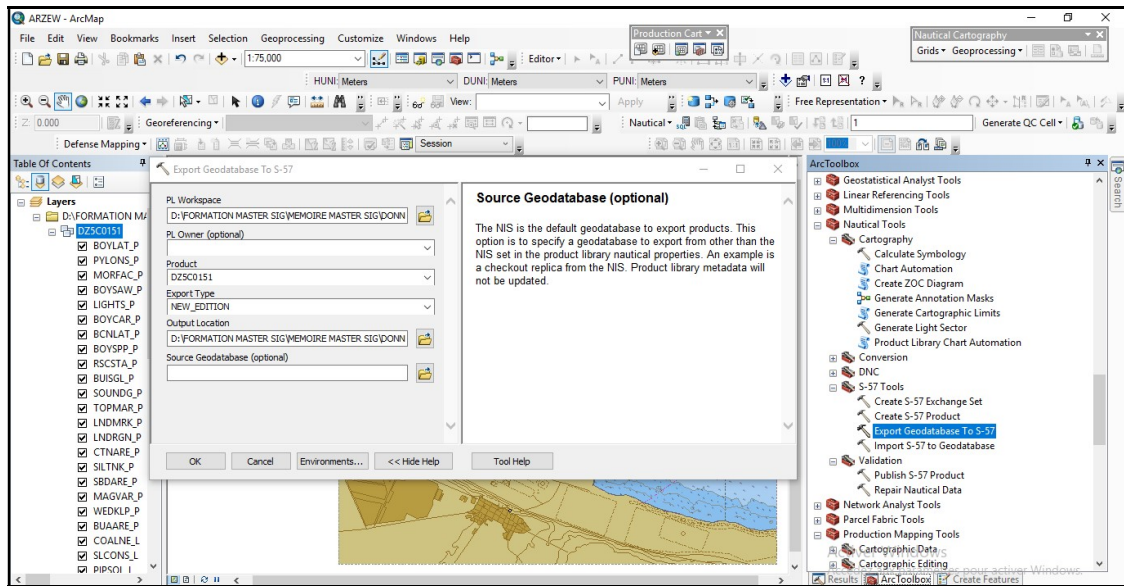


Figure IV. 23 - Export “Geodatabase to S-57”

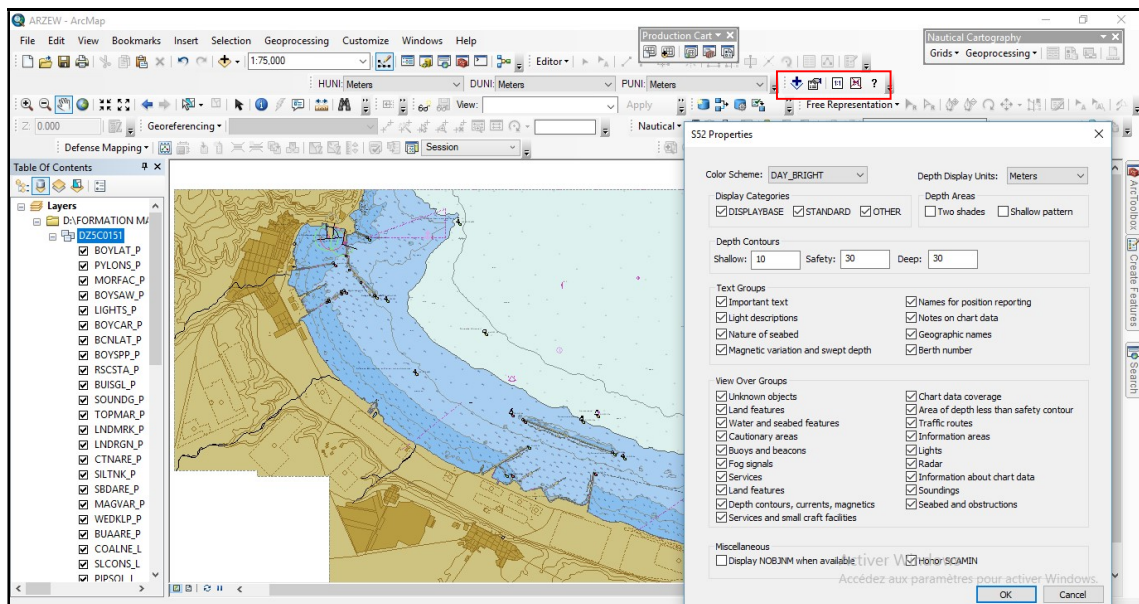


Figure IV. 24 - Visualisation les données S-57 en conformité avec les normes S-52

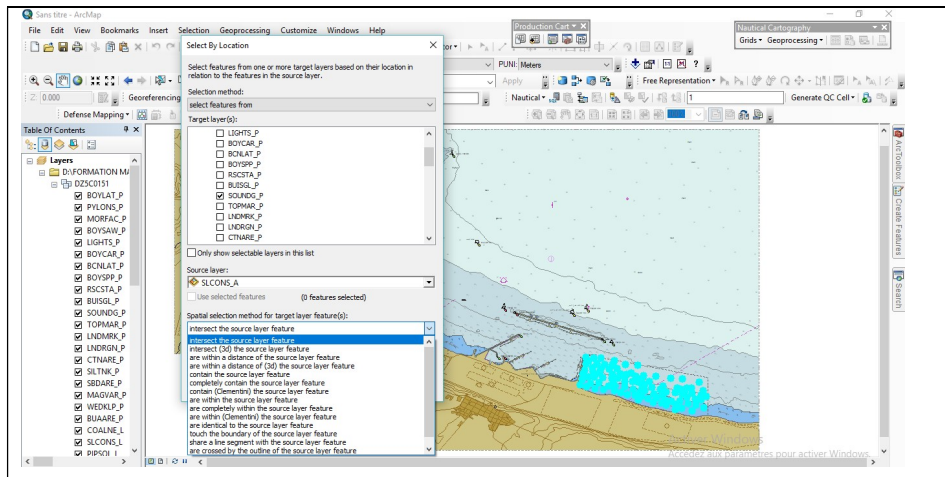
Analyse spatiale

L’analyse spatiale participe au traitement des données à partir de requêtes spatiales bien définies ou d’actions qui permettent de répondre à des questions précises, l’interrogation de la base de données géographique se traduit par des requêtes fournies par l’utilisateur. Parmi ces requêtes :

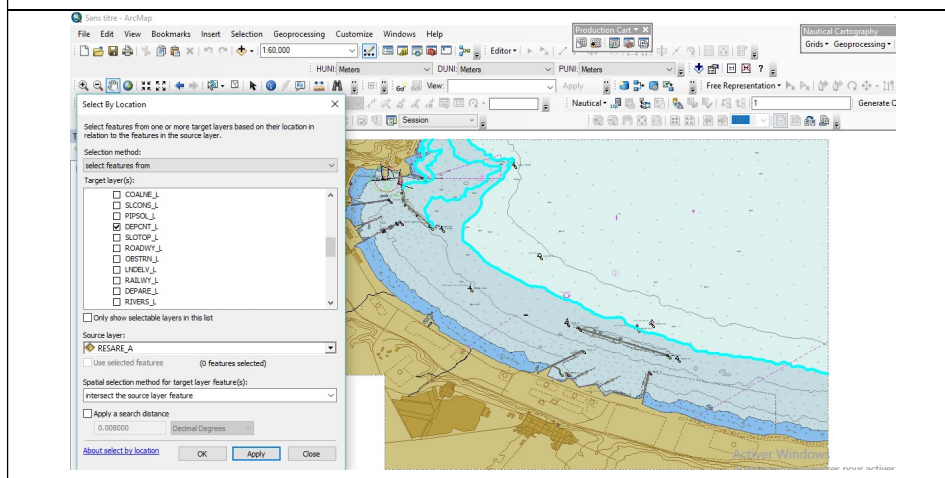
- Afficher une zone sélectionnée ;
- Afficher les isobathes selon leurs niveaux ;
- Afficher les isobathes passant par une zone donnée ;
- Déterminer la nature des fonds marins dans une zone ;

- Afficher les sondes selon leurs profondeurs ;
- Afficher la liste des amers près d'une zone ;
- Afficher la liste des phares et leurs caractéristiques.

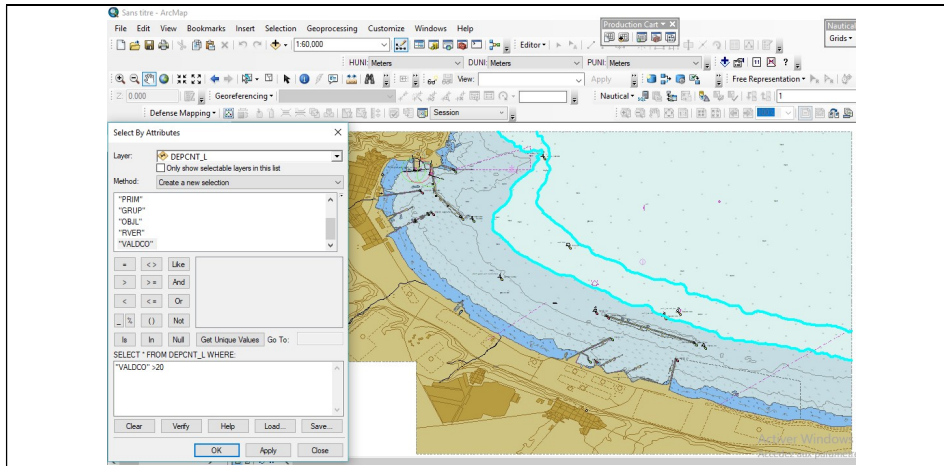
Les figures suivantes représentent quelques requêtes d'analyse spatiales capables fournissent par le module S-57 Viewer intégré dans ARCMAP :



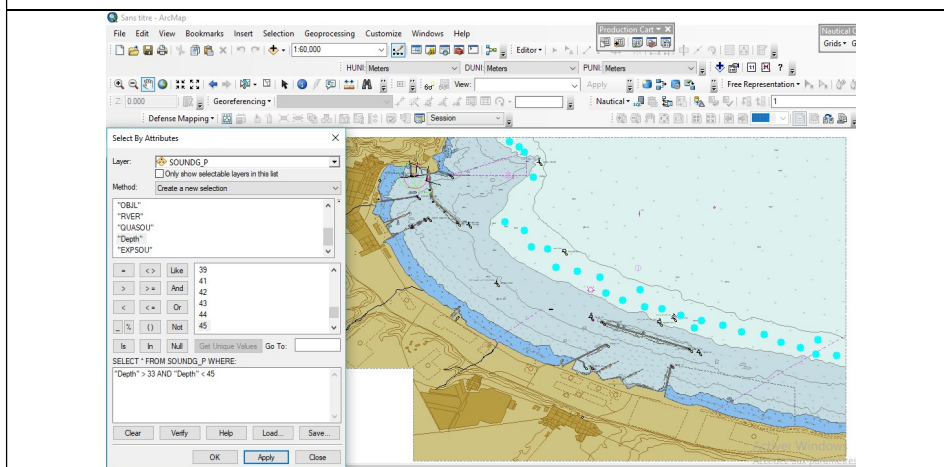
a. Afficher les sondes selon leurs profondeurs dans une zone



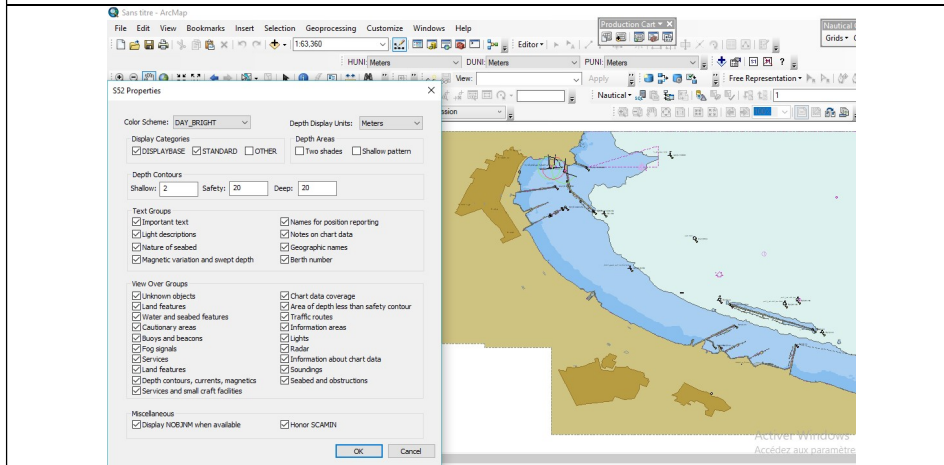
b. Afficher les isobathes passant par une zone donnée



c. Afficher les isobathes selon leurs niveaux



d. Afficher les sondes selon leurs profondeurs



e. Affichage de base de ENC

Figure IV. 25 - Les figures a,b,c,d et e, résumant quelques exemples d'analyse spatiale"

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons concentré notre travail sur les techniques actuelles d'extraction automatique des objets géographiques du littoral le mieux défini par les géographes sur les images THRS, puis à l'issue de ce traitement, nous avons intégré les résultats sous forme des couches vectorielles dans un SIG normalisé, dans le but de faciliter la création et la mise à jour de la carte marine électronique de navigation en vue de réaliser un système d'informations géographiques formalisées pour applications marines, permettant de manipuler, mettre à jour, visualiser l'information géographique.

Après différents tests de classification sur les différentes zones d'études, nous avons constaté que l'extraction automatique des objets géographiques de littoral par la classification base de règle permet généralement de discriminer plus facilement entre des objets d'intérêt d'une image homogène, où la construction des règles de classification d'image hétérogène qui contient beaucoup d'objets (même objet avec des caractéristiques différentes) nécessite une bonne connaissance des propriétés des objets à extraire.

A l'issue de ce travail nous pouvons affirmer que la création d'un système d'informations géographiques pour application marine par la conception de la carte ENC sur ArcGIS avec l'intégration des modules complémentaires de la cartographie marines, serait faisable et très intéressant. Le SIG offre la possibilité d'effectuer divers traitements thématiques, ou encore un système très complexe manipulant une base de données très riche, devenant ainsi un véritable outil d'aide à la décision.

Conclusion générale

La carte marine représente tous les éléments indispensables à la navigation maritime. Elle indique principalement les sondes et les isobathes, les dangers (hauts-fonds, épaves), les passages réglementés, la signalisation maritime (feux, balises, phares, bouées) et les amers.

À travers les temps les cartes marines n'ont point cessé d'évoluer, depuis leurs apparitions, avec l'essor des nouvelles technologies des systèmes informatiques et de traitement de l'information, les producteurs hydrographes publient désormais des cartes électroniques de navigation qui sont un complément des cartes papier.

Pour approfondir nos connaissances et d'enrichir notre savoir en matière de cartographie électronique de navigation maritime, ainsi la compréhension du processus de production des cartes, nous avons commencé à la production d'une carte ENC du port d'Arzew avec les moyens de télédétection et les outils de développement SIG actuellement disponible.

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés aux différentes étapes de conception et de mise à jour automatique des carte marine (littoral) à grande d'échelle, et de mettre à la disposition des marins des cartes marines électronique de navigation de qualité, conformes aux moyens modernes de navigation (navigation par GPS).

L'objectif de nos études était, en priorité, de démontrer l'intérêt des images Optiques à THRS, et la potentialité et la disponibilité de SIG marine, en vue de faciliter la création et la mise à jour automatique des cartes marines. Par le terme « faciliter », on vise d'une part, à accélérer et à enrichir le travail des cartographes, et d'autre part, de faciliter la tâche au personnel chargé de la manipulation des données (consultation, manipulation, mise à jour, visualisation graphique, etc...) et de fournir toutes les informations dans le temps et les délais opportuns. Par exemple en ciblant mieux les travaux de terrain, notamment dans des zones d'accès difficile ou des zones dangereuses à la navigation.

Nous avons décidé de nous concentrer sur les techniques actuelles d'extraction automatique des objets géographiques du littoral les mieux définis par les géographes (Les détails topographique naturels et artificiels, les amers, les estrans et les installations portuaires...), sur les images optiques à très haute spatiales, en appliquant une nouvelle approche de classification « Orientée-Objet », puis en associaient notre méthode à la méthode de référence (la digitalisation manuelle).

A l'issue du traitement, les résultats (données cartographiques sous la forme des couches vectorielles) sont intégrés dans un SIG normalisé, dans le but de réaliser d'un système d'informations géographiques formalisée pour applications marines, permettant de manipuler, mettre à jour, visualiser l'information géographique.

Nous avons choisi, comme site test, le littoral de la zone d'Arzew. La raison de ce choix est le fait que, d'une part, les cartes marines existantes sur la zone sont vieilles (1989), ont été établies dans un système local non rattaché à un système géodésique mondial, et d'autre part, l'exploitation des gisements d'hydrocarbures et l'activité générée par les ports d'Arzew et de Bethioua, ainsi que l'augmentation du trafic qui nécessite plus que par le passé, l'actualisation des cartes marines sur cette zone. Nous avons choisi sur la même zone, l'image optique à THRS (édition 2006), issue du satellite Quickbird qui offre la meilleure résolution actuellement disponible pour les satellites commerciaux, qu'on a adaptée à la carte marine de cette zone. Cette image est composée de trois bandes spectrales dans le visible.

Après le contrôle de géoréférencement de l'image et l'interprétation visuelle (la localisation des objets), nous avons testé l'approche de classification « Orientée-Objet » sur des images de Très Haute Résolution Spatiale (THRS), en utilisant le module de traitement d'image ENVI ZOOM Fx (Feature Extraction). Les résultats obtenus montrent que la classification par objet est plus performante que les méthodes classiques, puisqu'elle permet de simplifier le contenu de l'image tout en conservant l'information, recherchée pour l'extraction.

L'évaluation qualitative montre que malgré ses performances, l'approche "objet", peut générer un grand nombre d'erreurs en choisissant des paramètres incorrects, à savoir : le niveau d'échelle de segmentation et le seuil de fusion des régions, la difficulté de modéliser les objets d'intérêt qui ont des caractéristiques hétérogènes d'une région à une autre, le problème des objets parasites sur les images de très haute résolution spatiale, la construction de la base des règles pour la classification et La sélection des attributs pertinents pour mieux caractériser les objets d'intérêt.

En outre, l'estimation de la bathymétrie par le calcul d'un modèle n'est possible que si les conditions de prises de vue satellitaires sont optimales. Rares sont les images de qualité "bathymétrique".

A l'issue du traitement, les résultats (données cartographiques sous la forme des couches vectorielles) sont intégrés dans un SIG normalisé, dans le but de réaliser d'un

système d'informations géographiques formalisée pour applications marines, permettant de manipuler, mettre à jour, visualiser l'information géographique.

A l'issue de ce travail nous pouvons affirmer que la création d'un système d'information géographique pour application marine par l'outil Arcgis avec l'intégration des modules complémentaires de la cartographie marine électronique, est faisable et très intéressante.

Le SIG peut être un simple outil de visualisation, une application offrant la possibilité d'effectuer divers traitements thématiques, ou encore un système très complexe manipulant une base de données très riche.

Les SIG sont une association entre les bases de données traditionnelles et la cartographie. Ils permettent de stocker la description géométrique (forme et position) des phénomènes terrestres et leurs caractéristiques dans des bases de données structurées offrant la possibilité d'usage sous forme de couches thématiques. Le résultat des combinaisons de ces couches entre elles, est un moyen d'analyse utilisant à la fois la localisation des phénomènes et leurs caractéristiques, pouvant par la suite être représentés par un montage cartographique, compilées sous forme de tableaux statistiques, devenant ainsi un véritable outil d'aide à la décision.

Les cartes électroniques de navigation obtenues, comportent des données numérisées, conformément à la spécification de produit S-57 de l'OHI. Elles sont spécifiquement conçues pour répondre aux besoins de la navigation maritime. Elles indiquent les profondeurs, la nature des fonds, les élévations, la réglementation, la configuration et les caractéristiques des côtes, les dangers et les aides à la navigation.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Denègre J, Salgé F**, Les systèmes d'information géographique, collection "Que sais-je ?", PUF, 128 pages. **2004**.
- [2] **www.esrifrance.fr**. Le site officiel de la Société ESRI France. Consulté en janvier 2018.
- [3] **www.notreplanete.info /terre/outils/Sig.php**. Consulté en janvier 2018.
- [4] **Brigitte CHOLVY**. « Etude préalable à la mise en place d'un S.I.G ». Thèse de (P.H.D.), E.S.G.T, 1997.
- [5] **http://www.ecdis.org**. Cours en PDF sur le système ECDIS. Consulté en janvier 2018.
- [6] **Guide du Navigateur Tome2**, sur www.shom.fr. **2005**.
- [7] Primar & IC-ENC Groupe de Travail sur l'Information (JIWG) 2ème édition: Cartes électroniques et prescriptions d'emport : les faits. 2007.
- [8] Circulaire de l'OMI SN/Circ.213 et 223 : Complément au guide sur les systèmes de référence utilisés pour les cartes marines et la précision des positions indiquées. 2006.
- [9] NOAA Hydrographic manual Part-1, Edition July 4, , P-1-3. 1976.
- [10] Règlement de l'OHI pour les cartes marines internationales (INT) et spécifications de l'OHI pour les cartes marines, Édition 4.3.0 – Août 2012.
- [11] **Imagerie Satellitale** : Documentations produite par Business Image Group et Spot Image.1999.
- [12] **Konecny.G**, Review of the latest technology in satellite mapping. Interim report, Inter-commission Working Group I/IV on International Mapping and Remote Sensing Satellite Systems of ISPRS, Vol.14. **1990**.
- [13] **Bonn et Rochon**, « Précis de la télédétection » : Principe et méthodes. Volume 1, UREF , presse de l'université de Québec, Canada 462 p. **1992**.
- [14] PUISSANT Anne., « Information géographique et Images à très haute résolution-Utilité et applications en milieu urbain, Thèse de Doctorat, Université du Havre, p 316 et 445. 2003.
- [15] **ENVI EX user guide**, Feature Extraction Module Version 4.6 December 2008 Edition Copyright © ITT Visual Information Solutions All Rights Reserved. 2008
- [16] **MEAILLE Robert**, Les Systèmes d'Information Géographique : structure, mise en oeuvre et utilisation dans différentes études. Géographie. Thèse doctorat en sciences, Université de Nice. **1988**.
- [17] **http://www.plaisancepratique.com/** Catalogue des objet S 57 ENC. Consulté en mai 2018.

Résumé

Un des moyens permettant d'assurer la sécurité des navires en mer et par conséquent d'éviter les pollutions accidentelles, les collisions avec d'autres navires, obstacles artificiels ou naturels est de mettre à la disposition des marins des cartes marines de qualité, conformes aux moyens modernes de navigation (navigation par GPS). Malheureusement, actuellement, ces documents de navigation sont anciens pour nombre de zones côtières.

Les nouvelles techniques de télédétection satellitaire, associées aux énormes possibilités des systèmes SIG, ouvrent le monde de la conception et la mise à jour de la carte marine électronique de navigation. Pour actualiser plus rapidement ces cartes, des images à très Haute Résolution spatiale (THRS) provenant des satellites optiques de télédétection peuvent être utilisées.

L'approche adoptée dans cette étude concerne les techniques actuelles d'extraction automatique des objets géographiques du littoral les mieux définis par les géographes : Les détails topographiques naturels et artificiels, les Amers, les estrans et les l'installations portuaires, en appliquant une nouvelle approche de classification « Orientée-Objet » d'une image à THRS, associée aux techniques de la digitalisation manuelle de la partie marine, et l'intégration des résultats obtenues sous forme des couches vectorielles dans une base d'information géographique pilotée par un SIG normalisé, dont le but est de réaliser un système d'informations géographiques formalisé pour la cartographie marine de navigation.

Ce travail permettra de faciliter la tâche au personnel chargé de la manipulation des données (consultation, manipulation, mise à jour, visualisation graphique, etc...) liés à la cartographie marine et de fournir toutes les informations dans le temps et les délais opportuns.

Mots-clés

Carte marine, la mise à jour, zone côtière, images THRS, extraction des objets, classification Orientée-Objet, information géographique, système d'information géographique (SIG), carte marine électronique de navigation, Electronic Chart Display and Information System (ECDIS).