

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهينة الساحل

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
DE MASTER II EN SCIENCES DE LA MER

Option : Environnement

Sujet :

**Méthodologie d'extraction de la température de surface à  
partir des capteurs de télédétection existants.**

Présenté par :

➤ Mr AMMI ALI Rabah

Soutenu le : 24/10/2013 devant le jury suivant :

Mme MAOUEL Dj.	Maitre assistante A	(ENSSMAL)	Présidente
Mr LARID M.	Maitre de conférences A	(ENSSMAL)	Examineur
Mme MAHDID S.	Maitre assistante A	(ENSSMAL)	Examinatrice
Mme BENZOUAI S.	Maitre assistante B	(ENSSMAL)	Co-Promotrice
Mr BOUAICHA F.	Maitre assistant A	(ENSSMAL)	Promoteur

Promotion : 2012/2013



# REMERCIEMENTS

*En préambule à ce mémoire de fin d'étude, j'adresse mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.*

*Je tien à remercier « Allah » le tous puissant.*

*Je remercie mon promoteur Mr. BOUAICHA F., d'avoir accepté de diriger l'élaboration de ce travail.*

*Mes remerciements s'adressent à ma Co-Promotrice Mme. BENZOUAI S. , qui s'est toujours montrée à l'écoute et disponible tout au long de la réalisation de ce travail, pour son inspiration, ses conseils, son aide et le temps qu'elle a bien voulu me consacrer, sans elle ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*Mes remerciements s'adressent également à la présidente du jury Mme MAOUËL Dj. et aux membres de jury Mr. LARID M. et Mme MAHDID S., d'avoir accepté de juger mon travail.*

*Je tien aussi à remercier Mr. LOUDIA Mahfoud et Mr. KECIR Massinissa, mes amis à L'ENSSMAL qui m'ont inspiré la volonté et le courage pour continuer et mener à bien mon mémoire Master II.*

*Merci à toutes et à tous.*

*Je dédie ce travail à ma mère et mon  
père, à mes frères et ma petite sœur Amina, à Nora  
et à Matoub Lounès ellah irahmou.*

# **Sommaire**

# SOMMAIRE

Introduction.....	1
-------------------	---

## Chapitre 1 : Généralités.

I. Aspects théoriques.....	2
I.1. Définition de la télédétection.....	2
I.2. Bases physiques de la télédétection.....	2
I.2.1. Rayonnement électromagnétique.....	2
I.2.2. Onde électromagnétique.....	2
I.2.3. Spectre électromagnétique.....	3
I.2.4. Emission du rayonnement électromagnétique.....	4
I.2.5. Télédétection passive et active.....	5
II. Généralités sur la température de surface de l'eau de mer.....	5
II.1. La température de l'eau de mer.....	5
II.2. Mesure de la température par la méthode manuelle (in-situ).....	6
II.3. Extraction de la température à partir des images satellitaires.....	6
II.3.1. NOAA-AVHRR.....	6
II.3.2. Satellite Landsat.....	8
III. Présentation du logiciel ENVI.....	9

## Chapitre 2 : Zone d'étude.

I. La baie d'Alger.....	10
I.1. Situation géographique de la baie d'Alger.....	10
I.2. Les facteurs climatiques.....	10
I.2.1. Les vents.....	10
I.2.2. La température de l'air et les précipitations.....	11
I.3. La bathymétrie.....	13
I.4. Facteurs hydrodynamiques.....	14
I.4.1. La houle.....	14
I.4.2. Les courants.....	14
I.5. Sources potentielles de pollution.....	15

### **Chapitre 3 : Méthodologie.**

I. Choix de la zone d'étude et acquisition des images satellitaires Landsat.....	18
I.1. Choix de la zone d'étude.....	18
I.2. Acquisition des images satellitaires Landsat.....	18
II. Lecture des images et des métadonnées.....	19
II.1. Lecture des images.....	19
II.2. Lecture du fichier des métadonnées de l'image.....	20
III. Conversion en image radiance.....	20
III.1. A partir des menus ENVI.....	21
III.2. A partir de band math.....	23
IV. Conversion en image température.....	24
V. Vérification des résultats.....	24
VI. Représentation cartographique des résultats.....	26
VI.1. Segmentation de l'image.....	26
VI.2. Réalisation des cartes de distribution spatiales.....	28

### **Chapitre 4 : Résultats et discussions**

I. Cartographie des températures effectives issues de l'image Landsat 5TM.....	30
II. Cartographie des températures effectives issues de l'image Landsat 7 ETM+.....	31
II.1. Bande 61.....	31
II.2. bande 62.....	32
Conclusion.....	35

#### **Bibliographie**

#### **Annexes**

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure I.1</b> : Caractéristiques d'une onde électromagnétique.....	1
<b>Figure I.2</b> : Domaines du spectre électromagnétique.....	4
<b>Figure I.3</b> : Conductimètre de terrain (WTW) de type Cond 197i.....	6
<b>Figure I.4</b> : Image du satellite NOAA.....	7
<b>Figure I.5</b> : Satellite Landsat 5.....	9
<b>Figure II.1</b> : Situation géographique de la baie d'Alger.....	10
<b>Figure II.2</b> : Diagramme ombrothermique (1990 – 2003) station Dar El Beida.....	12
<b>Figure II.3</b> : Carte bathymétrique de la baie d'Alger.....	13
<b>Figure II.4</b> : Bilan des courants dans la baie d'Alger.....	15
<b>Figure II.5</b> : Source de pollution sur la baie d'Alger.....	16
<b>Figure III.1</b> : Organigramme des étapes d'extraction des températures effectives.....	17
<b>Figure III.2</b> : Carte de positionnement géographique de la zone d'étude.....	18
<b>Figure III.3</b> : Grille de référence Landsat.....	18
<b>Figure III.4</b> : Ouverture d'une image sous ENVI.....	19
<b>Figure III.5</b> : Ouverture d'un fichier métadonnées.....	20
<b>Figure IV.6</b> : Lancement d'une calibration radiométrique d'une image Landsat.....	21
<b>Figure III.7</b> : Boite de dialogue « Landsat Calibration Input File ».....	22
<b>Figure III.8</b> : Boite de dialogue « ENVI Landsat Calibration ».....	22
<b>Figure III.9</b> : Boite de dialogue « Variables to Bands Pairings ».....	23
<b>Figure III.10</b> : Ouverture de « Cursor Locator/ Value ».....	25
<b>Figure III.11</b> : « Cursor Locator/ Value ».....	25
<b>Figure III.12</b> : Ouverture de « Density Slice ».....	26
<b>Figure III.13</b> : « Density Slice Band Choice ».....	27
<b>Figure III.14</b> : Choix des gammes de températures et leurs couleurs.....	27
<b>Figure III.15</b> : Ouverture de « QuickMap ».....	28
<b>Figure III.16</b> : Boite de dialogue « QuickMapParameters ».....	29
<b>Figure IV.1</b> : Distribution spatiale des températures effectives sur les côtes algéroises scène Landsat5 (bande6).....	30

<b>Figure IV.2 :</b> Distribution spatiale des températures effectives sur la baie d'Alger scène Landsat5 (bande6).....	31
<b>Figure IV.3 :</b> Distribution spatiale des températures effectives sur les côtes Algéroises scène Landsat7 ETM+ (bande61).....	31
<b>Figure IV.4 :</b> Distribution spatiale des températures effectives sur la baie d'Alger scène Landsat7 ETM+ (bande61).....	32
<b>Figure IV.5 :</b> Distribution spatiale des températures effectives sur les côtes Algéroises scène Landsat7 ETM+ (bande62).....	33
<b>Figure IV.6 :</b> Distribution spatiale des températures effectives sur la baie d'Alger scène Landsat7 ETM+ (bande62).....	33

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I.1</b> : Caractéristiques NOAA-15 à 19.....	6
<b>Tableau I.2</b> : Les caractéristiques des bandes du capteur AVHRR 3.....	7
<b>Tableau I.3</b> : Les caractéristiques des bandes Landsat 7 ETM+.....	8
<b>Tableau II.1</b> : Moyennes mensuelles des précipitations (P) en mm et de Températures (T) en ° C (Période 1993-2003).....	11

## LISTE DES ACRONYMES

**AVHRR** : Advanced Very High Resolution Radiometer.

**C**: Celsius.

**CITTA** : Commission Interministérielle de Terminologie de la Télédétection Aérospatiale.

**ETM+** : Enhanced Thematic Mapper Plus.

**LEM** : Laboratoire des Etudes Maritimes.

**NASA** : National Aeronautics and Space Administration.

**NOAA** : National Oceanic and Atmospheric Administration.

**pH** : Potentiel Hydrogène.

**REM** : Rayon ElectroMagnétique.

**Ster** : Stéradian.

**TSM** : Température de Surface Marine.

**USGS** : United States Geological Survey.

# **Introduction**

# Introduction.

---

La Température de Surface de l'eau de Mer (TSM) fournit des informations permettant de détecter les zones de pêche potentielles et de sélectionner des sites d'aquacultures (culture du mérou, algue, etc.)

Les informations de la TSM sont utilisées aussi pour identifier des phénomènes marins tels que l'up-welling et le down-welling ce qui permet la localisation des zones riches en substances nutritives.

La TSM est mesurée traditionnellement lors de campagnes en mer par des capteurs spécifiques. Néanmoins, depuis plusieurs décennies les capteurs spatio-portés permettent également de la mesurer.

L'objectif principal de notre étude consiste à présenter une méthodologie d'extraction de la température de surface de l'eau de mer à partir des images satellitaires et de l'appliquer sur une zone d'étude du littoral algérien. Après une recherche bibliographique, nous avons choisi de travailler sur des images issues des capteurs ETM+ de Landsat 7 et TM de Landsat 5 et d'appliquer la méthodologie sur une grande partie des côtes ouest algéroises en particulier, la baie d'Alger.

Pour mener à bien ce travail, il a été présenté en quatre parties :

Le premier chapitre est consacré aux généralités sur la télédétection et la température de surface de l'eau de mer.

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté la zone d'étude.

Le troisième chapitre comprend le détail de la méthodologie de travail adoptée.

Enfin, le quatrième chapitre est consacré à la représentation cartographique des résultats obtenus sur les températures effectives de l'eau de mer dans la baie d'Alger ainsi que l'interprétation de ces résultats.

# **Chapitre 1: Généralités**

## I. Aspects théoriques

### I.1. Définition de la télédétection

Le mot télédétection (en anglais « remote sensing ») désigne l'ensemble des techniques qui permettent d'étudier à distance des objets ou des phénomènes. **(Kergomard, 2004)**

La télédétection est une technique qui permet, à l'aide d'un capteur, d'observer et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phyto-masse, matière organique du sol,...), etc. **(Soudani K, 2005)**

La définition officielle de la télédétection est la suivante « Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. » **(CITTA, 1988)**.

### I.2. Bases physiques de la télédétection

#### I.2.1. Rayonnement électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique se comporte de façon prévisible, selon la théorie des ondes.

L'interaction du rayonnement électromagnétique avec la surface observée dépend de la longueur d'onde du rayonnement émis et des propriétés physiques et géométriques de la surface observée. De ce fait, elle permet de fournir et d'extraire des informations sur la surface observée et ce, grâce aux différentes techniques de traitement d'images.

#### I.2.2. Onde électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique est composé d'un champ électrique (E) et d'un champ magnétique (M). Le champ électrique varie en grandeur et est orienté de façon perpendiculaire à la direction de propagation du rayonnement. Le champ magnétique est orienté de façon perpendiculaire au champ électrique. Les deux champs se déplacent à la vitesse de la lumière (c).

Une onde électromagnétique est définie par sa **(figure I.1)** :

- longueur d'onde ( $\lambda$ ) : longueur d'une perturbation qui correspond à la distance entre deux crêtes successives d'une onde. La longueur d'onde est représentée habituellement par la lettre grecque lambda ( $\lambda$ ), et est mesurée en mètres ou en l'un de ces sous-multiples.
- fréquence ( $\nu$ ) : représente le nombre d'oscillations par unité de temps. La fréquence est mesurée en Hertz (Hz) (en oscillations par seconde) ou en multiples de l'Hertz.

Pour une vitesse constante de la lumière, plus la longueur d'onde est petite, plus la fréquence est élevée.

Parmi les nombreuses propriétés des ondes électromagnétiques, certaines sont fondamentales pour la compréhension des principes de base de la télédétection. C'est le cas de la réflexion, de l'absorption, de la transmission, de la diffusion et de l'émission (**Girard et Girard, 1989**).

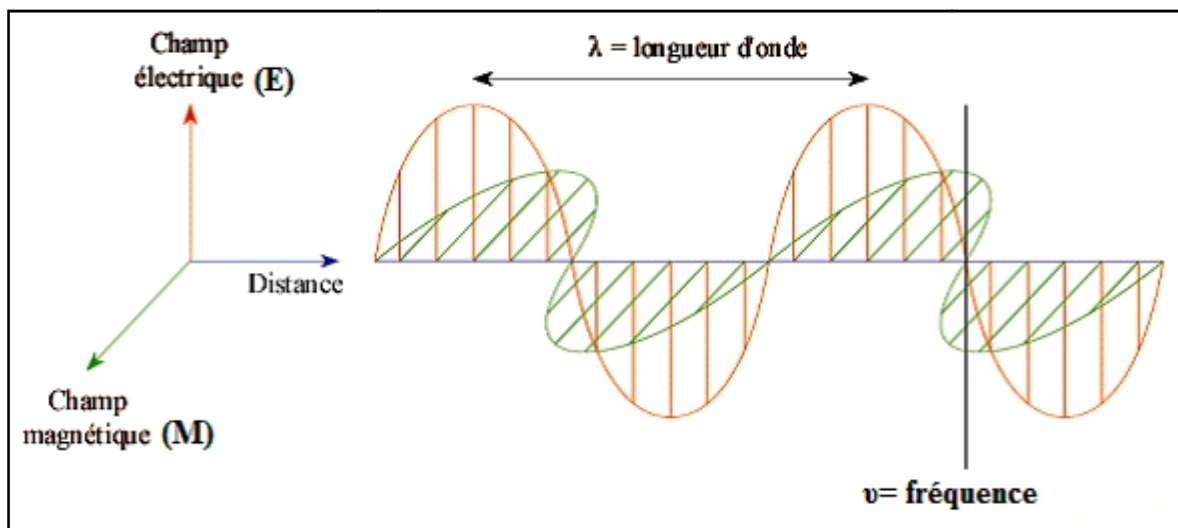


Figure I.1 : Caractéristiques d'une onde électromagnétique (**Kassar, 2011**).

### I.2.3. Spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constituantes. Il s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio). L'ensemble des fenêtres de toutes les longueurs d'ondes est appelé « **spectre électromagnétique** ». Les ondes les plus utilisées en télédétection sont représentées par la figure II.2 (**Kassar, 2011**).

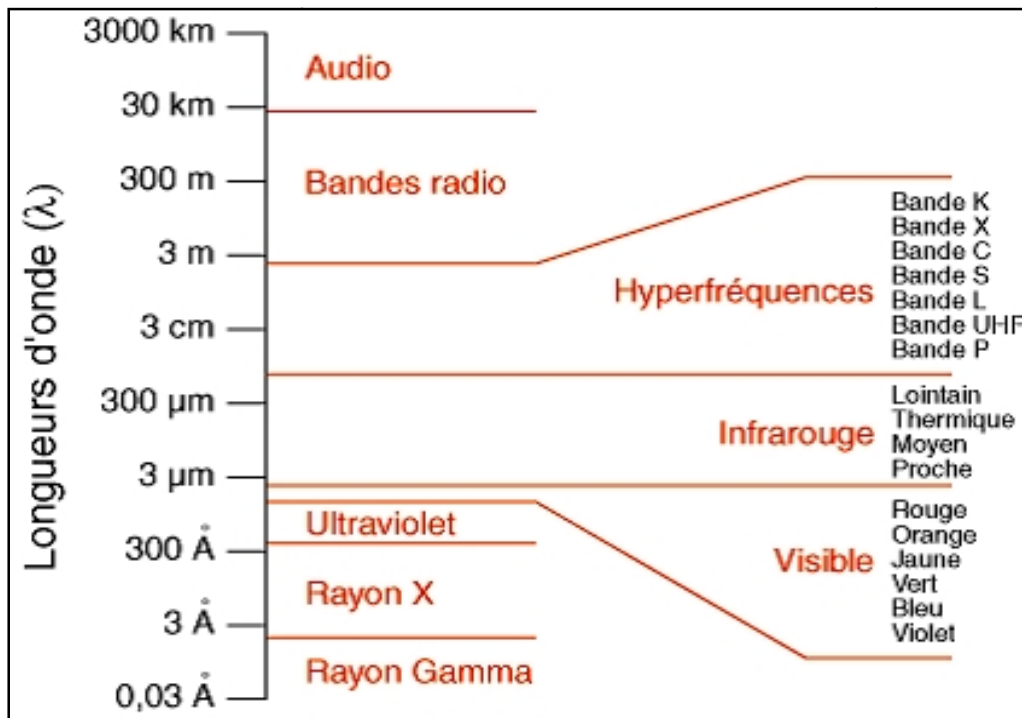


Figure I.2 : Domaines du spectre électromagnétique.

La télédétection utilise plusieurs régions du spectre électromagnétique.

En télédétection, les capteurs des instruments embarqués sur les satellites et avions mesurent la quantité de REM renvoyée par une portion d'espace marine ou terrestre. Les capteurs embarqués sur les satellites peuvent enregistrer les ultraviolets (rares), le visible, le proche-infrarouge, l'infrarouge moyen, l'infrarouge thermique, l'infrarouge lointain et les hyperfréquences. Dans notre étude nous allons s'intéresser à l'infra rouge thermique qui s'étale d'une longueur d'onde de  $3\mu\text{m}$  jusqu'à  $15\mu\text{m}$ .

Par ailleurs, la mesure de l'énergie réfléchié ou émise par la cible interagissant avec une variété de longueurs d'onde permet de construire la signature spectrale d'un objet. Les signatures spectrales sont donc la réponse radiométrique des objets dans une succession de longueurs d'ondes. Elles sont représentées par des courbes figurant la réflectance en ordonnées et la longueur d'onde en abscisse (Laghouag, 2011).

#### I.2.4. Emission du rayonnement électromagnétique

Il existe quatre types de rayonnement par rapport à une surface :

- Le rayonnement d'origine naturelle (soleil) réfléchi par une surface, comme le rayonnement du spectre visible et proche infrarouge.
- Le rayonnement à la fois émis et réfléchi par la surface, moyen infrarouge.

- Le rayonnement émis par la surface terrestre qui est alors la source d'énergie captée (télédétection passive), moyen infrarouge et surtout l'infrarouge thermique et les hyperfréquences passives.
- Le rayonnement d'origine artificielle (radar, laser) qui est réfléchi par une surface (télédétection active) (**Robin, 2002**).

### **I.2.5. Télédétection passive et active**

#### **a) Télédétection passive**

La télédétection passive exploite le rayonnement d'origine naturelle (soleil) réfléchi par une surface ou un objet sur terre. Les capteurs thermiques aéroportés et spatioportés reposent sur la télédétection passive.

#### **b) Télédétection active**

La télédétection active s'appuie sur l'émission et la réception du rayonnement électromagnétique d'origine artificiel.

## **II. Généralités sur la température de surface de l'eau de mer**

### **II.1. La température de l'eau de mer**

Par sa contribution à la détermination de la densité des eaux (**Gaujous, 1995**), sa mesure est nécessaire à la détermination de la stratification verticale, la valeur de saturation des gaz dissous (en particulier l'oxygène) et la circulation océanique (**Aminot et Kérouel, 2004**).

La température influe, d'une manière importante, sur les activités des cycles biologiques desquels dépendent la production totale et la répartition des espèces. Dans les océans, la température décroît de la surface vers le fond. Elle varie en fonction des autres descripteurs physico-chimiques.

Dans les eaux de surface, sa variation dépend essentiellement des phénomènes climatiques (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**). La mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tel que : la saturation des gaz dissous et la mesure du pH (**Aminot et Kérouel, 2004**).

## II.2. Mesure de la température par la méthode manuelle (in-situ)

La mesure de la température en °C par la méthode manuelle peut être effectuée in situ par un conductimètre, marque *Wissenschaftlich-Technische Werkstätten " WTW "*, qui fournit des températures variant de 0 à 40° avec  $\pm 0.1$  °C de précision et des pressions allant de 500 à 1100 mbar.



**Figure I.3:** Conductimètre de terrain (WTW) de type Cond 197i.

## II.3. Extraction de la température à partir des images satellitaires

Les capteurs opérant dans la bande thermique du spectre électromagnétique permettent la mesure à distance de la température de surface de l'eau de mer. Dans ce qui suit, nous présentons les capteurs AVHRR de la mission NOAA, TM et ETM+ de la mission Landsat.

### II.3.1. NOAA-AVHRR

Les satellites NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ont une très longue histoire derrière eux. Le programme météorologique des USA a débuté en 1960 avec le lancement du premier satellite météorologique, TIROS-1 (Television and Infrared Observation Satellite), fruit d'une collaboration internationale entre les USA, le Royaume Uni et la France.

**Tableau I.1 :** Caractéristiques NOAA-15 à 19

<b>Altitude</b>	807 - 870 km
<b>Inclinaison</b>	98,5° - 99°
<b>Orbite</b>	quasi-polaire, héliosynchrone
<b>Période de révolution</b>	102 minutes
<b>Capacité de revisite</b>	1 jour



**Figure I.4 :** Image du satellite NOAA( source :[www.satellites et capteurs – NOAA.com](http://www.satellites et capteurs – NOAA.com)).

A partir de 1970, les satellites ont été équipés de capteurs infrarouge, ce qui permit l'acquisition ininterrompue d'images nuit et jour. C'est à partir de cette date que les satellites furent renommés NOAA.

Depuis 1978, les satellites NOAA sont dotés du radiomètre AVHRR, capable d'enregistrer le rayonnement électromagnétique du visible, du proche IR, du moyen IR et de l'IR thermique.

**Tableau I.2 :** Les caractéristiques des bandes du capteur AVHRR 3(source : [www.satellites et capteurs – NOAA.com](http://www.satellites et capteurs – NOAA.com)).

Bande	Largeur de bande	Applications
1 (visible)	0,58 - 0,68 $\mu\text{m}$	Cartographie de jour des zones nuageuses et de la surface terrestre
2 (proche IR)	0,725 - 1,00 $\mu\text{m}$	Cartographie de jour des zones nuageuses et de la surface terrestre
3A (proche IR)	1,580 - 1,64 $\mu\text{m}$	Détection neige et glace
3B (IR)	3,550 - 3,93 $\mu\text{m}$	Cartographie de nuit des zones nuageuses et température de surface de la mer
4 (IR)	10,30 - 11,30 $\mu\text{m}$	Cartographie de nuit des zones nuageuses et température de surface de la mer
5 (IR)	11,50 - 12,50 $\mu\text{m}$	Température de surface de la mer

### II.3.2. Satellite Landsat

La première génération de satellites, composée des satellites Landsat 1, 2 et 3 a été lancée entre 1972 et 1985. (Gomez C., 2004).

Actuellement seuls les satellites Landsat 4, 5 et 7 de la seconde génération lancés entre 1982 et 1997, sont encore en fonction. Ces satellites fournissent des données d'une même surface à différentes dates, sur toute la surface terrestre exceptée pour les régions polaires.

Les données des capteurs Thematic Mapper (TM) à bord de Landsat 4 ou 5 sont utilisées pour plusieurs applications comme la gestion des ressources, la cartographie, la surveillance de l'environnement et la détection des changements anthropiques ou naturels à la surface de la terre. La limite de résolution spatiale du capteur TM est de 30 m pour toutes les bandes, sauf l'infrarouge thermique qui est de 120 m. Toutes les bandes sont enregistrées sur une étendue de 256 valeurs numériques (8 octets).

**Tableau I.3** : Les caractéristiques des bandes Landsat 7 ETM+ (Laghouag M.Y,2011).

Bandes de fréquence de l'instrument ETM+	Bandes spectrales	Résolution spatiale	Longueur d'onde
<b>Bande1</b>	Bleu (Visible)	30m	0,45-0,5 $\mu\text{m}$
<b>Bande2</b>	Vert (Visible)	30m	0,52-0,6 $\mu\text{m}$
<b>Bande3</b>	Rouge (Visible)	30m	0,63-0,69 $\mu\text{m}$
<b>Bande4</b>	Infra Rouge Proche	30m	0,75-0,9 $\mu\text{m}$
<b>Bande5</b>	Infra Rouge Moyen	30m	1,5-1,7 $\mu\text{m}$
<b>bande61</b>	Infra Rouge Thermique/ lointain	60m	10,4-12,5 $\mu\text{m}$
<b>bande62</b>		60m	
<b>Bande7</b>	Infra Rouge moyen	30m	2,08-2,35 $\mu\text{m}$
<b>Bande8</b>	Panchromatique (vert-rouge-IR)	15m	520-900nm

Landsat 7, dernier satellite de la famille Landsat, possède à son bord le capteur multi-spectral ETM+. Ce capteur enregistre la réflectance dans sept bandes spectrales : quatre dans le Visible et Proche Infrarouge, deux dans l’Infrarouge Moyen, une dans l’Infrarouge Thermique et une bande en mode panchromatique (l’image panchromatique est obtenue à partir de données acquises dans une seule bande spectrale, correspondant à la partie visible du spectre à l’exception du bleu, la bande couvre la région du spectre comprise entre 0,52 et 0,90  $\mu\text{m}$ ). Ces bandes spectrales peuvent être utilisées pour la discrimination lithologique (**Gomez C., 2004**).

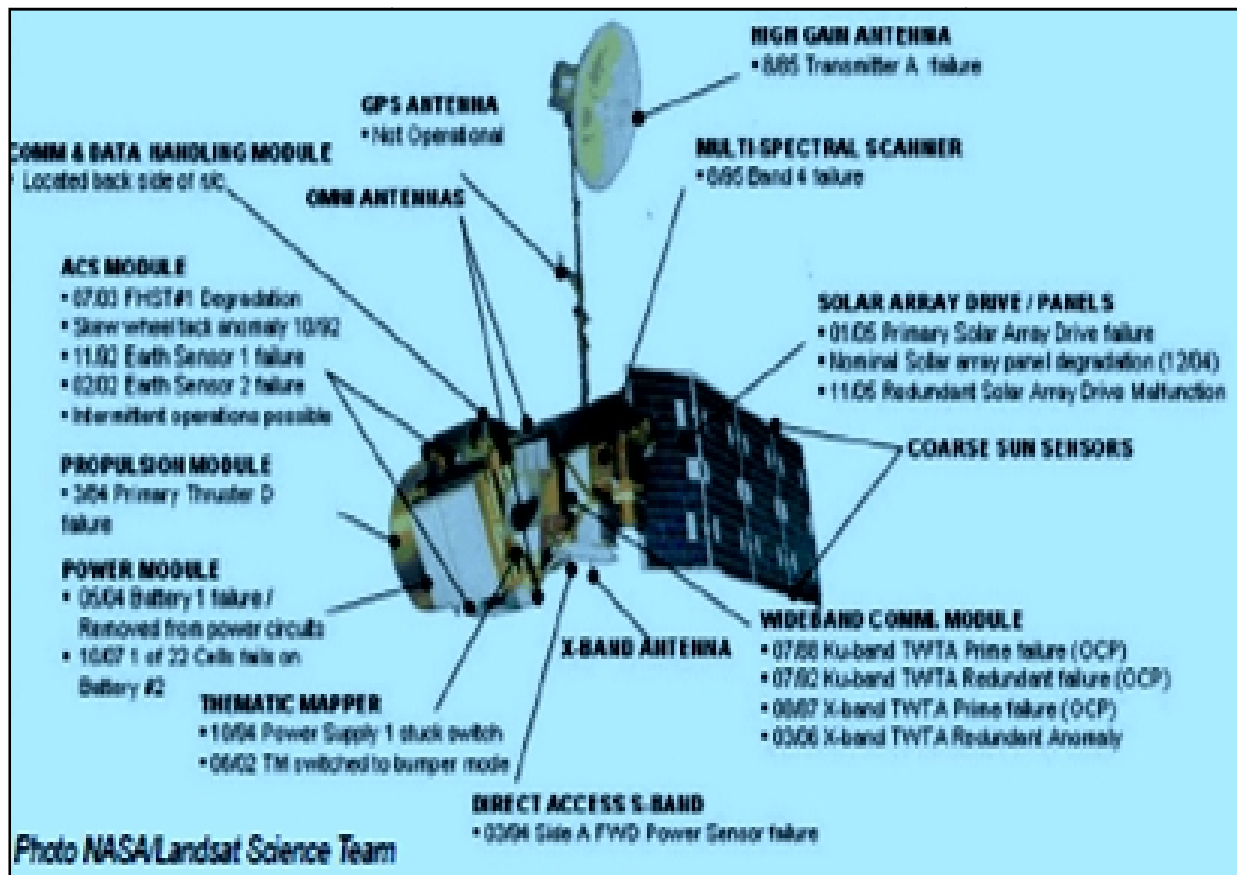


Figure I.5 : Satellite Landsat 5.

### III. Présentation du logiciel ENVI

Le logiciel ENVI est un logiciel commercial complet de visualisation et de traitements d’images issues de la télédétection.

Toutes les méthodes de traitement d’images de corrections géométriques, radiométriques, de démixage radiométrique, de classification et de mise en page cartographique sont présentes.

D’autres outils relatifs à la visualisation et à la modélisation de données topographiques sont aussi disponibles. (**Soudani K, 2005**).

# **Chapitre 2:**

## **Zone d'étude**

## I. La baie d'Alger

### I.1. Situation géographique de la baie d'Alger

La baie d'Alger est située dans la partie centrale de la côte algérienne. Elle s'inscrit en creux dans la plaine de Mitidja de forme semi-circulaire d'une superficie approximative de l'ordre de 180 km<sup>2</sup>, délimitée par deux caps, la Pointe Pescade (Rais Hamidou) à l'Ouest et le cap Matifou (Bordj El- Bahri) à l'Est. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée. Quant aux coordonnées géographiques de son étendue, elles se situent entre une longitude Est 03° 14' 50'' à 03° 00' 40'' et une latitude Nord 36° 49' 35'' à 36° 49' 50'' (Leclaire, 1972). (Figure II.1).

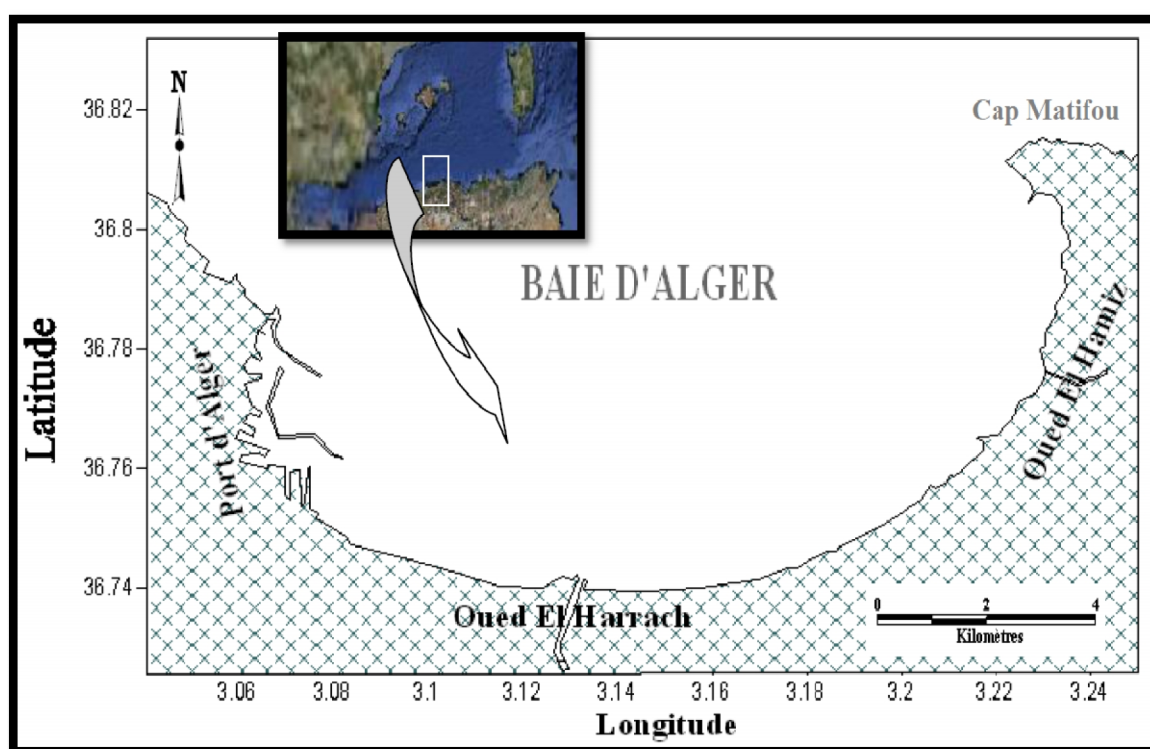


Figure II.1 : Situation géographique de la baie d'Alger (Madi F, 2009).

### I.2. Les facteurs climatiques

La connaissance des conditions météorologiques et hydrologiques de la baie d'Alger est très importante pour une bonne compréhension des régimes hydrodynamiques régnant sur la distribution de plusieurs paramètres régissant sur la température des eaux de surface.

#### I.2.1. Les vents

Selon le travail de Maouche (1987), Le régime et la vitesse des vents dans la région d'Alger sont caractérisés par :

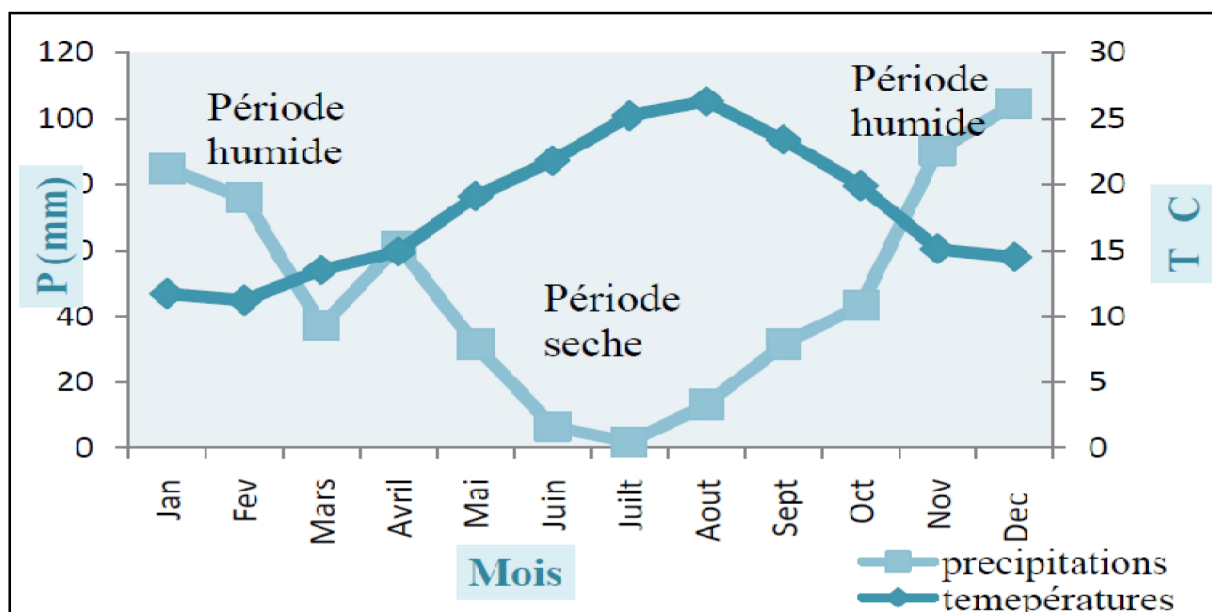
- Des vents de secteur NE : qui sont les plus fréquents et mieux marqués en été, leur vitesse se répartisse entre 1 et 30 noeuds.
- Des vents de secteur W-SW, bien représentés eux aussi, soufflent principalement en hiver, de 6 à 10 noeuds.
- Des vents de secteur S-SE : qui sont les moins représentés, ils sont marqués en automne et en hiver, leur vitesse est de 6 à 10 noeuds.

### I.2.2. La température de l'air et les précipitations

De la courbe des moyennes des précipitations et des températures sur une période de 10 ans (1993-2003). La région d'Alger est caractérisée par un climat de type méditerranéen avec des étés chauds et secs et des hivers tempérés doux et humides (**Figure II.1**), et cela à partir des données de l'Office National de la météorologie (O.N.M) (**Tableau I.1**) de Dar El Beida (**Bachouche, 2003**).

**Tableau II.1** : Moyennes mensuelles des précipitations (P) en mm et de Températures (T) en ° C (Période 1993-2003) (**in Bachouche, 2003**).

Mois	Moy mensuelle (T°C)	Moy mensuelle (P mm)
Jan	11,7	84,82
Fév	11,2	75,92
Mar	13,5	37,06
Avr	14,9	61,36
Mai	19,1	31,36
Jui	21,8	6,47
Jui	25,2	1,73
Aou	26,3	13,18
Sep	23,4	31,4
Oct	19,9	43,19
Nov	15,1	90,34
Déc	12,5	104,57
<b>Moyenne annuelle</b>	17,9	48,4



**Figure II.2 :** Diagramme ombrothermique (1990 – 2003) station Dar El Beida.

### ✓ Les températures de l'air

Le tableau II.1 montre que la baie d'Alger est caractérisée par des températures moyennes mensuelles variant entre 11.7 C° et 26.3 C°.

Ainsi nous avons à partir des données relatives aux températures : le mois d'Août avec une moyenne de 26.30 C°, est le mois le plus chaud, et Janvier avec une moyenne de 11,7 C°, est le mois le plus froid. De cette analyse, la baie d'Alger possède par un climat à deux saisons bien contrastées :

- Une saison froide : qui s'étend du mois de Octobre jusqu'au mois d'Avril avec une moyenne de 14.11 C°.
- Une saison chaude, allant du mois de Mai au mois de Septembre avec une moyenne de 23.16 C°.

### ✓ Les précipitations

Dans la baie d'Alger, les pluies sont importantes en automne et surtout en hiver. La période pluvieuse s'étale du mois de Septembre jusqu'au mois de Mai avec une moyenne maximale de 104,57 mm en mois de Décembre, alors que la période d'été est pratiquement sèche, avec une moyenne mensuelle en mois Juillet de 1,73 mm. Donc, les valeurs moyennes mensuelles des précipitations exprimées en Millimètre montrent en évidence deux saisons :

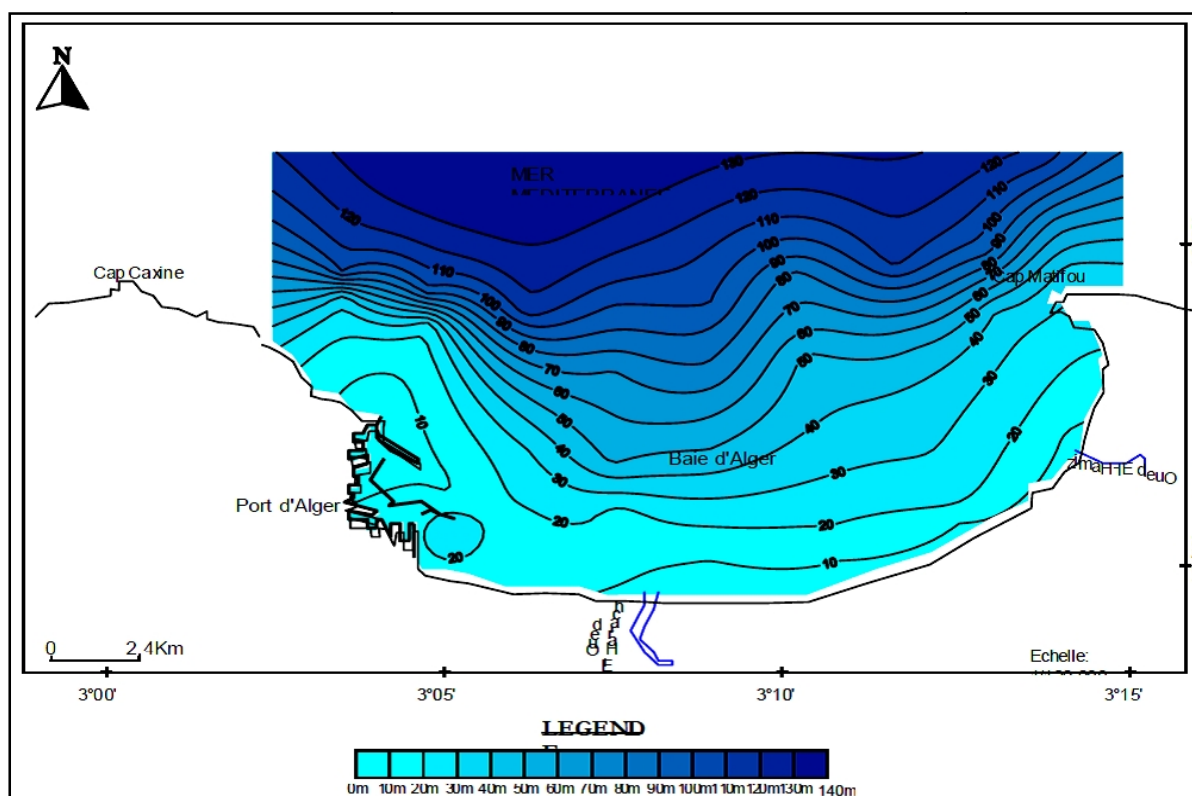
- Une saison humide qui s'étale du mois de Septembre ou mois de Mai avec une moyenne mensuelle enregistrée de 31,40 mm cette moyenne s'élève progressivement

jusqu'au mois de Décembre ou elle atteint le maximum de 104,54 mm. De là, elle diminue graduellement jusqu'au mois de Mai avec une moyenne mensuelle de 31,36 mm.

- Une saison sèche qui est plus courte que la précédente qui s'étale du mois de Juin avec une moyenne mensuelle de 6,47 mm, ou mois de d'Août, avec une moyenne mensuelle de 13,18 mm. Remarquons que le mois de Juillet est le sec avec une moyenne mensuelle de précipitation de 1,73 mm.

### I.3. La bathymétrie

La carte bathymétrique (**Figure II.3**) constitue un document fondamental, et nécessaire pour reconnaître et interpréter la morphologie sous-marine.



**Figure II.3** : Carte bathymétrique de la baie d'Alger (Houma-Bachari, 2007).

La carte bathymétrique ci-dessus révèle une morphologie sous-marine régulière sans accident topographiques majeur, la pente continentale passe du massif de la Bouzaréah au cap Matifou d'une façon quasi rectiligne, les isobathes sont régulières et parallèles à la côte et la distance qui sépare deux isobathes est d'environ 6 milles descendante en pente douce et uniforme de 0 à 100 m ( $0^{\circ}35'$ ) (Leclaire, 1972).

## I.4. Facteurs hydrodynamiques

Le rôle des vagues et houles sur la dynamique littorale et des courants, sera déterminer par l'étude du facteur hydrodynamique de la baie.

### I.4.1. La houle

Etant le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds, sa direction de propagation est liée à celle du vent et de la profondeur tant que la profondeur est plus grande que la longueur d'onde de la houle. Ainsi la houle de la baie d'Alger suit le régime des vents, qui est un régime saisonnier comme pour le reste de la marge algérienne **(Leclaire, 1972)**.

En hiver, les houles sont de direction Ouest-Nord-Ouest ( $300^\circ$ ) et, en été, elles sont de direction Nord-Nord-Est ( $20^\circ$ -  $40^\circ$ ) **(Benzohra, 1993)**.

Dans la baie d'Alger au contact des irrégularités du fond, les houles donnent lieu à des rouleaux qui provoquent la mise en suspension des particules ce favorise leur déplacement. Le sens et l'intensité de ce courant sont fonction de l'amplitude, de l'incidence de la houle par rapport à la côte, de la topographie de la plage sous-marine et de la granulométrie des sédiments **(Millot, 1989)**.

Dans le cas général de houles de petites et moyennes amplitudes, les courants ne sont notables que dans les zones de déferlement et n'affectent donc que le triage des sables et des graviers de la frange littorale (fond à -10 m). Ils assurent le transport latéral par dérive littorale et la dispersion. Par contre les houles de fortes amplitudes pourraient agir jusqu'à des fonds de -40 m à -60 m **(Houma-Bachari, 2009)**.

### I.4.2. Les courants

La vitesse du courant général des eaux atlantiques de Gibraltar vers l'Est reste généralement dans un ordre de grandeur de 0,5 à 1 m/s au large des côtes algériennes. Ce courant général crée dans la plupart des baies un contre-courant littoral vers l'Ouest **(Benzohra, 1993)**

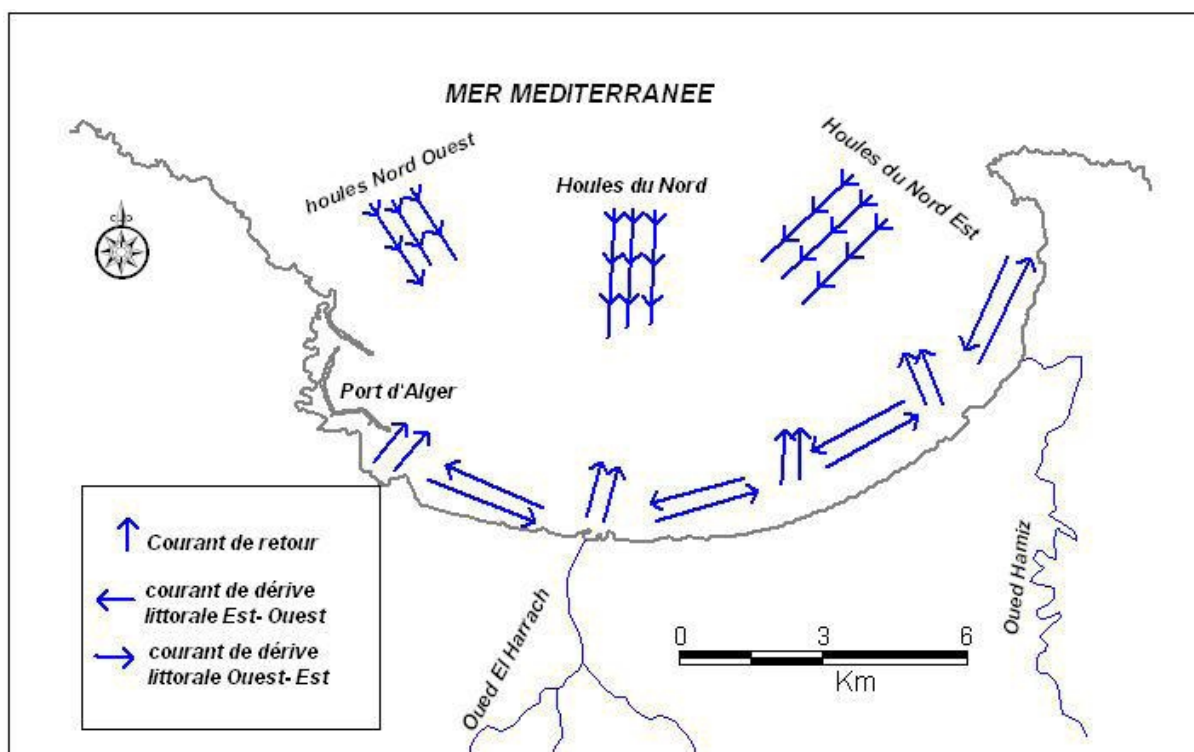
Dans la baie d'Alger, on note l'existence de deux types de courants :

- ✓ **Le courant de retour** qui correspond à une zone de flot de retour à partir du courant existant au lieu de déferlement de la houle. Ces courants possèdent une vitesse qui dépend de l'énergie de la houle et de la pente de la plage. Ces courants sont

responsables de la dispersion d'une partie des sédiments côtiers vers le large (figure 3.10).

- ✓ **Les courants de dérive littorale**, lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique celle-ci donne naissance à un courant de dérive littorale. La vitesse de ce courant est maximale pour un angle d'incidence de 45 % à 50%. La dérive littorale prend naissance au niveau de la zone de déferlement où l'énergie est maximale (**Millot, 1987**). Cette énergie permet la remise en suspension et le transit des particules sédimentaires le long de la côte.

La dérive générale dans la baie d'Alger engendrée par le courant atlantique (contre-courant atlantique) tourne dans le sens des aiguilles d'une montre avec une vitesse moyenne en surface de l'ordre de 0,3 km/h. A proximité du fond la vitesse de ces courants diminue très rapidement et devient pratiquement négligeable (**LEM, 1998**).



**Figure II.4 : Bilan des courants dans la baie d'Alger. (LEM, 1998)**

### I.5. Sources potentielles de pollution

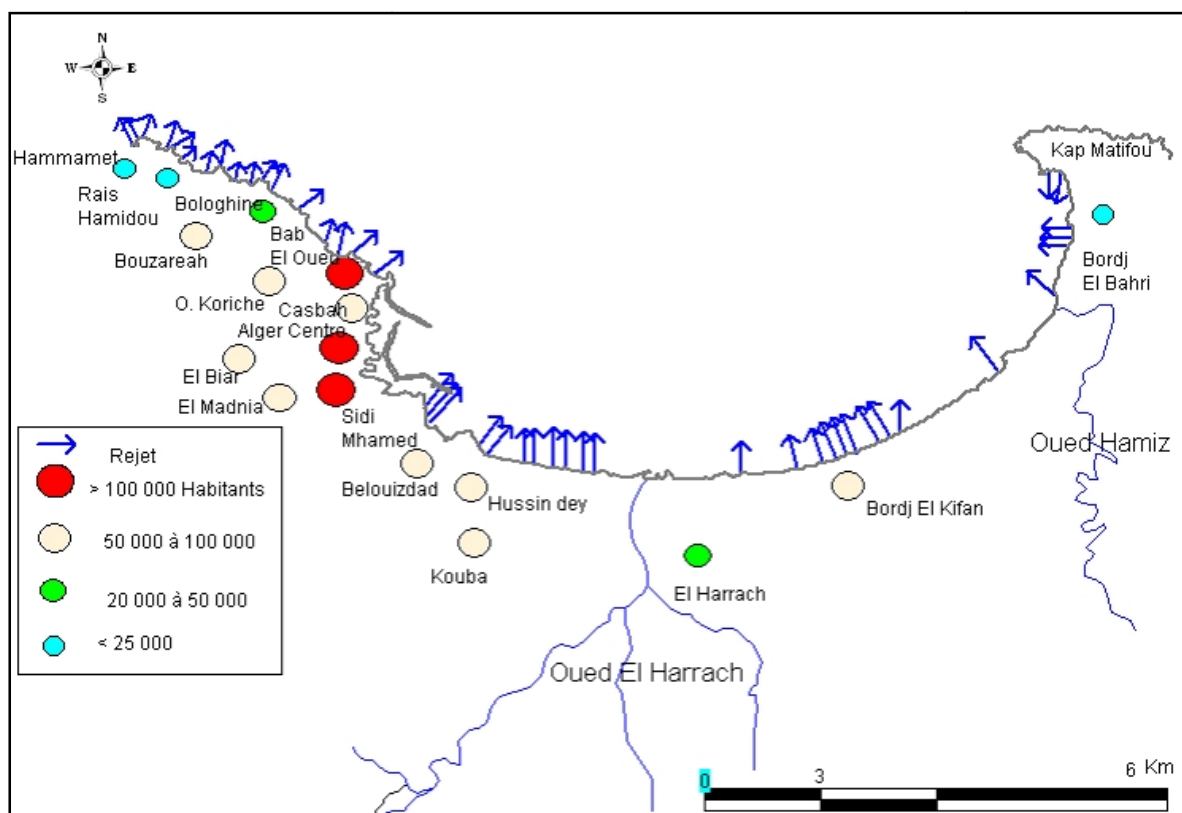
La ville d'Alger est très urbanisée et elle est principalement contaminée par différentes sources de pollution et soumise à plusieurs types de rejets urbains, industriels et pétroliers.

La zone côtière algéroise constitue le réceptacle de plusieurs types de pollution. Ces eaux usées sont chargées de matières organiques, matières en suspension, détergents et des huiles

lubrifiantes, génèrent des pollutions organiques et chimiques, cette situation est aggravée par la quasi absence de traitement des eaux (**Houma-Bachari *et al.*, 2004**)(figure II.5).

Parmi les zones urbanisées et/ou industrialisées, nous pouvons citer entre autres :

- **Hussein Dey** : Zone principalement soumise aux rejets urbains et à l'influence des activités portuaires (**Houma-Bachari, 2009**).
- **Oued El Harrach** Son bassin versant couvre une superficie 970 km<sup>2</sup>, il englobe en plus d'oued El Harrach lui-même les oueds Djemââ, Smar à l'Est et Terro à l'Ouest. Il s'écoule du Sud vers le Nord à travers l'atlas Blidéen, la Mitidja et le Sahel où finalement il se jette à la mer. C'est un bassin difficile d'accès caractérisé par de fortes dénivelées, une végétation peu dense et une pluviométrie importante. A ces facteurs d'érosion s'ajoute le caractère torrentiel de l'oued, qui en faveur d'une forte érosion et d'un alluvionnement important (**LEM, 1999, in Khedimi et Abderrahmani, 2008**).



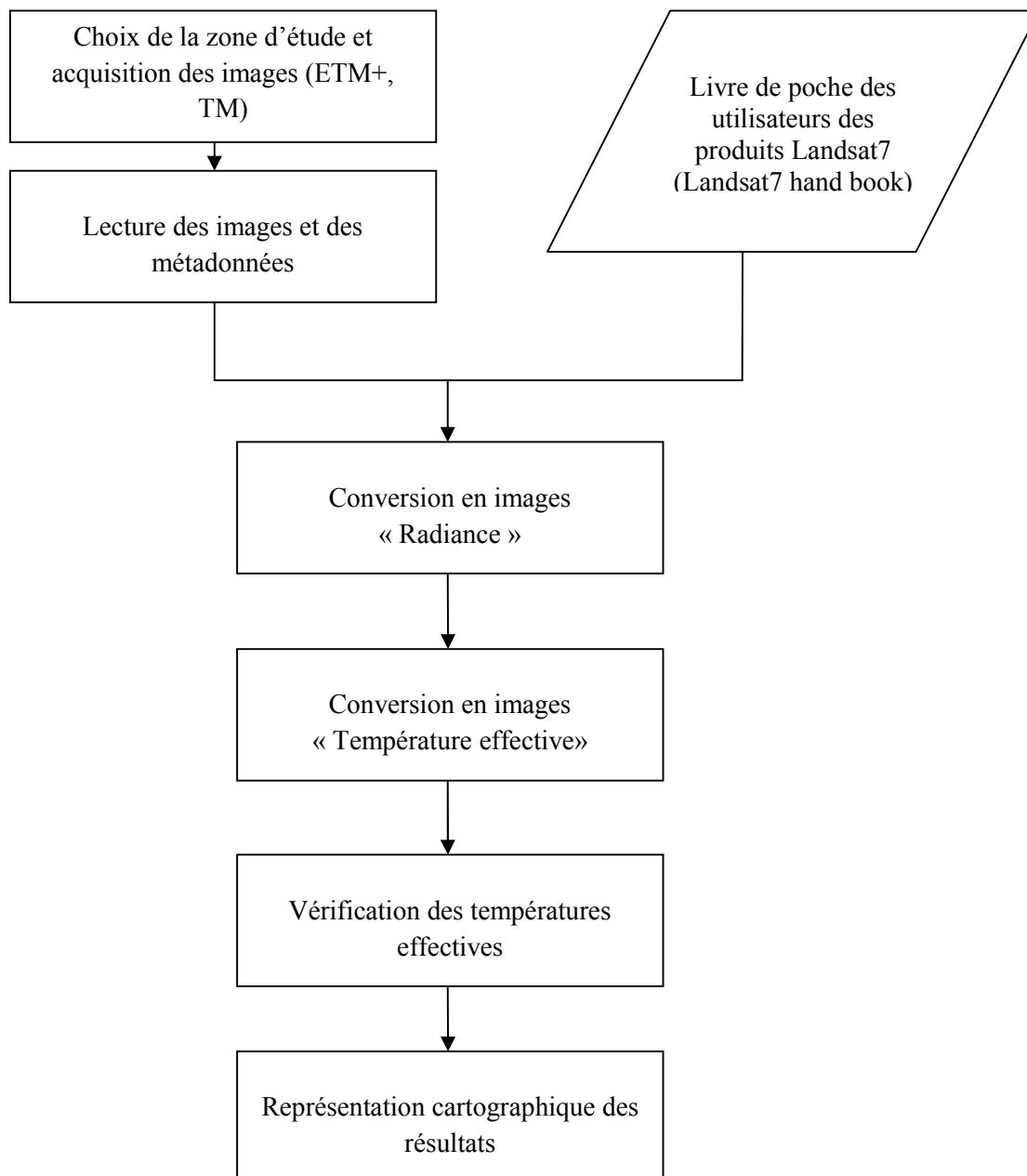
**Figure II.5** : Sources de pollution sur la baie d'Alger.

- **Oued El Hamiz** La superficie du bassin versant est de 160 km<sup>2</sup>, son embouchure se situe près du cap Matifou. La présence du barrage El Hamiz en amont réduit considérablement les apports solides venant en Mer (**LEM, 1999, in Khedimi et Abderrahmani, 2008**). Ses principaux affluents sont: Oued Segia et oued Barek.

# **Chapitre 3 :**

# **Méthodologie**

Dans cette étude, nous proposons d'extraire dans une première étape les températures effectives à partir des images issues des capteurs ETM+ et TM des satellites Landsat7 et Landsat5 respectivement et ce, en se basant sur le livre de poche des utilisateurs des produits de Landsat7 (NASA). La TSM est ensuite obtenu par régression polynomiale avec des données in-situ. Les étapes d'extraction des températures effectives sont résumées dans la Figure III.1:



**Figure III.1 :** Organigramme des étapes d'extraction des températures effectives.

## I. Choix de la zone d'étude et acquisition des images satellitaires Landsat

### I.1. Choix de la zone d'étude

Dans le contexte de notre étude nous avons pu télécharger deux images (Landsat 7 ETM+, et Landsat 5 TM) qui couvrent une grande partie des cotes de la wilaya d'Alger. Ensuite dans le chapitre 4, interpréter les résultats en se focalisant sur notre zone d'étude qui est la baie d'Alger.

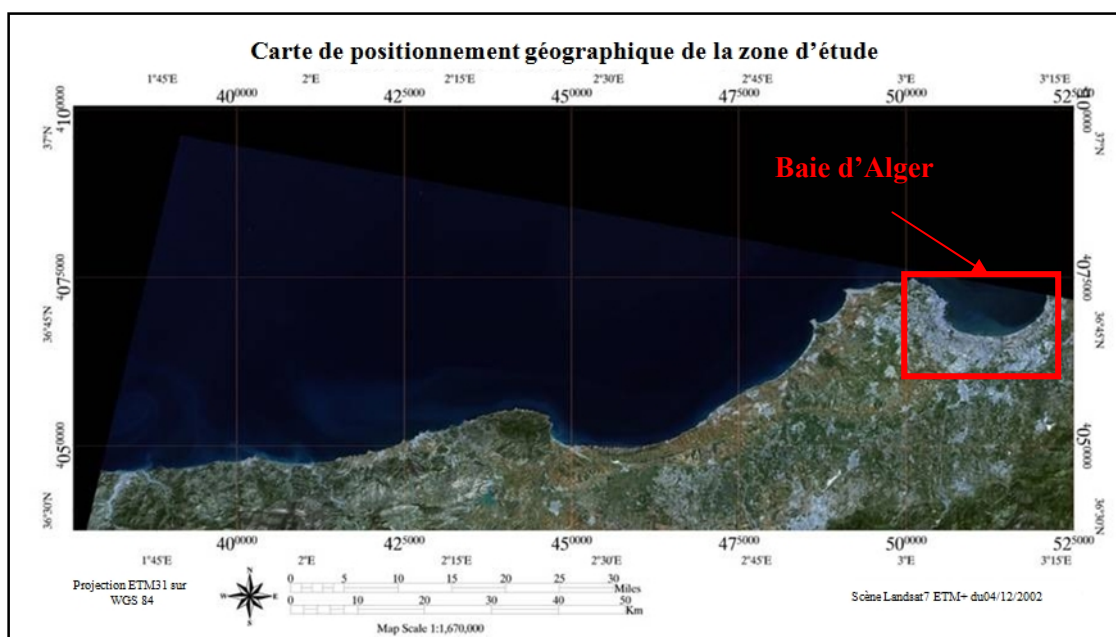


Figure III.2 : Carte de positionnement géographique de la zone d'étude.

### I.2. Acquisition des images satellitaires Landsat

Une riche base de données satellitaire est disponible à partir du site officiel de l'USGS « [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov) ». Cependant, l'identification des scènes à télécharger se fait grâce à l'intersection de la grille de référence de Landsat et du fichier.

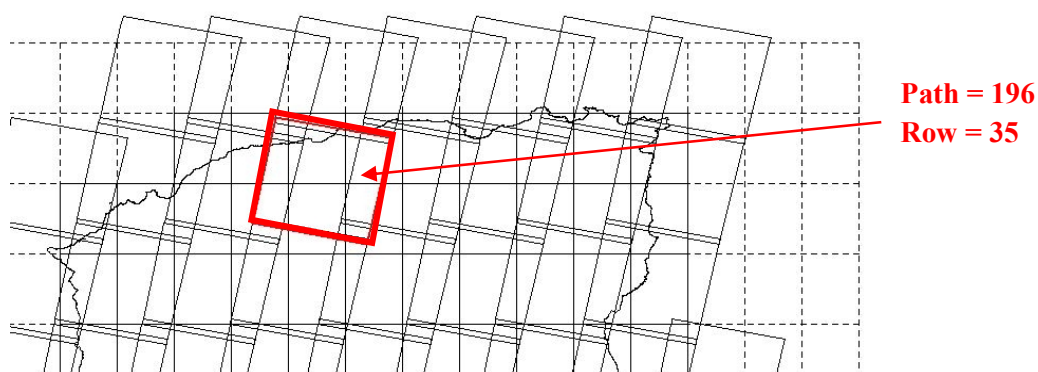


Figure III.3 : Grille de référence Landsat.

La grille de référence géoréférencée de Landsat est une grille dans laquelle chaque entité représente une scène entière caractérisée par un numéro de « path » représentant le numéro de la trace du satellite et un numéro de « Row » indiquant le numéro de la scène dans la trace en cours.

Dans notre cas, les scènes Landsat couvrant la zone d'étude ont un numéro de Path égale à « 196 » et un numéro de Row égale à « 35 ».

## II. Lecture des images et des métadonnées

La lecture et le traitement des images satellitaires s'est fait à l'aide du logiciel de traitement d'images ENVI 4.8. La lecture d'une image satellitaire concerne aussi bien la lecture des données image que celle des métadonnées. Par ailleurs, une image satellitaire Landsat correspond à un ensemble de fichiers (TIFF) représentant les différentes bandes spectrales de l'image et un fichier texte (MET) contenant les métadonnées de l'image en question.

### II.1. Lecture des images

La lecture de l'ensemble des bandes spectrales présentes dans chacune des images satellitaires (Landsat 5 TM et Landsat 7 ETM+) s'est faite à partir du menu principal d'ENVI 4.8 comme suite :

- Aller dans « File », « Open image file » ;
- Ouvrir le fichier d'extension « .met ».

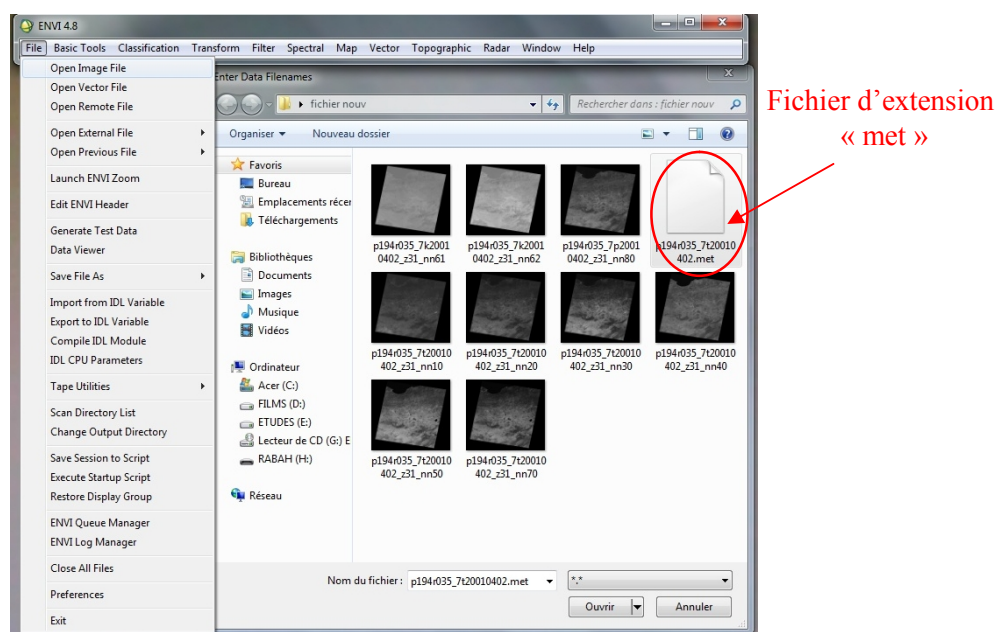
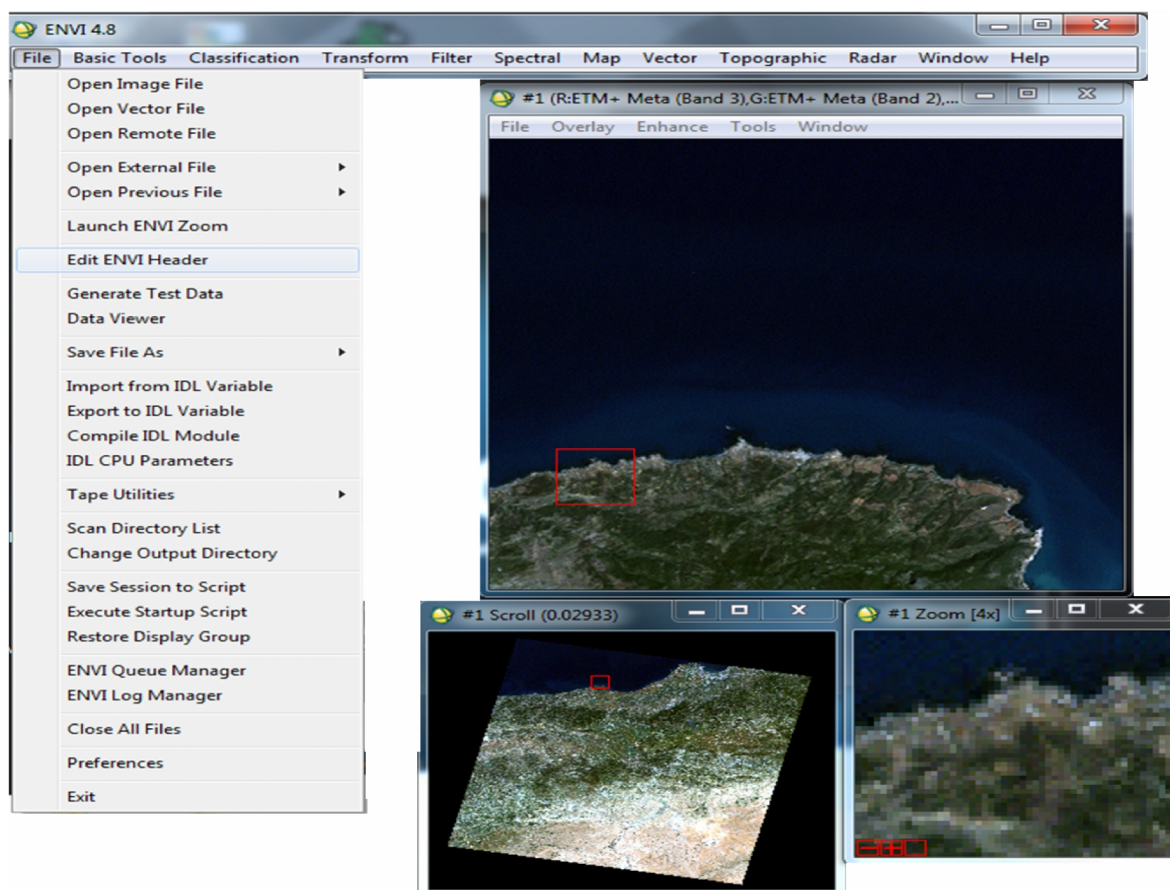


Figure III.4 : Ouverture d'une image sous ENVI.

## II.2. Lecture du fichier des métadonnées de l'image

Les métadonnées d'une image satellitaire concernent toutes les informations sur l'image et les conditions de la prise de vue tels que l'heure et la date d'acquisition, le niveau de traitement de l'image, les résolutions spectrales, radiométriques et spatiales des différentes bandes, etc. La lecture des métadonnées se fait soit en utilisant un éditeur de texte ou bien en allant sur « File », « Edit ENVI header » (**Figure III.5**).



**Figure III.5** : Ouverture d'un fichier métadonnées.

## III. Conversion en image radiance

L'obtention de l'image radiance s'est faite grâce à l'équation 1 extraite directement à partir du « **Landsat 7 Science Data Users Handbook** » qui contient les spécifications techniques des produits Landsat et qui est un guide des utilisateurs.

$$L_{\lambda} = ((LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda}, \dots \quad (1)$$

Avec :

- ❖  $L_{\lambda}$  : radiance spectrale du pixel relative au capteur  $\lambda$  en watts/mètre carrés \* ster\*  $\mu\text{m}$ .
- ❖  $L_{\text{MIN}\lambda}$ ,  $L_{\text{MAX}}$  : sont les radiances de chaque bande au compte numérique 0 et 255 ou plus exactement QCALMIN et QCALMAX.
- ❖  $Q_{\text{CALMIN}}$ ,  $Q_{\text{CALMAX}}$  : les valeurs minimale et maximale quantifiées pour un pixel correspondant à  $L_{\text{MIN}\lambda}$  et  $L_{\text{MAX}}$ .
- ❖  $Q_{\text{CAL}}$  : le compte numérique du pixel à calibrer.

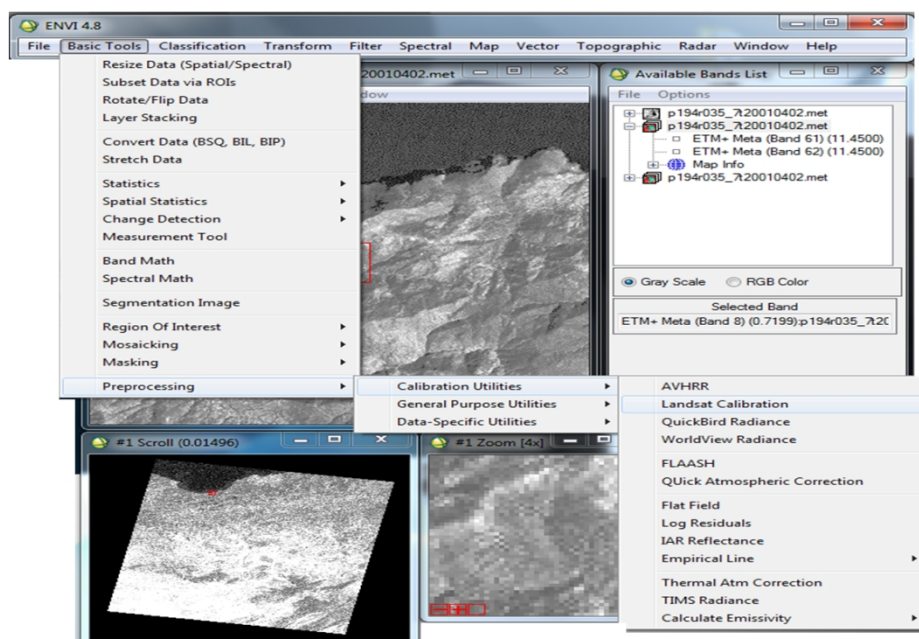
Il est à noter que ces paramètres sont fournis dans le fichier des métadonnées (**Annexe**) et que l'application de cette équation se fait sur les bandes thermiques relatives à chaque capteur.

La mise en œuvre d'une calibration radiométrique se fait soit directement à partir des menus du logiciel ENVI soit par l'utilisation de l'outil de calcul mathématique « Band Math » d'ENVI.

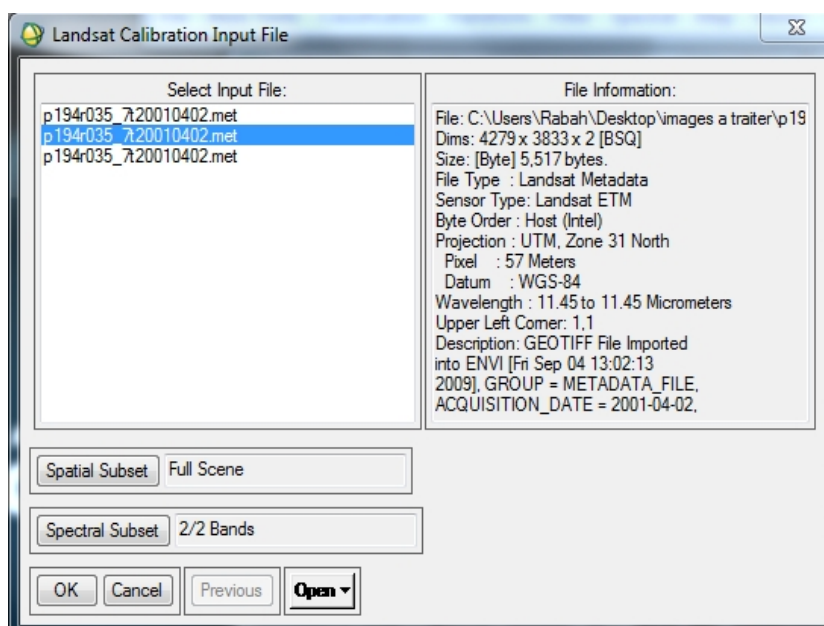
### III.1. A partir des menus ENVI

Ceci consiste à :

- Aller sur « Basic Tools » du menu principal d'ENVI ;
- Choisir « Preprocessing » suivi de « Calibration Utilities » et enfin « Landsat Calibration » (**Figure III.6**) ;
- Introduire le nom de l'image à calibrer radiométriquement (bandes 61 et 62 pour l'image ETM+ et la bande 6 pour celle du TM) dans la boîte de dialogue « Landsat Calibration Input File » (**Figure III.7**) ;
- Valider l'opération en allant sur « OK ».

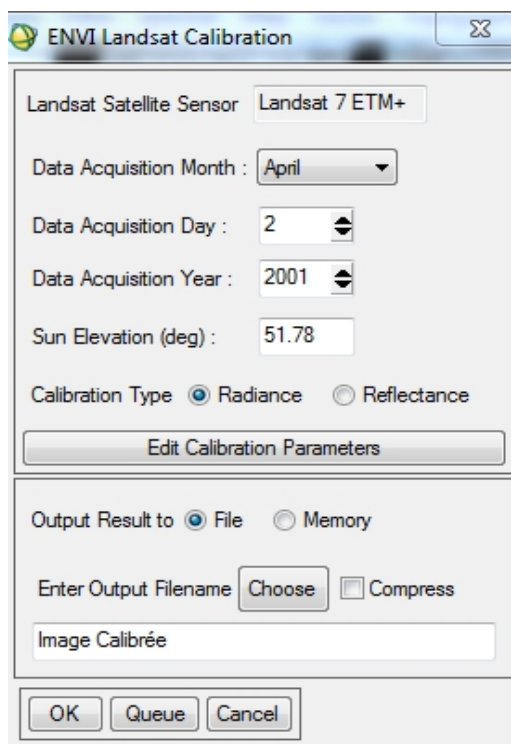


**Figure IV.6** : Lancement d'une calibration radiométrique d'une image Landsat.



**Figure III.7 :** Boite de dialogue « Landsat Calibration Input File ».

- Choisir le type de calibration (radiométrique dans notre cas) en activant le bouton radio « Radiance » de la boite de dialogue « ENVI Landsat Calibration » (**Figure III.8**). Le reste des paramètres est automatiquement lu et configuré dans cette boite de dialogue, à partir des métadonnées ;
- Introduire le répertoire de sauvegarde et le nom de l'image radiance en sortie ;
- Valider l'opération en allant sur « OK ».



**Figure III.8 :** Boite de dialogue « ENVI Landsat Calibration ».

### III.2. A partir de band math

L'utilisation de band math consiste à interpréter l'équation (1) dans le langage compréhensible par ce dernier.

Ainsi, pour l'imager TM, l'équation 1 devient:

$$(14.065/254)*(B1-1) + 1.238 \dots (2)$$

Dans laquelle B1 correspond à la bande 6.

Quant à l'image ETM+, l'équation 1 devient :

- Pour la bande 61:

$$(17.040/254)*(B1-1) \dots (3)$$

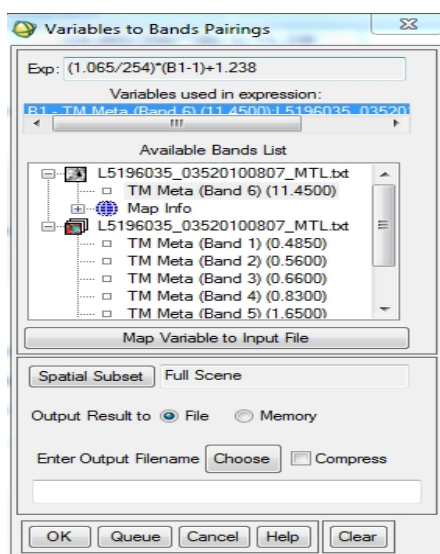
- Pour la bande 62 :

$$(9.45/254)* (B1-1) + 3.2 \dots (4)$$

L'accès à band math se fait à partir de « Basic Tools » du menu principal d'ENVI.

L'écriture des équations (2,3,4) se fait dans le champ « Enter an expression ». Ces dernières peuvent être enregistrées dans des fichiers « .exp » et restaurées au besoin.

L'introduction de la bande thermique de chaque image dans chaque équation ainsi que l'introduction du nom de l'image calibration en sortie se fait grâce à la boîte de dialogue « Variables to Bands Pairings » (**Figure III.9**). .



**Figure III.9** : Boîte de dialogue « Variables to Bands Pairings ».

#### IV. Conversion en image température

L'obtention de l'image température effective en °C, qui est la température de la surface de la mer au niveau du satellite, se fait grâce à l'équation 5 extraite directement du handbook.

$$T = K2 / \ln((K1/L_s)+1) - 273 \dots \dots \dots (5)$$

Avec :

- ❖ **T** : Température effective en °C
- ❖ **Ln** : logarithme népérien
- ❖ **K1** : Constante de calibration 1 (Landsat7=666.09, Landsat5=607.76) [watt/m<sup>2</sup>.sr.µm]
- ❖ **K2** : Constante de calibration (Landsat7=1282.71, Landsat5=1260.56) [Kelvin]

La production des images températures effectives se fait par l'introduction de l'équation 5 dans band math. Ceci se traduit par :

- Pour l'image TM5 :  
1260.56/Alog((607/B1)+1)-273.....(6)
- Pour l'image ETM+ :  
1282.71/Alog((66.09/B1)+1)-273.....(7)

#### V. Vérification des résultats

Pour pouvoir vérifier les résultats des températures effectives de l'eau de mer, nous avons d'abord affiché les images températures obtenues sur des fenêtres graphiques différentes.

Ensuite, nous avons fait appel à l'outil « Cursor location/value » obtenu à partir de « Tools » du menu principal de la fenêtre graphique sur laquelle est affichée chaque image résultat. Ce dernier, permet la lecture instantanée des températures calculées (**Figure III.10**).

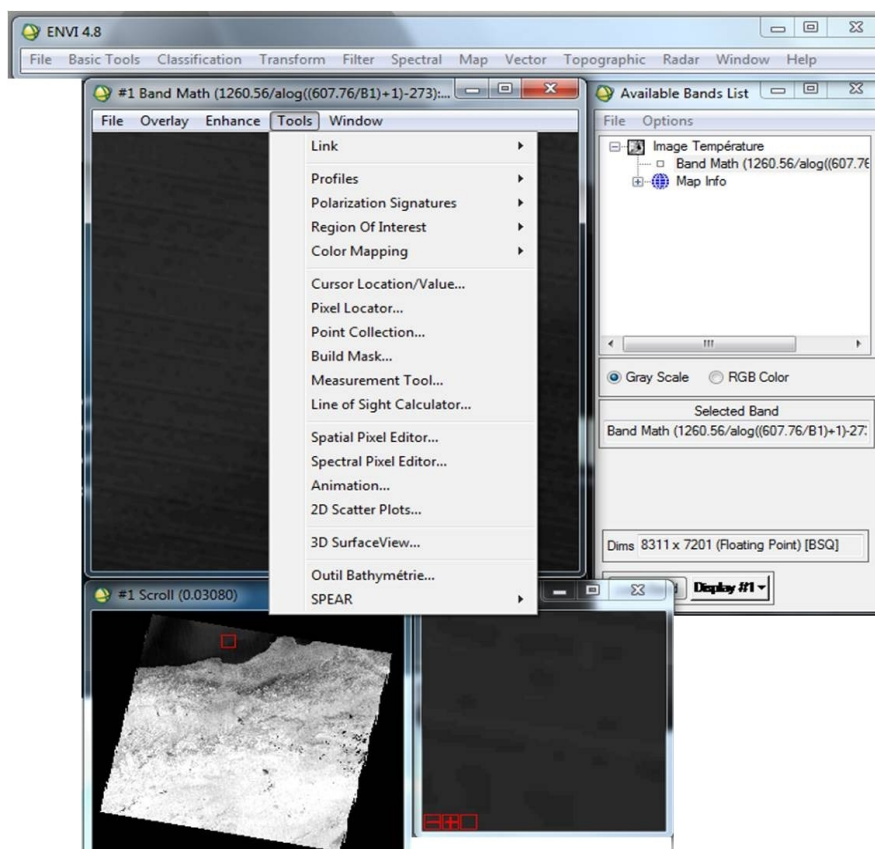


Figure III.10 : Ouverture de « Cursor Locator/ Value ».

En glissant la position du curseur sur les eaux marines représentées dans les images températures, nous constatons que les valeurs des TSM calculées varient d'une manière cohérente (Figure III.11) compte tenu des saisons des prises de vue à savoir, l'été pour l'image TM et l'automne pour l'image ETM+. Ainsi, pour l'image datée du 24/08/2010 (TM), les TSM varient environ entre 17 et 23°C, alors que celle datée du 04/12/2002 (ETM+), elles varient environ entre 15 et 18 °C.

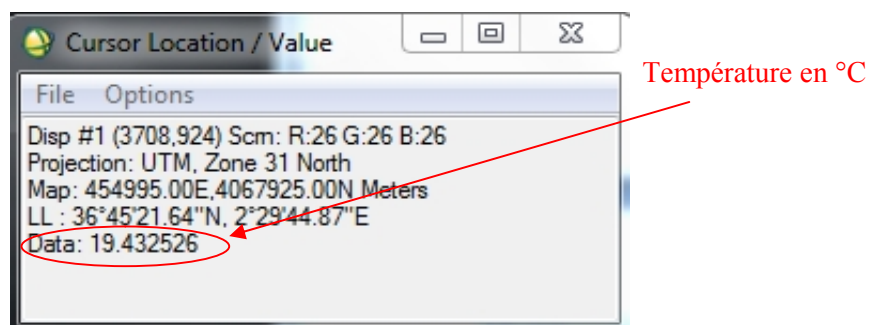


Figure III.11: « Cursor Locator/ Value ».

## VI. Représentation cartographique des résultats

Afin de mieux mettre en évidence les résultats obtenus, nous avons réalisé des cartes de distribution spatiale des températures effectives basées sur un seuillage ou une segmentation de l'image. Pour se faire, nous avons procédé comme suite :

### VI.1. Segmentation de l'image

La segmentation de l'image température effective consiste à créer des classes de pixel où chaque classe représente un ensemble de pixels dont la température appartient à un intervalle de températures défini de façon à mettre en valeur les variations saisonnières de cette dernière. Pour un meilleur rendu visuel, nous avons affecté une couleur pour chaque gamme de température allant du bleu qui représente les températures les plus froides jusqu'au rouge qui représente les gammes de températures de surface les plus chaudes en passant par le vert et le jaune qui représentent les gammes de températures de surface moyennes.

Ceci a été réalisé grâce à l'outil « Density Slice » du logiciel ENVI4.8 obtenu à partir du menu « Overlay » du menu principal de la fenêtre graphique dans laquelle est affichée l'image température (**Figure III.12**).

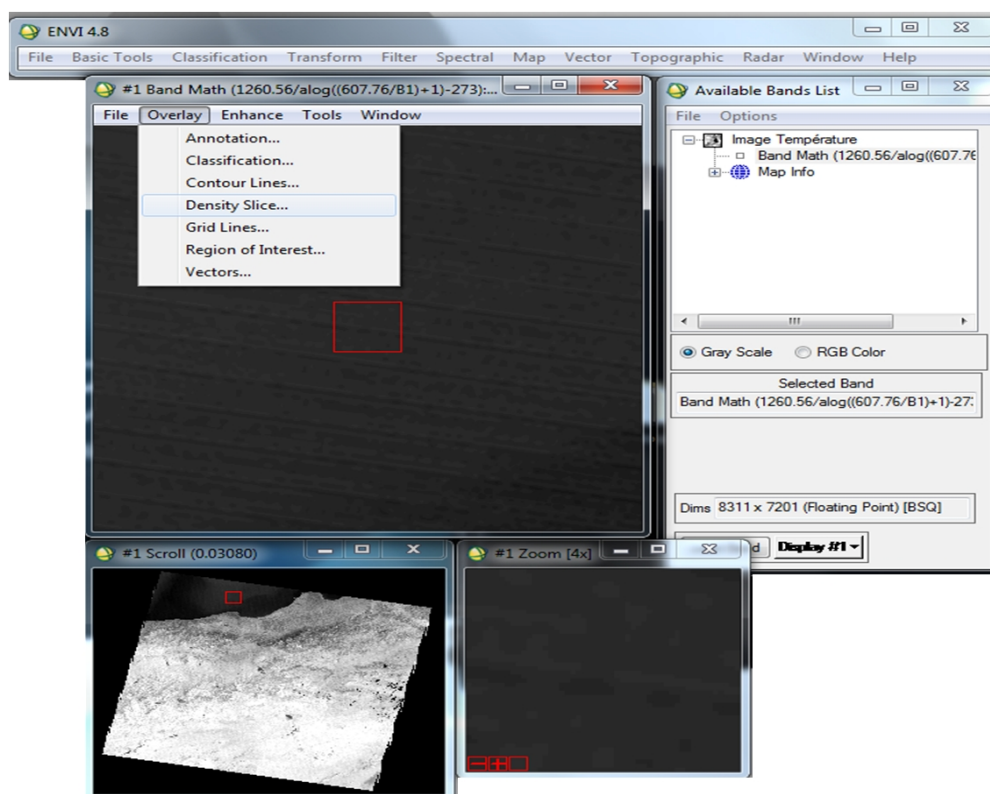
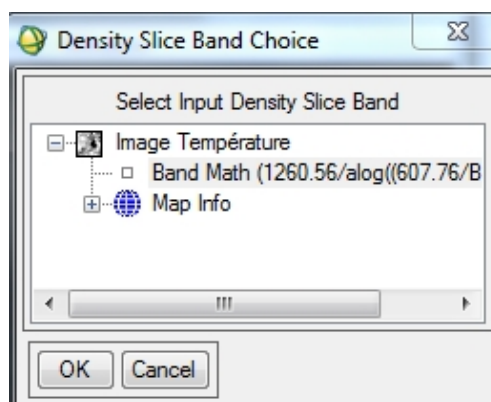


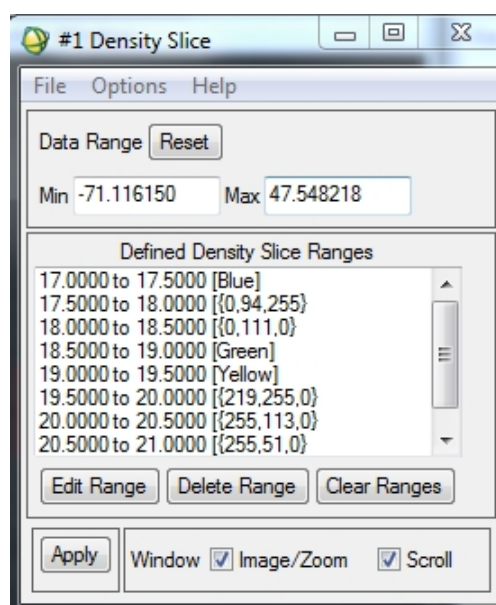
Figure III.12 : Ouverture de « Density Slice ».

- Une boîte de dialogue « Density Slice Band Choice » s'ouvrira,
- Choisir la bande de température sur laquelle s'applique la gamme de couleurs. (**Figure III.13**)



**Figure III.13:** « Density Slice Band Choice ».

- Choisir « OK » ;
- La boîte de dialogue « Dencity slice » s'ouvre pour donner à chaque gamme de températures une couleur (**Figure III.14**) ;
- Choisir « Apply » pour que les couleurs choisis soient destinées vers leurs gammes de température sur l'image de température.



**Figure III.14:** Choix des gammes de températures et leurs couleurs.

- Enfin nous sauvegarder cette image en couleurs des températures pour la réalisation d'une carte dans ce qui suit.

## VI.2. Réalisation des cartes de distribution spatiales

N'ayant pas de données in-situ disponibles afin de pouvoir extraire les TSM à partir des températures effectives, nous nous sommes arrêté à la réalisation de cartes de distribution spatiale des températures effectives. Le processus de fabrication des cartes de distribution spatiale de la température effective nécessite comme entrée principale les images segmentées précédemment à laquelle s'ajoute les éléments graphiques classiques nécessaires à l'obtention d'un bon produit cartographique, à savoir, le titre, l'échelle, le carroyage cartographique, la légende, etc.

Sur le plan pratique, ceci revient à exploiter l'outil de mise en page cartographique « QuickMap » fourni par ENVI selon les étapes suivantes :

- Ouvrir l'image en couleurs de température enregistrée précédemment.
- Ensuite sur le menu principal de la fenêtre graphique, choisir « File » puis « QuickMap » ensuite « New QuickMap » (**Figure III.15**).
- La boîte de dialogue « QuickMapDefault Lay... » s'ouvre
- Choisir « OK »
- Ensuite une boîte de dialogue « QuickMap Image Selection » s'ouvre

Ces deux boîtes de dialogues permettent de dimensionner la carte en sortie sur l'image .

- Après avoir choisi les dimensions de la carte, choisir « OK ».

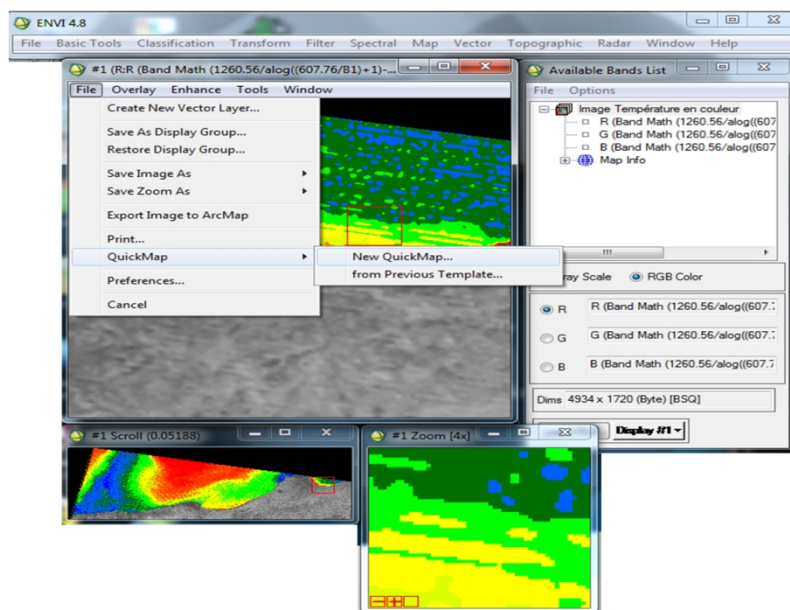


Figure III.15: Ouverture de « QuickMap ».

- Une boîte de dialogue « QuickMapParameters » s'ouvrira celle-ci permet de choisir un titre, une légende, une grille...etc., pour la carte des températures effectives de l'eau de l'eau de mer en sortie. (Figure III.16)

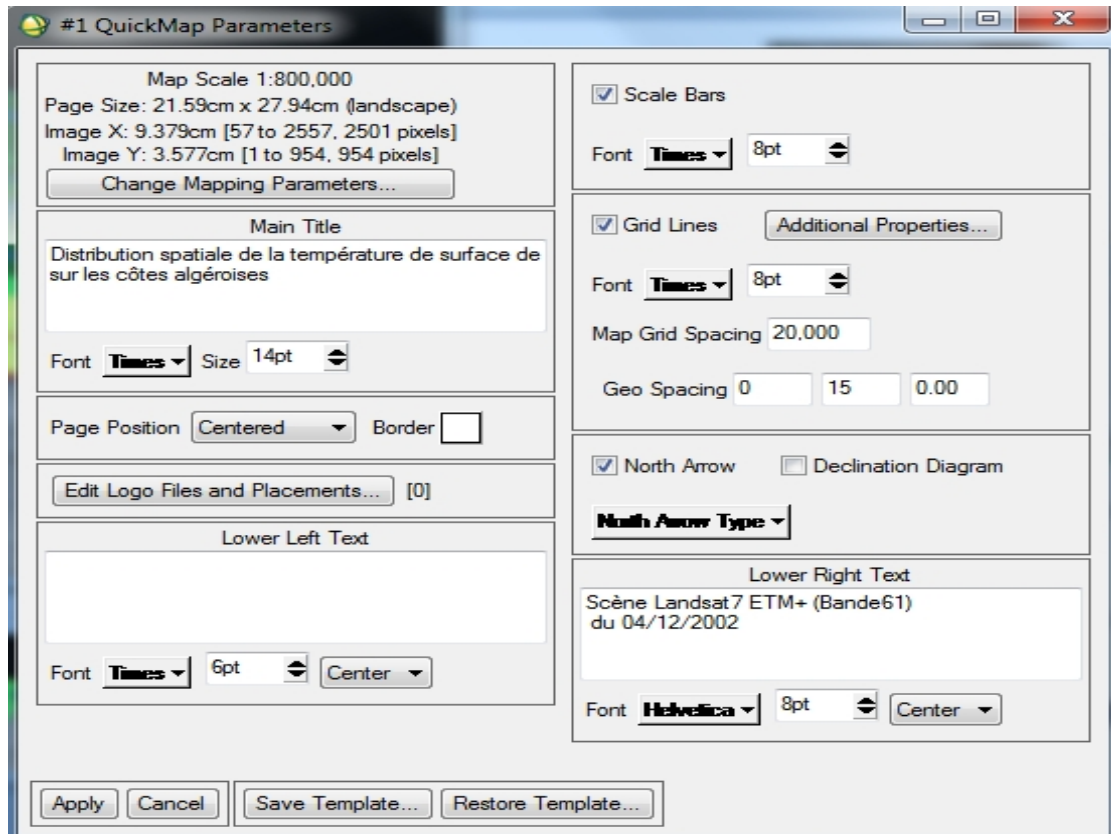


Figure III.16: Boîte de dialogue « QuickMapParameters ».

- Remplir tous les paramètres de la carte en sortie ;
- Choisir « Apply » ;
- Enfin sauvegarder cette carte sous un format d'image (JPEG).

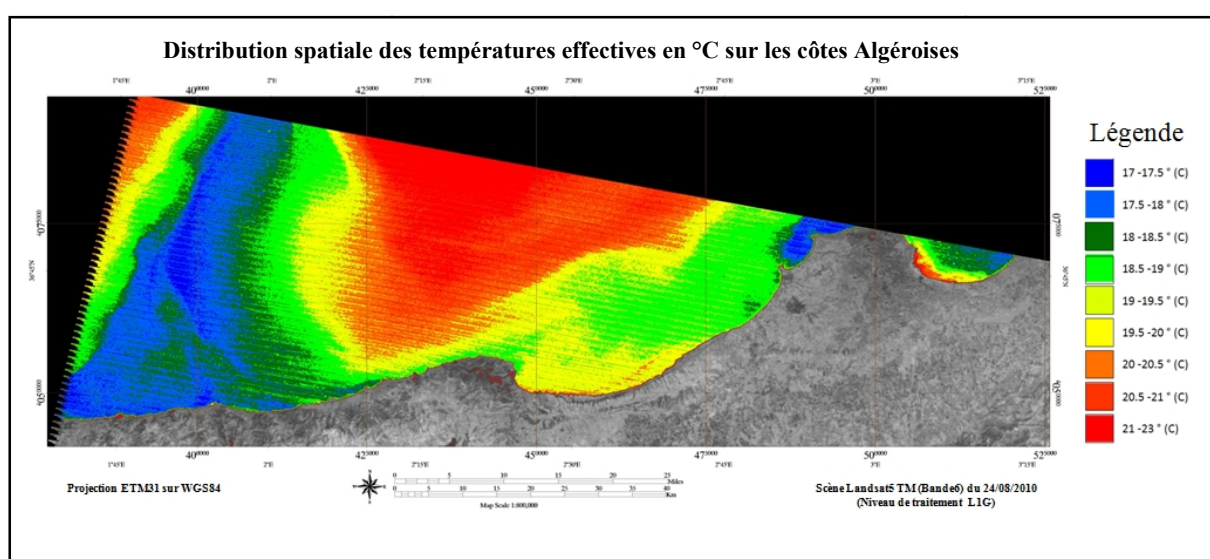
# **Chapitre 4 :**

## **Résultats et discussions**

L'application de la méthodologie détaillée dans le chapitre précédent a permis la réalisation de cartes de distribution spatiale des températures effectives sur les côtes algéroises et ce, en deux saisons différentes (automne et été). Ces résultats sont présentés, discutés et interprétés dans ce qui suit :

## I. Cartographie des températures issues de l'image Landsat 5TM

La figure ci-dessous (**Figure IV.1**) représente la distribution spatiale des températures de l'eau de mer obtenues à partir d'une image satellitaire Landsat 5 (bande6) datant du 24/08/2010. Les températures sont montrées par des couleurs allant du bleu qui représente les masses d'eau froides jusqu'au rouge qui représente les masses d'eau les plus chaudes.



**Figure IV.1 :** Distribution spatiale des températures effectives sur les côtes algéroises scène Landsat5 (bande6).

La figure ci-dessous (**Figure IV.2**) représente la carte de distribution spatiale des températures de l'eau de mer au niveau du satellite sur la baie d'Alger du 24/08/2010, représentées par des couleurs allant du bleu qui indique les températures de l'eau de mer les plus froides jusqu'au rouge qui représente les températures de l'eau de mer les plus chaudes.

La carte de la distribution spatiale des températures effectives de l'eau de mer sur la baie d'Alger du 24/08/2010 montre que les valeurs de température les plus élevées se concentrent à proximité des côtes. Ceci pourrait être dû à la faible profondeur et à la présence de rejets côtiers d'eaux plus chaudes que celles de l'eau de mer.

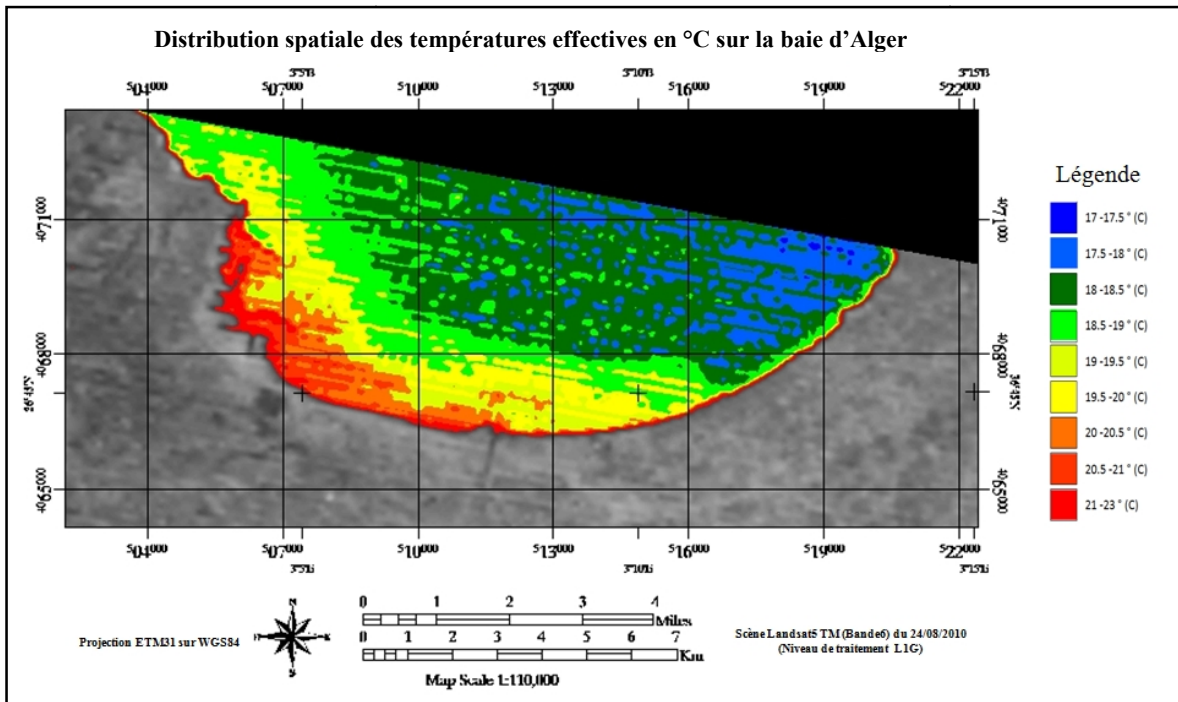


Figure IV.2 : Distribution spatiale des températures effectives sur la baie d’Alger scène Landsat5 (bande6).

## II. Cartographie des températures issues de l’image Landsat 7 ETM+

### II.1. Bande 61

La figure ci-dessous (Figure IV.3) représente la distribution spatiale des températures effectives de l’eau de mer obtenues à partir d’une image satellitaire Landsat 7 ETM+ (bande61) du 14/12/2002.

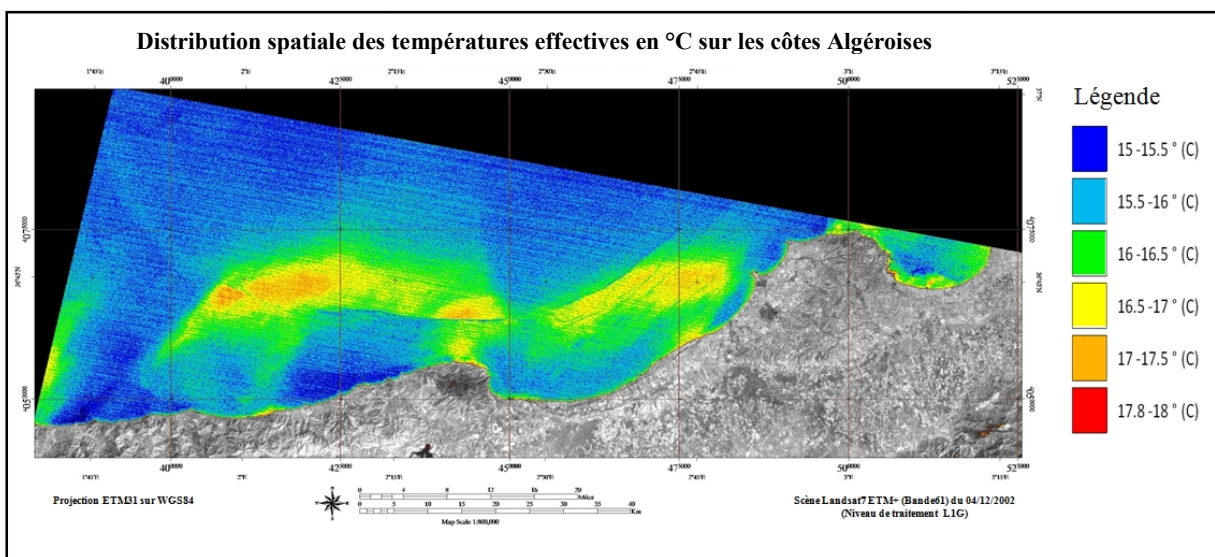
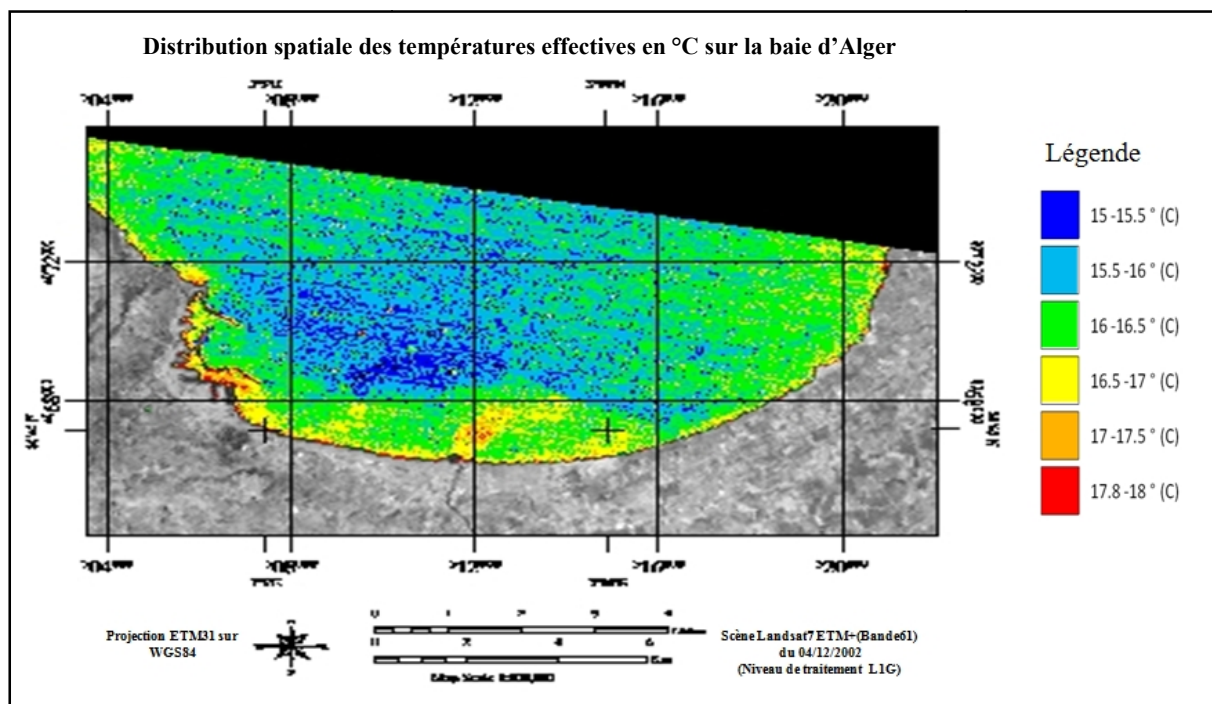


Figure IV.3 : Distribution spatiale des températures effectives sur les côtes Algéroises scène Landsat7 ETM+ (bande61).

ces températures sont montrées par des couleurs allant du bleu qui représente les masses d'eau de surface froides jusqu'au rouge qui représente les masses d'eau les plus chaudes.

La figure ci-dessous (**Figure IV.4**) représente la carte de distribution spatiale des températures de l'eau de mer sur la baie d'Alger représentées par des couleurs allant du bleu qui indique les températures de l'eau de mer les plus froides jusqu'au rouge qui représente les températures de l'eau de mer les plus chaudes.

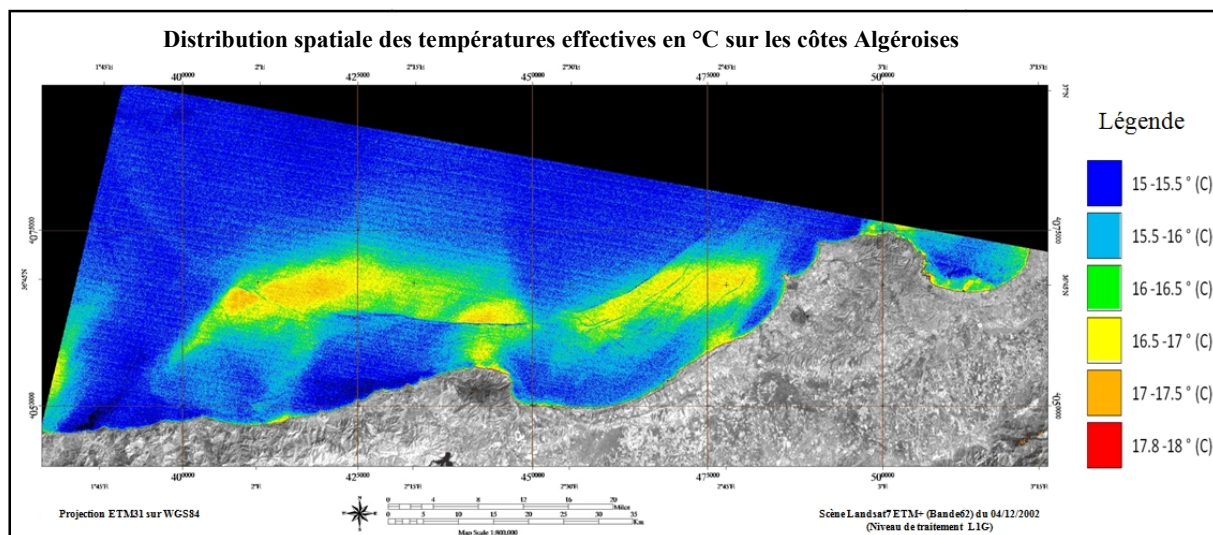


**Figure IV.4 :** Distribution spatiale des températures effectives sur la baie d'Alger scène Landsat7 ETM+ (bande61).

La carte de distribution spatiale de la température de l'eau de mer sur la baie d'Alger montre que les valeurs de température les plus élevées se concentrent à proximité des côtes. Ceci pourrait être dû à la faible profondeur et à la présence de rejets d'eaux plus chaudes que celles de l'eau de mer (cas de l'Oued El-Harrach).

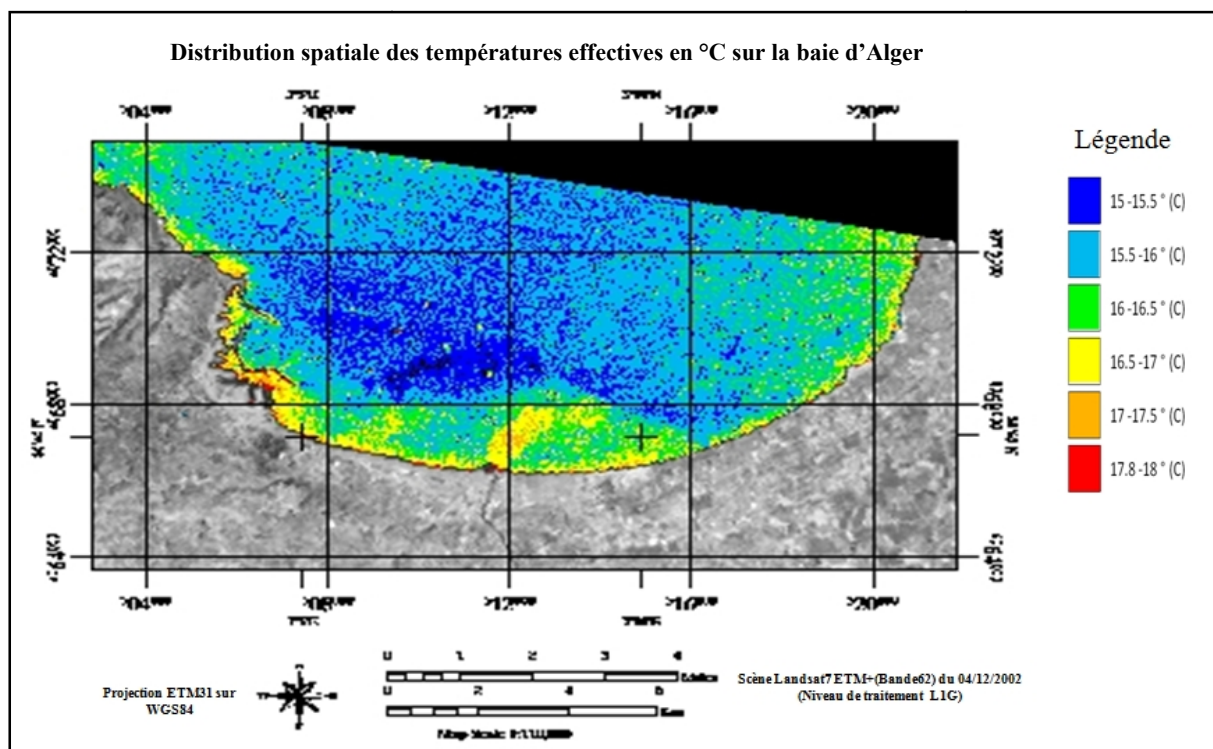
## II.2. bande 62

La figure ci-dessous (**Figure IV.5**) représente la distribution spatiale des températures effectives d'eau de mer obtenues à partir de l'image satellitaire Landsat 7 ETM+ (bande62) du 14/12/2002. Les températures effectives sont montrées par des couleurs allant du bleu qui représente les masses d'eau les plus froides jusqu'au rouge qui indique les masses d'eau les plus chaudes.



**Figure IV.5 :** Distribution spatiale des températures effectives sur les côtes Algéroises scène Landsat7 ETM+ (bande62).

La figure ci-dessous (**Figure IV.6**) représente la carte de distribution spatiale des températures de l’eau de mer sur la baie d’Alger représentées par des couleurs allant du bleu qui représente les températures de l’eau de mer les plus froides jusqu’au rouge qui révèle les températures de l’eau de mer les plus chaudes.



**Figure IV.6 :** Distribution spatiale des températures effectives sur la baie d’Alger scène Landsat7 ETM+ (bande62).

La carte de distribution spatiale de la température de l'eau de mer sur la baie d'Alger montre que les valeurs de température les plus élevées se concentrent à proximité des côtes. Ceci pourrait être dû à la faible profondeur et à la présence de rejets d'eaux plus chaudes que celles de l'eau de mer (cas de l'Oued El-Harrach).

# **Conclusion**

## Conclusion

---

Ce travail nous a permis de comprendre et de dérouler concrètement une méthodologie d'extraction des températures effectives de l'eau de mer à partir des images satellitaires, en particulier, les images Landsat 5 et Landsat 7.

Ceci, nous a permis d'obtenir des valeurs couvrant de larges étendues, une grande partie des eaux côtières de la partie ouest d'Alger, avec une résolution spatiale de 120m et de 60m ; ceci équivaut à une station mesurée en mer tous les 120 ou 60 m et ce dans des conditions égales (date, heure, conditions atmosphériques).

En l'absence de données in-situ pour l'évaluation quantitative des résultats obtenus, une évaluation qualitative de la variation saisonnière des températures effectives a été possible grâce à l'application de la méthodologie sur deux scènes issues de capteurs différents et acquises en deux saisons différentes (automne et été). Par conséquent, il a bien été observé que les températures de l'eau de mer au niveau du satellite dans la baie d'Alger varient en fonction des saisons.

Par ailleurs, la cartographie de la distribution spatiale des températures effectives réalisée sur les deux images a également permis d'évaluer la cohérence des résultats. En effet, les températures observées dans la baie d'Alger, à titre d'exemple, montrent bien l'influence des apports continentaux d'eaux plus chaudes que celles de l'eau de mer (cas du Oued El-Harrach)

L'efficacité des capteurs spatiaux dans le domaine de l'extraction de la TSM n'est plus à prouver. Néanmoins, la recherche continue à améliorer l'exploitation réelle des données obtenues dans l'analyse environnementale nécessitant une masse importante de données spatio-temporelles.

Pour notre part, ce travail est une ébauche et mérite d'être approfondie.

# **Bibliographie**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Aminot A. et Chausse-Pied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *Edition : CNEXO, Brest, France, 395 P.*

**Aminot A. et K erouel R., 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. *Edition : Ifremer, France, 336 P.*

**Bachouche S., 2003.** Mesure des paramètres physico-chimiques et analyse des sels nutritifs dans le littoral algérois. *Mémoire de DEUA, ISMAL, Algérie, 49 P.*

**Benzohra M., 1993.** Les structures hydrodynamiques le long des côtes Algériennes. *Centre d'Océanologie de Marseille, France, 33 p.*

**Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. * d. Technique et documentation, 217 p.*

**Girard M.C. et Girard C.M., 1989.** Télédétection appliquée. Zones tempérées et intertropicales. * d. Masson, Pris, France, 257 p.*

**Gomez C., 2004.** Potentiels des données de télédétection multisources pour la cartographie géologique : Application à la région de Rehoboth (Namibie). *Thèse de Doctorat, Université Caude Bernard, Lyon, 210 pp.*

**Houma Bachari F., Belkessa R., Khouider A., Bachari N.E.I et Derriche Z., 2004.** Etude Corrélative des Paramètres Physico-Chimiques et des Données Satellites IRS1C pour Caractériser la Pollution Aquatique. Application à la baie d'Oran, Algérie. *Revue Sciences de l'eau, volume 17/4, p. 429- 446.*

**Houma – Bachari F., 2007.** Caractérisation des polluants de la côte oranaise et algéroise par analyse physico-chimique et corrélation avec les données satellites. *Thèse de doctorat, USTHB, Algérie, 225 P.*

**Houma-Bachari F., 2009.** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir d'imagerie satellitaire. *Thèse de doctorat en Science de l'univers et environnement, Unversite de Val de Marne, Paris XII, France, 257 p.*

**Kassar A., 2011.** Suivi de la chlorophylle et du phytoplancton dans les zones côtières algéroises : Apport des mesures satellitaires à leur modélisation, mémoire magistère, ENSSMAL.

**Kergomard C., 2004.** La Télédétection AÉRO-SPATIALE : une introduction. Ecole Normale Supérieure, Paris.

**Khedimi F. et Abderrahmani K., 2008.** Baie d'Alger : Etude de quelques paramètres de gestion du littoral et apport de la télédétection. *Mémoire d'ingénieur, ISMAL, Algérie, 76 P.*

**Laghouag M. Y., 2011.** Apport de la télédétection (images Landsat 7 ETM+) pour la cartographie géologique de la région d'Aflou (Atlas saharien), *Mémoire d'ingénieur, Institut d'architecture et des sciences de la terre, Sétif, Algérie, 90 p*

**Leclaire L., 1972.** La sédimentation holocène sur le versant Méridional du bassin algéro-baléares (Précontinent algérien). Tome XXIV. *Éd. Muséum, Paris, France, 391 p.*

**L.E.M, 1998.** Etude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'Alger. *Laboratoire d'Etudes Maritime, Alger, Algérie.*

**Madi F., 2009.** Apport du système d'information géographique (SIG) pour la modélisation de la couleur des eaux marines. (Cas : la baie d'Alger), *Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL. 82 p.*

**Maouche S., 1987.** Mécanismes hydro sédimentaires en baie d'Alger (Algérie) : approche sédimentologique, géochimique et traitement statistique. *Thèse de doctorat, Université de Perpignan, France, 213 P.*

**Millot C., 1987.** Circulation in the western Mediterranean sea. *Oceanologica Acte. Vol 10 n°2, pp. 143- 149.*

**Millot C., 1989.** La circulation générale en Méditerranée occidentale : aperçu de nos connaissances et projets d'études. *Annales de géographie, n° 459, XXVIIIe année, pp. 497-515.*

*NASA : (National Aeronautics and Space Administration), Landsat 7 Sciences Data Users Handbook.*

**Robin M., 2002.** Télédétection. Des satellites aux SIG. Coll Fac Géographie, Nathan Université, 2<sup>e</sup> édition.

**Soudani K., 2005.** Introduction général à la télédétection. Cours en ligne Faculté des Sciences d'Orsay – Université Paris Sud XI.

## **WEBOGRAPHIE**

[www.satellites et capteurs-NOAA.com](http://www.satellites-et-capteurs-noaa.com)

[www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)

# **Annexes**

# ANNEXES

**Tableau 1 :** Fichier des métadonnées de l'image Landsat5

GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
REQUEST_ID = "8881008230001_86493"
PRODUCT_CREATION_TIME = 2010-08-24T04:55:40Z
STATION_ID = "EDC"
LANDSAT5_XBAND = "1"
GROUND_STATION = "MPS"
LPS_PROCESSOR_NUMBER = 0
DATEHOUR_CONTACT_PERIOD = "1021910"
SUBINTERVAL_NUMBER = "01"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
PRODUCT_TYPE = "L1T"
ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
PROCESSING_SOFTWARE = "LPGS_11.1.0"
EPIHEMERIS_TYPE = "DEFINITIVE"
SPACECRAFT_ID = "Landsat5"
SENSOR_ID = "TM"
SENSOR_MODE = "BUMPER"
ACQUISITION_DATE = 2010-08-07
SCENE_CENTER_SCAN_TIME = 10:16:14.5200130Z
WRS_PATH = 196
STARTING_ROW = 35
ENDING_ROW = 35
BAND_COMBINATION = "1234567"
PRODUCT_UL_CORNER_LAT = 36.9935785
PRODUCT_UL_CORNER_LON = 1.2446958
PRODUCT_UR_CORNER_LAT = 37.0019468
PRODUCT_UR_CORNER_LON = 4.0463593
PRODUCT_LL_CORNER_LAT = 35.0470358
PRODUCT_LL_CORNER_LON = 1.2873571
PRODUCT_LR_CORNER_LAT = 35.0548304
PRODUCT_LR_CORNER_LON = 4.0209184
PRODUCT_UL_CORNER_MAPX = 343800.000
PRODUCT_UL_CORNER_MAPY = 4095600.000
PRODUCT_UR_CORNER_MAPX = 593100.000
PRODUCT_UR_CORNER_MAPY = 4095600.000
PRODUCT_LL_CORNER_MAPX = 343800.000
PRODUCT_LL_CORNER_MAPY = 3879600.000
PRODUCT_LR_CORNER_MAPX = 593100.000
PRODUCT_LR_CORNER_MAPY = 3879600.000
PRODUCT_SAMPLES_REF = 8311
PRODUCT_LINES_REF = 7201
PRODUCT_SAMPLES_THM = 8311

PRODUCT_LINES_THM = 7201
BAND1_FILE_NAME = "L5196035_03520100807_B10.TIF"
BAND2_FILE_NAME = "L5196035_03520100807_B20.TIF"
BAND3_FILE_NAME = "L5196035_03520100807_B30.TIF"
BAND4_FILE_NAME = "L5196035_03520100807_B40.TIF"
BAND5_FILE_NAME = "L5196035_03520100807_B50.TIF"
BAND6_FILE_NAME = "L5196035_03520100807_B60.TIF"
BAND7_FILE_NAME = "L5196035_03520100807_B70.TIF"
GCP_FILE_NAME = "L5196035_03520100807_GCP.txt"
METADATA_L1_FILE_NAME = "L5196035_03520100807_MTL.txt"
CPF_FILE_NAME = "L5CPF20100701_20100930_03"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
LMAX_BAND1 = 193.000
LMIN_BAND1 = -1.520
LMAX_BAND2 = 365.000
LMIN_BAND2 = -2.840
LMAX_BAND3 = 264.000
LMIN_BAND3 = -1.170
LMAX_BAND4 = 221.000
LMIN_BAND4 = -1.510
LMAX_BAND5 = 30.200
LMIN_BAND5 = -0.370
LMAX_BAND6 = 15.303
LMIN_BAND6 = 1.238
LMAX_BAND7 = 16.500
LMIN_BAND7 = -0.150
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QCALMAX_BAND1 = 255.0
QCALMIN_BAND1 = 1.0
QCALMAX_BAND2 = 255.0
QCALMIN_BAND2 = 1.0
QCALMAX_BAND3 = 255.0
QCALMIN_BAND3 = 1.0
QCALMAX_BAND4 = 255.0
QCALMIN_BAND4 = 1.0
QCALMAX_BAND5 = 255.0
QCALMIN_BAND5 = 1.0
QCALMAX_BAND6 = 255.0
QCALMIN_BAND6 = 1.0
QCALMAX_BAND7 = 255.0
QCALMIN_BAND7 = 1.0
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND1 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND2 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND3 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND4 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND5 = "CPF"

CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND6 = "IC"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND7 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_BIAS = "IC"
SUN_AZIMUTH = 125.2607490
SUN_ELEVATION = 60.4884671
OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
END_GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
GROUP = CORRECTIONS_APPLIED
STRIPING_BAND1 = "NONE"
STRIPING_BAND2 = "NONE"
STRIPING_BAND3 = "NONE"
STRIPING_BAND4 = "NONE"
STRIPING_BAND5 = "NONE"
STRIPING_BAND6 = "NONE"
STRIPING_BAND7 = "NONE"
BANDING = "N"
COHERENT_NOISE = "N"
MEMORY_EFFECT = "Y"
SCAN_CORRELATED_SHIFT = "Y"
INOPERABLE_DETECTORS = "N"
DROPPED_LINES = "N"
END_GROUP = CORRECTIONS_APPLIED
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
REFERENCE_DATUM = "WGS84"
REFERENCE_ELLIPSOID = "WGS84"
GRID_CELL_SIZE_THM = 30.000
GRID_CELL_SIZE_REF = 30.000
ORIENTATION = "NUP"
RESAMPLING_OPTION = "CC"
MAP_PROJECTION = "UTM"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
GROUP = UTM_PARAMETERS
ZONE_NUMBER = 31
END_GROUP = UTM_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END

**Tableau 2 :** Fichier des métadonnées de l'image Landsat 7 ETM+.

GROUP = METADATA_FILE
PRODUCT_CREATION_TIME = 2002-12-04T14:37:22Z
PRODUCT_FILE_SIZE = 681.1
STATION_ID = "EDC"
GROUND_STATION = "EDC"
GROUP = ORTHO_PRODUCT_METADATA
SPACECRAFT_ID = "Landsat7"
SENSOR_ID = "ETM+"
ACQUISITION_DATE = 2001-04-16
WRS_PATH = 196

WRS_ROW = 035
SCENE_CENTER_LAT = +36.0534424
SCENE_CENTER_LON = +2.5629742
SCENE_UL_CORNER_LAT = +37.0048677
SCENE_UL_CORNER_LON = +1.7821710
SCENE_UR_CORNER_LAT = +36.7092961
SCENE_UR_CORNER_LON = +3.8118278
SCENE_LL_CORNER_LAT = +35.3847525
SCENE_LL_CORNER_LON = +1.3360455
SCENE_LR_CORNER_LAT = +35.0969045
SCENE_LR_CORNER_LON = +3.3239924
SCENE_UL_CORNER_MAPX = 391647.000
SCENE_UL_CORNER_MAPY = 4096105.500
SCENE_UR_CORNER_MAPX = 572508.000
SCENE_UR_CORNER_MAPY = 4062931.500
SCENE_LL_CORNER_MAPX = 348868.500
SCENE_LL_CORNER_MAPY = 3916983.000
SCENE_LR_CORNER_MAPX = 529530.000
SCENE_LR_CORNER_MAPY = 3883837.500
BAND1_FILE_NAME = "p196r035_7t20010416_z31_nn10.tif"
BAND2_FILE_NAME = "p196r035_7t20010416_z31_nn20.tif"
BAND3_FILE_NAME = "p196r035_7t20010416_z31_nn30.tif"
BAND4_FILE_NAME = "p196r035_7t20010416_z31_nn40.tif"
BAND5_FILE_NAME = "p196r035_7t20010416_z31_nn50.tif"
BAND61_FILE_NAME = "p196r035_7k20010416_z31_nn61.tif"
BAND62_FILE_NAME = "p196r035_7k20010416_z31_nn62.tif"
BAND7_FILE_NAME = "p196r035_7t20010416_z31_nn70.tif"
BAND8_FILE_NAME = "p196r035_7p20010416_z31_nn80.tif"
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
REFERENCE_DATUM = "WGS84"
REFERENCE_ELLIPSOID = "WGS84"
GRID_CELL_ORIGIN = "Center"
UL_GRID_LINE_NUMBER = 1
UL_GRID_SAMPLE_NUMBER = 1
GRID_INCREMENT_UNIT = "Meters"
GRID_CELL_SIZE_PAN = 14.250
GRID_CELL_SIZE_THM = 57.000
GRID_CELL_SIZE_REF = 28.500
FALSE_NORTHING = 0
ORIENTATION = "NUP"
RESAMPLING_OPTION = "NN"
MAP_PROJECTION = "UTM"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
GROUP = UTM_PARAMETERS
ZONE_NUMBER = +31
END_GROUP = UTM_PARAMETERS
SUN_AZIMUTH = 134.7915497
SUN_ELEVATION = 56.5897433
QA_PERCENT_MISSING_DATA = 16
CLOUD_COVER = 60
PRODUCT_SAMPLES_PAN = 17454
PRODUCT_LINES_PAN = 15576
PRODUCT_SAMPLES_REF = 8727
PRODUCT_LINES_REF = 7788
PRODUCT_SAMPLES_THM = 4364

PRODUCT_LINES_THM = 3894
OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
END_GROUP = ORTHO_PRODUCT_METADATA
GROUP = L1G_PRODUCT_METADATA
BAND_COMBINATION = "123456678"
CPF_FILE_NAME = "L7CPF20010401_20010630_05"
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
LMAX_BAND1 = 293.700
LMIN_BAND1 = -6.200
LMAX_BAND2 = 300.900
LMIN_BAND2 = -6.400
LMAX_BAND3 = 234.400
LMIN_BAND3 = -5.000
LMAX_BAND4 = 241.100
LMIN_BAND4 = -5.100
LMAX_BAND5 = 47.570
LMIN_BAND5 = -1.000
LMAX_BAND61 = 17.040
LMIN_BAND61 = 0.000
LMAX_BAND62 = 12.650
LMIN_BAND62 = 3.200
LMAX_BAND7 = 16.540
LMIN_BAND7 = -0.350
LMAX_BAND8 = 243.100
LMIN_BAND8 = -4.700
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QCALMAX_BAND1 = 255.0
QCALMIN_BAND1 = 1.0
QCALMAX_BAND2 = 255.0
QCALMIN_BAND2 = 1.0
QCALMAX_BAND3 = 255.0
QCALMIN_BAND3 = 1.0
QCALMAX_BAND4 = 255.0
QCALMIN_BAND4 = 1.0
QCALMAX_BAND5 = 255.0
QCALMIN_BAND5 = 1.0
QCALMAX_BAND61 = 255.0
QCALMIN_BAND61 = 1.0
QCALMAX_BAND62 = 255.0
QCALMIN_BAND62 = 1.0
QCALMAX_BAND7 = 255.0
QCALMIN_BAND7 = 1.0
QCALMAX_BAND8 = 255.0
QCALMIN_BAND8 = 1.0
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND1 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND2 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND3 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND4 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND5 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND61 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND62 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND7 = "CPF"

CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND8 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_BIAS = "IC"
BAND1_GAIN = "L"
BAND2_GAIN = "L"
BAND3_GAIN = "L"
BAND4_GAIN = "L"
BAND5_GAIN = "L"
BAND6_GAIN1 = "L"
BAND6_GAIN2 = "H"
BAND7_GAIN = "L"
BAND8_GAIN = "L"
BAND1_GAIN_CHANGE = "0"
BAND2_GAIN_CHANGE = "0"
BAND3_GAIN_CHANGE = "0"
BAND4_GAIN_CHANGE = "0"
BAND5_GAIN_CHANGE = "0"
BAND6_GAIN_CHANGE1 = "0"
BAND6_GAIN_CHANGE2 = "0"
BAND7_GAIN_CHANGE = "0"
BAND8_GAIN_CHANGE = "0"
BAND1_SL_GAIN_CHANGE = "0"
BAND2_SL_GAIN_CHANGE = "0"
BAND3_SL_GAIN_CHANGE = "0"
BAND4_SL_GAIN_CHANGE = "0"
BAND5_SL_GAIN_CHANGE = "0"
BAND6_SL_GAIN_CHANGE1 = "0"
BAND6_SL_GAIN_CHANGE2 = "0"
BAND7_SL_GAIN_CHANGE = "0"
BAND8_SL_GAIN_CHANGE = "0"
END_GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
GROUP = CORRECTIONS_APPLIED
STRIPING_BAND1 = "NONE"
STRIPING_BAND2 = "NONE"
STRIPING_BAND3 = "NONE"
STRIPING_BAND4 = "NONE"
STRIPING_BAND5 = "NONE"
STRIPING_BAND61 = "NONE"
STRIPING_BAND62 = "NONE"
STRIPING_BAND7 = "NONE"
STRIPING_BAND8 = "NONE"
BANDING = "N"
COHERENT_NOISE = "N"
MEMORY_EFFECT = "N"
SCAN_CORRELATED_SHIFT = "N"
INOPERABLE_DETECTORS = "N"
DROPPED_LINES = Y
END_GROUP = CORRECTIONS_APPLIED
END_GROUP = L1G_PRODUCT_METADATA
END_GROUP = METADATA_FILE
END