

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المعهد الوطني لعلوم البحر و تهيئة الساحل
INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU LITTORAL



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR
D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU LITTORAL

OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL

THEME

BAIE DE BOU-ISMAIL ET BAIE D'EL DJAMILA : Paramètres océanographiques, gestion littorale et imagerie bathymétrique



Présenté par :

M^{elle} AL SID CHIKH SAFA
M^{elle} LAINSER KAHINA

Encadré par :

M^r BELKESSA.R..... Promoteur
M^{me} BACHARLF..... Co-promotrice

Soutenu le : 21.07.2008 devant la commission de jury formée de :

M^r BOULAHIDID. M Président de jury
M^{elle} AMROUCHE. L Examinatrice
M^r HEMDANE. Y Examineur

PROMOTION 2007/2008

REMERCIEMENTS

Nous tenons à rendre grâce, tout d'abord, à Dieu de nous avoir donné la foi et la volonté afin d'élaborer ce modeste mémoire.

C'est pour nous un immense plaisir de pouvoir adresser nos plus vifs remerciements à M^r BELKESSA RABAH qui nous a orienté et dirigé avec beaucoup de patience quant au thème de ce projet. Les conseils qu'il nous a prodigué tout au long de ce travail nous ont été très précieux.

Nous prions notre Co-promotrice, M^{me} BACHARI, de trouver ici notre respectueuse considération pour nous avoir guidées par ses instructions et sa disponibilité en dépit de ses nombreuses charges.

A M^r BOULAHIDID, dont nous sommes fières de figurer parmi ses étudiants, et qui nous a fait l'honneur de présider le jury de la soutenance : respectueusement merci.

Une citation particulière à M^{elle} AMROUCHE qui additivement au soutien continu durant notre mémoire, nous fait l'honneur d'être membre du jury.

A M^r HEMDANE, qui a bien voulu consulter ce travail et a accepté de l'examiner.

Nous tenons à remercier Messieurs MEKKI et BOUDJELLAL du laboratoire de Sidi Fredj, ainsi que Messieurs Youssef et Djamel du laboratoire de l'ISMAL qui nous ont facilité l'accès à l'utilisation du matériel et apporté tous les conseils techniques utiles.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les enseignants de l'ISMAL pour le savoir qu'ils nous ont inculqué.

INDEX

ADE	Algérienne Des Eaux
CCE	Conseil des Communautés Européennes
CEAEQ	Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec
CNL	Commissariat National du Littoral
CNERU	Centre Nationale des Etudes appliqués et de la Recherche en Urbanisme
DPM	Domaine Public Maritime
DTP	Direction des Travaux Publics
FAO	Food and Agriculture Organization
FEDEP	Fonds national de l'Environnement et de Dépollution
GIZC	Gestion Intégrée des Zones Côtières
IRD	Institut de Recherche pour le Développement (France)
ISMAL	Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral
LEM	Laboratoire d'Etudes Maritimes
MATE	Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONEDD	Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONM	Office Nationale de Météorologie
PAC	Programme d'Aménagement Côtier
PDAU	Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
PNAE-DD	Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable
SDDS	Simulation Des Données Satellitaires
SDIP	Schéma Directeur des Infrastructures Portuaires
SSMO	Summary of Synoptic Meteorological Observation
STEP	Station d'épuration
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
USNWS	United States Naval Weather Service
ZET	Zone d'Extension Touristique

SOMMAIRE

Introduction	01
CHAPITRE I	- Généralités -
I. Zones d'étude.....	02
I.1. La baie de Bou-Ismaïl.....	02
I.1.1. Situation géographique.....	02
I.1.2. Réseau hydrographique.....	03
I.1.3. Bathymétrie de la baie.....	03
I.1.4. Sédimentologie.....	04
I.1.5. Conditions météorologiques.....	05
I.1.5.1. Les températures et les précipitations	05
I.1.5.2 Les vents	06
I.1.6. Conditions hydrodynamiques	06
I.1.6.1. Les courants généraux	06
I.1.6.2. Les houles.....	07
I.2. La baie d'El Djamila	07
I.2.1. Situation géographique	07
I.2.2. Caractéristiques morphologique et topographique	08
I.2.2.1. Morphologie générale	08
I.2.2.2. Topographie littorale.....	08
I.2.2.3. Topographie sous marine	09
I.2.3. Répartition sédimentaire	10
I.2.4. Hydrodynamisme à la côte	11
I.2.5. Les houles	11
I.2.6. Les vents.....	13
I.2.7. Le climat.....	13
I.2.7.1. Les températures et les précipitations.....	13
CHAPITRE II	- Matériels et Méthodes -
II.1. Campagnes en mer.....	15
II.2. Choix et localisation des stations	15
II.3. Appareillage et technique de prélèvement	16
II.3.1. Paramètres physicochimiques	16
II.3.2. Sédiments	16
II.3.3. Microbiologie	16
II.4. Travaux au laboratoire	16
II.4.1. Analyse granulométrique	16
II.4.1.1. Principe de la méthode	17
II.4.1.2. L'essai granulométrique	17
II.4.2. Carbonates	18
II.4.2.1 Principe de la méthode	18
II.4.2.2 Mode opératoire	18
II.4.3. Métaux lourds	19
II.4.3.1. Conservation des échantillons	19
II.4.3.2. Conditionnement du matériel utilisé	19
II.4.3.3. Traitement des sédiments destinés à l'analyse des métaux lourds	19
II.4.3.3.1. Lyophilisation	19
II.4.3.3.2. Broyage et Tamisage.....	19
II.4.3.3.3. Minéralisation	19
II.4.3.4. Analyse en spectrophotométrie d'absorption atomique (S.A.A).....	20
II.4.4. Analyse bactériologique.....	20
II.4.4.2. Objectif de l'analyse	20
II.4.4.3. Appareillage	20

II.4.4.4. Protocole d'analyse	20
CHAPITRE III - Résultats, Analyses et Interprétations -	
III.1. Les paramètres physicochimiques	22
III.1.1. Variations de la température.....	22
III.1.2. Variations de la salinité	22
III.1.3. Variation de la saturation en O ₂	23
III.1.4. Conclusion.....	24
III.2. La sédimentologie.....	24
III.2.1. Représentation graphique des résultats de l'analyse granulométrique.....	24
III.2.2. Calcul des indices granulométriques.....	25
III.2.2.1. Le quartile Q50 ou indice de taille (médiane).....	26
III.2.2.2. Le quartile inférieur Q25.....	26
III.2.2.3. Le quartiles supérieur Q75.....	26
III.2.2.4. Indice de classement de Trask ou indice de tri.....	26
III.2.2.4.Indice d'asymétrie ou indice de Skewness (Sk).....	27
III.3. Les pérites	28
III.3.1. Interprétation des résultats de l'analyse péritique	28
III.4. La calcimétrie	29
III.4.1.Résultats de l'analyse calcimétrique	29
III.4.2.Interprétation des résultats de l'analyse calcimétrique	29
III.5. Analyse de l'état de pollution.....	30
III.5.1. Pollution par les métaux lourds	30
III.5.1.1. Résultats de l'analyse	30
III.5.2. Pollution microbiologique de l'eau.....	30
III.5.2.1. Observations macroscopiques.....	31
III.5.2.2. Normes de classification	32
III.5.2.3. Synthèse des résultats	32
III.5.2.4. Tests Confirmatifs.....	34
III.5.2.5. Conclusion	35
CHAPITRE IV - Télédétection et Imagerie bathymétrique -	
IV.1. Introduction à la télédétection	36
IV.1.1. Définition de la télédétection	36
IV.1.1.1. Application de la télédétection.....	36
IV.1.1.1.1. Applications de la télédétection en milieux marins et littoraux.....	36
IV.1.1.1.2. Application de la télédétection à la bathymétrie	36
IV.1.1.2. Télédétection passive et active	37
IV.1.2. Les bases physiques de la télédétection	37
IV.1.2.1. Le rayonnement électromagnétique	37
IV.1.2.2. Le spectre électromagnétique.....	37
IV.1.3. Les plates formes, Satellites.....	38
IV.1.3.1. Le satellite SPOT	38
IV.1.3.2. Les satellites LANDSAT	38
IV.1.3.2.1. Première génération LANDSAT 1/2/3.....	39
IV.1.3.2.1.1. Radiomètre MSS.....	39
IV.1.3.2.2. Deuxième génération LANDSAT 4/5.....	39
IV.1.3.2.2.1. Capteur pour cartographie thématique (TM).....	39
IV.1.4. Les propriétés optiques de l'eau de mer	40
IV.1.4.1. Originalités spectrales des surfaces en eau.....	40
IV.1.4.2. Matériaux et particules en suspension	41
IV.1.6. L'imagerie satellitaire	41
IV.2. application du logiciel SDDS à l'imagerie bathymétrique	42
IV.2.1. Présentation du logiciel SDDS	42
IV.2.2. Analyse de la variation de la luminance	43
IV.2.2.1. Application aux stations	44
IV.2.2.2. Effet de la profondeur	48
IV.2.3. Conversion en réflectance des données satellitaires brutes	50

Listes des figures

Figure I.1 : Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl.....	02
Figure I.2 : Localisation de la baie de Bou-Ismaïl.....	02
Figure I.3: Réseaux hydrographiques du bassin versant des oueds de la baie de Bou-Ismaïl.....	03
Figure I.4 : Topographie de la baie de Bou-Ismaïl.....	03
Figure I.5 : Carte géomorphologique de la baie de Bou-Ismaïl.....	04
Figure I.6 : Carte sédimentologique de la baie de Bou-Ismaïl.....	05
Figure I.7: Evolution des moyennes mensuelles de la température de l'air à Bou-Ismaïl.1983/1986	06
Figure I.8 : Evolution de moyennes mensuelles des Précipitations à Bou-Ismaïl. 1983/1986.....	06
Figure I.9 : Circulation de l'eau méditerranéenne.....	06
Figure I.10 : Situation géographique de la baie d'El Djamila.....	08
Figure I.11 : Etat de la plage Est 14 ans après la construction du port.....	09
Figure I.12 : Effet du port de Sidi Fredj sur l'évolution de la côte Est.....	09
Figure I.13 : Carte bathymétrique de la baie d'El Djamila.....	09
Figure I.14 : Carte représentative de la morphologie sous-marine de la baie d'El Djamila.....	10
Figure I.15 : Carte sédimentologique de la baie d'El Djamila.....	10
Figure I.16 : Hauteurs de la houle à la côte selon différentes directions dans la baie d'El Djamila...	12
Figure I.17: Courbe des températures moyennes mensuelles de l'air.....	13
Figure I.18: Courbe des précipitations moyennes mensuelles.....	13
Figure I.19 : Diagramme ombrothermique (1993 - 2003)	14
Figure II.1 : Localisation des stations de prélèvement dans la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila.	15
Figure III.1 : Variations de la température suivant stations dans la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila.....	22
Figure III.2 : Variations de la salinité suivant les stations dans la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila.....	23
Figure III.3 : Variations de la saturation en oxygène suivant les stations dans la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila.....	23
Figure III.4 : Courbes granulométriques des stations étudiées.....	25
Figure III.5 : Carte de la répartition de la médiane (Q50) sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila.....	26
Figure III.6 : Carte de la répartition des pélites sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila.....	29
Figure III.7 : Carte de la répartition des carbonates sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila.....	30
Figure III.8 : Evolution des CF suivant les stations.....	34
Figure III.9: Evolution des SF suivant les stations.....	34
Figure IV.1 : Le spectre électromagnétique.....	37
Figure IV.2 : Absorption de la lumière par 10 m d'eau pure en fonction de la longueur d'onde.....	40
Figure IV.3 : Variation de la transmission de lumière en fonction de la profondeur pour les différentes eaux de mer.....	41
Figure IV.4 : Pixel et niveaux de gris.....	41
Figure IV.5 : Présentation du logiciel SDDS.....	42
Figure IV.6 : Introduction des données d'entrée au logiciel SDDS.....	43
Figure IV.7 : Variation de la luminance en fonction de l'angle zénithal.....	44
Figure IV.8 : Situation des sondes bathymétrique dans la baie de Bou-Ismaïl.....	44
Figure IV.9 : Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (SPOT).....	49
Figure IV.10: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (LANDSAT-TM)....	49
Figure IV.11 : Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (LANDSAT-MSS)	49
Figure IV.12 : Courbes de corrélation de la profondeur aux canaux XS 1, 2, 3 et TM 1, 2, 3, 4, 5, 7 et MSS4, 5, 6 et 7.....	52
Figure IV.13 : Courbe de corrélation exponentielle de la profondeur à XS1.....	54
Figure IV.14: Courbe de corrélation logarithmique de la profondeur à XS1.....	54
Figure IV.15: Courbe de corrélation polynomiale de la profondeur à XS1.....	54
Figure IV.16: Image satellitaire brute de la baie de Bou-Ismaïl sur le canal.Scène corrigée des effets atmosphérique.....	55

Figure IV.17: Image satellite LANDSAT-TM1 de la baie de Bou-Ismaïl en conversion bathymétrique.....	56
Figure IV.18 : Carte bathymétrique de la baie de Bou-Ismaïl extraite à partir d'une image satellite LANDSAT-TM1.....	56
Figure V.1: Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou-Ismaïl.....	75

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Températures mensuelles moyennes de l'air (°C) de la baie de Bou-Ismaïl, 1976-2005.....	05
Tableau I.2 : Précipitations mensuelles (mm) relevées à la station de Bou Haroun (1993-1996).....	05
Tableau I.3: Fréquences mensuelles des houles selon les directions au large d'Alger (1963-1970).....	07
Tableau I.4: Moyennes mensuelles des températures de l'air dans la région d'Alger (1993 à 2003).....	13
Tableau I.5: Moyennes mensuelles des précipitations dans la région d'Alger (1993 à 2003).	13
Tableau II.1 : Stations de prélèvement de la première campagne.....	15
Tableau II.2 : Classification des grains de sable d'après Monbet, 1972.....	17
Tableau III.1 : Résultats granulométriques (pourcentages des refus cumulés).....	24
Tableau III.2 : Classement des sédiments selon l'indice de Trask (S_0).....	27
Tableau III.3 : Récapitulatif des valeurs des différents quartiles tirés des courbes cumulatives et des indices granulométriques.....	28
Tableau III.4 : Taux de pélites pour chaque station.....	28
Tableau III.5 : Classification des sédiments selon le taux de pélites.....	29
Tableau III.6 : Taux de carbonates pour chaque station.....	29
Tableau III.7 : Aspect des milieux de culture avant et après incubation.....	31
Tableau III.8: Résultats bruts des concentrations bactériennes en CF et SF obtenus pour chaque station de la méthode de FM.....	31
Tableau III.9 : Principaux critères de qualité des eaux de baignade.....	32
Tableau III.10 : Classification microbiologique de l'eau selon les normes AFNOR.....	32
Tableau III.11 : Classifications des eaux analysées selon les normes AFNOR.....	33
Tableau III.12 : Normes européennes de la qualité microbiologique des eaux de baignade...	34
Tableau IV.1 : Caractéristiques du capteur HRV de SPOT.....	38
Tableau IV.2 : Caractéristiques du MSS de LANDSAT-2.....	39
Tableau IV.3 : Caractéristiques du TM de LANDSAT.....	39
Tableau IV.4 : Les paramètres astronomiques et atmosphériques d'entrée pour les applications du logiciel.....	43
Tableau IV.5 : Les valeurs de la luminance pour les trois canaux de Spot en fonction de Teta V.....	44
Tableau IV.6 : Les valeurs de luminance pour les six canaux de LANDSAT-TM en fonction de TetaV.....	46
Tableau IV.7 : Les valeurs de luminance pour les quatre canaux de LANDSAT-MSS en fonction de Teta V.....	47
Tableau IV.8 : Relations de conversion en comptes numériques et en réflectances dans les différents canaux satellitaires.....	50
Tableau IV.9 : Résultats des analyses corrélatives.....	53
Tableau IV.10 : La droite d'ajustement choisie pour l'application.....	55
Tableaux V.1 : Les menaces sur l'écosystème côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila.....	58

C'est dans l'effort que l'on trouve la satisfaction et non dans la réussite. Un plein effort est une pleine victoire.

Mohandas

Karamchand Gandhi

Introduction

INTRODUCTION

La baie d'El Djamila et la baie de Bou-Ismaïl, étant le tiers oriental de la métropole algéroise, sont entrain de connaître un développement économique et démographique sans précédent. Le taux élevé d'accroissement de la population a ainsi engendré une urbanisation accélérée, le plus souvent de manière anarchique qui a vu la surfréquentation des côtes. L'installation d'infrastructures côtières (ports, ouvrages de défense..), l'artificialisation accrue du linéaire côtier, le déversement d'eaux usées ne se font pas sans conséquences sur l'environnement.

La prise de conscience croissante de cette situation de dégradation de l'environnement et de ses conséquences a déclenché de nombreuses études scientifiques et selon des thèmes différents, c'est ainsi que nous retrouvons des travaux effectués dans les domaines se rapportant à la dynamique sédimentaire et l'érosion, la courantologie, les paramètres physicochimiques, la pollution, la biologie...etc. Ils sont l'œuvre du PAC, 2005 ; DAGORNE, 1970 ; SONATRACH, 1969 ; ISMAL de 1988 à 2007...etc. De telles études sont basées sur des concepts capables de formuler un guide pour les activités socio-économiques afin de garantir la conservation à long-terme des éléments vitaux du système environnemental.

Pour en faire partie, le présent mémoire se veut comme une prospection additive qui touche à quelques paramètres clés de l'évolution de cette zone que se soit par des moyens traditionnels ou par des moyens plus récents.

Dans cet objectif, l'étude va s'orienter sur un certain nombre de paramètres océanographiques, à savoir les paramètres physicochimiques de l'eau de mer, la sédimentologie, la pollution par les métaux lourds et la pollution microbiologique. Ensuite, on opte pour une illustration intéressante de l'apport de photo-satellites qui s'avère considérable à nos jours surtout lorsqu'on cherche des indications sur l'évolution spatio-temporelle des paysages littoraux de point de vue hydro-morpho-sédimentaire (bathymétrie).

Il est donc largement admis que le développement de cette zone côtière doit être basé sur la compréhension de ses propres processus, appuyé par des moyens technologiques conséquents et des capacités socio-économiques. Ainsi, il y a un besoin urgent pour un développement contrôlé de cette zone. Pour cela, notre travail s'enrichit par une initiation à la gestion intégrée de la zone côtière en question, tout en prenant en compte l'ensemble des variables étudiées et les contraintes qui agissent amplement sur les sites côtiers dont on essaye d'aménager la gestion pour obtenir un équilibre acceptable et une protection durable du littoral.

Parvenir à ces objectifs impose qu'une logique d'étude doit être suivie. Pour cela, on prévoit une méthodologie de travail en cinq chapitres :

Dans le premier chapitre, nous allons faire part des généralités au cours desquelles nous nous attardons sur la situation géographique des deux baies, la description des données naturelles physiques (morphologie, sédimentologie et bathymétrie), hydrologiques (courants, houles) et climatiques (températures, précipitations, vents),

Dans le second chapitre, nous décrivons les procédés de prélèvements et de mesures effectués au terrain et au laboratoire et qui seront destinées à un certain nombre d'analyses pour les stations d'étude considérées.

Au cours du troisième chapitre, nous présentons les résultats obtenus et proposons des interprétations qui leur sont liées.

Le quatrième chapitre est consacré à l'exploitation des données de télédétection ; comporte deux parties, la première partie rassemble quelques notions introductrices à la télédétection, la deuxième partie concerne l'application de cette dernière à la bathymétrie par l'intermédiaire des logiciels SDDS et PCSATWIN.

On termine, dans le dernier chapitre, par une étude initiatrice à la gestion intégrée de notre zone côtière où nous proposons des solutions aux différents problèmes environnementaux recensés.

Le travail est clôturé par une conclusion générale. Ainsi, des schémas, photos, cartes et illustrations sont intégrés afin d'enrichir le document.

CHAPITRE I

Généralités

I. Zones d'étude

I.1. La baie de Bou-Ismaïl

I.1.1. Situation géographique :

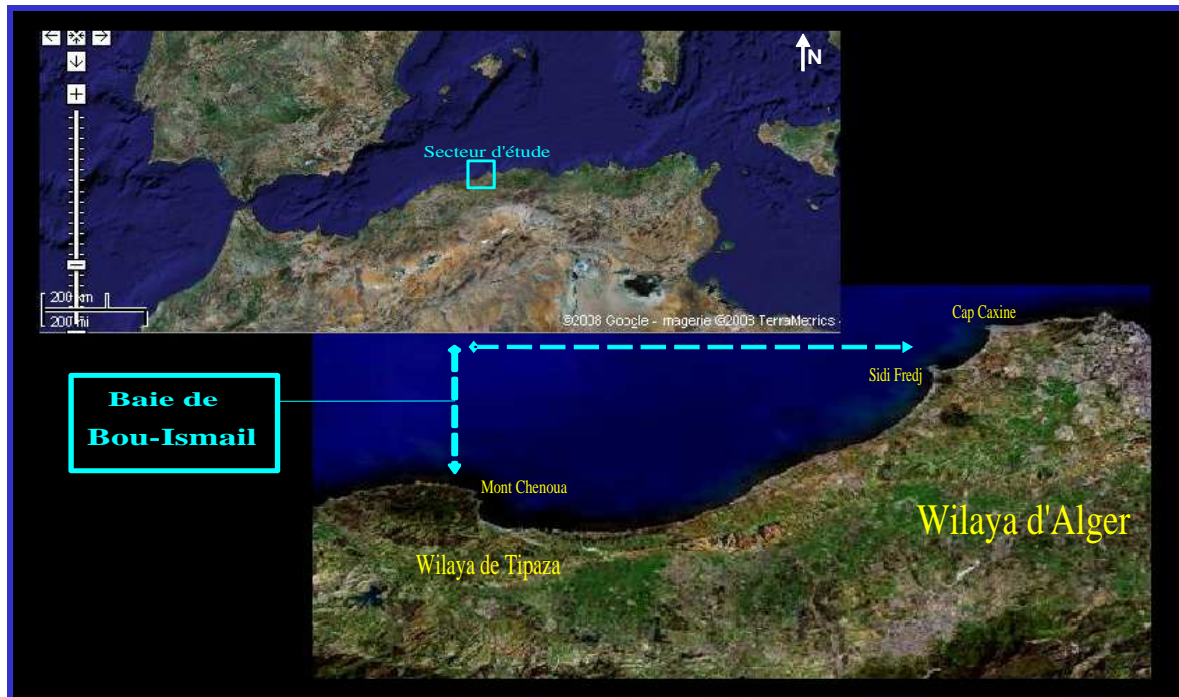


Figure I.1 : Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl

Notre première zone d'étude correspond à la baie de Bou-Ismaïl ; ex Castiglione, l'une des plus importantes de la cote algérienne. Elle couvre une superficie de l'ordre de 350 km^2 avec une ouverture de 40 km (Leclaire, 1972) orientée vers le nord Ouest.

La baie de Bou-Ismaïl est située à 45km à l'Ouest d'Alger, elle est délimitée par le Ras Acrata à l'Est de Sidi Fredj et le Mont Chenoua (Ras El Amouche) à l'Ouest, soit $2^{\circ}55'$ Est et $36^{\circ}48'$ Nord à $2^{\circ}24'$ Est et $36^{\circ}38'$ Nord. Vers le Sud, la baie est limitée par le rivage qui dessine un cercle à grand rayon de courbure interrompu à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj (Dagorne, 1970).

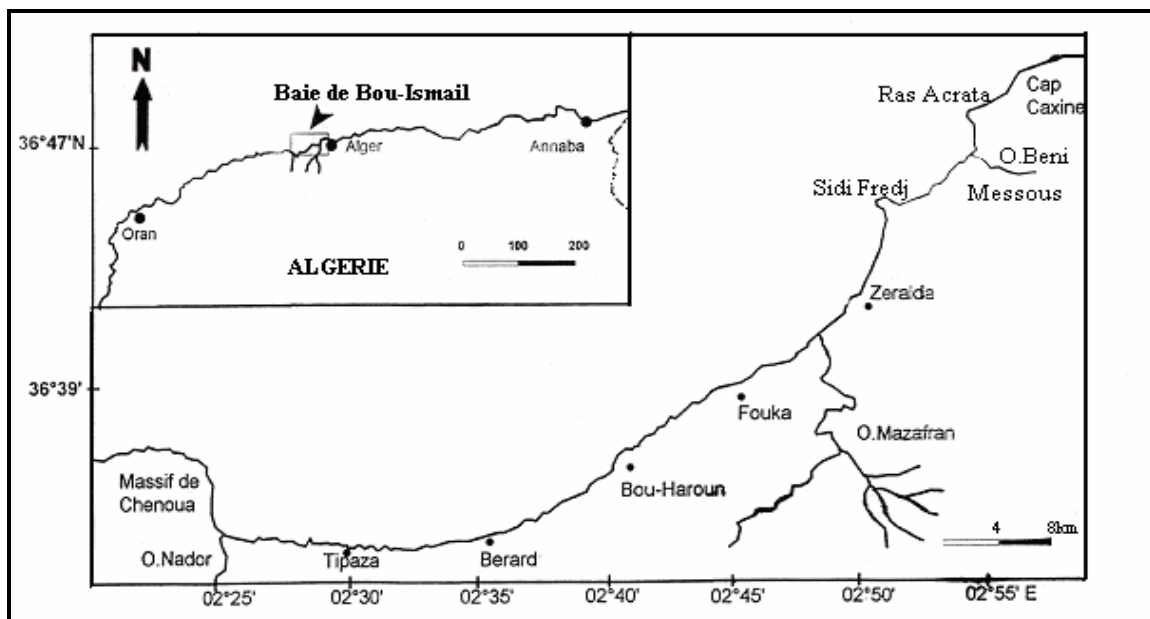


Figure I.2 : Localisation de la baie de Bou-Ismaïl

I.1.2. Réseau hydrographique :

Trois Oued traversent la plaine de la Mitidja et déversent dans cette baie :

- Oued Beni Messous : situé entre Ras Acrata et le pointement de Sidi Fredj.
- Oued Mazafran : situé à l'Ouest de Sidi Fredj, débouche dans la mer entre Douaouda et Zeralda avec un débit de $7,566 \text{ m}^3/\text{s}$ en période hivernale. Il prend naissance à la jonction de l'oued Chiffa, Djer et Roumi.
- Oued Nador : situé entre Tipaza et le Mont Chenoua. Il regroupe 3 oueds : Bou Yersen, Bou Ardon et Merrad, son débit annuel est de $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$.

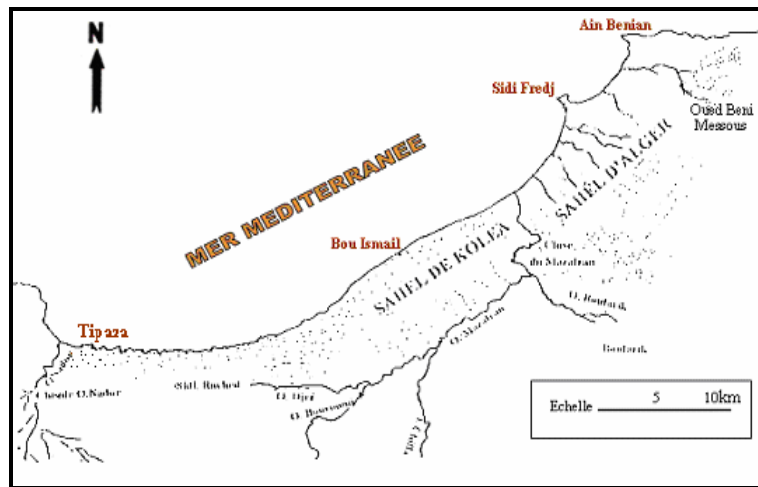


Figure I.3: Réseaux hydrographiques du bassin versant des oueds de la baie de Bou-Ismaïl

I.1.3. Bathymétrie de la baie:

La courbe bathymétrique 200m est considérée généralement comme la limite de la marge continentale algérienne et le domaine des plaines abyssales, sa largeur moyenne est de 24km, elle atteint 55km au maximum dans la baie de Bou-Ismaïl.

Le plateau continental, étant très étroit, atteint un maximum de 13km au niveau du Mont Chenoua et un minimum de 3km entre Sidi Fredj et Alger. Il est caractérisé par une pente de l'ordre de 2 à 3% avec une ligne d'inflexion nette autour de l'isobathe 100m. Cette pente est perturbée par quelques pointements rocheux localisés au large du Mazafran et de Bousmail.

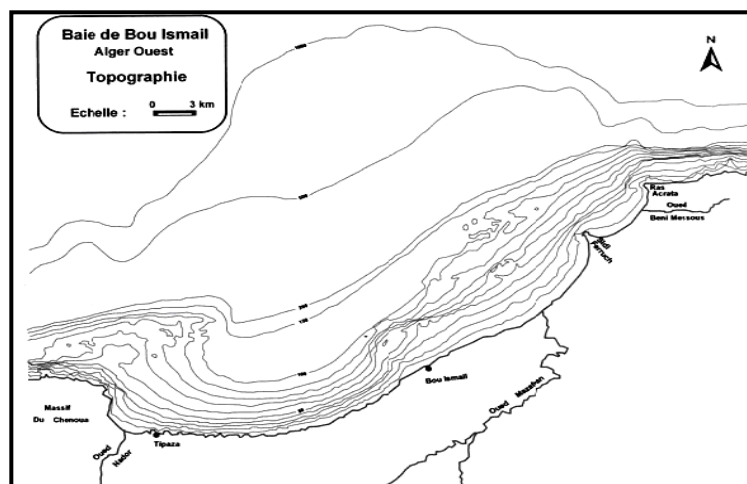


Figure I.4 : Topographie de la baie de Bou-Ismaïl (Leclaire, 1972)

Les plages de cette baie se répartissent en trois types : (**Hadjjamar, 1993**)

- Premier type : correspond aux cotes basses et sableuses. (Zeralda).

- Deuxième type : correspond aux cotes basses et rocheuses à bord non abruptes présentant des entablements sous-marins envahis par les herbiers et zoostères et posidonies. (Région de Bousmail).
- Troisième type : plages à cotes rocheuses déchiquetées à forte pente. (Baie de Chenoua).

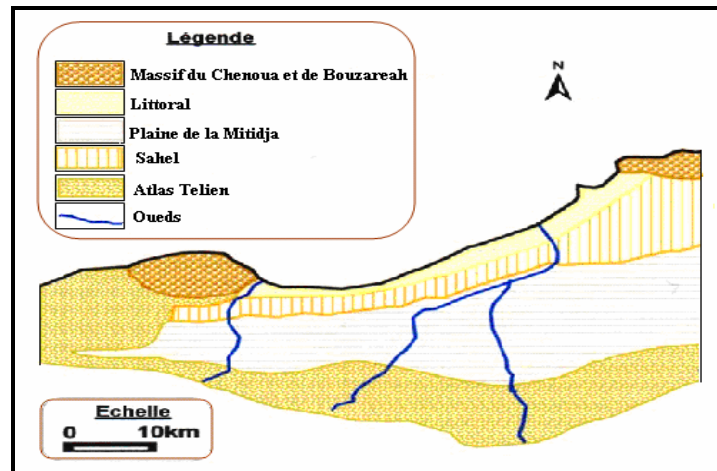


Figure I.5 : Carte géomorphologique de la baie de Bou-Ismaïl (LEM, 1999)

I.1.4. Sédimentologie :

La sédimentation à l'intérieur varie selon la bathymétrie. La baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par un sédiment relativement homogène.

Près du rivage se trouve une zone étroite de sable fin terrigène avec des prairies de posidonies s'étendant entre l'isobathe -15 à -30m.

Entre Douaouda et Ras Acrata se trouvent des sables fins très quartzeux d'origine terrigène et bioclastique, qui se chargent progressivement vers le large en matériaux argileux détritiques et passent successivement à des sables vaseux et des vases sableuses surtout à l'Est de la baie, pour donner des vasières qui prédominent dans la partie Ouest de la baie (**Dagorne, 1970**).

Entre Fouka et Bousmail et au large du massif du Chenoua, le sable grossier prédomine. En face de Bou Haroun se trouve des sédiments détritiques côtiers plus ou moins envasés aux environs de 20 à 30m de profondeur.

Les études faites par Muraour et Hollands (1951) et Durand (1952-1958, **Aouided, 1997**), indiquent la présence d'une bordure rocheuse de Tipaza à Khemisti qui est constituée de gré calcaire. Sur le prolongement de la bordure, le sable se mêle à des algues calcaires et à des débris de coquilles de mollusques et de tests d'oursins.

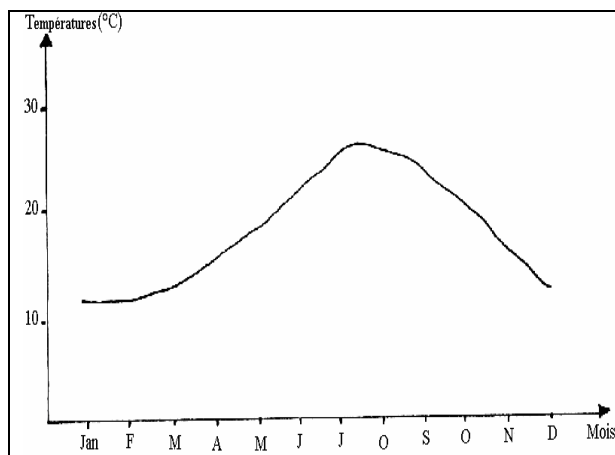


Figure I.7 : Evolution des moyennes mensuelles de la température de l'air à Bou-Ismaïl.1983/1986. (Korichi, 1988).

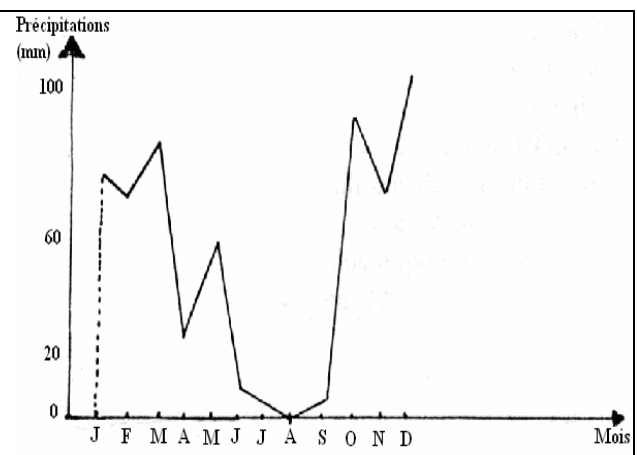


Figure I.8 : Evolution des moyennes mensuelles des précipitations à Bou-Ismaïl.1983/1986. (Korichi, 1988).

I.1.5.2. Les vents :

Les vents sont générateurs des vagues, des houles et des courants..

L'intensité et la fréquence des vents sont à l'origine de la mobilisation d'importantes quantités de sables, leur déplacement et leur distribution sur la côte.

Les vents qui se déploient dans cette zone, se divisent en deux groupes dominants :

- Vents de secteur Ouest (Nord-Sud-Ouest) de 2m/s en moyenne et dominants de Novembre à Avril.
- Vents de secteurs Est (Sud Sud Est, Nord Nord Est) de plus de 2m/s dominants de Mai à Octobre et peuvent être très violents de 15 à 20 m/s durant 3 à 4 jours consécutifs.

I.1.6. Conditions hydrodynamiques :

I.1.6.1. Les courants généraux:

Le courant dominant au large de Bou-Ismaïl est d'origine atlantique ; c'est le « Courant Algérien », il pénètre dans la Méditerranée par le détroit de Gibraltar sous forme d'une couche superficielle de 150m d'épaisseur et d'une largeur de 50km, il longe les côtes algériennes allant vers l'Est, il donne naissance à des tourbillons anticycloniques de 100km de diamètre (Millot, 1985) associés à des remontées d'eau de fond induisant des zones de fortes productivités biologiques.

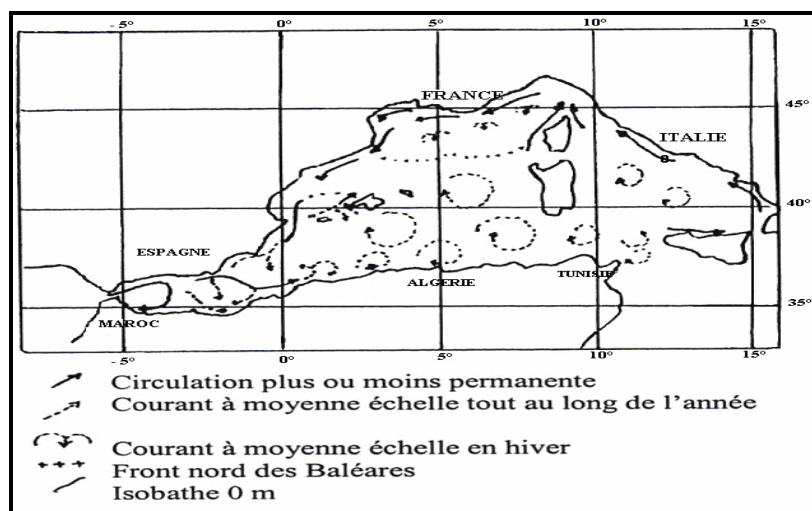


Figure I.9 : Circulation de l'eau méditerranéenne (in Millot, 1989)

Ce courant crée un contre courant littoral vers l'Ouest dans la majorité des baies orientées vers l'Est, c'est le cas de la baie de Chenoua, les courants de surface entraînent le transport d'un sédiment fin, tandis que les courants de fonds interviennent dans l'érosion du sédiment.

I.1.6.2. Les houles :

D'une manière générale, la houle est définie comme une oscillation de la partie superficielle du plan d'eau et dépend du régime des vents.

Les secteurs de houles prédominantes et leurs amplitudes ont été déterminés grâce à l'analyse statistique des données de houle au large.

Le tableau suivant, repris auprès de l'U.S.N.W.C pour une période allant de 1963 à 1970, à partir d'un document intitulé **SSMO**, montre les fréquences mensuelles des houles au large des côtes algériennes situées entre les méridiens 2° et 5° Est et les parallèles 36.5° et 38° Nord.

Tableau I.3: Fréquences mensuelles des houles selon les directions au large d'Alger (**SSMO, d'après U.S.N.W.C 1963 – 1970**).

Direction Mois	Nord	NE	Est	SE	Sud	SO	Ouest	NO
Janvier	8,2	12,9	18,2	5	6,5	13,2	28,8	7,3
Février	8,8	13,3	12,6	4	6	16,9	35,6	5,8
Mars	11,3	12,6	15,8	3,6	4,5	13,3	30,5	9,2
Avril	11,7	15,8	16	2	4,4	13,7	26,6	10,2
Mai	8,4	26,3	31,9	3	3,3	7,2	13,9	6,2
Juin	9,2	29,1	29,8	1,8	1,4	8,2	16,3	2
Juillet	5,9	32,5	35,1	1,4	0,9	5,9	16,2	2
Aout	8,9	27,5	37,4	1,9	1,1	5	13,4	4,9
Septembre	6,7	26,4	40,5	2,2	2,3	4,5	14,8	2,5
Octobre	7,8	14,1	20,3	3,2	4,3	14,8	28,8	6,9
Novembre	5,4	5,7	10	5,1	8	15,9	40,4	9,4
Décembre	10,2	6,2	9,3	4,6	7,4	15	37,1	10

Les houles hivernales sont de direction Ouest et Nord-Ouest, elles engendrent des courants de retour dès leur arrivée perpendiculairement à la côte, ces courants prennent avec eux les sédiments côtiers vers le large.

Les houles estivales sont de direction Nord-Est, s'orientent tangentiellement par rapport à la côte, entraînant une dérive littorale de l'Est vers le Sud-Ouest et s'accompagnent d'un transfert de sédiments (**Haddouche, 1994**) qui engraisent le rivage.

I.2. La baie d'El Djamila

I.2.1. Situation géographique :

La deuxième zone d'étude de ce présent travail concerne une baie relativement fermée se situant à une trentaine de kilomètres à l'Ouest d'Alger et ayant presque 6 km de côte : c'est la baie d'El Djamila. Elle représente le quart oriental de la baie de Bou-Ismaïl.

Il s'agit d'une côte sableuse basse dont le rivage est orienté Sud Ouest- Nord Est, limitée du côté Est par le Ras Acrata, du côté Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj. Ses coordonnées géographiques sont :

2°53'42.792" Est et 36°48'5.796" ; Ras Acrata.

2°50'54.744" Est et 36°45'43.092" ; Port de Sidi Fredj.



Figure I.10 : Situation géographique de la baie d'El Djamila

I.2.2. Caractéristiques morphologique et topographique :

I.2.2.1. Morphologie générale :

Une grande partie du linéaire côtier est caractérisée par des accumulations sableuses d'origine marine et éolienne.

Le côté Est de la baie, entre l'embouchure de l'Oued Beni Messous et le port de Sidi Fredj, est bordé par un cordon dunaire. Ces dunes sont limitées par des plages plus ou moins larges.

L'Oued Béni Messous qui limite la baie est situé à environ 5km à l'Est de Sidi Fredj. Il prend source dans le grand Chéraga, traverse les communes de Bouzaréah, Dely Brahim et Ain Benian et débouche au niveau d'une plage appelée « Les Dunes » à environ 2km à l'ouest du port d'El Djamila. Du côté Est de l'embouchure, le littoral est taillé en falaises.

La morphologie des sites côtiers peut être modifiée par les mouvements de mobilisation et de transfert de sédiments. Elle dépend de la lithologie des sols composant la côte.

I.2.2.2. Topographie littorale:

La baie d'El Djamila est une plage sableuse dont la lithologie est très variée. Il s'agit d'une zone suffisamment ouverte qu'elle reçoit fréquemment les importantes houles Nord Ouest induisant l'amaigrissement de certaines parties de ses plages. Pour parer à ce phénomène d'érosion, de nombreux ouvrages de défense transversaux (épis) ont été mis en place dans un but de freiner le transit littoral et d'engraisser la bande côtière. Figure I.11 et figure I.12.

Le phénomène d'amaigrissement: les plages les plus exposées à l'action hydrodynamique de la houle sont les plages de Moretti et Club des pins vu qu'elles reçoivent de fortes houles Nord Ouest en hiver.

Le phénomène d'engraissement: les sables transportés par la dérive littorale Nord Est et entraînés vers le Sud Ouest forment une zone d'accumulation à l'ombre de la jetée Sud du port de Sidi Fredj qui est relativement protégé des houles Ouest pendant la saison hivernale.

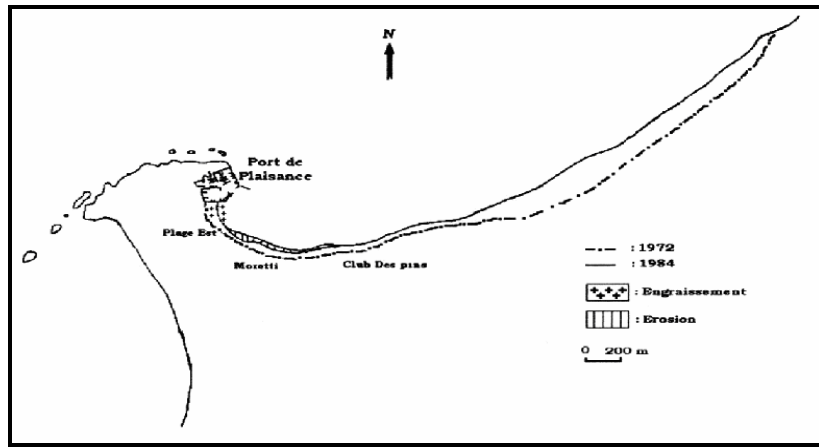


Figure I.11 : Etat de la plage Est 14 ans après la construction du port (Oukazi, 1993)

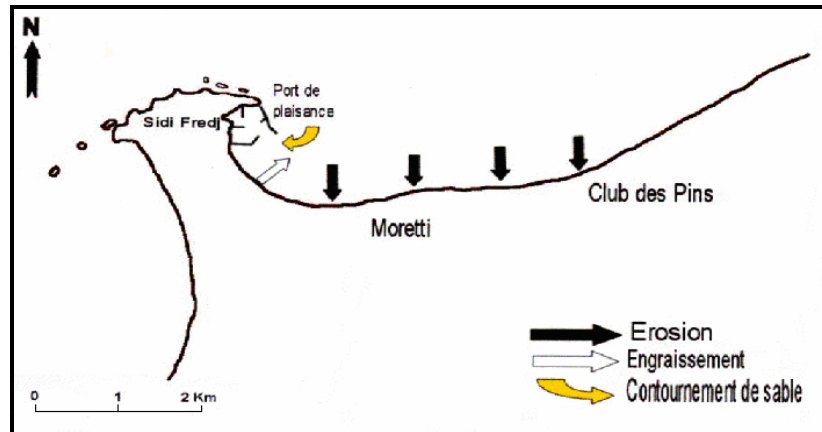


Figure I.12 : Effet du port de Sidi Fredj sur l'évolution de la côte Est (Oukazi, 1993)

I.2.2.3. Topographie sous marine:

La baie d'El Djamila se caractérise par une topographie sous marine à pente douce régulière d'Ouest en Est, Figure I.13. Suite à la dérive littorale et aux transferts côtiers de sédiments, le régime de sédimentation est très instable dans l'espace et dans le temps.

Parmi les perturbations morphologiques du fond marin qui existent :

La présence de deux fosses dans la partie Est de la baie entre les profondeurs 15 à 19m et 18 à 22m.

La présence de petits hauts fonds reflétant l'existence de dunes hydrauliques entre 14 et 15m de profondeur.

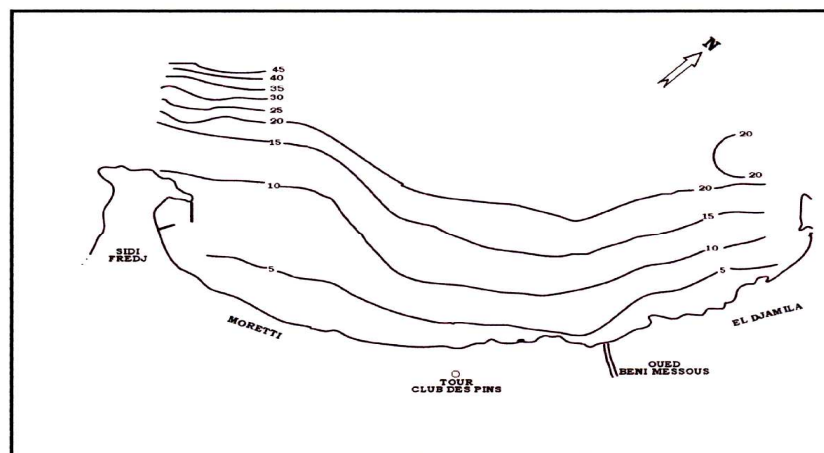


Figure I.13 : Carte bathymétrique de la baie d'El Djamila (Bakir, 1987)

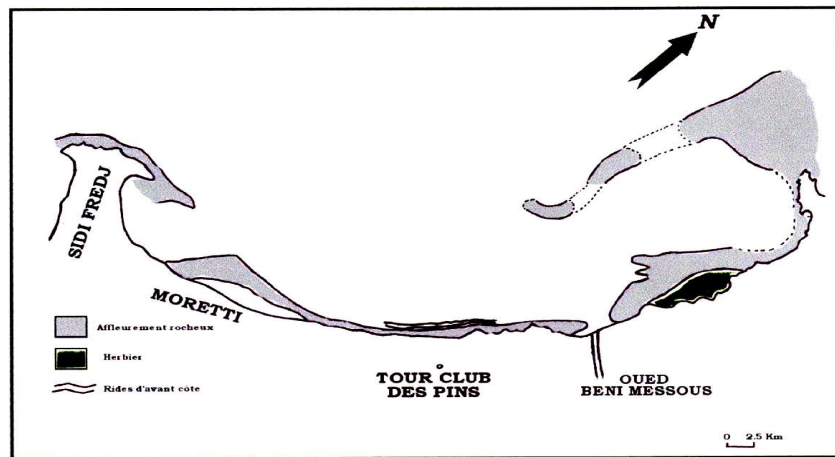


Figure I.14 : Carte représentative de la morphologie sous-marine de la baie d'El Djamilia (Aymé, 1965)

I.2.3. Répartition sédimentaire :

Suite aux déferlements à la côte, la mobilisation des sédiments devient de plus en plus importante que se soit par charriage ou par remise en suspension des matériaux.

Par contre, dans des zones plus profondes, l'hydrodynamisme faible va former des milieux homogènes dont la granulométrie est plus fine. Figure I.15.

La carte sédimentaire (**Programme d'Aménagement Côtier, PAC2005**) montre les différents types granulométriques de sédiments suivants :

- **Sables fins infralittoraux** : forment une bande tout au long de la frange côtière, sans jamais dépasser **30m** de profondeur.
- **Sables envasés** : occupent les fonds entre **-25** et **-50m**.
- **Sables vaso-sableux** : inexistants dans le secteur Est de la baie.
- **Vases** : sont quasiment absentes dans la baie d'El Djamilia, elles apparaissent au large de la presqu'île de Sidi Fredj et forment une bande qui s'étale progressivement entre Zeralda et Bousmail.
- **Sables grossiers et graviers fins** : sont localisés essentiellement en face du Ras Acrata par **25m** de profondeur.
- **Sables Graveleux** : localisés dans la partie Est de la Baie d'El Djamilia, ils occupent les fonds compris entre **35** et **10m** de profondeur.
- **Graviers envasés** : localisé au large de Ras Acrata sur un fond de **-40m** à **-90m** ainsi qu'au niveau de l'embouchure de l'Oued Beni Messous et s'étend vers l'Ouest de Bousmail.

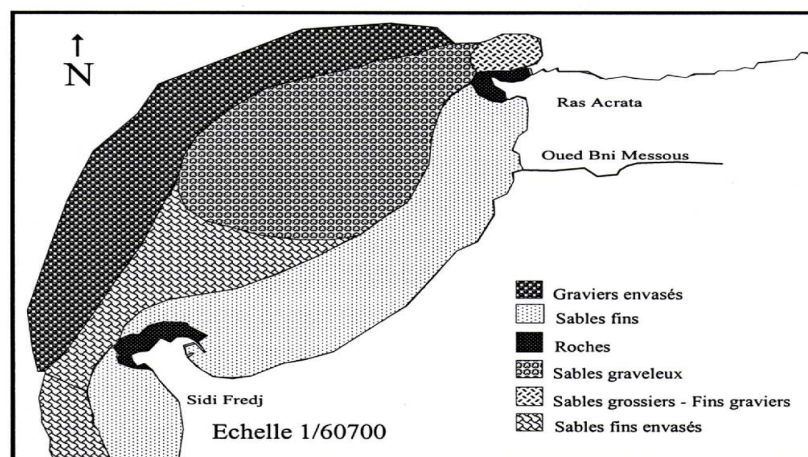


Figure I.15 : Carte sédimentologique de la baie d'El Djamilia (Allag et Ressad, 2006)

I.2.4. Hydrodynamisme à la côte :

L'hydrodynamisme est important dans cette zone. La présence de certains affleurements rocheux d'une part et la forme caractéristique de la baie fait que l'hydrodynamisme s'accroît au niveau du Cap de Sidi Fredj et le massif de Chenoua où le plateau continental est étroit. Ceci entraîne un transfert permanent de sédiments vers la partie Est de la baie.

Au niveau de la côte et à l'Est du port d'El Djamila, la dynamique sédimentaire est importante, provoquée par l'intensité des houles de l'Ouest, Nord Ouest et Ouest Nord Ouest et on note la dominance de sables grossiers. Ces houles provoquent le démantèlement de la falaise du Ras Acrata et des platiers rocheux. Les apports de l'oued de Beni Messous avec un débit liquide faible de $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$ contribuent partiellement à l'ensablement de la zone et notamment durant les crues exceptionnelles (Novembre 2007).

I.2.5. Les houles:

D'après le même document SSMO, pour la baie d'El Djamila, on constate :

Les houles Nord se répartissent régulièrement durant l'année.

En Hiver: les houles les plus importantes viennent de l'Ouest avec les amplitudes les plus grandes, elles sont de l'ordre de 2 à 2,5m pouvant atteindre jusqu'à 4 à 6m.

En Été: les directions les plus observées sont d'origine Est, et Nord Est d'une fréquence et d'une amplitude plus faibles, de 0,5 à 1m.

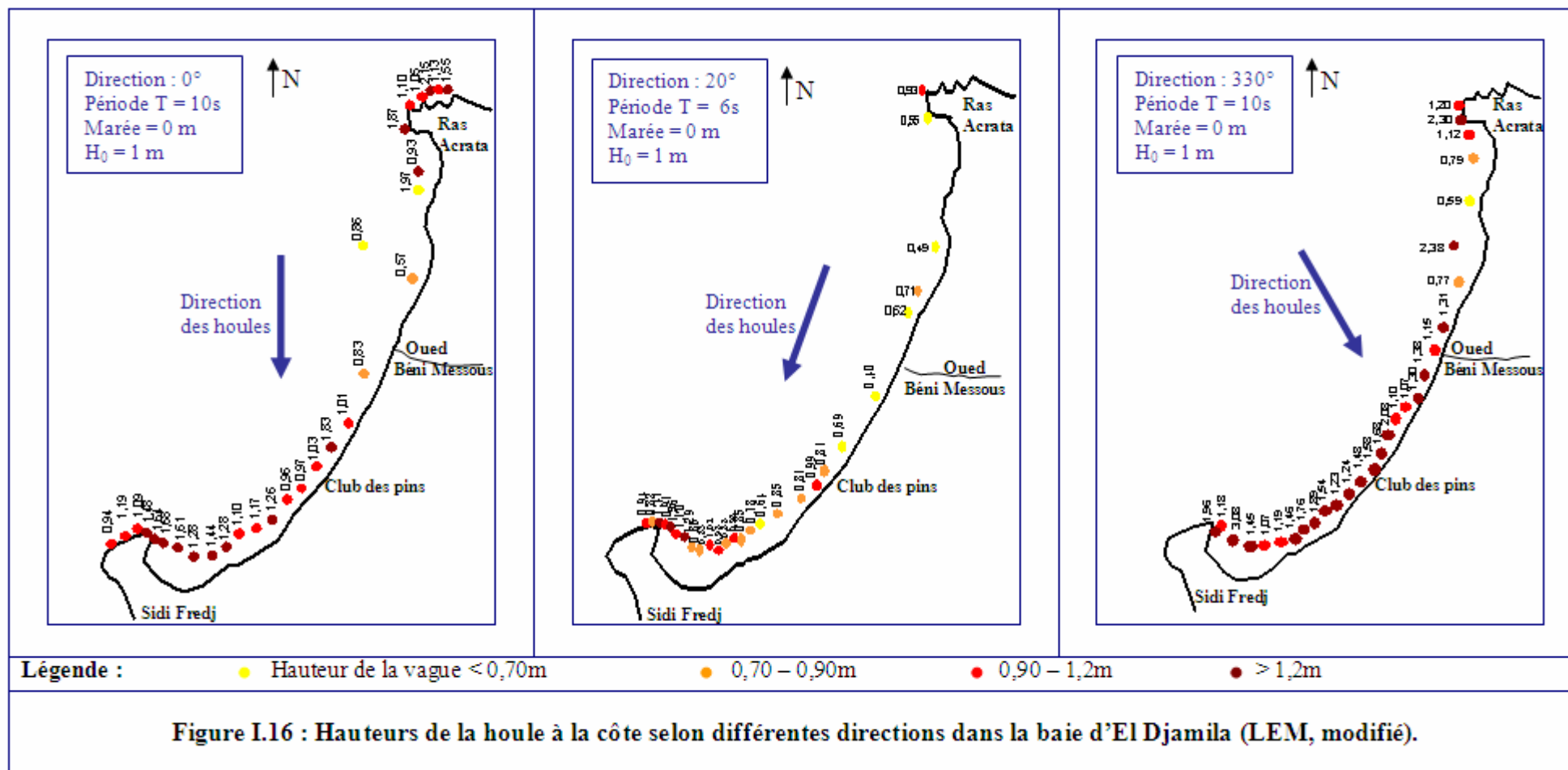
La figure ci-dessous (Figure I.16) a été établie à partir d'un plan de houles (**Source, LEM**). Elle montre le régime des houles qui se réfractent sur les côtes de la baie pour différentes directions, différentes périodes et une même hauteur au large ; $H_0 = 1 \text{ m}$. Une fois arrivées aux plages, les vagues changent d'amplitude suivant la bathymétrie et les obstacles qu'elles rencontrent.

Pour les houles d'une direction de 0° et une période $T = 10\text{s}$, les hauteurs à la côte sont supérieures à celles du large essentiellement dans le secteur du port de Sidi Fredj jusqu'au Club des Pins et aussi au niveau du Ras Acrata. La zone qui se trouve à l'abri des houles Nord-Sud est celle de l'embouchure de l'oued Béni Messous où les vagues traversent des petits fonds qui réduisent leur hauteur. Ces vagues sont à l'origine de l'érosion des plages Est de la baie d'El Djamila.

Pour les vagues d'une direction de 20° et une période $T = 6\text{s}$, elles arrivent parallèlement à la côte. Les hauteurs sont inférieures à celles du large, à l'exception des vagues qui touchent le Cap de Sidi Fredj et la plage Est du port. Au niveau de la zone pro-deltaïque sous marine de l'Oued Béni Messous, les hauteurs vont jusqu'à des valeurs réduites à 50% que celles du large.

Pour les houles d'une direction de 330° et une période $T = 10\text{s}$, cette direction touche essentiellement la zone entre le Cap de Sidi Fredj jusqu'à l'oued Béni Messous et les vagues y sont presque perpendiculaires avec des hauteurs largement supérieures à celles du large (deux à trois fois plus importantes). La partie Est de la baie reçoit moins les vagues de ce type.

La baie d'El Djamila est largement soumise aux houles Nord Ouest. L'action destructrice des vagues résultantes fait accentuer le phénomène de régression des plages.



I.2.6. Les vents:

Dans la baie d'El Djamila, la répartition des vents est parfaitement liée au régime annuel des houles. Les données recueillies par le SSMO au large d'Alger confirment l'existence de deux périodes distinctes des vents dans cette zone:

Une période hivernale (Octobre à Mars): les vents dominants sont de direction Ouest et ont une fréquence de 60 à 88% et ceux de direction Nord Ouest enregistrent des fréquences de 90 à 99%.

Une période estivale (Avril à Septembre): avec des vents dominants de direction Est et Nord Est. Ceux du secteur Nord Est ont des fréquences de 45 à 75%.

I.2.7. Le climat :

I.2.7.1. Les températures et les précipitations:

Les observations climatiques ont été réalisées par la station de Dar El Beida sur une dizaine d'années (de 1993 à 2003). Elles sont présentées dans les tableaux ci-après :

Tableau I.4: Moyennes mensuelles des températures de l'air dans la région d'Alger (1993 à 2003).

Mois	T°C
Jan	11,5
Fév	12,2
Mar	13,4
Avr	14,86
Mai	19,01
Jui	22,76
Jui	25,24
Août	26,39
Sep	23,35
Oct	19,77
Nov	15,17
Déc	12,21

Source : ONM 2003

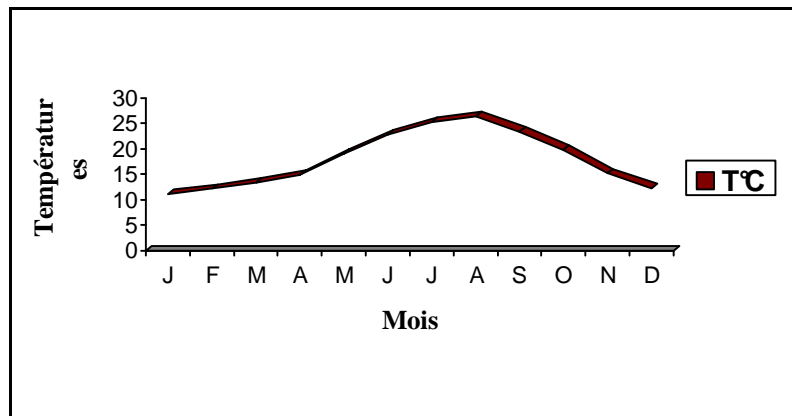


Figure I.17: Courbe des températures moyennes mensuelles

Tableau I.5: Moyennes mensuelles des précipitations dans la région d'Alger (1993 à 2003).

Mois	P(mm)
Jan	84,82
Fév	75,92
Mar	37,06
Avr	61,36
Mai	32,09
Jui	6,47
Jui	1,73
Août	14,9
Sep	31,31
Oct	43,37
Nov	87,4
Déc	103,81

Source : ONM 2003

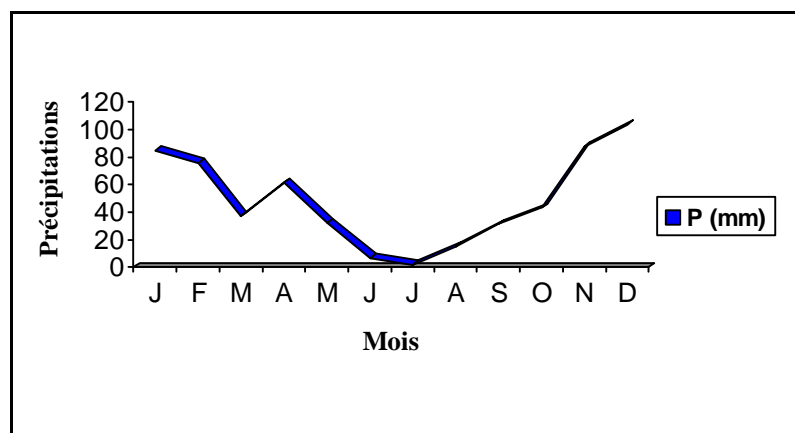


Figure I.18: Courbe des précipitations moyennes mensuelles

Les caractéristiques du climat de la zone côtière d'El Djamila se résument dans le diagramme ombrothermique suivant :

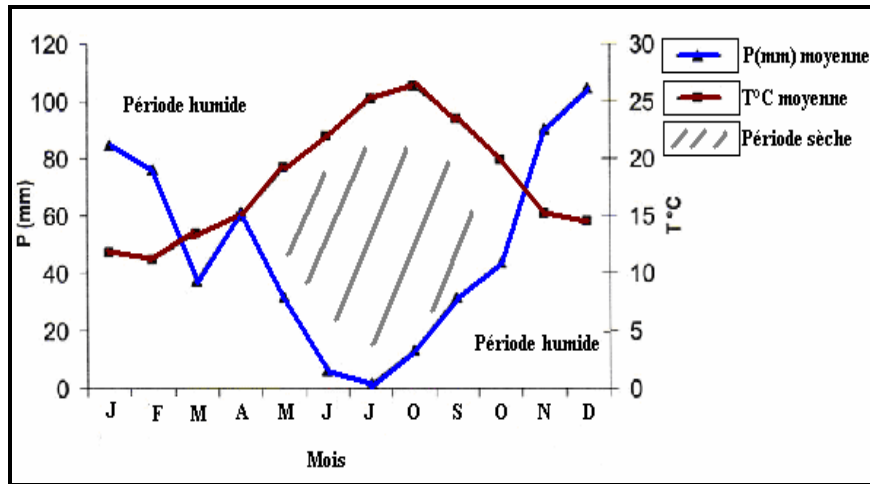


Figure I.19 : Diagramme ombrothermique (1993 - 2003)

L'étude de ces données conduit à conclure ce qui suit :

- La température est soumise à l'influence de la mer qui adoucit le climat. La plus haute température est enregistrée en mois de Août : 26,39°C, et la plus basse en mois de Janvier : 11,15°C.
- La pluviométrie est considérable du mois d'Octobre au mois de Mai. On remarque deux périodes bien contrastées :
 Une période hivernale : les températures sont basses, les précipitations sont relativement importantes et parfois violentes.
 Une période estivale : les précipitations se font très rares et les températures augmentent considérablement jusqu'à 29°C.
- L'alternance des phases climatiques sèches et humides peut modifier le comportement lithologique des roches, les rend plus instables et donc facilement soumises à l'érosion.

CHAPITRE II

Matériels et Méthodes

II.1. Campagnes en mer:

Deux campagnes ont été faites pour les prélèvements d'eau de mer et de sédiments. Les prélèvements de la première campagne ont été effectués le 25 et le 26.03.2008 au niveau de la baie d'El Djamila et la baie de Bou-Ismaïl dans des conditions de mer agitée, ciel clair et vents assez forts de direction Nord Ouest. La deuxième campagne a eu lieu le 04.05.2008 dont le but était d'étudier le site d'Azur Plage pour identifier les problèmes d'érosion (Chapitre V).

II.2. Choix et localisation des stations :

Dix stations ont été désignées pour le prélèvement des échantillons tout au long du trait de côte de la baie de Bou-Ismaïl et la baie d'El Djamila. Les points de prélèvements sont accessibles sur le terrain et identifiables sur la carte (Figure II.1).

Tableau II.1 : Positionnement des stations de prélèvement de la première campagne.

Stations	Emplacement de la station
Le 26.02.2008 / Baie de Bou-Ismaïl	
01	Port de Tipaza
02	Anse de Kouali
03	Bou Haroun
04	Bousmail
05	Fouka marine
06	Douaouda
07	Zeralda
Le 25.02.2008 / Baie d'El Djamila	
08	Plage Est du port de Sidi-Fredj
09	Sidi-Fredj (entre les deux épis)
10	Plage du Sheraton
11	Port d'El Djamila



Figure II.1 : Localisation des stations de prélèvement dans la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila

II.3. Appareillage et technique de prélèvement :

II.3.1. Paramètres physicochimiques :

Les paramètres physicochimiques sont des caractérisants de base pour la connaissance du milieu. Les plus importants sont la température, l'oxygène dissous, la salinité et le pH. Leur mesure est importante pour décrire les propriétés hydrologiques de l'eau de mer.

La détermination de ces paramètres s'est faite in situ à l'aide des appareillages de terrain, en calculant pour certains la moyenne des valeurs affichées pour chaque échantillon.

Pour l'oxygène dissous, on a utilisé un Oxymètre de terrain qui permet la mesure de la température (°C), de l'oxygène dissous (mg/l) et de la saturation en oxygène (%). Il est muni d'une sonde électrolytique que l'on plonge à 50 cm dans l'eau de mer.

Pour la salinité (en PSU), on a utilisé un Conductimètre de terrain.

On note qu'avant chaque série de mesures, on a étalonné l'appareil avec une solution étalon après l'avoir rincé avec de l'eau distillée pour éviter la contamination de la solution de calibrage.

Les valeurs du pH n'ont pas pu être relevées à cause d'un dysfonctionnement de l'électrode du pH-mètre.

II.3.2. Sédiments :

Les échantillons de sédiments ont été prélevés manuellement au niveau du trait de côte (20cm de profondeur) à l'aide d'une spatule (en acier inoxydable). Ces échantillons destinés à l'analyse granulométrique et des carbonates ont été récupérés dans des sachets en plastiques préalablement étiquetés puis rapportés au laboratoire.

Pour l'analyse des métaux lourds, les échantillons recueillis sont mis directement dans une glacière puis rapportés au laboratoire.

Rappelons que le poids moyen échantillonné pour chaque station était de 400 à 500g.

II.3.3. Microbiologie :

Le prélèvement d'échantillons d'eau de mer, destinés à l'analyse microbiologique, se fait à l'aide de flacons stériles de 500 ml conservés dans une glacière.

Chaque flacon est numéroté suivant la station de prélèvement. Il est plongé à 50cm sous la surface de l'eau. En le maintenant incliné, le flacon est rempli jusqu'au trait de Jauge (500ml), puis refermé dans l'eau pour éviter toute contamination extérieure.

Les flacons sont mis à 4°C dans une glacière afin d'éviter la prolifération des germes, et sont rapportés au laboratoire.

II.4. Travaux au laboratoire :

Après avoir obtenu tous les échantillons nécessaires aux déroulements des travaux au laboratoire, nous avons procédé à différentes analyses, souvent classiques, qui sont : l'analyse granulométrique, calcimétrique et l'analyse des métaux lourds et l'analyse de la qualité bactériologique de l'eau de mer.

Les analyses des sédiments se sont déroulées au sein du laboratoire de l'ISMAL. Par contre celles de l'eau, elles se sont réalisées au niveau du laboratoire annexe de l'ISMAL, situé à Sidi Fredj ainsi qu'au niveau de l'institut Pasteur Algérien (IPA, Dely Ibrahim).

II.4.1. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant les échantillons. Elle permet de suivre le mouvement sédimentaire, la distribution et le dépôt.

II.4.1.1. Principe de la méthode :

Le principe consiste à faire passer un échantillon de sédiments par une série de tamis de diamètre décroissant et de calculer ensuite le poids partiel pour chaque tamis. La granulométrie donne les diverses classes de matériaux formant un même échantillon, et ceci indépendamment de sa nature chimique. Cependant, il existe de nombreuses normes définissant différentes classes de sédiments, le tableau ci-dessous montre la classification des grains selon Monbet (1972).

Tableau II.2 : Classification des grains de sable d'après Monbet, 1972.

Sédiment		Fraction
Graviers		> 2mm
	Sables grossiers	2-0,5mm
Sables	Sables moyens	0,5-0,2mm
	Sables fins	0,2-0,05mm
Pélites		< 0,05mm

II.4.1.2. L'essai granulométrique :

Pour chaque station, une fraction de l'échantillon est mise dans une tare, et placée dans une étuve à 105°C pendant 24h. Ensuite, On pèse 100g du sédiment sec que l'on rince à l'eau douce dans un tamis de 80µm de diamètre afin de soustraire la fraction fine pélitique. Chaque 100g de sédiments secs représente le poids initial. Les échantillons (sans pélites) sont remis à l'étuve pendant 24h, également sous une température de 105°C.

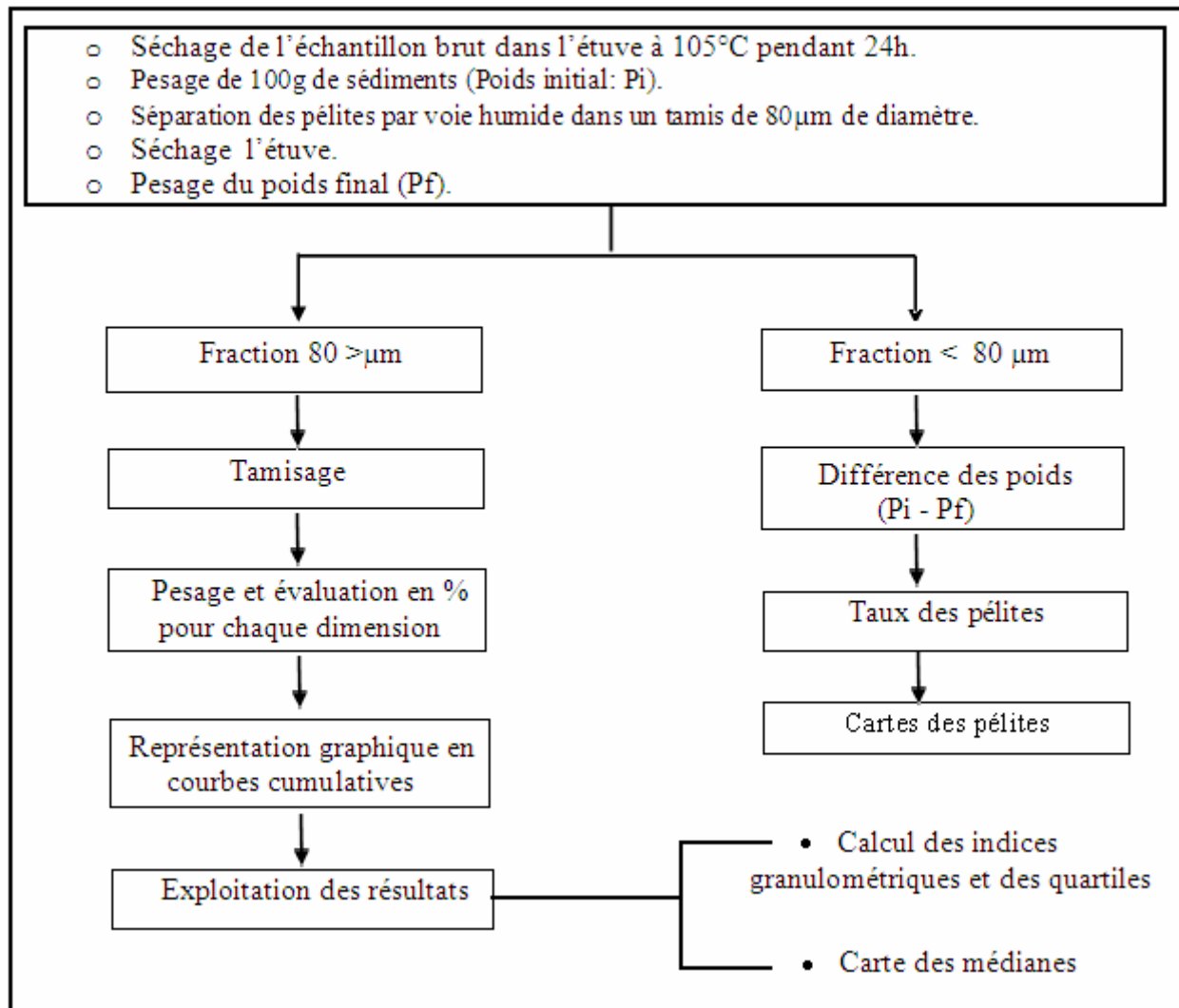
A la fin de cette opération, les échantillons sont pesés une deuxième fois secs ainsi la différence entre ce poids et le poids initial nous donnera la quantité des pélites en grammes.

On procède ensuite à un tamisage qui consiste à classer les poids obtenus en utilisant une série de **tamis (AFNOR)**, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas par unités de microns (2000, 1800, 1600, 1400, 1000, 800, 630, 500, 400, 315, 250, 200, 180, 160, 140, 100, 80).

Le matériau étudié est placé en partie supérieure des **tamis** et les classements des grains s'obtiennent par vibration de la colonne de **tamis** pendant 10 minutes.

A l'aide d'une balance de précision, on pèse le refus de chaque classe granulométrique, et le pourcentage pondéral correspondant est calculé.

Déroutement de l'essai granulométrique

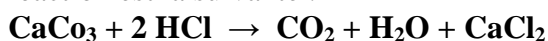


II.4.2. Carbonates :

L'étude des carbonates consiste à déterminer la teneur en CaCO₃ dans le sédiment et d'apprécier le déplacement des sédiments. Elle donne des indications sur la productivité de surface et éventuellement des apports de carbonates détritiques (Débris de coquilles, plantes calcaires..).

II.4.2.1 Principe de la méthode :

Le procédé consiste à mesurer la différence du poids après attaque du sédiment à l'acide chlorhydrique, la réaction est la suivante :



Les éléments n'ayant pas réagi avec le HCl peuvent être : argile, quartz...

II.4.2.2 Mode opératoire :

- Pesage de 20g (P1 : poids initial) du sédiment sec dans une tare.
- Décalcification à l'HCl, après effervescence ; rinçage et séchage complet de l'échantillon dans une étuve à 105°C pendant 24h.
- Pesage du sédiment décalcifié sec (P2).

La différence entre le poids du sédiment sec brut et le poids du sédiment décarbonaté représente le poids du calcaire (P) :

$$\text{P (g)} = \text{P1} - \text{P2}$$

Le taux de carbonates existant dans le sédiment est donné par la formule suivante:

$$\% \text{ CaCO}_3 = \frac{P1 - P2 \times 100}{P1}$$

II.4.3. Métaux lourds :

Ce type d'analyse consiste à déterminer les concentrations des contaminants métalliques dans les sédiments et déduire le niveau de contamination.

II.4.3.1. Conservation des échantillons :

Les échantillons de sédiments ont été mis dans des sachets en plastiques. Toutes les indications utiles sont portées sur des étiquettes que l'on fixe sur les sachets. Les sachets sont conservés dans un congélateur à -18°C.

II.4.3.2. Conditionnement du matériel utilisé :

Avant toute manipulation, les conditions optimales de propreté du matériel utilisé doivent être effectuées pour éviter toute contamination éventuelle. Pour se faire, on procède aux opérations suivantes :

- Nettoyage avec les détergents commerciaux.
- Rinçage à l'eau.
- Décontamination à l'HCl dilué à 10%.
- Rinçage à l'eau distillée.
- Séchage à l'étuve (70°C).

II.4.3.3. Traitement des sédiments destinés à l'analyse des métaux lourds :

II.4.3.3.1. Lyophilisation :

La lyophilisation consiste à soustraire l'eau contenue dans les sédiments, l'eau va passer de l'état solide à l'état gazeux sans passer par l'état liquide. Il s'agit d'une déshydratation par sublimation. Cette étape nécessite une congélation préalable. Elle est préférable au séchage à l'étuve qui peut être une source de perte des métaux volatils (tels que le plomb Pb, Mercure Hg).

Les sédiments congelés sont pesés (poids initial noté P_0) avant de les mettre dans un lyophilisateur pendant 48 heures dans des conditions propres à l'appareil : - 55°C de température et 10^{-1} mbar de pression (Piège à froid).

Les sédiments lyophilisés sont pesés (poids sec noté P_s).

II.4.3.3.2. Broyage et Tamisage:

Les échantillons lyophilisés sont d'abord broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine dans le but d'une séparation mécanique des différentes fractions du sédiment, ensuite passés à travers un tamis de 63µm de diamètre. Cette fraction est la plus significative car elle constitue le siège de la plupart des phénomènes d'adsorption-désorption des métaux lourds.

II.4.3.3.3. Minéralisation :

La minéralisation des sédiments ou digestion par voie humide consiste en la mise en solution des métaux lourds.

Les métaux lourds sont libérés des sédiments et se trouvent à l'état libre facilement dosables en absorption atomique.

La mise en solution se fait par attaque aux acides forts, en utilisant l'eau régale (1 volume de HNO_3 à 65% et 3 volumes de HCl à 35%) sous colonne à reflux.

0,5g de sédiment traité est placé dans un ballon chauffant, auquel on rajoute 5ml de l'eau régale. Le ballon est placé sur le réfrigérant à une température de 70°C et joint au dispositif de minéralisation pendant 2heures.

La solution de chacun des échantillons est enfin filtrée (filtre Wattman) dans une fiole jaugée à 100ml. Le volume filtré est complété à 100ml avec de l'eau distillée.

La solution obtenue est prête à l'analyse.

II.4.3.4. Analyse en spectrophotométrie d'absorption atomique (S.A.A) :

Le principe de base est le passage du métal contenu dans l'échantillon minéralisé de la forme ionique en solution à la forme atomique puis l'émission ou l'absorption des radiations spectrales par ce métal. Cette propriété spectrale va déterminer le type du métal.

A cause d'un manque de moyens, l'analyse de la pollution par les métaux lourds s'est achevée à l'étape de minéralisation.

II.4.4. Analyse bactériologique :

L'analyse bactériologique est un moyen de détermination de la qualité de l'eau de mer.

Les bactéries révélant la probabilité d'une contamination donc d'une mauvaise qualité hygiénique constituent souvent une présomption de la présence de microorganismes pathogènes.

Notre travail s'est axé sur la numération des germes témoins de contamination fécale qui sont représentés par :

- **Coliformes totaux (CT) :**

Ils regroupent un certain nombre d'espèces appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Ce sont des organismes en bâtonnets, non sporulés, Gram⁻, Oxydase⁻, facultativement anaérobie, capables de fermenter le lactose avec production de gaz à 35-37°C.

- **Coliformes fécaux (CF) :**

Ils constituent un sous groupe des coliformes totaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe est *Escherichia coli*. Ils sont thermotolérants capables de fermenter le lactose avec production de gaz à 44°C. L'origine fécale d'*E.coli* lui permet d'être le meilleur indice de contamination fécale.

- **Streptocoques fécaux (SF) :**

De toutes les bactéries non sporulées, les streptocoques fécaux sont les plus résistants aux conditions de l'environnement. Il s'agit des streptocoques possédant la substance antigénique D (acide téichoïque) du groupe D de la classification de Lansfield (*Enterococcus faecalis*, *E.faecium*, *E.durans*, *Streptococcus bovis*, *S.equinus*..) qui sont capables de se développer en 24 h à 48h à 37°C, sur un milieu sélectif.

II.4.4.2. Objectif de l'analyse :

12 stations ont fait l'objet d'une analyse bactériologique au sein du laboratoire toute de suite après l'échantillonnage.

Dans notre étude, nous avons opté pour la méthode de filtration sur membrane (FM) pour des germes indicateurs de contamination fécale, suivie d'une identification présomptive et un dénombrement.

II.4.4.3. Appareillage :

L'appareil est un simple système de filtration de marque **Sartorius** (Voir **Tableau 1**, annexe I) appelé rampe de filtration, fonctionnant sous pression réduite (pompe à vide). Il contient des supports à filtre qui reçoivent les membranes de filtration et une fiole pour récupérer l'eau filtrée. Les membranes filtrantes sont de marque millipore d'un diamètre de 0.45 µm.

II.4.4.4. Protocole d'analyse :

Tout en respectant les conditions d'asepsie, les flacons d'eau de mer sont déposés dans la zone stérile ainsi que les membranes filtrantes, les pincettes et le reste du matériel. Les entonnoirs de la rampe, les supports de filtres et les pinces sont stérilisés avant chaque usage à l'aide d'une flamme de 1200°C du bec bunsen. Chaque échantillon d'eau doit être homogénéisé avant filtration.

L'analyse est réalisée comme suit :

- Placer les entonnoirs et les supports sur la rampe à filtration.
- Mettre en fonction l'appareil à vide.
- Prendre une membrane filtrante stérile près du bord à l'aide d'une pincette stérilisée par flambage et la déposer ensuite sur le support de filtre.
- Placer l'entonnoir sur le support et le fixer fermement.
- Verser dans l'entonnoir les volumes requis, 50ml de chaque échantillon.
- Faire le vide pour filtrer l'échantillon, l'eau pompée est recueillie dans la fiole.
- Retirer l'entonnoir et déposer la membrane filtrante à l'aide d'une pince stérile sur le milieu de culture.
- Faire ce même procédé 3fois pour chaque échantillon à raison de trois milieux de culture utilisés. Les milieux préconisés par l'AFNOR sont:

Milieu 1 : Gélose TTC et Tergitol 7 pour les coliformes totaux. (Voir **Tableau 2**, annexe I).
Incubation à 37°C pendant 24 heures.

Milieu 2 : Gélose TTC et Tergitol 7 pour les coliformes fécaux. (Voir **Tableau 2**, annexe I).
Incubation à 44°C pendant 24 heures.

Milieu 3 : Gélose de Slanetz et Bartley pour les streptocoques fécaux. (Voir **Tableau 2**, annexe I).
Incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures.

- Incrire sur la boîte de Pétri le numéro de l'échantillon.
- Introduire les boîtes de Pétri en position inversée (pour empêcher la condensation de la vapeur sur les membranes) dans l'incubateur.

Le dénombrement des colonies donnera le nombre de coliformes totaux, coliformes thermotolérants et streptocoques fécaux présents dans le volume filtré (100ml). Il sera exprimé en unité formant colonie (UFC/100 ml).

CHAPITRE III

Résultats, Analyses et Interprétations

III.1. Les paramètres physicochimiques :

L'analyse des paramètres physicochimiques, reliée à l'analyse microbiologique, permet de mieux apprécier l'évolution physicochimique des milieux d'une part et d'autre part de distinguer les secteurs non agités par rapport à d'autres.

Les valeurs brutes mesurées sont reprises en annexe II (Tableau 1).

Dans le but d'interpréter plus aisément les résultats, nous avons établi des courbes représentant les variations de la température, la salinité et l'oxygène aux différents points de prélèvement.

III.1.1. Variation de la température:

La température correspond à un élément fondamental en océanographie. Ce facteur conditionne largement et significativement l'écologie des systèmes marins et côtiers. Sa variation dépend de la température atmosphérique et du mélange des masses d'eau.

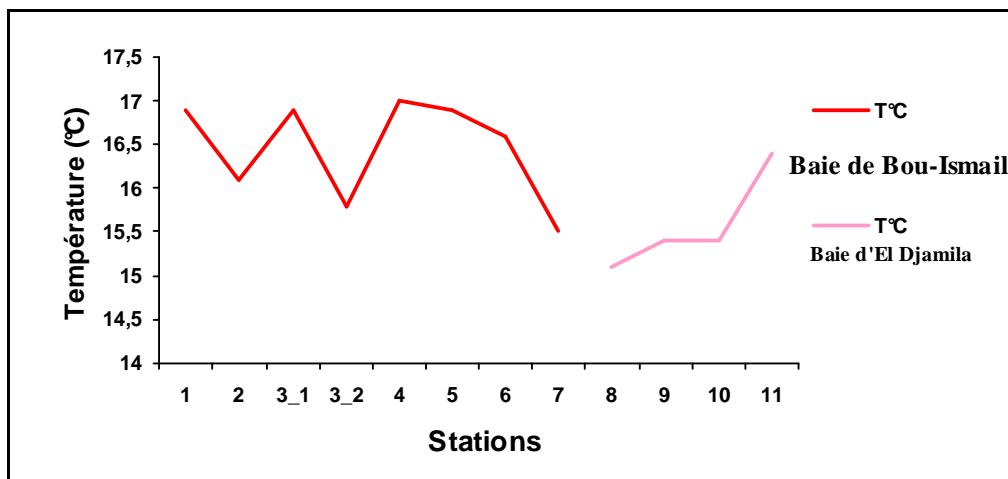


Figure III.1 : Variations de la température suivant stations dans la baie de Bou-Ismail et d'El Djamila

Les températures de l'eau de mer relevées le 25 février au niveau de la baie d'El Djamila ont été prises dans un climat relativement frais par rapport à celle de la baie de Bou-Ismail (le 26 février).

Dans la baie d'El Djamila, les températures fluctuent entre 15,1 et 16,4°C. La valeur la plus élevée (16,4°C) est enregistrée au niveau du port d'El Djamila (plage artificielle), ceci est dû à l'agitation permanente des eaux à cause des travaux d'aménagement. Notons que les matériaux de cette plage n'étant pas autochtones sont grossiers, lisses et peuvent éventuellement retenir de la chaleur (schistes concassés).

Dans la baie de Bou-Ismail, les températures varient globalement entre 15,8 et 16,9°C. Le maximum est enregistré au niveau de la station 04 (Bousmail) avec une température de 17°C. Par contre, le minimum (15,5°C) est observé au niveau de la station 07, plage de Zeralda.

D'une manière générale, les températures enregistrées restent normales et témoignent du niveau thermique de la saison d'échantillonnage.

III.1.2. Variation de la salinité :

La mesure de la salinité est importante car elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme aux côtes ou dans les estuaires (Aminot et Chaussepied, 1983). Les valeurs de salinité varient dans l'intervalle [35,2 - 36,7 PSU] (Practical Salinity Unit) selon les stations (Figure III.2).

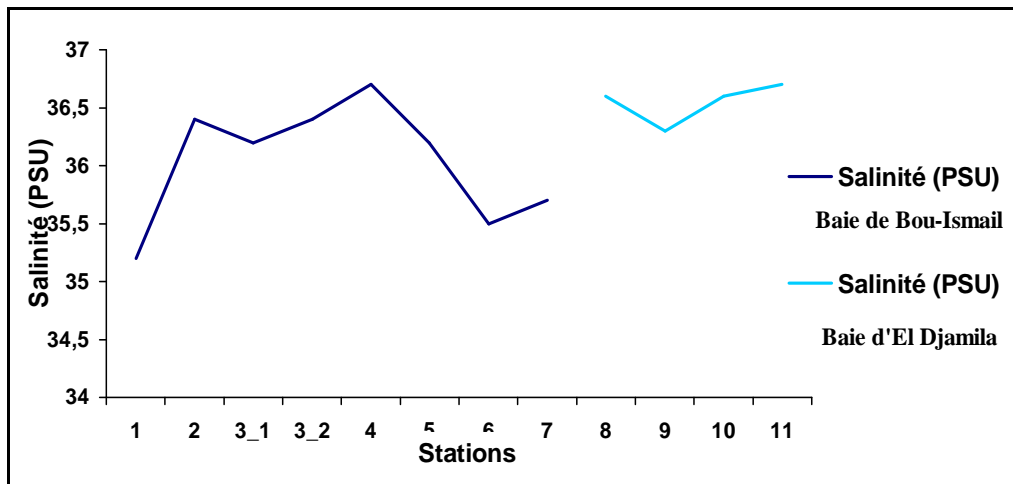


Figure III.2 : Variations de la salinité suivant les stations dans la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila

On remarque que les teneurs les plus faibles en salinité sont enregistrées au niveau des stations 01 et 06 (35,2 et 35,5 PSU respectivement), par contre les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations 04 et 11(36,7 PSU).

Dans la baie d'El Djamila, la salinité ne varie pas beaucoup, les écarts sont infimes. Dans la baie de Bou-Ismaïl, c'est le port de Tipaza qui marque la salinité la plus faible contrairement à la plage de Bousmail où la salinité est de 36,7 PSU.

Les valeurs enregistrées sont normales pour la période d'échantillonnage.

Les variations seraient probablement fonction de l'emplacement du point de prélèvement par rapport aux ports ou aux émissaires d'eaux usées. On peut supposer que les masses d'eaux usées n'ayant pas subi une dilution totale par l'eau de mer sont probablement maintenues isolées par des phénomènes de tensions superficielles s'exerçant à la limite des deux phases de densité différente. Le degré de diffusion influe sur la valeur de salinité de l'eau.

III.1.3. Variation de la saturation en O₂ :

Les fluctuations de la teneur en oxygène dans les différents milieux étudiés permettent de localiser les zones où le renouvellement des eaux est important et de déterminer le degré de pollution dans les milieux plus ou moins fermés.

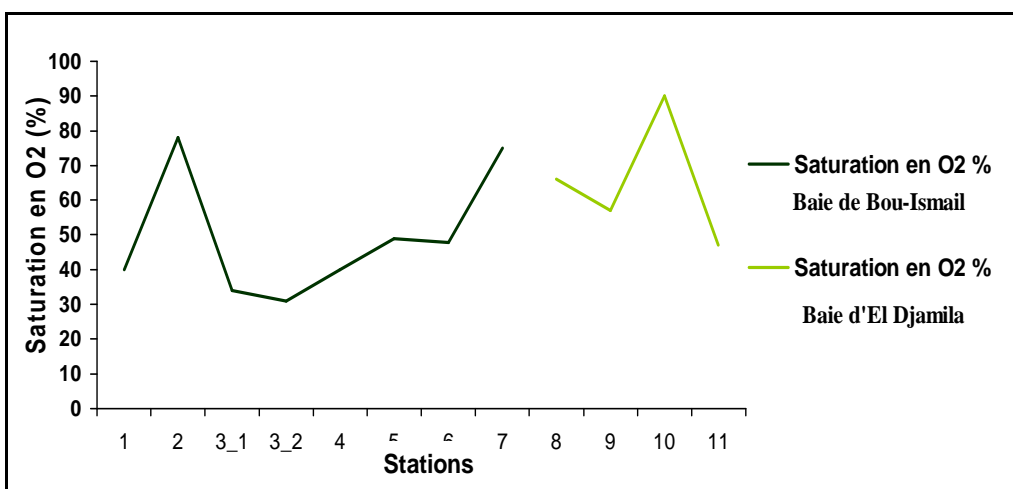


Figure III.3 : Variations de la saturation en oxygène suivant les stations dans la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila

D'après la figure III.3, on remarque des variations importantes de la teneur en oxygène exprimée en mg/l ou en %. La valeur la plus élevée au niveau de la baie d'El Djamila est enregistrée dans la plage du

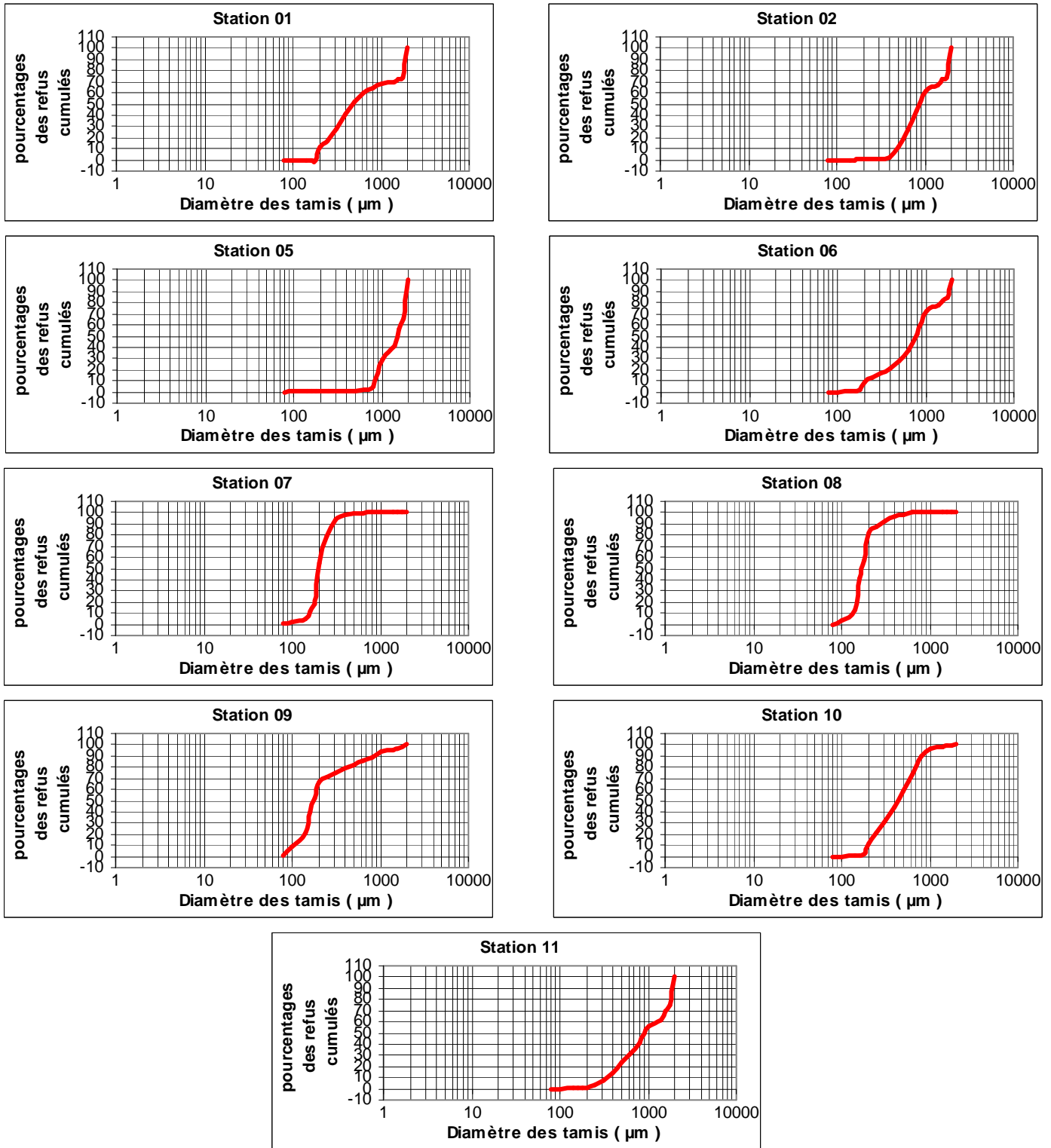


Figure III.4 : Courbes granulométriques des stations étudiées

L'examen de ces courbes permet de calculer les indices granulométriques et de déterminer les paramètres qui permettent de caractériser la distribution granulométrique des sédiments.

III.2.2. Calcul des indices granulométriques:

Les valeurs des différents indices granulométriques et des quartiles pour les sédiments des 11 stations sont représentées dans le tableau III.3.

III.2.2.1. Le quartile Q50 ou indice de taille (médiane):

Cet indice correspond au diamètre du grain dont l'ordonnée est à 50% du poids total du sédiment. La médiane représente la taille où la courbe cumulative croise la valeur 50% en ordonnée. Elle permet de définir la nature du sédiment (Monbet, 1972).

La médiane varie entre 180 μm (station 08,09) et 1600 μm (station 05). D'après la classification de Monbet (1972), on trouve du sable grossier (S2, S5, S6, S11), sable moyen (S01, S10) et du sable fin (S07, S08, S09).

La répartition cartographique des médianes granulométriques (Figure III.5) montre que la fraction grossière est dominante au trait de côte de la baie de Bou-Ismaïl avec des tailles qui varient entre 200 μm et 1600 μm .

Dans la baie d'El Djamilia, par contre, c'est la fraction fine qui prédomine. Le régime hydrodynamique dû au vent d'Ouest étant faible ainsi que la présence des épis de protection n'engendrent qu'un dépôt des sables fins. Le sable grossier de la plage artificielle d'El Djamilia (S11) n'est pas représentatif étant donné qu'il s'agit d'un sable allochtone.

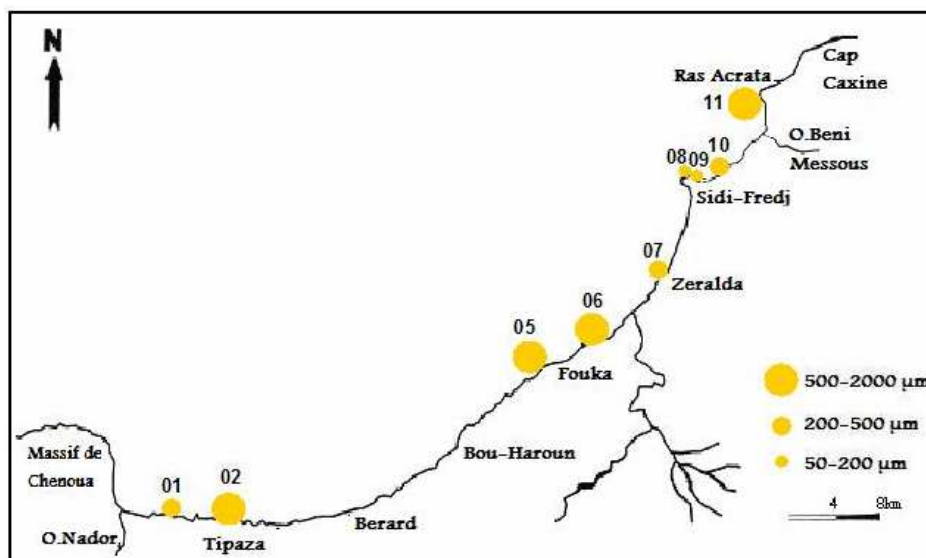


Figure III.5 : Carte de la répartition de la médiane (Q50) sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamilia

III.2.2.2. Le quartile inférieur : Q25

Correspond au diamètre du grain représentant 25% du poids du sédiment.

Hormis les stations 02 et 05 (Anse de Kouali et Fouka marine) dont les valeurs sont de l'ordre de 600 μm et 1000 μm , le Q25 se situe 150 μm et 500 μm .

D'après la classification de Monbet (1972), on trouve du sable moyen et fin dans la baie d'El Djamilia, et du sable fin, moyen et grossier dans la baie de Bou-Ismaïl.

III.2.2.3. Le quartile supérieur : Q75

Correspond au diamètre du grain représentant 75% du poids du sédiment.

Les valeurs du Q75 varient entre 200 μm et 1900 μm . Les échantillons 01, 02 et 03 où le Q75 est égal à 1900 μm sont constitués de sables grossiers contenant des débris de coquilles.

D'après la classification de Monbet (1972), la baie de Bou-Ismaïl est enrichie en sables moyens et grossiers alors qu'on trouve du sable moyen, fin et grossier dans la baie d'El Djamilia.

III.2.2.4. Indice de classement de Trask ou indice de tri :

Appelé également « Sorting de Trask » et noté S_0 , cet indice représente la dispersion des tailles de part et d'autre de la médiane. Il est calculé comme suit :

$$S_0 = [(Q75/Q25)]^{1/2}$$

Cet indice permet de faire un tri du sédiment selon les coupures adaptées par Trask en 1930. Il est possible de classer les sédiments parmi différentes catégories selon les valeurs de S_0 comme le montre le tableau suivant :

Tableau III.2 : Classement des sédiments selon l'indice de Trask (S_0).

Indice	Signification
$S_0 \leq 1$	Sédiment très bien classé
$1 < S_0 \leq 2,5$	Sédiment bien classé
$2,5 < S_0 \leq 3$	Sédiment normalement classé
$3 < S_0 \leq 4$	Sédiment mal classé

Dans notre zone d'étude, les valeurs de S_0 calculées varient entre 1,14 (S 07) et 2,51 (S 01). Elles sont donc comprises entre 1 et 2,5. Ces résultats traduisent un bon classement des sédiments.

III.2.2.4. Indice d'asymétrie ou indice de Skewness(Sk):

Cet indice indique le tri d'un sédiment par rapport à la médiane, il informe sur l'homogénéité et l'évolution du sédiment. Il est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$Sk = Q25 \times Q75 / (Q50)^2$$

Si $Sk > 1$, le tri est maximum dans la fraction grossière (Prédominance des grains de diamètre supérieur à la médiane).

Si $Sk = 1$, le tri est régulier, désigne une symétrie de la courbe par rapport à la médiane, la fraction fine est aussi bien représentée que la fraction grossière.

Si $Sk < 1$, la courbe est dissymétrique avec un décalage et un tri maximum du côté de la fraction fine (Prédominance des grains de diamètre inférieur à la médiane).

Le calcul de l'indice d'asymétrie nous a permis de définir :

- 55% des échantillons (Stations 01, 02, 07, 09 et 11) ont un $Sk > 1$, ce qui veut dire que les échantillons présentent un tri maximum du côté grossier.
- 45% des échantillons (Stations 05, 06, 08 et 10) ont un $Sk < 1$, ce qui signifie que le classement du sédiment est maximal du côté fin.

Donc, il existe une asymétrie par rapport à la médiane dans toutes les stations.

Tableau III.3 : Récapitulatif des valeurs des différents quartiles tirés des courbes cumulatives et des indices granulométriques.

Stations	Q25 (μm)	Q50 (μm)	Q75 (μm)	S_0	Sk
01	300	490	1900	2,51	2,37
02	600	850	1900	1,77	1,57
05	1000	1600	1900	1,37	0,74
06	450	800	1200	1,63	0,84
07	190	200	250	1,14	1,18
08	160	180	200	1,25	0,98
09	150	180	300	1,41	1,38
10	290	440	650	1,49	0,97
11	500	900	1800	1,89	1,11

Remarque : On signale que la classification de Monbet (1972) ne concorde pas avec l'allure des courbes cumulatives qui montre que les sédiments sont plutôt pas bien classés pour la majorité des échantillons (Figure III.4). Ceci est dû au fait que cette classification ne prend en compte que quelques points de la courbe cumulative, une grande partie des grains n'est pas intégrée dans les formules de calcul des indices granulométriques.

III.3. Les pélites :

Comme pour les quartiles, les pélites renseignent sur les secteurs brassés ou non par les houles. Les résultats de l'analyse de la fraction pélitique sont mentionnés dans le tableau III.4.

Tableau III.4 : Taux de pélites pour chaque station.

Stations	Pf (g)	Taux des pélites(%)
01	99,72	2,8
02	99,71	2,9
05	99,98	0,2
06	99,67	3,3
07	99,66	3,4
08	99,50	5,0
09	99,63	3,7
10	99,41	5,9
11	99,50	5,0

III.3.1. Interprétation des résultats de l'analyse pélitique :

Les pourcentages des pélites s'échelonnent entre 2,8% (S 01) et 5,9% (S 11), ils sont faibles et rapprochés.

Une carte des pélites (Figure III.8) a été établie afin de montrer la répartition géographique de la fraction fine au sein de la baie d'El Djamila et la baie de Bou-Ismaïl.

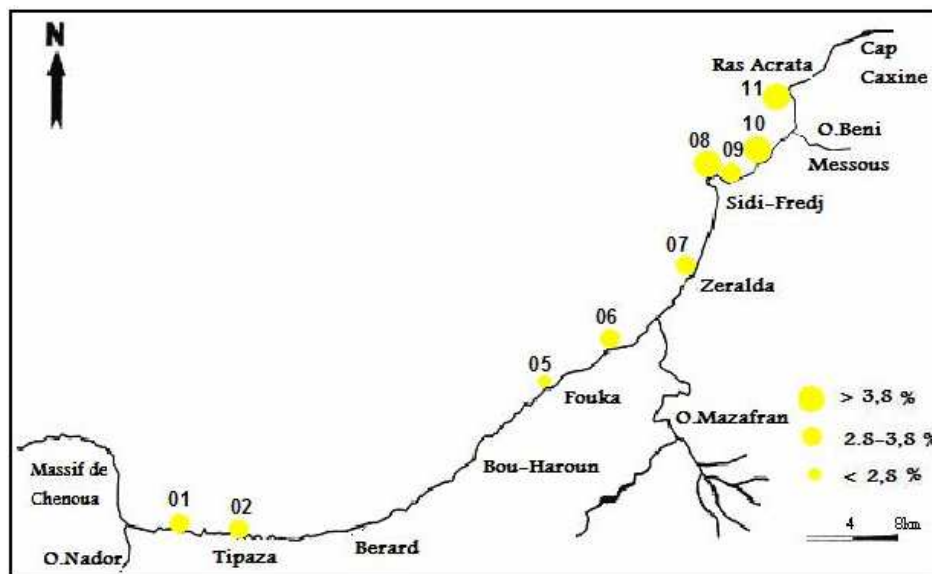


Figure III.6 : Carte de la répartition des pélites sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila

On remarque que les teneurs des pélites sont plus faibles dans la baie de Bou-Ismaïl (0,2 à 3,4%) par rapport à la baie d'El Djamila (de 3,7 à 5,9%). Ceci est dû au renouvellement des eaux grâce aux houles et aux courants. La baie d'El Djamila étant plus "fermée" que la baie de Bou-Ismaïl, ses eaux sont beaucoup moins renouvelées ce qui favorise le dépôt de la fraction fine. Comme on peut supposer que les pélites ont subi un transfert vers la partie Est.

Dans l'ensemble, les taux de pélites sont très faibles et ne dépassent pas les 5,9%, c'est ce qui caractérise notre zone étant un secteur à hydrodynamisme important.

Le tableau suivant donne la classification des sédiments suivant le taux de la fraction pélitique.

Tableau III.5 : Classification des sédiments selon le taux de pélites.

Type de dépôt	Taux de pélites
Sables peu vaseux	< 5%
Sables vaseux	5 à 25%
Vase sableuse	25 à 75%
Vase	> 75%

D'après cette classification, tous les échantillons sont classés pour des sables peu vaseux à l'exception de la station 10 (Plage de Sheraton) où les sédiments sont classés comme sables vaseux.

Ces résultats montrent que les secteurs Ouest sont plus brassés par les houles que les secteurs Est.

III.4. La calcimétrie :

III.4.1. Résultats de l'analyse calcimétrique :

Cette analyse nous permettra de déterminer la relation entre la granulométrie et le taux de calcaire.

Les résultats de l'analyse calcimétrique des sédiments prélevés au niveau des stations étudiées sont mentionnés dans le tableau III.6.

Tableau III.6 : Taux de carbonates pour chaque station.

Stations	P2 (g)	P(g) (P1-P2)	CaCO ₃ (%)
01	6,20	13,80	69,00
02	4,89	15,11	75,55
05	9,74	10,26	51,3
06	15,87	4,13	20,65
07	12,82	7,18	35,90
08	11,20	8,80	44,00
09	11,45	8,55	42,75
10	14,60	5,4	27,00
11	19,51	0,49	2,45

III.4.2. Interprétation des résultats de l'analyse calcimétrique :

Les contenus en CaCO₃ représentent généralement la quantité de composants biogènes et terrigènes présents dans les sédiments.

Le taux des carbonates calculé après décalcification des échantillons varie considérablement d'une zone à une autre. (Figure III.9).

Les teneurs moyennes varient entre 20,65 et 51,3 %.

Le taux le plus faible : 2,45% est marqué au niveau de la station 11 (El Djamila) : ceci serait probablement dû à l'origine du sédiment, il s'agit d'un sable allochtone, c'est des galets moyens à grossiers ramenés des oueds (Projet de plage artificielle). La diminution de la teneur en carbonates peut aussi être liée à des apports faibles de calcaires ainsi qu'à leur dissolution rapide (liée aux facteurs climatiques tels que la pluviosité).

Les taux les plus élevés : 75,55% au niveau de la station 02, et 69,00% au niveau de la station 01. Ceci s'explique par le dépôt important des débris de coquilles et de squelettes d'organismes calcaires déferlant avec les vagues vers la côte.

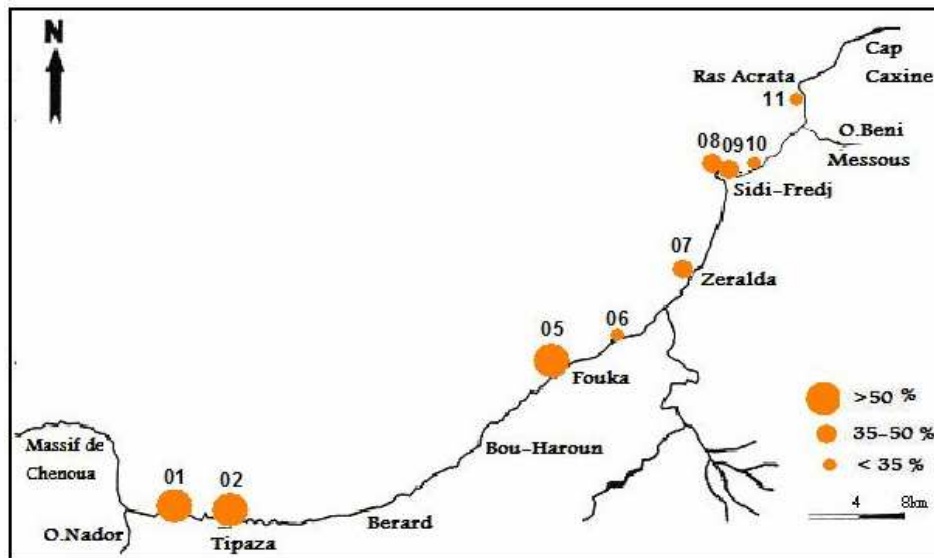


Figure III.7 : Carte de la répartition des carbonates sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamilia

Conclusion: L'étude sédimentologique montre que le trait de côte est constitué de trois types de matériaux : sables grossiers (bioclastiques), sables moyens et sables fins.

Cette étude nous a permis de mieux apprécier la dynamique sédimentaire dans les deux baies. Elle est moins importante sur les côtes de la baie d'El Djamilia et relativement forte dans la baie de Bou-Ismaïl.

III.5. Analyse de l'état de pollution :

III.5.1. Pollution par les métaux lourds :

Les métaux lourds (plomb, mercure, cadmium..) qui entrent dans l'environnement aquatique proviennent soit des déversements effectués directement dans les écosystèmes marins et dans les eaux douces, soit d'un cheminement indirect comme dans le cas des décharges sèches et humides et du ruissellement agricole.

III.5.1.1. Résultats de l'analyse :

Faute de moyens, l'étape déterminante de la contamination par les métaux lourds, qui est la S.A.A, n'a pas été réalisée.

Pour gérer rationnellement et maîtriser la pollution des eaux, il faut arriver à étudier tout ce qui concerne les apports (charges), la distribution et le sort des contaminants chimiques, y compris les métaux lourds d'origine terrestre qui se déversent dans les écosystèmes aquatiques. Il faut en particulier en étudier les quantités et les caractéristiques qualitatives, ainsi que les itinéraires qu'ils empruntent quand ils se dispersent, leur destinée et leurs effets sur le biote.

III.5.2. Pollution microbiologique de l'eau :

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (baignade, élevage de coquillage).

La pollution microbienne est un des résultats directs du déversement d'eaux usées non traitées dans le milieu marin. La charge bactérienne de ces eaux usées est toujours très importante puisqu'elle contient en moyenne 2 à 3 milliards de bactéries par litre. On considère par ailleurs que le rejet moyen d'eaux usées par habitant est de 150 à 300 litres par jour.





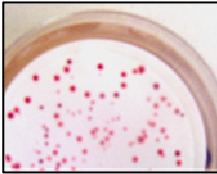
Toutes les bactéries qui sont les hôtes du tube digestif de l'homme ne sont évidemment pas pathogènes dans les conditions normales. C'est en particulier le cas pour les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux qui sont classiquement utilisés pour apprécier l'importance des pollutions bactériennes d'origine fécale des eaux naturelles, dont ils sont les indicateurs les plus sensibles et les plus fidèles.

Les résultats de l'analyse microbiologique de l'eau sont donnés ci-après.

III.5.2.1. Observations macroscopiques:

L'observation des membranes s'est effectuée toute de suite après leur sortie de l'incubateur. L'aspect et les caractéristiques morphologiques des colonies obtenus sur différents milieux de culture sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau III.7 : Aspect des milieux de culture avant et après incubation.

Germe recherché	Aspect du milieu avant utilisation	Aspect des colonies	
Coliformes		-Colonie rose rouge : réduction du TTC. -Colonie jaune : absence de réduction du TTC.	
		Halo bleu-vert : lactose (-). Halo jaune : lactose (+). <i>E. coli</i> et <i>Enterobacter aerogenes</i> donnent des colonies jaunes. Les autres coliformes donnent des colonies rouges.	
Streptocoques fécaux		Les Entérocoques donnent des colonies de taille moyenne, rouge, rose ou marron . Les <i>Bacillus</i> peuvent pousser et donner le même aspect de colonies, mais de taille plus importante.	

Les résultats du dénombrement sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.8 : Résultats des concentrations bactériennes en CF et SF obtenus pour chaque station par la méthode de FM.

Coliformes totaux (/100ml)													
Colonies trop nombreuses pour être identifiées (TNI) pour les échantillons des stations 8, 9, 10, 11.													
Coliformes Fécaux et streptocoques fécaux (/100ml)													
Colonies dénombrées	Stations												
	01		02	03		04	05	06	07	08	09	10	11
	Bassin1	Bassin2		Bassin1	Bassin2								
Coliformes fécaux	48	56	160	48	104	448	224	264	1148	280	448	392	96
Streptocoques fécaux	16	48	80	16	16	48	24	32	752	16	40	40	< 1

III.5.2.2. Normes de classification :

La qualité et la quantité de ces germes définissent une eau, précisent et limitent son aptitude aux diverses applications. Globalement, l'eau doit obéir aux normes définies par les réglementations. Les normes algériennes découlent du décret n°93-164 du 10 juillet 1993 (Extrait de l'annexe 1 du journal officiel). Ces normes sont reprises des critères de qualité des eaux de baignade proposées par le CCE.

Tableau III.9 : Principaux critères de qualité des eaux de baignade (normes algériennes extraites du journal officiel 1993).

Paramètres microbiologiques	Unités	Valeur guide G	Valeur impérative I
Coliformes totaux /100ml	/ 100ml	500	10000
<i>Escherichia coli</i> /100ml	/ 100ml	100	2000
Streptocoques fécaux /100ml	/ 100ml	100	-

- Valeur guide G caractéristique d'une eau de bonne qualité pour la baignade.

- Valeur impérative I : limite supérieure au delà de laquelle la baignade est interdite.

Les eaux contenant des concentrations intermédiaires sont de qualité acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance rigoureuse.

Tableau III.10 : Classification microbiologique de l'eau selon les normes AFNOR. :

Paramètres	Classes de qualité microbiologique				
	Très bonne	Bonne	Moyenne	Suspecte	Dangereuse
Coliformes totaux/ 100ml	50	500	5000	10000	>
Coliformes thermotolérants assimilables à <i>E.coli</i> / 100ml	< 50	50 - 200	200 - 1000	1000 - 2000	> 2000
Streptocoques fécaux	< 5	5 - 20	20 - 100	100 - 200	> 200

III.5.2.3. Synthèse des résultats :

Les résultats obtenus doivent être discutés en prenant en compte que l'analyse microbiologique est ponctuelle et que le prélèvement a été réalisé dans des conditions de marée montante par mer calme avec absence de précipitations depuis plus de 48 heures.

Les eaux analysées au niveau de la baie d'El Djamilia accumulent un grand nombre de CT ce qui permet de dire que ces eaux sont suspectes. Les concentrations ne sont pas représentées car les colonies étaient indénombrables (colonies confluentes).

La variation des CF suivant les stations sont montrés dans le graphe suivant :

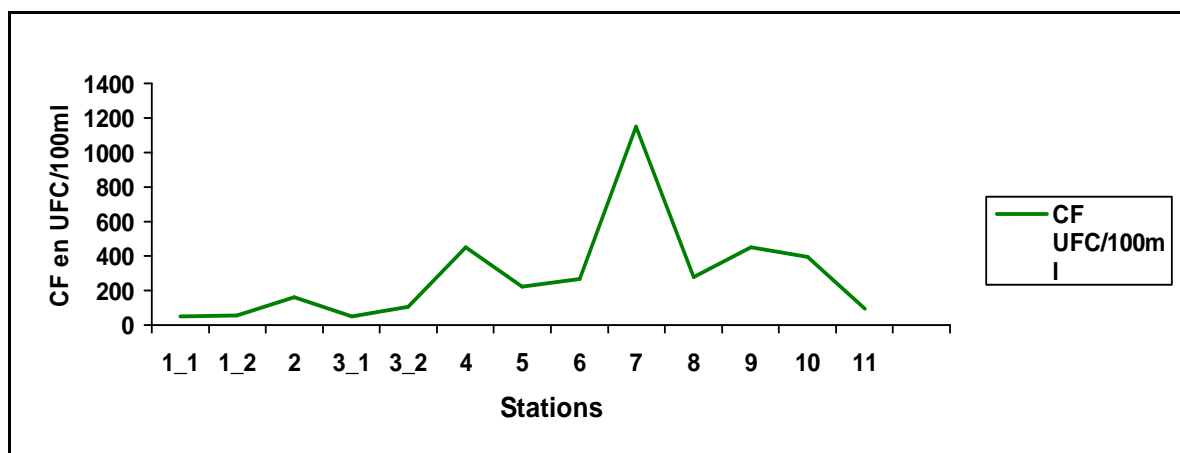


Figure III.8 : Evolution des CF suivant les stations

Les concentrations moyennes des CF ne sont pas aussi importantes que celles des CT, c'est tout à fait logique car les CF sont un sous groupe des CT.

Les valeurs enregistrées au niveau des stations 01, 03 et 11 sont relativement faibles par rapport aux autres stations. La plage Est de Sidi Fredj ainsi que la moitié Ouest de la Baie de Bou-Ismaïl présentent des concentrations importantes en CF. Un maximum est constaté au niveau de la station 07 (Zeralda).

Les concentrations moyennes des CF assimilables à *E.coli* sont inférieures aux valeurs guides au niveau des stations 01, 03 et 11. Toutes les autres stations enregistrent des concentrations comprises entre les valeurs guides (100 CF/ml) et les valeurs limites (2000 CF/ml), de ce fait, elles ne représentent pas un danger pour la baignade.

La variation des SF suivant les stations est figurée ci-dessous :

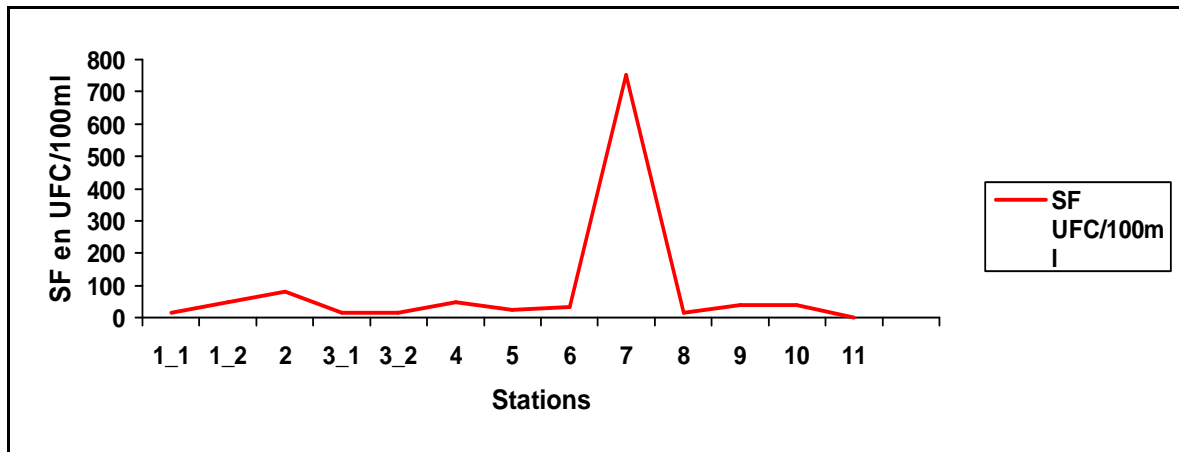


Figure III.9: Evolution des SF suivant les stations

Pour les streptocoques fécaux, le minimum a été enregistré au niveau de la station 11 (< 1 SF/ml). L'allure de la courbe montre un pic ; une forte concentration au niveau de la station 07 dépassant remarquablement la valeur guide (100 SF/ml). Notant que cette même zone enregistre un maximum de CF ce qui confirme sa mauvaise qualité microbiologique. L'intervalle de variation des concentrations dans les autres stations n'est pas très inquiétant étant donné que les concentrations moyennes sont inférieures aux valeurs guides.

Les fluctuations enregistrées au niveau des courbes sont importantes aussi bien pour les CF que pour les SF.

Par comparaison aux normes, nous classons les eaux prélevées comme suit :

Tableau III.11 : Classifications des eaux analysées selon les normes AFNOR.

Stations	Estimation des colonies CF obtenus	Estimation des colonies SF obtenus	Qualité microbiologique
01. bassin 1	< 50	5 - 20	Bonne
01. bassin 2	50 - 200	20 - 100	Moyenne
02	50 - 200	20 - 100	Moyenne
03. bassin 1	< 50	5 - 20	Bonne
03. bassin 2	50 - 200	5 - 20	Bonne
04	200 - 1000	20 - 100	Moyenne
05	200 - 1000	20 - 100	Moyenne
06	200 - 1000	20 - 100	Moyenne
07	1000 - 2000	> 200	Dangereuse
08	200 - 1000	5 - 20	Moyenne
09	200 - 1000	20 - 100	Moyenne
10	200 - 1000	20 - 100	Moyenne
11	50 - 200	< 5	Bonne

De l'ensemble des résultats, il en ressort que si certaines zones de la côte présentent de faibles densités bactériennes, d'autres points sont l'objet d'une contamination par les germes tests, assez forte (station 07 de mauvaise qualité microbiologique).

Il faut souligner que le phénomène de dispersion et disparition des bactéries terrigènes dans le milieu marin est probablement la cause des variations du taux de germes tests de contamination fécale au niveau de chaque station.

Il est admis que la survie des streptocoques fécaux est nettement supérieure à celle des coliformes thermo tolérants dont *E.coli*, les bactéries terrigènes disparaissent par voie de dilution, de sédimentation et d'antagonisme. Les SF résident dans le milieu marin grâce à leurs caractéristiques physiologiques qui leur confèrent une meilleure adaptation par rapport aux autres germes indicateurs (OMS, 2002).

III.5.2.4. Tests Confirmatifs:

Escherichia coli est reconnu comme l'indicateur de choix de la contamination fécale, mais puisque son dénombrement fait appel à des techniques compliquées, longues et coûteuses, les coliformes fécaux peuvent être utilisés quand l'expérience démontre que plus de 90 % des coliformes fécaux sont des *E.coli* (SBESC, 1992). Dans la présente étude, les coliformes fécaux ont été utilisés comme indicateur de contamination fécale et les dénombrements des *E. coli* ont été réalisés sur certains échantillons afin de valider ce choix.

Le dénombrement des *E.coli* (c'est-à-dire la confirmation que les colonies identifiées comme des coliformes fécaux sont bel et bien des colonies de *E.coli*) a été fait à l'aide de tests biochimiques (production d'indole et galerie biochimique API 20 E). Le protocole de confirmation est décrit en Annexe II. Notons que le procédé a été entièrement effectué au niveau de l'IPA, les résultats qui nous ont été transmis sont consignés ci-après.

Dans la baie d'El Djamila : l'espèce de CF présente en majorité est : *Escherichia coli*, ensuite *Citrobacter freundii*.

Dans la baie de Bou-Ismaïl, les espèces de CF identifiées sont : *Enterobacter sp* et *Citrobacter freundii*.

Les principales sources environnementales de CF et *E.coli* sont les rejets d'eaux usées domestiques et municipales et parfois industrielles (Bou-Ismaïl, Zeralda,...). Les activités portuaires (Tipaza, Bou Haroun, El Djamila) peuvent être à l'origine de pollution microbiologique. C'est d'ailleurs pour cette raison que les CF et *E.coli* sont utilisés plus fréquemment dans la réglementation et les suivis environnementaux.

En outre, de nouvelles normes européennes (Tableau III.16) viennent définir la qualité des eaux de mer qui sont utilisées à des fins récréatives. Elles n'ont été applicables qu'à la fin de l'année 2005. Ces normes ne prennent en compte que la recherche des *E.coli* étant un meilleur indicateur de contamination fécale, ainsi que le dénombrement des SF.

Tableau III.12 : Normes européennes de la qualité microbiologique des eaux de baignade (CEAEQ, 2005).

Bactérie	Norme guide	Norme impérative
<i>Escherichia coli</i>	250/100 ml	500/100ml
Entérocoques intestinaux	100/100ml	200/100ml

En se référant à cette nouvelle norme, nous pouvons déduire la qualité de l'eau correspondante à chaque station de prélèvement.

Etant donné que l'*E.coli* a été identifiée dans la baie d'El Djamila, seule la station 11 (d'après le tableau III.12) enregistre une concentration inférieure à la norme guide (250/100 ml). Pour les stations 08, 09 et 10, les concentrations moyennes sont comprises entre les valeurs guides et les valeurs limites (200 et 500UFC/100ml). Les concentrations des SF sont nettement inférieures aux normes guides. On peut dire que ces eaux sont de qualité microbiologique moyenne néanmoins elles ne présentent aucun risque aux baigneurs.

Dans la baie de Bou-Ismaïl, les CF identifiés présentent des concentrations inférieures aux normes guides dans les stations 01, 02, 03 et 05, intermédiaires dans les stations 04 et 06, largement supérieures aux valeurs limites dans la station 07. Il en est de même pour les SF, toutes les concentrations sont inférieures aux normes guides uniquement la station 07 qui dépasse triplement la norme limite. D'après ces normes, la plage de Zeralda (station 07) devrait être strictement interdite à la baignade.

III.5.2.5. Conclusion :

Les études de bactériologie quantitative portant sur les eaux littorales s'avèrent difficiles, et une grande variabilité apparaît souvent dans les résultats. Celle-ci peut s'expliquer par l'irrégularité des apports bactériens, les paramètres météorologiques, les facteurs hydrodynamiques, et l'analyse bactériologique elle-même. (Breitmayer et Gauthier, 1979).

Les sources de pollution bactérienne de notre littoral sont nombreuses et souvent ponctuelles. Elles ne se prêtent donc pas facilement à une identification précise. En effet, les flux de pollution peuvent être d'origine urbaine. Les bactéries sont rejetées en quantité importante au milieu récepteur puisque les stations d'épuration domestiques et industrielles sont presque toutes à l'arrêt, les réseaux de collecte des eaux usées sont souvent défectueux et l'assainissement de l'habitat dispersé est inexistant ou inefficace.

Les pollutions sont aussi d'origine agricole (effluents des bâtiments d'élevage, épandage excessif de déjections animales en période de ruissellement et d'érosion des sols..).

Il est vrai que la qualité des eaux analysées de la majorité des stations sont de moyenne qualité et ne présente pas un danger immanent pour la santé publique (exceptée la station 07), mais il faut rappeler que ces analyses sont ponctuelles et les taux enregistrés sont appelés à la hausse en cette période estivale.

CHAPITRE IV

Téledétection et Imagerie bathymétrique

IV.1. Introduction à la télédétection

IV.1.1. Définition de la télédétection :

La télédétection sert à l'observation de la Terre. Dans son sens géographique, elle est définie par l'ensemble des outils et méthodes de mesure à distance, des phénomènes de la surface de la Terre, des océans et de l'atmosphère.

Il s'agit d'une technique qui permet d'acquérir de l'information sur une cible au sol, par l'intermédiaire de l'analyse et de l'interprétation des images recueillies à partir de plates-formes, généralement un satellite, qui ne sont pas en contact direct avec la cible étudiée. **(Source : FAO, modifié)**

La télédétection s'effectue grâce à des capteurs installés à bord de satellites, qui enregistrent les rayonnements électromagnétiques émis ou réfléchis des territoires observés. Le produit de cet enregistrement est une image satellite, c'est-à-dire une représentation numérique plane du territoire. Le terme correspondant en anglais est Remote Sensing.

IV.1.1.1. Application de la télédétection :

IV.1.1.1.1. Applications de la télédétection en milieux marins et littoraux :

En océanographie, la télédétection offre l'avantage de permettre une vision synoptique de vastes régions qu'il est impossible d'obtenir par les moyens traditionnels **(Source : FAO)**.

Pour certaines études à petite échelle, les données des satellites météorologiques sont largement utilisées en océanographie (températures de surface de l'océan) ; pour les études côtières, ce sont les satellites de télédétection terrestre, équipés de capteurs à haute résolution, qui sont les plus utiles (qualité de l'eau, déversements d'hydrocarbures,..).

Les types de capteurs utilisés pour l'océanographie sont très variés. Les radiomètres utilisant le rayonnement visible analysent la couleur de l'océan, qui permet de mesurer la production biologique (plancton) et la turbidité; les radiomètres infrarouge ou microonde mesurent la température de surface de la mer.

Les radars embarqués sur les satellites ont l'avantage d'être insensibles aux nuages; ils permettent d'observer la topographie des océans, les directions et les vitesses des vents, les phénomènes ondulatoires présents sur l'océan (les vagues en particulier),...etc.

Enfin, certains types particuliers de capteurs, radars-altimètres sont utilisés pour mesurer avec une très grande précision l'altitude de la surface de la mer qui est un reflet de la dynamique océanique (courants généraux).

IV.1.1.1.2. Application de la télédétection à la bathymétrie :

Les récents progrès réalisés dans les technologies informatiques et la demande croissante de bases de données numériques et de capacités de production de cartes informatisées ont favorisé l'utilisation des données de télédétection comme source d'information pour une variété d'applications cartographiques surtout pour la bathymétrie des eaux peu profondes.

L'imagerie bathymétrique accompagnée des avantages associés à un meilleur contenu d'information et une plus grande précision d'échelle est l'un des produits de la télédétection qui fera l'objet de notre étude.

Quel que soit le domaine d'application, une bonne interprétation des documents de télédétection ou une bonne utilisation des données numériques nécessite la compréhension des principes physiques sur lesquels est fondée la technique de télédétection employée.

IV.1.1.2. Télédétection passive et active

Lorsque le satellite ne fait que capter le rayonnement réfléchi (source naturelle, le soleil ou la terre), on parle de télédétection passive et lorsque le satellite émet une onde (source artificielle ; radar embarqué à bord du satellite) vers la cible et en mesure l'écho, on parle de télédétection active.

IV.1.2. Les bases physiques de la télédétection :

Le terme de télédétection est communément limité aux méthodes et techniques qui emploient le rayonnement électromagnétique comme moyen de détection et de mesure des caractéristiques des objets.

IV.1.2.1. Le rayonnement électromagnétique :

En Télédétection, les capteurs peuvent acquérir des informations que l'œil humain ne peut pas voir normalement.

Les objets reflètent normalement une partie de la lumière qui les atteint. C'est généralement cette portion de lumière qui donne une couleur aux objets.

Certains objets ne se contentent pas de refléter la lumière qui les atteint, ils émettent en outre des rayonnements, surtout à cause de leur température.

La lumière est émise et réfléchi par les objets sous forme de rayonnement. Un rayonnement, c'est de l'énergie qui se propage dans l'espace ou dans la matière sous forme de champs électriques et magnétiques perpendiculaires entre eux. Il est appelé rayonnement électromagnétique (REM).

Ce REM se propage sous forme d'ondes électromagnétiques caractérisées par différentes longueurs d'ondes. On mesure le REM émis ou réfléchi par les objets à différentes longueurs d'ondes.

IV.1.2.2. Le spectre électromagnétique:

Le spectre électromagnétique est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constituantes.

Si on applique cette division à l'ensemble du rayonnement électromagnétique, on obtient le spectre électromagnétique complet. Les longueurs d'ondes vont alors de quelques nanomètres à plusieurs milliers de kilomètres.

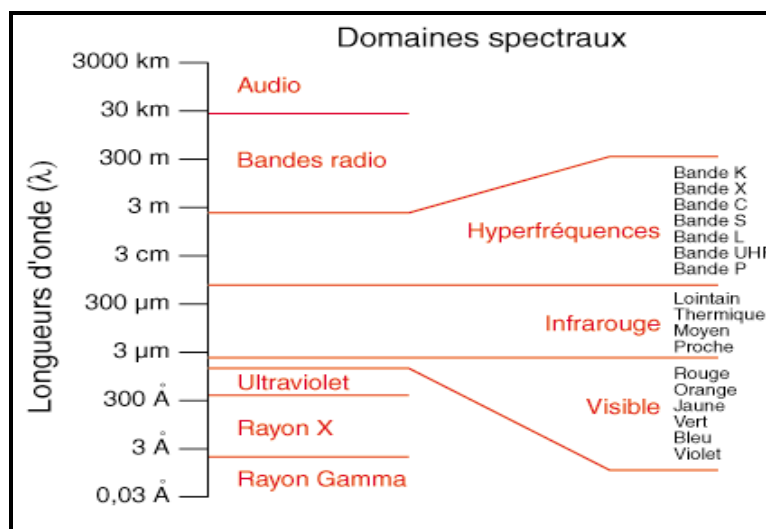


Figure IV.1 : Le spectre électromagnétique (Source : FAO)

Les bandes spectrales qui intéressent la télédétection sont les suivantes (**Bonn.F et Rochon 1992, modifié**) :

- L'ultraviolet photographique, dont les longueurs d'ondes vont de 0,3 à 0,4 micromètres (μm) (300–400 nanomètres), le rayonnement ultraviolet à ondes plus courtes est absorbé par l'ozone dans la haute atmosphère.
- Le visible, avec des longueurs d'ondes entre 0,4 et 0,7 μm , cette région contient toutes les couleurs de la lumière perceptibles par l'œil humain.
- Le proche infrarouge, avec des longueurs d'ondes entre 0,7 et 3 μm ; bien que non visible, on peut le détecter à l'aide de films à émulsions sensibles aux infrarouges dans la gamme de 0,7 à 1,3 μm (**Bonn.F et Rochon 1992, modifié**).
- Le moyen infrarouge, avec des longueurs d'ondes entre 3 et 8 μm , comme dans le cas des bandes d'ondes courtes, l'énergie dans cette région provient surtout de la radiation solaire réfléchi et ne contient pas d'information sur les propriétés thermiques des matériaux.
- L'infrarouge lointain (IR thermique), avec des longueurs d'ondes de 8 à 1000 μm , cette région comporte des radiations terrestres en rapport avec l'émission thermique.
- Les micro-ondes, avec des longueurs d'ondes entre 1 mm et 100cm; on peut se servir de cette région pour mesurer l'émission terrestre mais elle est également importante pour les capteurs actifs comme les systèmes radar.

IV.1.3. Les plates formes, Satellites :

La télédétection peut être effectuée à partir de diverses plates-formes d'observation. Selon la distance entre le capteur et la cible, on peut employer comme plates-formes des bateaux, des ballons, des avions et des satellites.

Les techniques d'observation se résument aujourd'hui presque entièrement à l'imagerie satellite.

Un satellite est un objet spatial en orbite continue autour de la Terre. Il transporte un ou plusieurs instruments pour enregistrer des images de la Terre. Ceci s'exerce à partir de deux types de satellites :

IV.1.3.1. Le satellite SPOT :

Satellite français de télédétection, a été conçu pour fournir, avec une très grande résolution spatiale, des données visibles ou proche IR destinées à la cartographie et aux études thématiques. Il a été lancé le 22 février 1986, par une fusée Ariane, sur une orbite basse (830 km), quasi-polaire (inclinaison: 98,7°), et héliosynchrone. La période est de 101mn. Le cycle orbital est donc de 26 jours, au bout duquel le satellite, après avoir effectué 369 révolutions et balayé la totalité de la terre, reprend exactement l'orbite parcourue 26 jours auparavant.

Tableau IV.1 : Caractéristiques du capteur HRV de SPOT (Source : FAO).

Caractéristiques	Mode Panchromatique	Mode Multispectral
Longueur d'onde	0,57–0,73 μm	0,50–0,59 μm (vert) 0,61–0,68 μm (rouge) 0,79–0,89 μm (proche IR)
Largeur du couloir exploré (fauchée)	60 km	60 km
Couloir exploré au total	117 km	117 km
Cellule de résolution au sol	10 m \times 10 m	20 m \times 20 m

IV.1.3.2. Les satellites LANDSAT :

Les séries de satellites américains LANDSAT étaient auparavant connues sous le nom de satellites de technologie pour les ressources terrestres (ERTS). Ces satellites ont été conçus pour des applications océanographiques et cartographiques. Ils peuvent être divisés en deux générations:

IV.1.3.2.1. Première génération: LANDSAT 1/2/3

Les LANDSAT 1, 2 et 3 ont été lancés respectivement en 1972, 1975 et 1978. LANDSAT 1 a été mis hors service en 1978, suite au fonctionnement défectueux du capteur et les LANDSAT 2 et 3 ont été mis hors service en 1983 (**Source : FAO**). Ces satellites ont fondamentalement les mêmes paramètres orbitaux et possèdent les mêmes capteurs. Les orbites sont héliosynchrones proche-polaires (angle d'inclinaison d'environ 99°) avec une période de 103 minutes. Ils effectuent 14 révolutions par jour. Chacun d'eux couvre la quasi totalité de la terre tous les 18 jours, c'est-à-dire qu'il revient sur la même trace tous les 18 jours. Ils sont munis de capteurs de type : radiomètre multispectral à balayage MSS (Multispectral Scanner) (**Bonn.F, 1996, modifié**).

IV.1.3.2.1.1. Radiomètre MSS:

Il s'agit d'un dispositif de saisie des données en ligne, qui produit un nombre précis d'images synchrones dont chacune est à une bande d'onde différente. La scène individuelle d'une image MSS couvre approximativement 185 × 185 km et chevauche la scène voisine d'environ 10%.

Le MSS de LANDSAT-2 fonctionne dans quatre bandes d'ondes différentes. Les caractéristiques du capteur sont décrites au tableau ci-dessous :

Tableau IV.2. : Caractéristiques du MSS de LANDSAT-2 (Source : FAO).

Paramètres	Caractéristiques	
Les longueurs d'ondes:	Bande 4	0,5 – 0,6 µm (vert)
	Bande 5	0,6 – 0,7 µm (rouge)
	Bande 6	0,7 – 0,8 µm (proche IR)
	Bande 7	0,8 – 1,1 µm (proche IR)
IFOV	0,086 mrad	
Fauchée	185 km	
Résolution au sol	80 m × 80 m	

IV.1.3.2.2. Deuxième génération: LANDSAT 4/5

Les LANDSAT 4 et 5 ont été lancés en 1982 et 1984 respectivement. Ils ont un angle d'inclinaison de 98,3° et une période de 98,5 minutes, effectuent de 14 à 15 révolutions par jour, et une répétitivité tous les 16 jours (**Source : FAO**).

La différence majeure entre les LANDSAT 4 et 5 et les LANDSAT précédents est que les capteurs VRF ont été remplacés par une nouvelle génération de capteurs MSS, appelés TM (Thematic Mapper) ou capteur pour "Cartographie thématique". Ce capteur se caractérise par un plus grand nombre de bandes spectrales et offre une meilleure résolution au sol.

IV.1.3.2.2.1. Capteur pour cartographie thématique (TM):

Le TM a trois bandes visibles, une bande proche IR et deux bandes moyen IR avec une résolution au sol de 30 m et une bande thermique IR avec une résolution au sol de 120 m. Ses caractéristiques sont données au tableau suivant.

Tableau IV.3: Caractéristiques du TM de LANDSAT (Source : FAO).

Paramètres	Caractéristiques	
Longueurs d'ondes	Bande 1	0,45 – 0,52 µm (violet- bleu)
	Bande 2	0,52 – 0,60 µm (vert)
	Bande 3	0,63 – 0,69 µm (rouge)
	Bande 4	0,76 – 0,90 µm (proche IR)
	Bande 5	1,55 – 1,75 µm (moyen IR)
	Bande 6	10,40 – 12,50 µm (IR thermique)
	Bande 7	2,08–2,35 µm (moyen IR)
IFOV	0,043 mrad (sauf Bande 6 : 0,170 mrad)	
Largeur du couloir exploré	185 km	
Résolution au sol	30 m × 30 m (sauf Bande 6:120 m × 120 m)	

Comme le capteur TM a la capacité de surveiller une large gamme de bandes spectrales (du bleu à l'IR), il peut servir à bien des fins, notamment à: La cartographie des eaux côtières (Bande 1), l'identification de la végétation saine par réflectance verte (Bande 2), la différenciation des plantes par la cartographie de chlorophylle (Bande 3), la délimitation des plans d'eau (Bande 4), la mesure de la neige et des nuages (Bande 5), la cartographie thématique (Bande 6) et la cartographie hydro thermique (Bande 7).

IV.1.4. Les propriétés optiques de l'eau de mer :

IV.1.4.1. Originalités spectrales des surfaces en eau:

Dans l'environnement marin, certaines longueurs d'ondes sont transmises; l'énergie qui parvient au capteur peut venir de la surface de l'eau, des substances dans la colonne d'eau ou des matériaux des fonds marins.

La réflexion d'énergie d'une surface est généralement qualifiée de réflexion spéculaire ou diffuse. Il y a réflexion spéculaire quand l'énergie qui est réfléchi par la surface continue son trajet dans une seule direction et l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence. Ceci est le type de réflexion qui est observée sur une surface de mer calme à des longueurs d'ondes visibles.

Le rayonnement qui n'est pas réfléchi par la surface de l'eau est réfracté et absorbé par l'eau.

Les surfaces d'eau libre sont aisément identifiables à partir des images satellites. Dans le visible et le proche IR, l'eau pure se caractérise par une réflectance élevée dans le bleu (450 nm) moins forte dans le vert (550 nm), très faible dans le rouge (700 à 1000 nm).

La forte absorption du proche IR demeure la caractéristique la plus significative pour discriminer les surfaces en eau libre.

Lorsque l'eau n'est pas pure (matières en suspension et en solution avec augmentation de la turbidité de l'eau), ceci se traduit par une augmentation de la réflectance dans le proche IR notamment. Les eaux fortement chargées en MES peuvent ainsi se confondre dans l'étude des réponses spectrales et les classifications d'images avec d'autres types d'états de surface comme les sols.

L'eau absorbe davantage dans les grandes longueurs d'onde du visible et du proche IR. Ainsi, l'eau paraît bleu ou bleu-vert car elle réfléchit davantage les courtes longueurs d'onde, elle paraît encore plus foncée si elle est observée sous les longueurs d'onde du rouge et du proche IR.

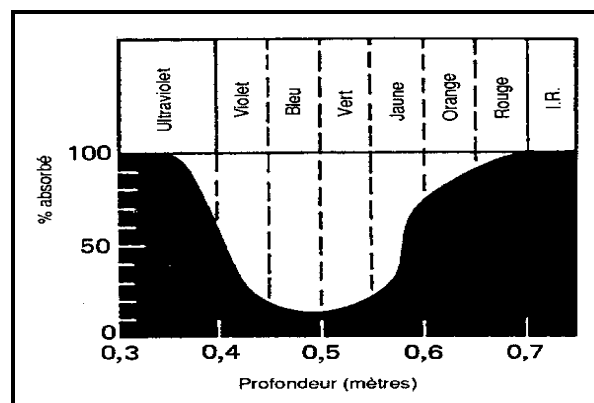


Figure IV.2 : Absorption de la lumière par 10 m d'eau pure en fonction de la longueur d'onde (Source : FAO, d'après P.K.Weyl, 1970)

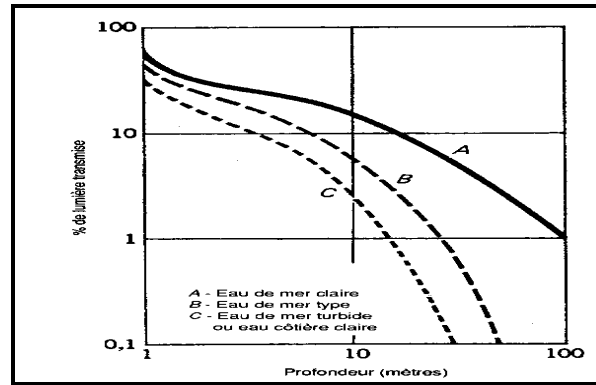


Figure IV.3 : Variation de la transmission de lumière en fonction de la profondeur pour les différentes eaux de mer (Source : FAO, d'après P.K. Weyl, 1970)

IV.1.4.2. Matériaux et particules en suspension :

La réflectance et l'émissivité des surfaces d'eau dépendent des propriétés optiques de l'eau ainsi que de celles des substances dissoutes ou en suspension (phytoplancton, matière minérale ou organique dissoute, débris biogènes..).

L'énergie que détecte un capteur peut être réfléchi par la surface de l'eau, par des particules en suspension dans la colonne d'eau ou par les matériaux du fond.

Les particules en suspension produisent un effet de diffusion analogue à celui des aérosols atmosphériques; si la concentration est assez faible, leur réflectance se surimpose à celle des matériaux des fonds marins. A fortes concentrations, les particules en suspension peuvent arrêter la transmission vers les profondeurs et à partir de ces dernières.

En l'absence de réflexion des fonds, on peut utiliser la réflectance de l'eau pour mesurer la concentration des matériaux en suspension. On confond parfois l'eau qui contient des sédiments en suspension avec l'eau peu profonde. La présence de la chlorophylle est particulièrement intéressante pour l'aménagement des pêches, car c'est un indice de productivité primaire. Au fur et à mesure que le niveau de la chlorophylle augmente, la réflectance diminue entre 0,4 et 0,5 μm et à faibles concentrations, la réflectance s'accroît entre 0,5 et 0,6 μm (Source : FAO, modifié).

IV.1.6. L'imagerie satellitaire :

C'est un ensemble d'informations capté et envoyé par le satellite. Une image satellitaire est avant tout composée de pixels, le plus petit élément d'une image. Le nombre de pixels varie suivant la résolution de l'image: plus la résolution est grande, plus la qualité de l'image s'améliore.

Chaque pixel présente une certaine quantité d'énergie donnée par différents niveaux de gris variant de 0 à 255. On peut aussi obtenir une composition colorée de trois images auxquelles on associe les couleurs rouge, vert et bleu.

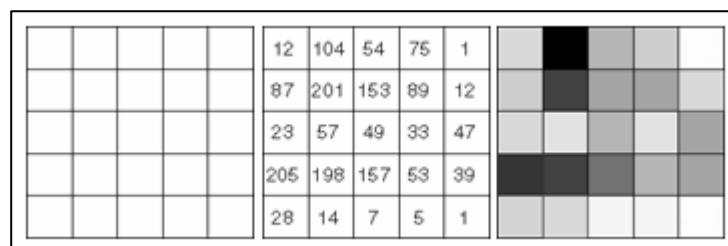


Figure IV.4 : Pixel et niveaux de gris (Source : FAO, modifié)

Une fois l'image reçue par les ingénieurs spécialisés, celle-ci sera méthodiquement traitée.

IV.2. application du logiciel SDDS à l'imagerie bathymétrique

IV.2.1. Présentation du logiciel SDDS :

L'objet de cette étude est de suivre la modification de la luminance et de la réflectance à travers les différents canaux des satellites SPOT et LANDSAT-TM en fonction des profondeurs de stations choisies sur toute l'étendue de la baie de Bou-Ismaïl.

Un modèle de simulation du passage spectral à travers l'atmosphère a été développé afin de calculer les variations de luminance et de réflectance ainsi que pour évaluer l'influence des interactions atmosphériques et des conditions d'acquisition sur les images satellitaires.

Le logiciel SDDS : Simulation Des Données Satellitaires développé en un langage "Visual Basic 4" est un programme ayant pour fonction le calcul de la radiation réfléchi par une cible terrestre enregistrée au niveau du capteur ainsi que la détermination du rayonnement diffus par une masse d'eau.



Figure IV.5: Présentation du logiciel SDDS

Les données ou paramètres d'entrée demandés par le logiciel afin de déterminer les différentes radiations au sol sont d'ordre astronomique, géographique et atmosphérique.

- **Données astronomiques :**

- * **Le jour :** valeur entre 1 pour le 1^{er} Janvier et 365 pour 31 Décembre.

- * **Heure :** heure du prélèvement.

- * **Latitude :** valeur entre 0 et 360°.

- * **Béta0 :** caractérise l'inclinaison de la surface par rapport à l'horizon, entre 0° et 90°.

- * **Phi :** l'angle Azimutal solaire entre - 90° et +90°.

- * **Z :** altitude du lieu en kilomètre.

- **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, valeur entre 0 et 1.

- * **Wo :** dépend de la nature de la matière, des aérosols, ses dimensions et ses optiques.

Les données sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.4 : Les paramètres astronomiques et atmosphériques d'entrée pour les applications du logiciel.

Paramètres astronomiques		Paramètres atmosphériques	
Jour	57	Ozone Cm	0.30
Heure	11h	Humidité relative %	0.8
Latitude	36°6160	Température K	T°C+273
Longitude	2°5505	Visibilité Km	20
B ₀	0	Altitude	200
θ _v	10°	Alpha (α)	1.3
φ	30°	Fc	0.9
ψ	60°	Wo	0.6
Z	0		

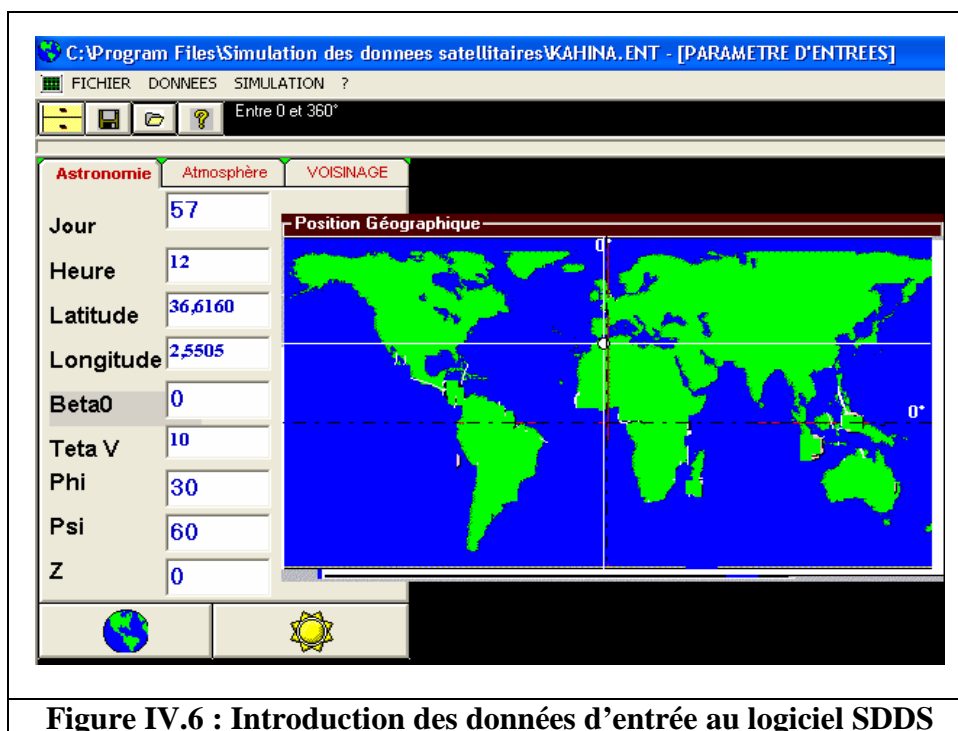


Figure IV.6 : Introduction des données d'entrée au logiciel SDDS

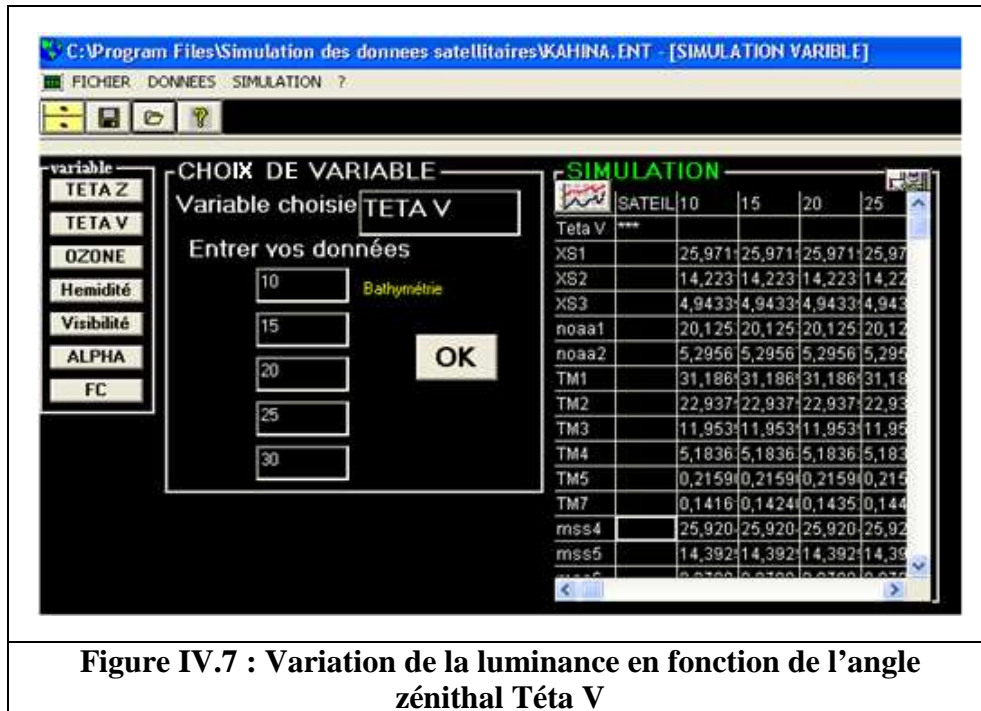
IV.2.2. Analyse de la variation de la luminance :

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.

Une fois que les données nécessaires au lancement du logiciel sont validées, Les luminances correspondant à chaque station d'étude sont affichées sous forme de tableaux (Figure IV.5).

Notre étude bathymétrique se focalise sur les images multibandes des capteurs du satellite SPOT et les capteurs TM et MSS du satellite LANDSAT dans la partie visible du spectre.



IV.2.2.1. Application aux stations :

Les stations choisies sont représentées dans la figure suivante. Les coordonnées géographiques correspondantes, la nature du fond et les températures sont mentionnés en Annexe III.

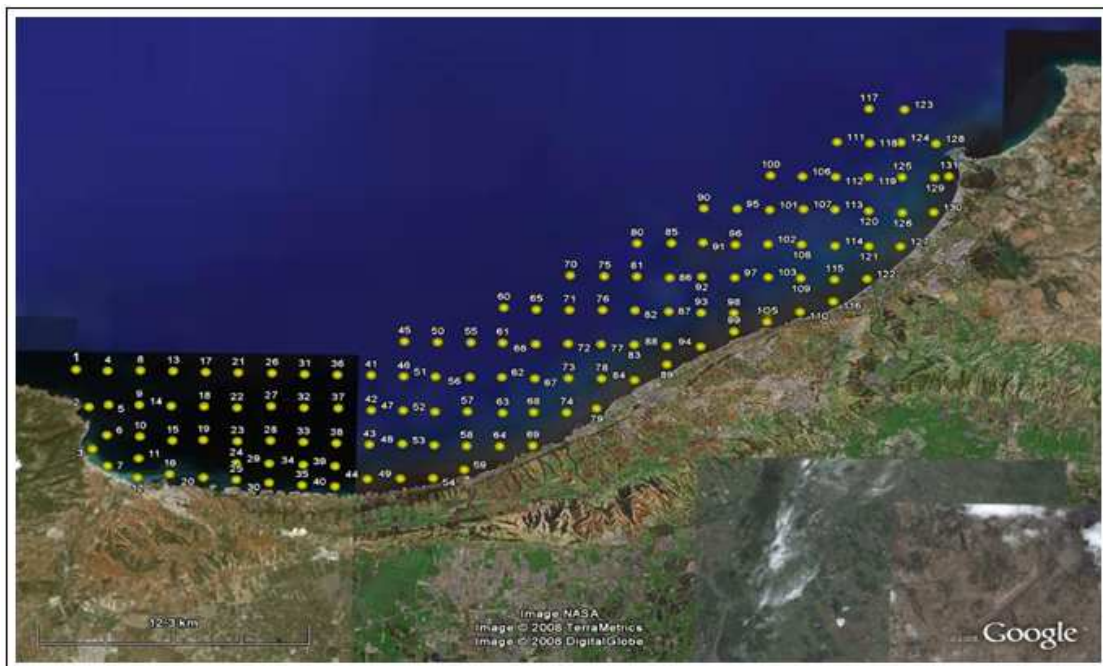


Figure IV.8 : Situation des sondes bathymétriques dans la baie de Bou-Ismaïl.

Les résultats de la luminance en fonction de Téta V 10 et Téta V 20 obtenus par le logiciel pour différentes stations sont regroupés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau IV.5 : Les valeurs de la luminance pour les trois canaux de Spot en fonction de Téta V.

Téta V		10			20		
Stations	prof	Spot 1	Spot 2	Spot3	Spot 1	Spot 2	Spot 3
1	1	49,463	23,237	5,2607	49,401	23,536	5,3053
2	1,5	48,476	21,265	5,0766	48,435	21,544	5,0993
3	1,5	48,451	21,692	5,2331	48,412	21,975	5,2583

4	1,5	48,451	21,692	5,2331	48,412	21,975	5,2583
5	1,5	48,996	21,938	5,2943	48,957	22,224	5,3198
6	2	47,567	19,736	4,9991	47,545	19,990	5,0104
7	2	47,567	19,737	5,0061	47,545	19,991	5,0174
8	2	35,627	15,095	3,8516	35,612	15,289	3,8612
9	4	44,602	16,728	5,0852	44,668	16,884	5,0860
10	4,5	43,973	16,279	5,0888	44,020	16,414	5,0892
11	4,5	43,965	16,271	5,0829	44,012	16,406	5,0832
12	4,5	43,985	16,291	5,0971	44,032	16,427	5,0974
13	5	32,129	10,226	2,3493	32,093	10,306	2,3495
14	5	32,303	10,156	2,3292	32,266	10,235	2,3293
15	5	32,129	10,226	2,3493	32,093	10,306	2,3495
16	5	32,481	11,916	3,8032	32,524	12,002	3,8034
17	5,5	31,71	10,014	2,3491	31,684	10,083	2,3492
18	6	31,313	9,8473	2,3490	31,295	9,9059	2,3491
19	8	29,908	9,4613	2,3490	29,917	9,4914	2,3490
20	8,5	29,912	11,107	3,8071	29,992	11,134	3,8071
21	9	29,592	11,054	3,8056	29,675	11,077	3,8056
22	10	36,597	13,649	4,7045	36,709	13,688	4,7045
23	10	28,740	9,3078	2,3490	28,768	9,3227	2,3490
24	10	28,816	9,2429	2,3269	28,845	9,2572	2,3269
25	10	28,74	9,3078	2,349	28,768	9,3514	2,3490
26	12	27,753	9,2459	2,3490	27,797	9,2531	2,3490
27	13	27,316	9,2082	2,3490	27,365	9,2355	2,3490
28	15	33,651	13,539	4,7002	33,783	13,541	4,7002
29	15	26,752	10,900	3,8039	26,857	10,902	3,80339
30	17	32,747	13,531	4,7002	32,882	13,532	4,7002
31	18	25,556	9,2057	2,3490	25,622	9,2065	2,3490
32	20	25,201	10,911	3,8194	25,309	10,912	3,8194
33	21	31,268	13,526	4,6951	31,403	13,526	4,6951
34	21	24,93	10,902	3,8129	25,037	10,902	3,8129
35	22	32,551	14,223	4,9433	32,692	14,224	4,9433
36	22	24,671	10,891	3,8085	24,777	10,891	3,8085
37	23	24,445	10,893	3,8093	24,551	10,893	3,8093
38	25	30,122	13,525	4,6995	30,252	13,525	4,6995
39	27	29,644	13,525	4,6951	29,771	13,525	4,6951
40	32	28,622	13,525	4,6995	28,779	13,525	4,6995
41	37	27,91	13,525	4,6966	28,017	13,525	4,6966
42	38	21,43	10,901	3,8135	21,486	10,901	3,8135
43	40	27,524	13,525	4,7002	27,634	13,525	4,7002
44	40	22,01	10,891	3,8115	22,091	10,891	3,8115
45	43	21,758	10,889	3,809	21,835	10,889	3,809
46	45	30,122	13,525	4,6995	30,252	13,525	4,6995
47	47	26,864	13,525	4,6995	26,952	13,525	4,6995
48	47	21,478	10,891	3,8114	21,548	10,891	3,8114
49	51	26,564	13,525	4,7002	26,644	13,525	4,7002
50	52	26,497	13,525	4,6981	26,575	13,524	4,6981
51	62	25,959	13,524	4,6929	26,022	13,524	4,6929
52	62	20,01	8,8495	2,2589	20,05	8,8495	2,2589
53	63	25,916	13,525	4,7002	25,978	13,525	4,7002
54	64	25,875	13,525	4,701	25,936	13,525	4,7010
55	65	25,836	13,525	4,701	25,895	13,525	4,7010
56	67	25,762	13,526	4,7038	25,818	13,526	4,7038
57	78	25,439	13,525	4,7002	25,484	13,525	4,7002
58	80	25,394	13,525	4,7002	25,436	13,525	4,7002
59	90	25,207	13,525	4,7017	25,241	13,525	4,7017
60	91	25,192	13,525	4,7017	25,225	13,525	4,7017
61	92	25,706	13,88	4,8493	25,740	13,88	4,8493

Tableau IV.6 : Les valeurs de luminance pour les six canaux de LANDSAT-TM en fonction de Téta V.

Téta v		10						20					
Stations	prof	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
1	1	56,891	43,945	17,027	5,6866	0,3041	0,1666	56,722	43,984	55,955	55,955	0,3156	0,1718
2	1,5	56,504	42,524	15,432	5,3184	0,2472	0,1493	56,349	42,584	15,605	5,3412	0,2525	0,1525
3	1,5	56,343	42,621	15,805	5,4814	0,2574	0,1529	56,191	42,681	15,983	5,0567	0,2633	0,1564
4	1,5	42,064	31,404	9,9350	2,6091	7,2434	9,2189	41,837	31,365	10,051	2,6286	7,9460	9,5536
5	1,5	42,21	31,931	11,842	4,1081	0,1931	0,1146	42,097	31,976	11,976	4,1271	0,1975	0,1172
6	2	41,689	30,509	9,2754	2,5403	4,8491	8,6843	41,477	30,488	9,5502	2,5502	5,2039	8,9392
7	2	55,955	41,304	14,555	5,2463	0,2301	0,1448	55,816	41,381	14,703	5,2578	0,2328	0,1473
8	2	41,805	31,029	11,165	4,037	0,1777	0,1103	41,703	31,087	11,279	4,0466	0,1799	0,1122
9	4	53,861	37,681	13,126	5,3318	0,2231	0,1440	53,782	37,804	13,202	5,3326	0,2233	0,1459
10	4,5	53,414	36,938	12,922	5,3351	0,2233	0,1442	53,347	37,067	12,985	5,3355	0,2234	0,1461
11	4,5	53,407	36,929	12,914	5,3294	0,2228	0,1439	53,340	37,058	12,977	5,3298	0,2228	0,1459
12	4,5	53,425	36,952	12,934	5,3431	0,2240	0,1445	53,359	37,080	12,997	5,3435	0,2241	0,1465
13	5	39,672	26,610	7,6734	2,4877	0,0301	8,3397	39,530	26,652	7,7092	2,4878	3,0225	0,0852
14	5	39,959	26,694	7,6182	2,4669	2,9791	0,0835	39,814	26,736	7,6532	2,467	2,9832	8,5437
15	5	39,672	26,61	7,6734	2,4877	0,0301	8,3397	39,53	26,652	7,7092	2,4878	3,0225	0,0852
16	5	39,676	27,142	9,5508	3,9881	0,1664	0,1076	39,635	27,243	9,5896	3,9883	0,1664	0,1091
17	5,5	39,369	26,131	7,584	2,4875	3,0109	8,3407	39,237	26,179	7,6135	2,4875	3,013	8,5288
18	6	39,074	25,688	7,516	2,4874	3,0078	8,3416	38,952	25,741	7,5402	2,4874	3,0088	8,5301
19	8	37,973	24,199	7,3714	2,4873	3,0055	8,3434	37,885	24,265	7,382	2,4873	3,0056	8,5325
20	8,5	37,624	24,419	9,2356	3,9922	0,1665	0,1077	37,634	24,531	9,2449	3,9922	0,1665	0,1092
21	9	37,345	24,106	9,2132	3,9902	0,1667	0,1078	37,361	24,218	9,2207	3,9902	0,1667	0,1093
22	10	46,611	29,582	11,401	4,9326	0,2058	0,1349	46,694	29,723	11,406	4,9326	0,2058	0,1367
23	10	36,982	23,050	7,3217	2,4873	3,0054	8,3437	36,922	23,123	7,3262	2,4873	3,0054	8,5330
24	10	37,176	23,049	7,2677	2,4645	2,965	8,3592	37,115	23,122	7,272	2,4645	0,0296	8,5463
25	10	36,982	23,05	7,3217	2,4873	3,0054	8,3437	36,922	23,123	7,3262	2,4873	3,0054	8,533
26	12	36,085	22,140	7,3043	2,4873	3,0054	8,3437	36,049	22,216	7,3062	2,4873	3,0054	8,5331
27	13	35,668	21,753	7,3004	2,4873	3,0054	8,3437	35,643	21,830	7,3016	2,4873	3,0054	8,5331
28	15	43,761	27,018	11,37	4,9288	0,2052	0,1346	43,849	27,149	11,37	4,9288	0,2052	0,1364
29	15	34,624	21,571	9,1681	3,9886	0,1664	0,1077	34,693	21,671	9,1687	3,9886	0,1664	0,1092
30	17	42,778	26,297	11,367	4,9288	0,2052	0,1346	42,881	26,423	11,368	4,9288	0,2052	0,1364
31	18	33,848	20,298	7,295	2,4873	3,0054	8,3437	33,865	20,373	7,2951	2,4873	3,0054	0,0853
32	20	32,894	20,365	9,1879	4,0038	0,1677	0,1083	32,989	20,458	9,1880	4,0038	0,1677	0,1098
33	21	41,053	25,189	11,365	4,9243	0,2046	0,1342	41,178	25,302	11,365	4,9243	0,2046	0,1361
34	21	32,571	20,163	9,1791	3,9975	0,1672	0,1081	32,67	20,253	9,1791	3,9975	0,1672	0,1095
35	22	56,504	42,524	15,432	5,3184	0,2472	0,1493	56,349	42,584	15,605	5,3412	0,2525	0,1525
36	22	32,258	19,972	9,1697	3,9929	0,1670	0,1080	32,36	20,06	9,1698	3,9929	0,1670	0,1094
37	23	31,976	19,813	9,1714	3,9937	0,1670	0,1080	32,081	19,899	9,1714	3,9937	0,167	0,1095
38	25	39,595	24,391	11,367	4,9282	0,2051	0,1345	39,735	24,491	11,367	4,9282	0,2051	0,1363
39	27	38,951	24,077	11,365	4,9343	0,2046	0,1342	39,095	24,17	11,365	4,9243	0,2046	0,1361
40	32	37,546	23,466	11,367	4,9282	0,2051	0,1345	37,696	23,544	11,367	4,9282	0,2051	0,1363
41	37	36,386	23,036	11,366	4,9256	0,2048	0,1340	36,537	23,101	11,366	4,9256	0,2048	0,1362
42	38	27,253	18,09	9,1792	3,998	0,1672	0,1081	27,334	18,123	9,1792	3,998	0,1672	0,1096
43	40	35,787	22,839	11,367	4,9388	0,2052	0,1346	35,936	22,898	11,367	4,9288	0,2052	0,1364
44	40	28,496	18,297	9,1709	3,9955	0,1673	0,1082	28,615	18,344	9,1709	3,9955	0,1673	0,1096
45	43	28,076	18,166	9,1687	3,9933	0,1671	0,1080	28,193	18,208	9,1687	3,9933	0,1671	0,1095
46	45	39,595	24,391	11,367	4,9282	0,2051	0,1345	39,735	24,491	11,367	4,9282	0,2051	0,1363
47	47	34,615	22,505	11,367	4,9282	0,2051	0,1345	34,758	22,549	11,367	4,9282	0,2051	0,1363
48	47	27,586	18,029	9,1707	3,9954	0,1673	0,1082	27,700	18,006	9,1707	3,9954	0,1673	0,1096

49	51	34,064	22,369	11,367	4,9288	0,2052	0,1346	34,201	22,407	11,367	4,9288	0,2025	0,1364
50	52	33,937	22,34	11,366	4,9269	0,2049	0,1344	34,073	22,377	11,366	4,9269	0,2049	0,1362
51	62	32,878	22,126	11,364	4,9224	0,2043	0,1341	33,000	22,151	11,354	4,9224	0,2043	0,1359
52	62	25,973	16,684	7,0147	2,3919	0,0289	8,0236	26,043	16,701	7,0147	2,3919	0,0289	8,2057
53	63	32,79	22,11	11,367	4,9288	0,2052	0,1346	32,910	22,134	11,367	4,9288	0,2052	0,1364
54	64	32,705	22,096	11,367	4,9295	0,2053	0,1346	32,823	22,119	11,367	4,9295	0,2053	0,1346
55	65	32,622	22,082	11,367	4,9295	0,2053	0,1346	32,739	22,104	11,367	4,9295	0,2053	0,1364
56	67	32,056	22,056	11,369	4,932	0,2057	0,1348	32,578	22,077	11,369	4,932	0,2057	0,1366
57	78	31,751	21,955	11,367	4,9288	0,2052	0,1346	31,847	21,696	11,367	4,4928	0,2052	0,1364
58	80	31,644	21,943	11,367	4,9288	0,2052	0,1346	31,738	21,955	11,367	4,9288	0,2052	0,1364
59	90	31,197	21,894	11,368	4,9301	0,2054	0,1347	31,277	21,903	11,368	4,9301	0,2054	0,1365
60	91	31,159	21,891	11,368	4,9301	0,2054	0,1347	31,238	21,899	11,368	4,9301	0,2054	0,1365
61	92	31,726	22,369	11,682	5,0839	0,2126	0,1379	31,807	22,377	11,682	5,0839	0,2126	0,1397

Tableau IV.7 : Les valeurs de luminance pour les quatre canaux du satellite LANDSAT-MSS en fonction de Téta V.

Téta v		10				20			
Stations	prof	MSS4	MSS5	MSS6	MSS7	MSS4	MSS5	MSS6	MSS7
1	1	49,247	23,274	8,761	4,1658	49,22	24,014	8,916	4,2823
2	1,5	48,318	21,117	8,2992	3,8806	48,282	21,365	8,3267	3,8991
3	1,5	48,298	21,522	8,5220	3,9927	48,264	21,775	8,5220	4,0132
4	1,5	35,773	14,526	4,7033	1,9440	35,650	14,685	4,7251	1,9629
5	1,5	36,183	16,125	6,3867	2,9937	36,158	16,315	6,4092	3,0092
6	2	47,39	19,724	8,1966	3,8176	47,373	19,951	8,2122	3,8269
7	2	47,39	19,725	8,205	3,8298	47,373	19,952	8,2206	3,8391
8	2	35,499	15,071	6,2944	2,9351	35,488	15,245	6,3072	2,9429
9	4	44,382	16,948	8,2973	3,8753	44,422	17,094	8,3001	3,8759
10	4,5	43,746	16,516	8,2968	3,8811	43,797	16,647	8,2989	3,8814
11	4,5	43,738	16,511	8,2888	3,8735	43,789	16,639	8,2908	3,8737
12	4,5	43,759	16,532	8,3081	3,8912	43,810	16,660	8,3101	3,8915
13	5	31,949	10,493	4,5226	1,8262	31,917	10,570	4,5237	1,8264
14	5	32,119	10,426	4,4906	1,81	32,085	10,502	4,4916	1,8101
15	5	31,949	10,493	4,5226	1,8262	31,917	10,57	4,5337	1,8364
16	5	32,308	12,104	6,2004	2,8959	32,354	12,187	6,2015	2,896
17	5,5	31,527	10,284	4,5202	1,826	31,504	10,351	4,521	1,8261
18	6	31,129	10,117	4,5185	1,826	31,113	10,175	4,5191	1,826
19	8	29,729	9,7163	4,5152	1,8259	29,738	9,7481	4,5152	1,8259
20	8,5	29,746	11,284	6,1989	2,8988	29,824	11,312	6,199	2,8988
21	9	29,429	11,226	6,1955	2,9007	29,511	11,251	6,1957	2,9007
22	10	36,4	13,858	7,6801	3,5958	36,51	13,879	7,6802	3,5958
23	10	28,575	9,5445	4,5143	1,8259	28,603	9,5616	4,5144	1,8259
24	10	28,65	9,4789	4,4789	1,8081	28,678	9,4956	4,8081	1,8506
25	10	28,575	9,5445	4,5143	1,8259	28,603	9,5616	4,5144	1,8259
26	12	27,608	9,4687	4,5140	1,8259	27,649	9,4778	4,5140	1,8259
27	13	27,181	9,4482	4,5139	1,8259	27,227	9,4549	4,5140	1,8259
28	15	33,522	13,715	7,6744	3,5882	33,649	13,719	7,6744	3,5882
29	15	26,648	11,038	6,1926	2,8976	26,749	11,042	6,1926	2,8976
30	17	32,642	13,702	7,6743	3,5882	32,772	13,704	7,6743	3,5882
31	18	25,469	9,41	4,5139	1,8259	25,53	9,4114	4,5139	1,8259
32	20	25,141	11,042	6,2141	2,9157	25,244	11,043	6,2141	2,9157
33	21	31,205	13,691	7,6881	3,5794	31,334	13,692	7,6881	3,5794
34	21	24,876	11,032	6,2052	2,9079	24,979	11,032	6,2052	6,9079
35	22	32,292	14,392	8,0709	3,7745	32,628	14,397	8,0709	3,7745
36	22	24,624	11,02	6,1986	2,9046	24,726	11,021	6,1986	2,9046
37	23	24,404	11,021	6,1998	2,9052	24,506	11,022	6,1998	2,9052
38	25	30,087	13,689	7,6734	3,587	30,213	13,689	7,6734	3,587
39	27	29,62	13,687	7,6881	3,5794	21,475	13,687	7,6881	3,5794
40	32	28,654	13,687	7,6734	3,587	28,769	13,687	7,6734	3,587

41	37	27,91	13,686	7,6699	3,5819	28,016	13,686	7,6699	3,5819
42	38	21,42	11,07	6,2059	2,9089	21,475	11,027	6,2059	2,9089
43	40	27,544	13,687	7,6743	3,5822	27,644	13,687	7,6743	3,5822
44	40	28,575	9,5445	4,5143	1,8259	28,603	9,5616	4,5144	1,8259
45	43	21,759	11,015	6,1991	2,9062	21,835	11,015	6,1991	2,9062
46	45	30,087	13,689	7,6734	3,587	30,213	13,689	7,6734	3,587
47	47	26,865	13,687	7,6734	3,587	26,952	13,687	7,6734	3,587
48	47	21,477	11,017	6,2021	2,9097	21,547	11,017	6,2021	2,9097
49	51	26,561	13,687	7,6743	3,5882	26,642	13,687	7,6743	3,5882
50	52	26,293	13,686	7,6717	3,5844	26,706	13,686	7,6717	3,5844
51	62	25,946	13,685	7,6654	3,5755	26,01	13,685	7,6654	3,5755
52	62	19,993	9,0399	4,3407	1,7558	20,033	9,0399	4,3407	1,7558
53	63	25,902	13,687	7,6743	3,5882	25,965	13,687	7,6743	3,5882
54	64	25,86	13,687	7,6752	3,5895	25,922	13,687	7,6752	3,5895
55	65	25,82	13,687	7,6752	3,587	25,88	13,687	7,6752	3,5895
56	67	25,743	13,687	7,6787	3,5945	25,801	13,687	7,6787	3,5945
57	78	25,411	13,687	7,6743	3,5882	25,457	13,687	7,6743	3,5882
58	80	25,364	13,687	7,6743	3,5882	25,408	13,687	7,6743	3,5882
59	90	25,171	13,687	7,6761	3,5908	25,206	13,687	7,6761	3,5908
60	91	25,155	13,687	7,6761	3,5908	25,19	13,687	7,6761	3,5908
61	92	25,669	14,042	7,8972	3,7914	25,704	14,042	7,8972	3,7914

IV.2.2.2. Effet de la profondeur :

Les capteurs permettent de mesurer la radiométrie, cela veut dire l'intensité du rayonnement solaire réfléchi par le sol et les fonds marins à travers la couche d'eau. Cette intensité est mesurée dans le spectre visible pour des bandes de fréquence bien précises (Dridi.K et Meziani.S, 2003).

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.

Dans les figures ci-dessous, on représente la variation de la luminance pour un Téta V égal à 10 en fonction de la profondeur pour les différents canaux des satellites SPOT et LANDSAT. Un choix de stations a été effectué pour mieux apprécier la variation. Les courbes représentant l'ensemble des stations sont en Annexe III.

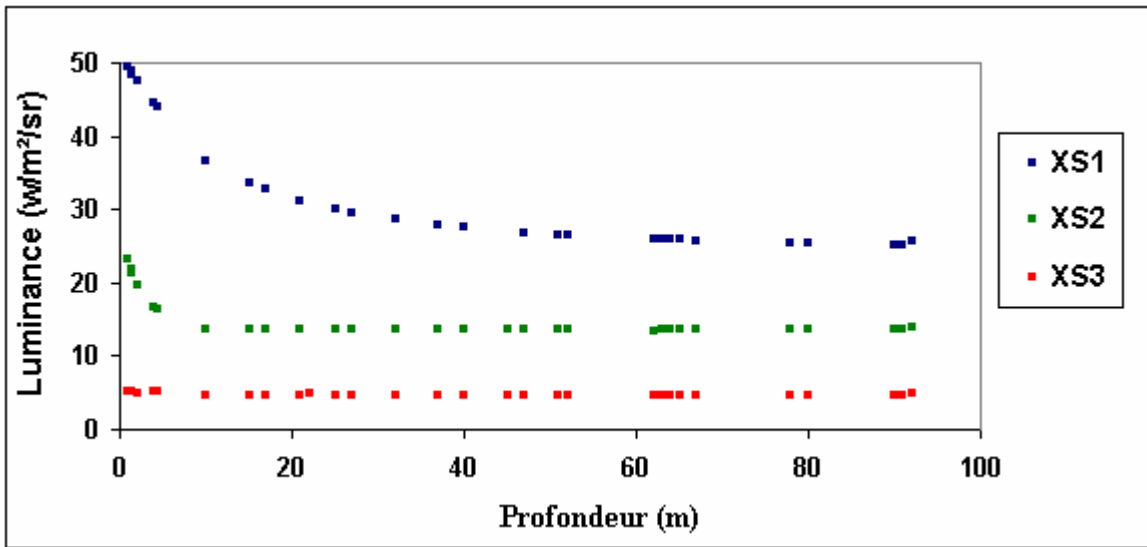


Figure IV.9 : Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (SPOT)

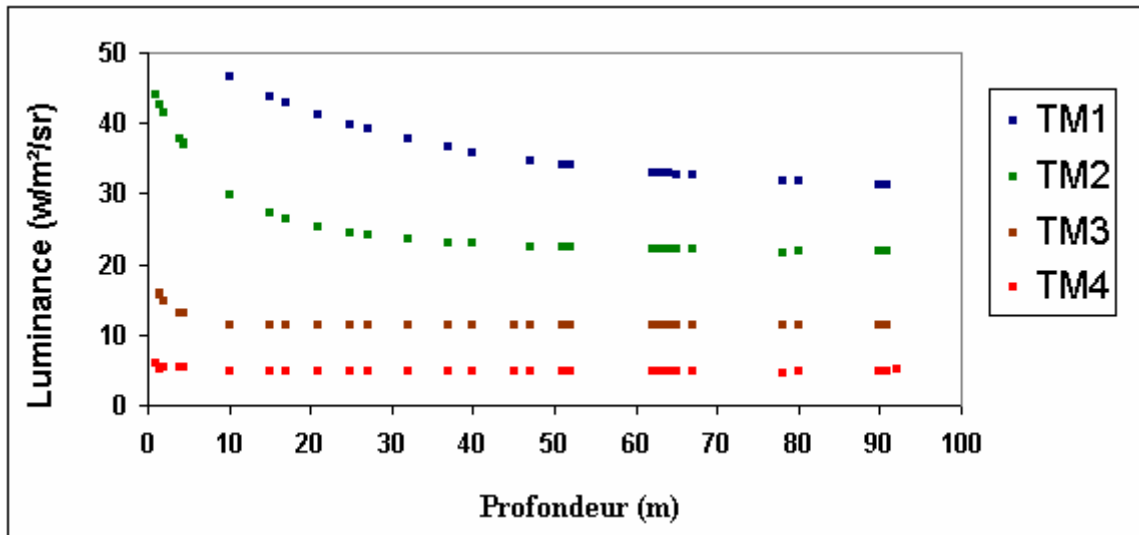


Figure IV.10: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (LANDSAT-TM)

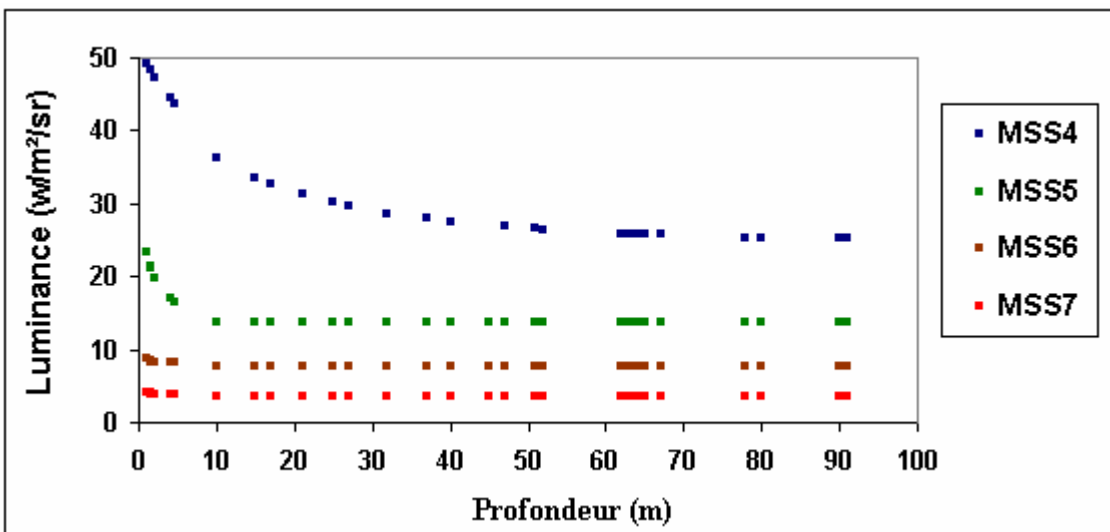


Figure IV.11 : Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau (LANDSAT-MSS)

Sur les courbes de luminance, nous remarquons que plus la profondeur est grande, 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.

IV.2.3. Conversion en réflectance des données satellitaires brutes :

La première étape pour obtenir les valeurs de réflectance provenant de l'ensemble mer - atmosphère est obtenue par une simple transformation des luminances en comptes numériques.

Notons que le compte numérique représente une quantité d'énergie d'une valeur comprise entre 0 et 255 que contient le pixel. La relation entre le compte numérique d'un pixel et sa luminance au niveau du capteur peut s'écrire comme suit :

$$L = a \cdot CN + b$$

Et la réflectance et aussi en relation avec le compte numérique :

$$\text{Réf} = c \cdot CN + d$$

Tel que : **L** : La luminance donnée par le SDDS après simulation ($w/m^2/sr$).

Réf : La réflectance.

CN : Le compte numérique.

a, b, c et d : Coefficients de calibration.

Il est donc nécessaire de transformer les valeurs de luminance connues pour chaque canal satellitaire en comptes numériques puis en réflectance.

Les équations de conversion et les coefficients de calibration sont proposés par le guide des utilisateurs SPOT et sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.8 : Relations de conversion en comptes numériques et en réflectances dans les différents canaux satellitaires.

Canaux	Comptes numériques	Réflectance
XS1	$CN = 1,23 L + 0,22$	$\text{Réf} = 3,0604 \cdot 10^{-3} CN - 0,3418$
XS2	$CN = 1,24 L - 0,08$	$\text{Réf} = 3,2166 \cdot 10^{-3} CN - 0,2676$
XS3	$CN = 1,32 L - 0,59$	$\text{Réf} = 4,7972 \cdot 10^{-3} CN - 0,2136$
TM1	$CN = 1,6611 L + 2,4917$	$\text{Réf} = 2,3320 \cdot 10^{-3} CN - 0,3904$
TM2	$CN = 0,8547 L + 2,3932$	$\text{Réf} = 4,3850 \cdot 10^{-3} CN - 0,3307$
TM3	$CN = 1,2407 L + 1,4888$	$\text{Réf} = 3,4250 \cdot 10^{-3} CN - 0,2654$
TM4	$CN = 1,227 L + 1,8405$	$\text{Réf} = 4,1144 \cdot 10^{-4} CN - 0,2801$
TM5	$CN = 95,525 L + 3,4234$	$\text{Réf} = 5,0293 \cdot 10^{-3} CN - 0,2285$
TM7	$CN = 177,55 L - 21,9809$	$\text{Réf} = 4,9826 \cdot 10^{-4} CN - 9,5667$
MSS4	$CN = 4,792 L - 1,437$	$\text{Réf} = 8,0244 \cdot 10^{-4} CN - 0,3496$
MSS5	$CN = 7,216 L - 2,164$	$\text{Réf} = 3,6758 \cdot 10^{-4} CN - 0,2717$
MSS6	$CN = 8,881 L - 4,4405$	$\text{Réf} = 3,9660 \cdot 10^{-4} CN - 0,2436$
MSS7	$CN = 10,583 L - 3,175$	$\text{Réf} = 4,5686 \cdot 10^{-4} CN - 0,2246$

IV.2.4. Analyse corrélative et application.

L'analyse s'effectue selon deux étapes :

IV.2.4.1. Recherche et ajustement des fonctions représentatives :

On effectuant une série d'observations simultanés afin d'obtenir une ensemble de couples de mesures comportant chacun :

- Une valeur de la radiance dans un canal donné (la réflectance Réf).
- Une valeur de la profondeur (PROF).

IV.2.4. 2. Développement mathématique :

Pour pouvoir estimer la qualité des données par différentes méthodes, dont on cite la méthode de régression, nous avons d'abord établi l'existence d'une liaison linéaire statistique entre les valeurs des paramètres climatiques, en calculant le coefficient de corrélation.

L'ensemble des résultats expérimentaux et des données satellitaires recueillis dans les différentes stations sont stockées dans une base de données en format Excel, ce format est lu par tous les logiciels professionnels qu'on va utiliser tels que MAPINFO, SURFER et STATISTICA.

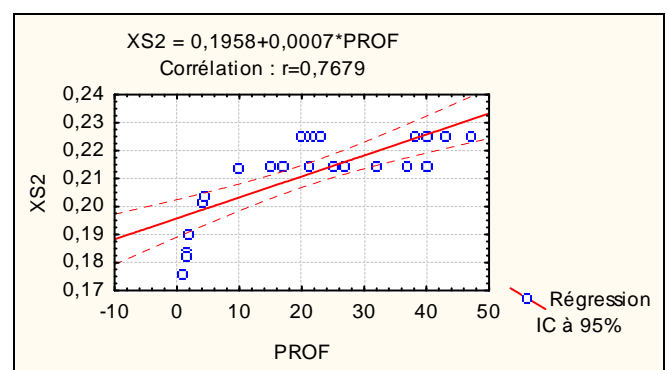
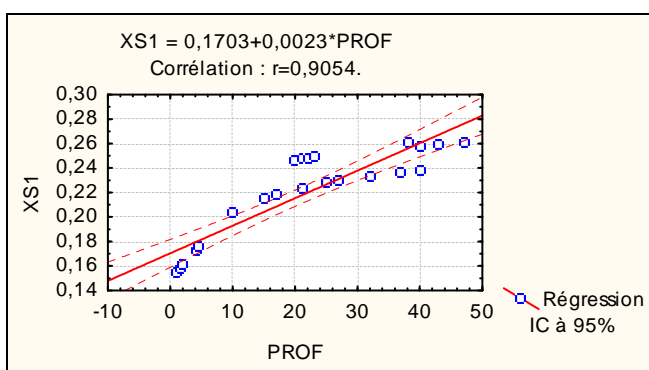
En vue de procéder à une analyse statistique et à l'extraction d'image bathymétrique, nous avons effectués des corrélations entre paramètres mesurés et données satellitaires en utilisant le Logiciel «STATISTICA » qui donne des résultats sous formes graphiques (Figure IV.12).

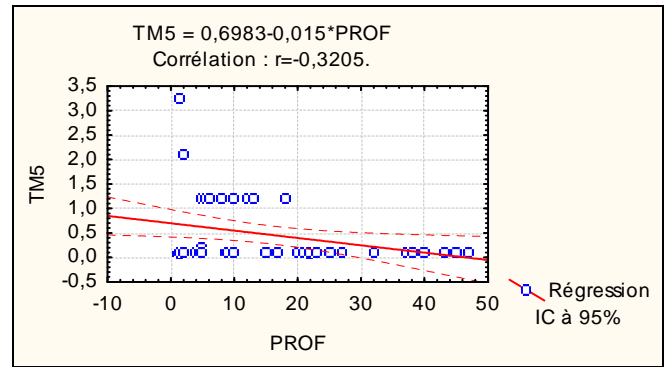
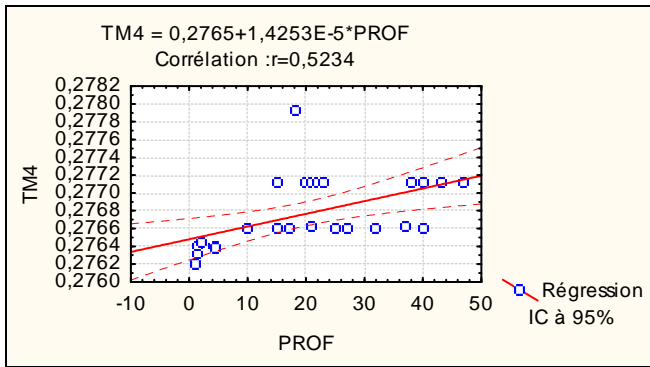
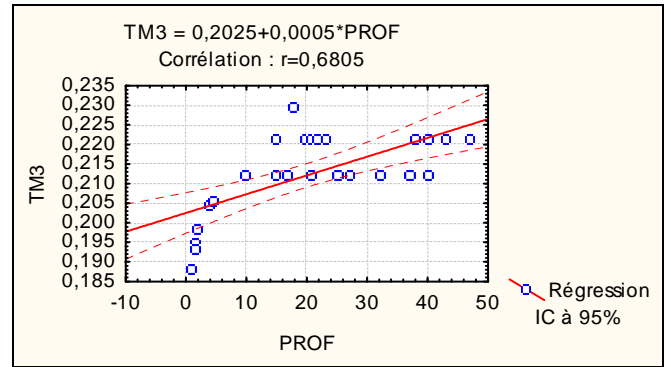
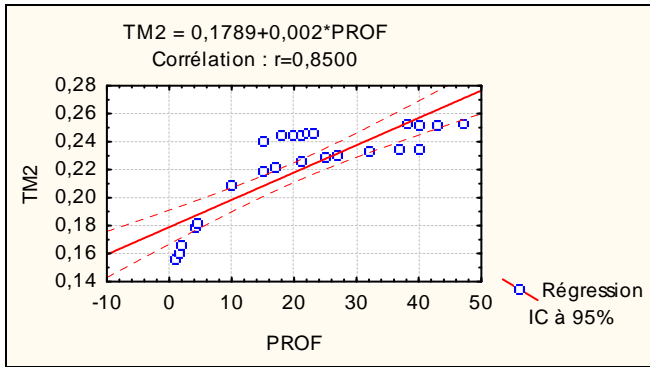
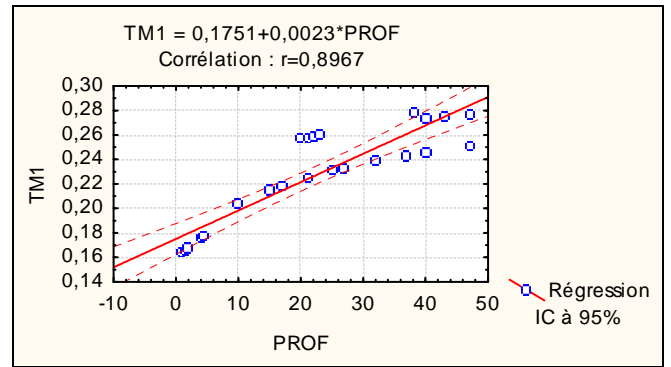
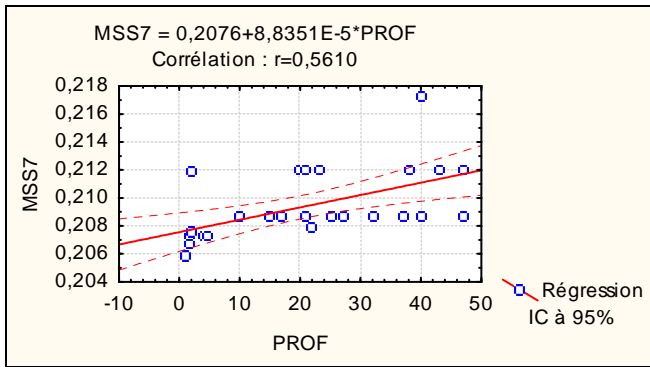
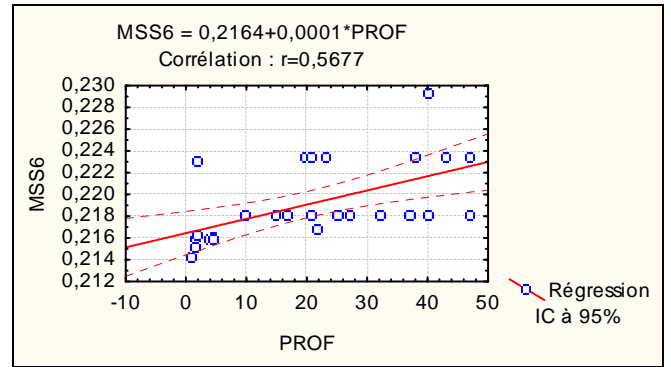
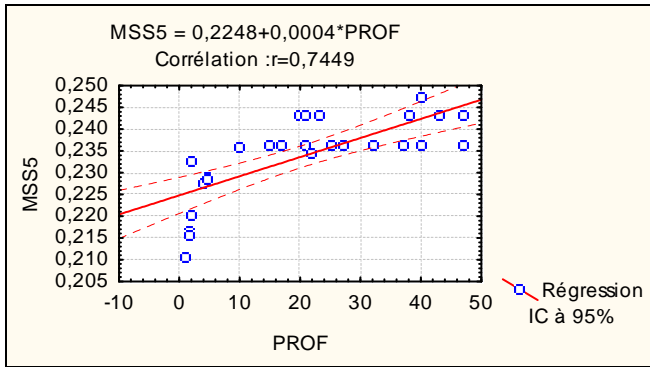
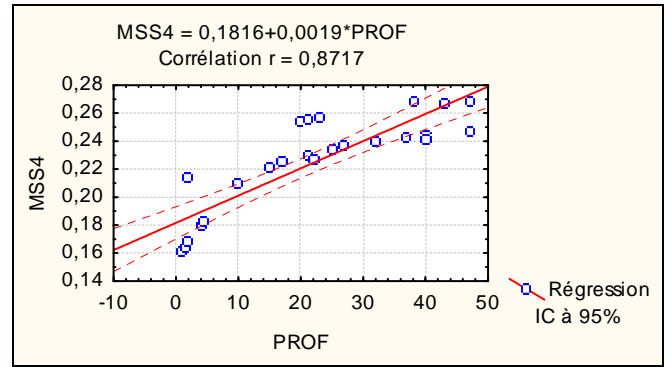
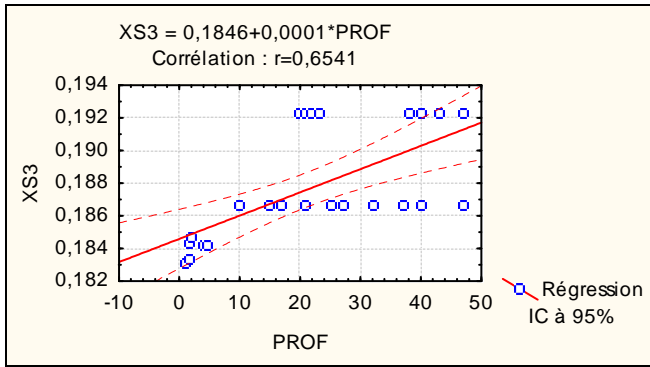
IV.2.4. 3. Coefficient de corrélation (r) :

Le coefficient de corrélation simple ou coefficient total est une mesure de l'intensité de la liaison linéaire existante éventuellement entre deux variables, il peut être notamment en relation avec la régression linéaire simple dans la prévision des valeurs d'une variable en fonction des valeurs d'une autre variable.

Il est compris entre -1 et +1, le signe et la valeur du coefficient peuvent être interprétés comme suit :

- r proche de zéro indique que x et y sont peut liées.
- r proche de 1 indique que x et y sont fortement liées linéairement au sens direct, c'est-à-dire qu'une augmentation de x tend à produire une diminution de y.
- r proche de -1 indique que x et y sont fortement liées linéairement au sens contraire, c'est-à-dire qu'une augmentation de x tend à produire une diminution de y.





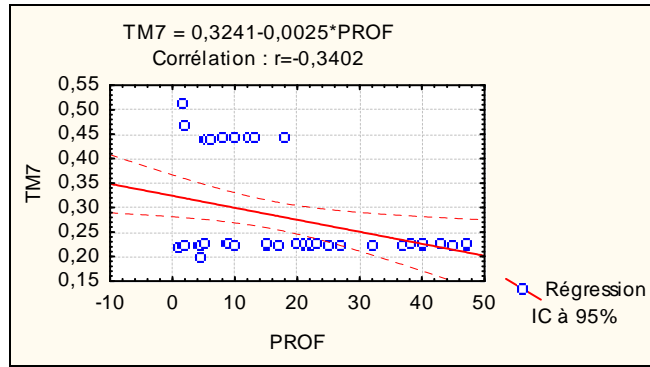


Figure IV.12 : Courbes de corrélation de la profondeur aux canaux XS 1, 2, 3 et TM 1, 2, 3, 4, 5, 7 et MSS4, 5, 6 et 7

On extrait les droites d'ajustement obtenues et les coefficients de corrélation à partir des courbes ci-dessus.

Tableau IV.9 : Résultats des analyses corrélatives.

Fonctions	Droite d'ajustement Régression linéaire	Coefficient de corrélation
Réf (XS1) = f(PROF)	$XS1 = 0,1703 + 0,0023 * PROF$	R = 0,9054
Réf (XS2) = f(PROF)	$XS2 = 0,1958 + 0,0007 * PROF$	R = 0,7679
Réf (XS3) = f(PROF)	$XS3 = 0,1846 + 0,0001 * PROF$	R = 0,6541
Réf (MSS4) = f(PROF)	$MSS4 = 0,1816 + 0,0019 * PROF$	R = 0,8717
Réf (MSS5) = f(PROF)	$MSS5 = 0,2248 + 0,0004 * PROF$	R = 0,7449
Réf (MSS6) = f(PROF)	$MSS6 = 0,2164 + 0,0001 * PROF$	R = 0,5677
Réf (MSS7) = f(PROF)	$MSS7 = 0,2076 + 8,8351E-5 * PROF$	R = 0,5610
Réf(TM1) = f(PROF)	$TM1 = 0,1751 + 0,0023 * PROF$	R = 0,8967
Réf(TM2) = f(PROF)	$TM2 = 0,1789 + 0,002 * PROF$	R = 0,8500
Réf(TM3) = f(PROF)	$TM3 = 0,2025 + 0,0005 * PROF$	R = 0,6805
Réf(TM4) = f(PROF)	$TM4 = 0,2765 + 1,4253E-5 * PROF$	R = 0,5234
Réf(TM5) = f(PROF)	$TM5 = 0,6983 - 0,015 * PROF$	R = -0,3205
Réf(TM7) = f(PROF)	$TM7 = 0,3241 - 0,0025 * PROF$	R = -0,3402

IV.2.5. Interprétation des résultats de l'analyse :

Cette partie avait pour objectif une analyse corrélative entre les réflectances calculées à partir des images et les résultats des mesures in-situ.

Les résultats de l'analyse corrélative montrent que les meilleures corrélations sont obtenues sur les canaux des satellites SPOT XS1, LANDSAT MSS4, TM1 et TM2, elles correspondent à la partie visible du spectre électromagnétique ce qui concorde avec la signature spectrale de l'eau dont le taux de radiation est le maximum dans cette partie du spectre.

Cependant, nous constatons qu'une forte liaison est obtenue dans notre cas entre les réflectances dans les portions du vert du spectre électromagnétique concordant avec la partie visible.

Les bandes spectrales XS1, MSS4, TM1 et TM2 donnent les meilleurs coefficients de corrélation avec les réflectances correspondantes Réf (XS1), Réf (MSS4), Réf (TM1) et Réf (TM2). (Tableau IV.9). Elles sont donc les mieux adaptées pour déterminer la bathymétrie.

L'ajustement linéaire entre les variables réflectances des différents canaux et profondeurs a donné des relations à forte corrélation, à moyenne corrélation et à faible corrélation. Les plus faibles valeurs sont observées sur les canaux XS3, MSS6, MSS7, TM5 et TM7 ce qui est tout à fait logique puisque l'absorption de l'eau devient très importante dans cette bande infrarouge par contre la diffusion du rayonnement devient très faible ce qui diminue l'information acquise par les capteurs.

IV.2.6. Corrélation exponentielle, logarithmique et polynomiale :

Nous avons réalisé une autre série de corrélation à savoir, exponentielle, logarithmique et polynomiale. Ces dernières nous montrent une bonne corrélation de la luminosité en fonction de la profondeur.

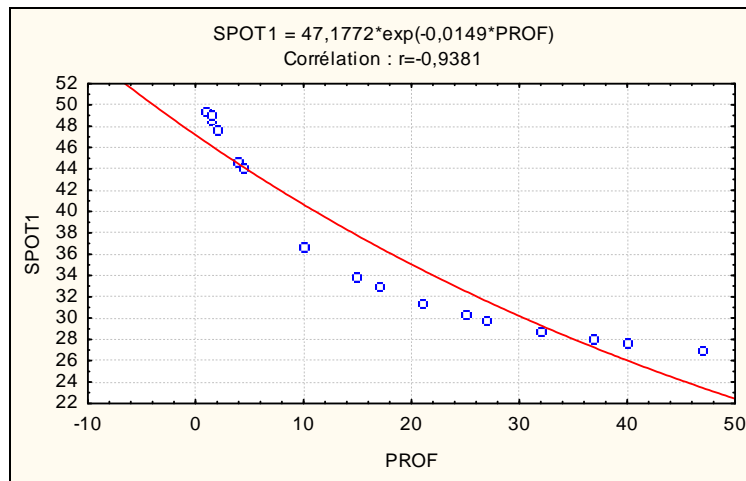


Figure IV.13 : Courbe de corrélation exponentielle de la profondeur à XS1

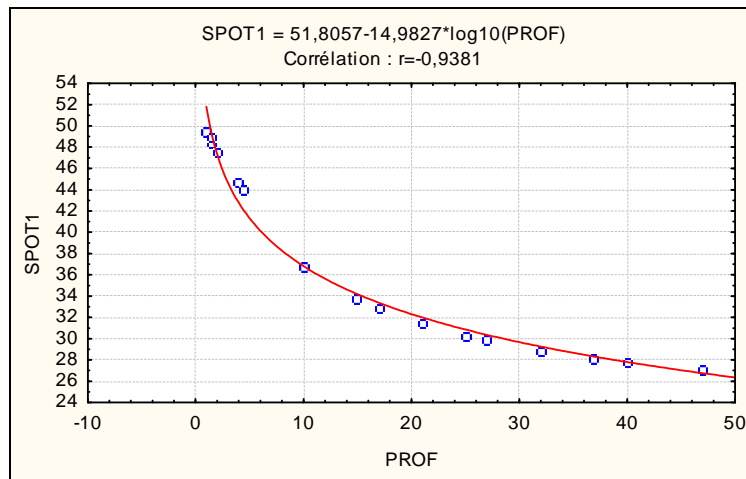


Figure IV.14 : Courbe de corrélation logarithmique de la profondeur à XS1

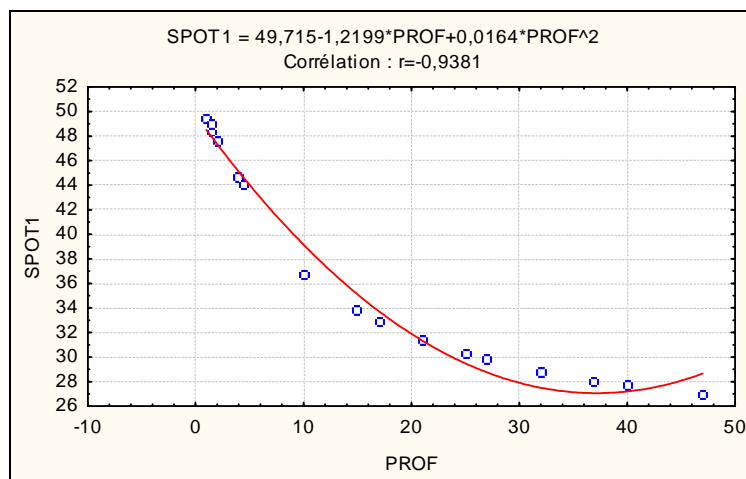


Figure IV.15 : Courbe de corrélation polynomiale de la profondeur à XS1

IV.2.7. Conversion en profondeur - application PCSATWIN :

En utilisant le logiciel PCSATWIN, nous avons transformé l'image réflectance en une image qui permet d'estimer la bathymétrie des eaux peu profonde de la baie étudiée.

Nous définissons les bandes spectrales nécessaires (Tableau IV.10) 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 calculées.

Tableau IV.10 : La droite d'ajustement choisie pour l'application PCSATWIN.

LANDSAT	Droite d'ajustement
canal TM1	$TM1 = 0,1751 + 0,0023*PROF$

IV.2.7. Application au satellite LANDSAT :

Les résultats des études menées sur la bathymétrie sont directement liés aux caractéristiques des satellites LANDSAT en sachant que la profondeur n'excède pas les 50 m pour TM1.

Le modèle calculé fournit une image où chaque pixel du domaine maritime est représenté non seulement par une radiométrie mesurée mais aussi par une profondeur calculée.

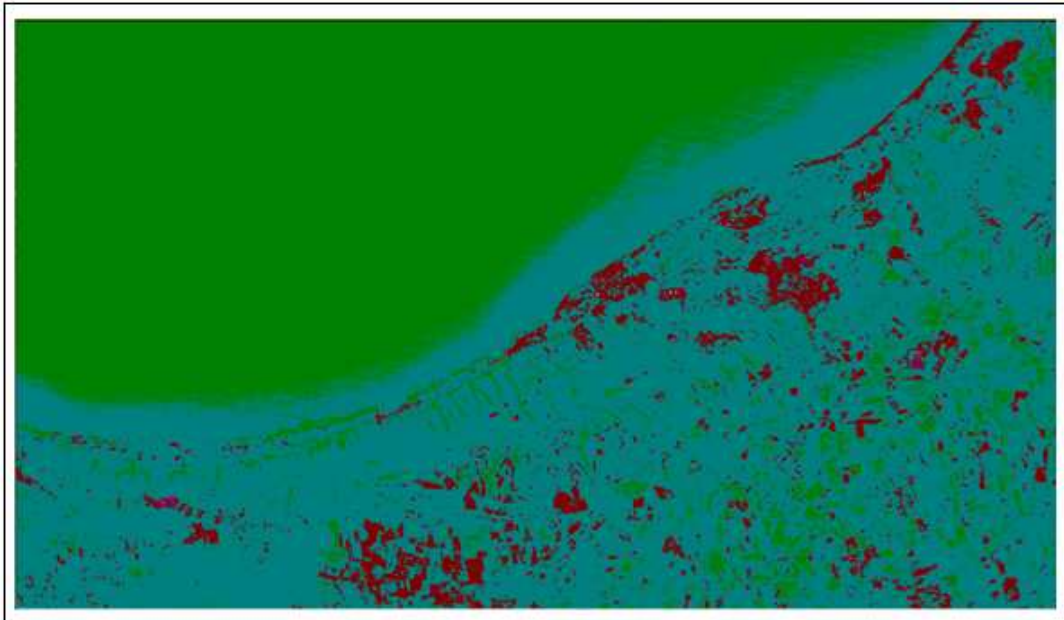


Figure IV.16 : Image satellite brute de la baie de Bou-Ismaïl sur le canal LANDSAT-TM1 (Scène corrigée des effets atmosphériques)

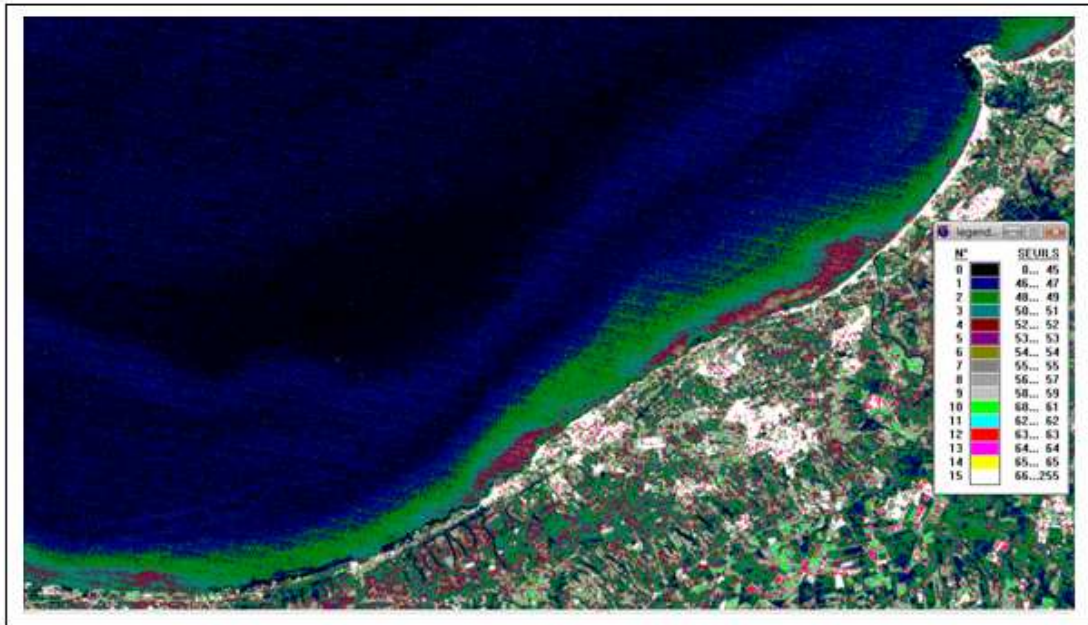


Figure IV.17 : Image satellite LANDSAT-TM1 de la baie de Bou-Ismaïl en conversion bathymétrique



Figure IV.18 : Carte bathymétrique de la baie de Bou-Ismaïl extraite à partir d'une image satellite LANDSAT-TM1 (Al Sid Chikh.S et Lainser.K, 2008)

IV.2.7. Conclusion :

La détermination de la bathymétrie par télédétection exige l'utilisation de plusieurs canaux sachant que le rayonnement bleu pénètre profondément dans l'eau, le vert moins, le rouge encore moins, jusqu'à l'absorption totale dans le proche infrarouge.

La simulation nous montre qu'il est possible de déterminer la profondeur des eaux peu profondes et que les canaux XS1 de SPOT, TM1, TM2 et MSS4 de LANDSAT qui utilisent la partie visible du spectre sont les plus performants pour la détermination des profondeurs qui ne dépassent pas les 50 m.

La carte bathymétrique tirée à partir de la photo satellite traitée montre une grande similitude avec la carte bathymétrique réelle se qui laisse supposer que le SDDS et le PCSATWIN montrent de grandes capacités de traitement de l'image satellitaire pour l'étude de la bathymétrie mais pour des profondeurs n'excédant pas les 50 m.

En outre, nos travaux nous ont permis de nous familiariser avec le matériel informatique, notamment les logiciels MAPINFO, SURFER, et STATISTICA ainsi que les méthodes de travail spécifiques à la télédétection : étude par simulation, analyse corrélative et statistique, traitement des images et autres.

CHAPITRE V

Contribution à la gestion intégrée

V.1. Introduction :

De part sa position géostratégique, l'écosystème marin de notre zone d'étude est hautement diversifié. En tant que tel, il est très sensible aux perturbations de l'environnement (pollution, érosion, surexploitation des ressources vivantes marines, détérioration de l'habitat, changements climatiques,..).

De ce fait, la gestion intégrée de la zone côtière (GIZC) représente un défi constant qui doit permettre tout à la fois la préservation de l'environnement et l'assurance d'un développement durable de ce territoire généralement très convoité qu'est la zone côtière.

Les définitions de la GIZC sont nombreuses. La définition qui décrit la GIZC comme un processus visant à atteindre les buts et les objectifs du développement durable des zones côtières, à l'intérieur des contraintes des conditions physiques, sociales et économiques, et à l'intérieur des contraintes imposées par les institutions et les systèmes financiers et administratifs, semble la plus complète.

L'objectif à travers cette recherche est de montrer la nécessité d'une stratégie de gestion dans le but d'intégrer à la fois et dans une même logique l'exploration des données de terrain, de l'utilisation rationnelle de l'espace et de la protection de l'environnement.

V.2. L'élaboration du bilan des atteintes aux milieux :

L'évaluation générale des côtes de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila qui occupent un linéaire d'environ 40Km dégage les menaces potentielles sur l'écosystème côtier. Ces apports peuvent entraîner d'importants changements dans les caractéristiques du milieu d'où la nécessité de la GIZC.

L'ensemble des pressions environnementales examinées (aussi bien anthropiques que marines) ainsi que les solutions probables qui doivent être prévues dès aujourd'hui, est exprimé dans le tableau ci-dessous.

Tableaux V.1 : Les menaces sur l'écosystème côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila.
(Al Sid Chikh.S et Lainser.K, 2008)

Zone	Tipaza		
Composantes	Nature des pressions	Indicateurs	Solutions alternatives
Mont Chenoua	Urbanisation non réglementée et extension des douars. Piétinement de la végétation du haut de plage. La pêche sur les herbiers arrachant des mattes entières de phanérogames. Plages très fréquentées en saison estivale.	12 rejets d'eaux usées en mer. Chenoua plage : un taux de recul de l'ordre de 1,02 à 2,7 m/an de 1972 à 1992. Rétrécissement de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Sauvegarder les écosystèmes d'importance cruciale du Parc de Chenoua (aires de reproduction et de nutrition) et les stocks halieutiques menacés par une exploitation intensive des ressources et par la pollution. • Reboisement et Restauration des habitats forestiers. • Interdiction de toutes formes de pêches, de la chasse sous-marine et de toutes autres activités qui perturbent les milieux. • Aménagement récréatif du massif de Chenoua et des petites anses de Tipaza pour favoriser le tourisme balnéaire, le tourisme climatique et le tourisme de recherches scientifiques (archéologie). • Evacuation des habitations existantes à l'intérieur du parc archéologique et signalisation de la mise en réserve. • Mise en place d'un programme de suivi marin et archéologique.
Zone des parcs archéologiques	Saccage : travaux d'élargissement de la RN11. Erosion marine. Patrimoines délaissés aux allés climatiques. Prolifération de constructions illicites au détriment des vestiges archéologiques. Rejets d'eaux usées. L'afflux de visiteurs met en péril les équilibres géomorphologiques des lieux les plus sensibles.	Circulation et dégradation visuelle. Parking sur rivage naturel. Croissance urbaine maintenue sans maîtrise foncière (2003 : 41,2%). Développement du réseau routier côtier de type longitudinal, sans études d'impacts.	<ul style="list-style-type: none"> • L'épuration des eaux usées est d'une nécessité primordiale pour éviter toutes les incidences sur l'écologie du milieu marin. • Contrôle des extractions illicites de sable.
Oued Nador	Pollution par les eaux usées et les pesticides (source, MATE). Prélèvements abusifs de sable de l'oued réduisant les apports en particules solides et accentuant le recul du trait de côte.	Perturbation des écosystèmes au voisinage et bien plus loin des rejets du Nador et de Tipaza. 02 rejets d'eaux usées dans l'oued Nador.	<ul style="list-style-type: none"> • Mis en marche des stations d'épuration qui prendront en charge les rejets du Nador et de Tipaza. • Organisation du gardiennage des aires de stationnement avec les populations locales pour minimiser la pression sur le port. • Aménagement léger en vue de l'amélioration de l'esthétique du port et isolation des terrains de chantiers.
Port	Rejets d'eaux usées. Absence des quais d'accostage. Action destructrice des vagues provoquant des affouillements et dégradation des jetées. Erosion des falaises aux cotés du port. Travaux de réaménagement, dragage et déroctage du port, entrepris par la société espagnole Abrantina S.A (Mai 2007) dans le cadre du SDIP.	Pollution sonore. Eau trouble du bassin du port (Visibilité 0,3m). Présence de germes indicateurs de contamination fécale (Coliformes fécaux : 52 UFC/100ml en Février 2008). Recul du trait de côte de 0,70 m/an.	<ul style="list-style-type: none"> • Surveillance du bâti illégal. • Démolition des constructions dégradées. • Préservation du site de l'Anse de Kouali des pressions anthropiques et favorisation des investissements à caractère écologique et écotouristique. • Rétablir toute la végétation sur la zone en y semant de l'herbe ou en y plantant des arbres et des arbustes.
Zone du centre	Dégradation du bâti par les embruns marins. Erosion marine.	Débit rejeté en 2003 pour la commune de Tipaza = 1466.22 m ³ /j. Pourcentage d'eau usée rejetée = 80% (source : ADE, Wilaya de Tipaza). Station d'épuration à l'arrêt.	
Anse de Kouali	Stationnement, piétinement. L'apparition de parkings sur le haut de plage. Constructions, baraques de vente. Rejets d'eaux usées domestiques.	Dégradation de l'herbier à posidonie : mattes de posidonie sur le rivage. Recul du trait de côte de 0,75 m/an.	

- Préservation des sites naturelles et leur mise en valeur par des aménagements intégrés.



- Travaux de réaménagement du port de Tipaza -



- Constructions limitrophes à la mer -

- Pollution par les eaux usées -



- Vol de sable et dégradation de l'herbier à Posidonie de l'Anse de Kouali -

Zone		Bou Haroun	
Composantes	Nature des pressions	Indicateurs	Solutions alternatives
Zone Est	Rejets d'eaux usées. Urbanisation. Erosion, plage alvéolaire du coté de la jetée Est.	Commune de Bou Haroun : pourcentage du linéaire côtier (LC = 5,45 Km) / Linéaire côtier urbanisé (LCU = 1,7 Km) = 31,19% fortement artificialisé. Débit rejeté en 2003 = 576,27 m ³ /j.	<ul style="list-style-type: none"> • Toute activité industrielle doit effectuer le traitement de ces eaux usées avant qu'elles soient acheminées vers la mer. • Fermeture des parkings illégaux de bord de mer et aménagement d'un parking adapté et peu perturbant dans la partie haute.
Port	Activités portuaires polluantes : entretien (peintures), navigation (hydrocarbures). Envasement du bassin et reniflards bouchés. Ensablement par des apports terrigènes. Rejets d'eaux usées et de macro déchets polluant le bassin d'accostage. Dégradation des locaux techniques environnants. Travaux de dragage continus dont les produits sont déposés au large de la baie induisant une pollution et une perturbation de la vie aquatique de la baie du Chenoua. Les panaches de vases résultant des activités de dragage font fuir les bancs de poisson et altèrent la qualité de l'eau de mer.	Pollution visuelle : présence de mazout, huiles, macro déchets flottants et débris de poissons dans les bassins du port. Pollution microbiologique des deux bassins : coliformes fécaux (<i>Enterobacter sp</i> et <i>Citrobacter freundii.</i>) : une moyenne de 75UFC/100ml en Février 2008. 02 Fosses septiques provoquant la pollution des plages. 04 points de rejets sont vers la mer sans aucun prétraitement dont un industriel provenant de l'unité ECOREP (Fabrication des équipements portuaires, eaux usées contenant de la peinture et de la résine).	<ul style="list-style-type: none"> • Prévoir des points de dépôt des produits de dragage moins stratégiques et ayant moins d'influence sur la zone ou encore le traitement des sédiments dragués, qui suivant une granulométrie bien précise peuvent être utilisés pour l'alimentation artificielle des plages. • Réglementer l'accès au port pour réduire la surfréquentation. • L'usage de techniques plus propres pour l'entretien des ouvrages portuaires. • Utilisation de dispersants contre les polluants chimiques • Emploi de technique de pompage et de dépollution. • Prévoir des Reniflards pour l'aération des eaux. • Aménagements légers du port permettant plus d'échange entre les eaux des bassins et les eaux du large.
Zone Ouest	Le port constitue un obstacle qui abrite le coté Est contre l'érosion, donc la partie ouest est exposée à l'action des houles provoquant une érosion importante. Piétinement et stationnement.	Recul du trait de côte de 0,8 m/an de la plage familiale de Bou Haroun.	<ul style="list-style-type: none"> • Reconstitution de la plage par rechargement naturel. • Protection du pied de la falaise. • La maîtrise de l'urbanisation et de l'artificialisation des sols.
Falaise	Erosion. Ecoulement des eaux fluviales durant la période des pluies.		



- Pollution par les macro déchets, huiles, mazout, .. -



- Milieux fermés et reniflards bouchés -



- Erosion de la falaise -

Zone	Bousmail		
Composantes	Nature des pressions	Indicateurs	Solutions alternatives
Zone de la station de dessalement	Voie parallèle au rivage, stationnement et piétinement. Erosion marine, disparition de la plage.	07 points de rejet sont vers la mer sans aucun prétraitement. Commune de Bousmail : débit rejeté en 2003 = 2516.90 m ³ /j.	<ul style="list-style-type: none"> • Prévoir de nouvelles STEP (Une STEP située à Bou-Ismaïl qui prendra en charge tous les points de rejets existants à Bousmail, Khemisti et Bou Haroun est en cours de réalisation).
Front de mer Est	Rejets industriels et domestiques polluants (Emissaire principal de la ville). Urbanisation (en haut de plage). Disparition définitive de la vie aquatique. Erosion marine. Instabilité des constructions limitrophes en période hivernale à cause de l'action des hautes vagues générant le démaigrissement de la plage.	Les activités polluantes: TONIC Emballage (Fabrication de boîtes, gobelets, emballage), Sarl PROCHIMA (Fabrication de produits d'entretien), PFIZER (Fabrication des produits vétérinaires), KAGCLACE (Fabrication des bouteilles en verre) = eaux usées contenant : papiers, éléments chimiques, savons, agent de lavage, carbonate, phosphate... Disparition de l'herbier de posidonie. Tentative d'assainissement avec du chlore en poudre accentuant la pollution chimique. Étalement de nappes rouges et blanches allant du rejet vers la mer.	<ul style="list-style-type: none"> • L'accès aux plages polluées doit être réglementé. • Assujettir toute installation industrielle à la réalisation d'une étude de danger. • Exploitation bénéfique de toutes les connaissances pour les aménagements antiérosifs. • Traitement des eaux usées à 100 %. • Installation des stations de pompage, de dépollution, de traitement des eaux et de déviation des déversements des eaux usées. • Délocalisation des activités économiques polluantes ou dangereuses situées sur la frange littorale. • Introduction de technologies propres de production dans les processus des industries.
Front de mer Centre	Dégradation du bâti par les embruns marins. Rejets d'eaux usées et de macro déchets. Erosion marine. Mauvaise conception des ouvrages de protection (pénétration des houles), 4 épis en forme de T ne permettant pas de reconstruire la plage et retenant les eaux usées d'aller au large. Mur de soutènement protégeant le boulevard de Bousmail mais dénaturant le paysage. Piste carrossable parallèlement au rivage (Circulation).	Turbidité. Matières gluantes. Recul du trait de côte du front de mer de 1,60 m/an. Pollution chimique et détritique et altération de la qualité de l'eau. Disparition de l'herbier de posidonie. Pollution microbiologique : Coliformes fécaux 448UFC/100ml en Février 2008.	<ul style="list-style-type: none"> • Redimensionnement ou élimination des ouvrages existants en les remplaçant ou en leur ajoutant des ouvrages moins agressifs : géotubes ou brises lames flottants. • Aménager de façon à assurer plus d'échange entre les eaux côtières et les eaux du large. • Appliquer des mesures de traitement, de prétraitement et de dépollution des eaux usées à la source (avant rejet). • Imposer des taxes et redevances environnementales aux industries rejetant des substances dangereuses ou nocives en mer.
Front de mer Ouest	Rejets d'eaux usées. Erosion. Disparition de la plage entre Khemisti et Bousmail.	Intensité des extractions de sable 10 à 20%.	<ul style="list-style-type: none"> • Assainir les eaux usées et assurer des eaux de baignade de qualité. • Procéder immédiatement aux travaux et actions de protection de la côte. • Un rechargement artificiel permettra la reconstitution de la plage initiale.



- Ouvrages de protection inefficaces -



- Pollution par des eaux usées domestiques et industrielles -



- Pollution détritique et chimique -

Zone	Fouka		
Composantes	Nature des pressions	Indicateurs	Solutions alternatives
Fouka marine	<p>Erosion marine, disparition de plage : elle ne représente plus une morphologie de plage, car elle a complètement disparu.</p> <p>Invasion du bâti par les déferlements des eaux de mer.</p> <p>Occupation côtière non contrôlée.</p> <p>Effondrement des pieds des falaises.</p> <p>Rejets d'eaux usées et de macro déchets.</p> <p>Les eaux usées et pluviales sont acheminées vers la mer sans aucun prétraitement</p>	<p>Pourcentage LC (4,92 Km) / LCU (1,64 Km) = 33,33%.</p> <p>Recul du trait de côte du front de mer, de 2 m/an.</p> <p>02 points de rejets sans aucune épuration et plusieurs rejets individuelles provenant des habitations pieds dans l'eau.</p> <p>Débit rejeté en 2003 par la commune de Fouka = 2646.120 m³/j.</p> <p>Le Groupe KNMINE MATELOT implanté au bord de la mer produisant : les conserves de sardines de thon – les semi-conserves d'anchois génère une pollution hydrique.</p> <p>Les eaux usées caractérisées par une DBO élevée, matières organiques seules et odorantes provenant du lavage des poissons qui sont évacuées vers la mer provoquent une altération des eaux (MATE, 2005).</p> <p>Les STEP dont les études sont finalisées ne sont pas réalisées.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Une station d'épuration située entre Fouka et Douaouda doit prendre en charge l'épuration des eaux usées domestiques. • Mise en place d'un dispositif de suivi de l'évolution de la plage. • Une étude intégrée doit s'opérer sur tout le secteur <p>afin de déterminer la méthode la plus efficace de protection contre l'érosion.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des brise-lames flottants pourraient faire face à l'action des houles et ralentir l'effet érosif. • Un système Ecoplage peut résoudre le problème de l'érosion: système mécanique qui absorbe, à l'aide d'une pompe, l'énergie de la houle. Il draine l'eau par dépression dans une canalisation souterraine et permet l'engraissement de la plage par les sables en suspension portés par la houle.
Abris de pêche	<p>Dégradation.</p> <p>Voie parallèle au rivage.</p> <p>Pollution détritique.</p>	<p>Pollution visuelle.</p> <p>Ouvrages accostés anarchiquement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Les constructions riveraines doivent être arasées • Interdire les décharges anarchiques. <p>immédiatement car elles se trouvent pied dans l'eau.</p>



- Macro déchets sur le trait de côte -



- Constructions pied dans l'eau -



- Action frontale des vagues -

Zone	Douaouda		
Composantes	Nature des pressions	Indicateurs	Solutions alternatives
Colonel Abbas	<p>Plage basse en régression. Constructions illicites libertaires et anarchiques sur le DPM. Fosses sceptiques, rejets. Pollution par les macro déchets. Piétinement des sommets de dunes et déstabilisation de la végétation dunaire. Vol de sable et dégradation du cordon dunaire. Stationnement, parking sur rivage naturel. Une série d'épis qui ne tiennent plus leur rôle. (Seulement un épi avec une plage alvéolaire). Implantation d'équipements touristiques d'une façon anarchique (au niveau de la ZET Colonel Abbas), La présence de nombreux égouts, qui par eaux agressives détruisent la faune et la flore et agissent sur les grès à ciment calcaire. La dissolution des calcaires désagrège la roche = érosion chimique.</p>	<p>Commune de Douaouda : pourcentage LC 4,13 Km / LCU 2,64 Km = 63,92% quasiment artificialisé. Recul du trait de côte d'environ 1,2 m/an. Extraction de sable : 5,2 millions de m³ effectués durant la période 1990 - 2002. Pollution d'origine fécale : Coliformes fécaux 264UFC/100ml. 05 Rejets : 2 s'évacuant directement dans la mer sans aucun prétraitement et 02 s'évacuant directement dans l'oued Mazafran sans aucun prétraitement = disparition de la faune et flore et dégradation des espaces agricoles. La surexploitation du sable éolien dunaire a réduit son extension au ¾ et s'est traduite par une rupture de l'équilibre marin et un déclenchement de l'érosion marine. Commune de Douaouda : débit rejeté en 2003 = 1156,36 m³/j.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Faire une étude détaillée d'aménagement et de protection des berges de l'oued Mazafran. Balisage pour la restauration du cordon dunaire : mettre en place des ganivelles, haies brise-vent... Mise en place des unités de gestion et de contrôle dotées du personnel, des équipements, des infrastructures et des pouvoirs de police nécessaires (contre toutes les pratiques illégales). Aménagement en place des unités de gestion et de contrôle paysager de la bretelle d'accès à la plage Colonel Abbas. Fermeture des accès dégradants vers les plages. Réglementer le stationnement. La ZET de Douaouda est programmée sur un cordon dunaire, elle devrait être révisée en tenant compte des capacités d'accueil et des impacts sur l'environnement et les aires à protéger seraient identifiées. Surveillance du bâti illégal et arasement des maisons démolies par l'action de la mer.
Colonel Haouès	<p>Plage basse en régression. Rejets et écoulement des eaux. Urbanisation à proximité de la plage. Empiètement du DPM. Dégradation du bâti par les embruns marins.</p>	<p>Création de gigantesques dépotoirs et des rejets liquides. Les espaces dunaires ne sont pas encore classés comme sites à protéger. Intensité des extractions de sable : 30 à 60%. Cordon dunaire agressé par le béton.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Le rechargement par agrégat. Rétablir la végétation sur les zones qui ont été perturbées en y semant de l'herbe et recouvrir d'un paillis les surfaces semées et végétalisées afin d'empêcher l'érosion et de favoriser la germination.
Oued Mazafran	<p>Pollution marine à l'embouchure de l'oued. Inondabilité. Rejets industriels et domestiques polluants. L'extraction abusive des agrégats de sable du Mazafran et l'implantation du barrage de Bou Roumi au niveau des affluents de l'oued réduisent le volume des apports solides aboutissant en mer, accentuent l'érosion et favorisent l'intrusion marine (pollution de la nappe phréatique). Pas de mesures pour compenser la diminution des apports solides (transits littoraux). Réduction de l'engraissement à l'embouchure.</p>	<p>L'oued est pollué et de qualité médiocre alors qu'il était autrefois un espace de détente et de pêche. Le 5^{ème} rejet en mer est donc l'embouchure de l'oued Mazafran (collecteur des eaux résiduaires de quelques agglomérations de la wilaya de Tipaza, Blida, une partie de la wilaya d'Alger et des industries de Boufarik) de nature urbaine et industrielle. Débit rejeté en 2005 = 132,978m³/j. Pollution importante en détergents anioniques observée en 2003 à proximité des embouchures de l'oued Mazafran.</p>	<ul style="list-style-type: none"> La nécessité d'une station d'épuration et de recyclage des eaux usées car les quantités qui arrivent en mer aussi bien par les émissaires d'eaux usées que par le Mazafran sont énormes. Etudier l'évolution des régimes hydrologiques (crues, débits solides, nappes...) induits par les barrages. Aménagement et dépollution du bassin versant de l'oued Mazafran. Délaissement des espaces bio stratégiques côtiers (dunes littorales, zones humides...).

Recul de 0,35 à 1,4 m/an à l'embouchure de l'oued (entre 1959 et 1999).



- Dégradation du bâti par l'action destructrice des vagues -



- Dégradation du cordon et de la végétation dunaires -

Zone	Nature des pressions	Indicateurs	Solutions alternatives
Zeralda	<p>Système de défense (04 brise-lames et un épi) : consommation de l'espace et dénaturalisation.</p> <p>Problème d'érosion, réduction de la plage, les ouvrages ne suffisent pas, l'eau arrive jusqu'aux murs du complexe (houles frontales NO).</p> <p>Un tombolo temporaire au niveau du du 3^{ème} brise-lame à l'Est.</p> <p>Démolition des maisons au bord de la mer.</p> <p>Pillage de sable.</p> <p>Disparition du haut de plage.</p> <p>Pollution par les macro déchets et les eaux usées des égouts.</p> <p>Surfréquentation de la plage durant la saison estivale et la pollution qui en découle.</p> <p>Activités sportives nautiques limitées à cause des ouvrages de protection.</p> <p>Aménagement de la ZET sur le cordon dunaire.</p> <p>Piétinement de la végétation et réduction des capacités d'accueil des plages.</p> <p>Programme d'infrastructures touristiques lourdes proposées dans la zone de servitude sur le cordon dunaire et les plages.</p>	<p>Eau de très mauvaise qualité microbiologique atteignant des seuils inquiétants (contamination par les coliformes fécaux 1148UFC/100ml (<i>Enterobacter sp</i> et <i>Citrobacter freundii</i>) et les streptocoques fécaux 752UFC/ml en Février 2008).</p> <p>La largeur des plages est, par endroit, de 20 à 150 m.</p> <p>Deux stations de dessalement de capacité chacune de 2500m³/J.</p> <p>Station de traitement non fonctionnelle.</p> <p>Recul du trait de côte jusqu'aux fondations du complexe touristique.</p> <p>Industries : Midy peinture : (Production de peintures et de vernis) = graisses, résines et liquides inflammables rejetés en mer sans prétraitement = odeurs et risques d'incendie.</p> <p>07 points de rejets : débit rejeté en 2003 = 2215,712 m³/j.</p> <p>Dégradation des herbiers à Posidonie.</p> <p>Déposition récente du DDT (Pesticides) à cause de l'utilisation importante dans ce secteur à vocation agricole.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La mauvaise qualité de l'eau nécessite une prise en charge immédiate, les eaux usées doivent être soumise à un traitement poussé et adéquat et un suivi s'avère très important surtout en période estivale. • La ZET de Zeralda doit être révisée : évaluation de l'incidence environnementale des projets de développement dans le cadre des études d'impact. • Un rechargement artificiel permet de reconstituer la plage. • Avant de commencer les travaux, mettre en place des mesures efficaces de contrôle des sédiments et de l'érosion afin d'éviter l'entraînement de sédiments vers le plan d'eau. • Création d'équipements publics et privés spécialisés dans les activités sportives et dans les activités subaquatiques. • Mise en œuvre des conditions d'accessibilité du public à l'espace littoral. • Contrôle de la fréquentation estivale. • Redimensionnement des ouvrages de protection existants pour assurer un fonctionnement meilleur. • Les agglomérations et industries sont tenues d'épurer leurs rejets ou d'utiliser des techniques propres.



- Pillage de sable -



- Rejets d'eaux usées vers la mer -



- Tombolo temporaire -



- Déferlement des vagues jusqu'aux murs du complexe touristique -



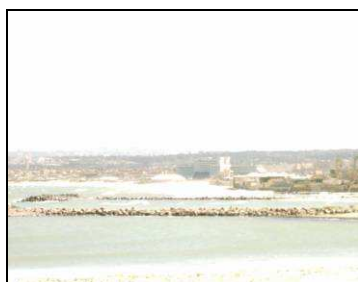
- Déchets sur la plage -

Zone	Staoueli		
Composantes	Nature des pressions	Indicateurs	Solutions alternatives
Azur plage	Rejets de la station de dessalement. Erosion, dégâts et maisons abandonnées. Le trait de côte recule d'une dizaine de mètres en hiver. Présence de gravats, surexploitation du sable.	Commune de Staoueli : % LC (10,42 Km) / LCU (7,3 Km) = 70%. 04 rejets se déversent en mer : débit rejeté en 2003 = 2685,037m ³ /j. Une seule STEP de Staoueli fonctionnelle. Dégradation prononcée des herbiers à Posidonie limitrophes due essentiellement aux rejets des eaux usées domestiques.	<ul style="list-style-type: none"> Nécessité d'installation d'autres ouvrages de protection. En période hivernale : Azur plage pourrait être protégée par des brise-lames flottants démontables afin de contre carrer l'action de la houle et qui seront démontés en été. Inspecter ces ouvrages régulièrement et Apporter toutes les réparations qui s'imposent.
Plage Ouest	Le sommet des dunes a été arasé pour les utiliser pour la construction. Amincissement de la plage à l'Est de la jetée militaire. Enrochements aggravant l'érosion de la plage. Quasi disparition de la plage Ouest.	Le peu de sédiment qu'on retrouve sur le trait de côte est du sable fin à moyen. Autrefois, de part et d'autre de la presqu'île de Sidi Fredj se sont développées des dunes sur plus de 4000m de longueur avec des hauteurs moyennes de 15m (Source : CNERU, 2006).	<ul style="list-style-type: none"> Un rechargement par agrégat peut résoudre le problème de l'érosion mais une étude très poussée de la granulométrie doit avoir lieu afin d'éviter que les matériaux soient entraînés par la mer. Un système Ecoplage peut également ralentir le phénomène érosif et engraisser la plage. L'arrêt de tout aménagement dans la bande des 100 mètres. Création de chenaux d'accès pour la restauration des secteurs de dunes encore présents.
La plage Thalassothérapie	La plage n'évolue plus. Elle est coincée entre les promontoires rocheux à l'est et un épi à l'ouest (piégeage à l'amont, érosion à l'aval). Aucun sédiment ne lui parvient naturellement.	Urbanisation rapide avec l'aménagement du Sheraton II qui est en cours, ainsi que la promotion immobilière SIT (Société d'Investissement Touristique) qui prévoit des appartements hôtel à côté du centre de thalassothérapie.	<ul style="list-style-type: none"> Les infrastructures touristiques doivent répondre aux objectifs de protection et de valorisation du littoral. Mise en marche des stations d'épuration. Mise en place des unités de contrôle et de suivi. Les dragages doivent s'opérer dans les conditions les moins perturbantes des milieux.
Port de Sidi Fredj	Emissaire d'eaux usées domestiques, pollution. Ensablement du port (houles d'été, dérive d'Est en Ouest) et nécessité de dragages continuels (le dernier en 2006). Le port est à l'origine de l'érosion irréversible des plages : El Riadh, El Menzeh et Moretti. Modification de la nature sédimentaire avec ses implications sur les peuplements benthiques.	Diffusion des polluants du port et dégradation des biotopes. La largeur des plages est, par endroit, de 10 à 50m. Le pillage de sable touche 9 plages sur 10. STEP de Sidi Fredj à l'arrêt. Taux du Mercure Hg dans les sédiments du port : 8,07 µg/g, ce métal est utilisé comme un fongicide dans les peintures. (Bellahsene et Messaoudi, 2005).	<ul style="list-style-type: none"> Les infrastructures touristiques doivent répondre aux objectifs de protection et de valorisation du littoral. Mise en marche des stations d'épuration. Mise en place des unités de contrôle et de suivi. Les dragages doivent s'opérer dans les conditions les moins perturbantes des milieux.
Plage Est	Rejets clandestins par les bateaux. Pollution par les macro déchets et rejets d'eaux usées. Dénaturation du site par les épis de protection en T et en L et modification du transit sédimentaire. Il y a érosion en amont des ouvrages, les sables retenus sont insuffisants pour rétablir les plages. Evolution de la plage de manière artificielle grâce à sa situation entre les épis de défense à l'Est et la passe d'entrée du port. Extraction illégale de sable, piétinement de la végétation et réduction des capacités d'accueil des plages.	Aménagement de voies de circulation parallèles au rivage à moins de 100 m. Le lotissement Palm Beach est pratiquement achevé et se trouve limitrophe à la mer. STEP du complexe de Moretti à l'arrêt. Nouvelle STEP de Club des Pins à l'arrêt. Ancienne STEP de Club des Pins à l'arrêt. Présence de germes indicateurs de contamination fécale (les coliformes fécaux 280 UFC/100ml, qui sont <i>E.coli</i> , et <i>Citrobacter freundii</i> en Février 2008).	<ul style="list-style-type: none"> Remise en état, maîtrise de la gestion et augmentation de la capacité des stations d'épuration. Traitement des eaux usées avant de les introduire en mer. Mise en place de ganivelles ou de dispositifs brise-vent pour reconstituer le cordon dunaire et la plantation de végétaux herbacés adaptés à la dynamique dunaire. Maintenir des mesures efficaces de contrôle de la sédimentation et de l'érosion jusqu'à ce que les zones perturbées soient remises en végétation. Opérationnaliser les gardes du littoral.

<p>Plages El-Riadh, El Menzeh et Moretti</p>	<p>En voie de régression, les ouvrages de protection ne leur permettent pas de s'alimenter en sédiments.</p>	<p>Taux du Zinc Zn dans les sédiments: 503,43 µg/g et 2,24 µg/g de Mercure Hg. (Bellahsene et Messaoudi, 2005).</p> <p>L'extraction massive de sable au niveau de l'hôtel El Riadh ont contribué au déficit sédimentaire et au changement du profile des plages.</p> <p>Pollution microbiologique : CF de 448 UFC/100ml en Février 2008.</p> <p>Recul du trait de côte :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Secteur hôtel El Riadh - Est Moretti : - 46 m en 43 ans : 1956 à 1999. - Moretti a reculé de 15 à 18 m (1993 à 1999). 	<ul style="list-style-type: none"> • Détermination de cheminements non destructifs de la végétation et des dunes. • Un système cylindrique (des géotubes) perméable de stabilité des plages pourrait être additionné aux épis existants et assurer une reconstitution des plages régressives du secteur Est par sédimentation au contact du système (pour protéger Moretti complexe, ils coûtent 1/5 du coût d'un ouvrage en enrochement).
-----------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



- Azur Plage : Attaque des vagues érosives en période hivernale -



- Recul des plages Est et Ouest de Sidi Fredj -

Zone	Ain Benian		
Composantes	Nature des pressions	Indicateurs	Solutions alternatives
Ex-Madrague	<p>Disparition d'une cinquantaine de mètres de plages situées au voisinage du port. Effet érosif intense des houles. Paysage fortement artificialisé. Rejets d'eaux usées et de déchets dans l'oued Beni Messous. La faune et la flore marine sont endommagées Projet de création d'une plage artificielle d'une longueur de 300m, 25m de largeur et 3,5m de profondeur, les matériaux de construction (d'après un marin, 2008) sont ramenés des oueds. Ainsi, des Blocs de tétrapodes se sont échoués en mer = signe de mauvaise étude hydrodynamique.</p>	<p>Pollution bactérienne : contamination fécale (les coliformes fécaux tels que <i>E.coli</i> et <i>Citrobacter freundii</i> en Février 2008). Commune de Ain Benian: 11 points de rejets (éléments chimiques, cosmétiques, papiers..) se déversent en mer sans prétraitement : débit rejeté en 2003 = 3360,615 m³/j.</p> <p>En général, la largeur des plages est de 20 à 30 m.</p> <p>La plage artificielle fera 6000 m² avec une promenade maritime de 300 m² (Source : DTP).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Assurer d'une manière régulière le suivi des indicateurs sur l'état de l'environnement. La plage artificielle sera alimentée de sable éolien ramené des plages de Zemmouri : d'une part, ces matériaux ne conviennent pas au site, d'une autre part, la quantité nécessaire (15000m³) est tellement énorme que la source ne pourrait l'assurer. Il est préférable d'envisager plusieurs points d'alimentation. Des gravillons de carrière peuvent résoudre le problème. La nouvelle plage doit être protégée contre les houles ce qui impose de mettre en place des ouvrages de défense. Des ouvrages souples de protection seraient mieux recommandés.
Oued Beni Messous	<p>L'extraction abusive de sable à l'embouchure de l'oued Beni Messous a contribué au déficit sédimentaire et au changement du profil des plages. Disparition des terres agricoles les plus fertiles et des espaces forestiers occasionnant une érosion des sols favorisant les inondations. Rejets d'eaux usées.</p>	<p>75% des sables dunaires ont disparu. L'oued Beni Messous est considéré comme pollué, l'eau de l'oued n'est pas apte ni à l'irrigation ni à la navigation.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Interdire le rejet d'eaux usées à l'état brut. Mettre en place une station d'épuration qui prend en charge le recyclage des eaux usées domestiques de tout le secteur. Pour les entreprises, réduire le volume des effluents liquides par la mise en œuvre du recyclage et de mesures d'économie de l'eau. Mettre en œuvre un programme de renforcement des inspections de l'environnement.
Port d'El Djamila	<p>Travaux de réaménagement et d'extension entrepris par une société égyptienne (depuis Mai 2002) dans le cadre du SDIP. Milieu dénaturisé. Pollution par les eaux usées domestiques. Ensablement du port dû aux apports en sédiments par les houles NO et O.</p>	<p>La Plage El Djamila a une longueur 200m et une largeur seulement de 20m. Elle est en régression continue. Taux du Zinc Zn dans les sédiments du port : 418,58 µg/g. (Bellahsene.Y et Messaoudi.S, 2005).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Réglementer la circulation des véhicules et canaliser la fréquentation des milieux. Recyclage des eaux usées. Nettoyage des voies de navigation et des bassins portuaires.



- Artificialisation accrue du paysage et accentuation de l'érosion -



- Travaux de construction de la plage artificielle d'El Djamila -

V.3. Nécessité d'une étude pour une gestion intégrée :

La complexité des activités humaines, des systèmes naturels et du régime de propriété de la zone côtière incitent à proposer la mise en place d'un plan d'aménagement intégré pour affecter efficacement les ressources côtières et minimiser la dégradation de l'environnement, qui sont importantes dans notre secteur d'étude et parfois irréversibles surtout dans la partie de Tipaza - oued Mazafran.

Pour aménager efficacement ces zones côtières, les planifications futures doivent comprendre comment l'environnement côtier et les activités humaines s'imbriquent pour former un système. Parmi les aspects essentiels du système figurent :

- L'impact conjugué de nombreux aménagements côtiers et portuaires qui, individuellement, peuvent être insignifiants mais qui, lorsqu'ils sont simultanés, provoquent la dégradation de l'environnement. C'est le cas de la ZET de Zéralda, du parc du Chenoua des ports de Tipaza, de Bou Haroun et d'El Djamila, des ouvrages de protection de Sidi Fredj, de Bou Ismail et de Douaouda marine.
- L'impact de la pollution par les rejets industriels et domestiques sur la biodiversité aquatique qui commence à être recensé au niveau :
 - Des aires marines du Mont Chenoua où 241 espèces ont été recensées et qui sont menacés par les effets de la pollution.
 - De l'oued Mazafran dont les incidences des apports polluants atteignent la majorité des plages à l'Est et à l'Ouest de l'oued, et aussi des oueds Nador et Beni Messous.
 - De Bou Haroun, Zéralda, et Bousmail où la pollution chimique a atteint un stade inquiétant et a réduit la capacité d'accueil des plages.
 - De l'anse de Kouali qui autrefois était un site de référence écologique et qui commence à être touché par la pollution, notamment les écosystèmes à *Posidonia oceanica* qui sont particulièrement vulnérables aux impacts de l'homme et qui ont régressé de façon préoccupante. Le même phénomène est observé à Douaouda marine, Fouka marine, Bou Ismail, et Tipaza.
- L'impact de l'érosion marine sur tout le trait de côte due à l'effet conjugué: des extractions abusives de sable marin et des oueds, de l'implantation du barrage de Bou Roumi au niveau des affluents de l'oued Mazafran, ce qui réduit le taux de sédiments amenés au rivage, et des mauvais aménagements.
- L'impact de l'urbanisation incontrôlée, comme c'est le cas du complexe touristique de Zéralda, a fait que les constructions trop proches du rivage, constituent des obstacles réfléchissants pour les houles d'incidence frontale, entraînant ainsi la disparition des plages.

La majorité totale de ces facteurs est essentiellement induite par les activités menées dans la zone. C'est pourquoi les solutions à mener exigent une vue d'ensemble des processus de l'environnement et des interactions des activités humaines. Ainsi, une carte (Figure V.1) regroupant l'ensemble des pressions que connaissent les sites littoraux du secteur d'étude est établie. Cette carte va servir, pour un aménagiste comme pour tout scientifique impliqué, d'un moyen de prise de connaissance de l'état des lieux et d'un outil sélectif d'aide à la décision.

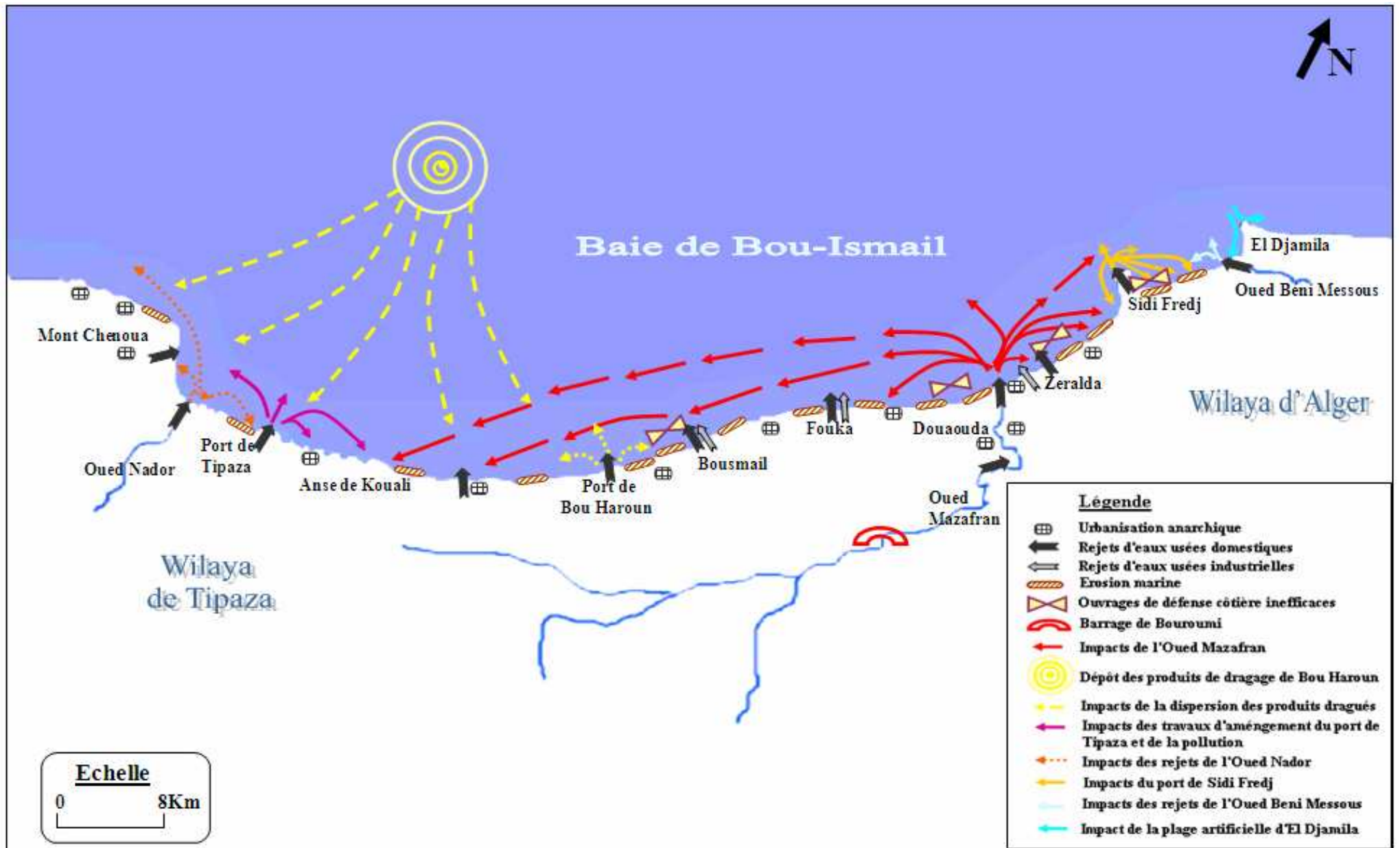


Figure V.1 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou-Ismaïl (Al Sid Chikh.S et Lainser.K, 2008)

A la lumière de ce qui précède, il est évident que les atteintes à l'environnement que connaît cette zone côtière sont nombreuses et complexes. La gravité de leurs effets commence déjà à se faire ressentir car les moyens mis en place pour y faire face sont dérisoires.

Pour pallier aux erreurs du passé, une politique de protection de l'environnement s'impose et des dispositions doivent être prises en respectant les lois existantes et en émettant des recommandations de façon à ralentir les méfaits de ces derniers.

- Actions sur le rivage : le MATE, les DTP et tous les organismes impliqués (PAC, PNAE-DD, CNL, FEDEP, PDAU..) doivent entreprendre des opérations coordonnées de protection du rivage.
- Suivi et surveillance de l'environnement : encourager et développer la recherche dans le domaine de l'environnement et renforcer l'information, la sensibilisation et la participation du public et des différents intervenants aux mesures de protection de l'environnement (ONEDD, ONG, Médias..).
- Protection des sites naturels sensibles nécessitent la mobilisation des moyens matériels, institutionnels, réglementaires et humains de l'État (agence, office, conservatoire,..). Dans le cadre de la coopération internationale, des organismes peuvent aussi s'impliquer (UNESCO). La sensibilisation et la participation active des ONG et des citoyens en général sont aussi à encourager.
- Lutte contre l'extraction des matériaux : en matière de lutte contre les extractions de sable, la loi 02-02-du 05 février 2002 relative à la protection et la valorisation du littoral interdit et réglemente dans son article 20 les extractions de sable. Hormis l'existence d'une législation protégeant le sable marin et celui des oueds, les délits et les infractions continuent de se manifester. Une Politique de substitution aux matériaux de construction prélevés sur les plages et une application stricte et contrôlée de cette loi sont fortement recommandées.
- La promotion des activités touristiques et des aménagements récréatifs qui vont en harmonie avec les objectifs de protection du littoral.
- La lutte contre l'érosion marine doit s'opérer à l'aide de services professionnels et spécialisés (LEM, ISMAL..) et aussi par la création d'un réseau « érosion » national similaire à celui de l'IRD de France et se tourner vers des ouvrages de défense souples qui travaillent en harmonie avec les dynamiques naturelles en jeu.
- La lutte contre la pollution par l'établissement de nouvelles stratégies d'assainissement et d'épuration, la favorisation du principe "pollueur - payeur" aussi bien pour les entités que pour les privés et la mise en place d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux baignade.

La gestion intégrée de la zone côtière ne peut être menée à bien que si tous les usages, usagers et interactions sont bien connus. En conséquence, elle est beaucoup plus complexe que l'aménagement du littoral et nécessite une approche pluridisciplinaire s'inscrivant dans une Stratégie Environnementale Nationale (SNE) pour la gestion des processus dynamiques qui se produisent dans les milieux côtiers.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

L'appréhension et la compréhension des apports entre les éléments, terrestre et marin, entre la côte et le large, au sein de la baie de Bou-Ismaïl et la baie d'El Djamilia, nécessitent une connaissance sans cesse améliorée de chacun d'entre eux.

L'intérêt de l'espace auquel s'intéresse ce projet est évident. Cette zone est caractérisée par d'importants échanges, à caractère anthropique et naturel. En ce sens, tous les efforts qui se font pour comprendre la réalité, fort complexe, de ce milieu et intervenir pour améliorer sa fonctionnalité sont indispensables.

En plus, cette zone montre un caractère stratégique incontournable pour tout programme de développement durable en général et de GIZC en particulier vu sa richesse et sa diversité écologique aussi bien floristique que faunistique. Notre investigation sur le terrain et au laboratoire nous a permis de mieux cerner les avantages et les inconvénients de notre zone d'étude et par la même conjugué les éléments entre eux pour une meilleure gestion intégrée de la zone.

Le but était de faire une approche aussi complète que possible sur l'état actuel des milieux côtiers dans la zone. Il est donc essentiel de connaître cet état vers lequel la côte tend à revenir, pour adapter nos aménagements à un équilibre naturel, soit qu'on veuille le mettre à profit, soit, au contraire, qu'on veuille créer consciemment et raisonnablement, un autre équilibre.

Une telle étude portant sur les phénomènes sédimentologique et hydrodynamique, classique ou par les données satellitaires, et aussi sur les incidences de la pollution doit se faire de manière continue sur plusieurs saisons comme sur plusieurs années. Elle doit aussi être accomplie par d'autres recherches multidisciplinaires pour mieux connaître le fonctionnement des variables environnementales.

Les facteurs déjà analysés ayant fortement concouru à la dégradation de l'environnement durant ces trois dernières décennies sont étroitement imbriqués. Les baies de Bou-Ismaïl et d'El Djamilia connaissent aujourd'hui de sérieux problèmes résultant en grande partie d'actions qui se greffent sur des conditions écologiques et climatiques difficiles.

Incontestablement, cette mince bande côtière est saturée et ne saurait être sollicitée davantage. Les efforts doivent être orientés vers l'arrière pays, axés sur la conquête de nouveaux espaces, ce qui permettra d'introduire le progrès et le développement afin de mettre fin définitivement à l'anthropisation déjà catastrophique, surtout quand elle se fait au détriment de nos meilleurs sites côtiers ce qui constitue une aberration impardonnable, aussi bien d'un point de vue écologique qu'économique.

Il ne faut pas omettre de rappeler que si la situation reste telle qu'elle, les déchéances vont s'intensifier et auront un impact irréversible sur les plages et les paysages côtiers, la qualité des eaux de baignade, les ressources halieutiques et l'activité de pêche.

Des tentatives de résolution ont été à maintes fois abordées et des propositions ont été formulées, mais leur application s'est achevée suite à des conflits socioéconomiques et politiques ou à une mauvaise prise en charge.

Gérer la zone côtière, réaliser un développement durable, améliorer le niveau de vie et utiliser rationnellement les ressources de la baie étudiée, sont des tâches essentiellement inséparables. La dégradation de l'environnement peut compromettre le développement et mettre en péril les conditions de vie. Pourtant ce cercle vicieux peut être rompu. Bien évidemment, de graves erreurs ont été commises par le passé au nom du développement. Mais aujourd'hui, on s'aperçoit que ce développement n'est possible que s'il est pleinement tenu compte des considérations écologiques de façon à ce que le citoyen puisse vivre dans un environnement meilleur.

La protection de l'environnement et la préservation des ressources naturelles sont une composante essentielle de la gestion intégrée de la zone côtière. Sans un capital « environnement adéquat », tout progrès économique, social et culturel est irrémédiablement compromis.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

OUVRAGES, THESES ET MEMOIRES :

AICHIUOUL et ECH'CHATABLA, 2006 : Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de baignade de deux plages de la commune de Bab El Oued, R'MILA et EL KETTANI. Mémoire d'ingénieur d'état en sciences de la mer. Option : Environnement marin. ISMAL. 54p.

AIT HAMOUDA.I, 2000: Contribution à l'étude faunistique du zooplancton de la baie de Bou-Ismaïl. DEUA, option : Ecologie marine. ISMAL. p 3-7.

ALLAG.N et RESSAD.R, 2006 : Détermination des zones de pêches par des techniques satellitaires dans la région algéroise (Reconnaissance des fronts thermiques). Mémoire d'ingénieur d'état en Halieutique. ISMAL. 70p.

ALLAIN.MIOOSEC, 2004: Les littoraux entre nature et aménagement. 3^{ème} Edition. Armond Colin. 179p.

ALLIOUANE.A.S et RAMDANIL, 2006 : Aménagement des ports de pêche de Zemmouri et d'El Djamilia. Mémoire d'ingénieur d'état en Halieutique. ISMAL.59p.

AMARA.R, 1988 : Contribution à l'étude de la dynamique de la pollution en zone côtière (Cas de Bou-Ismaïl ex.Castiglione). Mémoire d'études supérieures en Océanologie, option: Aménagement du littoral. ISMAL. p 5-39.

AMINOT.A et CHAUSSEPIED.M, 1983: Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Edition CNEXO. Brest. p 57-89.

AMINOT.A et KEROUEL.R, 2004: Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Ifremer Brest, direction de l'environnement et de l'aménagement du littoral. 293p.

AMRANIS et FERHAT.R.A, 1994 : Etude des caractéristiques physicochimique et bactériologique de l'eau dans un port de plaisance (Sidi Fredj). DEUA, option: Molysmologie. ISMAL. 78p.

ANNANE.G, KEMILA.A et LADJIMI.F, 2007 : Impact et inventaire des ouvrages côtiers sur le milieu marin dans la baie de Bou-Ismaïl. Mémoire d'ingénieur d'état en Aménagement du littoral. ISMAL. 51p.

ANNANE.S, 2003 : Caractéristiques de la pollution des eaux de mer de la baie de Bou-Ismaïl en utilisant des images satellites. Application aux hydrocarbures. Mémoire d'ingénieur d'état en Halieutique. ISMAL. 106p.

AOUAMEUR.D, 1990 : Contribution à l'étude de certains métaux lourds dans les sédiments superficiels de la baie d'Alger. Mémoire d'ingénieur d'état en Halieutique. Option : Molysmologie. ISMAL. 62p.

AOUIDAD.Z, 1997 : Contribution à l'étude de la pollution par les métaux lourds dans les sédiments superficiels et les particules en suspension dans la baie de Bou-Ismaïl. Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement du littoral. ISMAL. 73p.

ASSEFSAF.A et SAHEL.A, 1986 : Contribution à l'étude de la pollution d'origine fécale au niveau des plages de la baie Est de Bou- Ismaïl. Mémoire de technicien supérieur en Biologie des pêches, option : Microbiologie. ISMAL. 51p.

AYME.A, 1965 : La nouvelle carte géologique au 1/50 000 d'Alger. Bulletin service géologique de l'Algérie, nouvelle série, N°33.

BAKIR.M, 1987: La dynamique sédimentaire dans la baie d'El Djamilia (Baie de Bou-Ismaïl). Mémoire d'ingénieur d'état en géologie marine. USTHB. 76 p.

- BELKESSA.R, 1991** : Evolution morphologique et sédimentologique du bas Isser et son embouchure. Thèse de magistère en géomorphologie. ISMAL. 162p.
- BELLAHSENE.Y et MESSAOUDI.S, 2005** : Etude bathymétrique, sédimentologique et pollution par les métaux lourds de la baie d'El Djamila. Mémoire d'ingénieur d'état en Aménagement du littoral. ISMAL. 51p.
- BELLAN.G et PERES.J.M, 1994** : La pollution des mers « Que sais-je ». Edition Presses Universitaires de France. 126p.
- BENGHANEM.I, DELMI.N, KHARFALLAH.M et LAHLOU.A** : Morphologie et sédimentologie de la zone Est de Sidi Fredj. Mémoire d'ingénieur d'état en Aménagement du littoral. ISMAL. 57p.
- BENZOHRA.M, 1993** : les structures hydrodynamiques le long des cotes Algériennes. Centre d'Océanologie de Marseille. 33p.
- BERNARD.G, 1999** : Le littoral, manuels et méthodes. Edition BRGM. p 2-30.
- BITAM.S, 2006** : L'apport de la télédétection à la gestion intégrée des zones côtières en Algérie. Mémoire d'ingénieur d'état en Aménagement du littoral. ISMAL. 46p.
- BONN.F et ROCHON 1992**: Précis de Télédétection, Volume1. Principes et méthodes. Les presses de l'université du Québec, CANADA. 484p.
- BONN.F, 1996**: Précis de Télédétection, Volume2.Application thématique. Les presses de l'université du Québec, CANADA. 410p.
- BONNEFILLE.R, 1992** : Cours d'hydraulique maritime. Edition MASSON. 148p.
- BOUCHEMLA.S.T, 1998** : Contribution à l'étude de la dispersion des bactéries fécales dans l'eau de mer, rejetées par l'émissaire du centre de Thalassothérapie : modélisation et évaluation de la qualité microbiologique. Mémoire d'ingénieur d'état en sciences de la mer. ISMAL. 69p.
- BOUKRETAOUI et BOUTOULLI, 1989** : Baie de Bou-Ismaïl ; étude des paramètres physiques et chimiques, approche biosédimentaire. Mémoire d'ingénieur d'état en sciences de la mer. ISMAL. 92p.
- BOUTIBA.M, 1996** : Etude en vraie grandeur du mode de fonctionnement des ouvrages de protection de la plage Est de Sidi Fredj (Ouest d'Alger). Thèse de Magistère, Aménagement du littoral. ISMAL. 123p.
- BOUZID.L et NEHAD.M, 2006**: Reconnaissance bathymétrique de la baie d'El Djamila à partir des données statistiques. Mémoire d'ingénieur d'état en Aménagement du littoral. ISMAL. 56p.
- BREITTMAYER.J.P et GAUTHIER.M.J, 1979**: Dénombrement des bactéries en milieu marin. Facteurs de variation et d'incertitude. Annexe : Microbiologie. Institut Pasteur, 130 : 245 - 256.
- BREMOND R. et VUICHARD R. (1973)** : Paramètres de la qualité des eaux, Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, SPEPE, Paris. p 16-25.
- BRIGITTE.DUMORTIER, 1998** : Questions de Géographie. Les littoraux maritimes. Milieux, aménagements, Sociétés. Editions Du Temps. 159p.
- BRISOU.J.F et DENIS F.A, 1980** : Techniques de surveillance de l'environnement maritime. Collection de biologie de milieux marins 3. Edition MASSON. 180p.
- CAMILLE.DELARRAS, 2000** : Microbiologie de l'environnement avec législation ; travaux pratiques commentés, gaëtan morin éditeur Europe. 223p.
- CHADIN.A, 1988** : Modèles de réflectance diffuse de l'océan ; Applications à la détermination satellitaire des concentrations des substances présentes dans l'océan de la mer ; Remote Sensing from space physical aspects and modeling, Toulouse88. p 924-1031.

CHASSARD-BOUCHAUD, 1995 : L'écotoxicologie « Que sais-je », Edition Presses Universitaires de France. 123p.

DAGORNE.A (1970) : Remarques préliminaires sur la sédimentation pré littorale en baie de Bou Ismail (Ouest Alger).Annales algériens de géographie N°7. p73-78.

DRIDI.K et MEZIANI.S, 2003 : Apport de la télédétection pour déterminer la bathymétrie des zones littorales, Application baie d'Alger. Mémoire d'ingénieur d'état en Aménagement du littoral. ISMAL. p 3-93.

ECH-CHATABIA et SAIS.K, 2000 : Recherche sur les méthodes de typologie côtière dans la zone de Chenoua – Mazafran .Mémoire d'ingénieur d'état en Aménagement du littoral. ISMAL. p 17-38.

ERIC LE PAPE : L'aménagement du littoral, informations et analyses : Publications de la DATAR à la documentation française (Secrétariat d'état à l'aménagement du territoire).112p.

FERHAT.N et DJILLALI.M, 1992 : Analyse des métaux lourds et des paramètres physico-chimiques en milieux marins, lagunaires et embouchures des oueds. Mémoire de technicien supérieur, ISMAL. 164p.

GIRARD.C et GIRARD.M, 1989 : Télédétection appliquée aux zones tempérées et intertropicales; Edition Masson. 255p.

HADDOUCHE.I, 2003 : Etude de l'état de pollution de la baie de Bou-Ismaïl par les sels nutritifs et les métaux lourds en juillet 2002.Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement du littoral et protection de l'environnement, option : chimie marine. ISMAL. 77p.

HADJAMMAR.S, 1993 : Niveaux en hydrocarbures polyaromatiques des effluents Superficiels de la baie de Bou-Ismaïl (frange côtière). DEUA, option : Molysmologie. ISMAL. 100p.

HAMZAOUI.Z, 1983 : Etude perspective de la pollution marine de la baie d'Alger. Mémoire de technicien supérieur, option : pollution. ISMAL. 88p.

HAOUI.N, 1988 : Contribution à l'étude de la dynamique de la pollution en zone côtière, cas de Fouka marine. Mémoire d'études supérieures océanologique, option : Aménagement du littoral. ISMAL. 84p.

HOUMA.F, 2005 : Caractérisation des polluants de la côte oranaise et algéroise par analyse physicochimique et corrélation avec les données satellites. Thèse de Docteur d'état. Institut de chimie. USTHB. 165p.

J.C. LACAZE, 1996 : La pollution des mers. Edition DOMINOS. 111p.

J.M.BECET et DIDIER LE MORVAN, 1991: Le droit du littoral et de la mer côtière. Faculté de Droit de BREST. Edition ECONOMICA. 334p.

J.P.PINOT, 1998 : La gestion du littoral. Tome 1 : Littoraux tempérés, côtes rocheuses et sableuses. Collection « Propos ». 388p.

J.TRICART, 1981 : Précis de géomorphologie. Tome III. Géomorphologie climatique. Société d'édition d'enseignement supérieur. Paris. 297p.

JACQUES MALEZIEUX, 2002 : Le milieu littoral. Edition du CTHS. 318p.

KORICHL.H.S, 1988 : Contribution à l'étude biologique des deux espèces de Saurels: Trachurus trachurus et Trachurus méditerranéus et de la dynamique de Trachurus en baie de Bou-Ismaïl (Alger).Magistère. ISMAL. p 3-12.

LAZALI.Y, 2003: Quantité et qualité des sédiments à draguer dans le port de Sidi Fredj et le port d'El Djamila. Mémoire d'ingénieur d'état en Aménagement du littoral. ISMAL. 88p.

LECLAIRE.L, 1972 : La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (Pré continent algérien).Mémoire du muséum national d'histoire naturelle. Paris. Série C, Tome 241. 391p.

MAHIOUT.L, 1989: Quelques aspects de la dynamique de la pollution bactérienne dans l'embouchure de l'oued Beni Messous. Mémoire d'études supérieures en Aménagement du littoral. ISMAL. 85p.

MILLOT.C, 1985: Some features of the Algerian current. J. Geophysical Research. Vol 90. n°C4. p7176-7196.

MILLOT.C, 1989 : La circulation générale en Méditerranée occidentale: aperçu de nos connaissances et projets d'études. Annales de géographie, n° 549, XCVII. p 498-515.

OLIVON.P : Premiers résultats concernant l'utilisation des données multispectrales pour l'étude bathymétrique des lagunes méditerranéennes. p 36-41.

OUKAZI.H, 1993 : Le port de plaisance de Sidi Fredj, approche critique à travers son fonctionnement et son impact sur l'environnement immédiat. Mémoire d'ingénieur d'état en Aménagement du littoral. ISMAL. 209p.

REVILLON.P, 1991 : Diffusion en mer, décroissance bactérienne pendant la dérive en surface. Revue internationale d'océanographie médicale. Tome 103. p13-18.

REZZOUG.S, 2000 : Contribution à l'étude de la contamination par les métaux lourds dans la matière en suspension et le sédiment marin superficiel des golfes de Béjaia et de Skikda. Thèse de Magister en Océanologie biologique, option : pollution marine. ISMAL. 45p.

RIVIERE.A, 1977 : Méthode granulométrique, technique et application. Edition MASSON, Paris. Techniques et méthodes de sédimentologie, 170p.

RODIER.J, 1996: L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer) 8^{ème} édition. Edition DUNOD. Paris. p 664-729.

RONALD PASKOFF, 2003 : Les littoraux, impact des aménagements sur leur évolution. Edition ARMOND COLIN. 255p.

SANTÉ ET BIEN-ÊTRE SOCIAL CANADA (SBESC), 1992 : Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada, ministère des Approvisionnements et Services Canada, Ottawa. 110 p.

SERGE PAUL, A.ALOUGES, H.BONNEVAL et L.PONTIER, 1982 : Dictionnaire de télédétection aérospatiale. Préface de P.MOREL. Edition Masson. 236p.

RAPPORTS ET PUBLICATIONS :

- Annuaire Statistique de la Wilaya d'Alger 2003 et 2005 (Monographie 2003 et Monographie 2005).
- BACHARI.N/BELKESSA.R/HOUMA.F, 2004: Contribution of multi spectral satellite imagery to the bathymetric analysis of coastal sea bottom. MWWD-IEMES 3rd International Conference on Marine Waste Water Discharges and Marine Environment, CATANIA 27/09-2/10.
- CNDPA, 2005 : Etude environnementale de la baie de Bou-Ismaïl, rapport préliminaire. p 5-18.
- Cours de 4^{ème} Année Aménagement du littoral. ISMAL.
- Documents du laboratoire d'études maritimes (LEM).
- Journal Officiel de la République Algérienne N° 43.
- Journée d'étude sur les applications de la télédétection aux sciences de la mer organisée par l'ISMAL : le 16/04/2008.
- Publication /MELHAOUI.M et EL HAFID.L/ Actes du colloque international pluridisciplinaire "Le littoral : subir, dire, agir" : De l'approche GIZC à la mise en place du contrat d'espace littoral, Méditerranée Marocaine. Lille, France, 16-18 janvier 2008.

- Publications de l'Agence pour la Protection et la Promotion du Littoral (APPL).
- Publications du CEAEQ/ Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec.
Article 1: Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (thermotolérants) et confirmation à l'espèce Escherichia coli : méthode par filtration sur membrane. MA. 700 - Fec.Ec 1.0, Rév.2, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. 2005, 20p.
Article 2 : Recherche et dénombrement des entérocoques : méthode par filtration sur membrane. MA. 700 - Ent 1.0, Rév.2, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. 2005, 23p.
- Publications de l'OMS (2002).
- Publications du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Septembre 2004.
- Publications du Programme d'Aménagement Côtier de la zone algéroise (PAC, 2005).
- Revues IFREMER et CNEXO.

SOURCES INTERNET :

- <http://www.arce.asso.dz> <http://www.mhu.gov.dz>
- <http://www.asso.objectif-sciences.com/protection-Gestion.html>
- <http://www.ensh.edu.dz>
- <http://www.fao.org>
- <http://www.gredaal.com>
- <http://www.ifremer.fr/com/actualites/dev-durable-gestion-cote.htm>
- <http://www.joradp.dz>
- <http://www.lenntech.com/fran%E7ais/metaux-lourds.htm>
- <http://www.mate-dz.org>
- <http://www.netcoast.nl/coastlearn/website/fr/intro/new.htm>
- <http://www.territoire.org/FRANCAIS/CREAF/foretcreative/lexique.html>
- <http://www.univ-ubs.fr/aménagement/port.html>
- <http://www.wikipedia.org/wiki/Special:Recherche>

Annexes

Annexe I

Tableau 1 : Matériels utilisés au terrain et au laboratoire.

Matériels utilisés au terrain pour la mesure des paramètres physicochimiques



Conductimètre de terrain



Oxymètre de terrain

Matériels utilisés au laboratoire pour l'analyse granulométrique



Etuve



Balance

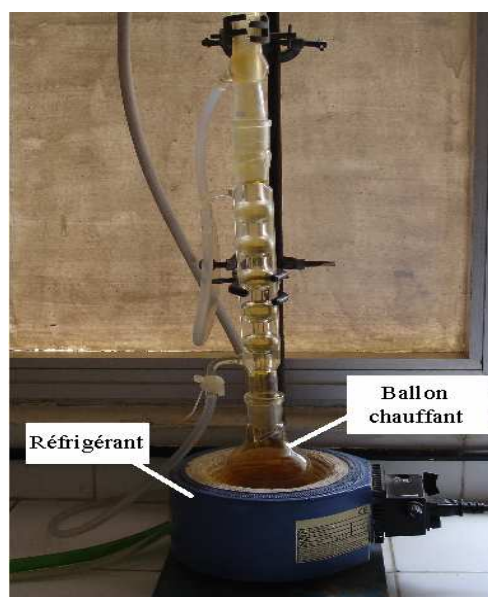


Tamiseuse

Matériels utilisés au laboratoire pour l'analyse des métaux lourds



Lyophilisateur



Dispositif de minéralisation

Matériels utilisés au laboratoire pour l'analyse microbiologique de l'eau



**Dispositif de filtration sur membrane
(Rampe de filtration de type Sartorius)**

Tableau 2: Composition des milieux de culture.

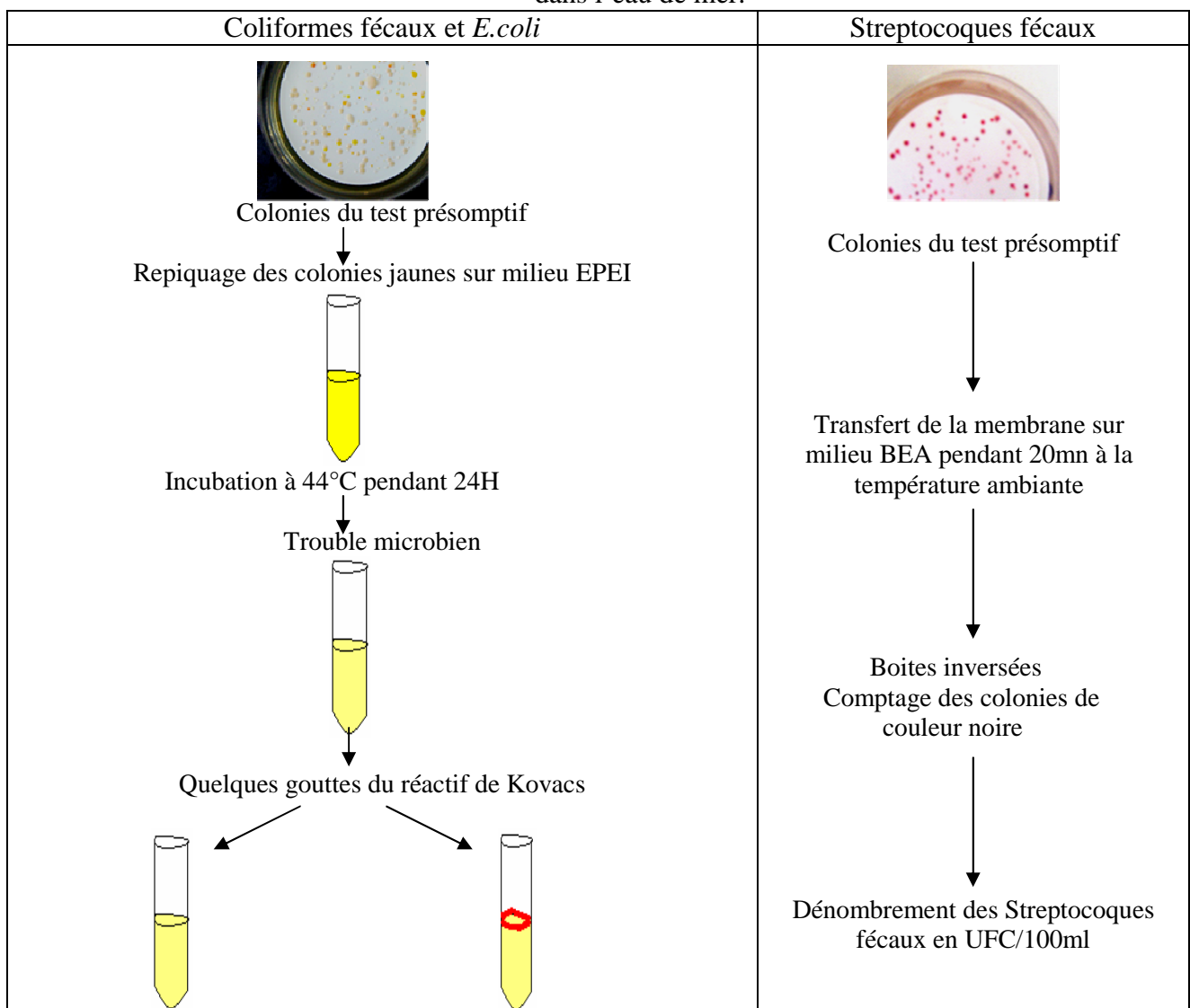
Germe	Composition du milieu de culture	
Gélose TTC et Tergitol 7 (g/l) Le Tergitol 7 est un agent tensioactif inhibiteur de nombreux Gram+. Le T.T.C (Triphenyl-2.3.5-Tetrazolium Chlorure) est réduit très rapidement par la majorité des bactéries coliformes.	Extrait de levure	6,0
	Extrait de viande	5,0
	Peptone de viande	10,0
	Lactose	20,0
	Bleu de bromothymol	0,05
	Agar	13,0
	pH final	7,2
Gélose de SLANETZ et BARTLEY (g/l) Ce milieu sélectionne les Streptocoques. Il contient du TTC et l'Azide de sodium ; un inhibiteur des Gram - , qui lors de sa réduction donne une coloration des bactéries en rouge.	Peptone Hydrolysate trypsique de caséine	20,0
	Extrait de levure	5,0
	Glucose	2,0
	Phosphate disodique	4,0
	Azide de sodium	0,4
	Agar	10,0
	pH final	7,2
Eau peptonnée exempte d'indole (EPEI): (g/l) Utilisation : la mise en évidence de la formation d'indole	Peptone trypsique de caséine	10,0
	NaCl	5,0
	Autoclaver à 120°C pendant 20minutes.	
Réactif de KOVACS (g/l)	Paradiméthylamino-benzaldehyde	5,0
	Alcool amylique	75,0
	Acide chlorhydrique pur	35,0
Milieu Bile-Esculine-Agar : BEA (g/l)	Peptone trypsique	20,0
	Peptone pepsique de viande	3,0
	Extrait de levure	5,0
	Bile de bœuf	10,0
	Chlorure de sodium	5,0
	Esculine1	1,0
	Citrate de fer ammoniacal	0,5
	Azide de sodium	0,25
	Agar	13,5
	pH final	7,1

Annexe II

Tableau 1 : Paramètres physicochimiques relevés au niveau de chaque station.

Stations	T°C	O ₂ dissous (mg/l)	Saturation en O ₂ (%)	Salinité (PSU)	Conductivité (ms/cm)	Heure de prélèvement
Température moyenne de l'air : 20°C, Temps ensoleillé, Mer agitée, Vent NO.						
01	16,9	3,8	40	35,2	48,5	10h15
02	16,1	7,2	78	36,4	49,9	10h50
03	16,9	3,4	34	36,2	49,7	11h30
	15,8	3,1	31	36,4	49,9	11h40
04	17	4	40	36,7	50,2	13h50
05	16,9	5,5	48,9	36,2	49,9	13h49
06	16,6	4,3	47,9	35,5	48,9	14h10
07	15,5	7,1	75	35,7	49,9	14h45
Température moyenne de l'air : 18,1°C, Temps ensoleillé, Mer peu agitée, Vent NO.						
08	15,1	6,5	66	36,6	50,2	12h00
09	15,4	5,9	57	36,3	49,9	12h10
10	15,4	10,9	90	36,6	50,2	13h00
11	16,4	4,9	47	36,7	50,3	14h30

Tableau 2 : Protocole de confirmation de la recherche des Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux dans l'eau de mer.



Présence d'autres coliformes Fécaux

Anneau rouge = production d'indole
Présence de *E.coli*



Figure 1 : Test de confirmation (production d'indole)

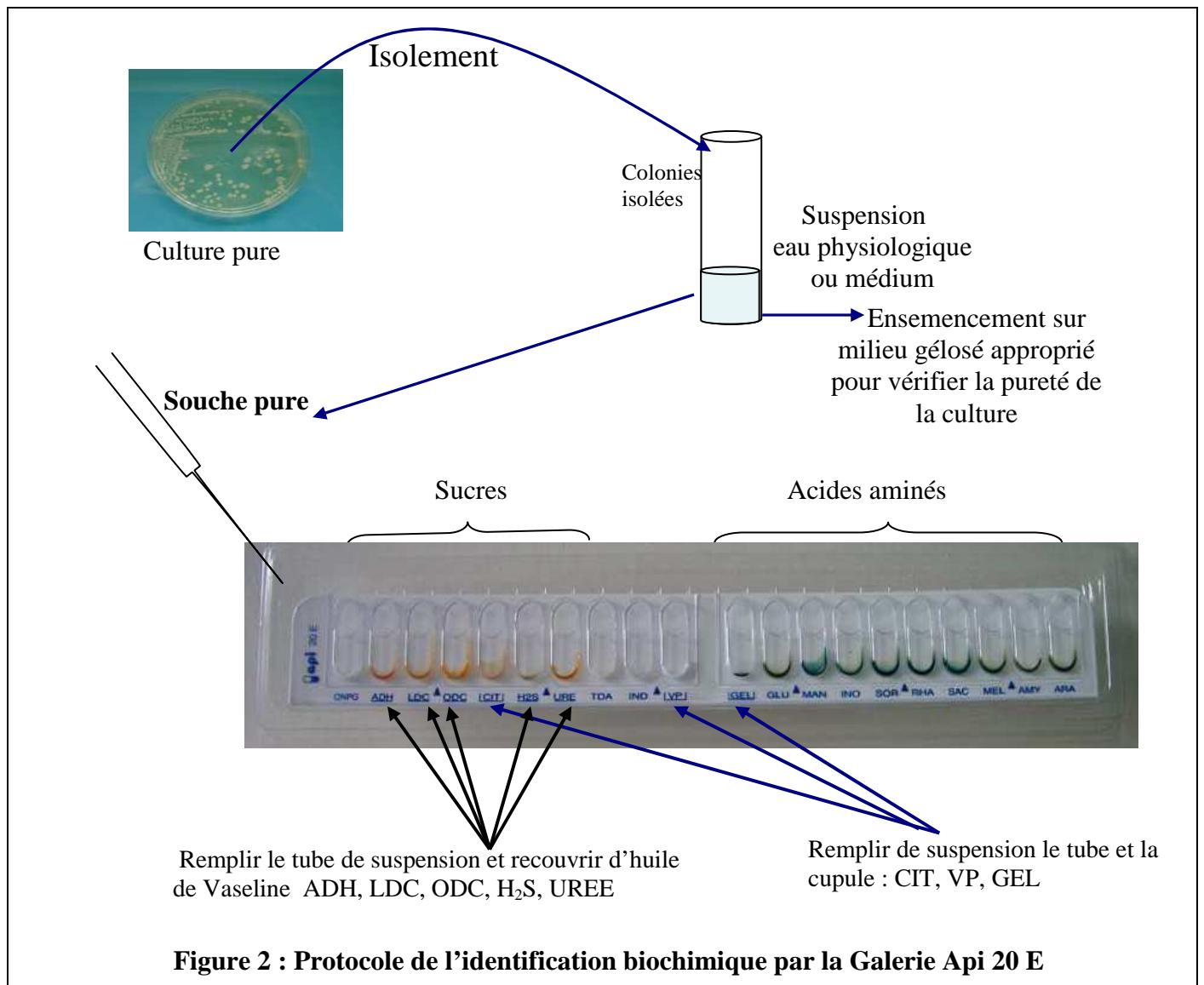


Figure 2 : Protocole de l'identification biochimique par la Galerie Api 20 E



Figure 3: Identification biochimique par la Galerie Api 20 E pour *Escherichia coli*

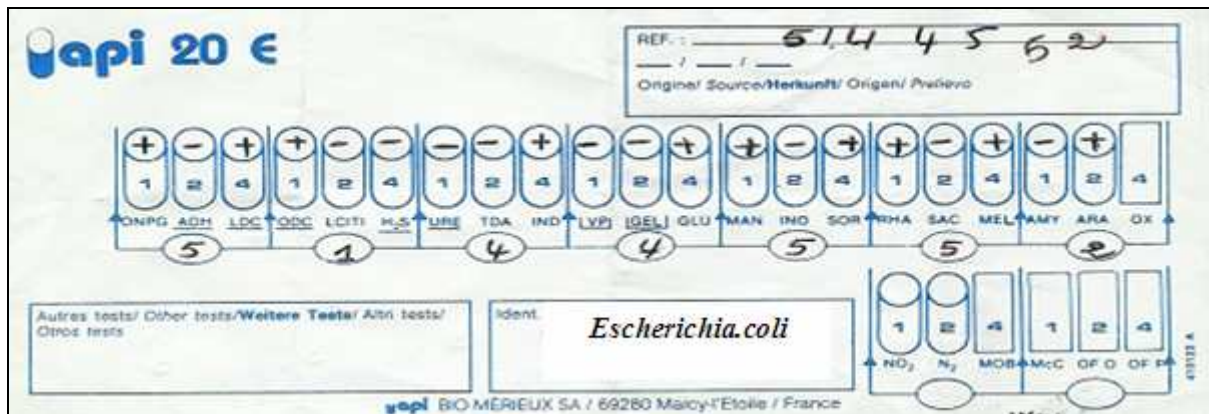


Figure 4 : Code d'identification biochimique de *Escherichia coli*

Annexe III

Tableau 1 : Coordonnées des stations et données utilisées dans l'application du SDDS.

N° station	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Nature du fond	T°C
01	36°38'58.67"N	2°24'2.45"E	45	Vases	16,6
02	36°37'54.03"N	2°24'28.69"E	14	Roches	16,7
03	36°36'40.58"N	2°24'36.86"E	10	Sables fins	16,8
04	36°38'57.55"N	2°25'0.39"E	58	Vases	16,5
05	36°37'58.46"N	2°25'3.76"E	41	Vases	16,6
06	36°37'5.31"N	2°25'2.21"E	22	Sables fins	16,7
07	36°36'11.75"N	2°25'4.99"E	5	Sables fins	16,8
08	36°38'59.33"N	2°26'0.21"E	64	Vases	16,7
09	36°37'59.12"N	2°25'59.99"E	55	Vases	16,7
10	36°37'4.04"N	2°26'2.56"E	40	Sables grossiers	16,7
11	36°36'25.71"N	2°26'1.45"E	20	roches	16,8
12	36°35'52.33"N	2°26'0.69"E	2	Sables fins	16,9
13	36°38'59.31"N	2°27'0.06"E	72	Vases	16
14	36°37'58.17"N	2°26'58.25"E	62	Vases	15,5
15	36°36'58.03"N	2°27'2.33"E	47	Sables grossiers	15,9
16	36°35'59.57"N	2°26'58.99"E	10	Sables fins	16,9
17	36°38'58.51"N	2°27'59.68"E	80	Vases	16,1
18	36°37'58.68"N	2°27'58.55"E	70	Vases	16
19	36°37'0.29"N	2°27'58.51"E	55	Vases	16
20	36°35'55.02"N	2°28'1.23"E	15	Sables fins	16,6
21	36°38'58.86"N	2°28'59.18"E	90	Vases	15,9
22	36°37'57.63"N	2°28'58.74"E	78	Vases	16,2

23	36°36'59.09"N	2°29'0.81"E	62	Vases	16
24	36°36'20.75"N	2°28'59.70"E	43	Vases	16,2
25	36°35'52.22"N	2°29'1.16"E	9	Sables grossiers	16,3
26	36°38'59.11"N	2°30'0.74"E	105	Vases	15,8
27	36°38'1.30"N	2°30'0.84"E	87	Vases	15,9
28	36°37'1.26"N	2°30'1.13"E	66	Vases	16
29	36°36'21.28"N	2°30'0.05"E	45	Vases	16,1
30	36°35'47.76"N	2°30'1.06"E	13	Sables grossiers	16,3
31	36°38'58.23"N	2°31'0.34"E	111	Vases	15,5
32	36°37'59.65"N	2°31'0.92"E	92	Vases	15,7
33	36°37'0.10"N	2°31'1.45"E	67	Vases	15,8
34	36°36'20.07"N	2°31'2.31"E	43	Vases	16
35	36°35'44.94"N	2°31'1.14"E	6	Sables grossiers	16,2
36	36°38'58.21"N	2°32'0.18"E	115	Vases	15,4
37	36°38'0.09"N	2°32'3.31"E	94	Vases	15,6
38	36°36'58.92"N	2°32'1.65"E	66	Vases	15,7
39	36°36'18.92"N	2°32'0.44"E	46	Vases	16
40	36°35'43.76"N	2°32'1.32"E	10	Sables grossiers	16,2
41	36°38'58.78"N	2°33'1.58"E	115	Vases	15,5
42	36°37'57.74"N	2°33'3.68"E	92	Vases	15,8
43	36°36'57.74"N	2°33'1.84"E	64	Vases	15,9
44	36°35'57.58"N	2°32'59.92"E	18	Sables grossiers	16,3
45	36°39'58.48"N	2°35'1.51"E	130	Vases	15,4
46	36°38'58.17"N	2°34'59.33"E	110	Vases	15,6
47	36°37'57.11"N	2°35'0.02"E	90	Vases	15,8
48	36°36'58.71"N	2°35'0.25"E	60	Vases	16
49	36°36'1.37"N	2°34'59.78"E	8	Vases	16,3
50	36°39'58.74"N	2°34'0.76"E	128	Vases	15,7
51	36°38'57.67"N	2°34'1.10"E	107	Vases	15,8
52	36°37'58.26"N	2°34'1.88"E	84	Vases	15,9
53	36°36'59.89"N	2°34'2.14"E	51	Vases	16
54	36°35'59.65"N	2°34'0.34"E	2	Sables fins	16,3
55	36°39'58.97"N	2°36'2.10"E	116	Vases	15,9
56	36°38'58.69"N	2°36'2.07"E	100	Vases	15,9
57	36°37'58.50"N	2°35'59.04"E	80	Vases	16
58	36°36'58.48"N	2°35'59.24"E	42	Vases	16,1
59	36°36'16.87"N	2°35'56.00"E	5	Vases	16,4
60	36°41'0.75"N	2°37'0.58"E	122	Sables grossiers	16
61	36°39'59.36"N	2°37'0.12"E	109	Vases	16,1
62	36°38'59.33"N	2°37'0.31"E	91	Vases	15,8
63	36°37'57.20"N	2°37'3.42"E	65	Vases	15,9
64	36°36'58.92"N	2°36'59.54"E	22	Vases	15,9
65	36°40'58.46"N	2°37'59.90"E	110	Vases	16
66	36°39'58.13"N	2°38'0.36"E	93	Vases	16
67	36°38'58.10"N	2°38'0.53"E	78	Vases	16
68	36°37'59.39"N	2°37'59.60"E	52	Vases	16,2
69	36°37'1.02"N	2°37'59.94"E	1,5	Sables fins	16,4
70	36°41'58.98"N	2°39'0.39"E	115	Vases	15,8
71	36°40'58.59"N	2°39'0.50"E	94	Vases	15,9
72	36°39'59.87"N	2°38'59.54"E	63	Vases	16
73	36°38'59.85"N	2°39'1.63"E	56	Vases	16,1
74	36°37'59.82"N	2°38'59.84"E	23	Sables fins	16,4
75	36°41'58.67"N	2°40'2.61"E	102	Vases	15,7
76	36°40'59.60"N	2°40'0.95"E	65	Vases	15,9
77	36°39'59.82"N	2°39'59.82"E	52	Vases	16
78	36°38'59.75"N	2°40'2.06"E	25	Vases	16,1
79	36°38'7.94"N	2°39'54.42"E	4,5	Sables fins	16,4

80	36°42'56.86"N	2°41'0.77"E	109	Vases	15,8
81	36°41'59.14"N	2°41'1.73"E	90	Vases	15,9
82	36°40'59.94"N	2°41'0.21"E	45	Vases	16
83	36°40'0.23"N	2°41'0.12"E	32	Vases	16,1
84	36°38'58.50"N	2°41'2.30"E	4	Sables fins	16,4
85	36°42'58.24"N	2°42'3.66"E	87	Vases	16
86	36°41'57.86"N	2°42'2.02"E	71	Vases	16,3
87	36°40'58.99"N	2°42'1.78"E	37	Graviers	16,5
88	36°39'58.57"N	2°41'59.82"E	21	Graviers	16,7
89	36°39'26.73"N	2°42'0.79"E	5	Sables fins	17
90	36°43'59.81"N	2°43'1.15"E	88	Graviers	16,2
91	36°43'0.37"N	2°43'1.51"E	81	Vases	16,3
92	36°42'0.73"N	2°43'0.66"E	56	Graviers	16,5
93	36°40'57.77"N	2°43'1.03"E	27	Graviers	16,7
94	36°39'58.83"N	2°43'1.25"E	5	Sables fins	17
95	36°43'59.97"N	2°44'2.11"E	82	Graviers	15,8
96	36°42'57.49"N	2°44'0.37"E	68	Vases	15,9
97	36°42'0.12"N	2°44'0.84"E	38	Vases	16
98	36°40'58.06"N	2°44'0.60"E	17	Graviers	16
99	36°40'26.22"N	2°44'1.55"E	4,5	Sables fins	16,9
100	36°44'59.32"N	2°45'1.60"E	86	Graviers	16
101	36°43'59.24"N	2°45'1.66"E	72	Graviers	16,1
102	36°42'59.39"N	2°44'59.94"E	52	Vases	16,3
103	36°42'1.92"N	2°45'1.92"E	30,5	Vases	16,5
104	36°40'58.42"N	2°45'1.74"E	8,5	Sables grossiers	16,8
105	36°40'44.15"N	2°45'1.34"E	1,5	Sables grossiers	16,9
106	36°44'58.45"N	2°46'0.05"E	76	Graviers	15,9
107	36°44'1.36"N	2°46'3.39"E	55	Vases	16
108	36°42'59.80"N	2°46'1.23"E	40	Vases	16
109	36°42'1.00"N	2°46'1.24"E	21	Sables grossiers	16,2
110	36°41'2.18"N	2°46'1.20"E	1,5	Sables grossiers	16,7
111	36°45'59.73"N	2°47'1.91"E	82	Graviers	15,9
112	36°44'58.65"N	2°47'0.67"E	65	Vases	16
113	36°44'1.71"N	2°47'0.90"E	47	Vases	16,1
114	36°42'58.47"N	2°47'2.63"E	27	Vases	16,4
115	36°41'59.68"N	2°47'2.68"E	12	Sables grossiers	16,6
116	36°41'21.27"N	2°47'1.30"E	1,5	Sables fins	16,8
117	36°46'58.42"N	2°47'58.89"E	82	Graviers	16
118	36°45'58.29"N	2°48'1.74"E	62	Graviers	16,1
119	36°44'59.46"N	2°48'0.65"E	51	Vases	16,3
120	36°44'0.38"N	2°48'2.33"E	32	Vases	16
121	36°42'58.75"N	2°48'4.17"E	15	Sables grossiers	16
122	36°42'1.68"N	2°48'2.42"E	1	Sables fins	16,2
123	36°46'58.30"N	2°49'3.89"E	67	Graviers	15,4
124	36°46'0.67"N	2°48'58.55"E	52	Graviers	15,5
125	36°45'0.08"N	2°49'2.18"E	30	Vases	15
126	36°43'58.02"N	2°49'3.99"E	20	Sables grossiers	15,6
127	36°42'59.23"N	2°49'1.95"E	5,5	Sables fins	15,8
128	36°45'59.61"N	2°50'2.87"E	10	Sables grossiers	15,4
129	36°45'0.37"N	2°50'1.73"E	10	Sables grossiers	15,4
130	36°43'59.93"N	2°50'1.58"E	4,5	Sables fins	15,5
131	36°45'2.96"N	2°50'27.58"E	2	Sables fins	15,4

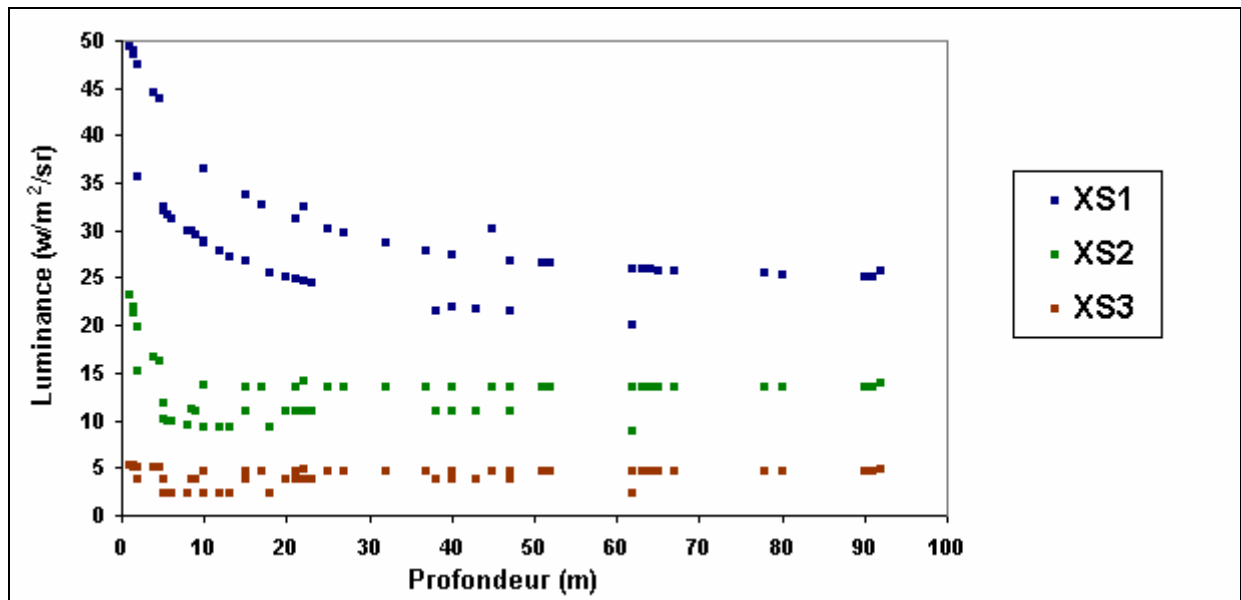


Figure IV.22 : Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau pour le satellite SPOT

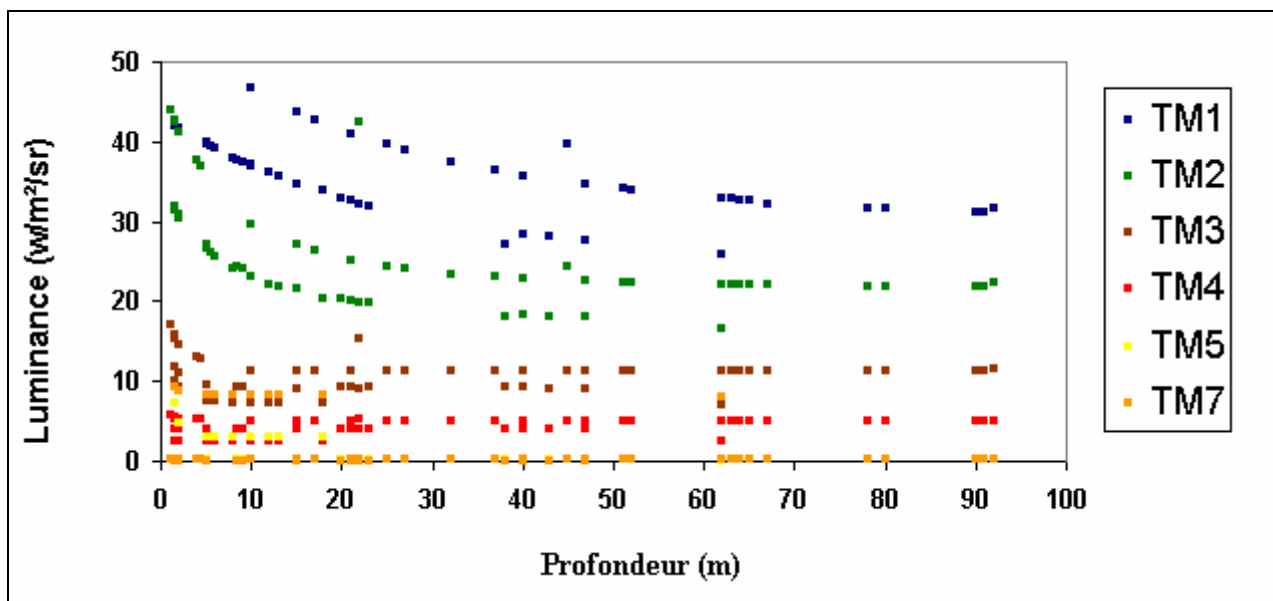


Figure IV.23: Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau pour le satellite LANDSAT-TM

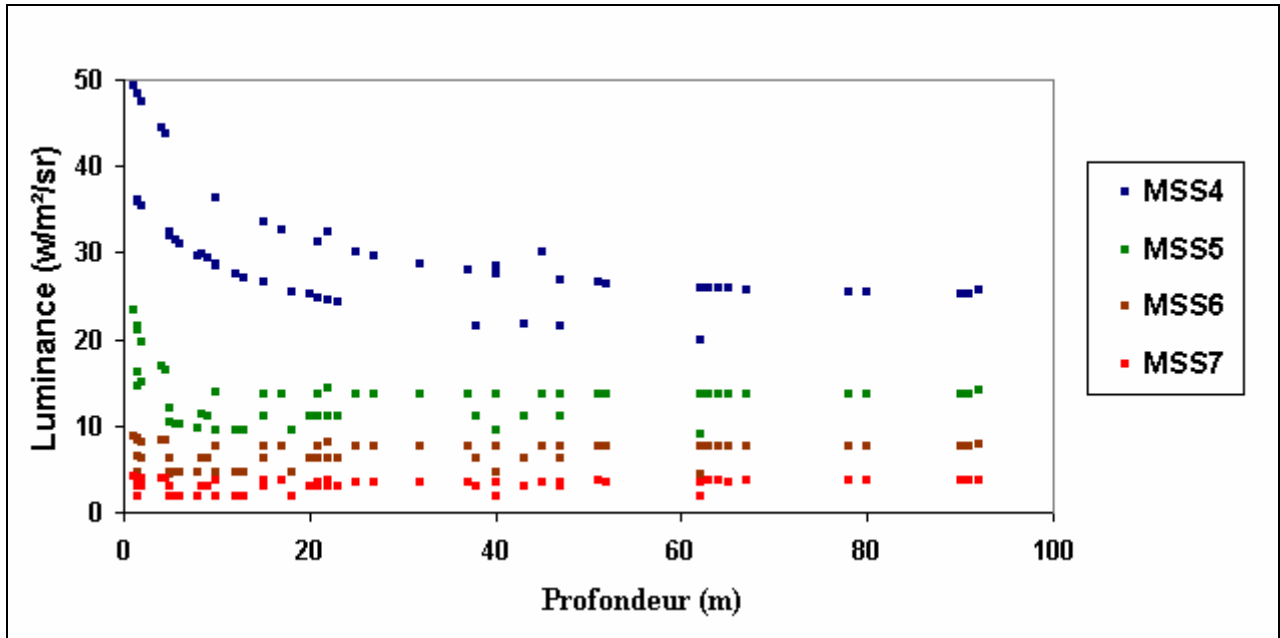


Figure IV.24 : Variation de la radiation en fonction de la profondeur de l'eau pour le satellite LANDSAT-MSS

Tableau 2 : Les valeurs des comptes numériques pour les trois canaux de SPOT en fonction de Téta V.

Téta V	10		
Stations	CN1	CN2	CN3
122	61,05949	28,50151	6,354124
69	59,84548	26,07595	6,111112
105	59,81473	26,60116	6,317692
110	59,81473	26,60116	6,317692
116	60,48508	26,90374	6,398476
54	58,72741	24,19528	6,008812
131	58,72741	24,19651	6,018052
12	44,04121	18,48685	4,494112
84	55,08046	20,49544	6,122464
99	54,30679	19,94317	6,127216
79	54,29695	19,93333	6,119428
130	54,32155	19,95793	6,138172
89	39,73867	12,49798	2,511076
94	39,95269	12,41188	2,484544
59	39,73867	12,49798	2,511076
7	40,17163	14,57668	4,430224
127	39,2233	12,23722	2,510812
35	38,73499	12,032179	2,51068
49	37,00684	11,557399	2,51068
104	37,01176	13,58161	4,435372
25	36,61816	13,51642	4,433392
128	45,23431	16,70827	5,61994
3	35,5702	11,368594	2,51068
16	35,66368	11,288767	2,481508
40	35,5702	11,368594	2,51068
115	34,35619	11,292457	2,51068
30	33,81868	11,246086	2,51068
121	41,61073	16,57297	5,614264
20	33,12496	13,327	4,431148

98	40,49881	16,56313	5,614264
44	31,65388	11,243011	2,51068
126	31,21723	13,34053	4,451608
88	38,67964	16,55698	5,607532
109	30,8839	13,32946	4,443028
64	40,25773	17,41429	5,935156
6	30,56533	13,31593	4,43722
74	30,28735	13,31839	4,438276
78	37,27006	16,55575	5,61334
93	36,68212	16,55575	5,607532
83	35,42506	16,55575	5,61334
87	34,5493	16,55575	5,609512
97	26,5789	13,32823	4,44382
108	34,07452	16,55575	5,614264
10	27,2923	13,31593	4,44118
34	26,98234	13,31347	4,43788
82	37,27006	16,55575	5,61334
113	33,26272	16,55575	5,61334
15	26,63794	13,31593	4,441048
53	32,89372	16,55575	5,614264
102	32,81131	16,55575	5,611492
14	32,14957	16,55452	5,604628
23	24,8323	10,804885	2,391748
72	32,09668	16,55575	5,614264
43	32,04625	16,55575	5,61532
63	31,99828	16,55575	5,61532
33	31,90726	16,55698	5,619016
67	31,50997	16,55575	5,614264
57	31,45462	16,55575	5,614264
47	31,22461	16,55575	5,616244
62	31,20616	16,55575	5,616244
32	31,83838	16,9924	5,811076

Tableau 3 : Les valeurs de réflectance pour les trois canaux de SPOT en fonction de Téta V.

Téta V	10		
Stations	Réf1	Réf2	Réf3
122	0,15493354	0,17592204	0,183118
69	0,15864889	0,1837241	0,18428377
105	0,158743	0,18203471	0,18329277
110	0,158743	0,18203471	0,18329277
116	0,15669146	0,18106143	0,18290523
54	0,16207063	0,18977346	0,18477453
131	0,16207063	0,18976951	0,1847302
12	0,20701628	0,2081352	0,19204085
84	0,17323176	0,20167437	0,18422932
99	0,1755995	0,2034508	0,18420652
79	0,17562961	0,20348245	0,18424388
130	0,17555433	0,20340332	0,18415396
89	0,22018377	0,227399	0,20155387
94	0,21952879	0,22767595	0,20168115
59	0,22018377	0,227399	0,20155387
7	0,21885874	0,22071265	0,19234733
127	0,22176101	0,22823776	0,20155513
35	0,22325544	0,22889729	0,20155577

49	0,22854427	0,23042447	0,20155577
104	0,22852921	0,22391339	0,19232263
25	0,22973378	0,22412308	0,19233213
128	0,20336492	0,21385618	0,18664002
3	0,23294096	0,23103178	0,20155577
16	0,23265487	0,23128855	0,20169571
40	0,23294096	0,23103178	0,20155577
115	0,23665632	0,23127668	0,20155577
30	0,23830131	0,23142584	0,20155577
121	0,21445452	0,21429138	0,18666725
20	0,24042437	0,22473237	0,1923429
98	0,21785744	0,21432304	0,18666725
44	0,24492647	0,23143573	0,20155577
126	0,24626279	0,22468885	0,19224475
88	0,22342483	0,21434282	0,18669955
109	0,24728291	0,22472446	0,19228591
64	0,21859524	0,21158519	0,18512787
6	0,24825786	0,22476798	0,19231377
74	0,24910859	0,22476007	0,1923087
78	0,22773871	0,21434677	0,18667169
93	0,22953804	0,21434677	0,18669955
83	0,23338515	0,21434677	0,18667169
87	0,23606532	0,21434677	0,18669005
97	0,26045793	0,22472842	0,19228211
108	0,23751834	0,21434677	0,18666725
10	0,25827465	0,22476798	0,19229477
34	0,25922325	0,22477589	0,1923106
82	0,22773871	0,21434677	0,18667169
113	0,24000277	0,21434677	0,18667169
15	0,26027725	0,22476798	0,1922954
53	0,24113206	0,21434677	0,18666725
102	0,24138427	0,21434677	0,18668055
14	0,24340946	0,21435073	0,18671348
23	0,26580323	0,23284501	0,20212631
72	0,24357132	0,21434677	0,18666725
43	0,24372566	0,21434677	0,18666219
63	0,24387246	0,21434677	0,18666219
33	0,24415102	0,21434282	0,18664446
67	0,24536689	0,21434677	0,18666725
57	0,24553628	0,21434677	0,18666725
47	0,2462402	0,21434677	0,18665775
62	0,24629667	0,21434677	0,18665775
32	0,24436182	0,21294225	0,18572311

Tableau 4 : Les valeurs des comptes numériques pour les six canaux de LANDSAT-TM en fonction de Téta V.

Téta V	10					
Stations	CN1	CN2	CN3	CN4	CN5	CN7
122	96,9933401	39,9529915	22,6141989	8,8179582	32,4725525	7,59893
69	96,3504944	38,7384628	20,6352824	8,3661768	27,03718	4,527315
105	96,0830573	38,8213687	21,0980635	8,5661778	28,011535	5,166495
110	72,3642104	29,2341988	13,8151545	5,0418657	695,349185	1614,8348
116	72,606731	29,6846257	16,1811694	6,8811387	21,8692775	1,63367
54	71,7412979	28,4692423	12,9967888	4,9574481	466,633678	1519,91657

131	95,4385505	37,6957288	19,5471885	8,2777101	25,4037025	3,72834
12	71,9339855	28,9136863	15,3412155	6,793899	20,3981925	2,397135
84	91,9602071	34,5991507	17,7742282	8,3826186	24,7350275	3,5863
99	91,2176954	33,9641086	17,5211254	8,3866677	24,7541325	3,62181
79	91,2060677	33,9564163	17,5111998	8,3796738	24,70637	55,96355
130	91,2359675	33,9760744	17,5360138	8,3964837	24,821	3,675075
89	68,3908592	25,136767	11,0091874	4,8929079	6,2987025	1458,73284
94	68,8675949	25,2085618	10,9407007	4,8673863	288,001928	7,155475
59	68,3908592	25,136767	11,0091874	4,8929079	6,2987025	1458,73284
7	68,3975036	25,5914674	13,3384776	6,7338987	19,31876	2,87652
127	67,8875459	24,7273657	10,8982688	4,8926625	291,039623	1458,91039
35	67,3975214	24,3487336	10,8139012	4,8925398	290,743495	1459,07018
49	65,5686503	23,0760853	10,634496	4,8924171	290,523788	1459,38977
104	64,9889264	23,2641193	12,9474089	6,7389294	19,3283125	2,858765
25	64,5254795	22,9965982	12,9196172	6,7364754	19,3474175	2,84101
128	79,9172321	27,6769354	15,6340207	7,8928002	23,082445	1,970595
3	63,9225002	22,094035	10,5728332	4,8924171	290,514235	1459,44304
16	64,2447536	22,0931803	10,5058354	4,8644415	286,655025	1462,19506
40	63,9225002	22,094035	10,5728332	4,8924171	290,514235	1459,44304
115	62,4324935	21,316258	10,551245	4,8924171	290,514235	1459,44304
30	61,7398148	20,9854891	10,5464063	4,8924171	290,514235	1459,44304
121	75,1830971	25,4854846	15,595559	7,8881376	23,02513	1,91733
20	60,0056264	20,8299337	12,8636617	6,7345122	19,31876	2,858765
98	73,5502358	24,8692459	15,5918369	7,8881376	23,02513	1,91733
44	58,7166128	19,7419006	10,5397065	4,8924171	290,514235	1459,44304
126	57,1319234	19,7991655	12,8882275	6,7531626	19,4429425	2,752235
88	70,6848383	23,9222383	15,5893555	7,8826161	22,967815	1,84631
109	56,5953881	19,6265161	12,8773094	6,7454325	19,39518	2,787745
64	96,3504944	38,7384628	20,6352824	8,3661768	27,03718	4,527315
6	56,0754638	19,4632684	12,8656468	6,7397883	19,376075	2,8055
74	55,6070336	19,3273711	12,867756	6,7407699	19,376075	2,8055
78	68,2629545	23,2401877	15,5918369	7,8874014	23,0155775	1,899575
93	67,1932061	22,9718119	15,5893555	7,8948861	22,967815	1,84631
83	64,8593606	22,4495902	15,5918369	7,8874014	23,0155775	1,899575
87	62,9324846	22,0820692	15,5905962	7,8842112	22,98692	1,8108
97	47,7616583	17,854723	12,8774334	6,746046	19,39518	2,787745
108	61,9374857	21,9136933	15,5918369	7,9004076	23,02513	1,91733
10	49,8264056	18,0316459	12,8671356	6,7429785	19,4047325	2,76999
34	49,1287436	17,9196802	12,8644061	6,7402791	19,3856275	2,8055
82	68,2629545	23,2401877	15,5918369	7,8874014	23,0155775	1,899575
113	59,9906765	21,6282235	15,5918369	7,8874014	23,0155775	1,899575
15	48,3148046	17,8025863	12,8668875	6,7428558	19,4047325	2,76999
53	59,0754104	21,5119843	15,5918369	7,8881376	23,02513	1,91733
102	58,8644507	21,487198	15,5905962	7,8858063	22,9964725	1,88182
14	57,1053458	21,3042922	15,5881148	7,8802848	22,9391575	1,828555
23	45,6354503	16,6530148	10,1919383	4,7753613	6,1840725	1402,60928
72	56,959169	21,290617	15,5918369	7,8881376	23,02513	1,91733
43	56,8179755	21,2786512	15,5918369	7,8889965	23,0346825	1,91733
63	56,6801042	21,2666854	15,5918369	7,8889965	23,0346825	1,91733
33	55,7399216	21,2444632	15,5943183	7,892064	23,0728925	1,95284
67	55,2332861	21,1581385	15,5918369	7,8881376	23,02513	1,91733
57	55,0555484	21,1478821	15,5918369	7,8881376	23,02513	1,91733
47	54,3130367	21,1060018	15,5930776	7,8897327	23,044235	1,935085
62	54,2499149	21,1034377	15,5930776	7,8897327	23,044235	1,935085
32	55,1917586	21,5119843	15,9826574	8,0784453	23,732015	2,503245

**Tableau 5 : Les valeurs de réflectance pour les six canaux de LANDSAT-TM
en fonction de Téta V.**

Téta V	10					
Stations	Réf1	Réf2	Réf3	Réf4	Réf5	Réf7
122	0,16421153	0,15550613	0,18794637	0,2762074	0,06518579	0,221128353
69	0,16571065	0,16083184	0,19472416	0,27640683	0,09252191	0,222531651
105	0,16633431	0,1604683	0,19313913	0,27631855	0,08762159	0,222239635
110	0,22164666	0,20250804	0,2180831	0,27787432	3,26861966	0,513153424
116	0,2210811	0,20053292	0,20997949	0,27706239	0,11851284	0,225346358
54	0,22309929	0,20586237	0,220886	0,27791158	2,11834075	0,469789082
131	0,1678373	0,16540423	0,19845088	0,27644589	0,10073716	0,222896671
12	0,22264995	0,20391349	0,21285634	0,2771009	0,12591137	0,225695155
84	0,1759488	0,17898272	0,20452327	0,27639958	0,10410013	0,222961563
99	0,17768033	0,18176738	0,20539015	0,27639779	0,10400404	0,22294534
79	0,17770745	0,18180111	0,20542414	0,27640088	0,10424425	0,199032493
130	0,17763772	0,18171491	0,20533915	0,27639346	0,10366774	0,222921005
89	0,23091252	0,22047528	0,22769353	0,27794007	0,19682194	0,441836683
94	0,22980077	0,22016046	0,2279281	0,27795134	1,21994809	0,22786905
59	0,23091252	0,22047528	0,22769353	0,27794007	0,19682194	0,441836683
7	0,23089702	0,21848142	0,21971571	0,27712739	0,13134016	0,225914167
127	0,23208624	0,2222705	0,22807343	0,27794018	1,23522557	0,441917798
35	0,23322898	0,2239308	0,22836239	0,27794024	1,23373626	0,441990802
49	0,23749391	0,22951137	0,22897685	0,27794029	1,23263128	0,44213681
104	0,23884582	0,22868684	0,22105512	0,27712517	0,13129212	0,225906055
25	0,23992658	0,22985992	0,22115031	0,27712625	0,13119603	0,225897944
128	0,20403301	0,20933664	0,21185348	0,2766158	0,11241146	0,223699714
3	0,24133273	0,23381766	0,22918805	0,27794029	1,23258324	0,442161145
16	0,24058123	0,2338214	0,22941751	0,27795264	1,21317412	0,443418435
40	0,24133273	0,23381766	0,22918805	0,27794029	1,23258324	0,442161145
115	0,24480743	0,23722821	0,22926199	0,27794029	1,23258324	0,442161145
30	0,24642275	0,23867863	0,22927856	0,27794029	1,23258324	0,442161145
121	0,21507302	0,21894615	0,21198521	0,27661786	0,11269971	0,223724049
20	0,25046688	0,23936074	0,22134196	0,27712712	0,13134016	0,225906055
98	0,21888085	0,22164836	0,21199796	0,27661786	0,11269971	0,223724049
44	0,25347286	0,24413177	0,22930151	0,27794029	1,23258324	0,442161145
126	0,25716835	0,24388066	0,22125782	0,27711888	0,13071561	0,225857386
88	0,22556296	0,22580099	0,21200646	0,2766203	0,11298797	0,223756495
109	0,25841955	0,24463773	0,22129522	0,2771223	0,13095582	0,225873609
64	0,16571065	0,16083184	0,19472416	0,27640683	0,09252191	0,222531651
6	0,25963202	0,24535357	0,22133516	0,27712479	0,13105191	0,225881721
74	0,2607244	0,24594948	0,22132794	0,27712435	0,13105191	0,225881721
78	0,23121079	0,22879178	0,21199796	0,27661819	0,11274776	0,22373216
93	0,23370544	0,2299686	0,21200646	0,27661488	0,11298797	0,223756495
83	0,23914797	0,23225855	0,21199796	0,27661819	0,11274776	0,22373216
87	0,24364145	0,23387013	0,21200221	0,27661959	0,11289188	0,223772718
97	0,27901981	0,25240704	0,22129479	0,27712203	0,13095582	0,225873609
108	0,24596178	0,23460845	0,21199796	0,27661244	0,11269971	0,223724049
10	0,27420482	0,25163123	0,22133006	0,27712338	0,13090778	0,225865498
34	0,27583177	0,2521222	0,22133941	0,27712457	0,13100386	0,225881721
82	0,23121079	0,22879178	0,21199796	0,27661819	0,11274776	0,22373216
113	0,25050174	0,23586024	0,21199796	0,27661819	0,11274776	0,22373216
15	0,27772988	0,25263566	0,22133091	0,27712343	0,13090778	0,225865498
53	0,25263614	0,23636995	0,21199796	0,27661786	0,11269971	0,223724049
102	0,2531281	0,23647864	0,21200221	0,27661889	0,11284384	0,223740272

14	0,25723033	0,23728068	0,21201071	0,27662133	0,1131321	0,223764606
23	0,28397813	0,25767653	0,23049261	0,27799196	0,19739844	0,416196076
72	0,25757122	0,23734064	0,21199796	0,27661786	0,11269971	0,223724049
43	0,25790048	0,23739311	0,21199796	0,27661748	0,11265167	0,223724049
63	0,258222	0,23744558	0,21199796	0,27661748	0,11265167	0,223724049
33	0,2604145	0,23754303	0,21198946	0,27661613	0,1124595	0,223707826
67	0,26159598	0,23792156	0,21199796	0,27661786	0,11269971	0,223724049
57	0,26201046	0,23796654	0,21199796	0,27661786	0,11269971	0,223724049
47	0,263742	0,23815018	0,21199371	0,27661716	0,11260363	0,223715937
62	0,2638892	0,23816143	0,21199371	0,27661716	0,11260363	0,223715937
32	0,26169282	0,23636995	0,2106594	0,27653385	0,10914458	0,223456367

Tableau 6 : Les valeurs de compte numérique pour les 4 canaux de LANDSAT-MSS en fonction de Téta V.

Téta V	10			
Stations	CN4	CN5	CN6	CN7
122	234,554624	165,781184	73,365941	40,9116614
69	230,102856	150,216272	69,2646952	37,8933898
105	230,007016	153,138752	71,243382	39,0797441
110	169,987216	102,655616	37,3295073	17,398352
116	171,951936	114,194	52,2797827	28,5073271
54	225,65588	140,164384	68,3535046	37,2266608
131	225,65588	140,1716	68,428105	37,3557734
12	168,674208	106,588336	51,4600664	27,8871633
84	211,241544	120,132768	69,2478213	37,8372999
99	208,193832	117,015456	69,2433808	37,8986813
79	208,155496	116,979376	69,1723328	37,8182505
130	208,256128	117,130912	69,3437361	38,0055696
89	151,662608	73,553488	35,7247106	16,1516746
94	152,477248	73,070016	35,4405186	15,98023
59	151,662608	73,553488	35,7247106	16,1516746
7	153,382936	85,178464	50,6252524	27,4723097
127	149,640384	72,045344	35,7033962	16,149558
35	147,733168	70,840272	35,6882985	16,149558
49	141,024368	67,9488208	35,6589912	16,1484997
104	141,105832	79,261344	50,6119309	27,5030004
25	139,586768	78,842816	50,5817355	27,5231081
128	172,9918	97,835328	63,7664681	34,8793514
3	135,4944	66,709112	35,6509983	16,1484997
16	135,8538	66,2357424	35,3366109	15,9601223
40	135,4944	66,709112	35,6509983	16,1484997
115	130,860536	66,1621392	35,648334	16,1484997
30	128,814352	66,0142112	35,6474459	16,1484997
121	159,200424	96,80344	63,7158464	34,7989206
20	126,260216	77,486208	50,5559806	27,4903008
98	154,983464	96,709632	63,7149583	34,7989206
44	120,610448	65,73856	35,6474459	16,1484997
126	119,038672	77,515072	50,7469221	27,6818531
88	148,09736	96,630256	63,8375161	34,7057902
109	117,768792	77,442912	50,6678812	27,5993057
64	153,306264	101,688672	67,2371629	36,7705335
6	116,561208	77,35632	50,6092666	27,5643818
74	115,506968	77,363536	50,6199238	27,5707316
78	142,739904	96,615824	63,7069654	34,786221

93	140,50204	96,601392	63,8375161	34,7057902
83	135,872968	96,601392	63,7069654	34,786221
87	132,30772	96,594176	63,6758819	34,7322477
97	101,20764	77,71712	50,6740979	27,6098887
108	130,553848	96,601392	63,7149583	34,7354226
10	135,4944	66,709112	35,6509983	16,1484997
34	102,832128	77,32024	50,6137071	27,5813146
82	142,739904	96,615824	63,7069654	34,786221
113	127,30008	96,601392	63,7069654	34,786221
15	101,480784	77,334672	50,6403501	27,6183551
53	125,843312	96,601392	63,7149583	34,7989206
102	124,559056	96,594176	63,6918677	34,7587052
14	122,896232	96,58696	63,6359174	34,6645165
23	94,369456	63,0679184	34,1092567	15,4066314
72	122,685384	96,601392	63,7149583	34,7989206
43	122,48412	96,601392	63,7229512	34,8126785
63	122,29244	96,601392	63,7229512	34,786221
33	121,923456	96,601392	63,7540347	34,8655935
67	120,332512	96,601392	63,7149583	34,7989206
57	120,107288	96,601392	63,7149583	34,7989206
47	119,182432	96,601392	63,7309441	34,8264364
62	119,10576	96,601392	63,7309441	34,8264364
32	121,568848	99,163072	65,6945332	36,9493862

Tableau 7 : Les valeurs de réflectance pour les 4 canaux de LANDSAT-TM en fonction de Téta V.

Téta V	10			
Stations	Réf4	Réf5	Réf6	Réf7
122	0,16138399	0,21076215	0,21428297	0,2059091
69	0,16495626	0,2164835	0,21592183	0,20728803
105	0,16503317	0,21540926	0,21513114	0,20674603
110	0,21319546	0,23396585	0,22868313	0,21665139
116	0,21161889	0,22972457	0,222709	0,21157614
54	0,1685247	0,22017838	0,21628594	0,20759263
131	0,1685247	0,22017572	0,21625613	0,20753364
12	0,21424907	0,23252026	0,22303656	0,21185947
84	0,18009134	0,2275416	0,21592857	0,20731365
99	0,18253694	0,22868746	0,21593035	0,20728561
79	0,1825677	0,22870072	0,21595874	0,20732235
130	0,18248695	0,22864502	0,21589024	0,20723678
89	0,22789986	0,24466321	0,22932441	0,21722095
94	0,22724616	0,24484092	0,22943797	0,21729927
59	0,22789986	0,24466321	0,22932441	0,21722095
7	0,2265194	0,2403901	0,22337015	0,212049
127	0,22952257	0,24521757	0,22933292	0,21722191
35	0,231053	0,24566053	0,22933896	0,21722191
49	0,23643641	0,24672337	0,22935067	0,2172224
104	0,23637104	0,24256512	0,22337547	0,21203498
25	0,23758999	0,24271896	0,22338754	0,21202579
128	0,21078446	0,23573769	0,21811892	0,20866502
3	0,24087387	0,24717906	0,22935386	0,2172224
16	0,24058548	0,24735307	0,22947949	0,21730846
40	0,24087387	0,24717906	0,22935386	0,2172224
115	0,24459227	0,24738012	0,22935493	0,2172224

30	0,24623421	0,2474345	0,22935528	0,2172224
121	0,22185121	0,23611699	0,21813915	0,20870177
20	0,24828375	0,24321762	0,22339783	0,21204078
98	0,22523507	0,23615147	0,2181395	0,20870177
44	0,25281735	0,24753582	0,22935528	0,2172224
126	0,25407861	0,24320701	0,22332153	0,21195327
88	0,23076075	0,23618065	0,21809053	0,20874431
109	0,25509761	0,24323353	0,22335311	0,21199098
64	0,22658092	0,23432128	0,21673203	0,20780101
6	0,25606662	0,24326536	0,22337654	0,21200694
74	0,25691259	0,24326271	0,22337228	0,21200404
78	0,23505979	0,23618596	0,2181427	0,20870757
93	0,23685554	0,23619126	0,21809053	0,20874431
83	0,2405701	0,23619126	0,2181427	0,20870757
87	0,24343099	0,23619391	0,21815512	0,20873223
97	0,26838694	0,24313274	0,22335063	0,21198615
108	0,24483837	0,23619126	0,2181395	0,20873077
10	0,24087387	0,24717906	0,22935386	0,2172224
34	0,26708339	0,24327863	0,22337476	0,2119992
82	0,23505979	0,23618596	0,2181427	0,20870757
113	0,24744932	0,23619126	0,2181427	0,20870757
15	0,26816776	0,24327332	0,22336412	0,21198228
53	0,24861829	0,23619126	0,2181395	0,20870177
102	0,24964883	0,23619391	0,21814873	0,20872014
14	0,25098315	0,23619657	0,21817109	0,20876317
23	0,27387417	0,24851749	0,22996994	0,21756133
72	0,25115234	0,23619126	0,2181395	0,20870177
43	0,25131384	0,23619126	0,21813631	0,20869548
63	0,25146765	0,23619126	0,21813631	0,20870757
33	0,25176374	0,23619126	0,21812389	0,2086713
67	0,25304038	0,23619126	0,2181395	0,20870177
57	0,25322111	0,23619126	0,2181395	0,20870177
47	0,25396325	0,23619126	0,21813311	0,20868919
62	0,25402477	0,23619126	0,21813311	0,20868919
32	0,25204829	0,23524964	0,21734846	0,2077193