

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME

DE MASTER EN SCIENCES DE LA MER

Sujet :

**Détermination de la bathymétrie de la zone côtière algéroise à partir des mesures satellitaires multispectrales : méthodologie et capteurs d'observation.**

Présenté par:

- **GUEBBABI Ismail**

Soutenu le / /2012 devant le jury suivant :

<b>Mme Mahdid. Sonia</b>	Maître de conférences (ENSSMAL)	<b>Présidente</b>
<b>Mr Belkessa. Rabah</b>	Professeur (ENSSMAL)	<b>Examineur</b>
<b>Mr Guerfi. Mokhtar</b>	Maître de conférences (ENSSMAL)	<b>Examineur</b>
<b>Mme Bachari. Houma Fouzia</b>	Professeur (ENSSMAL)	<b>Promotrice</b>

Promotion : (2012)

# Sommaire

## Sommaire

---

Introduction.....	1
I.1.Zone d'étude .....	2
I.1.1.La baie d'Alger .....	3
1-Zone de Bordj El Kiffan .....	3
2-Zone de Bordj El Bahri .....	3
3-Zone de Mohammedia .....	3
<b>I.1.2.Baie d'El Djamila</b> .....	3
I.1.3.La baie de Bou-Ismaïl : .....	3
I.1.4.La Baie de Zemmouri : .....	4
I.2.Le rayonnement électromagnétique : (Soudani K., 2005) .....	4
➤ La réflectance (R) : .....	4
➤ La luminance(L): .....	4
➤ Le spectre électromagnétique : .....	4
I.3.Les perturbations atmosphériques : .....	5
I.4.Interaction rayonnement bathymétrie : .....	6
I.4.1.Radiométrie et bathymétrie locale : .....	6
I.5.Les effets de la profondeur : .....	7
II.Système de télédétection : .....	8
II.1.Les capteurs : .....	8
II.2.Les plates-formes en télédétection : .....	8
II.2.1.Les satellites : .....	8
II.2.2.Les satellites à bas défilement : .....	8
II.2.2.1.Le Satellite LANDSAT : .....	9
II.2.2.2.Le Satellite SPOT : .....	11
III.Détermination de la bathymétrie : .....	13
III.1.Détermination de la bathymétrie de la baie de Bou-smail : .....	13
III.1.1.Cartes bathymétriques terrain : .....	13
III.1.2.Application du Logiciel SDDS : .....	14
III.1.2.1.Présentation du logiciel de simulation SDDS : .....	14
III.1.2.2.Analyse de la variation de la luminance : .....	16
III.1.2.3.Conversion en réflectance des données satellitaires corrigées : .....	25
III.1.2.4.Conversion en profondeur - application PCSATWIN. ....	25

## Sommaire

---

III.2.1. Variations des luminances avec la profondeur : .....	27
III.2.2. Modèles d'inversion en profondeur - Application PCSATWIN : .....	31
III.2.3. Interprétation et comparaison des résultats : .....	32
Conclusion.....	33

## Référence Bibliographique

# Les listes

**Liste des figures**

Figure 1: Situation géographique de la zone côtière Algéroise .....	2
Figure 2: Détails des domaines spectraux .....	5
Figure 3: Interaction rayonnement-matière(source in Harbi R et al., 2009) .....	7
Figure 4:Satellite défilant ou héliosynchrone.....	9
Figure 5: Satellite LANDSAT.....	10
Figure 6: Satellite SPOT .....	11
Figure 7: Situation des stations bathymétriques dans la baie de Bou-smail .....	13
Figure 8: carte bathymétrique de la baie de Bou-smail.....	13
Figure 9: Distribution superficiel de la température dans la baie de Bou-smail .....	14
Figure 10: Présentation du logiciel « SDDS » d'application de la simulation des données satellitaires.....	15
Figure 11: Introduction des données atmosphériques et astronomiques dans le SDDS .....	16
Figure 12: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau pour le satellite SPOT (Source Bachari H. F, 2009).....	16
Figure 13: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau pour le satellite LANDSAT-TM (Source Bachari H. F, 2009).....	17
Figure 14: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau pour le satellite LANDSAT-MSS (Source Bachari H. F, 2009).....	17
Figure 15: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (SPOT) (Source Bachari H. F, 2009).....	18
Figure 16: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau .....	18
Figure 17: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau .....	18
Figure 18: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( SPOT 1 et Téta=10) .....	19
Figure 19: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( SPOT 2 et Téta=10) .....	19
Figure 20: La distribution de la luminance sur la zone d'étude (SPOT 1 et Téta=20) .....	20
Figure 21: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( SPOT 2 et Téta=20) .....	20
Figure 22: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM1 et Téta=10) .....	21
Figure 23: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM2 et Téta=10) .....	21
Figure 24: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM5 et Téta=10) .....	22
Figure 25: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM7 et Téta=10) .....	22
Figure 26: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM1 et Téta=20) .....	23
Figure 27: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM2 et Téta=20) .....	23
Figure 28: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM5 et Téta=20) .....	24
Figure 29: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM7 et Téta=20) .....	24

Figure 30: Image satellitaire brute de la baie de Bou-Ismaïl sur le canal LANDSAT-TM1 (Scène corrigée des effets atmosphériques) (Source Bachari H. F, 2009).....	25
Figure 31: Image satellite LANDSAT-TM1 de la baie de Bousmailen conversion bathymétrique (Source Bachari H. F, 2009).....	26
Figure 32: Carte bathymétrique de la baie de Bousmail extraite à partir d'une image satellite LANDSAT-TM1(Source Bachari H. F, 2009).....	26
Figure 33: Stations de prélèvements dans la baie de Zemmouri (Source Bachari H. F, 2009)	27
Figure 34: Luminances en fonction de la profondeur de l'eau sur LANDSAT-TM.....	28
Figure 35: Luminances en fonction de la profondeur de l'eau sur LANDSAT-MSS.....	29
Figure 36: Luminances en fonction de la profondeur de l'eau sur SPOT .....	30
Figure 37: Image satellitaire brute de la baie de Zemmouri (LANDSAT-TM1).....	31
Figure 38: Carte bathymétrique de la baie de Zemmouri extraite à partir d'une image satellite LANDSAT-TM1 .....	31

**Liste des tableaux**

Tableau 1:Les principales fenêtres atmosphériques .....	6
Tableau 2: Caractéristiques et applications des bandes spectrales du capteur TM.....	9
Tableau 3: Les Bandes MSS .....	11
Tableau 4 : Caractéristiques des capteurs du satellite SPOT .....	12
Tableau 5:Caractéristiques principales de LANDSAT et SPOT .....	12
Tableau 6: Les Paramètres d'entrées pour le SDDS .....	15

## **Remerciements**

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

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

*Mme, Bachari F. avoir dirigé ce travail et lui avoir accordé un intérêt tout au long de son élaboration.*

*Nous tenons à remercier :*

*Mme, Mahdid S. d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.*

*Mr, Belkessa R. Nous avoir honoré de sa présence, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Mr, Guerfi M. le remercie d'avoir accepté examiner notre travail.*

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

**GUEBBABI Ismail**

# **Introduction**

## **Générale**

### Introduction.

La télédétection offre à son utilisateur une meilleure connaissance des phénomènes du milieu côtier et de leur évolution ; un de ses intérêts majeurs est la capacité d'enregistrer les mesures de l'énergie électromagnétique réfléchie ou émise par la Terre sous forme de données quantitatives. La reconnaissance de la bathymétrie à partir des données satellitaires se base essentiellement sur le principe de mesure de la réflectance qui relie étroitement l'intensité du signal radiométrique mesuré par le capteur du satellite à la profondeur. Il a été démontré que l'on pouvait, avec des images TM et dans de très bonnes conditions expérimentales établir une bathymétrie avec une précision d'environ 2m jusqu'à une profondeur d'environ 15 m (**Clark et al, 1988**) (**Clark et al, 1990**).

L'information bathymétrique qui est particulièrement importante dans les zones côtières a tendance à changer à cause de l'érosion et des processus de sédimentation, c'est pour cela que la mesure bathymétrique doit être continuellement actualisée (**Minghelli-Roman et al, 2007**).

Les méthodes traditionnelles utilisées dans l'établissement des relevés bathymétriques tels que les sondes multifaisceaux bien qu'onéreuses, elles restent irremplaçables pour la bathymétrie des eaux profondes. Mais pour les zones peu profondes, il conviendrait d'obtenir les relevés par télédétection.

L'exploitation des données de télédétection pour la reconnaissance bathymétrique se heurte souvent soit à la non transparence de l'eau soit à l'hétérogénéité des fonds (**Verger, 1989**) en effet, la couleur de l'eau qui représente la lumière rétrodiffusée par le milieu marin dépend de la profondeur (**Gouriou, 2006 in Bachari H. F, 2009**).

L'objectif de ce travail est de déterminer l'utilité de l'utilisation du logiciel SDDS pour la détermination de la bathymétrie de la zone côtière algéroise, on comparant les résultats trouvés avec ceux de la méthode classique.

Ce travail est présenté par trois chapitres le premier comprend des généralités sur la télédétection et la bathymétrie

Le deuxième est consacré pour le système de télédétection

Le troisième est une détermination de la bathymétrie.

# **Chapitre I**

## **Généralité**

I.1.Zone d'étude

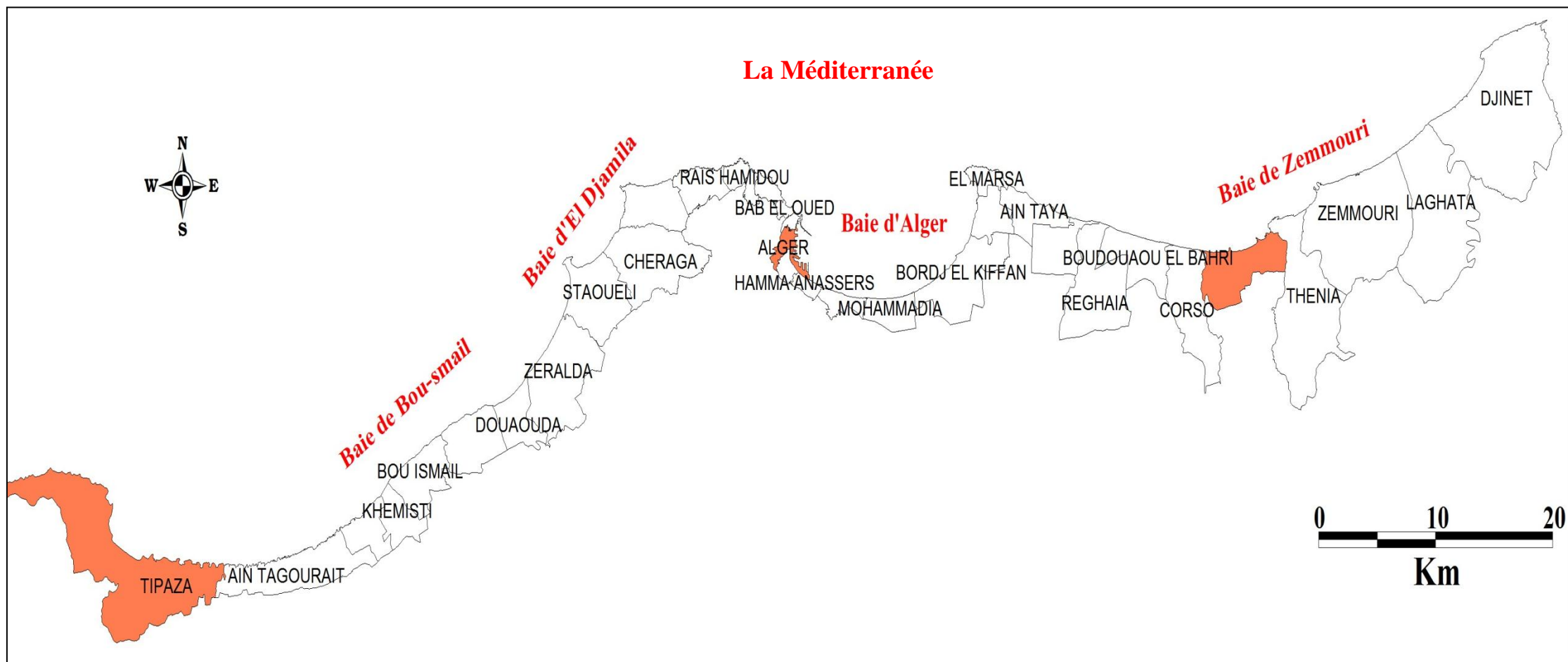


Figure 1: Situation géographique de la zone côtière Algéroise

### I.1.1.La baie d'Alger

La baie d'Alger est très vaste, elle occupe le centre de la côte algérienne. Elle s'étend sur dix milles, d'Est en Ouest, et de 3,8 milles du nord au sud .La baie d'Alger est délimitée au nord par la méditerranée, à l'est par le cap de Matifou (3°18'E), à l'ouest par la pointe de Rais Hamidou (3°00'E) (**Leclaire, 1972**).

La baie d'Alger se subdivise en trois :

- Zone de Bordj El Kiffan ;
- Zone de Bordj El Bahri ;
- Zone de Mohammedia.

#### 1-Zone de Bordj El Kiffan

C'est une zone côtière, elle est située à 20 Km à l'est d'Alger. Bordj -Kiffan possède de larges étendues de plages, s'allongeant sur plus de 6,7 Km (Lido, Bateau cassé, Sirène et Verte Rive).

#### 2-Zone de Bordj El Bahri

Elle est située sur la côte Est à 25Km d'Alger, elle dépend de la circonscription administrative de Dar El Beida.

Bordj El Bahri possède de larges étendus de plages qui s'allongent de 2,4 Km (Coco Plage et Alger Plage) ; le tissu urbain de cette zone couvre 462Ha, ce qui correspond à 60% de la superficie totale.

#### 3-Zone de Mohammedia

C'est une commune située au cœur de la baie d'Alger. Elle dépend de la circonscription administrative de Dar El Beida, sa superficie est de 799 hectares.

### I.1.2.Baie d'El Djamila

La baie d'El Djamila se situe à une quinzaine de km à l'ouest d'Alger, elle représente le quart oriental de la baie de Boumaïl (Castiglione), c'est une baie relativement fermée limitée par la presqu'île de Sidi Fredj à l'ouest et par le Ras Acrata à l'est, son rivage est orienté SW-NE (**Bakir, 1989**).

### I.1.3.La baie de Bou-Ismaïl :

La baie de Bou-Ismaïl (ex Castiglione) se situe dans la partie centrale du littoral algérien. Elle est délimitée à l'ouest par le cap du Mont Chenoua [36°37'54.13''N - 2°24'13.42''E] et elle s'étend jusqu'au cap Caxine dans la baie d'El Djamila, où elle est interrompue par la presqu'île de Sidi Fredj à l'est [36°48'15.98''N - 2°53'44.16''E] ayant un plateau continental

de 509km<sup>2</sup>, elle est très ouverte et fortement soumise aux influences du large. Son ouverture atteint les 47 km et est orienté du sud-ouest vers nord-est (**Dagorne, 1973**).

### **I.1.4.La Baie de Zemmouri :**

Notre zone d'étude correspond à la baie de Zemmouri (ex baie de courbet ), se situe à l'est de la baie d'Alger Très largement ouverte vers le nord, elle est limitée à l'Ouest par courbet marine et à l'Est par le Cap Djinet (36° 53' Nord et 3° 45' Est ),il est à noter l'existence d'un promontoire rocheux d'environ 100 m le long du trait de côte (Rocher Noir ), elle s'étale sur un linéaire côtier d'environ 17 Km. Se loge dans la partie septentrionale de l'Atlas Tellien comprise entre la mer et les premiers contre forts de la chaîne calcaire Kabyle et se rattache grand système Alpin méditerranéen.

### **I.2.Le rayonnement électromagnétique : (Soudani K., 2005)**

Selon la théorie corpusculaire de la lumière, le rayonnement électromagnétique peut être considéré comme étant un flux de particules élémentaires appelés photons. Selon la théorie ondulatoire, le rayonnement électromagnétique est composé de deux vecteurs champ électrique et magnétique perpendiculaires et se déplaçant à la vitesse de la lumière (300 000 km/s dans le vide). Deux propriétés principales caractérisent une onde électromagnétique : sa longueur et sa fréquence.

#### ➤ **La réflectance (R) :**

Est le rapport entre l'énergie réfléchié par l'objet et l'énergie reçue, elle s'exprime en pourcentage.

#### ➤ **La luminance(L):**

Correspond à ce que reçoit le capteur qui intègre les divers effets atmosphériques.

#### ➤ **Le spectre électromagnétique :**

C'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 » (**Figure 2**)

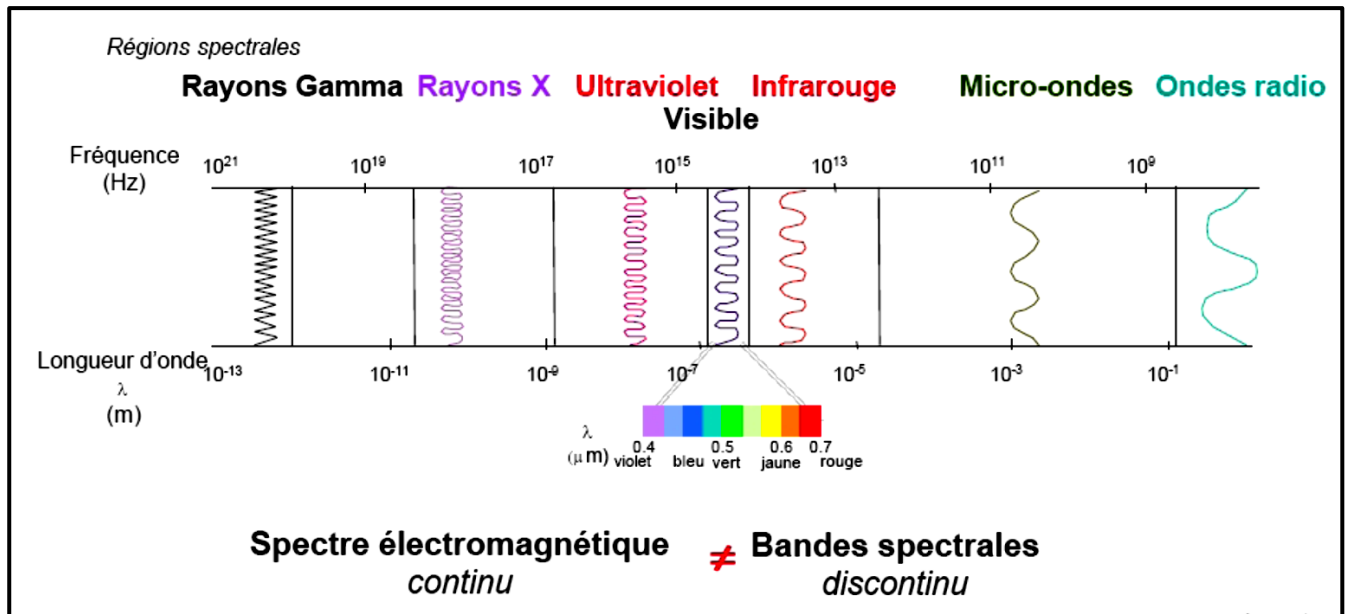


Figure 2: Détails des domaines spectraux

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 terrestre, les capteurs embarqués sur les satellites peuvent enregistrer les ultraviolets (rare), le visible, le proche-infrarouge, l'infrarouge moyen, l'infrarouge thermique, l'infrarouge lointain et les hyperfréquences. (**Big n°3**)

### I.3. Les perturbations atmosphériques :

Le signal électromagnétique détecté par le capteur embarqué à bord d'un satellite ne lui parvient qu'après traversée intégrale des couches atmosphériques ; l'analyse des données de télédétection exige donc la prise en compte des interactions rayonnement-atmosphère.

Les phénomènes physiques fondamentaux intervenant dans les interactions rayonnement-atmosphère sont :

- 1-L'absorption par les grosses molécules de l'atmosphère (ozone, bioxyde de carbone et vapeur d'eau) liée à la longueur d'onde, au type de molécules et leurs propriétés (**Girard, 1989**)
- 2-La diffusion par les molécules de gaz et les particules (gouttelettes d'eau, poussières, fumées...) dont le niveau dépend de la longueur d'onde, de la densité des particules et de molécules et de l'épaisseur de l'atmosphère.
- 3-La réfraction qui est la distorsion géométrique du trajet des ondes, due à la variation de l'indice de réfraction.
- 4-L'émission propre.

Les principales fenêtres atmosphériques sont les parties du spectre électromagnétique où l'atmosphère est transparente au rayonnement ce sont donc des zones du spectre dans lesquelles les mesures en télédétection sont possibles (**Tableau 1**).

**Tableau 1:Les principales fenêtres atmosphériques**

Fenêtre	De	à
<b>Ultraviolet et visible</b>	0.35 mm	0.75 µm
<b>Proche infrarouge</b>	0.77 mm	0.91 µm
	1.0 mm	1.12 µm
	1.19 mm	1.34 µm
<b>Infrarouge</b>	1.55 mm	1.75 µm
	2.05 mm	2.04 µm
<b>Infrarouge thermique</b>	3.35 mm	4.16 µm
	4.5 mm	5.0 µm
	8.0 mm	9.2 µm
	10.2 mm	12.4 µm
	17.0 mm	22.0 µm
<b>Hyperfréquences</b>	2.06 mm	2.22 mm
	3.0 mm	3.75 mm
	7.5 mm	11.5 mm
	20.0 mm	Et au-delà

L'énergie électromagnétique qui rencontre la matière liquide solide ou gazeuse est appelée **rayonnement incident**, l'interaction avec cette matière peut changer ses caractéristiques (direction, longueur d'onde, polarisation, phase), (a télédétection détecte et enregistre ces changements).

#### **I.4.Interaction rayonnement bathymétrie :**

La télédétection permet au gestionnaire de l'environnement d'accéder relativement rapidement à la reconnaissance des objets au sol, à une modélisation des conditions de la dynamique côtière et à une première approche de la bathymétrie et surtout d'opérer un suivi des évolutions et des modifications des milieux (**Prud'homme et al, 1994**).

De nombreuses études ont été menées à ce jour tant sur les données LANDSAT que SPOT, Pour définir les conditions dans lesquelles la bathymétrie de l'environnement côtier peut être-perçue au travers de l'image satellitaire (**Millard, 1986**).

hydrographique et océanographie de la marine, ont montré que l'estimation de la bathymétrie est réservée aux eaux claires et peu profondes dans une situation presque idéale ,40 m de pénétration pour la bande XS-1(500-590) ,8m pour la bande XS-2 (610-680) et 0,5m au maximum pour la bande XS-3(790-890nm).

##### **I.4.1.Radiométrie et bathymétrie locale :**

Le signal reçu par le capteur embarqué à bord du satellite (radiomètre) dépend des interactions du rayonnement solaire incident avec l'atmosphère, l'eau, les particules en suspension dans l'eau et même le fond de l'océan si la profondeur est fiable

Le schéma ci-joint illustre les interactions possibles entre rayonnement solaire et matière.

La variété de ces interactions incite à faire preuve d'une grande prudence dans l'interprétation des données satellitaires (in Harbi R et al., 2009)

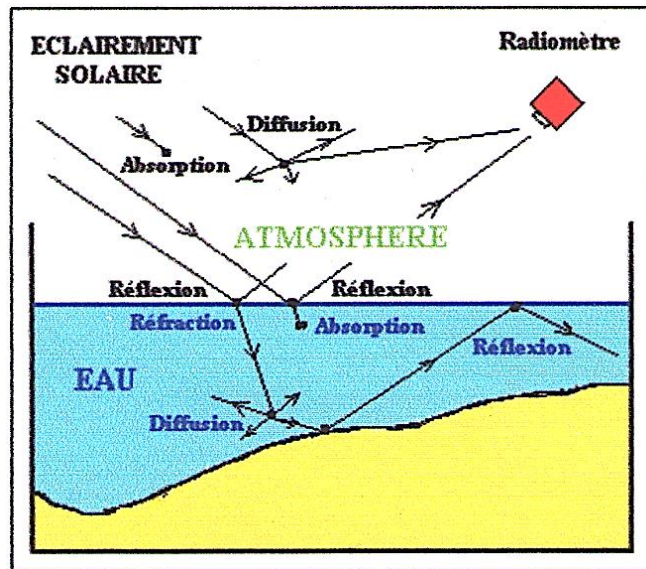


Figure 3: Interaction rayonnement-matière (source in Harbi R et al., 2009)

### I.5. Les effets de la profondeur :

Les capteurs permettent d'obtenir l'intensité du rayonnement solaire réfléchi par le sol et le fond des mers à travers la couche d'eau ; c'est la radiométrie mesurée par le capteur.

Ces mesures sont effectuées dans le spectre du visible pour des bandes de fréquences bien précises. À première vue, il est possible de différencier les types de fonds, par ailleurs la réflectance du fond subit une atténuation sélective au cours de son ascension vers la surface.

Tout cela a pour effet « un écrasement de la réponse spectrale du fond qui rend les discriminations difficiles dès que la profondeur augmente ». C'est à dire qu'au-delà d'une certaine profondeur, on aura le même enregistrement, et le canal du satellite n'apporte plus d'information.

# **Chapitre II**

## **Systeme de télédétection**

### II. Système de télédétection :

#### II.1. Les capteurs :

Les capteurs satellitaires ou aviotransportés employés pour la télédétection des ressources terrestres sont principalement de type à images, c'est-à-dire qu'ils produisent en sortie une image raster, sous forme donc de matrice numérique opportunément codifiée. Parmi les capteurs disponibles, les plus utilisés sont ceux multi spectraux, ayant donc plusieurs canaux sensibles à longueurs d'onde différentes, pour chacun desquels est générée une image différente.

Le capteur multi spectral à images mesure la valeur de radiation réfléchie (ou émise dans le cas de l'infrarouge thermique) à longueurs d'onde déterminées, par chacune des cellules de résolution élémentaire correspondant aux pixels de l'image finale générée par le capteur. A chaque pixel est assignée une valeur numérique, codifiée avec un numéro de bit déterminé, qui est fonction de la valeur de réflectance mesurée par le capteur pour le pixel même. La valeur de réflectance originale, c'est-à-dire la valeur radiométrique effectivement mesurée, peut être reconstruite moyennant les facteurs de calibrage qui sont mémorisés à part par les instruments de bord du satellite.

#### II.2. Les plates-formes en télédétection :

##### II.2.1. Les satellites :

Un satellite est un objet spatial qui tourne autour de la terre destinée à recueillir des informations sur celle-ci. Les satellites sont équipés de radiomètres qui captent les valeurs d'énergie restituées par la surface de la terre ou l'atmosphère.

La télédétection de la terre s'exerce à partir de deux types de satellites généraux : **géostationnaires et à bas défilement.**

Dans cette étude on s'intéresse seulement aux satellites à bas défilement.

##### II.2.2. Les satellites à bas défilement :

Ils permettent une observation cyclique de la terre ; ils sont habituellement héliosynchrones, c'est-à-dire qu'ils passent au-dessus d'une même zones quand ils traversent l'équateur à la même heure (**Girard, 1989**).

Ce type d'orbite est appelé orbite quasi polaire à cause de l'inclinaison de l'orbite par rapport à une ligne passant par les pôles Nord et Sud de la terre. Animés d'un mouvement relatif important par rapport à la terre, ils évoluent à une basse altitude (200 à 1500 Km) et d'une période inférieure à deux heures. Il y résulte un freinage du satellite par l'atmosphère de la terre, ce qui oblige à corriger les paramètres d'orbite périodiquement.

Le satellite SPOT fait partie de cette catégorie ainsi que la série LANDSAT (**Bonn et Rochon, 1996**).

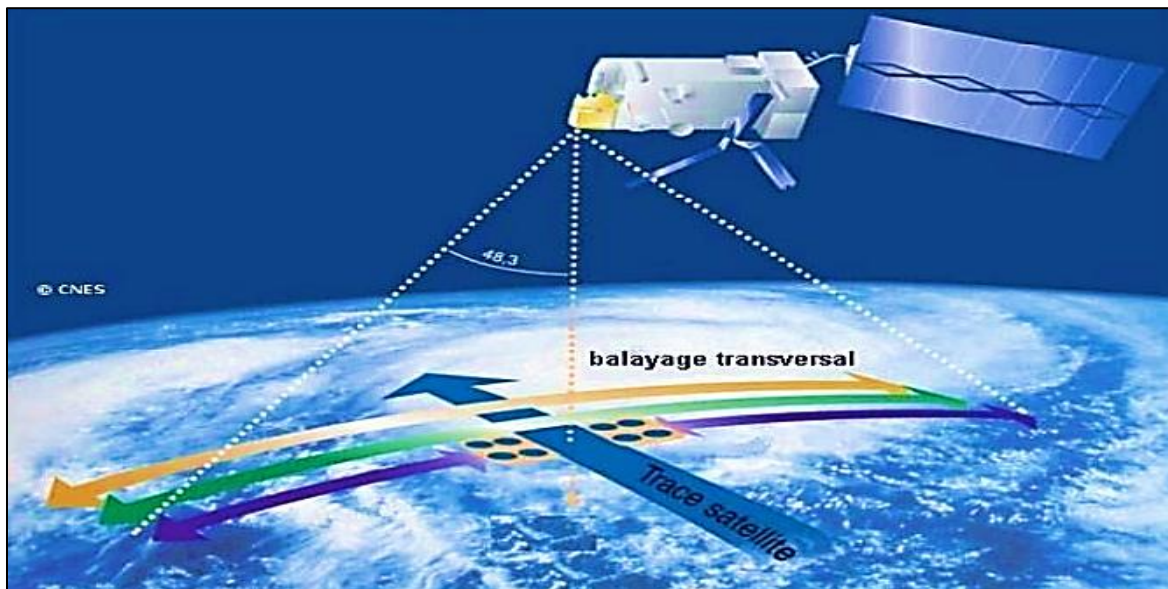


Figure 4:Satellite défilant ou héliosynchrone

### II.2.2.1.Le Satellite LANDSAT :

La première génération de satellites, composée des satellites Landsat 1, 2 et 3 a été lancée entre 1972 et 1985. Les données enregistrées par cette génération de satellites, conçus pour la cartographie de la végétation, apportent peu d'information dans les domaines du spectre électromagnétique discriminatoire des minéraux.

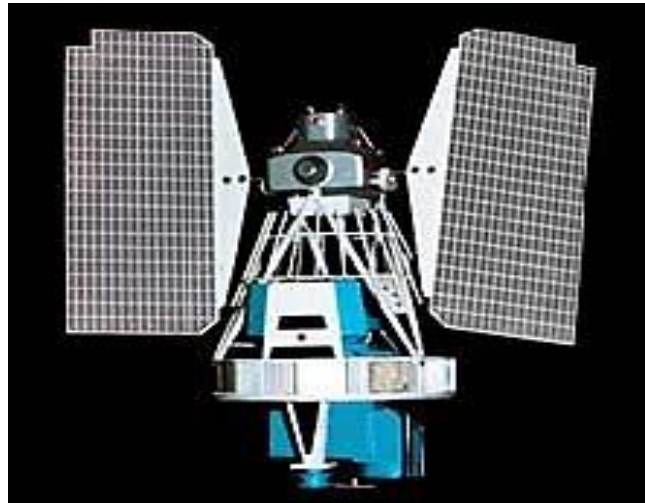
Actuellement seuls les satellites Landsat 4, 5 et 7 de la seconde génération lancés entre 1982 et 1997, sont encore en fonction. Ces satellites fournissent des données d'une même surface à différentes dates, sur toute la surface terrestre exceptée pour les régions polaires. Les données des capteurs Thematic 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. (Laghouag M.Y., 2011)

Tableau 2: Caractéristiques et applications des bandes spectrales du capteur TM

Bandes	Domaine Spectral ( $\mu\text{m}$ )	Résolution	Application
TM 1	0,45 - 0,52 (bleu)	30 m	Discrimination entre le sol et la végétation, bathymétrie /cartographie côtière; identification des traits culturels et urbains
TM 2	0,52 - 0,60 (vert)	30 m	Cartographie de la végétation verte (mesure le sommet de réflectance); identification des traits culturels et urbains
TM 3	0,63 - 0,69 (rouge)	30 m	Discrimination entre les espèces de plantes à feuilles ou sans feuilles; (absorption de

## CHAPITRE II : Système de télédétection

			chlorophylle); identification des traits culturels et urbains
<b>TM 4</b>	0,76 - 0,90 (proche IR)	30 m	Identification des types de végétation et de plantes; santé et contenu de la masse biologique; délimitation des étendues d'eau; humidité dans le sol
<b>TM 5</b>	1,55 - 1,75 (IR de courte longueur d'onde)	30 m	Sensible à l'humidité dans le sol et les plantes; discrimination entre la neige et les nuages
<b>TM 6</b>	10,4 - 12,5 (IR thermique)	120 m	Discrimination du stress de la végétation et de l'humidité dans le sol relié au rayonnement thermique; cartographie thermique
<b>TM 7</b>	2,08 - 2,35 (IR de courte longueur d'onde)	30 m	Discrimination entre les minéraux et les types de roches; sensible au taux d'humidité dans la végétation



**Figure 5: Satellite LANDSAT**

### **Le système MSS (Multi Spectral Scanner) :**

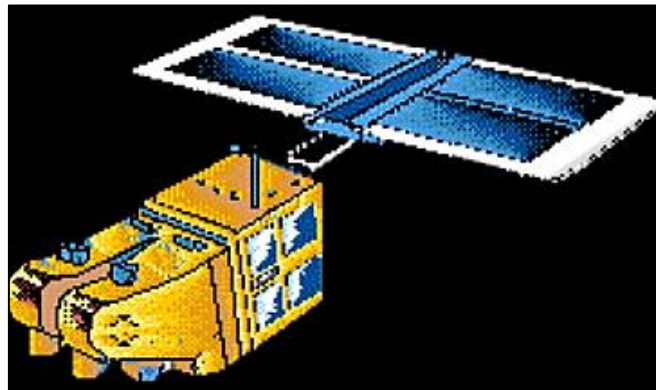
La collecte routinière de données MSS a cessé en 1982 à cause de l'utilisation des données TM qui a commencé avec Landsat 4.

**Tableau 3: Les Bandes MSS**

Bandes		Longueurs d'ondes (microns)
Landsat 1,2,3	Landsat 4,5	
MSS 4	MSS 1	0,5 - 0,6 (vert)
MSS 5	MSS 2	0,6 - 0,7 (rouge)
MSS 6	MSS 3	0,7 - 0,8 (proche infrarouge)
MSS 7	MSS 4	0,8 - 1,1 (proche infrarouge)

**II.2.2.2. Le Satellite SPOT :****➤ Historique**

Le programme SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) a été lancé en 1978 à l'initiative du CNES, et réalisé par la France en collaboration avec la Belgique et la Suède. Le but de ce programme est de réaliser des prises de vues de hautes résolutions de la surface du globe. Le premier satellite SPOT-1 a été lancé en 1986, SPOT-2 en 1990 et SPOT-3 en 1996. SPOT-4 et SPOT-5 sont en cours d'étude et de réalisation. Chaque satellite est équipé de deux systèmes d'acquisition HRV (Haute résolution visible) indépendants et autonomes. Le HRV permet d'acquérir indifféremment des images en mode Panchromatique (P) ou Multispectral (XS). (2)

**Figure 6: Satellite SPOT**

Le système SPOT utilise deux capteurs qui effectuent des observations dans les bandes spectrales suivantes :

**Tableau 4 : Caractéristiques des capteurs du satellite SPOT**

	Mode Multi-spectral	Mode panchromatique
Résolution	20m	20m
Fauchée largeur scène visée verticale	60 Km	60 Km
Pixel	20*20m	10*10m
Nombre de pixel par ligne	3000	6000
Bande spectrale en ( $\mu\text{m}$ )	XS1 : 0,5 à 0,59 $\mu\text{m}$ (jaune-vert) XS2 : 0,61 $\mu\text{m}$ à ,68 $\mu\text{m}$ (rouge) XS3 : 0,79 $\mu\text{m}$ à 0,89 $\mu\text{m}$ (proche infrarouge)	

**Tableau 5:Caractéristiques principales de LANDSAT et SPOT**

Satellites	LANDSAT		HRV
	MSS	TM	
Temps local de passage à l'équateur	9h42	9h45	10h30
Hauteur nominale	900(800-940) : Landsat 1-3 705 pour Landsat 4 et 5		832
Nombre d'orbite par jour	14 pour Landsat 1-3 14,5 pour Landsat 4 et 5		
Inclinaison à l'Equateur	99°	98°	98,7°
Distance entre orbites et Equateur	2760 pour Landsat 1-3 2752 pour Landsat 4 et 5		
Largeur de balayage	185 km		2*60(117)
Résolution spatiale	80m	30m	2m (XS)
	240 : Therm	120 : Therm	101m(P)
Résolution temporelle	18 jours : Landsat 1-3 16 jours : Landsat 4 et 5		26 jours
Résolution spectrale	0,5-1,1 $\mu\text{m}$	0,45-12,5 $\mu\text{m}$	0,5-0,9 $\mu\text{m}$
Résolution radiométrique	0,5-0,6 MMS4 0,6-0,7 MMS5 0,7-0,8 MMS6 0,8-1,1 MMS7	0,45-0,52 TM1 0,52-0,60 TM2 0,63-0,69 TM3 0,76-0,90 TM4	0,50-0,59 XS1 0,61-0,69 XS2 0,79-0,90 XS3

# **Chapitre III**

## **Détermination de la bathymétrie**

### III. Détermination de la bathymétrie :

#### III.1. Détermination de la bathymétrie de la baie de Bou-smail :

##### III.1.1. Cartes bathymétriques terrain :

Le nombre de stations s'élève dans ce cas à 61 stations, ces dernières sont présentées sur la figure suivante :

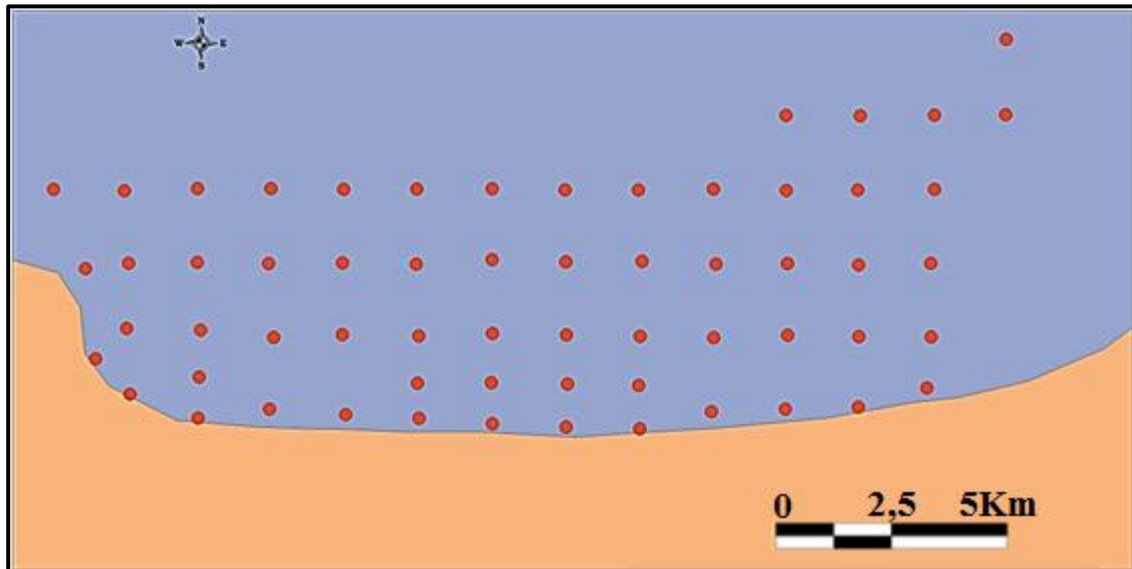


Figure 7: Situation des stations bathymétriques dans la baie de Bou-smail

La carte bathymétriques et celle de la température de la Baie de Bou-smail faites à partir de données réelles sont représentées sur les figures suivantes :

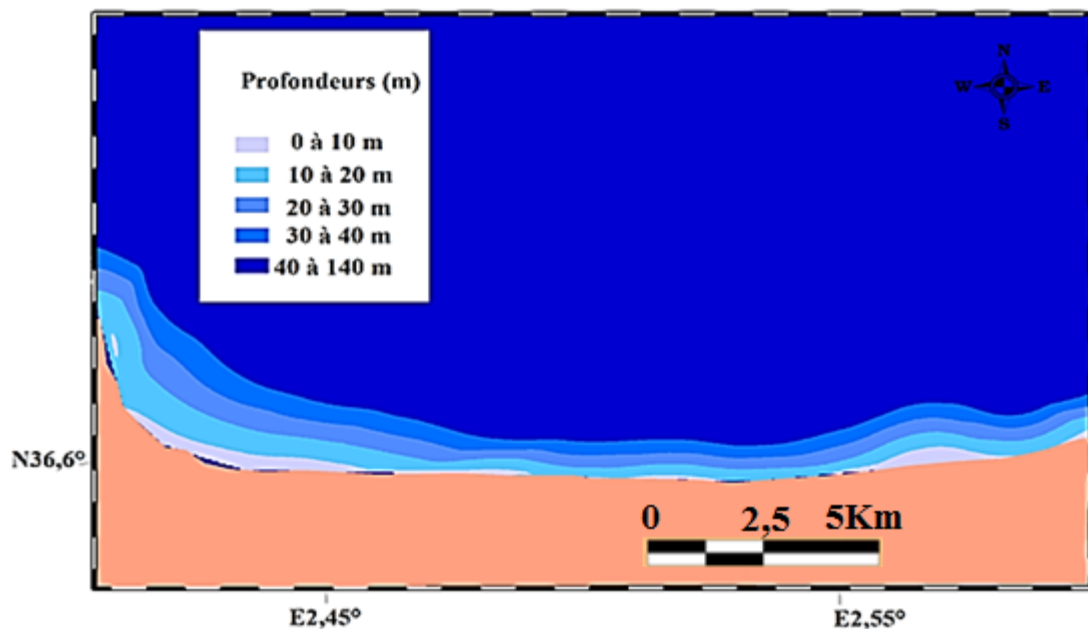


Figure 8: carte bathymétrique de la baie de Bou-smail

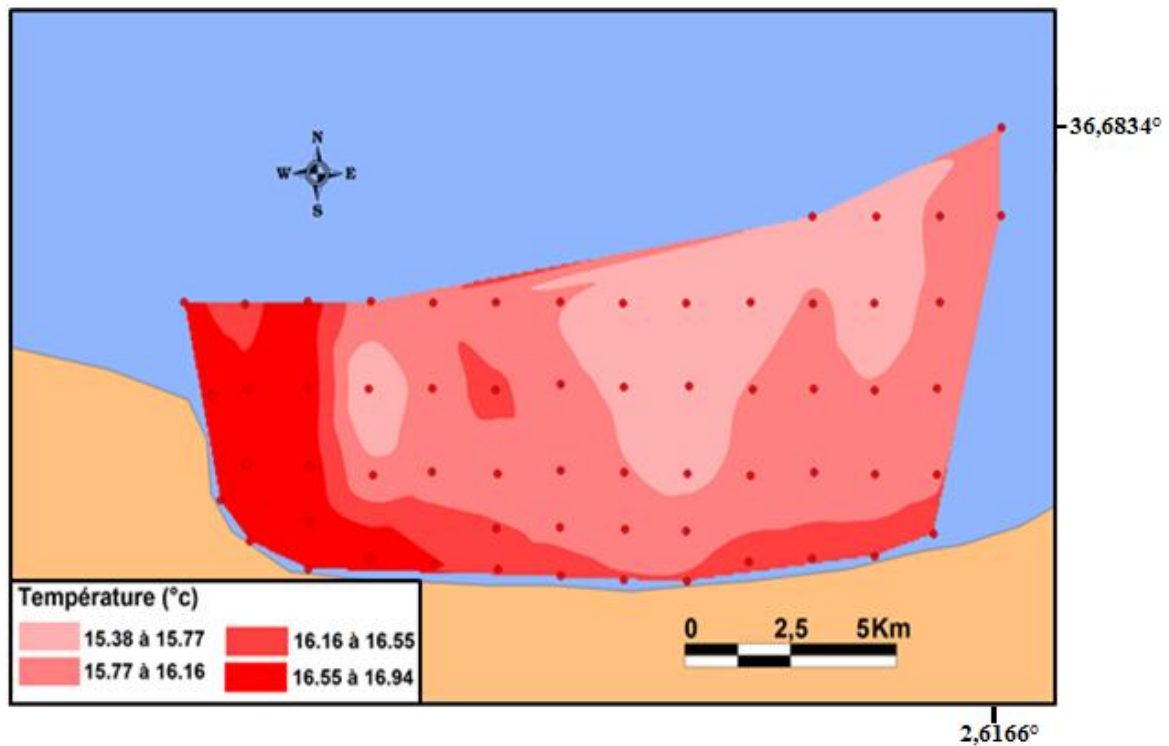


Figure 9: Distribution superficielle de la température dans la baie de Bou-smail

### III.1.2.Application du Logiciel SDDS :

#### III.1.2.1.Présentation du logiciel de simulation SDDS :

Le développement d'un modèle de simulation du transfert radiatif à travers l'atmosphère est réalisé à partir du calcul des 3 principaux paramètres : la réflectance, la luminance et le compte numérique des stations étudiées et dans les différents canaux des satellites utilisés afin d'établir la relation qui peut exister entre ces trois paramètres.

Ce logiciel est développé en langage Visuel Basic 4, sa principale fonction est de calculer les radiances spectrales réfléchies par la cible et de déterminer le rayonnement diffus. Pour déterminer les différentes radiations au sol, les données d'entrées sont des paramètres astronomiques, géographiques et atmosphériques. Une banque des signatures spectrales est introduite, elle englobe les principaux objets au sol qui ont une réflectance dans la bande du visible. Les résultats de simulation dépendent du choix des paramètres d'entrées.

Le SDDS permet de montrer l'influence des effets des différents paramètres et les caractéristiques géométriques des structures sur le signal qui atteint les capteurs embarqués à bord des satellites SPOT et LANDSAT. L'application de ce logiciel doit être en fonction de différentes données d'entrées, ce sont les paramètres astronomiques, géographiques et atmosphériques.

#### ➤ Données astronomiques :

- Jour : valeur entre 1 pour le 1er Janvier et 365 pour 31 Décembre.
- Heure : heure du prélèvement.
- Latitude : valeur entre 0 et 360°.
- BétaO : caractérise l'inclinaison de la surface par rapport à l'horizon, entre 0° et 90°.

- Phi : L'angle Azimutal solaire entre  $-90^\circ$  et  $+90^\circ$ .
- Z : Altitude du lieu en Km.



**Figure 10: Présentation du logiciel « SDDS » d'application de la simulation des données satellitaires**

➤ **Données atmosphériques :**

**Ozone :** quantité d'ozone présente dans l'atmosphère, entre 0 et 0.5.

**Humidité relative :** entre 0 et 1.

**Température :** en degré Kelvin  $T=T^\circ\text{C}+273$ .

**Visibilité :** en kilomètres.

**Altitude de l'ozone :** caractérise la position du centre de gravité de la couche d'Ozone.

**Alpha :** relié à la distribution et le diamètre de la particule d'aérosol généralement, valeur entre 0.5 et 2.5.

**Fc :** facteur qui dépend des dimensions des particules, de leur nature et de la longueur d'onde entre 0 et 1.

**Wo :** dépend de la nature de la matière, des aérosols, ses dimensions et ses propriétés optiques ; il varie entre 0.7 et 1.

**Tableau 6: Les Paramètres d'entrées pour le SDDS**

Paramètres atmosphériques	
Ozone Cm	0.30
Humidité relative %	80
Température K	$T^\circ\text{C}+273$
Visibilité Km	20
Altitude de l'ozone	200
Alpha ( $\alpha$ )	1.5
Fc	0.9
$\omega_0$	0.9

Paramètres astronomiques	
Jour	344
Heure	11.26.00
Latitude	$36^\circ 38' 58.67''\text{N}$
Longitude	$2^\circ 24' 2.45''\text{E}$
$\beta_0$	0
$\theta_v$	$10^\circ$
$\varphi$	$45^\circ$
$\psi$	$60^\circ$

Les données géographiques, sont en relation directe avec les stations d'application.

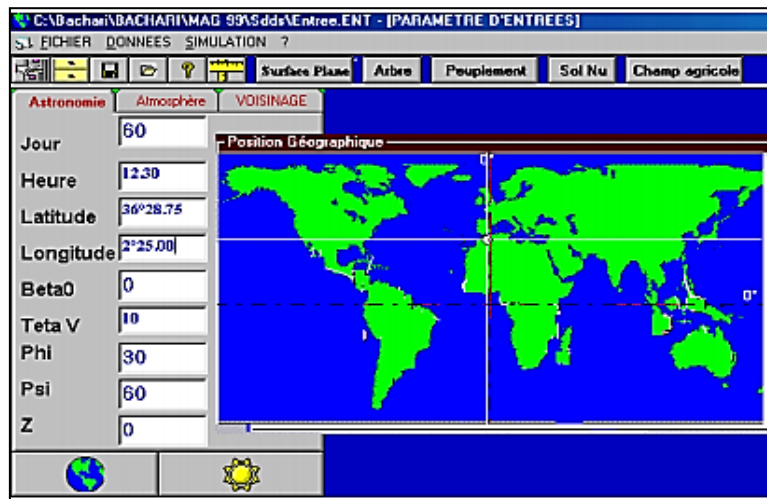


Figure 11: Introduction des données atmosphériques et astronomiques dans le SDDS

Avec les données astronomiques et atmosphériques il faut aussi préciser la nature du fond (rocheux, vaseux, sableux ....)

### III.1.2.2. Analyse de la variation de la luminance :

Nous nous intéressons dans cette partie à suivre la variation des quantités luminances et réflectances en fonction de la profondeur des stations dans les différents canaux des satellites. Le capteur embarqué à bord d'un satellite mesure le rayonnement solaire réfléchi par le système sol-atmosphère dans une bande spectrale déterminée. Cette mesure dépend des conditions de prise de vue (éclairage, inclinaison..), de la profondeur, de la nature du fond et de la qualité de l'eau.

Cette étude bathymétrique se focalise sur les images multi-bandes des capteurs du satellite SPOT et les capteurs TM et MSS du satellite LANDSAT dans la partie visible du spectre.

Ces résultats sont représentés sur des courbes Luminance en fonction de la profondeur pour les différentes bandes des deux satellites LANDSAT et SPOT.

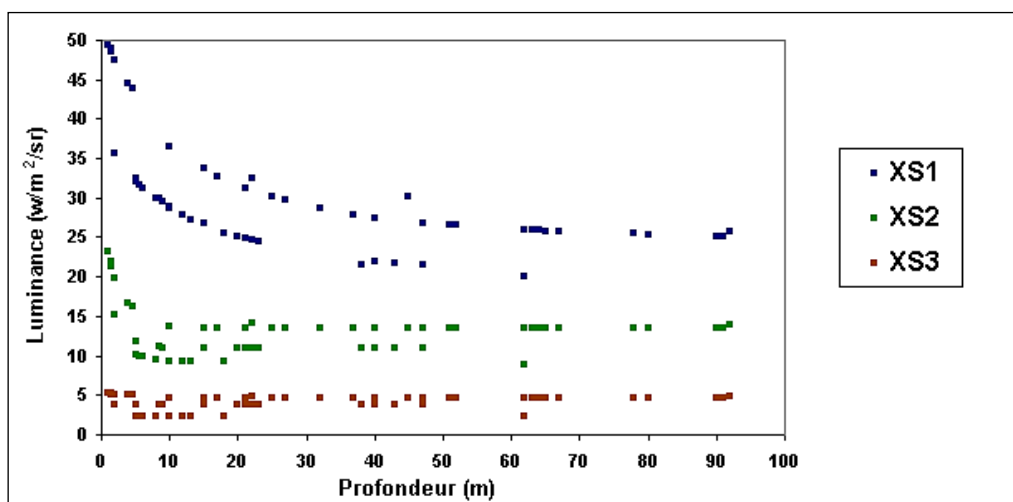


Figure 12: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau pour le satellite SPOT (Source Bachari H. F, 2009)

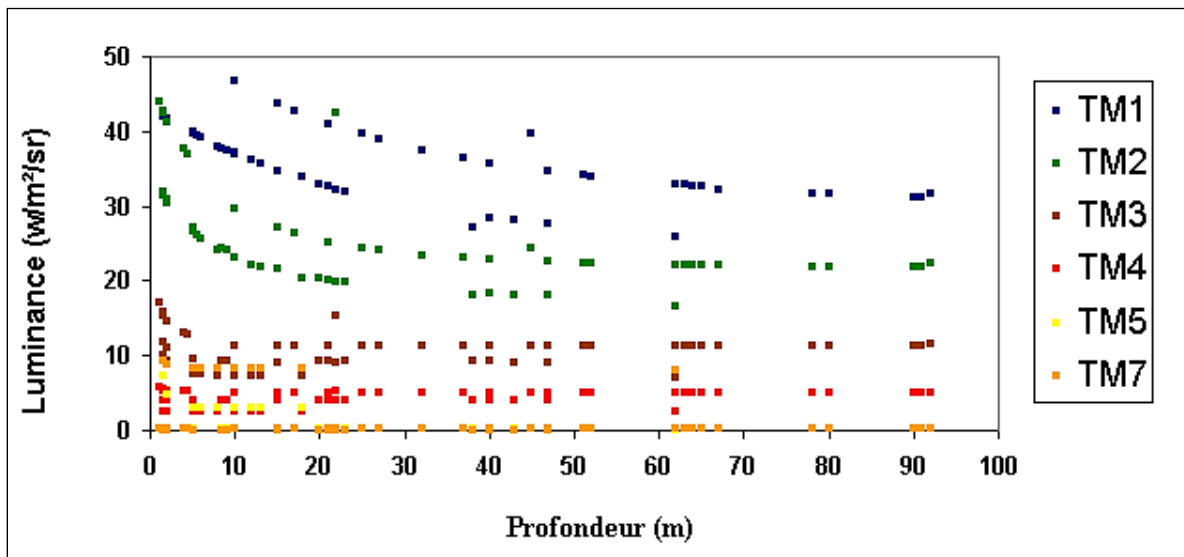


Figure 13: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau pour le satellite LANDSAT-TM (Source Bachari H. F, 2009)

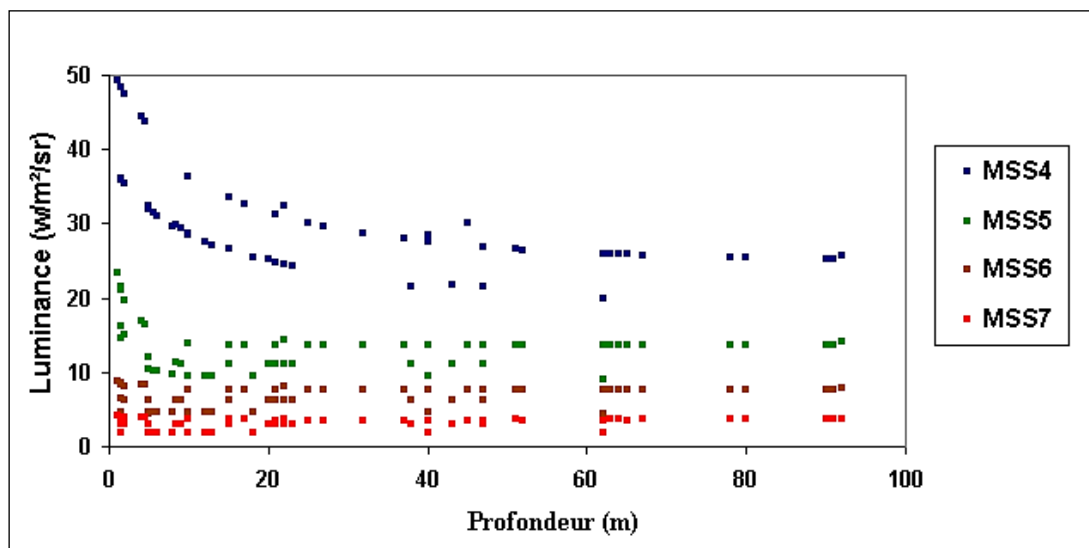


Figure 14: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau pour le satellite LANDSAT-MSS (Source Bachari H. F, 2009)

➤ Effet de la profondeur :

A la première impression, il est possible de différencier les types de fond, par ailleurs la réflectance du fond, au cours de son ascension vers la surface subit une atténuation sélective. Tout cela a pour effet un écrasement de la réponse spectrale du fond qui rend les discriminations difficiles dès que la profondeur augmente. La variation de la luminance pour un Téta V égal à 10 est en fonction de la profondeur pour les différents canaux des satellites SPOT et LANDSAT.



Figure 15: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (SPOT) (Source Bachari H. F, 2009)

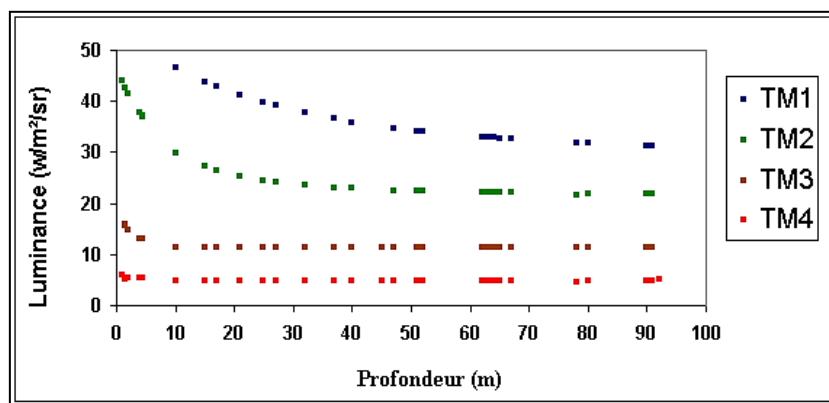


Figure 16: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (LANDSAT-TM) (Source Bachari H. F, 2009)

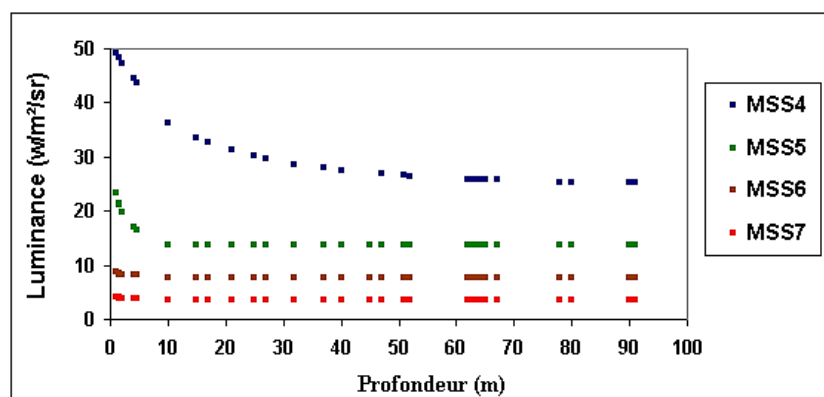


Figure 17: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (LANDSAT-MSS) (Source Bachari H. F, 2009)

➤ La distribution de la luminance :

La distribution de la luminance sur la zone d'étude pour quelque bande des deux satellites est montrée dans les figures suivantes :

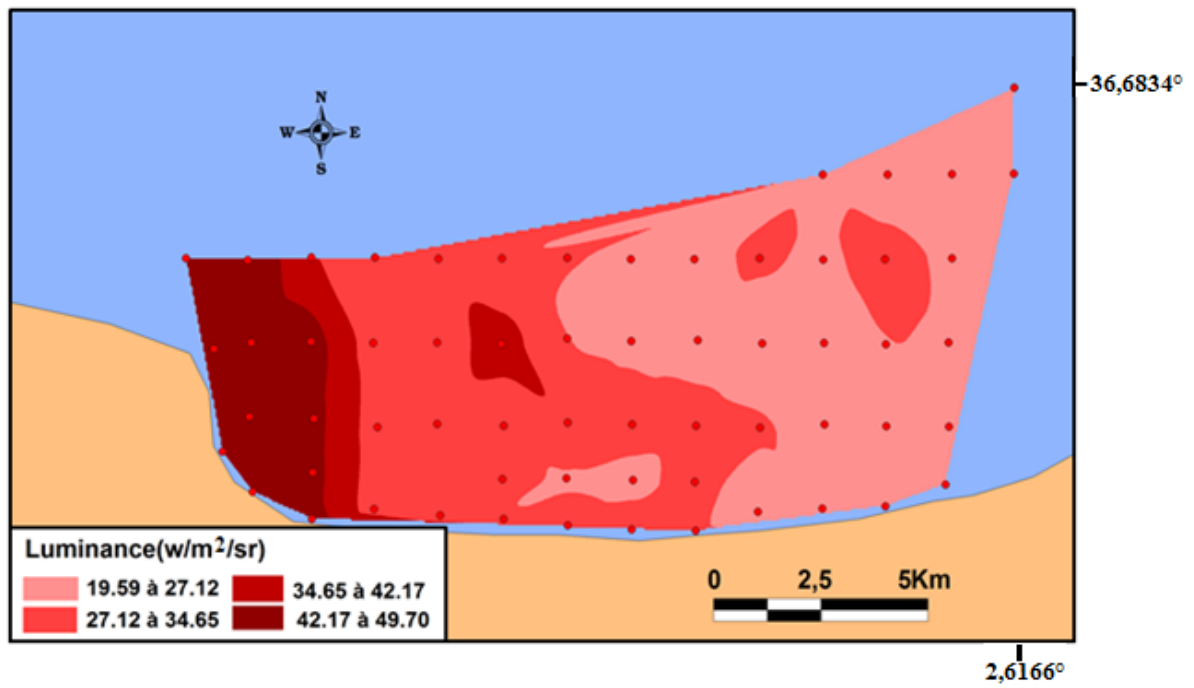


Figure 18: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( SPOT 1 et Téta=10)

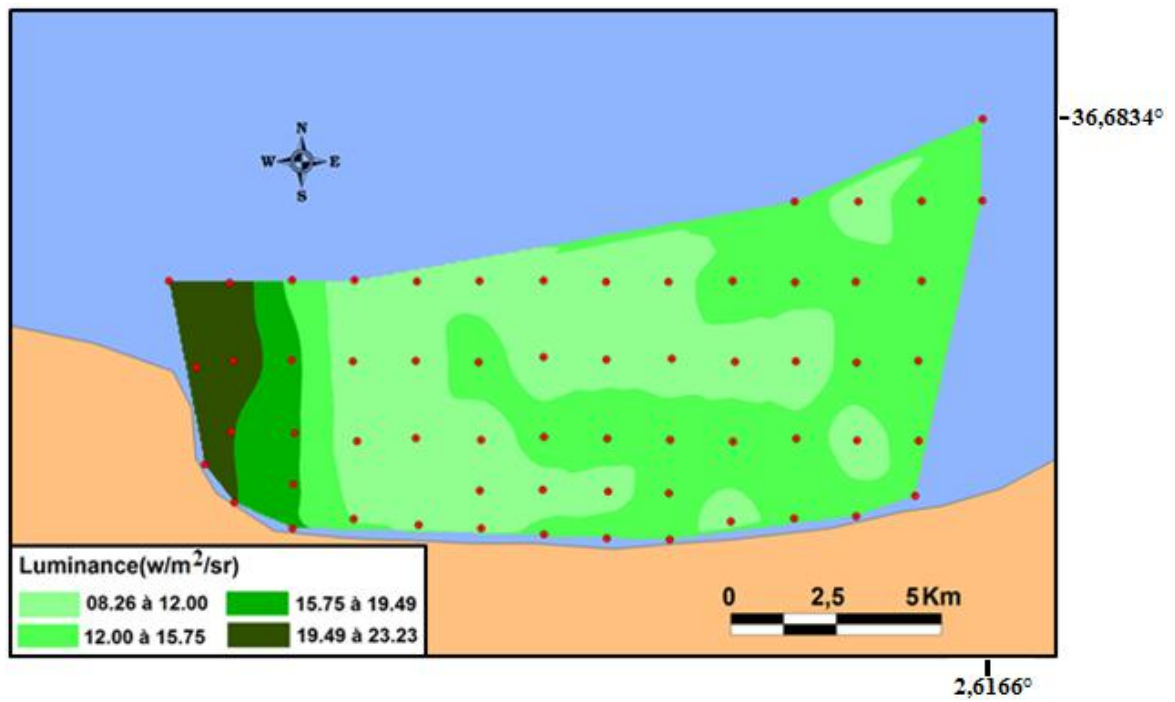


Figure 19: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( SPOT 2 et Téta=10)

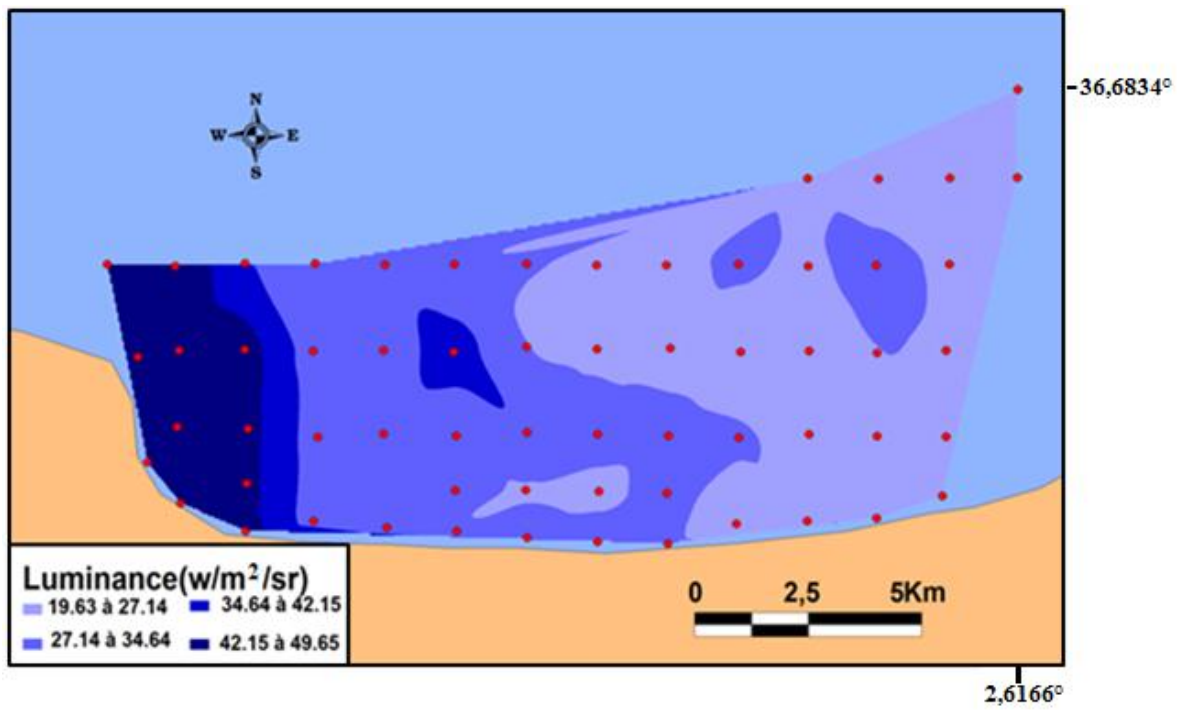


Figure 20: La distribution de la luminance sur la zone d'étude (SPOT 1 et Téta=20)

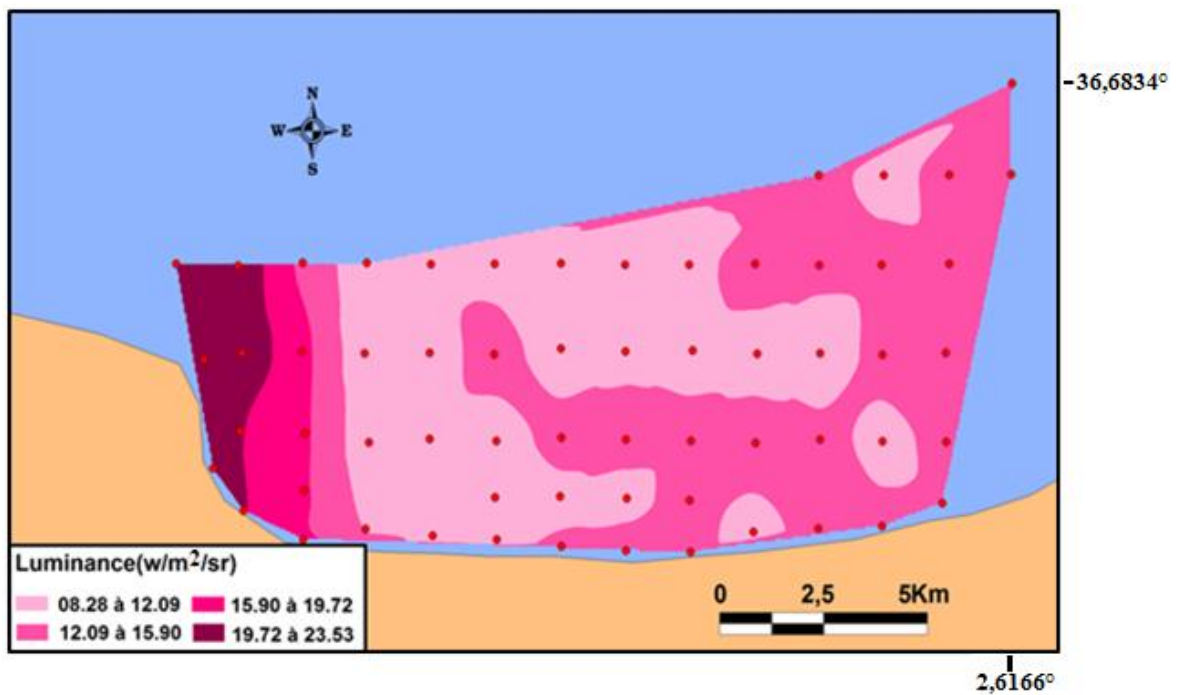


Figure 21: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( SPOT 2 et Téta=20)

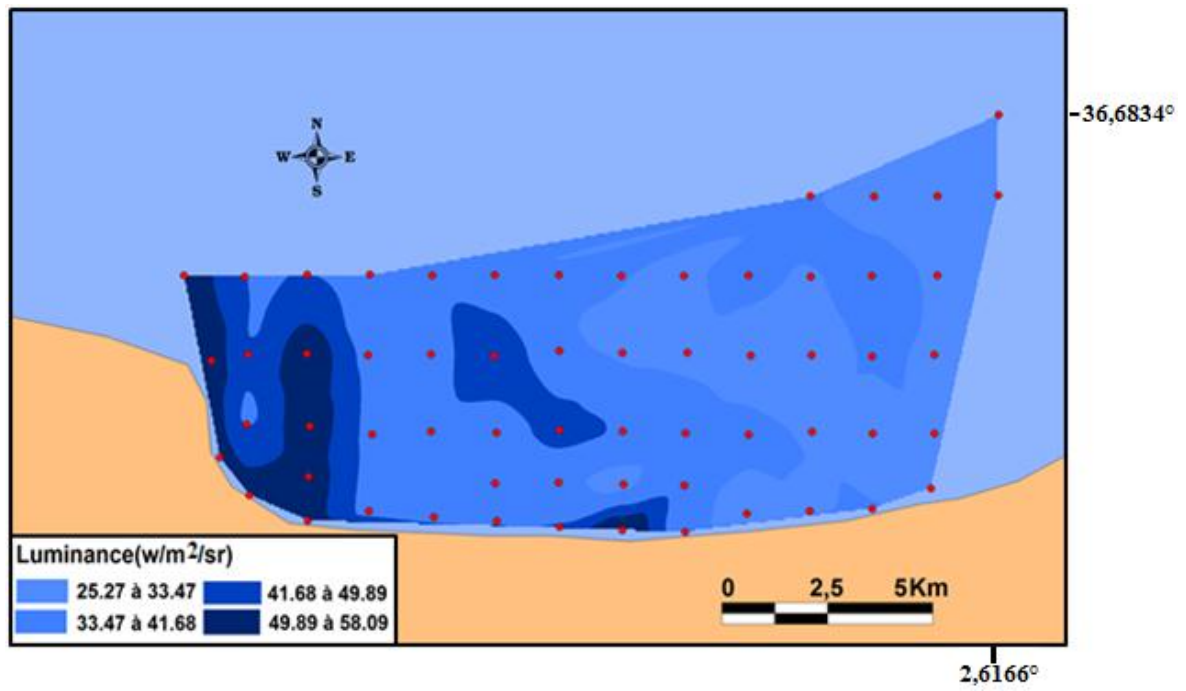


Figure 22: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM1 et Téta=10)

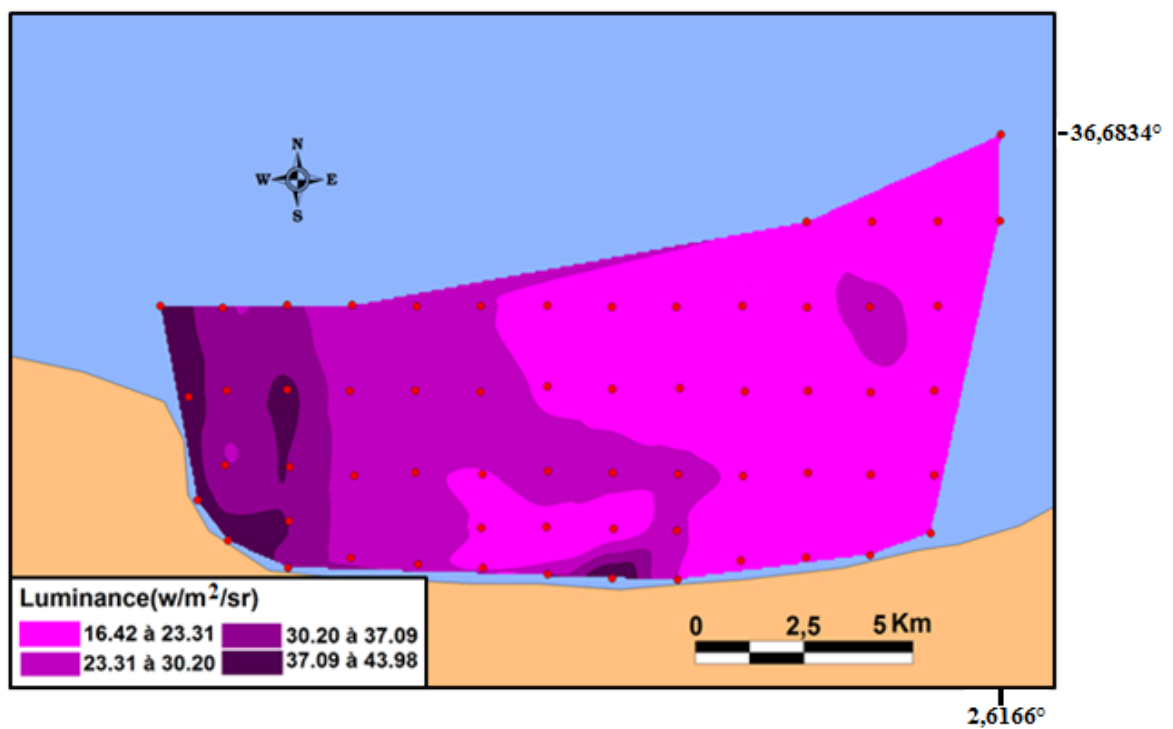


Figure 23: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM2 et Téta=10)

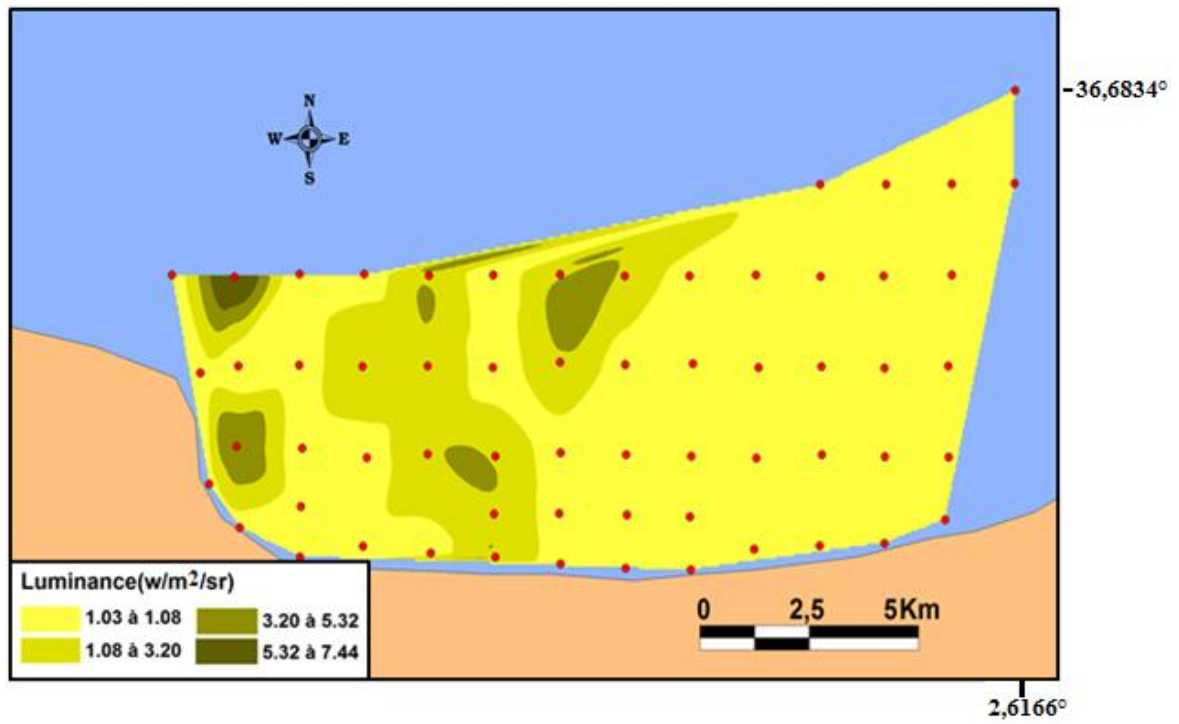


Figure 24: La distribution de la luminance sur la zone d'étude (LANDSAT TM5 et Téta=10)

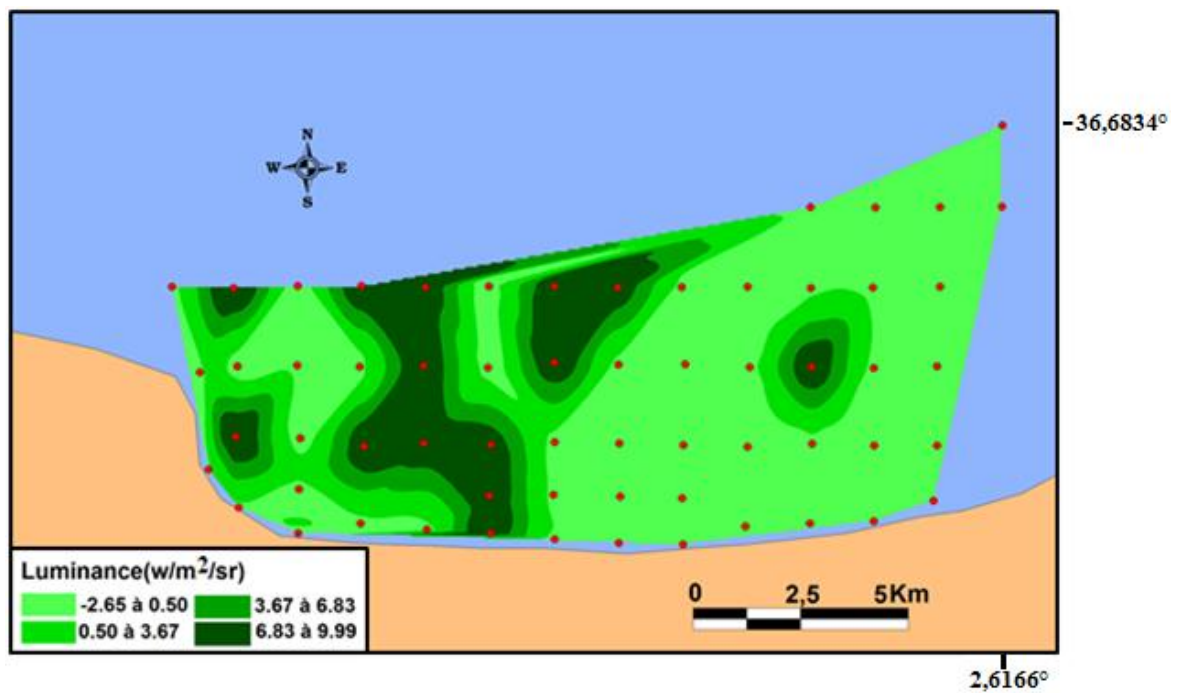


Figure 25: La distribution de la luminance sur la zone d'étude (LANDSAT TM7 et Téta=10)

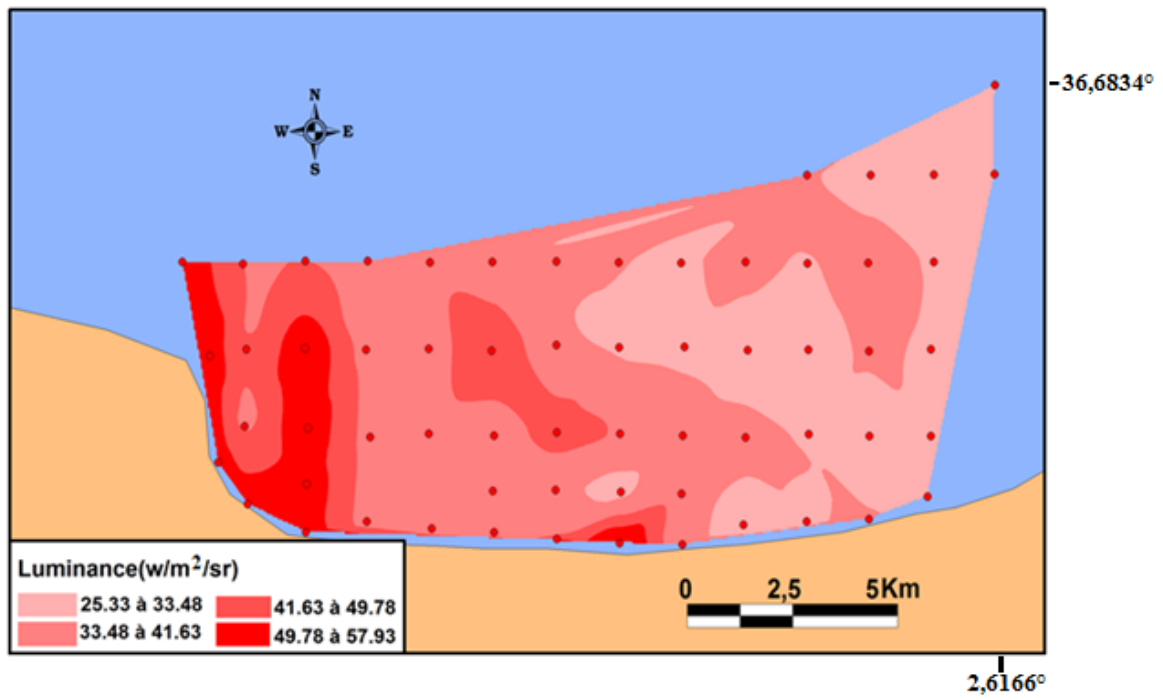


Figure 26: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM1 et Téta=20)

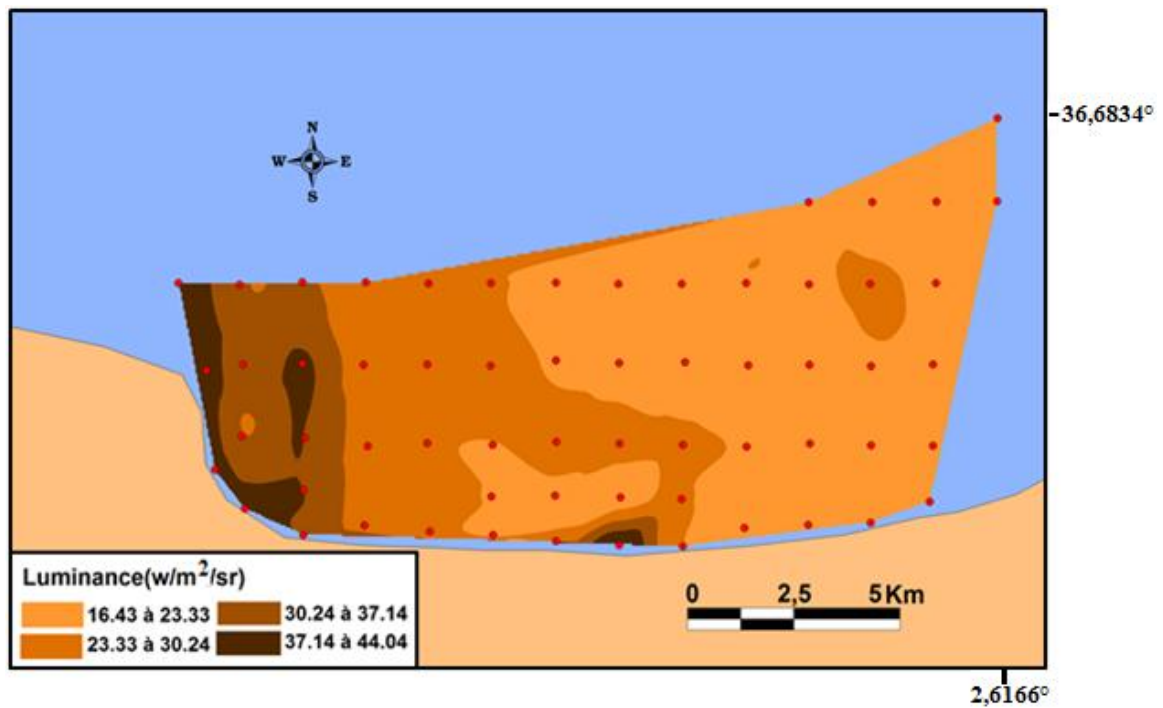


Figure 27: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM2 et Téta=20)

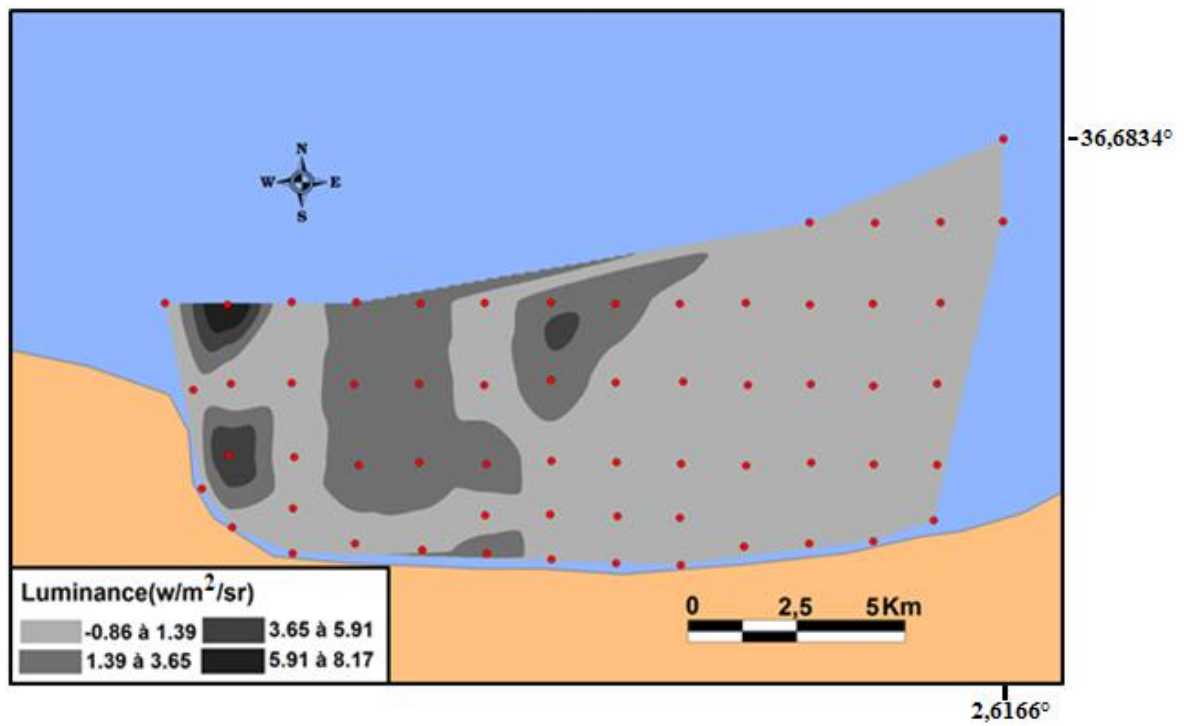


Figure 28: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM5 et Téta=20)

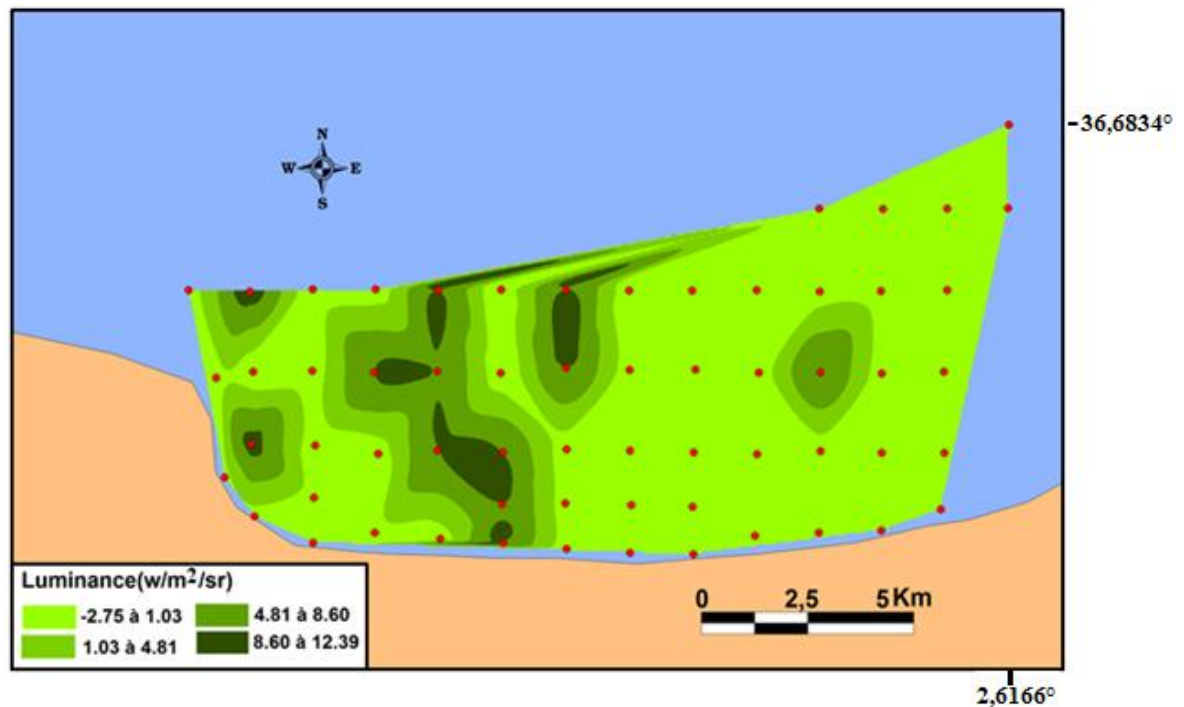


Figure 29: La distribution de la luminance sur la zone d'étude ( LANDSAT TM7 et Téta=20)

### ➤ Interprétation :

Sur les courbes de luminance, nous remarquons que plus la profondeur est importante, plus le rayonnement est absorbé et plus le niveau de radiométrie mesuré est faible.

La résolution spectrale permet d'observer dans les eaux claires, le fond de façon satisfaisante jusqu'à des profondeurs pouvant atteindre 50m sur les canaux XS1, TM1, MSS4 ; 20 à 30m sur le canal TM2, et jusqu'à des fonds de 5 à 7m sur les canaux XS2, MSS5, TM3.

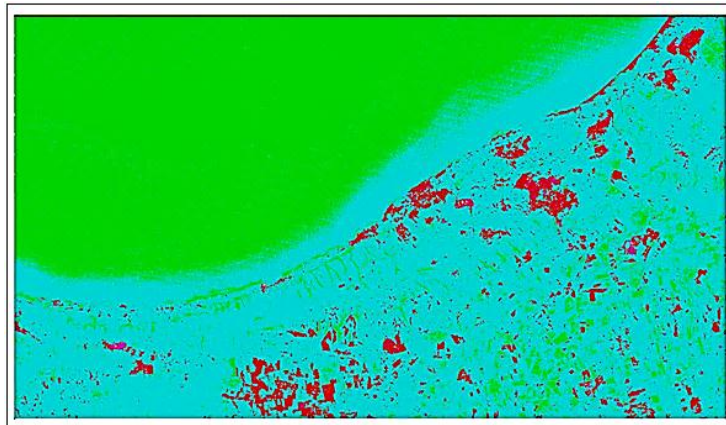
Quant aux canaux XS3, MSS6, MSS7, TM4, TM5, TM7, ils n'apportent aucune information bathymétrique puisque la mer présente une réflectance nulle dans le canal infrarouge, pour ces bandes spectrales le signal enregistré correspond uniquement à l'effet de l'atmosphère, ce qui laisse à dire que la contribution de ces canaux dans le domaine bathymétrique n'est d'aucune utilité.

### III.1.2.3. Conversion en réflectance des données satellitaires corrigées :

Comme au précédent, il est donc nécessaire de pouvoir transformer les valeurs de luminances en valeurs de réflectances. En tenant compte d'une zone considérable représentant la mer dans une scène Spot donnée et en transformant ces comptes numériques en profondeurs  $Z = f(\text{CN})$ , nous avons pu par simulation, extraire les luminances apparentes de ces comptes numériques

$\text{CN} = f(L)$ . Les principaux comptes numériques représentant notre zone sont donnés avec leurs luminances dans le tableau annexe.

### III.1.2.4. Conversion en profondeur - application PCSATWIN.



**Figure 30: Image satellite brute de la baie de Bou-Ismaïl sur le canal LANDSAT-TM1 (Scène corrigée des effets atmosphériques) (Source Bachari H. F, 2009)**

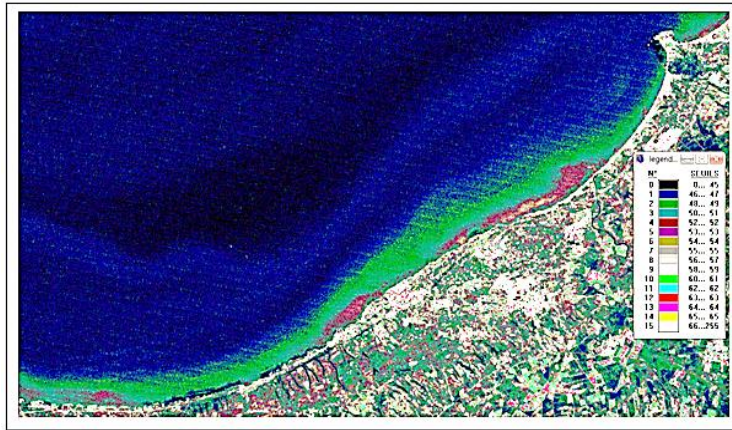


Figure 31: Image satellite LANDSAT-TM1 de la baie de Bousmailen conversion bathymétrique (Source Bachari H. F, 2009)



Figure 32: Carte bathymétrique de la baie de Bousmail extraite à partir d'une image satellite LANDSAT-TM1(Source Bachari H. F, 2009)

### III.2.Détermination de la bathymétrie de la baie de Zemmouri:

La figure présente les 126 stations choisies couvrant toute la baie de Zemmouri (Est d'Alger)

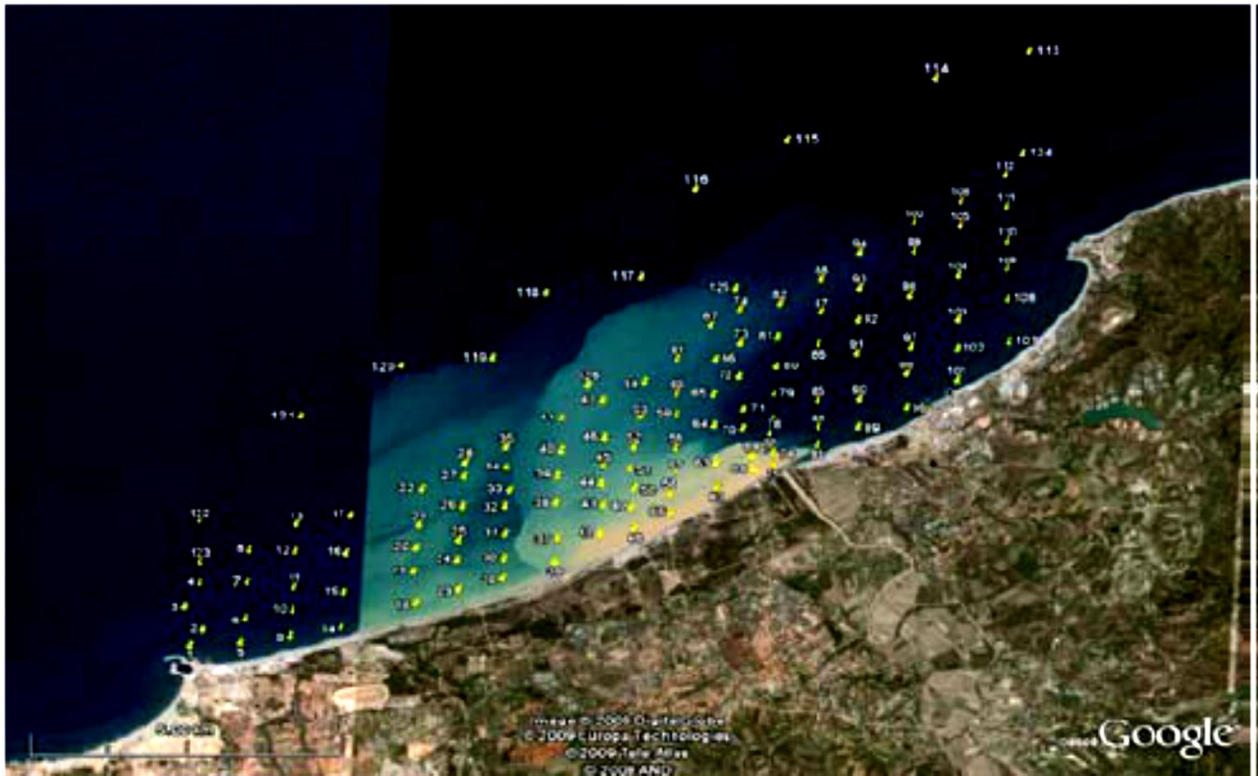


Figure 33: Stations de prélèvements dans la baie de Zemmouri (Source Bachari H. F, 2009)

### III.2.1. Variations des luminances avec la profondeur :

Les tableaux utilisés pour l'étude de la variation de la luminance sont dans le **tableau 4** dans **l'annexe**

Les courbes ci-dessous montre la variation de la luminance en fonction de la profondeur pour chaque bande spectrale des deux satellites (LANSAT TM , MSS et SPOT )

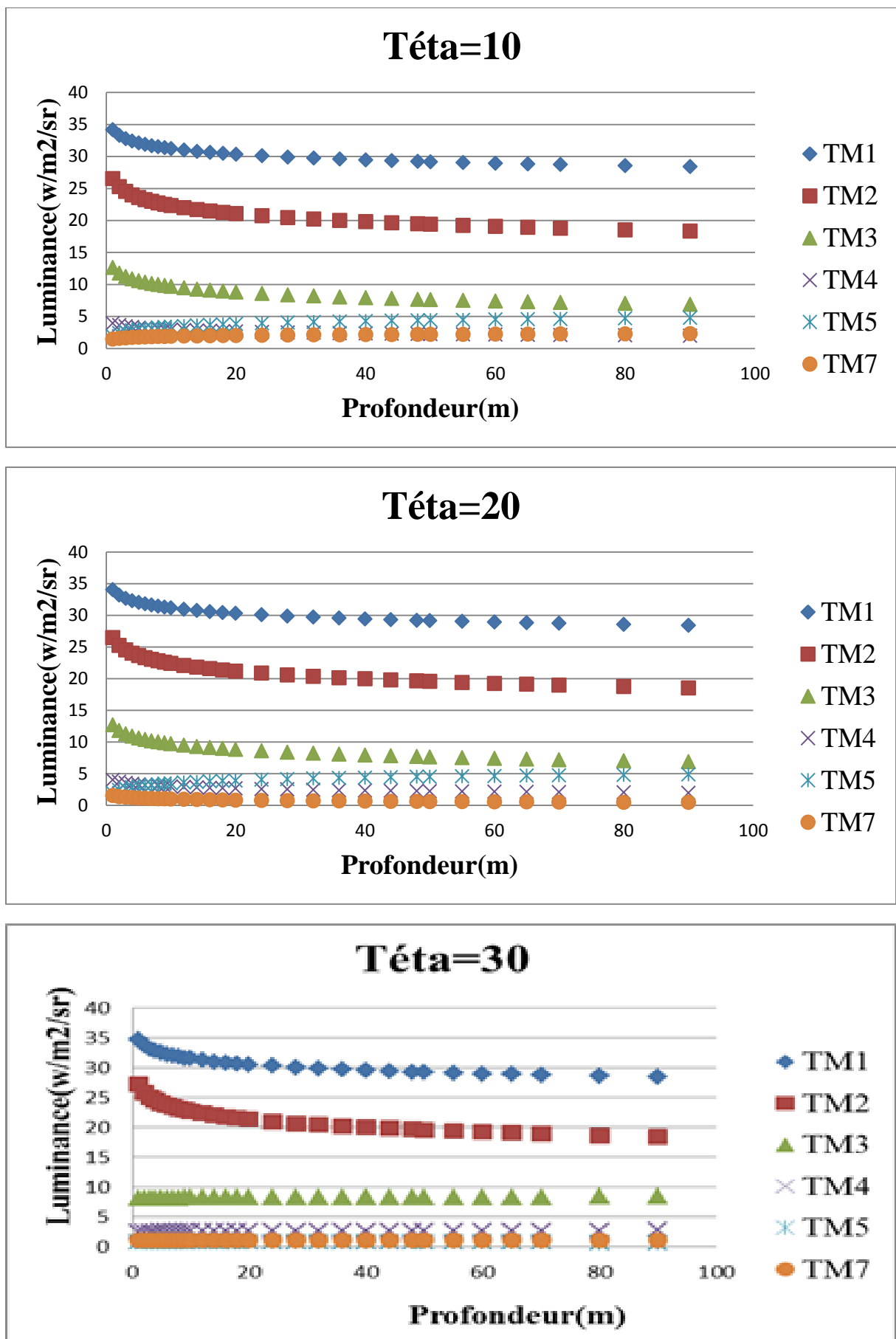


Figure 34: Luminances en fonction de la profondeur de l'eau sur LANDSAT-TM

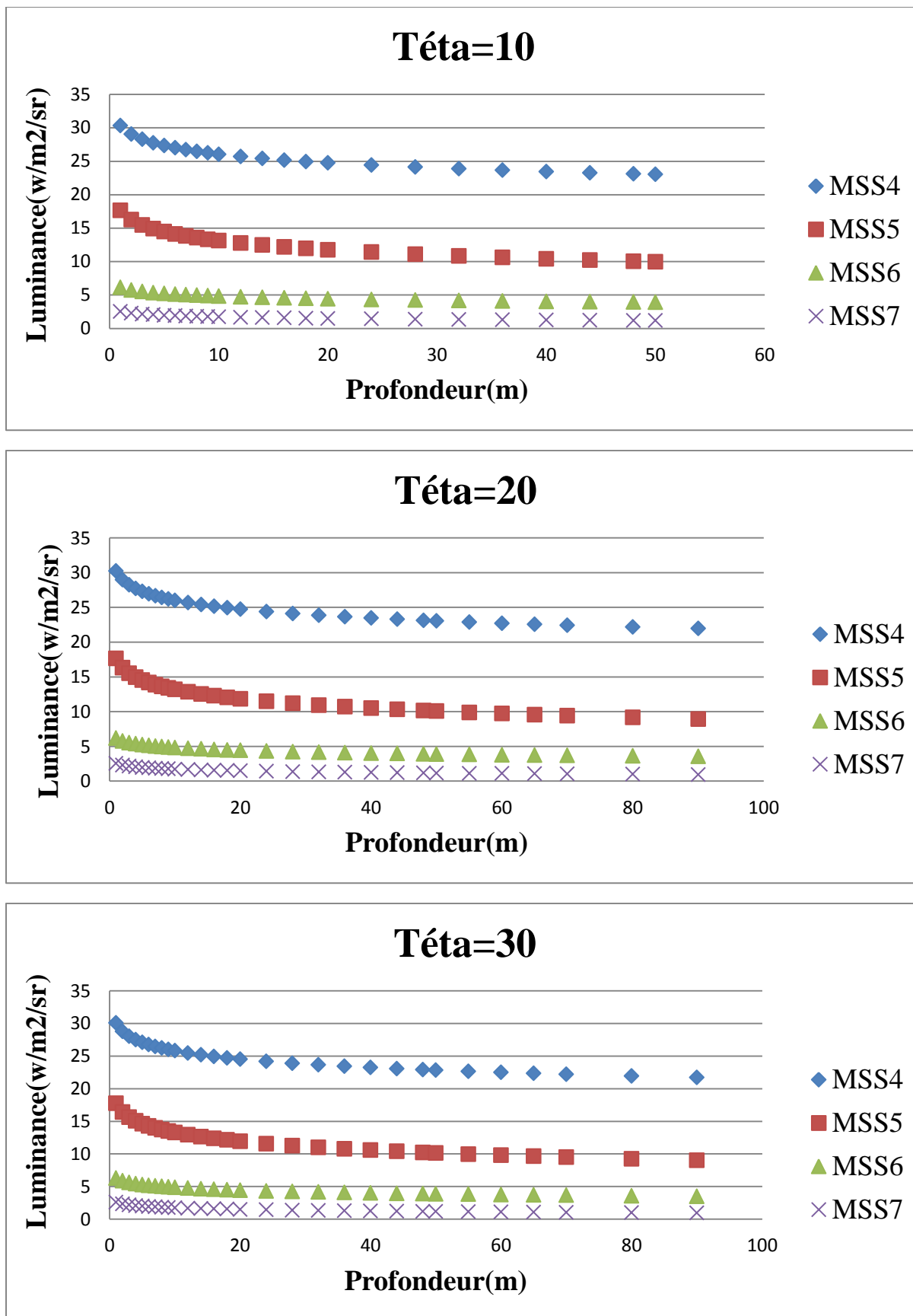


Figure 35: Luminances en fonction de la profondeur de l'eau sur LANDSAT-MSS

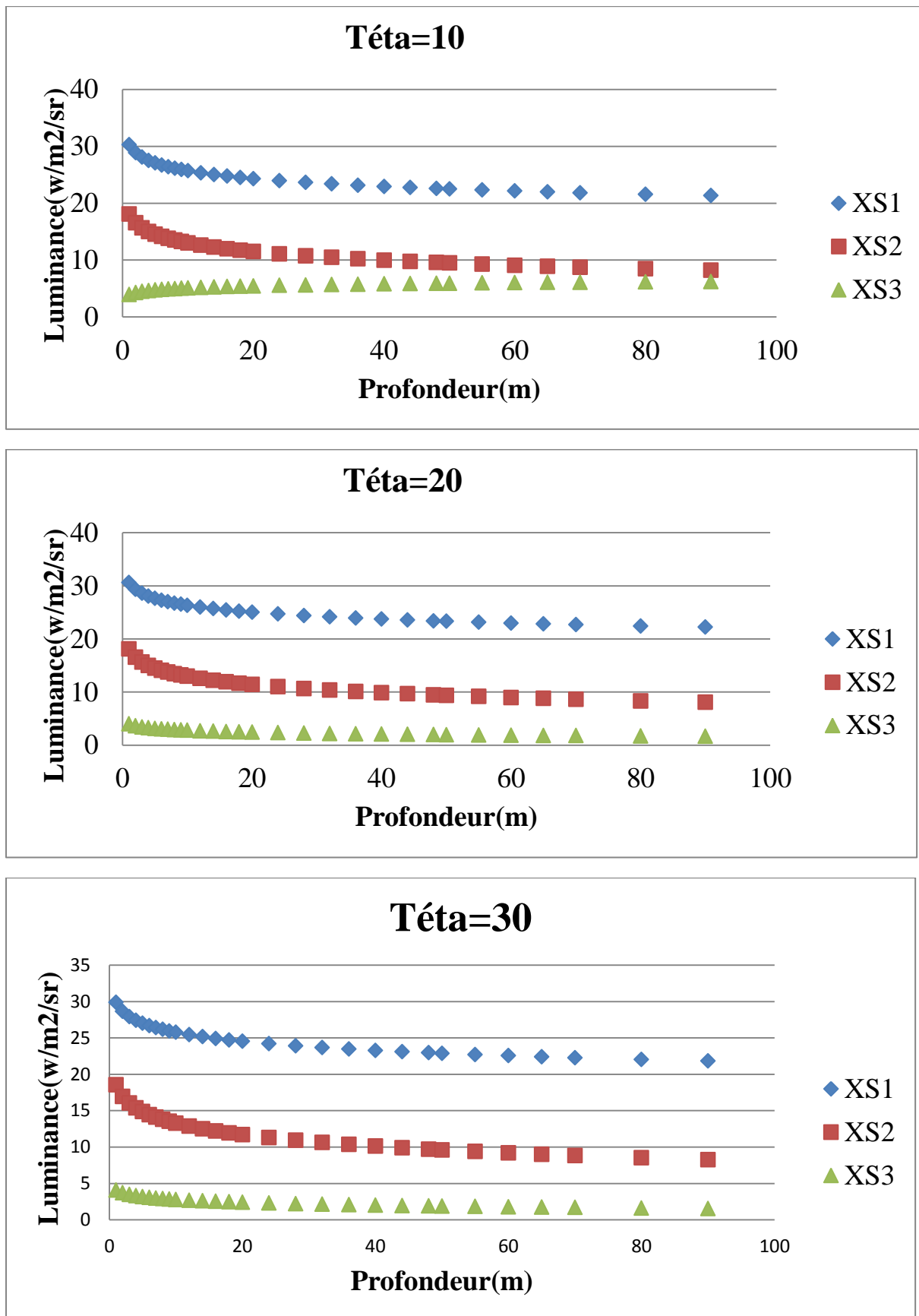


Figure 36: Luminances en fonction de la profondeur de l'eau sur SPOT

### III.2.2. Modèles d'inversion en profondeur - Application PCSATWIN :

En utilisant le logiciel PCSATWIN, l'image réflectance a été transformée en une image qui permet d'estimer la bathymétrie des eaux peu profondes de la baie étudiée.

Nous définissons les bandes spectrales nécessaires qui peuvent être utilisées pour déterminer la bathymétrie en transformant des images satellites brutes en images indicatrices de la profondeur par l'application des droites d'ajustement obtenues à partir des meilleures régressions et les valeurs de coefficients de corrélation calculés.

Et voici l'image satellitaire brute et celle obtenue avec le logiciel:

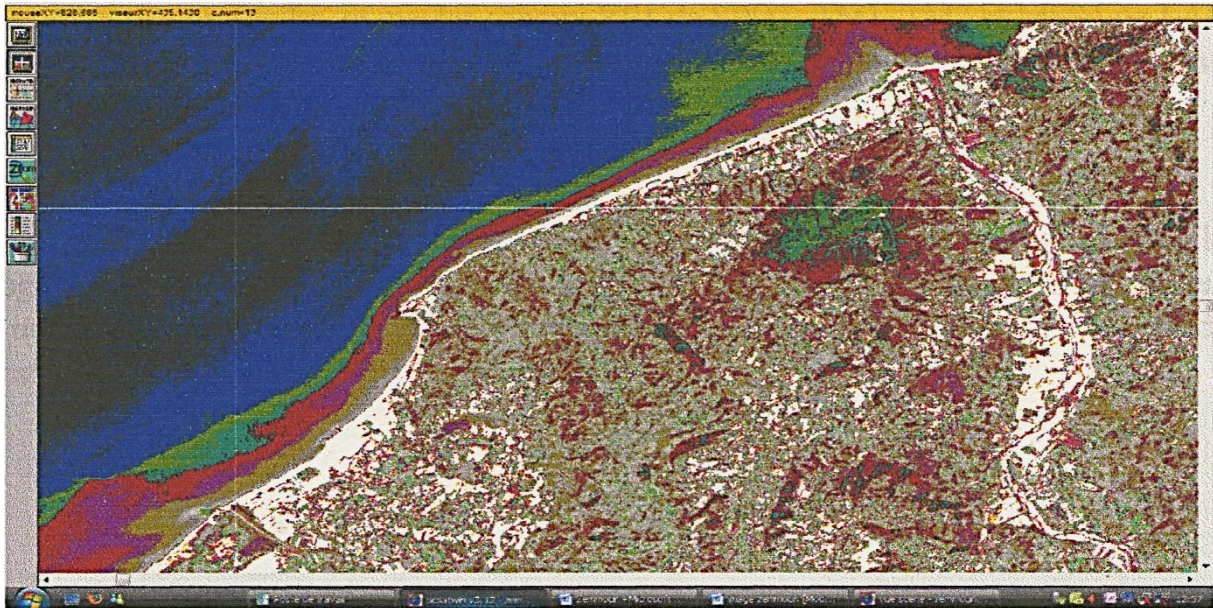


Figure 37: Image satellitaire brute de la baie de Zemmouri (LANDSAT-TM1)

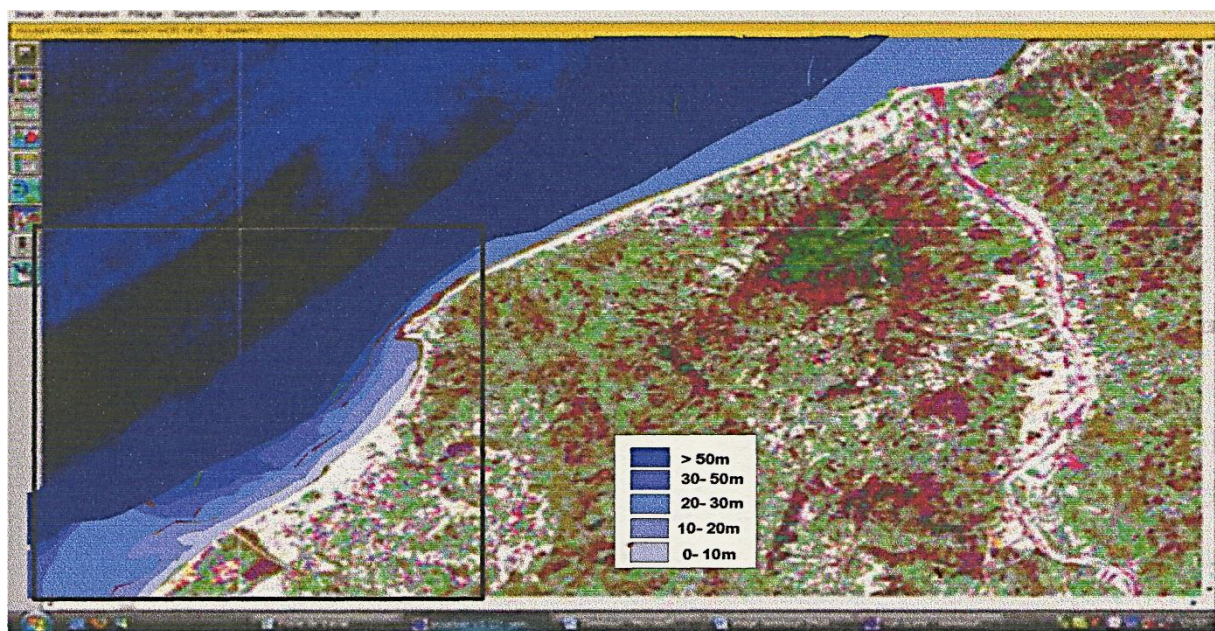


Figure 38: Carte bathymétrique de la baie de Zemmouri extraite à partir d'une image satellite LANDSAT-TM1

### III.2.3. Interprétation et comparaison des résultats :

Cette intensité est mesurée dans le spectre visible pour des bandes de fréquence bien précises. Sur les images, nous remarquons que plus la profondeur est élevée, plus le rayonnement est absorbé et plus le niveau de radiométrie mesuré est faible.

La résolution spectrale permet d'observer le fond de façon satisfaisante jusqu'à des profondeurs atteignant :

- 35m sur les canaux XS1, TM1, MSS4 ; ce qui explique d'ailleurs que les meilleures valeurs de rayonnement ont été obtenues sur ces trois canaux
- 20 à 30m sur les canaux TM2, XS2, MSS5.
- et jusqu'à des fonds de 5 à 7m sur le canal TM3.

Quant aux canaux TM4, TM5, TM7, MSS6, MSS7 et XS3; ils n'apportent aucune information

D'après la comparaison entre les cartes bathymétriques des deux baies (la baie de Bou-smail et la baie de Zemmouri), données par le logiciel SDDS à partir des images satellitaires brutes et celles résultant des données bathymétrique terrain; montre une grande ressemblance, ce qui confirme la fiabilité des données extraites à la base de ce logiciel et le rend un moyen de suivi de la bathymétrie des zones côtières.

La profondeur maximale que l'on peut observer est plus grande dans la baie Bou-smail que celle de la baie de Zemmouri qui sont respectivement 50m et 35m, cela peut être dû à la différence de turbidité entre les deux zones, parce que la baie de Bou-smail est considérée comme une zone de référence en terme de pollution et de matière en suspension.

# **Conclusion**

## **Générale**

### Conclusion.

La télédétection est une technique efficace pour le suivi spatio-temporel du milieu naturel. Son utilisation est très prometteuse, elle permet de couvrir une superficie importante plus rapidement que les méthodes traditionnelles.

Ce présent travail avait pour but l'utilisation des images satellites pour caractériser

La connaissance de la topographie du fond marin est très importante pour plusieurs applications posées par l'étude bathymétrique. Les techniques classiques utilisent le sondage comme un moyen de cartographie du fond marin mais cette technique est coûteuse.

L'utilisation du modèle de simulation relatif (SDDS) montre que chaque satellite d'observation utilisé au cours de cette étude (SPOT, LANDSAT) offre de grandes possibilités dans le domaine de la bathymétrie.

Lorsque les eaux littorales sont chargées de troubles abondants, il est impossible de recueillir dans le visible des informations sur la profondeur des fonds littoraux.

Lorsque les eaux sont peu turbides et peu profondes, il est possible de déterminer la profondeur et en utilisant les bandes spectrales proches de  $0,55\mu\text{m}$ , comme le canal TM1 et TM2 de Thematic Mapper de Landsat ou le canal XS1 HRV.

Une estimation correcte de la concentration en matériaux dissous ou en suspension peut également servir au développement de méthodes de télédétection destinées à cartographier les types de fonds marins et la profondeur de l'eau.

L'analyse corrélatrice a rendu réalisable la détermination de la bathymétrie à partir du satellite SPOT. En application, un ensemble de relations statistiques est obtenu pour déterminer la bathymétrie d'une zone côtière de l'Algérie.

Le rayonnement électromagnétique en jour clair et pour une mer non agitée peut pénétrer jusqu'à 25 mètres de profondeur et sera rétrodiffusé en direction du capteur. Le modèle fournit des images mono-canal où chaque pixel du domaine maritime est représenté non plus par une radiométrie in-situ mais plutôt par une profondeur calculée.

La détermination de la bathymétrie repose sur le principe de l'absorption de la lumière dans la colonne d'eau, qui est fonction de la profondeur et de la longueur d'onde.

Cette lumière traverse d'abord l'atmosphère pour être réfléchi par le fond et enfin atteindre les capteurs du satellite. Le rayonnement bleu pénètre profondément dans l'eau, le vert dans une moindre mesure, ensuite le rouge jusqu'à absorption totale dans le proche infrarouge. Lorsque les eaux sont turbides, il est impossible de recueillir dans le visible des informations sur la profondeur des fonds littoraux. Lorsque les eaux sont peu turbides et peu profondes, il est possible de déterminer la profondeur et la nature des fonds en utilisant les bandes

## Conclusion générale

---

spectrales proches de 0,55 $\mu$ m, comme le canal de TM1 de LANDSAT ou le canal XS1 de SPOT.

L'analyse corrélative nous a permis de déterminer la bathymétrie à partir des satellites SPOT et LANDSAT où les deux premiers canaux (TM1, XS1) représentent la meilleure corrélation et peuvent donc servir à déterminer la profondeur des eaux peu profondes. Le rayonnement électromagnétique en jour clair et pour une mer non agitée peut pénétrer jusqu'à 25 mètres de profondeur et sera rétrodiffusé en direction du capteur. Le modèle fournit des images mono-canal où chaque pixel du domaine maritime est représenté par une profondeur calculée.

L'information bathymétrique est particulièrement importante dans les zones côtières, les données satellitaires offrent une vision inhabituelle sur l'environnement marin en général, elles constituent une mine de renseignements très riche dont l'utilisation reste à développer dans bien d'autres domaines.

➤ Cette information est largement utilisée par les pêcheurs, afin de localiser les fronts thermiques et zones de fort gradient. Les mesures quantitatives des températures de surface de la mer et de la sont toujours liées à l'état de la mer et à la réflectance de surface. **(Faour et al.,2004)**

➤ Un certain nombre d'espèces de poissons ont une préférence pour les eaux de mer qui ont une gamme de température spécifique et limitée. Les pêcheurs, peuvent donc s'appuyer sur les images et cartes de température de surface de la mer pour repérer les zones de pêche optimales.

**Référence**  
**Bibliographique**

## Référence bibliographie

---

**Bachari H F., 2009.** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Thèse de doctorat. Université du Val de Marne Paris XII, 272P.

**Bakir M., 1989.** La dynamique sédimentaire dans la baie d'El Djamila (baie de BOUSMAIL). Mémoire d'Ingénieur. USTHB/IST, 56P.

**Big n°3.** Initiation à la télédétection. Bulletin de l'Information Géographique appliquée aux activités de Recherche-Développement.

[http://www.cnes.fr/automne\\_modules\\_files/standard/public/p7774\\_9f5e71f0025c698de2ef82085d1c0e20big\\_3.pdf](http://www.cnes.fr/automne_modules_files/standard/public/p7774_9f5e71f0025c698de2ef82085d1c0e20big_3.pdf). Consulter le 28/08/2012.

**Bonn F., et Rochon G., 1992.** Précis de Télédétection, Vol 1, Principes et méthodes. Sainte-Foy, Presses de l'Université du Québec UREF, Canada, 485P.

**Clark D.K., Fay TH., and Walker CL., 1990.** Shallow Water Bathymetry Models Using Multispectral Data, Journal of imaging Technology, vol.16, n 05, oct, p170-175.

**Clark D.K., T H Fay., and Walker C L., 1988.** Bathymetry using Thematic Mapper Imagery, SPIE Proceedings, Vol.925, Ocean Optics IX, P 229-231.

**Faour G. S. A., et Jaquet J., 2004.** Apport de La Bande Infrarouge Thermique du Capteur

Etm+ De Landsat-7 dans La détection de La Pollution de L'eau de Mer Sur Le Littoral Libanais ,*Télédétection*, p197-209.

**Claude K., 2004.** La télédétection aéro-spatiale : une introduction.PDF, 54P.

<http://www.geographie.ens.fr/IMG/file/kegomard/Teledetection/CTeledetection.pdf>. Consulter le 02/09/2012.

**Girard M.C., 1989.** Télédétection appliquée : Zones tempérées et intertropicales. Ed Masson, collscien Agronomiques, 260P.

**Dagorne. A., 1973.** Sédimentologie et bionomie benthique en baie de Bou-Ismaïl (ex : Castiglione). Bulle. Inst. Oceanogr. D'Alger. *Pelagos.*, Vol. IV, Fasc,2, P 40 -53.

**Harbi R. et Si Bachir R ., 2009.** Reconnaissance bathymétrique et morphologique dans la baie de Zemmouri en utilisant des images satellitaires. Mémoire d'ingénieur. ENSSMAL, p 9-11.

**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. Université Ferhat Abbas-Sétif. Institut d'Architecture et des Sciences de la Terre, 90P.

**Milliard F.L., 1986.** Use of remote sensing for hydrographic exploration-call. Hydrographic exploration and bathymetric charting G.H.I, Hamburg, 124P.

## Référence bibliographie

---

**Minghelli-Roman A., Polidori L., Mathieu-Blanc S., Loubersac L, and François Cauneau ., 2007.** Bathymetric Estimation Using MerIS Images in Coastal Sea waters .IEEE Geoscience And Remote Sensing Letters, Vol. 4, No. 2, April 2007.

**Prud'homme R. Froid de fond J.M. et Castaing P., 1994.** Télédétection et gestion des milieux côtiers. Mémoires de l'institut océanographique, Monaco, 124P.

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

[http://www.es.e.upsud.fr/bases/upresa/pages/soudani/fichiers/doc\\_cours\\_teledec.pdf](http://www.es.e.upsud.fr/bases/upresa/pages/soudani/fichiers/doc_cours_teledec.pdf). Consulter le 10/09/2012.

**Soudani K., 2005.** TD Télédétection : Initiation à ENVI. Cours en ligne. Faculté des Sciences d'Orsay – Université Paris Sud XI.

[http://www.es.e.u-psud.fr/bases/upresa/pages/soudani/fichiers/td1\\_teledec.pdf](http://www.es.e.u-psud.fr/bases/upresa/pages/soudani/fichiers/td1_teledec.pdf). Consulter le 02/09/2012.

(2) Apport des données satellitaires à l'étude de la dynamique de la Terre, <http://www.geologie.ens.fr/~cattin/teaching/capes.pdf>. Consulter le 28/08/2012.