

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 DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : AMENAGEMENT du LITTORAL

Apport de la télédétection pour la
détermination de la bathymétrie du port et de
la plage de Sidi-Fredj

Présenté par : - Halaili Younes
-Boukhennaf Abdelouahad

Soutenu le 14 juillet 2010

Devant le jury :

-Mr.LaridA.M	Maître de conférences (ENSSMAL)	Président
-Mr.Belkessa.R	Maître de conférences (ENSSMAL)	Examineur
-Mr.Hellel.M	Maître de conférences (ENSSMAL)	Examineur
- Mme. Houma Bachari.F	Maître de conférences (ENSSMAL)	Promotrice

Remerciements

Après ;

Au nom d'Allah le tous Clément le tout Miséricordieux.

Nous tenons à rendre grâce à **Allah** seigneur le tous puissant qui nous a donné la foi et le courage a fin de réaliser ce travail.

Nous ne saurions entamer le présent mémoire sans témoigner de notre gratitude à toutes les personnes qui nous ont apporté aide et soutien

Nos remerciements les plus sincères :

A notre promotrice **M^{EME} BACHARI** qui nous a inspiré ce travail et de nous avoir suivie orienté et dirigé avec patience de puis le début jusqu'à la fin de ce travail et aussi pour son encouragement, sa disponibilité et surtout sa modestie te sa gentillesse.

A monsieur **M.LARID** qui a bien voulu nous honorer par sa présence en président ce jury.

A monsieur **R.BELKESSA** qui nous a accompagnés dans nos sorties en mer et qui nous a fait bénéficier de ces connaissances et en fin d'avoir bien voulu juger notre travail.

A monsieur **M.HELLEL** qui a bien voulu consulter, corriger et juger ce travail.

Nous demeurons également reconnaissants à l'équipe de la bibliothèque de l'ENSSMAL pour leur patience et gentillesse.

Aux gardes côte de Sidi-Fredj pour Leur accueil et la documentation qu'ils nous ont fournie.

Dédicaces

Younes

Je dédie ce mémoire tout d'abords a mes très chers parents qui ont tous fait pour que je réussisse mes études durant toutes mes années d'études, je les souhaite une longue vie pleine de joie et du bonheur.

A mes chers sœurs à qui je souhaite une bonne continuité et réussite dans leurs études sans oublier le petit AMIN à qui je souhaite une longue vie pleine de réussites.

A mon cher petit frère GHANNOU à qui je souhaite également plus de réussite dans ses études.

A mes chers amis SAMIR et LYACINE.

A mon binôme OUAHID avec qui j'ai passé des moments agréables.

A toute la promo aménagement du littoral 2010.

A Tous les travailleurs de l'ENSSMAL, GANOÛ, MOUSTAFA, ALI, AMI KAMAL, AMI MOH, KAMEL.....

Abdelouahad

Tout d'abords je dédie ce travail à la mémoire de mon per que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A ma cher maman a qui je souhaite une longue vie pleine de bonheur.

A mes chers sœurs et leurs familles.

A mes chers frères LOUNIS et ABDNOUR ainsi que leur petites familles.

A mon binôme YOUNES pour tous les moments que nous avons passé ensemble.

A toute la promo aménagement du littoral 2010.

Introduction générale

Chapitre I

1 Situation géographique	4
2 Description de la zone d'étude	4
3 Présentation du port de plaisance Sidi-Fredj.....	5
3.1 Configuration du port de Sidi-Fredj	6
3.2 Les ouvrages extérieurs de port	6
3.3 Aménagement intérieur de port	7
3.4 Les appontements.....	7
3.5 La flotte du port de plaisance de Sidi-Fredj	8
3.6 Les échanges de port avec le large	8
4 La plage est de Sidi-Fredj	10
4.1 Facteurs de l'évolution morpho dynamique	10
4.1.1 La dérive littorale	10
4.1.2 Le régime sédimentologique	10
5 Aspects du milieu physiques et naturel	11
5.1 Le contexte morphologique	11
5.2 Le contexte géologique	12
6 Données climatiques, météorologiques et hydrologiques de la zone côtière de Sidi-Fredj	12
6.1 Les températures de l'air	12
6.2 Les vents	13
6.3 Lescourants	13
6.4 Les houles	13
7 Indicateurs de pressions sur la zone côtière de Sidi-Fredj	14

Chapitre II

1 Principes de la télédétection	15
1.1 Introduction	15
1.2 Définition de la télédétection	15
1.3 Eléments essentiels en Télédétection des principes physiques sur lesquels est fondée la technique de télédétection employée.....	15
1.4 Systèmes de télédétection	15
1.4.1 Capteurs passifs	15
1.4.2 Capteurs actifs	16
1.5 Bases physiques de la télédétection	16

1.5.1 Le rayonnement électromagnétique	16
1.5.2 Spectre du rayonnement électromagnétique	17
1.6 Interactions avec l'atmosphère	18
1.6.1 Diffusion	18
1.6.1.1 La diffusion de Rayleigh	18
1.6.1.2 Diffusion de Mie	18
1.6.1.3 Diffusion non-sélective	19
1.6.2 L'absorption	19
1.7 Interaction avec la matière	21
1.7.1 La réflexion	21
1.7.2 L'absorption	21
1.7.3 La transmission	21
1.7.4 La diffusion	22
1.7.5 L'émission	22
1.7.6 La réflectance (R)	22
1.7.7 La luminance (L)	22
1.8 Les satellites	23
1.8.1 Les satellites géostationnaires	23
1.8.2 Satellite bas à défilement	23
1.8.2.1 Les satellites Landsat	23
1.8.2.2 Le satellite Spot.....	24
2. Etude bathymétrique des zones côtières	26
2.1 Propriétés optiques des eaux de mer	26
2.1.1 Propriétés optiques inhérentes	26
2.1.2 Propriétés optiques apparentes	26
2.1.3 Propriétés spectrales de l'eau de mer	27
2.1.3.1 Le coefficient d'absorption	27
2.1.3.2 Le coefficient de diffusion	28
2.1.3.3 L'Albédo de diffusion	28
2.1.3.4 Le coefficient d'atténuation dans l'eau	28
2.1.4. Propriétés optiques des surfaces d'eau	29
2.1.4.1 Substances dissoutes ou en suspension	29
2.1.4.1.1 Propriétés optiques du phytoplancton vivant et des détrit	
Associés.....	29
2.1.4.1.2 Propriétés optiques des particules minérales en suspension	29
2.1.4.1.3 Propriétés optiques de la substance jaune	29
2.1.4.2 Influence du fond sur la réflectance de la mer	30
2.2 Problèmes posés par l'étude bathymétrique	30
2.2.1 Eclairage au dessous de l'eau	31

2.2.2 Les composantes du signal radiométrique	31
2.2.2.1 Première approche	31
2.2.2.2 Radiance atmosphérique	32
2.2.2.3 Couleur de la mer	32
2.3 Etude du rayonnement sur le trajet sol atmosphère satellite.....	32
2.3.1. Radiation réfléchie par la surface d'eau	32
2.3.2. Radiation diffusée d'un volume d'eau	33
2.3.3. Radiation diffusée du fond	33
2.4 L'imagerie satellitaire	34
II.4.1.Traitement numérique des images	35

Chapitre III

1 Campagnes en mer	36
2 Choix et localisation des stations	36
3 Appareillage et technique de prélèvement	37
3.1 Les paramètres physico-chimiques	37
3.1.1 Prélèvement d'eau de mer et mesures in situ	37
3.1.2 Principe de mesure de la matière en suspension(MES)	38
3.2 Analyse des sédiments	39
3.2.1 Prélèvement de sédiment	39
3.2.2 Travail réalisé au laboratoire	40
3.2.2.1 Protocole de l'étude granulométrique	40
4 La détermination des carbonates	42
4.1 Principe de la méthode	42
4.2 Mode opératoire	42

Chapitre IV

1 paramètres physicochimiques	43
1.1 La température	43
1.2 La conductivité	44
1.3 Salinité	45
1.4 Oxygène dissous	45
1.5 Potentiel d'hydrogène	46
1.6 Matière en suspension (MES)	47
1.7 Turbidité (Tu)	48
2 Résultats et interprétation de l'analyse granulométrique	48

2.1 Résultats de l'analyse granulométrique	48
2.2 Détermination des indices granulométriques	51
2.2.1 Le quartile Q50 ou indice de taille (médiane)	51
2.2.2 Le quartile inférieur Q25	52
2.2.3 Le quartile supérieur Q75	52
2.2.4 Indice de classement de Trask ou indice de tri	52
2.2.5 Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK).....	53
3 . Pelites	54
4 Carbonates	56
5 Application du logiciel SDDS à l'imagerie bathymétrique	58
5.1 Détermination de la bathymétrie par simulation	58
5.2 Présentation du logiciel SDDS.....	58
5.3 Analyse de la variation de la luminance	60
5.4 Applications aux stations	61
5.5 Effet de la profondeur	63
5.6 Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau pour le port et la plage Est de Sidi-Fredj	64
5.7 Conversion en réflectance des données satellitaires brutes	67
5.8 Analyse corrélative et modélisation	68
5.8.1 Coefficient de corrélation (r)	68
5.9 Interprétation des résultats de l'analyse	73
5.10 Ajustement et graphiques des profondeurs en fonction des réflectance Prof (Z)=f(Réf)	74
6 Application PCSATWIN	76
Conclusion générale	83

Liste des figures

Figure I.1 : plages de la commune de Staoueli. (A.P.P.L)	4
Figure I.2 : port et plage Est de Sidi-Fredj.....	5
Figure I.3 : Image du port de plaisance de Sidi-Fredj.....	6
Figure I.4 : Répartition de la flotte du port de plaisance de Sidi-Fredj.....	8
Figure I.5 : échanges des masses d'eaux dans le port de Sidi Fredj	9
Figure I.6 : Image de la plage Est de Sidi-Fredj	10
Figure I.7 : Nature de la couverture sédimentaire (Leclaire, 1972).....	11
Figure I.8 : Carte touristique de Sidi-Fredj	14
Figure II.1 : Ondes électromagnétiques. (Stéphane, 2008).....	16
Figure II.2 : Représentation du spectre électromagnétique (CCT)	17
Figure II.3 : Diffusion du rayonnement (CCT).....	18
Figure II.4 : Diffusion non-sélective du rayonnement	19
Figure II.5 : L'absorption du rayonnement.....	20
Figure II.6 : Relation entre absorption, réflexion et transmission	22
Figure II.7 : Rayonnement solaire dans la masse d'eau. (Sturm.1980).....	27
Figure II.8 : Trajet du rayonnement dans une masse d'eau	34
Figure II.9 : Le pixel dans l'image numérique	35
Figure III.1 : Localisation des stations de prélèvement dans le port et la plage Est de Sidi-Fredj	36
Figure III.2 : Valise multi paramètres	38
Figure III.3 : Rompe de filtration	39
Figure III.4 : Benne Van Veen actionnée à la main	40
Figure III.5 : Etuve	41
Figure III.6 : Tamiseuse électrique	41
Figure III.7 : Balance électrique	42
Figure IV.1 : Variation des températures suivant les stations dans le port et la plage Est de Sidi Fredj	44
Figure IV.2 : Variation des salinités dans le port et la plage Est de Sidi Fredj	45
Figure IV.3 : Variation de saturation en oxygène dissous dans le port et la plage Est de Sidi Fredj	46
Figure IV.4 : Variation du PH dans le port et la plage Est de Sidi Fredj	47
Figure IV.5 : Courbes granulométriques des différentes stations de la plage Est de Sidi-Fredj	49
Figure IV.6 : Courbes granulométriques des différentes stations du port de Sidi-Fredj	50
Figure IV.7 : Répartition des médianes dans le port et la plage Est de Sidi-Fredj	52

Figure IV.8: Relation entre l'indice de classement et la médiane	53
Figure IV.9: Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane	54
Figure IV.10: Répartition des pelites dans la plage Est de Sidi-Fredj	55
Figure IV.11: Répartition des pelites dans le port de Sidi-Fredj	56
Figure IV.12 : Répartition des carbonates de calcium dans le port et plage Est de Sidi- Fredj	57
Figure IV.13: Présentation du logiciel « SDDS » d'application de la simulation des données satellites	58
Figure IV.14 : Introduction des données d'entrée au logiciel SDDS	60
Figure IV.15 : Variation de la luminance sur les différents canaux satellitaires par station	61
Figure IV.16 : Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (SPOT), plage Est de Sidi-Fredj	64
Figure IV.17: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (LANDSAT-TM) plage Est de Sidi6fredj	64
Figure IV.18 : Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (LANDSAT-MSS) plage Est de Sidi6fredj	67
Figure IV.19: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (SPOT) port de Sidi-Fredj	65
Figure IV.20: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (LANDSAT-TM)), port de Sidi-Fredj	65
Figure IV.21: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (LANDSAT-MSS)) port de Sidi-Fredj	66
Figure IV.22: Distribution de la luminance en fonction de la profondeur	67
Figure IV.23: Courbes de corrélation des profondeurs de la plage Est de Sidi-Fredj aux canaux XS de SPOT Droites de liaison et coefficients de corrélation à Téta V(10)	69
Figure IV.24: Courbes de corrélation de la profondeur du port aux canaux XS de SPOT Droites de liaison et coefficients de corrélation	70
Figure IV.25: Ajustement linéaire entre réflectance et profondeur, après inversion des échelles pour la plage Est de Sidi-Fredj	74
Figure IV.26: Ajustement linéaire entre réflectance et profondeur, après inversion des équations pour le port de Sidi-Fredj	75
Figure IV.27: Application des modèles d'insertion de la bathymétrie sur Logiciel PCSATWIN	76
Figure IV.28: Paramètre d'affichage et prévisualisations de l'Image Satellite Landsat TM de la cote algéroise	77
Figure IV.29: Traitement de l'Image Satellite Landsat TM	77
Figure IV.30: Image satellite (Spot) traitée de la baie d'El Djamila	78

Figure IV.31 : Carte bathymétrique de la baie d'El Djamila extraite à partir d'une image traitée Satellite SPOT-XS1	78
Figure IV.32 : Carte bathymétrique de la plage Est Sidi-Fredj Tirée de photo satellite traitée (spot XS1)	79
Figure IV.33 : Carte bathymétrique in situ de la plage Est Sidi-Fredj	80
Figure IV.34 : Carte bathymétrique issue des résultats satellitaire et des modèles appliqués au port de Sidi-Fredj	82

Liste des tableaux

Tableau I.1: Superficie et profondeur des bassins intérieurs de port de Sidi-Fredj	7
Tableau I.2: Appontements fixes dans le port de Sidi-Fredj	8
Tableau I.3 : Appontements flottants dans le port de Sidi-Fredj.....	8
Tableau II.1: Diamètre des divers types de particules atmosphériques diffusantes et absorbantes. (Girard, 2004)	19
Tableau II.2 : L'absorption de la radiation solaire par les différents constituants de l'atmosphère	20
Tableau II.3 : Les principales fenêtres atmosphériques (CCT)	21
Tableau II.4 : Caractéristique des séries de Spot (Girard, 1989).....	25
Tableau II.5 : Caractéristiques principales des capteurs MSS et TM de Landsat et HRV du Spot (Ferdinand Bonn, 1996)	25
Tableau II.6 : synoptique des composantes de l'atténuation d'après.(Jerlov, 1968).....	30
Tableau III.1 : Positionnement des échantillons prélevés dans la plage Est de Sidi-Fredj	37
Tableau III.2: Positionnement des échantillons prélevés dans le port de Sidi-Fredj	37
Tableau IV.1 : Résultats des paramètres physico-chimiques	43
Tableau IV.2 : Pourcentages des refus cumulés dans les différentes stations.....	48
Tableau IV.3: Paramètres granulométriques des sédiments du port et de la plage Est de Sidi Fredj.....	51
Tableau IV. 4 : Classement des sédiments selon l'indice de Trask S_0 . (Folk ,1966).....	53
Tableau IV. 5: Classification des sédiments selon le taux des pelites.....	54
Tableau IV.6: Paramètres d'entrées pour le SDDS	59
Tableau IV.7: Valeurs de la luminance ($w/m^2/sr$) pour les trois canaux du satellite SPOT (plage Est de Sidi-Fredj)	61
Tableau IV.8: Valeurs de la luminance ($w/m^2/sr$) pour les six canaux du satellite Landsat TM (plage Est de Sidi-Fredj).....	62
Tableau IV. 9: Valeurs de la luminance ($w/m^2/sr$) pour les quatre canaux du satellite Landsat MSS (plage Est de Sidi-Fredj).....	62
Tableau IV. 10: Valeurs de la luminance ($w/m^2/sr$) pour les trois canaux du satellite Spot (Port de Sidi-Fredj).....	63
Tableau IV.11: Valeurs de la luminance ($w/m^2/sr$) pour les six canaux du satellite Landsat TM (port de Sidi-Fredj).....	63
Tableau IV.12: Valeurs de la luminance ($w/m^2/sr$) pour les quatre canaux du satellite Landsat MSS (port de Sidi-Fredj).....	63
Tableau IV.13 : Relations de conversion en comptes numériques et en réflectances dans les différents canaux satellitaires	68
Tableau IV.14 : Résultats des analyses corrélatives. TETA V(10).....	71
Tableau IV.15 : Résultats des analyses corrélatives. TETA V(20).....	71
Tableau IV.16: Résultats des analyses corrélatives. TETA V(30).....	71

Tableau IV.17: Résultats des analyses corrélatives des stations du port. Téta V(10).....	72
Tableau IV.18: Résultats des analyses corrélatives des stations du port .TETA V(20)...	72
Tableau IV.19: Résultats des analyses corrélatives des stations du port .TETA V(30)...	72
Tableau IV.20 : Ajustement linéaire $\text{prof}(z)=f(\text{Réf})$ (Plage Est de Sidi-Fredj).....	75
Tableau IV.21: Ajustement linéaire $\text{prof}(z)=f(\text{Réf})$ (Port de Sidi-Fredj).....	76

Introduction

La côte et le littoral algériens et à l'instar de la majorité des zones côtières méditerranéennes, sont sensibles aux changements environnementaux, aux changements créés par le développement économique et aux changements d'utilisation du sol.

Cependant; les zones côtières sont exposées à des énormes risques: La pression démographique où la majorité de la population mondiale est située près des côtes, la croissance des zones urbaines, associée à une expansion rapide de l'industrie et du tourisme et à une exploitation évasée des ressources marines.

Cela a suscité une inquiétude généralisée à l'échelle planétaire concernant le développement durable de ces espaces et leurs ressources naturelles. L'humanité a pris conscience de la fragilité de cet environnement, d'autant plus que les ressources biologiques sont souvent menacées d'où une partie importante des ressources économiques (tourisme, pêche, activités portuaires), provient des zones côtières. **(Farmer et al.,1993)**

La civilisation moderne et l'activité de l'homme sont indéniablement les causes principales de la contamination de l'hydrosphère. **(Salomon, 2003; Houma et al., 2005; Lambert et al., 1981)**

Les activités liées directement à la mer ont pris une place prépondérante, notamment dans les collectivités côtières ; cependant, elles sont tributaires de la santé et de la productivité du milieu marin. L'homme en investissant de plus en plus le milieu marin contribue au déséquilibre de ce milieu. Les ressources vivantes et la biodiversité sont menacées par les pressions anthropiques en termes d'aménagement du milieu côtier, de pollution et d'exploitation.

En effet; le développement des méthodes d'analyse et de surveillance de la qualité des eaux côtières se pose avec une acuité de plus en plus grande. Il est donc utile de fournir au décideur l'information en temps réel afin de préserver et d'exploiter rationnellement le milieu.

Dans cette optique ; nous présentons dans ce travail la méthodologie appliquée pour la caractérisation de la bathymétrie des zones côtières, des applications sont réalisées au niveau du port et la plage Est de Sidi Fredj situés dans la zone algéroise.

La profondeur des fonds marins est une donnée essentielle pour un grand nombre de domaines d'activité: scientifique, économique et politique. La bathymétrie – la science de la mesure des profondeurs de l'océan – a des applications aussi diverses que la gestion des ressources minérales et vivantes et l'aménagement des habitats sous-marins. **(Tassan & Sturm, 1986; Grid-Geneva, 2000)**

L'avènement de l'imagerie satellitale issue des capteurs optiques, par la finesse de sa résolution spatiale et spectrale a donné un nouvel essor au développement de la cartographie des ressources terrestres **(Leroy,1992)**. L'avènement de nouvelles générations d'instruments de détection, appelés satellites, promet d'apporter aux scientifiques une grande capacité de faire des observations détaillées sur la surface de la terre. **(Fingas & Brown, 2000)**

Des études nombreuses 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 satellitale. Ces recherches soulèvent le problème essentiel de l'atténuation de la lumière dans l'eau, et , pour la plupart, tentent de définir la formule mathématique prenant en compte la presque totalité des paramètres qui conditionnent la perception du fond : absorption des différentes longueurs d'onde par l'eau , nature des fonds, turbidité des eaux, etc. **(Sugimura & Tanaka ,1998)**

Des expériences antérieures ont montré que l'estimation de la bathymétrie est réservée aux eaux claires et peu profondes : dans une situation presque idéale, on peut proposer un maximum de 40m de pénétration pour la bande XS1 (500-590 nm), de 8m pour la bande XS2 (610-680 nm) et de 0.5m au maximum pour la bande XS3 (790-890 nm). **(Minghelli-Roman et al.,2007)**

Ces chiffres sont variables en fonction de la clarté des eaux, les matières en suspension entraînant une diffusion de plus en plus importante en relation avec leur concentration et occultant le signal lumineux rétrodiffusé par le fond. **(Lemoalle,1978)**.

Loubersac et al. (1991) ont, quant à eux, utilisé une image HRV pour dresser une carte bathymétrique **(Loubersac et al.,1989)**.

Ibrahim et Cracknell (1990) ont vérifié et validé l'hypothèse du modèle de réflectance de l'eau profonde proposée **par Spitzer & Dirks (1986) et par LeGouic (1987)**.

Avec les cartes marines, la donnée spatiale devient la base de la carte. Dans les eaux tropicales coralliennes, la grande transparence de la mer permet de déterminer la bathymétrie jusqu'à des profondeurs de vingt mètres et même davantage. **(Loubersac et al.,1989)**

La classification d'une première image suggérait la possibilité de relier la luminance à la bathymétrie **(Seguis, 1991)**. L'analyse bathymétrique, à l'aide d'images satellites, a été élaborée dans les années soixante-dix à l'aide d'images MSS de Landsat, puis étendue à l'imagerie HRV de SPOT. **(Krishnamoorthy et al.,1988)**

Le modèle est utilisé de manière opérationnelle en milieu marin à partir des comptes numériques MSS de Landsat et HRV de SPOT. **(Houma , 2009, Morel & Gentili, 2004).**

A cet effet le présent document est constitué de quatre chapitres :

Le **Chapitre I** est réservé à la présentation des sites d'étude

Le **Chapitre II** est consacré pour la partie télédétection et application bathymétrique.

Le **Chapitre III** est consacré à la description du matériel et méthodes utilisées dans la partie pratique.

Le **Chapitre IV**: est réservé à la représentation et l'interprétation des résultats obtenus.

En conclusion, nous synthétisons les résultats de ce travail et nous discutons de la performance de la télédétection spatiale passive dans l'étude de la bathymétrie des zones côtières et sa cartographie automatique.