

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES SCIENCES
DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU LITTORAL**



MEMOIRE de MAGISTER

Option : **Gestion et Surveillance de l'Environnement Marin et Littoral**

Présenté par : **KASSAR** *Abderrahmane*

Thème :

Suivi de la chlorophylle et du phytoplancton dans les zones côtières algéroises : Apport des mesures satellitaires à leur modélisation

Soutenu le **10 Décembre 2011** devant le jury composé de :

Dr. Belkessa Rabah	(MC. A - ENSSMAL)	: Président
Pr. Boulahdid Mostefa	(Professeur – ENSSMAL)	: Examineur
Pr. Bachari Nour El Islam	(Professeur – USTHB)	: Examineur
Mr. Touahria Tarik	(MA. A – USTHB)	: Invité
Dr. Houma-Bachari Fouzia	(MC. A – ENSSMAL)	: Directrice de thèse

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES SCIENCES
DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU LITTORAL**



MEMOIRE de MAGISTER

Option : **Gestion et Surveillance de l'Environnement Marin et Littoral**

Présenté par : **KASSAR** *Abderrahmane*

Thème :

Suivi de la chlorophylle et du phytoplancton dans les zones côtières algéroises : Apport des mesures satellitaires à leur modélisation

Soutenu le **10 Décembre 2011** devant le jury composé de :

Dr. Belkessa Rabah	(MC. A - ENSSMAL)	: Président
Pr. Boulahdid Mostefa	(Professeur – ENSSMAL)	: Examineur
Pr. Bachari Nour El Islam	(Professeur – USTHB)	: Examineur
Mr. Touahria Tarik	(MA. A – USTHB)	: Invité
Dr. Houma-Bachari Fouzia	(MC. A – ENSSMAL)	: Directrice de thèse

Résumé

Le sujet de recherche présenté dans ce travail a pour but l'utilisation des images satellitaires pour caractériser la chlorophylle, le phytoplancton et quelques polluants des eaux de mer. L'étude a permis de développer des modèles basés sur des mesures satellitaires et des mesures *in situ*. L'élaboration de modèles d'inversion des données satellitaires pour la cartographie des paramètres physiques du milieu naturel a permis d'entrevoir de nouvelles possibilités d'analyse de la couleur des eaux marines. Pour atteindre notre objectif nous avons adopté la démarche suivante : Comprendre le processus de la mesure satellitaire ; suivre la pollution, la chlorophylle et les paramètres *in situ* ; modélisation des mesures satellitaires et les mesures *in situ* ; spatialisations sur les images satellitaires traitées et cartographie des paramètres. La modélisation a rendu réalisable la détermination des paramètres des écosystèmes marins à partir des capteurs satellites.

Mots clés : chlorophylle, phytoplancton, image satellitaire, modélisation satellitaire.

Abstract

The goal of this research is using satellite images to characterize chlorophyll, phytoplankton and some sea water pollutants. The study allowed us to develop models based on satellite and field measurements. Developing inversion models of satellite data for mapping the physical parameters of the natural environment has provided a glimpse of new possibilities for analyzing the color of seawater. To meet our goal we have adopted the following process: Understand the process of satellite measurements; monitor the pollution, chlorophyll and in site parameters; modeling in site and satellite measurements; the spacialization of satellite images and mapping treated parameters. Modeling has made achievable determining the parameters of marine ecosystems from satellite sensors.

Keywords: chlorophyll, phytoplankton, satellite images, satellite modeling.

ملخص

الهدف من موضوع البحث المقدم في هذه الدراسة هو استخدام صور الأقمار الصناعية لتحديد خصائص الكلوروفيل والعوالق النباتية وبعض ملوثات مياه البحر. هذه الدراسة سمحت لنا بتطوير النماذج القائمة على قياسات الأقمار الصناعية والقياسات الميدانية. وقد وفرت تطوير نماذج انعكاس لبيانات الأقمار الصناعية لرسم خرائط المعايير الفيزيائية للوسط البحري، و لقد سمحت أيضا بتسليط الضوء على إمكانيات جديدة لتحليل لون مياه البحر. لتحقيق هدفنا اعتمدنا المنهج التالي : فهم عملية قياسات الأقمار الصناعية ؛ مراقبة التلوث والكلوروفيل والمعايير الفيزيائية للوسط ؛ وضع نماذج للقياسات الساتلية والميدانية ؛ توزيع القياسات على صور الأقمار الصناعية و إعداد الخرائط المناسبة. جعلت النمذجة ذلك ممكنا بتحديد معالم النظم البيئية البحرية عن طريق الأجهزة الفضائية للاستشعار عن بعد.

الكلمات المفتاحية : اليخضور، العوالق النباتية، وضع نماذج بالاستعانة بالأقمار الاصطناعية.

Remerciements

Je suis très heureux de pouvoir exprimer ma gratitude à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Mes plus vifs remerciements s'adressent à :

M. Belkessa R., Maître de conférences à l'ENSSMAL, qui me fait l'honneur de présider ce jury. Qu'il trouve dans ces lignes le témoignage de ma respectueuse reconnaissance, je tiens aussi à lui exprimer mes sincères remerciements pour tout aide et soutien qu'il m'a offert durant toute la période de préparation de ce mémoire et son assistance très précieuse durant les sorties sur terrain ;

M. Boulahid M., Professeur à l'ENSSMAL, qui me fait l'honneur de juger ce mémoire malgré ses nombreuses occupations, pour ses encouragements et son aide ;

M. Bachari N. E. I., Professeur à l'USTHB, pour avoir accepté d'examiner ce travail. Qu'il trouve également dans ces lignes le témoignage de ma respectueuse reconnaissance ;

M. Touahria T., Maitre-assistant A à l'USTHB, qui a accepté l'invitation à ma soutenance, puisse-il trouver dans ces lignes ma sincère gratitude pour m'avoir accepté dans son laboratoire tout en m'aidant dans l'identification du phytoplancton.

Mme. Houma-Bachari F., qui a encadré et dirigé cette étude et qui par ses conseils et sa disponibilité m'a initié à la télédétection ; elle m'a fait bénéficier, de son expérience et de ses connaissances judicieuses. Je suis profondément reconnaissant pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail et pour l'empressement qu'elle a manifesté à le voir aboutir, puisse-t-elle trouver ici la marque de mon profond respect ainsi que mes remerciements les plus sincères.

Ce travail n'aurait pu être réalisé sans l'aide efficace et précieuse de tous ceux qui m'ont aidé. Je tiens à remercier particulièrement M. Azzouz M., Mme. Eddalia N., Mr. Matouk Y. et Melle. Ounadi F. du laboratoire de chimie à l'ENSSMAL qui m'ont très bien reçu, assisté et aidé, je tiens à les remercier aussi pour leur présence, leurs conseils et leurs encouragements.

Je tiens aussi à remercier Mr. Hemida F. et Mr. Louguioui H. pour leurs précieux conseils et leur soutien.

Je remercie tous mes amis qui m'ont soutenu et notamment Melle. Ladoul Sara et Mr. Boughrira Abdelhak. Je remercie tous mes collègues qui m'ont tant encouragé. Je remercie aussi Hossine, Adel, Yazid, Yassine, Lydia, Amina et Sihem.

Abderrahmane Hassar

Sommaire

Sommaire	1
Liste des figures	7
Liste des tableaux.....	13
Introduction.....	14
Chapitre 1 : Variables biologiques et pollution	17
I. Variables biologiques	17
1. La chlorophylle	17
1) La chlorophylle <i>a</i>	17
2) Phéopigments	19
3) Effet de la lumière sur la chlorophylle	20
4) Effet de la chlorophylle sur le milieu marin.....	24
2. Le phytoplancton.....	27
II. Variables physico-chimiques	30
1. Salinité	30
2. Température	30
3. Oxygène dissous	31
4. Potentiel d'hydrogène	32
5. Conductivité électrique	32
III. Les sels nutritifs	33
1. L'azote	33
1) L'ammonium	33
2) Les nitrates	34
3) Les nitrites	34
2. Les orthophosphates	34
3. La silice dissoute	35
4. Le cycle biogéochimique des sels nutritifs.....	35
IV. La pollution marine.....	36
1. Les principaux types de pollution.....	36
1) Pollution chimique	36

2)	Pollution microbiologique	36
3)	Pollution physique	37
2.	Sources de pollution.....	37
3.	Indicateurs de pollution étudiés.....	37
1)	Matière en suspension	37
2)	Matière organique particulaire	38
3)	La turbidité.....	39
Chapitre 2 : Modélisation des données satellitaires		40
I.	La télédétection	40
1.	Définition de la télédétection	40
2.	Bases physiques de la télédétection	41
1)	Rayonnement électromagnétique	41
2)	Propriétés des ondes électromagnétiques.....	41
3)	Spectre électromagnétique	43
4)	Emission du rayonnement électromagnétique	44
5)	Détection passive et active.	44
3.	Interaction rayonnement électromagnétique-matière.....	45
1)	Perturbations atmosphériques	45
2)	Interactions rayonnement électromagnétique eau de mer.....	46
4.	Télédétection et couleur de l'eau.....	60
II.	Logiciel de simulation des données satellitaires SDDS.....	62
1.	Conditions de Simulation.....	63
2.	Application de la simulation du rayonnement	64
3.	Analyse de l'interaction du rayonnement.....	64
Chapitre 3 : Zone d'étude		66
I.	La baie de Bou Ismail	66
1.	Situation géographique.....	66
2.	Réseau hydrographique.....	66
3.	Sédimentologie.....	67
4.	Bathymétrie	68
5.	Climatologie	68

6.	Hydrodynamisme.....	69
7.	Sources potentielles de pollution	69
II.	La baie d'El Djamila	71
1.	Situation géographique.....	71
2.	Réseau hydrographique.....	71
3.	Sédimentologie.....	71
4.	Bathymétrie	72
5.	Vents dominants	72
6.	Hydrodynamisme.....	73
7.	Sources potentielles de pollution	73
III.	La baie d'Alger	73
1.	Situation géographique.....	73
2.	Sédimentologie.....	74
3.	Bathymétrie	75
4.	Hydrodynamisme.....	76
5.	Source potentielles de pollution	77
	Chapitre 4 : Matériel et méthodes	80
I.	Localisation des stations	80
1.	La baie de Bou Ismail	80
2.	La baie d'El Djamila	80
3.	La baie d'Alger	81
II.	Matériel de prélèvement.....	82
III.	Mesure des paramètres physico-chimiques.....	83
1.	Mesures <i>in-situ</i>	83
1)	Température.....	83
2)	Salinité et conductivité	83
3)	Le pH.....	84
4)	Oxygène dissous.....	84
5)	Turbidité	84
2.	Manipulations au laboratoire.....	84
1)	Matières en suspension	84

2)	Matière organique particulaire.....	86
3)	Sels nutritifs.....	87
4)	Chlorophylle <i>a</i> totale.....	90
5)	Spectre d'absorption	92
6)	Phytoplancton.....	93
Chapitre 5 : Résultats et discussion.....		95
I.	Paramètres physico-chimiques.....	95
1.	Salinité	95
a)	Baie d'El Djamila	95
b)	La baie d'Alger.....	95
2.	Température	96
a)	Baie d'El Djamila	96
b)	La baie d'Alger.....	97
3.	Oxygène dissous	97
a)	Baie d'El Djamila	97
b)	La baie d'Alger.....	97
4.	pH	98
a)	Baie d'El Djamila	98
b)	La baie d'Alger.....	99
5.	Conductivité électrique.....	99
a)	Baie d'El Djamila	99
b)	La baie d'Alger.....	100
II.	Sels nutritifs	101
1.	Ammonium	101
a)	Baie d'El Djamila	101
b)	La baie d'Alger.....	101
2.	Nitrate et Nitrite.....	102
a)	Baie d'El Djamila	102
b)	La baie d'Alger.....	103
3.	Orthophosphate	104
a)	Baie d'El Djamila	104

b)	La baie d'Alger.....	105
4.	Silicate.....	105
a)	Baie d'El Djamila	105
b)	La baie d'Alger.....	106
III.	Indicateurs de pollution.....	107
1.	Matières en suspension.....	107
a)	Baie d'El Djamila	107
b)	La baie d'Alger.....	107
2.	Matière organique particulaire	108
a)	Baie d'El Djamila	108
b)	La baie d'Alger.....	108
3.	Turbidité.....	109
•	La baie d'Alger	109
IV.	Chlorophylle a totale.....	109
a)	Baie d'El Djamila	109
b)	La baie d'Alger.....	110
V.	Spectre d'absorption.....	111
a)	Baie d'El Djamila	111
b)	La baie d'Alger.....	111
VI.	Phytoplancton	111
VII.	Spatialisation des paramètres mesurés de la base de données de la baie de Bou Ismail	114
1.	Salinité	114
2.	Pourcentage de saturation en oxygène.....	115
3.	Nitrite	115
4.	Nitrate.....	115
5.	Phosphate.....	116
6.	Silicate.....	116
7.	Chlorophylle a totale.....	116
VIII.	Etude des paramètres mesurés de la base de données de la baie d'Alger ...	117
1.	La chlorophylle a	118
2.	Phéopigments a.....	118

3.	Distribution horizontale de chlorophylle a et phéopigments a	119
4.	Etude des peuplements phytoplanctoniques	119
a)	Etude qualitative	119
b)	Etude quantitative	122
IX.	Extraction de la réflectance et application de la télédétection	123
1.	Données et conditions atmosphériques.....	123
2.	Calcul de la réflectance à partir de l'image satellitaire	123
3.	Analyse des réflectances	124
4.	Modélisation des paramètres.....	124
5.	Images et cartes thématiques	145
	Conclusion	150
	Bibliographie	152

Liste des figures

Figure 1. 1 : Relation entre les spectres d'action et d'absorption	17
Figure 1. 2 : Structure de la chlorophylle <i>a</i>	18
Figure 1. 3 : Spectre d'absorption de la chlorophylle <i>a</i>	21
Figure 1. 4 : Décroissance de l'éclairement en fonction de la profondeur	22
Figure 1. 5 : Transmission des radiations solaires dans trois types de milieux.....	23
Figure 1. 6 : Le devenir de la lumière incidente en mer	24
Figure 1. 7 : Circulation de l'énergie et de la lumière dans un écosystème marin	26
Figure 1. 8 : Variation de la profondeur de compensation en fonction de la densité du phytoplancton	27
Figure 1. 9 : Cycle global des sels nutritifs	35
Figure 2. 1 : Caractéristiques d'une onde électromagnétique	41
Figure 2. 2 : Relation entre absorption, réflexion et transmission	43
Figure 2. 3 : Domaines du spectre électromagnétique	44
Figure 2. 4 : Schéma du rayonnement solaire dans la masse d'eau	47
Figure 2. 5 : Trajet du rayonnement dans une masse d'eau	58
Figure 2. 6 : Organigramme du logiciel SDDS	63
Figure 2. 7 : Interface du logiciel SDDS	63
Figure 3. 1 : Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl.....	66
Figure 3. 2 : Carte sédimentologique de la baie de Bou Ismaïl.	67
Figure 3. 3 : Topographie de la baie de Bou Ismaïl.....	68
Figure 3. 4 : Circulation des eaux superficielles dans la méditerranée.....	69
Figure 3. 5 : Carte des pressions de la baie de Bou Ismaïl	70
Figure 3. 6 : Eaux opaques à côté d'un rejet industriel dans la baie de Bou Ismaïl.....	70
Figure 3. 7 : Situation géographique de la baie d'El Djamila.....	71
Figure 3. 8 : Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamila	72
Figure 3. 9 : Situation géographique de la baie d'Alger	74
Figure 3. 10 : Nature du fond de la baie d'Alger	75
Figure 3. 11 : Bilan des courants dans la baie d'Alger.....	77
Figure 3. 12 : Principaux rejets d'eaux usées dans la baie d'Alger	78

Figure 3. 13 : Rejets urbains et industriels au niveau de la baie d'Alger	78
Figure 4. 1 : Localisation des stations en baie de Bou Ismail	80
Figure 4. 2 : Localisation des stations dans la baie d'El Djamila	80
Figure 4. 3 : Localisation des stations dans la baie d'Alger	81
Figure 4. 4 : Stations de la base de données de la baie d'Alger	82
Figure 4. 5 : Valises multiparamètres et mesures à bord	83
Figure 4. 6 : Dispositif de filtration utilisé à bord	85
Figure 4. 7 : L'appareil d'analyse des sels nutritifs Skalar® <i>San Plus Analyser</i>	87
Figure 4. 8 : Droite d'étalonnage de la chlorophylle <i>a</i>	92
Figure 4. 9 : Obtention de la signature spectrale d'un échantillon d'eau de mer	93
Figure 5. 1 : Distribution spatiale de la salinité à la surface de la baie d'El Djamila....	95
Figure 5. 2 : Distribution spatiale de la salinité à la surface de la baie d'Alger	96
Figure 5. 3 : Distribution de la température à la surface de la baie d'El Djamila	96
Figure 5. 4 : Distribution spatiale de la température à la surface de la baie d'Alger ...	97
Figure 5. 5 : Distribution de l'oxygène dissous à la surface de la baie d'Alger	98
Figure 5. 6 : Distribution spatiale du pH à la surface de la baie d'El Djamila	98
Figure 5. 7 : Distribution spatiale du pH à la surface de la baie d'Alger	99
Figure 5. 8 : Distribution de la conductivité à la surface de la baie d'El Djamila	100
Figure 5. 9 : Distribution spatiale de la conductivité à la surface de la baie d'Alger .	100
Figure 5. 10 : Distribution de la concentration en ammonium d'El Djamila	101
Figure 5. 11 : Distribution de la concentration en ammonium de la baie d'Alger	102
Figure 5. 12 : Distribution de la concentration en nitrate de la baie d'El Djamila	102
Figure 5. 13 : Distribution de la concentration en nitrate de la baie d'El Djamila	103
Figure 5. 14 : Distribution spatiale de la concentration en nitrate et nitrate confondues à la surface de la baie d'Alger	104
Figure 5. 15 : Distribution spatiale de la concentration en orthophosphate à la surface de la baie d'El Djamila.....	104
Figure 5. 16 : Distribution spatiale de la concentration en orthophosphate à la surface de la baie d'Alger	105

Figure 5. 17 : Distribution spatiale de la concentration en silicate à la surface de la baie d'El Djamila	106
Figure 5. 18 : Distribution spatiale de la concentration en silicate à la surface de la baie d'Alger.....	106
Figure 5. 19 : Distribution spatiale des MES à la surface de la baie d'El Djamila.....	107
Figure 5. 20 : Distribution spatiale des MES à la surface de la baie d'Alger	108
Figure 5. 21 : Distribution spatiale des MOP à la surface de la baie d'Alger	108
Figure 5. 22 : Distribution spatiale de la turbidité à la surface de la baie d'Alger	109
Figure 5. 23 : Distribution spatiale de la teneur en chlorophylle <i>a</i> totale à la surface de la baie d'El Djamila	110
Figure 5. 24 : Distribution spatiale de la teneur en chlorophylle <i>a</i> totale à la surface de la baie d'Alger	110
Figure 5. 25 : Proportion des trois groupes de phytoplancton.....	112
Figure 5. 26 : Quelques espèces de dnoflagélés identifiées	112
Figure 5. 27 : Proportions des espèces dinoflagellés.....	113
Figure 5. 28 : Flagellé euglénophycé	113
Figure 5. 29 : Quelques espèces de diatomées identifiées.....	113
Figure 5. 30 : Proportion des espèces de diatomées	114
Figure 5. 31 : Distribution de la salinité à la surface de la baie de Bou Ismail.....	114
Figure 5. 32 : Distribution de la salinité à la surface de la baie de Bou Ismail.....	115
Figure 5. 33 : Distribution spatiale de la concentration en nitrite à la surface de la baie de Bou Ismail.....	115
Figure 5. 34 : Distribution spatiale de la concentration en nitrate à la surface de la baie de Bou Ismail.....	115
Figure 5. 35 : Distribution spatiale de la concentration en phosphate à la surface de la baie de Bou Ismail.....	116
Figure 5. 36 : Distribution spatiale de la concentration en silicate à la surface de la baie de Bou Ismail.....	116
Figure 5. 37 : Distribution spatiale de la concentration en chlorophylle <i>a</i> totale dans la baie de Bou Ismail.....	117
Figure 5. 38 : Histogrammes de variation de la concentration de la chlorophylle <i>a</i> ..	118

Figure 5. 39 : Histogrammes de variation de la concentration des phéopigments <i>a</i> .	118
Figure 5. 40 : Carte de distribution de la chlorophylle <i>a</i> et des phéopigments	119
Figure 5. 41 : Quelques espèces de phytoplancton dans la baie d'Alger	122
Figure 5. 42 : Application des paramètres atmosphériques et coordonnées	125
Figure 5. 43 : Spectres d'absorption de différentes espèces phytoplanctoniques	128
Figure 5. 44 : Variation des valeurs de la luminance dans la station D3	129
Figure 5. 45 : Variation de la luminance pour le canal XS1 de Spot et à différents TetaV dans les différentes stations dans la baie d'El Djamila	130
Figure 5. 46 : Variation de la luminance pour le canal TM1 de Landsat TM dans la baie d'El Djamila à 1 mètre de profondeur	130
Figure 5. 47 : Variation de la luminance pour le canal MSS4 de Landsat MSS dans la baie d'El Djamila	130
Figure 5.48 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila du canal XS2 de Spot	132
Figure 5. 49 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila du canal TM1 de Landsat TM	132
Figure 5. 50 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila du canal TM2 de Landsat TM	133
Figure 5. 51 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila du canal MSS4 de Landsat MSS	133
Figure 5. 52 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila du canal MSS5 de Landsat MSS	134
Figure 5. 53 : Variation des valeurs de la luminance dans la station B3.....	136
Figure 5. 54 : Variation de la luminance pour le canal XS1 de Spot dans la baie d'Alger	136
Figure 5. 55 : Variation de la luminance pour le canal TM1 de Landsat TM dans la baie d'Alger	137
Figure 5. 56 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger du canal XS1 de Spot	137
Figure 5. 57 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger du canal XS2 de Spot	138

Figure 5. 58 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger du canal TM1 de Landsat TM	138
Figure 5. 59 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger du canal TM2 de Landsat TM	138
Figure 5. 60 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger du canal MSS1 de Landsat MSS	139
Figure 5. 61 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger du canal MSS5 de Landsat MSS	139
Figure 5. 62 : Variation des valeurs de la luminance dans la station S1	141
Figure 5. 63 : Variation de la luminance pour le canal XS1 de Spot dans les différentes stations dans la baie de Bou Ismail	141
Figure 5. 64 : Variation de la luminance pour le canal TM1 de Landsat TM dans la baie de Bou Ismail	142
Figure 5. 65 : Variation de la luminance pour le canal MSS4 de Landsat MSS dans la baie de Bou Ismail	142
Figure 5. 66 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail du canal XS1 de Spot	143
Figure 5. 67 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail du canal XS2 de Spot	143
Figure 5. 68 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail du canal TM1 de Landsat TM	143
Figure 5. 69 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail du canal TM2 de Landsat TM	144
Figure 5. 70 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail du canal MSS4 de Landsat MSS	144
Figure 5. 71 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail du canal MSS5 de Landsat MSS	144
Figure 5. 72 : Taux de liaison des diatomées et chlorophylle <i>a</i>	145
Figure 5. 74 : Diatomées en baie d'Alger	146
Figure 5.75 : Image brute Spot XS1	146
Figure 5.76 : Distribution de la matière en suspension dans la baie d'Alger	147
Figure 5.77 : Distribution de la matière en suspension dans la baie d'Alger	147

Figure 5.78 : Distribution de la matière en suspension dans la baie d'Alger	147
Figure 5.79 : Distribution de la Chlorophylle a dans la baie d'Alger	148
Figure 5.80 : Distribution de la Chlorophylle a dans la baie d'Alger	148
Figure 5.81 : Distribution de la Chlorophylle a dans la baie d'Alger	148
Figure 5.82 : Distribution de la turbidité dans la baie d'Alger	149
Figure 5.83 : Distribution de la turbidité dans la baie d'Alger	149
Figure 5.84 : Distribution de la turbidité dans la baie d'Alger	149

Liste des tableaux

Tableau 2. 1 : Tableau synoptique des composantes de l'atténuation	55
Tableau 2. 2 : Caractéristiques des principaux satellites.....	62
Tableau 4. 1 : Coordonnées géographiques des stations dans la baie d'El Djamila	81
Tableau 4. 2 : Coordonnées géographiques des stations dans la baie d'Alger	82
Tableau 4. 3 : Gamme d'étalonnage de chlorophylle <i>a</i> utilisée	92
Tableau 5. 1 : Espèces de phytoplancton identifiées.....	112
Tableau 5. 2 : Tableau 1 de la base de données	117
Tableau 5. 3 : Tableau 2 de la base de données	117
Tableau 5. 4 : Tableau 3 de la base de données	117
Tableau 5. 5 : Nombre, densité et pourcentage des groupes phytoplanctoniques	122
Tableau 5. 6 : Espèces de phytoplancton dominantes par groupe et par station	123
Tableau 5. 7 : Paramètres atmosphériques et astronomiques de la zone d'étude.....	125
Tableau 5. 8 : Valeurs de la luminance pour les trois canaux du satellite Spot.....	126
Tableau 5. 9 : Valeurs de la luminance pour les canaux du satellite Landsat.....	126
Tableau 5. 10 : Relation entre la réflectance et les paramètres mesurés	127
Tableau 5. 11 : Luminances de la station D3 à différents TetaV	128
Tableau 5. 12 : Formules de calcul du compte numérique et de la réflectance	131
Tableau 5.13: Luminances de la station S3 à différents TetaV	135
Tableau 5. 14 : Luminances de la station S1 à différents TetaV	140
Tableau 5. 11 : Modélisation de la chlorophylle dans la baie d'Alger.....	145

Introduction

La mer méditerranée est soumise à un problème grave de pollution dû à l'accroissement des apports anthropogéniques côtiers de ses pays riverains en voie d'industrialisation. La civilisation moderne et l'activité de l'homme sont indéniablement les causes principales de la contamination de l'hydrosphère.

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

La couleur de l'eau de mer est un paramètre important pour l'estimation de l'état physico-chimique, biologique et pour évaluer l'état de pollution. En effet, elle nous informe sur la teneur en ses différents constituants.

Des études *in situ* et au laboratoire nous informent sur la couleur de l'eau de mer. Ce genre d'études nécessite des échantillonnages logistiquement coûteux et problématiques, aussi elles consistent en des études au laboratoire investissant de lourdes ressources humaines et financières. C'est ici qu'adhère l'intérêt de la télédétection spatiale qui se base sur l'analyse d'images satellitaires sans devoir à intervenir sur le terrain, quitte à des études périodiques pour la validation des résultats, ce qui économise les efforts et les dépenses.

Toutefois, pour pouvoir s'appuyer sur la télédétection pour l'estimation des caractéristiques de l'eau mer, des modèles doivent être établis permettant la conversion des mesures optiques fournies par les capteurs satellitaires en mesures de paramètres physico-chimiques, biologiques ou même de pollution.

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

Ce genre de modèles est déjà établi et utilisé par les océanographes du monde entier, toutefois, chaque zone côtière renferme des caractéristiques qui lui sont propres, d'où la nécessité de la validation des modèles dans les eaux côtières algériennes et plus précisément dans le littoral algérois, ceci étant le point traité par ce présent travail.

Nous avons fait le choix de se baser sur la chlorophylle *a* qui reflète la richesse en phytoplancton photosynthétique, le premier maillon de la chaîne alimentaire et des écosystèmes marins, aussi, nous avons identifié les espèces phytoplanctoniques régnant notre zone.

Par ailleurs, la connaissance de l'état des écosystèmes marins s'avère essentielle pour la perception de la richesse en ressources naturelles notamment d'intérêt halieutique.

Une pauvreté en chlorophylle *a* pourrait aussi indiquer une potentielle pollution, ceci est l'un des plusieurs intérêts de la connaissance et le suivie de ce paramètre.

Pour cela, nous avons effectué des sorties en mer en vue d'un échantillonnage dans diverses stations réparties dans le littoral algérois pour la détermination des paramètres physico-chimiques, les concentrations en sels nutritifs, la teneur en chlorophylle *a* et espèces phytoplanctoniques.

L'élaboration de modèles d'inversion des données satellitaires pour la cartographie des paramètres physiques du milieu naturel a permis d'entrevoir de nouvelles possibilités d'analyse

La validation des modèles est ainsi établie sur des mesures de terrain qui sont à la fois vérificatrices et essentielles pour caractériser notre zone d'étude, le littoral algérois.

Les relations développées sont utilisées pour transformer les images satellitaires en images indicatrices des paramètres physico-chimiques et paramètres biologiques. Des cartes numériques sont établies pour étudier et surveiller l'état de pollution des eaux côtières.

Le travail est divisé en cinq chapitres qui sont les suivants :

❖ Chapitre 1 : Variables biologiques et pollution

Dans ce chapitre nous définissons les différents paramètres nécessaires pour la bonne compréhension du contexte biologique et physico-chimique de ce travail.

❖ Chapitre 2 : Modélisation des données satellitaires

Dans ce chapitre nous décrivons les différentes relations régissant la partie théorique de la télédétection ainsi qu'une présentation des différents systèmes de télédétection.

❖ Chapitre 3 : Zone d'étude

Nous présentons dans ce chapitre notre zone d'étude avec ses différentes propriétés ce qui permet de mieux maîtriser les moyens mobilisés et de mieux comprendre les résultats obtenus.

❖ Chapitre 4 : Matériel et méthodes

Ce chapitre décrit les différents moyens utilisés dans cette étude ainsi que les méthodes d'analyses qui ont permis d'avoir les résultats qu'on a pu obtenir.

❖ Chapitre 5 : Résultats et discussion

Nous présentons dans ce chapitre les résultats obtenus ; d'une part pour la partie analyse de paramètres physico-chimiques et biologiques ; et d'une autre part la partie traitement d'images et télédétection pour toute l'étendue de notre zone.

Et nous clôturons ce travail avec une conclusion mettant en évidence les grandes lignes des résultats obtenus et perspectives dans le domaine de la télédétection en océanographie.

Variables
biologiques et
pollution

Variables biologiques et pollution

I. Variables biologiques

1. La chlorophylle

La détermination quantitative globale de la fraction particulaire vivante dans les milieux aquatiques est importante pour l'étude et la compréhension des phénomènes écologiques. Pour cela, une estimation par voie chimique, par extraction et détermination des pigments photosynthétiques, s'avère satisfaisante, plus simple et plus rapide que les autres méthodes utilisées, comme le comptage de cellules de phytoplancton par exemple (Aminot & Chaussepied, 1983).

1) La chlorophylle *a*

Pour que les systèmes vivants puissent utiliser l'énergie lumineuse, ils doivent d'abord l'absorber à l'aide des pigments. La chlorophylle, pigment responsable de la couleur verte des végétaux, absorbe la lumière principalement dans la gamme du violet et du bleu ainsi que dans le rouge et paraît verte parce qu'elle réfléchit la lumière verte. Le spectre d'action de la photosynthèse et le spectre d'absorption de la chlorophylle sont similaires ce qui prouve qu'elle est le principal pigment impliqué dans la photosynthèse (figure 1.1) (Raven *et al.*, 2007).

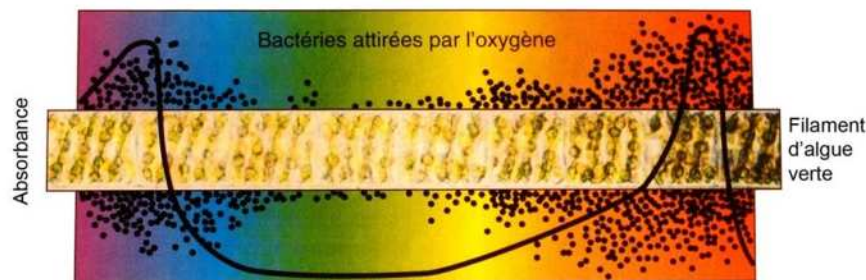


Figure 1. 1 : Relation entre les spectres d'action et d'absorption. (Raven *et al.*, 2007)

Lorsque la molécule de la chlorophylle absorbe la lumière, ses électrons sont temporairement portés à l'état excité. Quand les électrons regagnent leur niveau de base, le plus souvent, l'énergie est transmise à une autre molécule de chlorophylle voisine ou bien l'électron est transmis à une molécule voisine qui est l'accepteur d'électrons faisant partie d'une chaîne de transport d'électrons ce qui provoque l'oxydation de la molécule de chlorophylle et la réduction d'un accepteur d'électrons, ces deux mécanismes sont utilisés pour la libération de l'énergie (Raven *et al.*, 2007).

La chlorophylle *a* est la molécule responsable de la production d'oxygène par les cellules végétales, tous les autres pigments qui peuvent être présents dans le

chloroplaste comme la chlorophylle *b*, la chlorophylle *c*, le caroténoïdes et les phycobillines ne font qu'absorber l'énergie et la transmettre à la chlorophylle *a* pour effectuer la photosynthèse (Raven *et al.*, 2007). La molécule de la chlorophylle est constituée d'un macro-cycle tétrapyrrole complexant un ion magnésium et d'un phytol en chaîne latérale linéaire à 16 carbones (Jeffrey *et al.*, 1997 in Aminot & Kérouel, 2004) (figure 1.2), sa formule globale est $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$, de masse molaire 893,5 g/mole (Aminot & Kérouel, 2004).

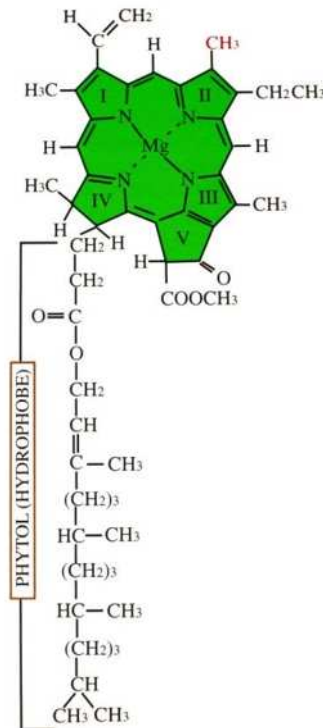
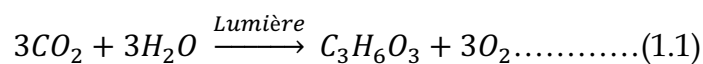


Figure 1. 2 : Structure de la chlorophylle *a*. (Meyer *et al.*, 2004)

La photosynthèse permet de transformer des molécules inorganiques pauvres en énergie comme le CO_2 et l' H_2O en des molécules organiques riches en énergie utilisables par les organismes vivants tout en libérant de l'oxygène (Raven *et al.*, 2007), les glucides fournis par cette photosynthèse sont utilisés pour édifier une biomasse nouvelle qui mobilise une vingtaine d'autres éléments minéraux (Lévêque, 1996). Plus généralement, la photosynthèse est la fixation du carbone induite par la lumière aussi appelée la production primaire (Aminot & Kérouel, 2004).

On peut écrire l'équation équilibrée de la réaction de la photosynthèse comme suit (Raven *et al.*, 2007) :



Pour cette raison la chlorophylle *a* est mesurée en tant qu'indicateur de la biomasse des micro-algues, organismes qui sont à la base de la chaîne alimentaire (Aminot & Kérouel, 2004). Par ailleurs, la chlorophylle *a* est probablement le paramètre

biochimique le plus fréquemment mesuré en océanographie (Jeffrey et Mantoura, 1997 *in* Aminot & Kérouel, 2004).

Du fait que le taux de la chlorophylle *a* dans le phytoplancton est plus ou moins constant dans les populations naturelles composées de différentes espèces, on peut estimer sa biomasse grâce au rapport Carbone/chlorophylle (C/chl) = 40 à 50 à en moyenne, il est à noter aussi que les populations en début de printemps montrent des taux relativement bas de l'ordre de 20 par exemple chez les diatomées en croissance et de on a des taux élevés en fin de saison à l'épuisement des nutriments de l'ordre de 200 chez les dinoflagellés (Aminot & Kérouel, 2004).

Sous les latitudes de 48° et 50° N et plus précisément dans la Manche, le cycle classique du phytoplancton est décrit comme présentant une forte poussée de phytoplancton printanière suivie d'un niveau de biomasse plus faible et variable en en été, avec parfois un faible regain en automne, puis faible niveaux en hiver. On note les variations rapides de concentrations en chlorophylle *a* et une succession de poussées en printemps, tant que les nutriments sont en quantités suffisantes. Les pourcentages de phéopigments oscillent entre 10 et 20 %. En méditerranée, les poussées hivernales et de fin d'hiver sont également courantes. Les concentrations de chlorophylle *a* en méditerranée, pauvre en nutriments, des concentrations de quelques microgrammes par litre apparaissent déjà comme élevées (Aminot & Kérouel, 2004).

La chlorophylle *a* est donc un paramètre clé des études en hydrologie marine car il existe de nombreux liens entre le développement du phytoplancton et les variations de concentrations de plusieurs paramètres dont l'O₂ et le pH (Aminot & Kérouel, 2004).

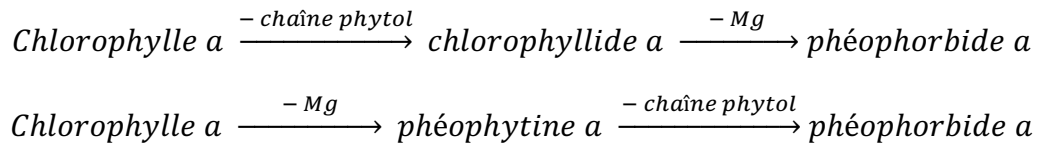
2) Phéopigments

Les phéopigments sont les produits de la dégradation des pigments chlorophylliens (Bouget, 2008).

Dans les milieux strictement marins, les phéopigments résultent du broutage et de la dégradation des cellules chlorophylliennes et, par conséquent, ne sont pas physiologiquement actifs, ils sont rarement absents dans les eaux côtières et toujours présents dans les eaux estuariennes turbides où les débris de plantes supérieures peuvent contribuer à la concentration des phéopigments mais cette contribution est toutefois considérée mineure par rapport à celle due au phytoplancton fluvial introduit dans les estuaires ou au mauvais état général des populations strictement estuariennes. L'intérêt porté au phéopigments est probablement amplifié par leur interférence dans la mesure des chlorophylles. Toutefois leurs mesures peuvent constituer un élément d'assurance qualité, de fortes proportions de phéopigments,

hors estuaire, doivent alerter sur l'éventualité d'erreurs dans la chaîne analytique (Aminot & Kérouel, 2004).

Les phéopigments sont essentiellement la phéophorbide et la phéophytine (Aminot et Chaussepied, 1983) en milieu acide (Rodier *et al.*, 2005). L'acidification entraîne l'élimination de l'atome de magnésium et de la chaîne phytol et on peut résumer la dégradation selon les deux schémas suivants (Aminot & Kérouel, 2004) :



La chlorophyllide a est présente naturellement dans les tissus sénescents, diatomées centriques endommagées et les fèces du zooplancton, la phéophytine a dans les centres de la photosynthèse des plantes supérieures et les détritiques végétaux, quant à la phéophorbide a se trouve naturellement dans les détritiques marins et dans les fèces du zooplancton et des protozoaires. On note aussi que les phéopigments peuvent aussi avoir des rôles importants dans le métabolisme d'animaux supérieurs. L'analyse de la composition détaillée des pigments peut donc grandement améliorer la connaissance de la composition et de la physiologie du plancton, mais un tel détail n'est pas nécessaire en routine (Aminot & Kérouel, 2004). En effet, les produits de dégradation ne sont recherchés qu'occasionnellement, et dans la pratique, ces composés interfèrent fréquemment dans la détermination de la concentration de la chlorophylle a (Aminot et Chaussepied, 1983).

3) Effet de la lumière sur la chlorophylle

La lumière est un facteur écologique complexe et important en raison de multiples aspects relatifs à sa qualité, à sa quantité et sa périodicité. En effet, la photosynthèse est synchronisée avec les alternances jour/nuit et rythmée par les fluctuations journalières et saisonnières de la durée du jour (Bruslé & Quignard, 2004). L'énergie rayonnée par le soleil mesurée hors de l'atmosphère produit un éclairage d'environ 1,92 cal-g/cm²/min et rappelons que l'éclairage en un point d'une surface se définit comme la quantité rayonnée par unité de temps reçue par un élément de surface infiniment petit autour du point considéré, par l'aire de cet élément, il est symbolisé par E et s'exprime le plus souvent en watts/cm² ou en cal-g/cm²/minute avec l'équivalence suivante : 1 cal-g/cm²/min = 0,07 W/cm², puisque 1 cal-g = 4,185 joules et 1 watt = 1 joule/seconde, la calorie gramme (cal-g) est souvent notée calorie (cal), nous avons également le langley/minute qui est égal au cal-g/cm²/min (Bougis, 1974).

L'éclairage utile pour la photosynthèse est compris entre le violet à λ 400 nm et le rouge à λ 700 nm ce qui correspond au domaine visible (Jacques, 2006) (figure 1.3), la

quantité de lumière incidente à la surface de l'eau dépend de l'énergie solaire qui l'atteint et la quantité de lumière pénétrant dans l'eau est fonction de son angle d'incidence, donc de la réflexion du rayonnement lumineux à la surface de l'eau, qui varie avec la latitude, la saison, l'heure du jour et la nébulosité (Bruslé & Quignard, 2004 et Jacques, 2006).

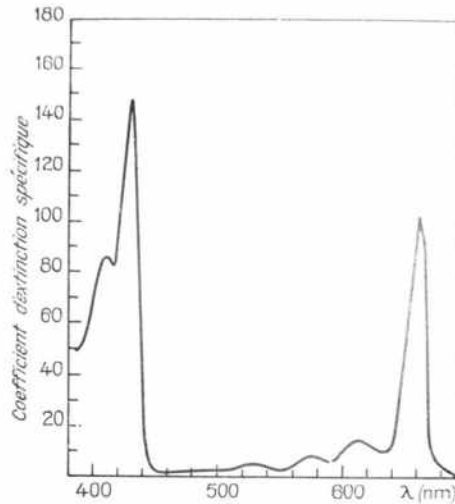


Figure 1. 3 : Spectre d'absorption de la chlorophylle a (coefficient d'extinction spécifique en ordonnées). (Bougis, 1974)

Par mer calme, la proportion réfléchi est de 3 à 4 % lorsque le soleil a une altitude d'au moins 40° au-dessus de l'horizon, le pourcentage de réflexion augmente ensuite rapidement lorsque le soleil est de plus en plus bas sur l'horizon, 40 % lorsqu'il est haut de 5° (Bougis, 1974). Ensuite trois phénomènes propres au milieu marin modulent la lumière disponible pour la photosynthèse, **l'albédo**, qui est le pouvoir réfléchissant de la surface de l'eau, le rapport entre l'éclairement descendant et l'éclairement ascendant, l'albédo varie en moyenne entre 5 % et 20 %, **le taux de décroissance de l'éclairement sous-marin** qui est lié à l'absorption et la diffusion par l'eau et, surtout, par les particules et **le degré de turbulence de la couche superficielle**, où le mélange vertical entraîne plus ou moins profondément, plus ou moins longtemps, les microalgues vers des horizons peu ou pas éclairés (Jacques, 2006), la perte par réflexion augmente également, s'élevant de 5 à 17 % avec des vents légers et montant au-delà de 30 % par des vents modérés ou forts (Strickland, 1958 in Bougis, 1974). La lumière se révèle très variable dans l'espace en qualité et en quantité, en fonction de la latitude et de l'altitude, et dans le temps, en rapport avec les cycles nycthémeraux¹ et saisonniers. Elle peut dans certaines circonstances constituer un facteur limitant. Les fortes illuminations estivales de surface peuvent se révéler néfastes à la photosynthèse, un excès de luminosité pouvant avoir un effet photo-inhibiteur. En fonction de l'intensité lumineuse on distingue une zone

¹ Rythme nycthémeral, retour quotidien, à heure fixe, des mêmes phénomènes chez un être vivant sous l'influence des changements d'éclairement, de température, etc. (© Larousse 2006)

euphotique plus ou moins épaisse, de 0 à 200 m en général, permettant une activité photosynthétique des algues phytoplanctoniques et des macrophytes immergées. A cette zone succède une zone oligophotique puis aphotique privée de lumière solaire (Bruslé & Quignard, 2004).

La transparence conditionne la pénétration de la lumière à plus ou moins grande profondeur ainsi que sa composition spectrale. La pénétration sélective de certaines radiations du spectre de la lumière solaire dépend des propriétés physiques de la lumière elle-même et de l'absorption sélective des radiations qui est conditionnée par l'eau elle-même et sa transparence (figure 1.4) qui varie en fonction de la richesse en phytoplancton et de la nature de la charge en matières en suspension qui absorbent des radiations de longueur d'onde différentes, selon leur structure moléculaire. Ces paramètres sont particulièrement importants car ils déterminent l'amplitude de la zone euphotique (Bruslé & Quignard, 2004).

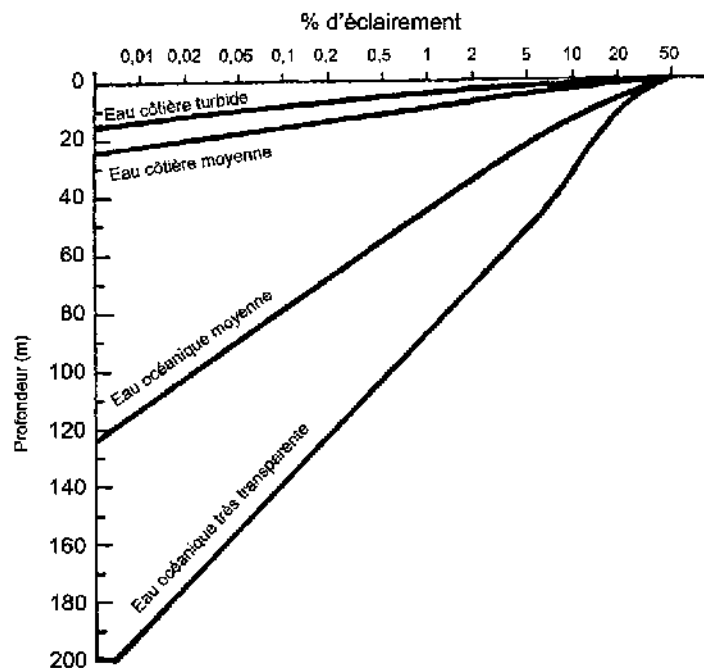


Figure 1. 4 : Décroissance de l'éclairement en fonction de la profondeur dans divers types d'eaux marines. (Bruslé & Quignard, 2004)

L'absorption de la lumière incidente, par les molécules d'eau et de la chlorophylle du phytoplancton et par les MES, détermine la longueur d'onde des radiations non absorbées, donc transmises, et conditionne la couleur dominante de l'eau (Bruslé & Quignard, 2004).

Il est possible de distinguer en fonction de la charge et de la nature des éléments minéraux et organiques en suspension dans l'eau (figure 1.5) :

- Les eaux qui sont claires, « eaux bleues » ou « eaux blanches » dans lesquelles les radiations pénètrent profondément ;

- Les eaux riches en phytoplancton où les radiations bleues sont rapidement absorbées et les radiations de plus grandes longueurs d'ondes, vertes et jaunes sont prédominantes.
- Les eaux riches en matières en suspension essentiellement organiques dans lesquels la transmission lumineuse est limitée aux radiations jaunes et rouges sur une faible épaisseur de la couche d'eau, de même pour les eaux chargées en sédiments fins apparaissant opaques, de couleur jaune, beige ou marron.

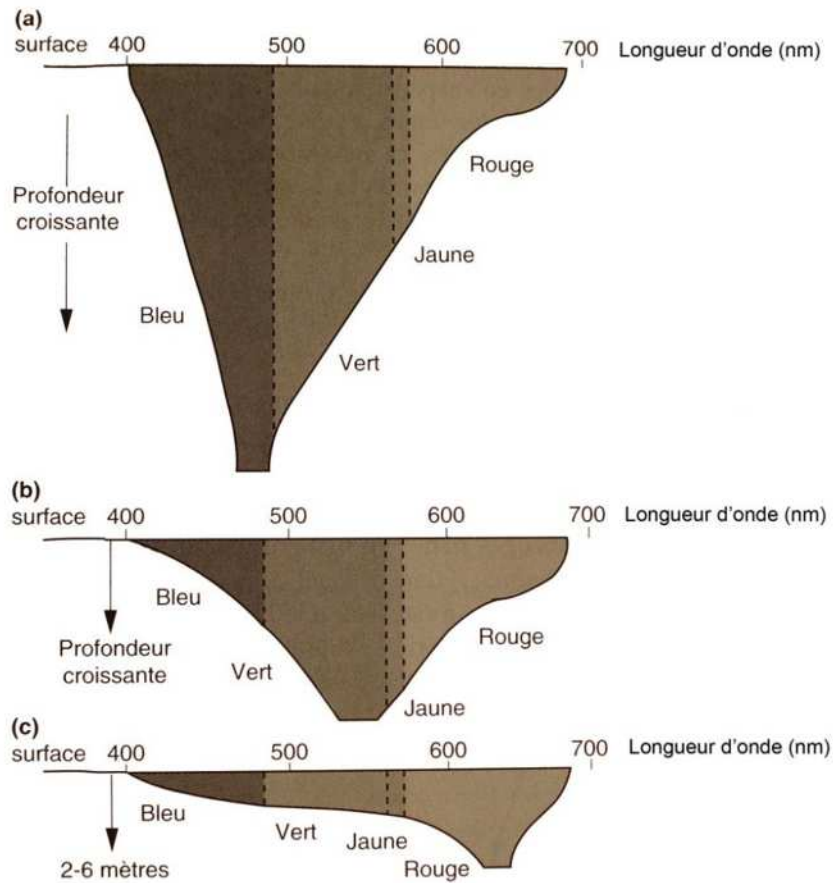


Figure 1. 5 : Transmission des différentes radiations solaires en fonction de leurs longueurs d'onde λ et de la profondeur dans trois types de milieux (Bruslé & Quignard, 2004) :

a : eaux claires oligotrophes.

b : eaux méso- ou eutrophes en phytoplancton.

c : eaux des étangs et marécages riches en matières organiques et en suspension et eaux estuariennes chargées en sédiments.

Quel que soit le milieu, une insuffisance de la pénétration de la lumière dans les couches supérieures réduit la photosynthèse et par la suite limite la production primaire (Bruslé & Quignard, 2004).

Il est important de citer aussi que l'intensité de la lumière est affectée aussi avant même qu'elle n'atteigne la surface de l'eau, les nuages et les aérosols interférant limitent la quantité de lumière incidente à la surface de l'eau (figure 1.6) (Nybakken

& Bertness, 2005). Cependant, ceci n'affecte pas réellement la photosynthèse du fait qu'elle n'utilise qu'1 % de la lumière incidente (Barnabé et Barnabé-Quet, 1997).

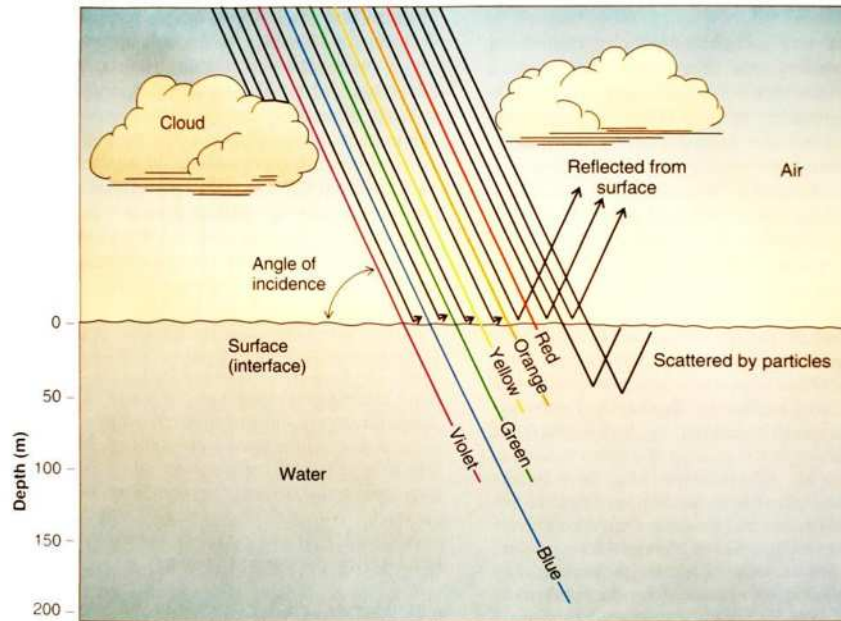


Figure 1. 6 : Le devenir de la lumière incidente en mer. (Nybakken & Bertness, 2005)

4) Effet de la chlorophylle sur le milieu marin

a) La production primaire

Elle est synonyme de production autotrophe, c'est-à-dire synthèse de matière organique à partir de matière minérale (Frontier et Pichod-Viale, 1998). C'est pour l'essentiel le fait de la photosynthèse, qui est assurée par les végétaux verts et animée par l'énergie solaire. Elle est fondamentalement due en eaux marines du large au phytoplancton (Collignon, 1991 ; Lacaze, 1996). Il est à noter aussi qu'il existe une production primaire provenant des algues macrophytes benthiques ou flottantes (Bougis, 1974). En effet, Les algues macrophytes n'ont que peu d'importance pour la production océanique mondiale par rapport aux espèces planctoniques, elles ne représentent que 0,2 milliards de tonnes contre plusieurs dizaines de milliards de tonnes au phytoplancton, mais elles tiennent une place capitale en tant que ressources vivantes aquatiques (Barnabé et Barnabé-Quet, 1997).

La quantité totale de matière organique produite est appelée « la production primaire brute ». Une proportion de cette matière organique est utilisée par les organismes producteurs eux-mêmes pour leur respiration, par conséquent, une moindre quantité sera disponible au support des niveaux supérieurs de la chaîne trophique. Cette quantité restante est appelée « la production primaire nette ».

La production primaire est le plus souvent exprimée en grammes de carbone fixés par unité de surface par unité de temps, par exemple, une production primaire nette est exprimée en grammes de carbone par mètre carré par an ($\text{g C/m}^2/\text{an}$), donnant une estimation de la surface jusqu'à la base de la zone euphotique (Nybakken & Bertness, 2005).

➤ **Mécanisme de la production**

Le point de départ se situe dans une masse d'eau, « eau jeune », qui contient ou reçoit en abondance des sels nutritifs et se trouve soumise à des conditions de température et d'éclairement. Dans cette masse le phytoplancton va se multiplier très vite et on assistera à un développement de la biomasse. Si cette masse d'eau reste isolée ou est entraînée loin de son origine, les nutriments vont s'épuiser progressivement. La production, bien qu'entretenue par le recyclage superficiel (qui peut être intense) et l'excrétion animale de l'azote, va diminuer du fait de la chute plus ou moins lente, mais inéluctable, des particules inertes, elle s'abaissera jusqu'à ce que s'établisse un équilibre entre les besoins de la photosynthèse et les nitrates recyclés ou remontés par les animaux, on se trouve alors en présence d'une « eau pauvre » dite « épuisée de nitrates » telles que les eaux océaniques du large en zone intertropicale. On dit donc que les apports des eaux jeunes, quelles que soit leurs causes, sont à la base de toutes les productions importantes.

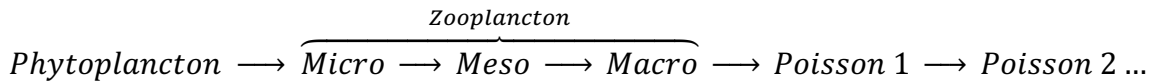
Nous avons aussi le phénomène de poussées brutales ou bloom phytoplanctonique (printaniers en général en méditerranée) qui est tout à fait général dans son déroulement. La multiplication rapide du phytoplancton entraîne généralement près de la surface (Collignon, 1991) :

- ❖ Une augmentation du pH de quelques dixièmes due à la demande massive de CO_2 .
- ❖ Une sursaturation en O_2 , atteignant les 130 %.
- ❖ Une chute de la teneur du PO_4^{3-} de quelques $\mu\text{g/l}$.

➤ **La phase de transformation**

La biomasse végétale constitue le premier maillon vivant dans la chaîne trophique à partir duquel il va élaborer le reste du réseau alimentaire, donc la totalité de la biomasse animale. Tous les maillons qui suivent sont des consommateurs directs ou indirects des végétaux. Les consommateurs de la production primaire sont parfaitement situés, au contraire des consommateurs de niveaux supérieurs qui se succèdent sur une chaîne assez longue et surtout avec des positions parfois imprécises. La photosynthèse est indispensable pour réinjecter l'énergie dans le système (Collignon, 1991).

Par définition, une chaîne trophique est une séquence linéaire qui montre quel organisme consomme un autre dans un environnement donné, et un réseau alimentaire est un diagramme plus complexe d'interactions trophiques (Levinton, 2001). Le modèle simplifié de la chaîne trophique est généralement schématisé comme suit (Collignon, 1991) :



Si l'on admet à chaque transfert un rendement de 10 à 20 %, il faudrait une tonne de production végétale pour fournir 10 kg de poisson aux meilleurs des cas (Collignon, 1991).

La figure suivante montre un exemple de la circulation de l'énergie dans les différents compartiments au sein de la chaîne trophique, en commençant par le premier maillon producteur, le phytoplancton (figure 1.7), ce modèle est établi sur les aires côtières de la Méditerranée occidentale.

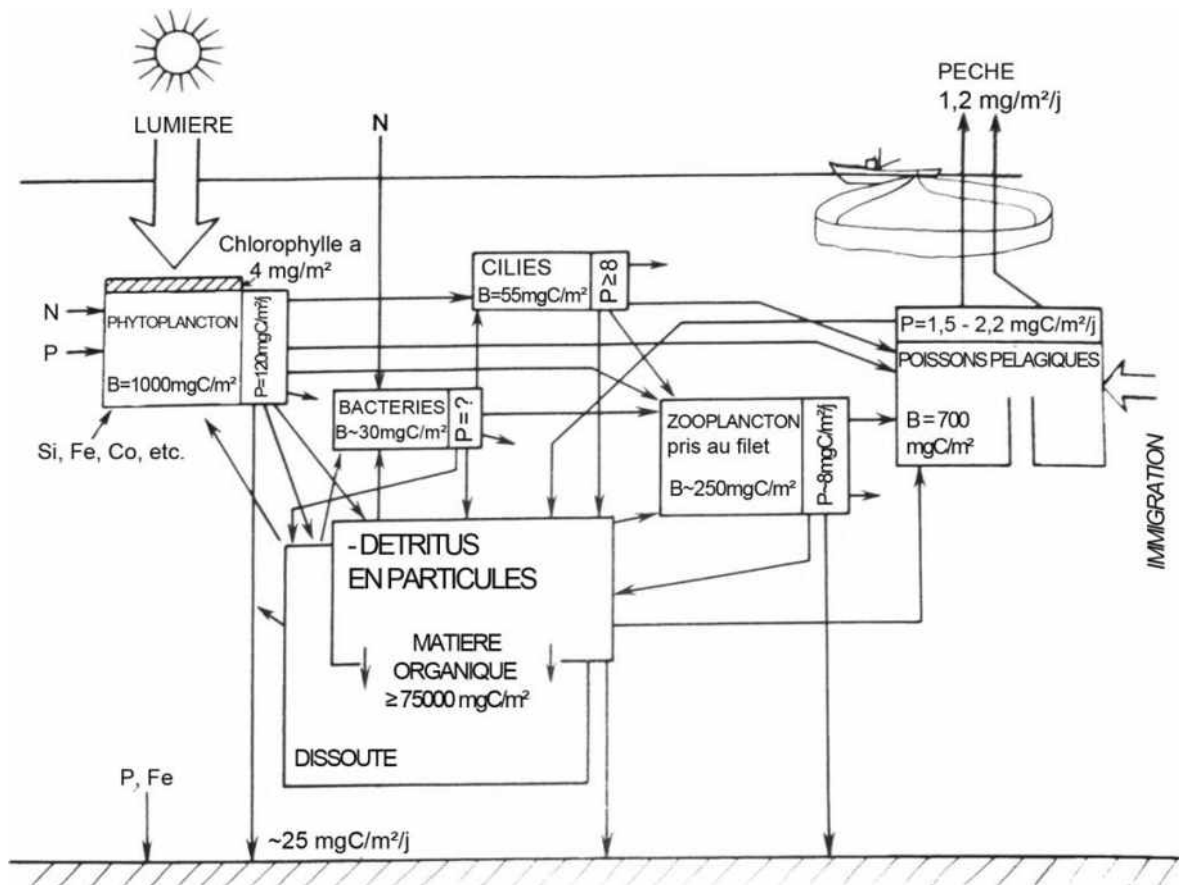


Figure 1. 7 : Circulation de l'énergie et de la lumière dans un écosystème marin soumis à l'exploitation (aire côtière de la Méditerranée occidentale). (Margaleff, 1967 in Collignon, 1991)

La biomasse est exprimée en mg de carbone organique sous 1 m². La production est donnée en mg de carbone organique /m²/jour. Les flèches indiquent la direction des flux.

b) Diminution de la transparence

En réalité, étant donné de la multiplication du phytoplancton et donc l'augmentation de la concentration de la chlorophylle, l'absorption de la lumière augmente dans le milieu, par conséquent, l'énergie disponible pour la photosynthèse dans des profondeurs plus basses se trouve limitée (Bougis, 1974). Comme un résultat, nous assistons au mouvement de la profondeur de compensation où la respiration est égale à la photosynthèse avec 1 % de la lumière qui atteint la surface, cette profondeur aura donc tendance à être moins profonde (figure 1.8) (Nybakken & Bertness, 2005).

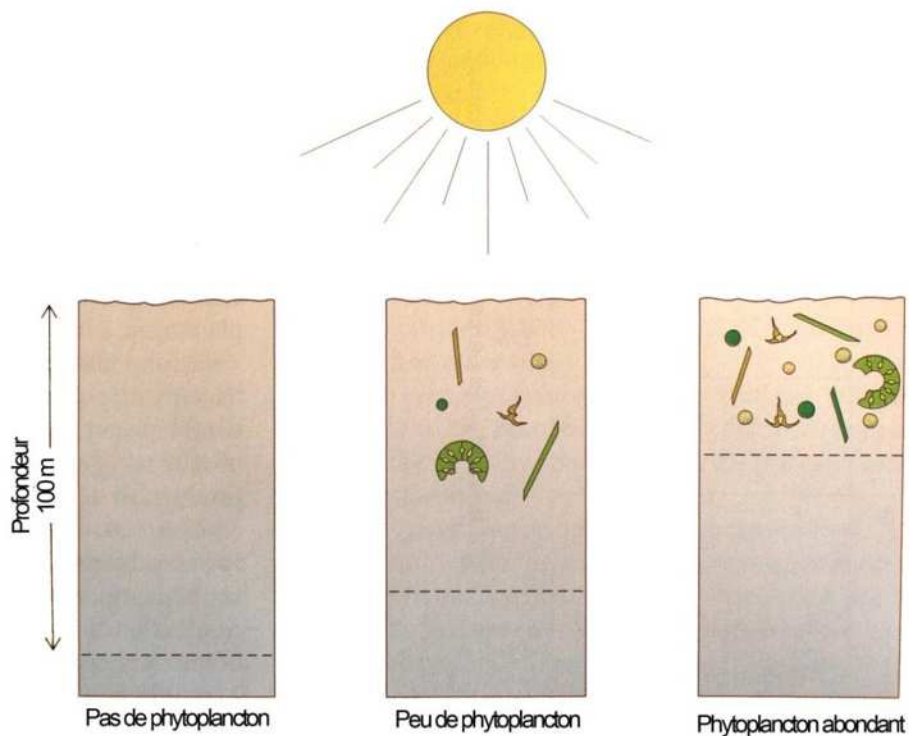


Figure 1. 8 : Variation de la profondeur de compensation en fonction de la densité du phytoplancton, la ligne discontinue représente la profondeur de compensation. (Nybakken & Bertness, 2005)

2. Le phytoplancton

Le phytoplancton est à l'océan ce que l'herbe est au continent. 6000 espèces d'algues microscopiques constituent ce phytoplancton, leur taille est comprise entre 1 μm et 1 mm (Eur-Oceans, 2007). Il fait partie du plancton, qui regroupe le zooplancton aussi. Il s'agit d'organismes de petite taille, de faible mobilité se déplaçant au gré des courants (Frontier, 1999). Il est composé d'organismes unicellulaires opportunistes présents dans toutes les mers. Se satisfaisant de peu, il va rapidement coloniser toute une strate d'eau en se multipliant par division cellulaire tout en étant conditionné

par la présence de lumière et éléments nutritifs (Bernard, 2006). Les diatomées, par exemple, peuvent se multiplier au rythme d'une division par jour (Moore, 1958).

➤ **Le phytoplancton dans le cycle du carbone**

La concentration de CO₂ dans l'atmosphère et celle dans les océans sont en équilibre. Lors de la photosynthèse, le phytoplancton produit une diminution de la concentration de CO₂ dans les eaux océaniques et libère de l'oxygène en tant que déchet. Cette diminution a pour conséquence de permettre aux océans l'absorption du CO₂ additionnel provenant de l'atmosphère. De plus, lors de la mort du phytoplancton, ces organismes tombent vers le fond des océans et sont recouverts par d'autres organismes morts ainsi que des sédiments. En piégeant le carbone de cette manière, les océans jouent le rôle d'un important puits (Jaquet *et al.*, 1999).

La biologie est intimement liée aux processus physiques de la circulation océanique. En effet, l'activité biologique (photosynthèse) dépend de la disponibilité en lumière mais aussi de celle en nutriment (nitrate, phosphate, azote) et en CO₂. Ce sont les phénomènes d'advection et de diffusion qui fournissent, en grande partie, ces matières premières.

Le phytoplancton sous l'effet de la lumière et en présence de nutriment et de CO₂ se développe, produit de la matière organique par photosynthèse et respire (production primaire brute). Le phytoplancton est une espèce autotrophe car il produit lui-même sa matière organique. La croissance du phytoplancton s'appelle le bloom phytoplanctonique. Dans la majeure partie des océans, il continue jusqu'à l'épuisement total des nutriments présents dans la couche euphotique (Oubelkheir, 2001).

• **Dynamique spatiale et temporelle d'un bloom**

Dans les écosystèmes océaniques hauturiers, généralement oligotrophes, les efflorescences phytoplanctoniques sont observées au printemps, lorsque les conditions sont favorables à la formation d'une couche de mélange qui permet au phytoplancton de se maintenir dans les eaux de surface, riches en nutriments et où la disponibilité en énergie lumineuse est importante.

Ce bloom printanier épuise le milieu en sels nutritifs et entraîne une augmentation de la biomasse phytoplanctonique (Raimbault *et al.*, 1988).

Cependant, en milieu côtier, les apports terrigènes permettent le maintien de concentrations élevées en sels nutritifs dans le milieu et plusieurs blooms successifs peuvent être observés. La dynamique du phytoplancton est ainsi plus complexe en domaine côtier.

➤ **Phytoplancton de la région algéroise**

En général, en méditerranée, le phytoplancton est largement représenté par des éléments, surtout, unicellulaires exclusivement des algues microscopiques, nous ne trouvons pas d'algues de provenance benthique tels que les Sargasses des mers chaudes (Trégouboff et Rose, 1957).

L'étude du phytoplancton dans le bassin algérien est assez intéressante en raison de la particularité que lui offre le courant algérien d'origine atlantique qui longe nos côtes d'Ouest en Est (Illoul, 1996).

Guvel (1926 in Korichi, 1988) estime que la quantité de plancton est assez importante dans la baie de Bou Ismail. Et les travaux de Lalami-Taleb (1970 in Korichi, 1988) dans la baie d'Alger indiquent un cycle saisonnier net, comprenant une poussée printanière très précoce, caractérisée par les coccolithophoridés, les diatomées et les dinoflagellés. La poussée automnale, moins étendue dans le temps, est moins riche qualitativement et quantitativement que la précédente. Les périodes à vents d'Ouest dominants coïncident avec le semestre productif.

Les travaux d'Illoul (1996) ont mis en évidence l'existence de 6 principaux groupes de phytoplancton dans la région algéroise :

- Les Nanoflagellés nus, trois classes ont été déterminées : Cryptophycées, Prymnésiopycées et Chlorophycées.
- Les Coccolithophorides, représentés avec dix espèces : *Acanthioca aculata*, *Calsiosolenia sp.*, *Coccolithus sibogae*, *Emiliana huxleyi*, *Oolithus fragilis*, *Cyclococcolithus fragilis*, *Coccolithophora fragilis*, *Rhabdosphaera hispida*, *Syracosphaera mediterranea* et *S. pulchra*.

L'espèce *Emiliana huxleyi* est la seule à avoir une large distribution spatiale et temporaire. Il est, cependant, à noter que ce groupe supporte mal la conservation prolongée dans le Lugol, ce qui détériore leurs coccolithes et par conséquent elle entrave leur identification.

- Les Gymnodiniens, avec quatre espèces : *Gymnodinium fusus*, *Gyrodinium fusiforme*, *Warnowia pulchra*, *W. rubescens*.
- Les Dinoflagellés cuirassés, Cent trois espèces dont : *A.globifera*, *Centrodinium eminens*, *Ceratium arietinum f. detrotum*, *C. pavillardi*, *Ceratocorys armata*, *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis amandula*, *Gonyaulax polyedra*, *Ornithocercus magnificus*, *Padolampas bipes*.

Dans ce groupe, quatre groupes d'espèce sont identifiés, des espèces à large répartition temporelle, des espèces estivo-automanales, des espèces rencontrées uniquement en Septembre et Octobre et des espèces printanières. Toutefois, la méthode de prélèvement à bouteille utilisée laisse échapper des spécimens du fait de la taille relativement grande des algues de ce groupe.

- Les Diatomées, soixante-huit espèces dont : *Asterionella glacialis*, *Bacillaria paxillifer*, *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros affinis*, *Detonula pumila*, *Diploneis bombus*, *Gyrosigma spenceri*, *Leptocylindrus mediterraneus*, *Nitzschia bicapitata*, *Thalassiothrix mediterranea*.
Comme pour les Dinoflagellés cuirassés, la taille assez grande des individus de ce groupe limite la représentativité de ses résultats. Trois catégories ont été distinguées, des espèces à large distribution temporelle, des espèces rencontrées en Septembre et Octobre et des espèces printanières.
- Les Dictyochophycées, deux espèces : *Dictyocha fibula* et *D. speculum*.
- Les Prasinophycées, représentés par l'espèce *Halosphaera sp.*

II. Variables physico-chimiques

1. Salinité (S ‰)

Mesurée en P.S.U (Practical Salinity Unit), la salinité représente la masse, en grammes, des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer, quand les ions bromure et iodure sont remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis en oxydes et toute la matière organique oxydée.

Dans les océans, la salinité est voisine de 35 et décroît de l'équateur aux pôles. Toutefois, certaines mers présentent des salinités assez différentes, par exemple la Méditerranée: 38-39, la mer Rouge: 36-47, la Baltique: < 15, la mer Noire : 18-22 (Aminot & Kérrouel, 2004).

La mesure de la salinité est importante dans l'étude du milieu marin. Par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large, à la côte ou dans les estuaires (Aminot et Chaussepied, 1983 ; Rodier *et al.*, 2005).

2. Température (T)

C'est une caractéristique physique importante, sa mesure est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres comme la saturation et la solubilité des gaz dissous et la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels.

La température est l'un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu marin, c'est un paramètre très important pour la connaissance des masses d'eaux. Elle joue un rôle très important dans les cycles biologiques (reproduction,

maturation, cycle sexuel et migration) et influe sur la répartition des espèces (Millot, 1987).

La mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants (Rodier *et al.*, 2005). D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde (Aminot & Kérouel, 2004).

Le milieu peut être perturbé et même peut induire une pollution thermique en cas d'une élévation de la température (Gaujous, 1995).

3. Oxygène dissous (OD)

La mesure de l'oxygène dissous intervient dans la plus part des processus biologiques (Aminot & Kérouel, 2004).

L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre important du milieu qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. Dans les eaux de surface l'oxygène joue un rôle fondamental dans le maintien de la vie aquatique et dans les phénomènes d'auto-épuration, c'est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique de l'eau (Rodier *et al.*, 2005).

La concentration d'oxygène dissous dans l'eau dépend des processus physiques, chimiques et biologiques :

- température et salinité,
- échanges à l'interface air-eau (gain ou perte),
- diffusion et mélanges au sein de la masse d'eau,
- photo-oxydation (perte),
- oxydation chimique (perte),
- respiration des organismes aquatiques, y compris la minéralisation (perte),
- nitrification (perte),
- photosynthèse et régénération.

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans les phénomènes de dégradation de la matière organique. Au niveau de la surface de la mer à 20°C, la concentration en oxygène en équilibre avec la pression atmosphérique est de 8,8 mg/l d'O₂ à saturation. L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique, de la température et de la salinité de l'eau : la saturation en O₂ diminue lorsque la température et l'altitude augmentent. Une eau très aérée est généralement sursaturée

en oxygène, alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En l'absence de processus chimiques et biologiques, la concentration de l'oxygène dans l'eau au contact de l'air n'est qu'une fonction de la pression atmosphérique, de la température et de la salinité (Rodier *et al.*, 2005 ; Aminot & Kérouel, 2004).

4. Potentiel d'hydrogène (pH)

C'est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. En théorie, le pH est défini comme le cologarithme décimal de l'activité de l'ion H⁺. Le pH dépend de la teneur en dioxyde de carbone, c'est à dire une modification de CO₂ (Respiration, photosynthèse, échange air-océan) entraînera une modification du pH (Rodier *et al.*, 2005).

$$pH = - \log[H^+] \dots \dots \dots (1.2)$$

Le pH de l'eau de mer, voisin de 8,2, est fixé par la présence des carbonates et la modification des concentrations en (CO₂) (respiration, photosynthèse, échange air-océan) ou en (CO₃²⁻) entraînera une modification du pH (Aminot et Chaussepied, 1983).

La mesure du pH aura deux applications à considérer séparément, le suivi de la qualité des eaux et les études thermodynamiques des équilibres chimiques (Aminot & Kérouel, 2004).

5. Conductivité électrique (C)

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Rodier *et al.*, 2005). La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (Aminot & Kérouel, 2004) du fait qu'elle permet d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau (Ramade, 2000).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Mesuré sur le terrain, ce paramètre permet de caractériser l'eau.

L'unité de conductivité est le micro-Siemens par mètre (µS/m). La mesure absolue de la conductivité peut servir au calcul de la salinité, mais les conditions de mesure sont alors plus complexes. Dans ce cas, la conductivité d'un échantillon est déterminée par comparaison avec la conductivité d'une eau de mer standard (*eau de mer normale*) dont la salinité est de 35 % (Rodier *et al.*, 2005).

III. Les sels nutritifs

Les éléments nutritifs qui limitent l'activité photosynthétique des organismes photosynthétiques sont l'azote, le phosphore et le silicium sous leur forme oxydée, d'où leur appellation « *éléments bio-limitants* » (Copin-Montégut, 1996). Les sels nutritifs, dans l'eau de mer ont plusieurs origines qu'on peut regrouper en deux types de sources (externes et internes).

- Source externe : elle regroupe tous les apports continentaux déversant en mer, qu'ils soient par voie éolienne ou par voie fluviale.
- Source interne : elle représente l'origine la plus importante, elle est assurée par des flux verticaux. La régénération est assurée à partir de la matière organique issue de la photosynthèse effectuée par les organismes autotrophes dans la couche euphotique (Levitus, 1993).

La production primaire des eaux de surface est basée sur les sels nutritifs et la lumière, ainsi ils reflètent la richesse et la fertilité des eaux marines. Ce sont donc des traceurs chimiques non conservatifs et leur variation est gouvernée par les facteurs physiques, chimiques et biologiques (Jacques et Tréguer, 1986).

Pour cela ils forment un outil très important pour la caractérisation des masses d'eau et la compréhension de certains phénomènes océaniques comme la circulation des eaux, la production primaire marine et la diffusion des sédiments marins.

1. L'azote

L'azote moléculaire prélevé de l'atmosphère constitue un élément essentiel des structures vivantes. Selon son degré d'oxydation, il existe sous trois formes : nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-) et ammonium (NH_4^+), et de composés organiques tels que l'urée ou les acides aminés. Ce sont les formes d'azote utilisables par le phytoplancton (Jaquet, 2008 ; Hutchinson, 1957).

1) L'ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacal provient des excréments animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations inférieures au $\mu\text{mole/l}$. En effet, il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) dont des proportions relatives dépendant du pH, de la température et de la salinité du milieu (Aminot et Chausse-Pied, 1983). Ces deux espèces traduisent un équilibre acido-basique. A proximité des émissaires urbains, l'ammonium devient un bon traceur de pollution urbaine avec des concentrations pouvant atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre (Lacaze, 1996).

2) Les nitrates (NO_3^-)

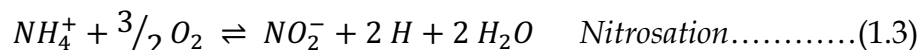
Les nitrates sont une forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse et elles sont la forme la plus répandue dans l'océan (65% du stock de l'azote). Leur concentration varie entre 0 $\mu\text{mole/l}$ à la surface et à plus de 45 $\mu\text{mole/l}$ dans les eaux profondes. Mais dans les estuaires, lorsque la salinité décroît par l'effet des apports terrigènes, leur concentration peut atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre. Les nitrates résultent de l'oxydation des nitrites par des bactéries (*Nitrobacter sp.*) lors de la réaction de nitratisation. Elles entrent dans le cycle de l'azote comme support principale de la croissance phytoplanctonique (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

3) Les nitrites (NO_2^-)

Etant dans le cycle de l'azote, un ion NO_2^- en état transitoire au même titre que l'ammonium, expliquant ainsi les faibles concentrations rencontrées en milieu marin qui sont de l'ordre de zéro à quelques micromoles par litre d'azote nitreux. Les concentrations des nitrites connaissent des variations saisonnières, qui varient en hiver entre 0,5 et 1 $\mu\text{mol/l}$ et atteignent des valeurs très faibles en été (< à 0,01 $\mu\text{mol/l}$) suite au développement du phytoplancton (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

Les nitrites proviennent des deux réactions suivantes :

- ❖ L'oxydation de l'ammonium par la réaction de nitrosation qui est exothermique opérée par des bactéries (*Nitrosomonas sp.*) :



- ❖ La réduction des nitrates dans les milieux anoxiques ou pauvres en oxygène dissous, opérée par les bactéries anaérobiques, selon la réaction suivante:



2. Les orthophosphates (PO_4^{3-})

Dans l'eau de mer, le phosphore existe sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire, les orthophosphates représentent la forme la plus abondante, PO_4^{3-} (90 %) et HPO_4^- (10%) et 1% de H_2PO_4 (Aminot et Chausse-Pied, 1983). A l'état d'équilibre, elles se trouvent avec des teneurs assez faibles en surface (0 à 1 $\mu\text{mol/l}$) à cause de leur consommation par le phytoplancton (bloom printanier) (Copin-Montégut, 1996), et ces teneurs augmentent avec la profondeur au-dessous de la couche euphotique pour atteindre un maximum qui correspond au minimum de l'oxygène dissous, avec une légère fluctuation selon la région.

3. La silice dissoute

L'élément nutritif silicium entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques comme les diatomées (Aminot et Chausse-Pied, 1983). A pH moyen de l'eau de mer (~8.2), les formes majoritaires dissoutes dans l'eau de mer étant à 95 % sous les formes d'acide orthosilicique $Si(OH)_4$ et 5 % en $SiO(OH)_3^-$ (Aminot & Kérouel, 2004).

La distribution verticale de l'acide silicique diffère de celle du phosphore ou de l'azote. Les concentrations augmentent lentement avec la profondeur pour atteindre généralement leur maximum au fond (Jacques, 2006). Les silicates sont régénérés à différentes vitesses et par différents processus et, à présent, il y a toujours une incertitude sur les facteurs qui contrôlent le budget marin des silicates (Jacques et Tréguer, 1986).

4. Le cycle biogéochimique des sels nutritifs.

La figure suivante résume le cycle biogéochimique des éléments nutritifs dans le milieu marin.

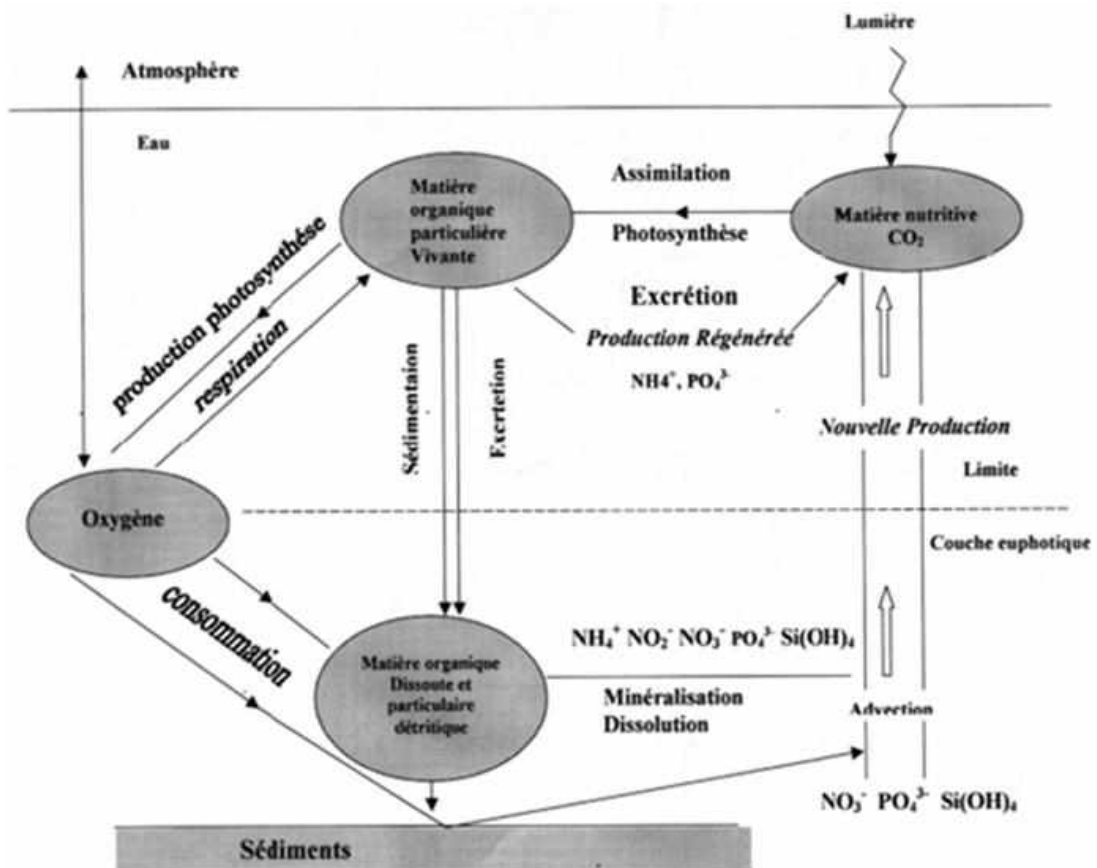


Figure 1.9 : Cycle global des sels nutritifs : production et minéralisation de la matière organique. (Jacques & Tréguer, 1986)

IV. La pollution marine

Selon la convention de Montego Bay des nations unies sur le droit de la mer (1982, *in Caddy & Griffiths, 1996*), la pollution du milieu marin est définie comme suit :

« *l'introduction directe ou indirecte, par l'homme, de substances ou d'énergie dans le milieu marin, y compris les estuaires, lorsqu'elle a ou peut avoir des effets nuisibles tels que dommages aux ressources biologiques et à la faune et la flore marines, risques pour la santé de l'homme, entrave aux activités maritimes, y compris la pêche et les autres utilisations légitimes de la mer, altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et dégradation des valeurs d'agrément.* »

1. Les principaux types de pollution

Les pollutions sont très diverses, une classification basée sur leur nature physico-chimique prédominante et les usages de l'eau qui sont à l'origine des pollutions est établie (Ramade, 2000).

1) Pollution chimique

Cette pollution est due à l'entrée d'un ou plusieurs éléments indésirables dans la composition chimique de l'eau marine (Kankou, 2004). Ces éléments peuvent être soit des composés minéraux (engrais, métaux toxiques...), organiques (hydrocarbures, molécules de synthèses...) ou des composés organochlorés (Ramade, 2000).

Deux types de paramètres permettent d'évaluer l'état de cette pollution, **les paramètres globaux** qui résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps par exemple le pH, la turbidité et demande chimique en oxygène ; et **les paramètres spécifiques** qui caractérisent des composés de même propriété chimique (Kankou, 2004).

Ce type de pollution peut être directement ou indirectement toxique pour les organismes aquatiques.

2) Pollution microbiologique

Cette pollution est une forme de pollution organique, parmi ses agents causals nous citons :

- Les microorganismes pathogènes, tels que les bactéries et les virus : Ils sont généralement apportés par les eaux usées directement rejetées en mer.
- Les proliférations non pathogènes de micro algues causant des déséquilibres du milieu naturel et des modifications dans les chaînes alimentaires (bloom phytoplanctonique, eutrophisation). La principale cause de ces proliférations

planctonique est les apports des déchets industriels, domestiques et agricoles riches en nitrates et phosphates.

Cette pollution a des répercussions sur la qualité sanitaire des produits de la mer (conchyliculture, pisciculture...) et sur les différentes activités maritimes.

3) Pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules ou mousses et le changement de l'effet réfractaire de l'eau (Kankou, 2004), ainsi que les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires et les nappes pétrolières et les radiations ionisantes (Lacaze, 1996).

2. Sources de pollution

Selon le mode de propagation des pollutions, ces dernières peuvent être classées en trois types : les pollutions accidentelles, pollutions diffuses et pollutions anthropiques (Kankou, 2004). Ces différents types de pollution ont plusieurs sources, et qui peuvent être dues aux :

- Rejets d'effluents domestiques : qui sont des eaux résiduaires véhiculées en mer directement sans épuration, et sont caractérisées par de très fortes teneurs en matière organique, germes fécaux (diversifiés), sels minéraux, détergents...etc.
Les conséquences de cette pollution organique sont catastrophiques pour presque tous les organismes constituant les peuplements des milieux néritiques (Kankou, 2004).
- Pollution d'origine industrielle: constituent la première grande source de pollution des eaux, résultantes de différentes industries, telles que la production d'énergie, l'industrie chimique, métallurgique, électronique... et cela par l'utilisation des combustibles fossiles, des molécules minérales et organiques de synthèses (Ramade, 2000).
- Pollution agricole: elle résulte de l'utilisation de divers produits phytosanitaires, issus du lessivage des terres agricoles (phénomène d'eutrophisation), des résidus des élevages intensifs des animaux et des eaux d'abattoirs qui engendrent des pollutions chroniques et diffuses (Leroy, 1999).

3. Indicateurs de pollution étudiés

1) Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension dans les eaux de mer sont des matières minérales ou organiques de dimensions très variables, elles englobent aussi le plancton et les

particules sédimentaires. Les MES comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.45 μm et elles peuvent être un indice de pollution.

Cette pollution particulaire est à l'origine de nombreux problèmes comme ceux liés au dépôt de matières, à leur capacité d'adsorption physico-chimique ou aux phénomènes de détérioration du matériel (bouchage, abrasion, etc.). Leur principal effet est de troubler l'eau, diminuant le rayonnement lumineux indispensable pour une bonne croissance des végétaux au fond des cours d'eau (la photosynthèse). Elles sont transportées au sein de la masse d'eau qu'elle soit douce, marine ou résiduaire.

En général, les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leur effet d'échanges d'ions ou d'adsorption. La détermination des matières en suspension est essentielle pour évaluer la répartition de la charge polluante entre la pollution dissoute et la pollution sédimentable, car le devenir de ces deux composantes est très différent dans le milieu naturel.

D'autre part, les particules réduisent la transparence de l'eau et la production primaire photosynthétique, d'autre part elles présentent une surface de contact importante pour des échanges physico-chimiques ou biologiques avec l'eau de mer. Des teneurs élevées en matières en suspension peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique et créer des déséquilibres entre diverses espèces. Elles peuvent aussi interférer sur la qualité d'une eau par des phénomènes d'adsorption notamment de certains éléments toxiques, et de ce fait, être une voie de pénétration d'éléments toxiques plus ou moins concentrés dans l'organisme.

Selon leur nature, elles sont également une source nutritive non négligeable pour la faune (Rodier *et al.*, 2005).

2) Matière organique particulaire (MOP)

Les facteurs physiques, biologiques et chimiques contrôlent l'activité biologique des espèces trophiques primaires de l'environnement marin. Les nutriments sont assimilés par le phytoplancton pendant la photosynthèse qui produit la matière organique considérée comme une source d'énergie et de nutriments, elle correspond à la fraction endogène qui est facilement dégradée (Boulaïdid, 1987). Reste la fraction exogène formée par les débris des animaux et des végétaux possédant une certaine résistance à la dégradation bactérienne. Cette fraction est nécessaire au fonctionnement des cycles biogéochimiques par la régénération des sels nutritifs (Aminot & Kérouel, 2004).

Dans les eaux, la matière organique se trouve sous les formes dissoutes et particulaire dont les proportions et le devenir varient beaucoup d'un type de milieu marin à l'autre. La matière organique est intimement liée aux activités biologiques, soit comme résultat de la synthèse de la biomasse, soit comme source d'énergie et de nutriments pour les microorganismes (bactéries, protozoaires, phytoplancton).

Dans les zones riches en matière organique, sa présence fait courir au milieu un risque d'hypoxie, le risque étant plus grand quand cette matière organique est facilement dégradable par les bactéries (Aminot & Kérouel, 2004).

3) La turbidité

Selon la définition donnée dans la norme NF EN ISO 7027 de mars 2000 (*in Pelletier, 2009*), la turbidité est définie comme étant la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes.

Elle correspond à la propriété de l'échantillon de diffuser et d'absorber la lumière incidente, contrairement à l'eau pure qui la transmet intégralement (Pelletier, 2009).

De même, elle est aussi définie par : « l'expression de la propriété optique qui fait que la lumière est dispersée et absorbée plutôt que transmise en ligne droite à travers un échantillon. »

Cette dispersion étant provoquée par l'interaction de la lumière avec les particules en suspension dans l'échantillon (Halmann, 1996).

La turbidité représente l'un des principaux paramètres de détermination de la qualité de l'eau. Elle peut être modifiée suite à des évolutions des propriétés physiques, microbiologiques et chimiques de l'eau et elle est directement affectée par la présence de diverses matières en suspension telles que limon, argile, matières organiques et inorganiques en fines particules, composés organiques colorés solubles, plancton et autres micro-organismes (Pelletier, 2009).

Son unité est le NTU (Nephelometric Turbidity Unit). La turbidité est exprimée en cette unité lorsque la mesure s'effectue en lumière diffusée à 90°, à une longueur d'onde différente de 860 nm (Pelletier, 2009).

La connaissance de ce facteur a une double importance, elle détermine l'intensité lumineuse pénétrant sous la surface et elle permet également une approche de la quantité de particules en suspension (Houma-Bachari, 2009).

Modélisation des données satellitaires

Modélisation des données satellitaires

I. La télédétection

La terre est un système qui répond à l'excitation solaire en réémettant par réflexion ou par émission propre d'une partie de l'énergie qu'elle reçoit et en modifiant l'état d'équilibre de sa surface de façon à redistribuer l'énergie qu'elle absorbe. La télédétection intervient directement et seulement à mesurer les aspects radiatifs de ces échanges.

Dans le milieu marin, la télédétection est un outil, une méthode de perception de notre environnement. Elle permet de décrire les caractéristiques du milieu, d'analyser les phénomènes qui s'y déroulent et de suivre leurs évolutions spatiotemporelles.

1. Définition de la télédétection

La définition officielle de la télédétection donnée en 1988 par la Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale est :

« Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. »

Le Centre Canadien de Télédétection lui a attribué une définition plus précise et plus opérationnelle :

« La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre (y compris l'atmosphère et les océans), sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente, pour ensuite mettre en application cette information. »

La télédétection spatiale est basée sur l'utilisation d'instruments appelés capteurs, qui enregistrent l'interaction entre l'énergie incidente et les cibles. Elle est considérée comme un moyen de connaissance d'objets distribués spatialement en fonction (Girard et Girard, 1989) :

- d'un ou plusieurs signaux électromagnétiques dans une ou plusieurs bandes de longueur d'onde ;
- de l'évolution du signal électromagnétique de l'objet dans le temps ;
- de la répartition d'un objet dans l'espace géographique ;

- des liaisons temporelles de l'objet avec les autres objets de nature différente qui l'entourent.

2. Bases physiques de la télédétection

1) Rayonnement électromagnétique

Les propriétés physiques des objets, en particulier, les propriétés optiques nous permettent d'acquérir l'information sous forme de données images sur leurs natures. En télédétection, le rayonnement électromagnétique est utilisé comme véhicule de cette information.

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

2) Propriétés des ondes électromagnétiques

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

Une onde électromagnétique est définie par (figure 2.1) :

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

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

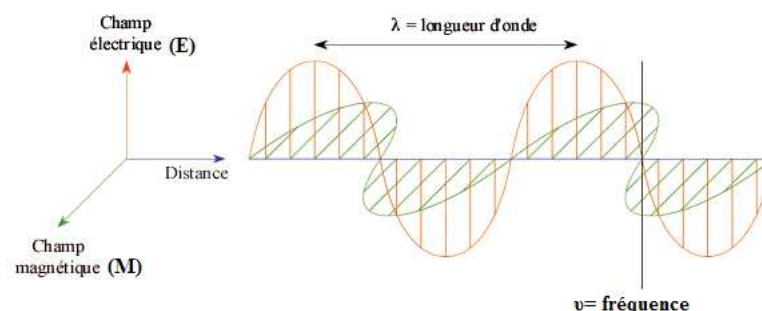


Figure 2. 1 : Caractéristiques d'une onde électromagnétique.

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

a) Réflexion

Un corps qui reçoit une quantité de REM (rayonnement électromagnétique) peut en réfléchir une partie. Il s'exprime en pourcentage d'énergie réfléchi. La réflexion peut être spéculaire, c'est à dire qu'elle est dirigée entièrement dans une seule direction, ou diffuse lorsqu'elle est dirigée dans toutes les directions.

b) Absorption

Un corps qui reçoit une quantité de REM peut en absorber une partie. Cette énergie absorbée est transformée et modifie l'énergie interne du corps. Ainsi, la température interne du corps peut augmenter ce qui va être la source d'émissions plus importantes dans d'autres longueurs d'ondes (infrarouge thermique par exemple).

c) Transmission

Un corps qui reçoit une quantité de REM peut en transmettre une partie. Un objet transparent à une transmittance élevée dans les longueurs d'ondes visibles. Une surface d'eau pure est un exemple de surfaces susceptibles de transmettre une partie du REM.

d) Diffusion

Ce phénomène à une très grande importance en télédétection aérospatiale. Des particules microscopiques, comme celles contenues dans l'atmosphère, amènent la diffusion d'une partie du REM dans toutes les directions. Le REM traversant ce milieu peut alors être considérablement transformé.

e) Emission

Tout corps dont la température thermodynamique est supérieure au zéro absolu (-273°C) émet un rayonnement électromagnétique. L'émetteur, appelé aussi source, peut être le soleil, le satellite ou encore la cible (infrarouge thermique).

En effet selon le premier principe de la thermodynamique (la conservation d'énergie), la somme des énergies réfléchies (E_r), absorbées (E_a) et transmises (E_t) sont égales à l'énergie incidente (E), soit $E = E_a + E_t + E_r$ (2.1).

Et à chaque instant, les coefficients des différentes énergies sont égaux à 1 (figure 2.2), soit $\alpha + \rho + \tau = 1$ (2.2), avec α le coefficient d'absorption, ρ le coefficient de réflexion et τ le coefficient de transmission.

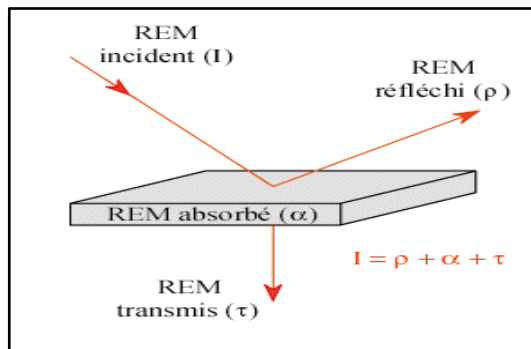


Figure 2. 2 : Relation entre absorption, réflexion et transmission.

Généralement, la combinaison entre ces trois formes d'interaction détermine la signature spectrale qui est le signal capté, émis ou réfléchi par une cible, et qui correspond à deux grandeurs physiques : la réflectance et la luminance :

- *La réflectance (R)* : est le rapport entre l'énergie réfléchie (E_r) par l'objet et l'énergie reçue (E). La réflectance s'exprime en pourcentage. Soit $R = E_r/E$ (2.3).
- *La luminance (L)* : correspond à ce que reçoit le capteur et elle intègre les divers effets atmosphériques, la luminance est exprimée en watt par mètre carré par stéradian par micromètre ($W/m^2/str/\mu m$).

3) Spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique présente toutes les gammes d'ondes (figure 2.3) depuis les petites longueurs d'ondes jusqu'aux plus grandes.

Les ondes les plus utilisées en télédétection sont (Robin, 2002) :

- **Le visible** qui est le rayonnement solaire réfléchi par les surfaces terrestres. La partie visible du spectre va de 0,38 à 0,78 μm .
- **Le proche infrarouge** qui est le rayonnement solaire réfléchi par les surfaces terrestres. Centré sur environ 0,9 μm , il est très utilisé pour l'étude de la végétation et la détection de l'eau.
- **Le moyen infrarouge** qui est le rayonnement à la fois réfléchi et émis par les surfaces terrestres. Il est centré sur environ 3 μm , il sert à la détection de l'eau dans les plantes, la détection de la neige et de la glace ainsi l'évaluation de l'humidité du sol.
- **L'infrarouge thermique**, émis par les surfaces terrestres de 8 à 12 μm , il est très utilisé en météorologie et en climatologie.

- **Le domaine des hyperfréquences** qui est un ensemble d'ondes qui peuvent être émis par une antenne et renvoyé par la surface terrestre (hyperfréquences actives), ou émis par les surfaces terrestres (hyperfréquences passives). La longueur d'onde du domaine des hyperfréquences est compris entre 2 et 30 cm. Elles sont de plus en plus utilisées en océanographie et en agriculture.

La seule portion du spectre électromagnétique que nous pouvons associer à la notion de couleurs est le spectre visible, qui est généralement décomposé en bandes spectrales plus étroites (Violet, Bleu, Vert, Jaune, Orange et Rouge).

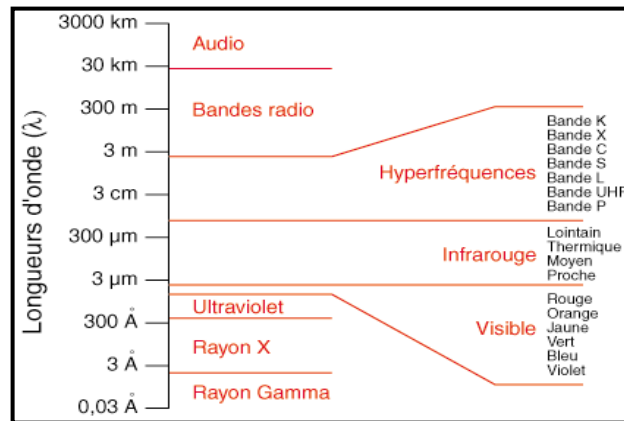


Figure 2.3 : Domaines du spectre électromagnétique.

4) Emission du rayonnement électromagnétique

On distingue quatre types de rayonnement par rapport à une surface (Robin, 2002) :

- ❖ Le rayonnement d'origine naturelle (soleil) réfléchi par une surface, comme le rayonnement du spectre visible et proche infrarouge.
- ❖ Le rayonnement à la fois émis et réfléchi par la surface, moyen infrarouge.
- ❖ Le rayonnement émis par la surface terrestre qui est alors la source d'énergie que l'on capte (télédétection passive), moyen infrarouge et surtout l'infrarouge thermique et hyperfréquences passives.
- ❖ Le rayonnement d'origine artificielle (radar, laser) qui est réfléchi par une surface (télédétection active).

5) Détection passive et active.

Selon les capteurs et les méthodes utilisées pour la détection d'un objet sur la surface terrestre on distingue des **systèmes uniquement récepteurs** qui sont les systèmes passifs (la détection passive) et des **systèmes émetteurs et récepteurs** qui sont des systèmes actifs (la détection active).

- **Détection passive**

Dans ce type de la détection, le rayonnement d'origine naturelle (soleil) réfléchi par une surface ou un objet sur terre. Ce rayonnement peut être émis par un objet ou une surface terrestre qui est la source d'énergie que l'on capte.

- **Détection active**

La méthode de la détection active présente l'originalité d'émettre et de recevoir le rayonnement électromagnétique d'origine artificielle, qui est un signal d'une caractéristique donnée.

3. Interaction rayonnement électromagnétique-matière

Le rayonnement électromagnétique est modifié par l'atmosphère et par la surface de la terre. C'est dans cette modification que réside l'information géographique sur laquelle la télédétection est basée.

1) Perturbations atmosphériques

Entre le sol et l'espace, l'atmosphère modifie les rayonnements qui la traversent, environ 80 % du rayonnement émis ou réfléchi par une cible arrivent au capteur dans le proche infrarouge et environ 50 % dans le visible (Robin, 2002).

L'atmosphère joue un rôle très variable qui affecte toute mesure de télédétection par la modification de tous les signaux qui y transitent.

Les perturbations atmosphériques sont dues à deux entités bien distinctes :

↳ *Une entité relativement constante : les molécules de gaz atmosphériques dont l'azote, l'oxygène, le dioxyde de carbone, l'argon et l'ozone. Le diamètre de ces molécules est de l'ordre de 10^{-3} à 10^{-4} μm .*

↳ *Une entité variable : tels que les aérosols (la poussière, la vapeur d'eau...). La concentration de ces aérosols change d'un endroit à l'autre et d'un moment donné à un autre, dans les basses couches de l'atmosphère (Robin, 1995).*

Les influences de l'atmosphère sur le rayonnement électromagnétique relèvent de deux phénomènes physiques essentiels, l'absorption et la diffusion (Durand, 2000) :

Absorption : l'absorption de rayonnement qui traverse l'atmosphère se fait par les gaz et la vapeur d'eau d'une manière sélective. Elle est fortement liée à la longueur d'onde utilisée, la nature des molécules et leurs propriétés. Tous les constituants gazeux de l'atmosphère absorbent le rayonnement électromagnétique à des longueurs d'onde précises.

Diffusion : *Quand une onde se propage dans un milieu homogène, elle conserve sa forme, seule sa direction et sa vitesse de propagation se modifient. La diffusion correspond à un phénomène de réflexion multiple du rayonnement qui frappe les molécules ou les particules (aérosols) de l'atmosphère.*

Suivant le rapport entre la longueur du rayonnement et le diamètre des particules, trois types de diffusion sont distingués :

1. **Diffusion de Rayleigh :** *Se produit lorsque la taille des particules est inférieure à la longueur d'onde du rayonnement. Celles-ci peuvent être soit des particules de poussière ou des molécules d'azote ou d'oxygène de l'atmosphère. Cette forme de diffusion est prédominante dans les couches supérieures de l'atmosphère, elle affecte le plus les rayonnements de courte longueur d'onde (correspondant au bleu) ce qui explique la couleur bleue du ciel. La diffusion de Rayleigh est isotrope, elle se produit de façon égale dans toutes les directions.*
2. **Diffusion de Mie :** *On parle de cette diffusion lorsque les particules sont presque aussi grandes que la longueur d'onde du rayonnement. Ce type de diffusion est souvent produit par les aérosols (la poussière, le pollen, la fumée et l'eau). Ce genre de diffusion affecte les plus grandes longueurs d'onde et se produit surtout dans les couches inférieures de l'atmosphère où les grosses particules sont plus abondantes (un ciel pollué est souvent blanchâtre par opposition au ciel clair). La diffusion de Mie est anisotrope, elle se produit de façon préférentielle dans les directions proches de la direction initiale de propagation du rayonnement.*
3. **Diffusion non-sélective :** *Type de diffusion atmosphérique qui se produit lorsque le rayonnement interagit avec des particules dont le diamètre est beaucoup plus grand que la longueur d'onde du rayonnement. Les gouttelettes d'eau, que l'on retrouve dans les nuages et dans le brouillard produisent ce type de diffusion. Elles apparaissent de couleur blanche sur les images de télédétection puisque toutes les longueurs d'ondes sont diffusées également. De plus, les longueurs d'ondes du proche et du moyen infrarouge sont aussi diffusées.*

2) Interactions rayonnement électromagnétique eau de mer

a) Propriétés optiques de l'eau de mer

La télédétection multi-spectrale apporte une solution avantageuse aux problèmes posés par l'étude bathymétrique (Becker, 1978). L'eau présente un certain nombre de propriétés qui vont influencer de façon significative sur le transfert du rayonnement électromagnétique en son milieu.

La figure 2.4 représente la complexité de l'interaction du rayonnement électromagnétique avec la masse d'eau. L'éclairement solaire incident (E_s) et le

rayonnement diffus provenant du ciel (E_c) pénètrent la masse d'eau à un angle zénithal solaire θ_0 , une partie est réfléchiée de façon spéculaire ($r(\theta_0)$) et une autre est transmise à la masse d'eau. La partie transmise dans l'eau avec un angle de réfraction (θ_w), est diffusée selon un angle de diffusion (θ_s) ou absorbée par ses composantes. Le signal retourné au capteur est donc fonction des propriétés optiques apparentes qui sont influencées par des propriétés optiques inhérentes à la masse d'eau (Dekker, 1991 ; Mikhaylov et Zolotarev, 1970).

a. Propriétés optiques inhérentes

Les propriétés optiques inhérentes sont attribuables tant à la nature intrinsèque de la masse d'eau pure qu'aux particules en suspension ou en solution qu'elle contient. Ces propriétés sont caractérisées par différents coefficients : le coefficient d'absorption, le coefficient de diffusion, le coefficient de rétrodiffusion, le coefficient d'atténuation totale et l'albédo de diffusion. Tous ces coefficients varient de façon significative en fonction de la longueur d'onde d'observation (Jerlov, 1964 ; Guyot, 1989).

b. Propriétés optiques apparentes

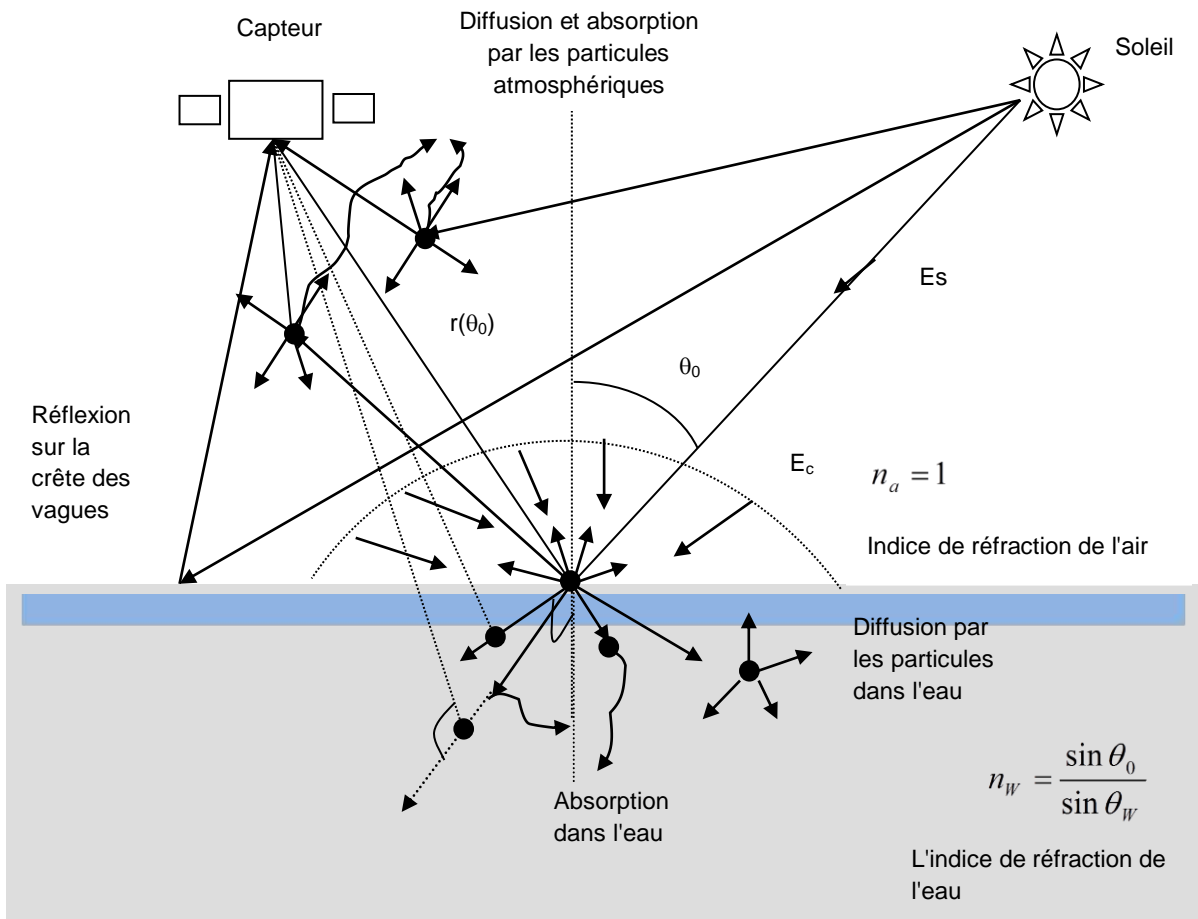


Figure 2. 4 : Schéma du rayonnement solaire dans la masse d'eau (Curran *et al.*, 1988).

Les propriétés optiques apparentes dépendent des propriétés optiques inhérentes et de l'éclairement ambiant. Les propriétés optiques apparentes de la masse d'eau sont les différentes mesures d'éclairement, de luminance, de réflectance et d'atténuation diffuse (Ackleson, 1996).

Les deux coefficients que l'on retrouve généralement dans les écrits sur le sujet sont la réflectance volumique (R) et le coefficient d'atténuation diffuse (K_d) (Prieur et Sathyendranath, 1981).

b) Propriétés optiques de l'eau dans le domaine des courtes longueurs d'onde

Lorsque le rayonnement solaire atteint une surface d'eau, une fraction importante de l'éclairement incident est réfléchi spéculairement sans être affectée spectralement, la réflexion spéculaire ne produit donc qu'un déplacement global du niveau de réflectance sans affecter sa variation en fonction de la longueur d'onde (Spitzer et Dirks, 1987).

L'éclairement qui n'est pas réfléchi par la surface de l'eau est réfracté et dirigé vers le bas. Une partie du flux réfracté est absorbée par l'eau, l'autre est rétrodiffusée.

Si $E_i(\lambda)$ est l'éclairement incident à la longueur d'onde λ , $E_a(\lambda)$ l'éclairement absorbé par l'eau, $M_{sp}(\lambda)$ l'excitance de l'eau due à la réflexion spéculaire et $M_d(\lambda)$ l'excitance de l'eau due aux processus de la diffusion, nous pouvons écrire :

$$E_i(\lambda) - E_a(\lambda) = M_{sp}(\lambda) + M_d(\lambda) \dots \dots \dots (2.4)$$

La composante de la réflectance due à la réflexion spéculaire :

$$\rho_{sp}(\lambda) = \frac{M_{sp}(\lambda)}{E_i(\lambda)} \dots \dots \dots (2.5)$$

La composante de la réflectance due à la diffusion en volume d'eau :

$$\rho_v(\lambda) = \frac{M_d(\lambda)}{E_i(\lambda)} \dots \dots \dots (2.6)$$

- **Le coefficient d'absorption**

L'énergie du flux lumineux absorbée par unité de distance représente le coefficient d'absorption de l'eau. Lorsqu'un flux de lumière parallèle $\varphi(\lambda)$ traverse une lame d'eau d'épaisseur dx , une fraction $d\varphi(\lambda)$ du flux incident, proportionnelle à dx et à $\varphi(\lambda)$ est absorbée.

On définit ainsi le coefficient d'absorption de l'eau $a_w(\lambda)$ tel que :

$$d\varphi(\lambda) = -a_w(\lambda) \varphi(\lambda) dx \dots \dots \dots (2.7)$$

$a_w(\lambda)$ a pour dimension l'inverse d'une longueur (m^{-1}). Si à la distance $x=0$, le flux incident est égal à $\varphi_0(\lambda)$, le flux qui sera absorbé à la distance x est alors donnée par :

$$\varphi(\lambda) = \varphi_0(\lambda) \exp(-a_w(\lambda)x) \dots \dots \dots (2.8)$$

- **Le coefficient de diffusion**

De la même manière, on définit un coefficient de diffusion total $b_w(\lambda)$ tel que :

$$\varphi(\lambda) = \varphi_0(\lambda) \exp(-b_w(\lambda)x) \dots \dots \dots (2.9)$$

Il est caractérisé par la somme des diffusions ayant lieu à l'intérieur de la masse d'eau (Bariou, 1978).

- **L'Albédo de diffusion**

L'albédo de diffusion est une valeur scalaire provenant du ratio du nombre d'interactions diffusées sur le nombre d'interactions totales (diffusées et absorbées). Nous retrouvons ce ratio dans l'équation suivante (Bricaud, 1988) :

$$\omega_0 = \frac{b}{c} = \frac{b}{a+b} \dots \dots \dots (2.10)$$

Avec : a , l'absorption totale (m^{-1}).

b , le coefficient de diffusion.

$c = a + b$, le coefficient d'atténuation totale.

- **Le coefficient d'atténuation dans l'eau**

Dans un milieu naturel, l'absorption et la diffusion interviennent de façon simultanée à l'intérieur de la masse d'eau et il est plus aisé de mesurer un paramètre global, soit le coefficient d'atténuation.

Le coefficient d'atténuation totale c_w est défini comme la somme des coefficients d'absorption et de diffusion.

$$c_w(\lambda) = a_w(\lambda) + b_w(\lambda) \dots \dots \dots (2.11)$$

L'étude de la variation de $c_w(\lambda)$ pour l'eau de mer pure de 0,186 à 2,65 μm , montre que l'atténuation est minimum (ou la transmission maximum) dans le visible vers 0,5 μm .

Nous considérons le trajet de la lumière dans l'eau de longueur l_1 :

$$I_1 = 1/c_w(\lambda) \dots \dots \dots (2.12)$$

Le flux qui sera absorbé à la distance l_1 sera :

$$\varphi(\lambda) = \varphi_0(\lambda) \exp(-c_w(\lambda) \cdot l_1) \dots \dots \dots (2.13)$$

La longueur l_1 est la longueur d'atténuation exponentielle (Dekker, 1995).

Dans l'infrarouge thermique, l'émissivité de l'eau est très élevée. Elle est supérieure à 0,99 et varie entre 10 et 12,5 μm . Ce domaine spectral est donc particulièrement bien adapté à la mesure de la température des surfaces d'eau car il correspond au maximum de transmission de l'atmosphère dans la fenêtre de l'infrarouge thermique. L'émissivité moyenne pour l'eau de mer est de 0,975 entre 8 et 14 μm (Bricaud *et al.*, 1981).

c) Propriétés optiques des surfaces d'eau

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.

Celles-ci peuvent être séparées en 3 catégories principales :

- Le phytoplancton vivant et les détritits biogènes qui lui sont associés.
- Les particules minérales en suspension.
- La matière organique dissoute (substance jaune).

Les particules minérales et les détritits biogènes sont parfois englobés sous le terme général de tripton (particules non vivantes) (Tassan, 1988).

a. Propriétés optiques du phytoplancton vivant et des détritits biogènes associés

Dans les conditions naturelles, il est très difficile de séparer les effets du phytoplancton et des détritits biogènes sur le coefficient d'absorption de façon globale. Le coefficient d'absorption du phytoplancton $a_p(\lambda)$ dépend tout d'abord de la concentration en chlorophylle, aussi pour faciliter les comparaisons entre différents types de phytoplancton. Le coefficient d'absorption spécifique $a_p^*(\lambda)$ (Bhargava et Mariam, 1991) :

$$a_p^*(\lambda) = a_p(\lambda) / \gamma_p [m^2 \cdot mg(chl_a + phéo_a)^{-1}] \dots \dots \dots (2.14)$$

γ_p est la concentration en pigments (chlorophylle a + phéophytine a) exprimées en $mg \cdot m^{-3}$.

Le coefficient d'absorption spécifique du phytoplancton varie très largement en fonction de la longueur d'onde et du type d'algues considérées.

Lorsqu'on passe de la chlorophylle seule à des algues dont la taille augmente, on constate un lissage progressif du spectre sur lequel les deux pics d'absorption de chlorophylle sont à 430 et 680 nm et disparaissent progressivement (Bricaud, 1988).

Les cellules du phytoplancton et les particules correspondant aux détritiques biogènes provoquent une diffusion de Mie de la lumière.

Comme elle varie en λ^{-1} , elle est moins dépendante de la longueur d'onde et ainsi la couleur de l'eau glisse progressivement vers le vert avec l'accroissement de la concentration en phytoplancton (Doerffer et Fisher, 1994).

La seule partie de la diffusion qui intervient dans la réflectance des surfaces d'eau est la rétrodiffusion, c'est à dire celle pour laquelle les rayons diffusés font un angle compris entre 90 et 180°. De la même manière que le coefficient de diffusion, on définit le coefficient de rétrodiffusion $b_{bp}(\lambda)$, le coefficient spécifique de rétrodiffusion $b_{bp}^*(\lambda)$ et l'efficacité rétrodiffusion $\bar{b}_{bp}(\lambda)$:

$$\bar{b}_{bp} = \frac{b_{bp}^*(\lambda)}{b_{bp}(\lambda)} \dots \dots \dots (2.15)$$

b. Propriétés optiques des particules minérales en suspension.

Les particules minérales en suspension sont constituées par les particules terrigènes apportées par les fleuves et par les sédiments remis en suspension par les courants, les vagues et les houles.

Leur influence est prépondérante dans de nombreuses zones côtières, sur les plateaux continentaux et dans les panaches fluviaux. La variation du coefficient d'absorption des particules non chlorophylliennes en fonction de la longueur d'onde, montre que l'absorption est très forte dans le bleu et présente par contre un minimum entre 500 et 600 nm (Priour et Sathyendranath, 1981).

La diffusion de la lumière par les particules en suspension ne suit pas une loi simple car certaines sont absorbantes. De plus, leur distribution de taille est tronquée comparativement à une distribution statistique normale (sédimentation). Aussi, la diffusion suit une loi en $\lambda^{-0.7}$ à $\lambda^{-1.3}$, selon les échantillons d'eau considérés (Bhargava et Mariam, 1991).

c. Propriétés optiques de la substance jaune.

La matière organique dissoute ou substance jaune provient essentiellement du lessivage des terres et elle est due à la décomposition des végétaux. Elle est présente

en concentration élevée dans les zones où les apports d'eaux douces sont importants (eaux côtières et certaines mers intérieures comme la Baltique).

Une partie de la substance jaune provient également, en quantité beaucoup plus faible, de la dégradation du phytoplancton *in situ* (Prieur et Sathyendranath, 1981).

L'absorption de la lumière par la substance jaune varie exponentiellement avec la longueur d'onde :

$$a_y(\lambda) = a_y(\lambda_0) \exp[-P(\lambda - \lambda_0)] \dots \dots \dots (2.16)$$

La pente P, lorsque λ est exprimé en nm, est égale à 0,014 et varie relativement peu selon le type d'eau et selon la nature de la substance jaune qu'elle soit d'origine biogène ou terrigène. La diffusion moléculaire due à cette substance est négligeable devant celle de l'eau pure (Prieur et Morel, 1975).

d) Réflectance des surfaces marines

a. Spectre de réflectance des surfaces marines

La réflectance diffuse des surfaces marines dépend des propriétés optiques de l'eau de mer ainsi que celle des substances dissoutes ou en suspension. Elle est fonction du coefficient de rétrodiffusion global de la mer $b_b(\lambda)$ et de son coefficient d'absorption $a(\lambda)$.

$$\rho(\lambda) = F[b_b(\lambda) / a(\lambda)] \dots \dots \dots (2.17)$$

F dépend de la fonction de diffusion en volume de l'eau et de la distribution angulaire de l'énergie radiative. Une relation particulièrement simple a été établie par Prieur et Morel (1975) :

$$\rho(\lambda) = 0,33(1 + \Delta)[(b_b(\lambda))/a(\lambda)] \dots \dots \dots (2.18)$$

Dans laquelle Δ dépend des variations angulaires de la diffusion et de l'éclairement incident, mais qui reste inférieur à 5 %. Les coefficients $a(\lambda)$ et $b_b(\lambda)$ étant dans propriétés inhérentes à un milieu marin donné sont, de ce fait, strictement additifs et peuvent être décomposés comme la somme des contributions partielles des différentes substances.

Pour déterminer la teneur de l'eau de mer en différents éléments à partir de données satellitaires, il est nécessaire de s'appuyer sur des modèles de réflectance que l'on inverse (Doerffer et Schiller, 1997).

La contribution, au niveau du capteur, des photons ayant pénétré dans l'océan s'exprime par le produit de la luminance marine L_w à la sortie de l'océan par la

transmission diffuse de l'atmosphère, dont une expression approchée, est établie empiriquement.

Les modèles de réflectance utilisent en entrée les paramètres thématiques et permettent de déduire la réflectance d'un objet. L'inversion d'un modèle à déduire les paramètres thématiques à partir des données de réflectance.

b. Influence du fond sur la réflectance de la mer.

La réflectance du fond peut affecter de façon sensible la réflectance de surfaces d'eau peu profondes (zones côtières par exemple). L'évaluation de cet effet est non seulement importante pour permettre une estimation correcte de la concentration en matériaux dissous ou en suspension, mais elle peut également servir au développement de méthodes de télédétection destinées à cartographier les types de fonds marins et la profondeur de l'eau (Smith et Baker, 1981).

Des résultats de simulation sur modèles effectués par Spitzer et Dirks (1985), avec 3 types de fonds différents : sable, boue et végétation pour des eaux marines claires montrent que l'effet du fond est mesurable jusqu'à une profondeur de l'ordre de 20m dans le domaine du visible et que l'effet est maximum vers 550 nm dans les 3 cas présentés.

L'analyse bathymétrique, à l'aide d'images satellites, a été élaborée, dans les années soixante-dix à l'aide d'images MSS de Landsat, puis étendue à l'imagerie HRV de Spot.

On regroupe généralement les algorithmes d'analyse bathymétrique en trois catégories selon le nombre de canaux spectraux utilisés : méthode à canal spectral, méthode du rapport de deux canaux spectraux et méthode multi-canal (Olivon, 1986).

e) Problèmes posés par l'étude bathymétrique

L'eau présente un certain nombre de propriétés qui influent de façon significative sur le transfert du rayonnement électromagnétique en son milieu et chaque bande spectrale possède un pouvoir de pénétration différent. Il est donc nécessaire de soulever ces problèmes. Les conditions d'observation peuvent changer de façon significative l'aptitude d'un capteur à observer le fond.

La qualité de l'eau est un des facteurs primordiaux. Plus l'eau sera riche en éléments nutritifs et en matières en suspension, plus l'analyse bathymétrique sera rendue difficile.

Les conditions atmosphériques peuvent interférer de deux façons sur le signal. Tout d'abord, la présence d'un voile atmosphérique réduira les composantes descendante et ascendante du signal électromagnétique dans l'atmosphère ; ensuite les perturbations engendrées à l'interface air-eau réduiront le pouvoir de transmission du rayonnement. Finalement, l'angle d'incidence du rayonnement solaire, fonction de la période d'observation, modifiera lui aussi sensiblement son pouvoir de transmission (Tanre *et al.*, 1990).

a. Propriétés optiques des eaux marines

Le rayonnement électromagnétique se propageant dans un tel milieu subit simultanément une absorption et une diffusion. Si l'absorption est surtout provoquée par les solutés (sels minéraux et substances jaunes), la diffusion est essentiellement due aux particules en suspension. Son caractère est influencé par la taille des corps diffuseurs.

Les particules en général, les flocculats surdimensionnés ou les individus des planctons en particulier, constituent des obstacles géométriques au milieu et donc la lumière ne peut se propager qu'au prix d'un trajet complexe imposé par les diffusions multiples. Au cours de ce trajet, l'énergie des photons est progressivement absorbée (tableau 2.1).

Ainsi les effets conjugués de l'absorption et de la diffusion déterminent une atténuation sélective du rayonnement solaire, dont l'intensité et la qualité varient en fonction de la composition de l'eau (Becker, 1978).

b. Eclairement au-dessous de l'eau

L'éclairement peut être défini comme la différence entre la quantité d'énergie incidente à la surface, et la quantité d'énergie perdue au cours du cheminement des rayons lumineux.

$$E(\lambda) = \varphi_i(\lambda) - [\varphi_r(\lambda) + \varphi_a(\lambda)] \dots \dots \dots (2.19)$$

Avec : φ_i , intensité du rayon incident à la surface.

φ_r , pertes dues à la réflexion spéculaire.

φ_a , pertes dues à l'atténuation.

λ , longueur d'onde.

Tableau 2. 1 : Tableau synoptique des composantes de l'atténuation (Jerlov, 1964)

<i>Constituant</i>	Absorption		Diffusion	
	Caractère	Dépendance de λ	Caractère	Dépendance de λ
Molécule d'eau	Invariable à température et à pression constante	Très forte	Invariable, petite comparée à l'absorption	λ^{-4} (Loi de Rayleigh)
Sels minéraux dissous	Négligeable dans le visible	Croissante avec la diminution de λ		
Substances jaunes	Variable	Croissante avec la diminution de λ		
Particules fines (0.5 à 100 μm)	Variable, petite comparée à la diffusion	Croissante avec la diminution de λ	Variable	Généralement indépendante de λ
Grosses particules (100 μm à 1 mm)	Très petite comparée à la diffusion		Très forte	indépendante de λ

La répartition spectrale de l'éclairement sous-marin varie de façon complexe avec la profondeur, en relation avec le caractère sélectif de l'atténuation. Brièvement, on peut dire que l'éclairement du fond s'appauvrit aux deux extrémités du spectre visible à mesure que la tranche d'eau s'épaissit et on a deux pics, un à 500 nm correspondant à la fenêtre de transmittance maximum de l'eau de mer et à 570 nm correspondant à celle du phytoplancton.

c. Les composantes du signal radiométrique.

- *Première approche*

Le signal total S_t reçu par un capteur opérant à haute altitude au-dessus de l'eau peut être décomposé dans un premier temps, en deux termes (Becker, 1978) :

$$S_t = S_a + S_e \dots\dots\dots(2.20)$$

Avec : S_a , composante atmosphérique.

S_e , composante eau.

En général, pour les enregistrements effectués à haute altitude, la composante atmosphérique est prédominante. Dans le cas particulier des données de satellite, la composante atmosphérique peut être affectée d'un facteur 10 et la composante eau d'un facteur 1, ce qui signifie qu'une incertitude de 1 % sur le signal total peut provenir d'une erreur de 10 % dans l'estimation de la composante eau. Dans un

deuxième temps, il est possible d'analyser la composante eau mesurée près de la surface.

$$S_e = S_s + S_d + S_f \dots\dots\dots(2.21)$$

Avec : S_s , réflexion spéculaire à la surface.

S_f , réflectance du fond dans les eaux peu profondes.

S_d , composante due à la réflexion diffuse par la surface, la rétrodiffusion par les molécules d'eau, les solutés et les particules en suspension.

- ***Radiance atmosphérique***

L'intensité de la rétrodiffusion atmosphérique est proportionnelle à la densité des aérosols (nucléi-hydroscopiques) et des poussières en suspension dans l'air, qui croit en se rapprochant de la surface terrestre. Les nucléi-minéraux sont répartis de façon à peu près homogène au-dessus des océans avec toutefois une concentration plus élevée au-dessus du littoral. Leur influence est petite devant celle de la vapeur d'eau. Par contre, les voiles de brouillard ont une distribution très irrégulière. Ils sont fréquents près des côtes. Ils réduisent considérablement les possibilités d'observation car leur forte réflectance perturbe les nuances du signal de l'eau (Abdellaoui *et al.*, 1986 ; D'Sa et Miller, 2003).

- ***Couleur de la mer***

La répartition spectrale du rayonnement diffus réfléchi celle de la rétrodiffusion par les composants de l'eau de mer et celle de la réflectance du fond contribuent à la couleur de l'eau.

Particulièrement lorsque le ciel est pur, le rayonnement diffus renforce la couleur bleue de la mer. Lorsqu'il est couvert, on observe un glissement de la longueur d'onde dominante vers la région du spectre comprise entre 0.5 et 0.57 μm .

Par ailleurs, la répartition spectrale de l'émission atmosphérique varie avec l'angle d'élévation solaire, la couleur de la mer se modifie au cours de la journée avec le mouvement du soleil.

Pour définir une couleur de la mer indépendante de l'état de ciel, il ne faut considérer que la répartition spectrale de la rétrodiffusion par l'eau à laquelle s'associe, dans les eaux peu profondes, celle de la réflectance du fond. La première varie surtout en fonction de la concentration des turbidités terrigènes et de l'activité biologique, tandis que la seconde est influencée par la nature du fond (Létourneau et O'Neill, 1992).

f) Etude du rayonnement sur le trajet sol atmosphère satellite

Elle consiste à évaluer le rayonnement qui parvient au satellite. Ce rayonnement est la résultante du rayonnement réfléchi par le sol et de celui diffusé par l'atmosphère.

a. Radiation réfléchie par la surface d'eau

Le rayonnement atteignant la surface va être réfléchi vers le capteur du satellite, la quantité réfléchie dépend de la nature du sol et donc de sa réflectance.

L'éclairement global à la surface G_λ pénètre la masse d'eau, une partie est réfléchie de façon spéculaire :

$$I_1 = G_\lambda \rho_s(\lambda) \dots\dots\dots(2.22)$$

Avec : $\rho_s(\lambda)$, la réflectance de l'eau .

b. Radiation diffusée d'un volume d'eau

La partie transmise dans la masse d'eau est diffusée ou absorbée par ces composantes. La quantité de la radiation réfléchie par un volume d'eau s'écrit sous la forme suivante :

$$I = (G_\lambda - I_1 - I_2) \omega_0 \dots\dots\dots(2.23)$$

Avec : G_λ , radiation globale atteignant la surface.

I_1 , radiation réfléchie spéculairement à la surface.

I_2 , radiation réfléchie par le fond.

ω_0 , albédo de diffusion de l'eau.

c. Radiation diffusée du fond

Une partie du rayonnement qui atteint le fond de la mer peu profonde peut être réfléchi à son tour. Cette quantité est décrite par la formule suivante :

$$I_2 = (G_\lambda - G_\lambda \rho_s) \exp(-k \cdot z \cdot \cos(\vartheta_z)) \cdot R_a \cdot \exp(-k \cdot z \cdot \cos(\vartheta_v)) \dots\dots\dots(2.24)$$

Avec : R_a , réflectance du fond.

e^{-kz} , transmittance de l'eau.

k , coefficient d'atténuation.

z , la profondeur.

d. Radiation totale diffusée à la surface de l'eau

Les techniques d'extraction de la profondeur de l'eau sont développées sous la base d'un simple modèle de réflectance de l'eau qui tient compte pour une part majeure du signal capté par le détecteur multispectral, suivant ce modèle, la radiation dans une seule bande d'une longueur d'onde peut être écrite comme suit :

$$I_{e\lambda} = G_{\lambda}\rho_s + G_{\lambda}\rho_s \cdot \omega_0 \left(\frac{1}{\rho_s} - 1 - \left(\frac{1}{\rho_s} - 1 \right) R_a \exp - kz(\cos \vartheta_z + \cos \vartheta_v) \right) + G_{\lambda}(1 - \rho_s)R_a \exp - kz(\cos \vartheta_z + \cos \vartheta_v) \dots \dots \dots (2.25)$$

La radiation réfléchié par la surface de l'eau en direction du satellite passe à travers l'atmosphère d'une manière directe avec un angle de vue ϑ_v et subit des atténuations analogues à celles rencontrées dans la direction soleil- cible avant d'être captées par le satellite.

$$G_{\lambda(sat)} = I_{e\lambda} \cdot \tau'_{\lambda} \dots \dots \dots (2.26)$$

$I_{e\lambda}$, rayonnement réfléchi à la surface de l'eau.

τ'_{λ} , transmittance spectral total du deuxième trajet.

D'où :

$$\tau'_{\lambda} = \tau'_{r\lambda} \cdot \tau'_{o\lambda} \cdot \tau'_{\omega\lambda} \cdot \tau'_{g\lambda} \cdot \tau'_{a\lambda} \dots \dots \dots (2.27)$$

Une partie du rayonnement réfléchi est diffusé vers la terre, une partie est diffusée vers le capteur en suivant les processus de la diffusion de Rayleigh et la diffusion de Mie. Soit :

$$\tau'_{da\lambda} = \tau'_{\omega\lambda} \cdot \tau'_{o\lambda} \cdot \tau'_{g\lambda} \cdot [F_c \omega_0 (1 - \tau'_{a\lambda}) \tau'_{r\lambda}] \text{ et } \tau'_{dr\lambda} = \tau'_{\omega\lambda} \cdot \tau'_{o\lambda} \cdot \tau'_{g\lambda} \cdot [0.5(1 - \tau'_{r\lambda}) \tau'_{a\lambda}] \dots \dots \dots (2.28)$$

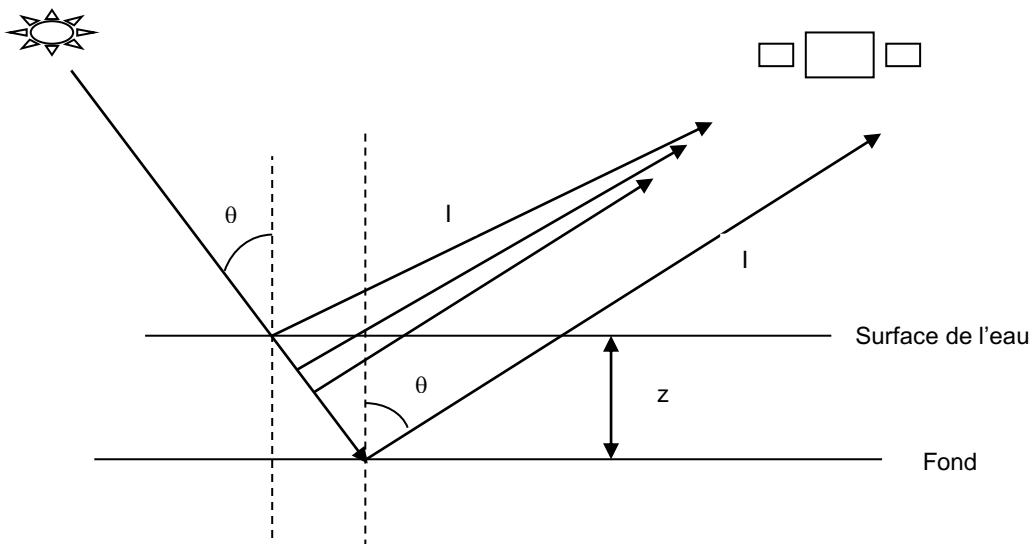


Figure 2. 5 : Trajet du rayonnement dans une masse d'eau.

e. Radiation totale arrivant au satellite.

La quantité d'énergie qui atteindra le capteur du satellite est la somme de celle issue du sol et celle diffusée par l'atmosphère. La radiation émise par la surface et qui atteint le capteur est :

$$R_{(sol-atm)} = [I_{e\lambda} (\tau'_{\lambda} + \tau'_{da\lambda} + \tau'_{dr\lambda})] / \pi \dots\dots\dots(2.29)$$

La radiation diffusée par l'atmosphère :

$$R_{(atm-sat)} = \frac{I_{o\lambda} \cdot \cos \vartheta_z}{\pi} \rho_{a\lambda} \dots\dots\dots(2.30)$$

La radiation atteignant le satellite est composée de la radiation globale spectrale réfléchiée par le sol en passant de nouveau à travers l'atmosphère $R_{(sol-atm)}$ et une partie de la radiation diffusée par l'atmosphère terrestre $R_{(atm-sat)}$ (Bhargava et Mariam, 1991).

Donc la radiation qui atteint le capteur est :

$$R_{\lambda} = R_{(sol-atm)} + R_{(atm-sat)} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$R_{\lambda} = (I_{e\lambda} \cdot \tau'_{atm} + I_{o\lambda} \cos \vartheta_z \rho_{a\lambda}) / \pi \dots\dots\dots(2.32)$$

Avec :

$$\tau'_{atm} = \tau'_{\lambda} + \tau'_{dr\lambda} + \tau'_{da\lambda} \dots\dots\dots(2.33)$$

Si le capteur a une réponse spectrale δ_{λ} , le signal enregistré au niveau du capteur est :

$$L_{\lambda} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \left(\frac{I_{e\lambda} \tau'_{atm}}{\pi} + \frac{I_{o\lambda} \cos \vartheta_z}{\pi} \rho_{a\lambda} \right) \delta_{\lambda} d\lambda \dots\dots\dots(2.34)$$

Avec : L_{λ} , radiation calculée pour le canal λ .

$\Delta\lambda$, bande spectrale du canal.

δ_{λ} , sensibilité du canal.

Dans une mesure satellitaire, le signal qui est délivré par un satellite ne correspond pas exactement au flux de rayonnement qui est réfléchié ou émis par la cible visée car il subit une série d'altérations qui sont dues aux effets de l'atmosphère et à la géométrie de la visée.

En effet, le quotient du rayonnement solaire qui atteint la surface dépend de la position du soleil par rapport à un observateur terrestre et de l'inclinaison de cette surface par rapport à l'horizon. Les données enregistrées par un radiomètre au sol ou

à bord d'un satellite représentent une série de flux élémentaires de rayonnement provenant des différents composants de la scène observée.

Les analyses spectrales permettent de mettre au point un modèle plus ou moins complexe qui relie des paramètres thématiques aux données de télédétection. (Durand, 2000).

4. Télédétection et couleur de l'eau

La couleur des océans est déterminée par les interactions de la lumière solaire incidente avec les substances et les particules présentes dans l'eau. La matière en suspension est en grande partie composée de phytoplancton ainsi que de particules inorganiques et de substances dissoutes (Morel, 1988).

La théorie de la mesure optique est basée sur le fait que les constituants de l'eau, qu'ils soient de la matière organique ou inorganique particulaire ou des substances dissoutes, affectent sa couleur (Froidefond *et al.*, 2002).

La chlorophylle, qui absorbe préférentiellement dans le bleu, provoque le changement de couleur qui permet de la quantifier, et elle est utilisée comme indice des propriétés optiques des eaux (Morel et Maritorea, 2001).

L'utilisation de capteurs placés en orbite autour de la Terre permet une vue d'ensemble globale qu'il serait impossible à obtenir à partir d'un bateau ou d'une installation terrestre. De plus, le passage régulier des satellites au-dessus d'une zone donnée permet une surveillance constante et donc le suivi autant spatial que temporel d'un phénomène donné. Les buts fondamentaux de la télédétection dans le domaine de la couleur des océans sont d'une part de mesurer la concentration de la chlorophylle et d'autre part de déterminer avec précision la productivité primaire du phytoplancton (Moore et Abbott, 2000).

La manière principale de déterminer la concentration de la chlorophylle est de mesurer la quantité de lumière absorbée pour une longueur d'onde de 443 nm. Des algorithmes analytiques développés par les chercheurs en optique océanographique permettent de convertir ces mesures en concentration de chlorophylle *a*. Il existe d'autres molécules de chlorophylle, appelés *b*, *c*, *d*, et *e*, mais la chlorophylle *a* prédomine et est la plus importante (Myint *et al.*, 2002).

La mesure de la fluorescence naturelle de la chlorophylle permet d'évaluer l'état physiologique du phytoplancton, sa santé, et donc sa capacité à effectuer la photosynthèse. Le capteur SeaWiFS, conçu pour une mission globale sur la couleur des océans ne possède pas le canal permettant de mesurer la fluorescence, mais le capteur MODIS peut faire cette mesure sur la bande 14 (à 676.7 nm). Les données de SeaWiFS ne permettent que de déterminer la concentration de la chlorophylle *a*. Les

données de MODIS permettront de raffiner ces estimations en incorporant des données sur l'état physiologique des producteurs primaires eux-mêmes, le phytoplancton, grâce à la fluorescence naturelle de la chlorophylle lors de son exposition à la lumière (Myint *et al.*, 2002).

La couleur de la surface des océans dépend des différentes particules en suspension (phytoplancton et sédiment), ainsi que de certaines substances dissoutes colorées (substances jaunes) (Videau *et al.*, 1998).

La mesure par SeaWiFS des radiances dans différentes longueurs d'ondes permet d'obtenir une information quantitative sur les concentrations en éléments contenus dans l'eau. En plus des 6 canaux dans le visible, SeaWiFS mesure deux radiances dans le proche infrarouge (765 nm et 865 nm) (Weber *et al.*, 2005).

Les capteurs type « couleur de l'eau » sont des capteurs passifs, le signal mesuré par le capteur satellite correspond à la réflectance de l'irradiance solaire par la couche supérieure océanique, mais aussi à la diffusion atmosphérique qui représente plus de 80% du signal dans les eaux claires (Froidefond *et al.*, 2003).

Le signal corrigé de l'effet atmosphérique est représentatif à 90% d'une couche d'épaisseur égale à l'inverse du coefficient d'atténuation diffuse. Selon les espèces dissoutes et en suspension, cette profondeur peut varier de quelques dizaines de centimètres en zone estuarienne, à plus d'une dizaine de mètres dans les eaux claires océaniques (Tassan, 1994 ; Weber *et al.*, 2004).

Ces capteurs mesurent l'intensité des rayonnements par la surface des océans (water-leaving radiance) dans différentes gammes de longueurs d'onde (bandes). La radiance de l'eau ainsi mesurée tient compte des interactions avec la colonne d'eau et les particules.

- **Caractéristiques des principaux satellites**

Le tableau suivant montre les principaux satellites utilisés dans la télédétection et leurs différentes caractéristiques étant : le type d'orbite, l'altitude, la répétitivité, les capteurs et leurs bandes spectrales et la résolution spatiale.

Tableau 2. 2 : Caractéristiques des principaux satellites.

Principaux satellites	Type d'orbite	Altitude	Répétitivité	Capteurs	Bandes spectrales (µm)	Résolutions
Météosat	géostationnaire	35 800 km	25 min	Visible	0,4 - 1,1	2,5 km
				Infrarouge moyen	5,7 - 7,1	5 km
				Infrarouge thermique	10,5 - 12,5	5 km
NOAA - AVHRR	héliosynchrone	850 km	12 h	1	0,58 - 0,68	-
				2	0,72 - 1,1	-
				3	3,55 - 3,93	-
				4	10,3 - 11,3	-
				5	11,5 - 12,5	-
Lansat MSS	héliosynchrone	705 km	16 j	MSS 4	0,5 - 0,6	60 x 80 m
				MSS 5	0,6 - 0,7	240 m
				MSS 6	0,7 - 0,8	-
				MSS 7	0,8 - 1,1	-
				MSS8	10,41 - 12,6	-
Landsat TM	héliosynchrone	705 km	16 j	TM 1	0,45 - 0,52	30 m
				TM 2	0,52 - 0,60	30 m
				TM 3	0,63 - 0,69	30 m
				TM 4	0,76 - 0,90	30 m
				TM 5	1,55 - 1,75	30 m
				TM 6	10,4 - 12,5	120 m
				TM 7	2,08 - 2,35	30 m
Spot 1-2 HRV	héliosynchrone	830 km	26 j	XS1	0,50 - 0,59	-
				XS2	0,61 - 0,68	-
				XS3	0,79 - 0,89	-
				PAN	0,51 - 0,73	-

II. Logiciel de simulation des données satellitaires SDDS

L'interaction du spectre solaire avec le système sol-atmosphère est développée afin de calculer les différentes composantes du rayonnement solaire au sol et à la haute atmosphère (Bachari *et al.*, 1997).

Dans notre étude, nous nous intéressons à l'analyse des mesures satellitaire, en suivant la variation de la luminance avec les paramètres atmosphériques, astronomiques ainsi que géographiques. Les étapes à suivre pour simuler les données satellitaires sont organisées dans la figure 2.6.

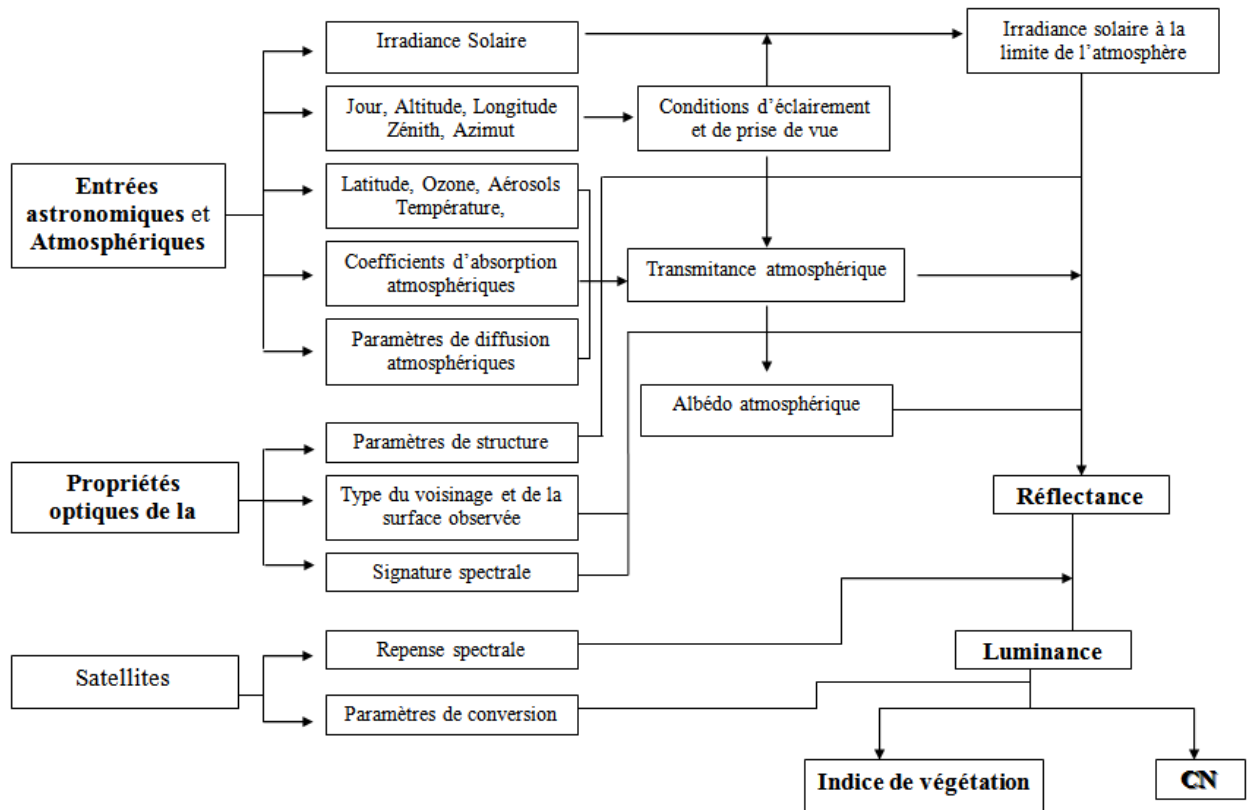


Figure 2. 6 : Organigramme du logiciel SDDS.

1. Conditions de Simulation.

Dans le cadre de ce travail, nous avons utilisé le logiciel (SDDS) de Simulation Des Données Satellitaires développé en langage Visuel Basic 4 (figure 2.7). Pour déterminer les différentes radiations au sol les données d'entrées sont des paramètres astronomiques, géographiques et atmosphériques. Une banque des signatures spectrales est introduite, elle englobe les principaux objets au sol qui ont une réflectance dans la bande du visible. La combinaison des signatures spectrales et les différentes irradiances nous permettent de calculer les radiances spectrales réfléchies par des surfaces homogènes ou des sols hétérogènes.



Figure 2. 7 : Interface du logiciel SDDS.

Les résultats de simulation dépendent du choix des paramètres d'entrées. Le logiciel permet de montrer l'influence des effets des différents paramètres et les caractéristiques géométriques des structures sur le signal qui atteint les capteurs embarqués à bord des satellites.

Pour mettre en évidence l'effet d'un paramètre donné sur la mesure satellitaire, on attribue des données fixes pour l'ensemble des variables dans le cas d'un ciel clair et pour des conditions géométriques bien définies. Les données d'entrées seront fixées selon les propriétés du lieu et de son état atmosphérique.

2. Application de la simulation du rayonnement

L'application du logiciel de simulation doit être orientée par différentes données d'entrée qui sont des paramètres astronomiques, atmosphériques et géographiques.

- Données astronomiques :

- *Le jour* : valeur entre 1 pour le 1er 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 Km.

- Données atmosphériques :

- *Ozone* : quantité d'ozone présente dans l'atmosphère, entre 0 et 0,5.
- *Humidité relative* : entre 0 et 1.
- *Température* : en degré Kelvin, $T = T (^{\circ}\text{C}) + 273$
- *Visibilité* : en kilomètres.
- *Altitude de l'ozone* : caractérise la position du centre de gravité de la couche d'Ozone.
- *Alpha* : relié à la distribution et le diamètre de la particule d'aérosol généralement, valeur entre 0,5 et 2,5.
- *Fc* : facteur qui dépend des dimensions des particules, de leur nature et de la longueur d'onde entre 0 et 1.
- *Wo* : dépend de la nature de la matière, des aérosols, ses dimensions et ses propriétés optiques, il varie entre 0,7 et 1.

3. Analyse de l'interaction du rayonnement avec la masse d'eau.

L'eau de mer, d'un point de vue optique, peut être définie comme un milieu absorbant trouble (Bukata *et al.*, 1988). Le rayonnement électromagnétique se propageant dans un tel milieu subit simultanément une absorption et une diffusion. Il apparaît que le signal mesuré par un capteur opérant au-dessus de l'eau est une association de plusieurs sources de radiance : la rétrodiffusion dans l'atmosphère, la réflexion spéculaire à la surface de l'eau et la couleur de l'eau. Nous utilisons le modèle qui permet de suivre le rayonnement solaire dans la trajectoire **soleil - atmosphère - mer - profondeur - capteur** et de simuler les observations des différents satellites (Spot, Landsat MSS, Landsat TM) .

Les données d'entrées seront fixées selon les propriétés du lieu étudié et de son état atmosphérique.

Zone d'étude

Zone d'étude

I. La baie de Bou Ismail

1. Situation géographique

La baie de Bou Ismail est limitée à l'Est par la presqu'île de Sidi Fredj ($2^{\circ} 50' E$) dans la wilaya d'Alger et à l'Ouest du mont Chenoua ($2^{\circ} 25' E$) dans la wilaya de Tipaza. Les deux caps limitant cette baie étant Ras Acrata à l'Est et Ras El-Amouche à l'Ouest (figure 3.2).

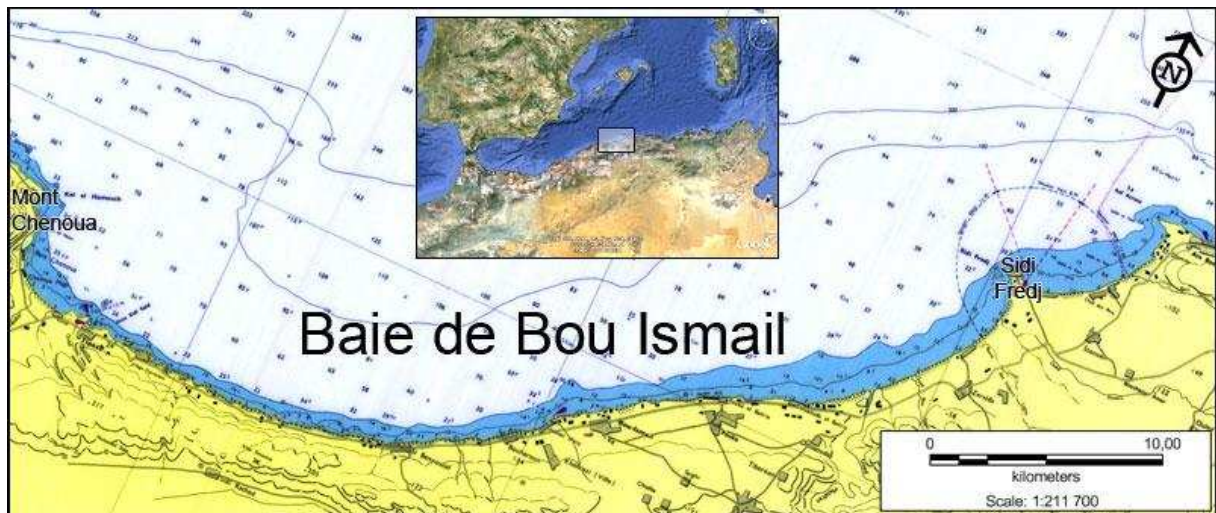


Figure 3. 1 : Situation géographique de la baie de Bou Ismail. (S.H.F.M., 2000 ; modifiée)

2. Réseau hydrographique

Deux cours d'eau déversent dans la baie de Bou Ismail, l'oued Mazafran et l'oued Nador :

- **L'oued Mazafran** se situe à 30 km à l'Ouest d'Alger, il prend naissance à la jonction de l'oued Chiffa et l'oued Djer. Le bassin versant couvre une superficie de 1850 km². L'oued débouche dans la mer entre Douaouda et Zeralda avec un débit de 7,566 m³/s pendant la période de Décembre à Avril avec une moyenne annuelle de 43,8 millions de m³, cet oued est marqué par un long étiage qui dure de Juin à Décembre représentant 17,38 % du déversement liquide annuel (Benzohra, 1993).
- **L'oued Nador** se situe entre Tipaza et le Mont Chenoua, il regroupe trois oueds, Bou Yersen, Bou Ardon et Merrad, son étendue est de 230 km² avec un débit de 0,89 m³/s. Ces oueds jouent un rôle très important dans les apports en eaux usées (Benzohra, 1993).

3. Sédimentologie

Vers l'embouchure de l'oued Mazafran et jusqu'à une profondeur de 25 m, les sables grossiers caractérisent la baie. Au-delà de ce dépôt fluviomarín et jusqu'à une profondeur de 10 à 15m, les sables moyens réapparaissent qu'au niveau de Khemisti sur une zone étroite qui continue jusqu'à Tipaza (Al Sid Chikh et al., 2009).

Une bande de sable fin apparaît au large de Sidi-Fredj et Palm Beach à moins de 2 m de profondeur et tapisse le fond de 15 m à 25 m tout le long de la baie. Parallèlement à ces faciès, les sables fins vaseux longent la côte entre 25 à 40 m de profondeur. (LEM, 1998) (Figure 3.2).

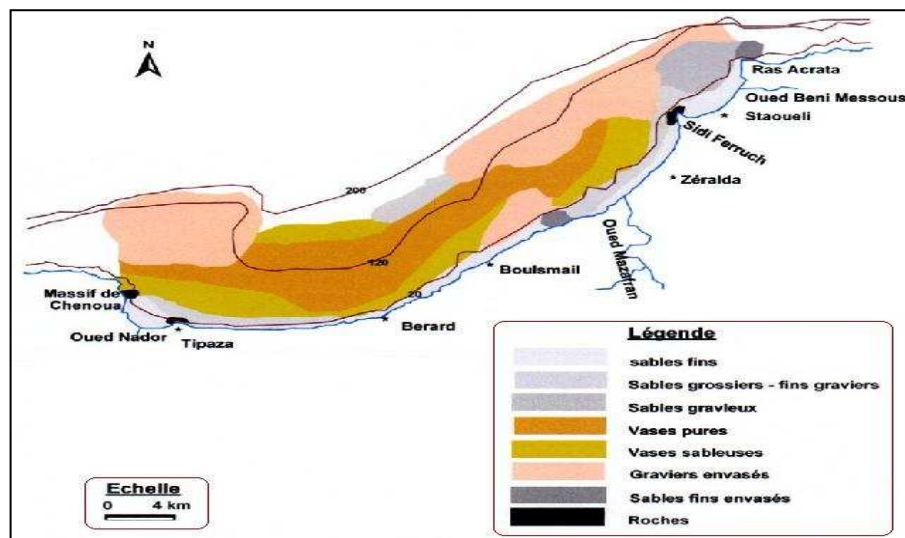


Figure 3. 2 : Carte sédimentologique de la baie de Bou Ismail. (LEM, 1998)

Deux régions apparaissent, la région orientale et la région occidentale et chaque région présente sa caractéristique sédimentologique propre (Belkessa, 1999). Les vases pures sont très développées dans la région occidentale et forment ainsi une importante vaseière littorale, tandis que les graviers envasés sont dans la région orientale. De même, le faciès des sables grossiers et des fins graviers et le faciès des sables graveleux ne sont présents que dans la région orientale (LEM, 1998).

4. Bathymétrie

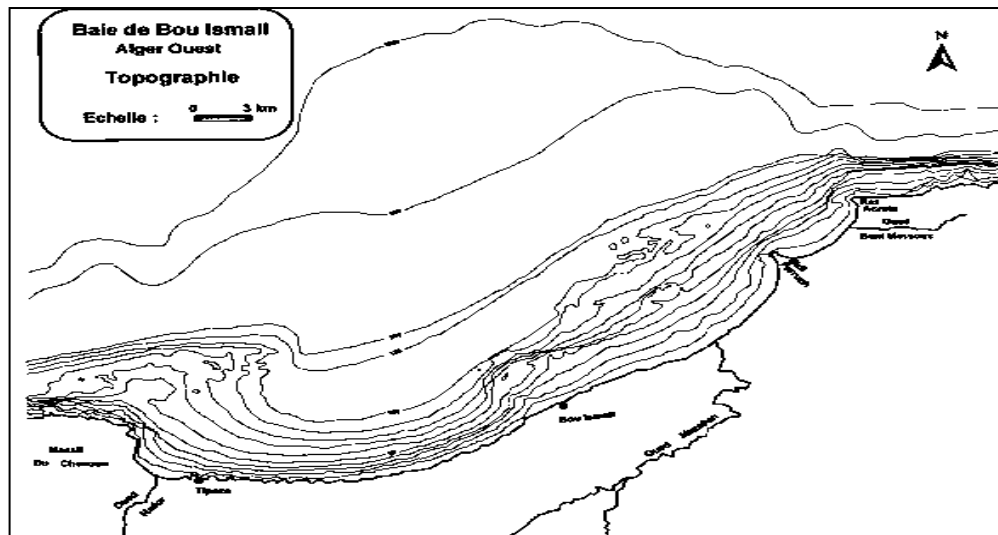


Figure 3. 3 : Topographie de la baie de Bou Ismail. (Leclaire, 1972)

5. Climatologie

Le Nord de l'Algérie tire la clémence de ses hivers et la douceur de ses étés de sa position privilégiée. A un climat méditerranéen, il se situe à une latitude à cheval entre les régions tempérées et celles désertiques, et se caractérise par la présence de la chaîne montagneuse de l'atlas tellien sur son flanc sud et de la mer méditerranée au Nord dont les eaux restent plus aux moins chaudes toute l'année. L'atlas tellien protège la région du littoral des remontées d'air sec et chaud du Sahara. L'air saharien arrive parfois à traverser ces montagnes pour s'étendre vers le littoral, ce qui engendre les canicules les plus sévères, des canicules que la proximité de la mer dissipe difficilement par le phénomène de la brise. Les précipitations sur l'ensemble du territoire se présentent d'une manière assez diverse, d'une part par leurs causes et d'autre part par les quantités recueillies. Elles diminuent d'Est en Ouest et du Nord au Sud (ONM, 2010).

De sa part, la baie de Bou Ismail est caractérisée par un climat subhumide et une périodicité des vents. La période hivernale se caractérise par une baisse de la température à environ 16° C et une précipitation moyenne de 89,49 mm, alors que la période estivale se caractérise d'une température moyenne de 29 °C avec des précipitations très faibles et pourcentage d'humidité toujours à 60 %.

Deux groupes dominants sont distingués en la période des vents (Lalami-Taleb, 1970 et Samson-Kechaka *in* Korichi, 1988) :

- Vents de secteur Ouest, de 2 m/s en moyenne, et dominant de Novembre en Avril.

- Vents de secteur Est de plus de 2 m/s en moyenne, dominant de Mai en Octobre.

6. Hydrodynamisme

L'origine du courant Algérien, qui vient coller les côtes maghrébines à environ 0° de longitude, provient des eaux atlantiques qui pénètrent à travers le détroit de Gibraltar (Taupier-Letage, 1988). Ce courant, allant d'Ouest en Est, provoque des remontées d'eau importantes à cause de ses tourbillons anticycloniques qui atteignent un diamètre de 100 à 200 km (même plus) avec des courants mobilisant une couche qui peut aller jusqu'à 200 m de profondeur, phénomène qui se produit plusieurs fois par an sur une grande partie du bassin Algérien (Millot et Taupier-Letage, 2005) (figure 3.4). Les remontées d'eau, ou *upwellings*, provoqués soutiennent une remarquable richesse biologique à cause de la remise en suspension des nutriments du fond (Collignon, 1991).

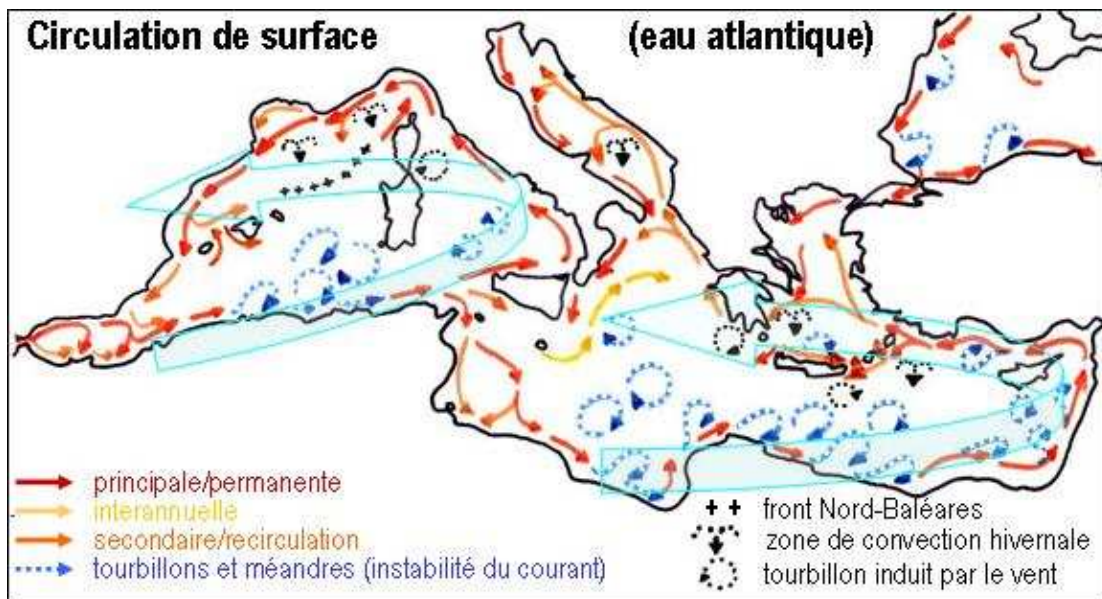


Figure 3. 4 : Circulation des eaux superficielles dans la méditerranée. (Millot et Taupier-Letage, 2005 ; modifié)

7. Sources potentielles de pollution

La région de Bou Ismail est une zone à vocation touristique et agricole, sa frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques qui déversent directement en mer, sans aucun traitement au préalable dans la plupart des cas. Ajoutant à cela les rejets des eaux usées véhiculées par les oueds qui traversent les centres urbains, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels dont les entreprises industrielles de plastique et de caoutchouc (LEM, 1998). De plus, les oueds entraînent vers la mer une partie des eaux usées de Blida et de la base centrale logistique de Beni Mered au

niveau de l'oued Macta Makhlouf (continuité de l'oued Beni Azza) où déversent les eaux usées de la tanneries du moulin, d'une unité d'électro-glace, une manufacture de mobilier métallique, d'une unité de transformation de plastique, d'industrie agroalimentaire ainsi que les eaux des ateliers de traitement de surface de la base logistique de Beni Mered (figure 3.5). A cela s'ajoute la pollution due à l'activité agricole et à l'activité de la pêche (*in Houma-Bachari, 2007*).

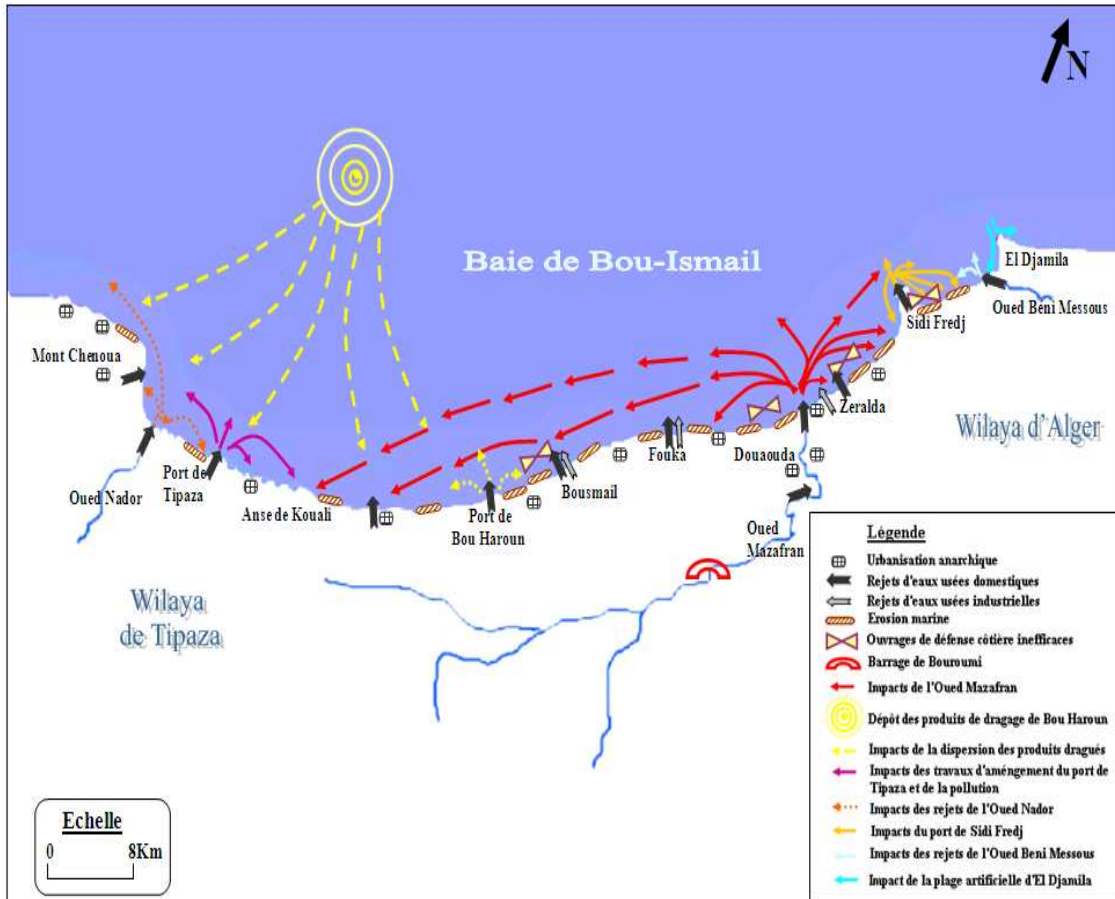


Figure 3. 5 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou Ismail. (Al Sid Chikh *et al.* ,2009)



Figure 3. 6 : Eaux opaques à côté d'un rejet industriel dans la baie de Bou Ismail.

II. La baie d'El Djamila

On considère que la baie d'El Djamila fait partie intégrante de la baie de Bou Ismail à raison de sa petite étendue, de son orientation, des conditions météorologiques qui y règnent et des courants marins qui la parcourent, tous ces paramètres ne constituent en fait qu'une continuité de ce qui se passe dans la baie de Bou Ismail. De ce fait et dans ce qui suit, on ne notera que quelques points distinctifs de la baie d'El Djamila.

1. Situation géographique

La Baie d'El Djamila couvre une superficie de 350 km² avec une ouverture de 40 km, elle est orientée du Sud-Ouest au Nord-Est, soit 2° 54 Est et 36° 48 Nord à 2° 24 Est et 36° 38 Nord (Benzohra, 1993).



Figure 3. 7 : Situation géographique de la baie d'El Djamila. (S.H.F.M., 2000 ; modifiée)

2. Réseau hydrographique

Un seul cours d'eau déverse dans cette baie, l'**oued Beni Messous**, se situant à 18 km à l'Ouest d'Alger, il déverse les apports de Bouzaréah, Beni Messous et Chéraga. L'oued a un débit liquide de 0.245 m³/s.

3. Sédimentologie

La dynamique sédimentaire est la résultante d'actions hydrodynamiques (ou fluides) et solides, réagissant l'un sur l'autre (Broman *et al.*, 1988). Son équilibre est très sensible à tout changement pouvant entraver son processus. On note la dominance du sable grossier surtout au voisinage du port d'El Djamila, ces sédiments sont bien classés (Al Sid Chikh *et al.*, 2009).

Au niveau de la côte à l'est du port d'El Djamila, le dynamisme est important, provoqué par l'intensité des houles de l'Ouest, Nord-Ouest et Ouest-Nord-Ouest, Ces houles ont contribué au démantèlement de la falaise du Ras Acrata et du platier rocheux et elles sont d'incidence frontale sur le site, engendrant un courant de retour qui prend les sédiments de la côte et les dispersent au large. Ainsi les sédiments les plus fins se déposent au large. Ces houles provoquent ainsi bien l'érosion de la côte située à l'Ouest du port d'El Djamila (Zéralda, Sidi Fredj, Moretti, Staouéli, etc...) que le charriage des apports de l'Oued Mazafran. L'incidence oblique des houles du secteur Ouest engendre une dérive littorale qui entraîne les matériaux sableux vers l'Est dans le domaine infralittoral. La dérive littorale s'écoulant de l'Ouest présente un impact très important en charriant les sédiments vers l'Est (Al Sid Chikh *et al.*, 2009).

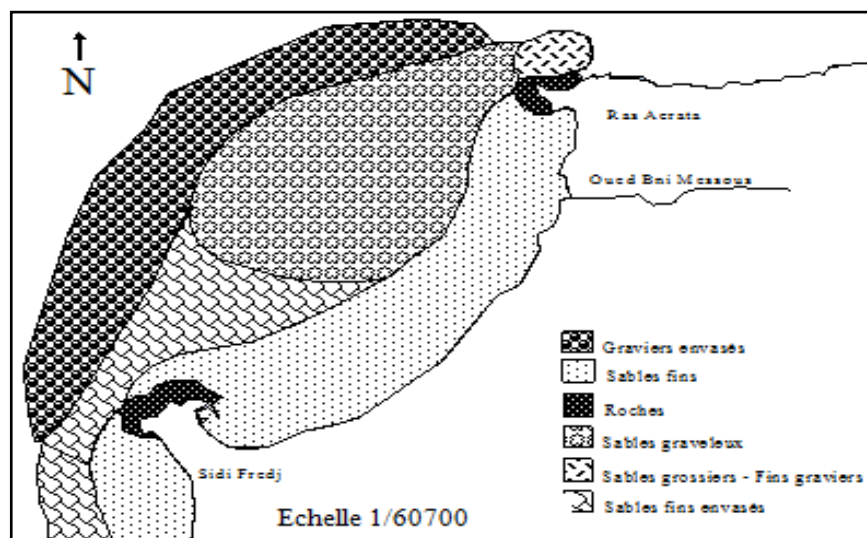


Figure 3. 8 : Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamila. (Houma-Bachari, 2009)

4. Bathymétrie

Les isobathes du centre de la baie sont pratiquement parallèles à la côte, avec une faible pente. Au niveau de Ras Acrata à l'Est et Sidi Fredj à l'Ouest, un resserrement des isobathes qui se traduit par une pente moins douce qu'au centre de la baie, ceci étant normal vu que les deux zones sont rocheuses et accidentées. A l'Ouest de la baie, au niveau de la plage Moretti, on a une large zone régulière à pente très douce entre les isobathes 5 m et 15 m.

5. Vents dominants

Selon le rapport du Laboratoire des Etudes Maritimes (LEM, 1998), les vents sont générateurs de vagues et de courants, leur impact croît avec leur vitesse. Lorsque l'action du vent est continue, elle génère de la houle. Les résultats des observations

effectuées par l'*US Naval Weather Service Command* au large des côtes d'Alger, notent l'existence de deux périodes distinctes :

- **Une période hivernale :** (Octobre à Mars) avec des vents dominants de secteur Ouest et Nord-Ouest, avec des fréquences allant de 60 à 88% par le secteur Ouest et des fréquences de 90 à 99% pour le secteur Nord-Ouest.
- **Une période estivale :** (Avril à Septembre) avec des vents dominants de secteur Est et Nord-Est, avec des fréquences de 45 à 75% pour le secteur Nord Est.

6. Hydrodynamisme

On note des périodes distinctes (Houma-Bachari, 2009) :

- *En hiver :* les houles les plus importantes et les fréquences observées viennent de l'Ouest avec les plus grandes amplitudes entre 2 et 2,5 m. Les houles maximales peuvent atteindre les 4 à 6 m.
- *En été :* les directions les plus observées sont d'origine Est, ainsi que des houles de Nord-Est avec une fréquence moins importante et des amplitudes généralement plus faibles, de 0,5 à 1 m.

7. Sources potentielles de pollution

La principale source de pollution dans la baie d'El Djamila est l'oued Beni Messous. Les deux ports (El Djamila et Sidi Fredj) qui la délimitent à l'Est et à l'Ouest contribuent aussi à sa pollution (Benzohra, 1993).

III. La baie d'Alger

1. Situation géographique

La baie d'Alger est située dans la partie centrale de la côte algérienne. Elle s'inscrit en creux dans la plaine de Mitidja de forme semi-circulaire d'une superficie approximative de l'ordre de 180 km², délimitée par deux caps, la Pointe Pescade (Rais Hamidou) à l'Ouest et le cap Matifou (Bordj El- Bahri) à l'Est. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée. Quant aux coordonnées géographiques de son étendue, elles se situent entre une longitude Est 03° 14' 50'' à 03° 00' 40'' et une latitude Nord 36° 49' 35'' à 36° 49' 50'' (Houma-Bachari, 2009) (figure 3.9).

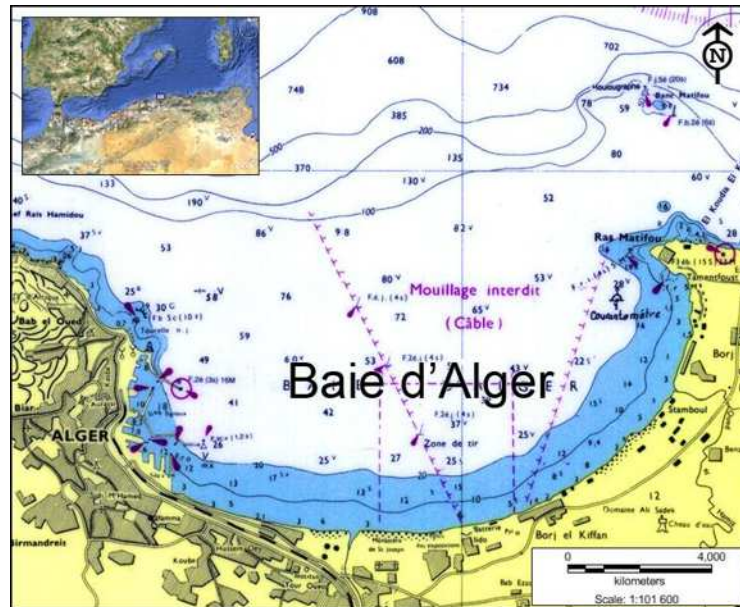


Figure 3.9 : Situation géographique de la baie d'Alger. (S.H.F.M., 2000 ; modifiée)

2. Sédimentologie

Trois faciès sédimentaires existent dans la sédimentologie de la baie d'Alger : (figure 3.10)

Faciès sableux

Ils se limitent à la bordure littorale entre 10 et 35 m de profondeur au Nord des émissaires, et en prolongement des caps où ils s'étendent à des profondeurs plus élevées, et ceci en direction du centre de la baie (Maouche, 1987).

- **Les sables fins**, qui sont essentiellement d'origine terrigène occupant les petits fonds.
- **Les sables moyens**, qui sont limités au secteur littoral de la bordure rocheuse occidentale, ils représentent une bande étroite parallèle au rivage.
- **Les sables grossiers**, qui sont prédominants dans le secteur Est où ils sont mélangés aux faciès pélitiques du Cap Matifou vers l'embouchure de Oued El Hamiz.

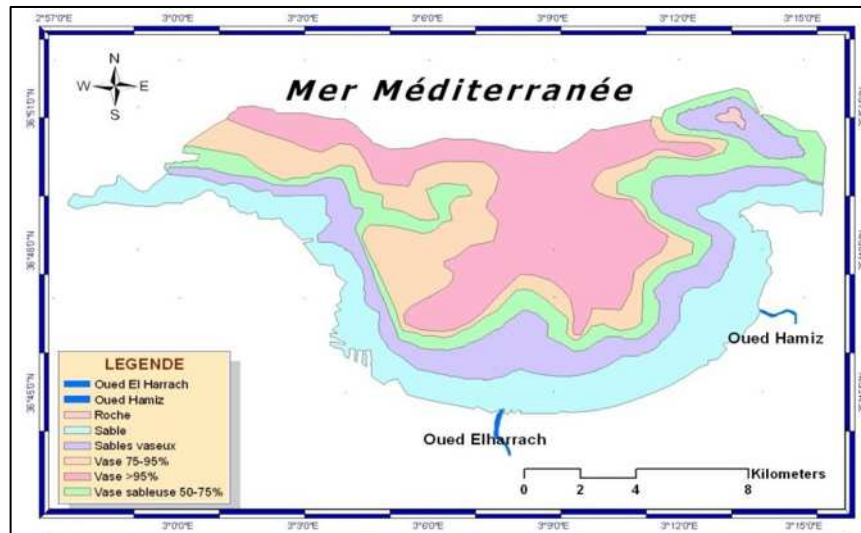


Figure 3. 10 : Nature du fond de la baie d'Alger. (Maouche, 1987)

Faciès carbonatés

On les retrouve dans la bordure Ouest jusqu'à des profondeurs de 35 à 50 m, et dans la bordure Est à des profondeurs plus élevées, au droit du Cap Matifou. Ils sont limités aux bordures rocheuses, ainsi qu'aux hauts fonds rocheux de la baie (Belkessa, 1999).

- **Bordure Ouest** : La fraction carbonatée représente 30 à 35% du sédiment total jusqu'à des fonds de 35 à 50 m.
- **Bordure Est** : Ce faciès s'étend à des profondeurs élevées au large du Cap Matifou où la fraction carbonatée peut être supérieure à 35%.
- **Le haut-fond du Matifou** : la fraction carbonatée constitue plus de 50% du sédiment.

Faciès pélitiques

Ils occupent la partie centrale et le Nord de la baie, on observe un envasement central avec 75 à 95% de fraction pélitique, avec deux invaginations de part et d'autre des oueds. Les faciès vase sableux à vaseux constituent 70 % des dépôts superficiels de la baie d'Alger. La fraction pélitique apparaît à partir de 10m de profondeur où elle représente 10 %, son pourcentage augmente pour atteindre plus de 50 % dès -25 m (-35 m au droit des oueds), à -30m (-50 m au droit des oueds) cette fraction représente 75 % et plus souvent 95 % (Houma-Bachari *et al.*, 2004).

3. Bathymétrie

Le plateau continental est très étroit mais s'élargi au centre de la baie. Ce dernier ne dépasse pas l'isobathe 120 m. En effet, l'isobathe 50 m est à 4,1 km de la côte, celui de 100 m est à 7,6 km, quant à celui de 1000 m il ne se trouve qu'à 12,1 km de la côte (Belkessa *et al.*, 2008).

4. Hydrodynamisme

- **La houle**

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

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

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

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

- **Les courants**

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

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

- ❖ **Le courant de retour** qui correspond à une zone de flot de retour à partir du courant existant au lieu de déferlement de la houle. Ces courants possèdent une vitesse qui dépend de l'énergie de la houle et de la pente de la plage. Ces courants sont responsables de la dispersion d'une partie des sédiments côtiers vers le large (figure 3.10).
- ❖ **Les courants de dérive littorale**, lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique celle-ci donne naissance à un courant de dérive littorale. La vitesse de ce courant est maximale pour un angle d'incidence de 45 % à 50%. La dérive littorale prend naissance au niveau de la zone de déferlement où l'énergie est maximale (Millot,

1987). Cette énergie permet la remise en suspension et le transit des particules sédimentaires le long de la côte.

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

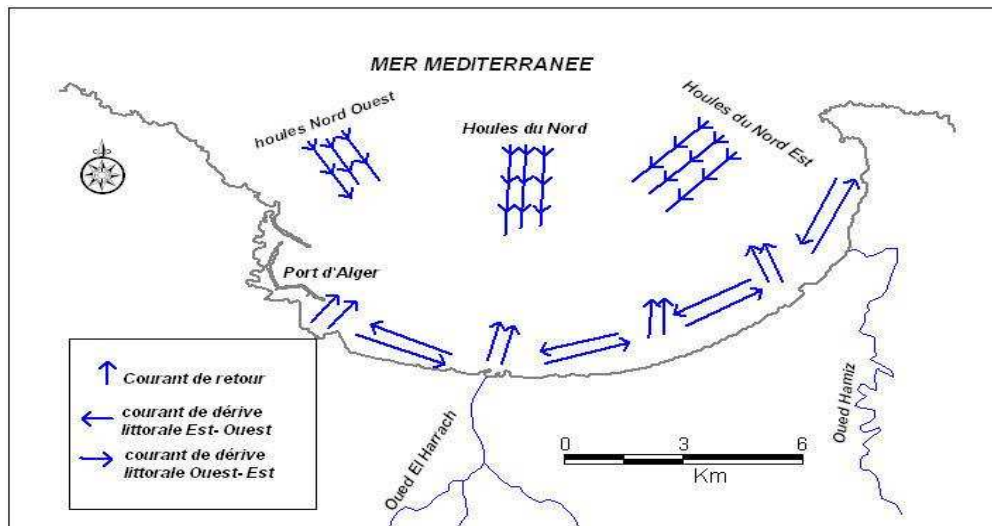


Figure 3. 11 : Bilan des courants dans la baie d'Alger. (LEM, 1998)

La baie d'Alger est caractérisée par la même circulation que le bassin algérien.

D'une façon générale, l'hydrologie de la baie est caractéristique des eaux atlantiques dont la circulation varie en fonction du régime des vents. La baie largement ouverte à l'Ouest reçoit les eaux océaniques qui s'écouleraient à vitesse moyenne de trois nœuds avec un maximum en Décembre et un minimum en Juillet à Août où les vents d'Est sont dominants (Gaumer, 1981).

5. Source potentielles de pollution

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

La zone côtière algéroise constitue le réceptacle de plusieurs types de pollution. Ces eaux usées sont chargées de matières organiques, matières en suspension, détergents et des huiles lubrifiantes, génèrent des pollutions organiques et chimiques, cette situation est aggravée par la quasi absence de traitement des eaux (Houma-Bachari *et al.*, 2004) (figure 3.12).

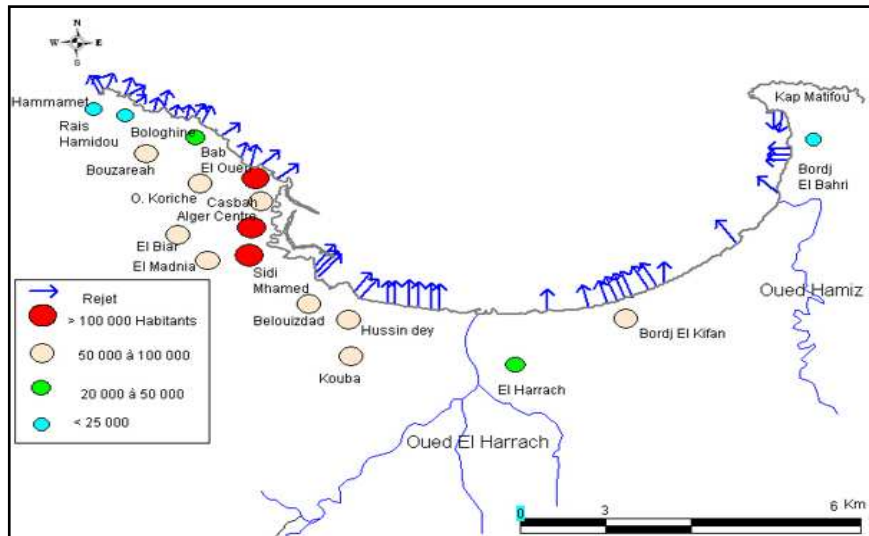


Figure 3. 12 : Principaux rejets d'eaux usées dans la baie d'Alger. (LEM, 1998)



Figure 3. 13 : Rejets urbains et industriels au niveau de la baie d'Alger.

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

- **Hussein Dey** : Zone principalement soumise aux rejets urbains et à l'influence des activités portuaires (Houma-Bachari, 2009).
- **El Harrach** : Son bassin versant couvre une superficie 970 km², son débit en période de pluie est de 1000 m³/seconde. C'est un bassin difficile d'accès caractérisé par de fortes dénivelées, une végétation peu dense et une pluviométrie importante. A ces facteurs d'érosion s'ajoute le caractère torrentiel de l'oued, qui accentue une forte érosion et un alluvionnement important (LEM, 1998). Le bilan des écoulements moyens annuels est de 5.4 m³/s. Ce dernier reçoit tous les rejets urbains, industriels et agricoles, qui influent sur la qualité physico-chimique et microbiologique du milieu marin de la baie d'Alger, ainsi il provoque la rupture de l'équilibre du milieu naturel (Houma-Bachari, 2009).

- **Bordj El Kiffan** : Située à une dizaine de kilomètre à l'Est d'Alger, ce secteur connaît un développement industriel et urbain qui l'expose à une pollution assez accentuée selon le sens du courant et par l'influence des oueds El-Harrach et El-Hamiz (Houma-Bachari, 2009).

El Hamiz : Elle se situe à l'Est de la baie près du cap Matifou. La superficie du bassin versant est de 160 km², son embouchure se situe près du cap Matifou. La présence du barrage El Hamiz en amont réduit considérablement les apports solides venant en mer (LEM, 1998), le débit est régulé par un barrage. L'activité industrielle y est réduite. Il présente une charge polluante peu importante (Houma-Bachari, 2009).

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

I. Localisation des stations

1. La baie de Bou Ismail

Pour étudier la baie de Bou Ismail, nous avons exploité les données d'une base de données d'une campagne océanographique qui a été effectuée en Avril 2010. La figure suivante (figure 4.1), nous montre la répartition des stations dans la baie de Bou Ismail.

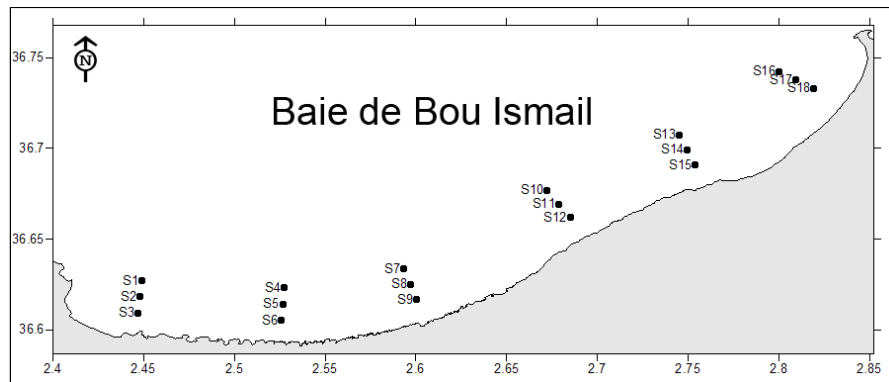


Figure 4. 1 : Localisation des stations en baie de Bou Ismail.

2. La baie d'El Djamila

Une sortie en mer a été effectuée dans la baie d'El Djamila le 27 Mai 2010 à bord de l'embarcation *L'Aurès*, le ciel était nuageux et la mer était agitée. Les prélèvements ont été effectués dans 15 stations (D1 à D15) au niveau de la surface de l'eau. La figure 4.2 montre la localisation des stations.

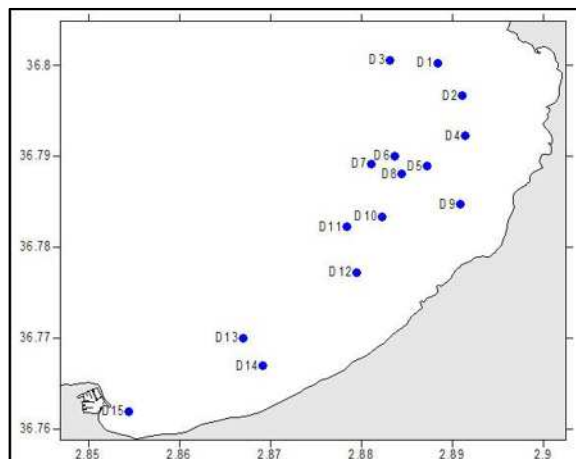


Figure 4. 2 : Localisation des stations dans la baie d'El Djamila.

Le tableau 4.1 donne les coordonnées géographiques des stations de prélèvement au sein de la baie.

Tableau 4. 1 : Coordonnées géographiques des stations de prélèvement dans la baie d'El Djamila.

Station	Longitude	latitude
D1	2,888333 E	36,800278 N
D2	2,891111 E	36,796667 N
D3	2,883056 E	36,800556 N
D4	2,891389 E	36,792222 N
D5	2,887222 E	36,788889 N
D6	2,883611 E	36,790000 N
D7	2,881111 E	36,789167 N
D8	2,884444 E	36,788056 N
D9	2,890833 E	36,784722 N
D10	2,882222 E	36,783333 N
D11	2,878333 E	36,782222 N
D12	2,879444 E	36,777222 N
D13	2,866944 E	36,770000 N
D14	2,869167 E	36,766944 N
D15	2,854444 E	36,761944 N

3. La baie d'Alger

Un échantillonnage de l'eau de mer de surface dans la baie d'Alger a été effectué, dans 10 stations de prélèvement (B1 à B10), le 19 Mars 2011 à bord du navire océanographique M. S. Benyahia. La localisation des stations est illustrée dans la figure 4.1. Au jour de la sortie, la mer était légèrement agitée et le ciel était dégagé.

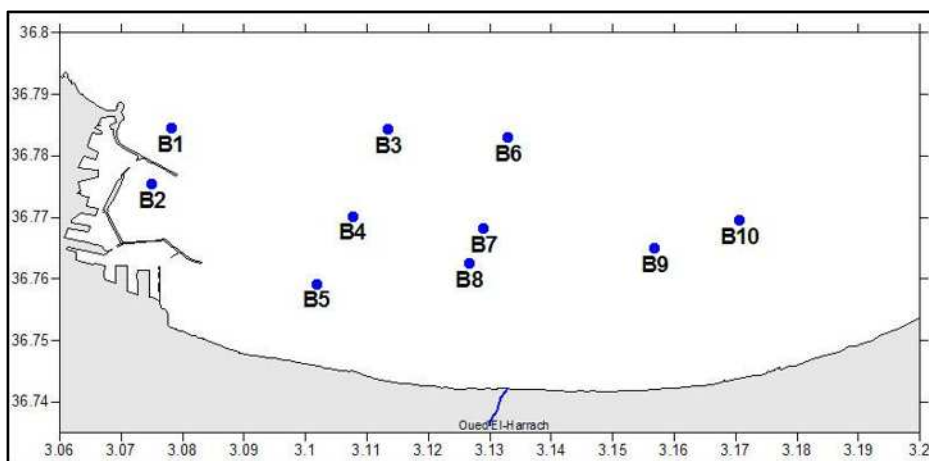


Figure 4. 3 : Localisation des stations dans la baie d'Alger.

Le tableau 4.2 nous donne les coordonnées géographiques des stations de prélèvement au sein de la baie d'Alger.

Tableau 4. 2 : Coordonnées géographiques des stations de prélèvement dans la baie d'Alger.

Station	Longitude	Latitude
B1	3,078167 E	36,784500 N
B2	3,075000 E	36,775333 N
B3	3,113500 E	36,784333 N
B4	3,107667 E	36,770167 N
B5	3,101833 E	36,759167 N
B6	3,133000 E	36,783000 N
B7	3,129000 E	36,768167 N
B8	3,126667 E	36,762500 N
B9	3,156833 E	36,765000 N
B10	3,170667 E	36,769500 N

Une base de données sur des données d'analyses physico-chimiques et biologiques a été mise à notre disposition pour son exploitation pour l'étude de la modélisation satellitaire. Les prélèvements ont été effectués en Mai 2009 dans la baie d'Alger. La figure suivante montre la répartition des stations de prélèvement dans la baie.

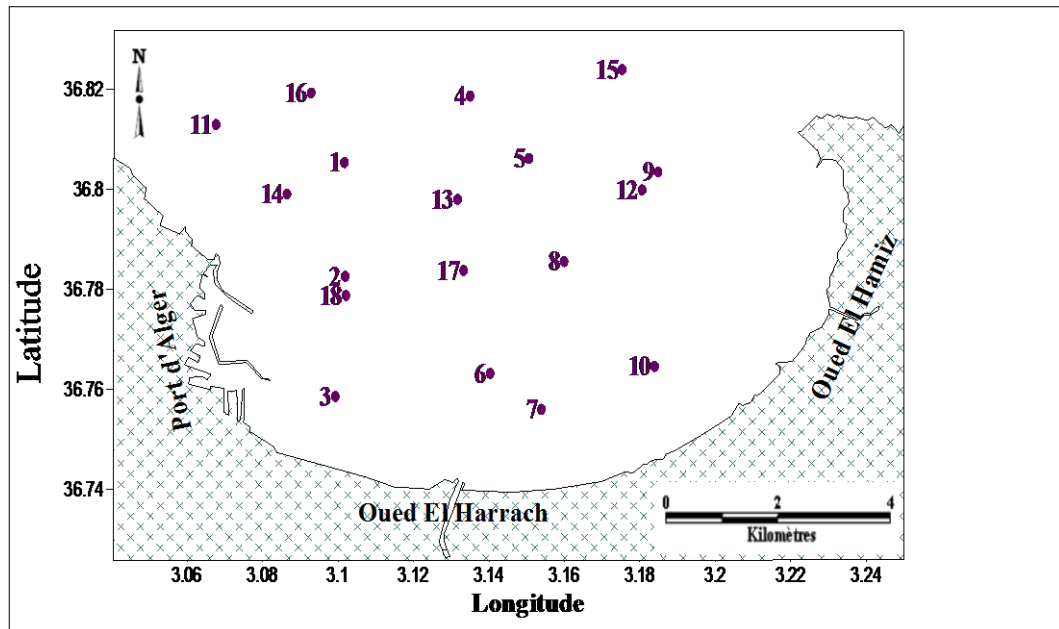


Figure 4. 4 : Stations de la base de données de la baie d'Alger.

II. Matériel de prélèvement

Des flacons en polyéthylène ont été préalablement préparés pour recevoir les échantillons d'eau de mer. Les flacons ont été rincés à l'eau de robinet ensuite à l'eau acidulée (HCl 10 %) puis à l'eau distillée, par la suite les flacons sont séchés à l'étuve

puis hermétiquement fermés. L'étiquetage des flacons est préalablement réalisé pour faciliter le travail en mer.

Pour l'analyse des sels nutritifs, un seul flacon de 100 ml est prévu. 2 autres flacons de 250 ml sont prévus pour l'analyse des matières en suspension et de la chlorophylle.

Le remplissage des flacons est directement effectué par immersion après un conditionnement par rinçage à l'eau échantillonnée.

III. Mesure des paramètres physico-chimiques

1. Mesures *in-situ*

Des valises multi-paramètres nous ont permis de mesurer les paramètres physico-chimiques de l'eau *in-situ* (figure 4.5). Pour ce faire, l'électrode de l'appareil est plongée dans l'eau de l'échantillon et la valeur du paramètre n'est notée qu'après stabilité de l'afficheur.



Figure 4. 5 : Valises multiparamètres et mesures à bord.

1) Température

La température de l'eau a été mesurée *in-situ* à l'aide d'un conductimètre de terrain préalablement calibré de la marque WTW® pour les deux sorties. La température est donnée en °C.

2) Salinité et conductivité

La salinité et la conductivité ont été mesurés *in-situ* à l'aide d'un conductimètre de terrain préalablement calibré de la marque WTW® modèle *Cond 315i* pour les deux

sorties. La conductivité est donnée en milliSiemens/cm et la salinité P.S.U (Practical Salinity Unit).

3) Le pH

Le pH est mesuré *in-situ* à l'aide d'un pH-mètre de terrain préalablement calibré de la marque **WTW®** modèle *pH 315i* pour la première sortie et de la marque **Consort** pour la deuxième sortie.

4) Oxygène dissous

L'oxygène dissous est mesuré *in-situ* à l'aide d'un oximètre de terrain préalablement calibré de la marque **WTW®** modèle *Oxi 197i*. La concentration en oxygène est donnée en mg/l et le pourcentage de saturation en oxygène est aussi indiqué (en %).

5) Turbidité

La turbidité est mesurée *in-situ* à l'aide d'un turbidimètre de terrain préalablement calibré de la marque **Lovibond®** modèle *TurbiDirect*. La turbidité est donnée en NTU (Nephelemetric Turbidity Unit).

L'eau de l'échantillon est remplie dans la cellule fournie avec l'appareil et elle est introduite dans son emplacement dédié, l'appareil affiche ensuite la valeur de la turbidité après un bref temps de lecture. La cellule doit être conditionnée par un simple rinçage avec l'eau échantillonnée pour minimiser toute erreur de lecture.

2. Manipulations au laboratoire

1) Matières en suspension (MES)

a) Principe

Cette mesure consiste à filtrer l'eau sur une membrane poreuse afin de retenir les particules supérieure à 0,45 μm (Aminot et Chausse-Pied ,1983). La différence de poids des filtres avant et après filtration permet de connaître la masse sèche totale de matières en suspension dans le volume filtré correspondant.

La norme française T90-105 AFNOR (1972) recommande l'utilisation des disques filtrants en fibre de verre (GF/F) de 0,45 de porosité pour les eaux côtières et les eaux du large (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

b) Matériel utilisé

- Dispositif de filtration de marque **Millipore®**.
- Disques filtrants en fibre de verre (filtres **Whatman®** GF/F).
- Four à moufle de marque **Wisetherm®**.

- Etuve de type *WTB BINDER*®.
- Balance de précision de marque *Shimadzu*® modèle *AUW220D*.
- Eprouvette graduée de 250 ml et des pinces.

c) **Mode opératoire**

Préparation des filtres :

- Les filtres GF/F sont mis dans un four à moufle de marque *Wisetherm* à 450 °C pendant une heure, ce traitement renforce la rigidité et la solidité des membranes, les filtres sont ensuite rincés l'eau distillée, puis séchés à l'étuve pendant 2 heures à 70 °C.
- Placer chaque filtre dans une boîte à filtre préalablement étiquetée, et placer dans un dessiccateur pour refroidir.
- Peser le filtre pour avoir P_1 en mg.
- Replacer aussitôt chaque filtre dans sa boîte, à l'abri de la poussière.

Filtration de l'eau de mer :

Lors de la première sortie, la filtration de a été effectuée le lendemain. Et lors de la deuxième sortie la filtration a été effectuée à bord du navire juste après l'échantillonnage (figure 4.6).



Figure 4. 6 : Dispositif de filtration utilisé à bord.

Ainsi cette étape consiste à :

- Agiter l'échantillon prélevé avant sa filtration.
- Mesurer aussitôt le volume à filtrer ($V_F = 250$ ml).
- Placer un filtre et le centrer dans le dispositif de filtration.
- Verser l'échantillon sur le filtre et appliquer le vide et filtrer progressivement tout le volume mesuré.

- Supprimer l'aspiration dès que le filtre est à sec.
- Remettre chaque filtre dans sa boîte numérotée.
- Mettre les boîtes à sécher dans l'étuve.

Pendant la deuxième, du fait que la filtration a été effectuée à bord, les filtres ont été conservés à 4 °C jusqu'au moment du séchage le lendemain.

Séchage et pesée des filtres :

- Mettre les boîtes contenant les filtres, sans le couvercle, dans une étuve exempte de poussières à 70 °C pendant 2 h (Apha, 1980 in Aminot et Chausse-Pied, 1983).
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et n'en sortir les filtres que juste avant la pesée.
- Peser chaque filtre pour avoir un P_2 en mg.

d) Calculs et expression des résultats :

Le calcul de la concentration en MES s'est fait avec la formule suivante :

$$[MES] \text{ (mg/l)} = \frac{(P_2 - P_1)}{V_F} \dots\dots\dots(4.1)$$

Soit : P_1 , poids du filtre avant filtration (mg) ;

P_2 , poids du filtre après filtration (mg) ;

V_F , volume filtré de l'échantillon (l).

2) Matière organique particulaire (MOP)

a) Principe

Cette mesure consiste à calciner les filtres déjà utilisés pour la mesure de la concentration des matières en suspension. La teneur en matière inorganique particulaire est obtenue par la différence de poids des filtres avec les creusés avant et après calcination, ainsi la soustraction de la concentration de la matière inorganique particulaire de celle de la matière en suspension permet de connaître la masse de matière organique particulaire. La matière organique particulaire est majoritairement d'origine phytoplantonique (Rodier *et al.*, 2005).

b) Matériel utilisé

- Four à moufle de marque *Wisetherm*®.
- Des creusés en porcelaine.
- Balance de précision de marque *Shimadzu*® modèle *AUW220D*.

c) Mode opératoire

- Les filtres issus de la mesure de la concentration en MES, sont conservés afin de déterminer le charge des eaux en MOP dans un dessiccateur, dans un but d'éviter qu'ils absorbent l'humidité de l'aire.
- Numéroter les creusés en bas au crayon après nettoyage pour enlever toute poussière.
- Peser les creusés vide pour un avoir P_3 en mg.
- Plier chaque filtre en 4 à l'aide de deux pinces et le mettre dans un creusé.
- Peser ensuite le creusé avec le filtre P_4 .
- Placer les creusés dans le four à moufle et programmer à 600°C pour une durée de 2 h.
- Retirer les creusés à l'aide d'un bras métallique et les mettre dans un dessiccateur pour refroidir.
- Une fois refroidis, peser les filtres calciné pour la dernière fois P_5 ;

d) Calculs et expression des résultats

Le calcul de la concentration en MOP s'est fait avec la formule suivante:

$$[\text{MOP}](\text{mg/L}) = \frac{(P_4 - P_3) - (P_5 - P_3)}{V_F} \dots\dots\dots(4.2)$$

Soit : P_3 , poids du creusé vide (mg) ;

P_4 , poids du creusé avec le filtre avant calcination (mg) ;

P_5 , poids du creusé avec le filtre après calcination (mg) ;

V_F , volume filtré de l'échantillon (l).

3) Sels nutritifs

❖ Méthode d'analyse

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , SiO_2 et NH_4^+) est le dosage par colorimétrie à flux continu et automatisé sur l'appareil *Skalar® San Plus Analyser* selon les protocoles définis par *Skalar analytical® (1995)*.



Figure 4. 7 : L'appareil d'analyse des sels nutritifs *Skalar® San Plus Analyser*.

Après installation et préparation de l'appareil *San Plus Analyser* pour l'analyse et un temps de stabilisation d'environ 20 minutes, les échantillons d'eau de mer à analyser sont remplis dans un tubes de 10 ml pour chacun et sont installés dans les emplacements qui leur sont dédiés dans l'appareil d'analyse (figure 4.7), l'analyse est ensuite déclenchée et les résultats d'analyse sont donnés au niveau de l'ordinateur relié à l'appareil *via* le logiciel fourni avec l'appareil d'analyse.

a. Principe de la colorimétrie :

Cette méthode est l'une des méthodes de dosage chimique des sels nutritifs basée sur l'absorption de la lumière par la solution analysée. Elle est appelée aussi photométrie. La colorimétrie est basée sur la loi de Beer-Lambert qui est définie comme suit :

$$A = \ln I_0/I = \varepsilon.L.C \dots \dots \dots (4.3)$$

Soit : I_0 et I , l'intensité lumineuse incidente et l'intensité lumineuse émergente du milieu absorbant respectivement ;

A , l'absorbance ou densité optique ;

ε , coefficient d'extinction moléculaire ;

L , trajet optique (épaisseur du milieu absorbant) en cm ;

C , concentration du milieu absorbant en unité de poids par unité de volume.

L'absorption et la transmission sont deux phénomènes auxquels est soumise une substance d'épaisseur (L) traversée par un faisceau lumineux monochromatique. Les quantités de lumières absorbées (absorbance) et transmise (transmission) obéissent à la loi de Beer-Lambert.

b. Matériel utilisé :

- *San Plus Analyser* de marque *Skalar*®.
- Bi-distillateur *Milli-Q*® *Reagent Water System*.
- Des micropipettes *Fortuna*®, une de 200 à 1000 μ l et l'autre de 20 à 250 μ l, ainsi que des fioles de 100 et 500 ml.
- Balance de précision, Spatule, entonnoir et béchers de 100 ml.

c. Principe général

Le principe de dosage des sels nutritifs est basé sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (T° , pH...) avec des réactifs spécifiques pour donner naissance à une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'ondes (λ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration qui est plus importante lorsque la solution est concentrée en sel dosé.

d. Etalonnage

Cette opération nécessite la préparation pour chacun des éléments à analyser une solution mère et une solution fille. Pour chacune de ces solutions filles, on réalise une série de six étalons couvrant la gamme de la concentration des échantillons rencontrée habituellement dans l'eau de mer.

Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connus des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes.

Le détail du protocole expérimental pour la préparation des réactifs et solutions est en annexe 6.

a) Ammonium (NH_4^+)

Le constructeur Skalar® a adapté la procédure automatisée pour la détermination de l'ammonium pour l'analyse de l'eau de mer, qui est basé sur la réaction de [Berthelot \(1859\)](#) modifiée par Thé.

En milieu alcalin ($8 < \text{pH} < 11,5$), l'ammonium dissous réagit sur l'hypochlorite pour former une monochloramine. Ce composé, en présence de phénol et d'un excès d'hypochlorite (milieu oxydant) donne lieu à la formation d'un bleu indophénol. Après oxydation un composé coloré vert est formé. La réaction de Thé est catalysée par le nitroprusside de sodium. Le composé formé dans un maximum d'absorption qui se fait à une longueur d'onde de 630 nm.

b) Nitrate et Nitrite (NO_3^- et NO_2^-)

La méthode est basée sur la réduction des nitrates en nitrites par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre ([Wood et al., 1967, in Aminot et Kérouel, 2004](#)). Après cette réduction les nitrites sont dosés selon les conditions réactionnelles décrites par [Bendshneider et Robinson \(1952, in Aminot et Kérouel, 2004\)](#).

En effet, les nitrites forment un diazoïque par réaction avec la sulfanilamide en milieu acide ($\text{pH} < 2$). Ce composé formera ensuite, en présence de N-naphtylethylene di-amine, un composé azoïque de couleur rose absorbant un maximum de lumière à 540 nm ([Skalar®, 1995](#)).

c) Orthophosphate (PO_4^{3-})

Sa méthode d'analyse est la colorimétrie du bleu phosphomolybdique, qui est basée sur la réaction de Deniges selon la méthode de [Murphy & Reily \(1962, in Aminot et Kérouel, 2004\)](#).

Le molybdate d'ammonium et le tartrate d'antimoine de potassium réagissent à une température de 40°C dans un milieu acide avec les solutions diluées du phosphate pour former un composé d'antimoine-phospho-molybdate. Ce composé est réduit à un composé intensément bleu-coloré par l'acide ascorbique à un maximum d'absorption à 880 nm.

d) Silicate (SiO_2)

4) Chlorophylle *a* totale

L'étude de la concentration en chlorophylle *a* du phytoplancton est possible avec l'utilisation de la méthode fluorimétrique de Yentsch Menzel adaptée par [Holm-Hansen et Reimann \(1978 in Lemaire, 2002\)](#) pour l'extraction des pigments à l'aide du méthanol. La sensibilité est considérablement accrue par rapport à la méthode d'analyse en utilisant la spectrophotométrie d'absorption ordinaire ([Lemaire, 2002](#)).

La spectrofluorimétrie à ultraviolet (SFUV), une technique d'analyse de la chlorophylle est décrite par [Raimbault et al. \(1988 in Raimbault et al., 1993\)](#).

a) Principe

La SFUV mesure l'émission de fluorescence de molécules soumises à un rayonnement d'excitation ultraviolet. La réponse est fonction de la structure moléculaire et s'applique aux molécules possédant des liaisons doubles conjuguées.

b) Appareillage

- Dispositif de filtration : La filtration est effectuée sous vide en utilisant des filtres en fibre verre (GF/F).
- Tubes de mesure : Pour l'extraction, des tubes en verre avec bouchon.
- Centrifugeuse : Centrifugeuse *Hettich Zentrifugen® EBA 30*.
- Spectrophotomètre à fluorescence : L'appareil utilisé pour la mesure de la chlorophylle est un spectrophotomètre de Fluorescence *HITACHI® 650 S* équipé d'une lampe « Xénon » qui est la source du rayonnement UV et une cellule en quartz de 1 cm de trajet optique.

c) Réactifs

- Suspension carbonate de magnésium $MgCO_3$ à 1 %.

- Solvant d'extraction : Méthanol à 99,7 %.

d) Filtration

- Les échantillons de la première sortie ont été filtrés le lendemain et les échantillons de la deuxième sortie ont été filtrés juste après l'échantillonnage à bord du navire.
- Pour les deux sortie, la filtration s'est faite sur des filtres en fibre de verre *Whatman® GF/F* après ajout de quelques gouttes de $MgCO_3$.
- Immédiatement après la filtration, le filtre est plié sur quatre et enrobé dans du papier aluminium déjà étiqueté. Ensuite les filtres sont conservés dans un congélateur.

e) Mode opératoire

- Mettre le filtre dans un tube après son conditionnement avec du méthanol.
- Ajouter un volume V_E de méthanol dans le tube contenant le filtre.
- Le tube est ensuite bouché et placé dans un réfrigérateur (4 °C), pour une période d'extraction de 30 minutes.
- Après 30 minutes d'extraction, placé dans la centrifugeuse à 3000 tours/min, pendant 2 minutes.
- Allumer l'appareil et la lampe une heure avant les mesures.
- Régler le zéro de l'appareil avec un tube témoin contenant un filtre vierge ayant subi les mêmes traitements que les échantillons, excepté la filtration du plancton.
- Après ce délai la fluorescence de l'échantillon est mesurée sur le spectrophotomètre à fluorescence dans la cellule en quartz, les deux fentes de l'appareil sont réglées sur 10 nm et la longueur d'onde d'émission sur 665 nm et d'excitation sur 440 nm.

• *Etalonnage*

L'étalonnage est réalisé à l'aide d'une série de cinq standards, et un blanc du méthanol pour tracer une droite d'étalonnage de la chlorophylle *a*.

Les standards (S1 à S5) sont préparés à partir d'une solution mère de chlorophylle *a* de concentration 4 mg/l, la solution est obtenue par dissolution de 1 mg de chlorophylle pure dans 250 ml de méthanol.

Le tableau suivant donne les concentrations des standards et leurs intensités de fluorescence (IF) mesurées en unité arbitraire (U.A.).

Tableau 4. 3 : Gamme d'étalonnage de chlorophylle *a* utilisée.

Solution	Concentration (µg/l)	IF (U.A.)
Méthanol	0	0
S1	2	0,2
S2	5	0,8
S3	10	1,1
S4	15	1,6
S5	20	2,1

Ainsi une droite d'étalonnage est établie afin de déduire sa pente qui sert en qualité de coefficient d'étalonnage *K*.

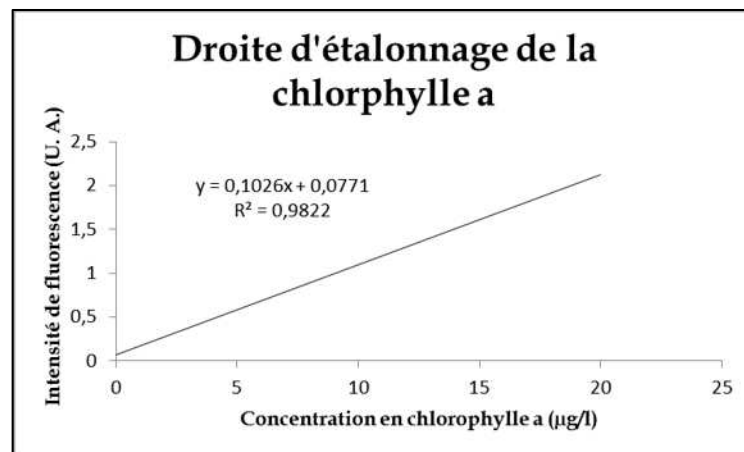


Figure 4. 8 : Droite d'étalonnage de la chlorophylle *a*.

• *Mode de calcul des concentrations*

Les concentrations de la chlorophylle *a* sont évaluées d'après les formules de Lorenzen qui néglige la présence des phéopigments (1966, in Aminot et Chausse-Pied, 1983). Ainsi on détermine la concentration en chlorophylle *a* totale.

$$[\text{Chlorophylle } a] (\mu\text{g/l}) = \frac{IF}{K} \times \frac{V_E}{V_F} \dots \dots \dots (4.4)$$

Soit : *IF*, intensité de fluorescence (U.A) ;

K, coefficient d'étalonnage établi avec la solution mère de la chlorophylle *a* ;

V_E, volume d'extraction ;

V_F, volume de l'échantillon filtré (*V_F* = 250 ml).

5) Spectre d'absorption (ou signature spectrale)

Les échantillons de la deuxième sortie ont été passés dans un spectrophotomètre avec une gamme de spectre allant de l'UV visible au proche infra-rouge (200 nm - 1100

nm) pour déterminer leur signature spectrale. L'appareil utilisé est de marque *Hitachi*® modèle *U-2001*.

La ligne de base est réglée avec l'eau bi-distillée, et la cellule est conditionnée par simple rinçage avec l'eau échantillonnée entre chaque passage au spectrophotomètre.

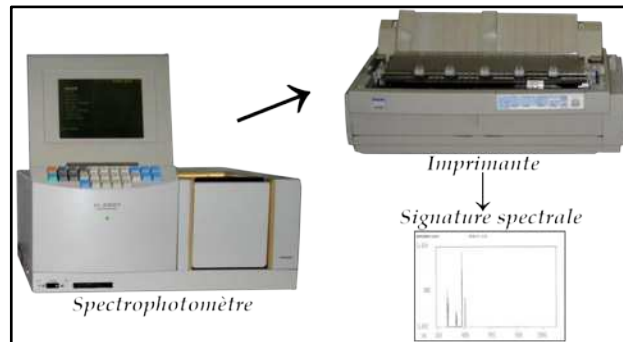


Figure 4. 9 : Obtention de la signature spectrale d'un échantillon d'eau de mer.

L'appareil donne un tracé avec la longueur d'onde (nm) en l'axe des abscisses et l'absorbance en l'axe des ordonnées, le graphe est ensuite imprimé avec l'imprimante reliée à l'appareil en vue d'une analyse ultérieure (figure 4.9).

6) Phytoplancton

a) Prélèvement des échantillons

Les récoltes d'eau destinées à l'étude microscopique du phytoplancton ont été réalisées avec des prélèvements d'eau de surface dans des bouteilles en polyéthylène téréphtalate de 500 ml.

b) Fixation et conservation des organismes phytoplanctoniques

La fixation des échantillons a été réalisée immédiatement après leur prélèvement. Le fixateur utilisé est le lugol. Les échantillons sont conservés à l'obscurité.

Le lugol en solution acide est un fixateur bien adapté aux diatomées, aux nanoflagellés nus et aux dinoflagellés (Travers, 1969 in Gaumer, 1981). Par contre, il ne convient pas pour les coccolithophoridés à cause de la dissolution des plaques calcaires. Aussi le choix des cuves est très important. Les cuves de petit volume permettent, par la faible densité du seston, un examen plus facile du nanoplancton et une meilleure estimation quantitative (Jacques, 1968 in Gaumer, 1981). Les cuves de plus grands volume sont nécessaires quand la densité cellulaire est faible.

On a utilisé les cuves de 100 et 50 ml à sédimentation, la sédimentation a duré 24 heures.

c) Protocole

- L'échantillon (500 ml) est conservé au noir après ajout du lugol.
- Le comptage des cellules a été réalisé à l'aide de la méthode classique d'Utermöhl (1958 *in* Gaumer, 1981).
- Homogénéiser l'échantillon et le concentrer dans des cuves de 50 ml et à 100 ml, l'analyse est faite à l'aide d'un microscope inversé Zeiss HBO 50/AC Axio vert 25 équipé d'une caméra HRC.
- Les comptages ont été effectués aux grossissements G×20 et G×40.

d) Identification des espèces phytoplanctoniques

Après sédimentation, la détermination des espèces phytoplanctoniques a été réalisée en utilisant les ouvrages suivants : Boni *et al.*, (2005), Carmelo et Tomas (1997), Ricard (1987), Kazumis et Yasuwo (2000), Cupp (1977), Peraguallo (1965) et Nezan *et al.* (1997).

e) Comptage des cellules phytoplanctoniques

La microscopie est une technique classique de dénombrement des microalgues. La principale critique faite à cette méthode est le temps nécessaire à l'analyse des échantillons (Garibotti *et al.*, 2003 *in* Jacquet, 2005). Le comptage du phytoplancton a été fait sur toute la cuve.

Résultats et discussion

Résultats et discussion

I. Paramètres physico-chimiques

1. Salinité

a) Baie d'El Djamila

La salinité moyenne mesurée dans la baie d'El Djamila à la surface de l'eau a été de 36,52 P.S.U avec un écart-type de 0,21 P.S.U, un minimum de 36,1 P.S.U et un maximum de 36,8 P.S.U. La figure 5.1 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

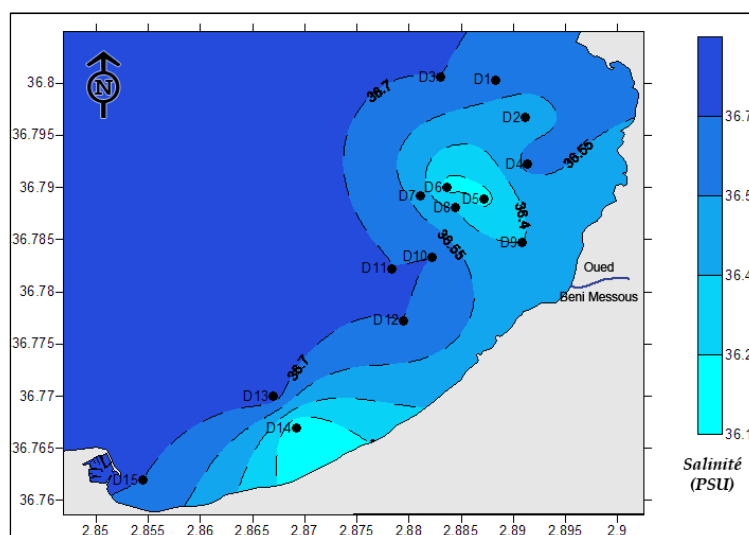


Figure 5.1 : Distribution spatiale de la salinité à la surface de la baie d'El Djamila.

Les plus faibles valeurs de salinité sont localisées au niveau des stations se trouvant proches de l'oued Beni Messous, ce qui peut facilement être expliqué par les apports en eau douce conduits par le cours d'eau.

Dans l'ensemble, nous remarquons que la salinité varie peu dans la baie ce qui est démontré aussi par un faible écart-type et l'écart entre le minimum et le maximum de 0,7 P.S.U.

b) La baie d'Alger

La salinité moyenne mesurée dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de 36,26 P.S.U avec un écart-type de 0,57 P.S.U, un minimum de 34,7 P.S.U et un maximum de 36,7 P.S.U. La figure 5.2 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

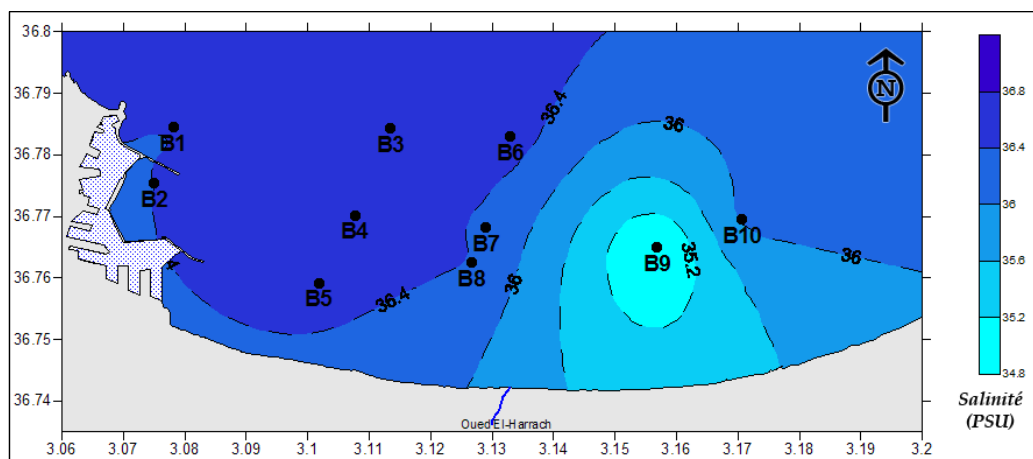


Figure 5. 2 : Distribution spatiale de la salinité à la surface de la baie d'Alger.

Comme pour le cas de la baie d'El Djamilia, l'influence des eaux douces apportées des cours d'eau est clairement marquée. L'oued El Harrach apporte les eaux douces qui font baisser la salinité des eaux de la baie se trouvant à proximité, ce qui est clairement observé au niveau de la station B9.

2. Température

a) Baie d'El Djamilia

La température moyenne observée dans la baie d'El Djamilia à la surface de l'eau a été de 19,58 °C avec un écart-type de 0,83 °C, un minimum de 16,6 °C et un maximum de 20,1 °C. La figure 5.3 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

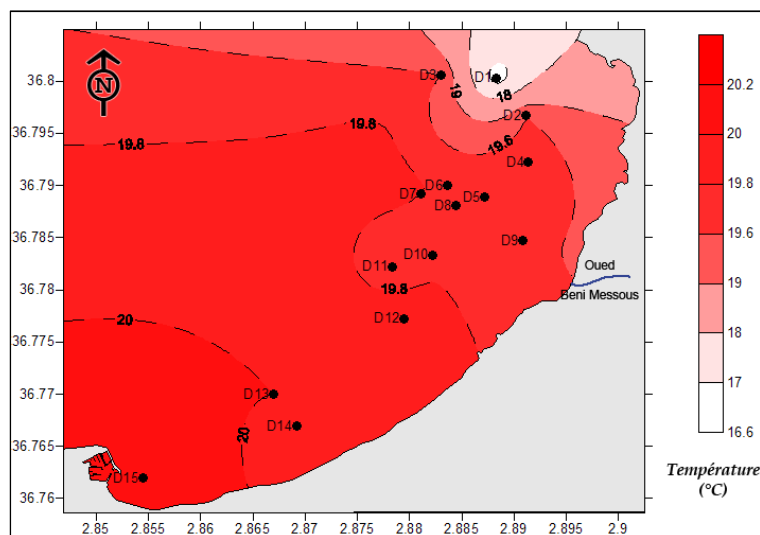


Figure 5. 3 : Distribution spatiale de la température à la surface de la baie d'El Djamilia.

On remarque que les eaux superficielles de la baie sont de plus en plus chaudes en allant du port d'El Djamilia au NE vers le port de Sidi Fredj au SW.

b) La baie d'Alger

La température moyenne observée dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de 17,26 °C avec un écart-type de 0,54 °C, un minimum de 16,7 °C et un maximum de 18,1 °C. La figure 5.4 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

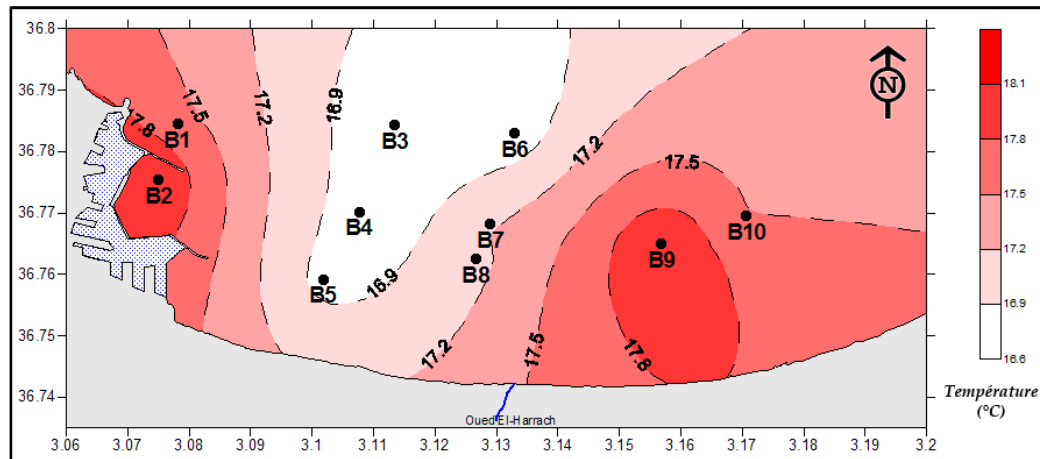


Figure 5.4 : Distribution spatiale de la température à la surface de la baie d'Alger.

On remarque que l'eau de surface à proximité du port et à l'Ouest de l'Oued El Harrach est plus chaude qu'au niveau des stations situées entre les longitudes 3,1 ° et 3,14 ° Est.

Les courants froids venant du large pourraient être à l'origine de cette distribution hétérogène des valeurs de la température au sein de la baie.

3. Oxygène dissous

a) Baie d'El Djamila

L'oxygène dissous n'a pas été mesurée dans la baie d'El Djamila par faute de moyens.

b) La baie d'Alger

La valeur moyenne de l'oxygène dissous dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de 7,94 mg/l avec un écart-type de 0,37 mg/l, un minimum de 7,5 mg/l et un maximum de 8,7 mg/l.

La figure 5.5 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

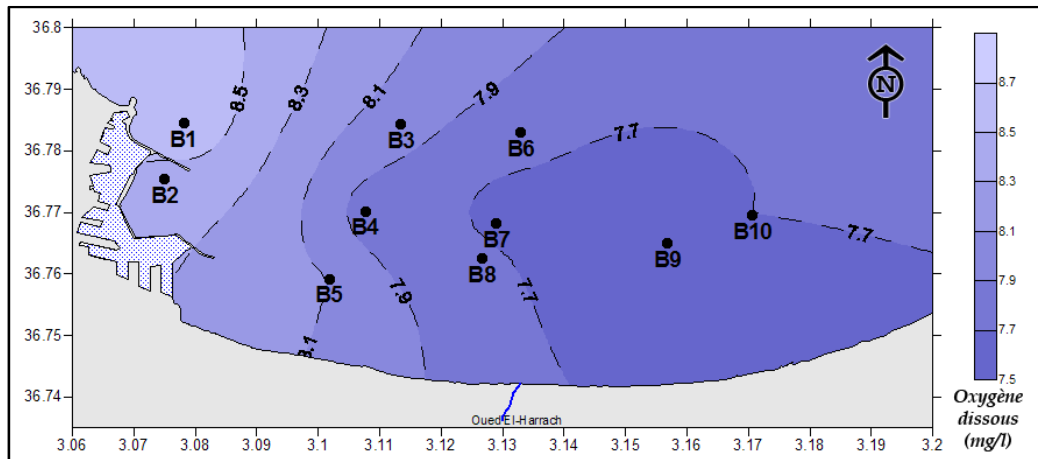


Figure 5. 5 : Distribution spatiale de l’oxygène dissous à la surface de la baie d’Alger.

Les eaux les plus oxygénées se trouvent à l’Ouest de la baie. Plus on va vers l’Est de la baie plus les eaux sont moins oxygénées.

Ceci pourrait être expliqué par la pollution apportée par l’oued El Harrach qui pousse la consommation en oxygène à ses maxima dans cette partie de la baie.

4. pH

a) Baie d’El Djamila

Le pH moyen mesuré dans la baie d’El Djamila à la surface de l’eau a été de 8,18 avec un écart-type de 0,02, un minimum de 8,15 et un maximum de 8,22. La figure 5.6 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

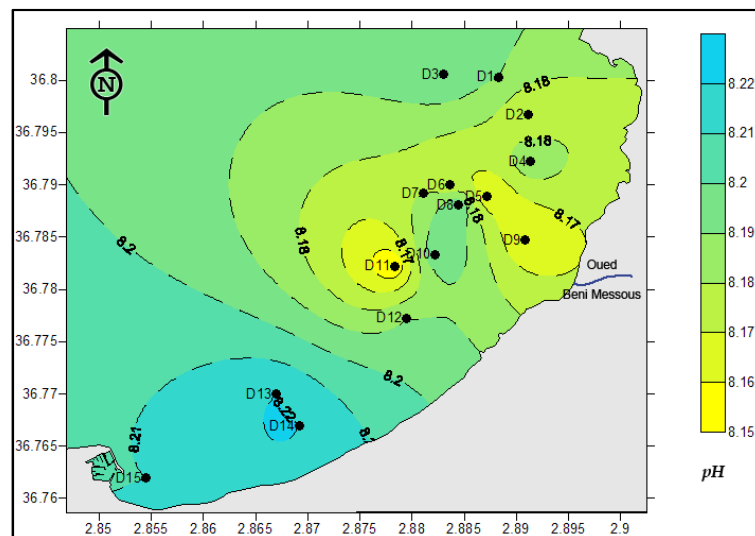


Figure 5. 6 : Distribution spatiale du pH à la surface de la baie d’El Djamila.

Le pH varie peu dans cette baie (écart-type 0,02). Toutefois, les valeurs les plus acides se trouvent au niveau des stations qui sont localisées à proximité de l’oued Béni Messous.

Et les valeurs les plus basiques se trouvent à côté du port de Sidi Fredj. Ici encore, les eaux apportées par le cours d'eau influeraient sur la valeur de ce paramètre.

b) La baie d'Alger

Le pH moyen mesuré dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de 8,17 avec un écart-type de 0,17, un minimum de 7,68 et un maximum de 8,27. La figure 5.7 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

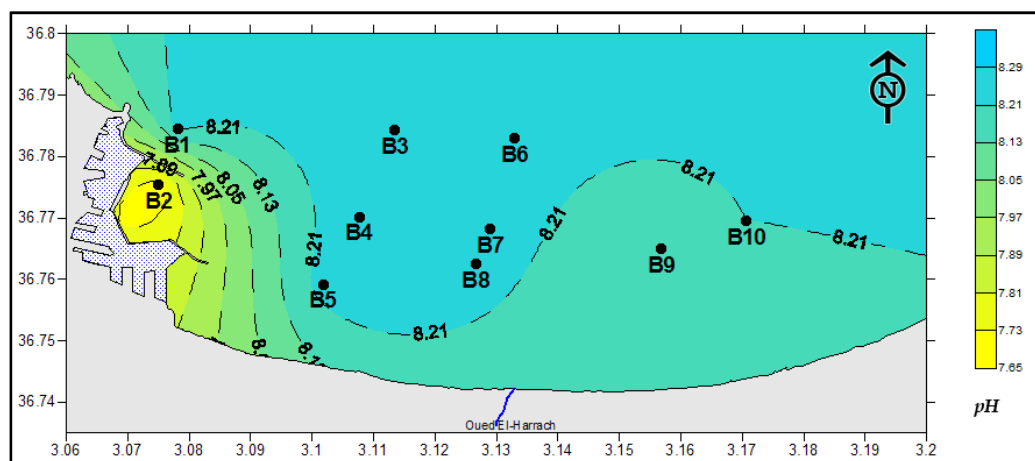


Figure 5. 7 : Distribution spatiale du pH à la surface de la baie d'Alger.

Le pH au niveau de baie d'Alger est homogène dans l'ensemble des stations à l'exception de la station B2 se trouvant à proximité du port d'Alger et plus précisément au niveau de la passe Nord du port.

L'influence des eaux portuaires pourrait expliquer l'acidité relative des eaux se trouvant dans cette région de la baie.

5. Conductivité électrique

a) Baie d'El Djamila

La conductivité moyenne mesurée dans la baie d'El Djamila à la surface de l'eau a été de 49,91 mS/cm avec un écart-type de 0,39 mS/cm, un minimum de 49,4 mS/cm et un maximum de 51 mS/cm.

La figure 5.8 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

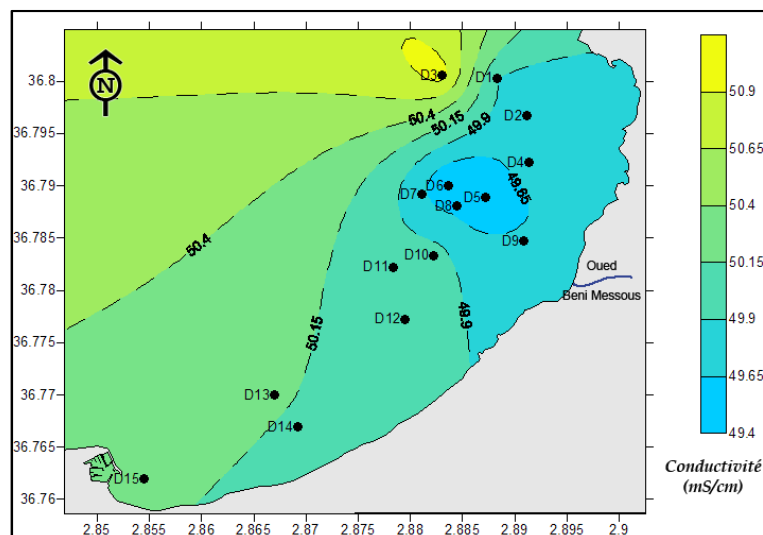


Figure 5. 8 : Distribution spatiale de la conductivité à la surface de la baie d'El Djamil.

On remarque que les plus faibles valeurs de conductivité se situent dans les stations proches de la côte au NE, la station D3 refermant la valeur la plus élevée se situe le plus au large. Les valeurs de conductivité au niveau des stations au SW de la baie sont relativement plus importantes, ceci pourrait très bien être expliqué par l'alimentation en eau douce provenant de l'oued Beni Messous qui se situe en face de la station de prélèvement D9 ; les eaux douces influent sur la salinité de l'eau de mer et donc sur sa conductivité.

b) La baie d'Alger

La conductivité moyenne observée dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de 49,56 mS/cm avec un écart-type de 0,79 mS/cm, un minimum de 47,6 mS/cm et un maximum de 50,3 mS/cm. La figure 5.9 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

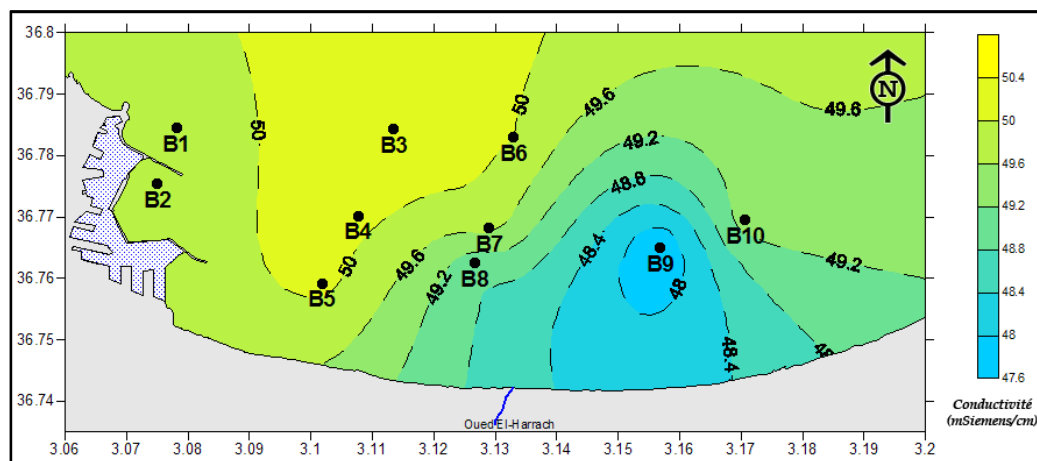


Figure 5. 9 : Distribution spatiale de la conductivité à la surface de la baie d'Alger.

Nous pouvons remarquer que les eaux avec la plus faible valeur de conductivité se situent à proximité de l'oued El Harrach, ceci est probablement dû à l'influence des eaux douces qui en proviennent.

II. Sels nutritifs

1. Ammonium (NH_4^+)

a) Baie d'El Djamila

La concentration moyenne en ammonium [NH_4^+] mesurée dans la baie d'El Djamila à la surface de l'eau a été de 5,38 $\mu\text{mole/l}$ avec un écart-type de 1,04 $\mu\text{mole/l}$, un minimum de 3,43 $\mu\text{mole/l}$ et un maximum de 7,54 $\mu\text{mole/l}$. La figure 5.10 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

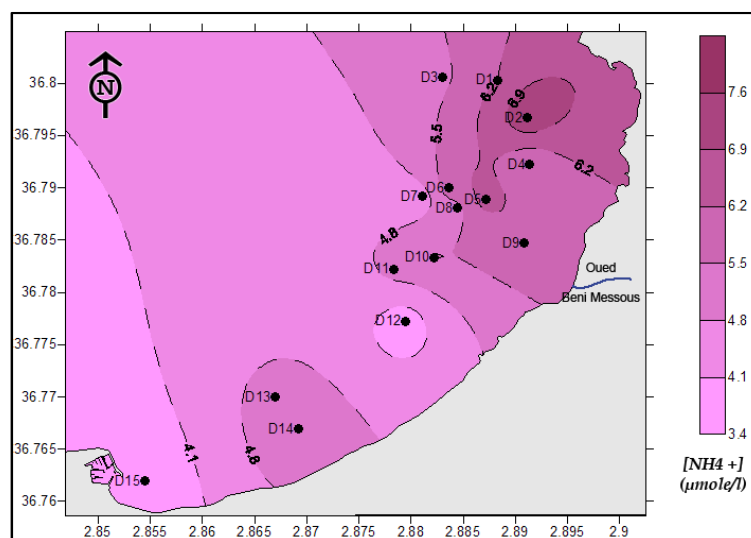


Figure 5. 10 : Distribution spatiale de la concentration en ammonium à la surface de la baie d'El Djamila.

Les valeurs le plus élevées en ammonium se trouvent au Nord-Est de la baie d'El-Djamila. On remarque une augmentation progressive de la concentration en ammonium en allant du port de Sidi Fredj vers le port d'El Djamila.

Les apports de l'oued Béni Messous couplées aux courants hydrodynamiques pourraient expliquer les fortes concentrations observées au Nord-Est de la baie.

b) La baie d'Alger

La concentration moyenne en ammonium [NH_4^+] mesurée dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de 1,259 $\mu\text{mole/l}$ avec un écart-type de 0,487 $\mu\text{mole/l}$, un minimum de 0,085 $\mu\text{mole/l}$ et un maximum de 1,875 $\mu\text{mole/l}$. La figure 5.11 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

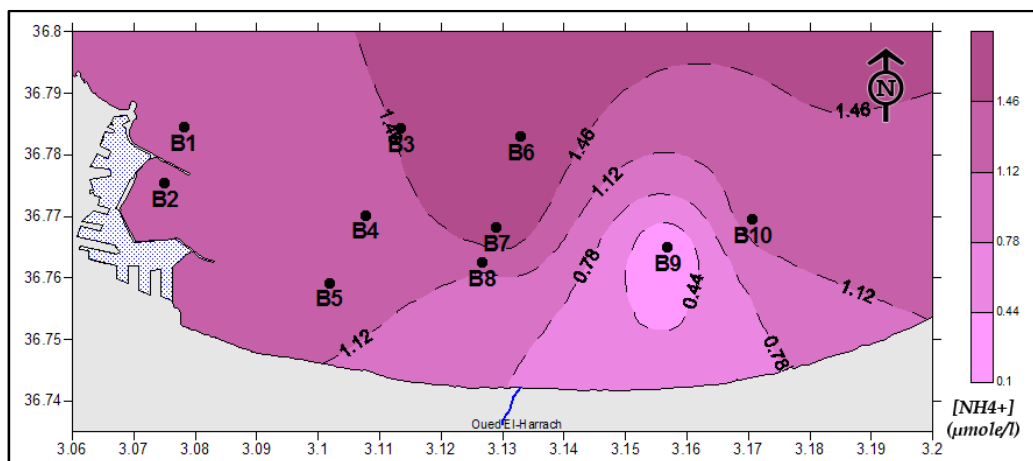


Figure 5. 11 : Distribution spatiale de la concentration en ammonium à la surface de la baie d'Alger.

La concentration la plus faible en ammonium se trouve au niveau de la station B9 qui se situe en face de l'oued El Harrach. La concentration au niveau des autres stations est relativement homogène à l'exception des stations se trouvant le plus au large de la baie où on observe les valeurs les plus élevées.

Mais dans l'ensemble, la concentration en ammonium varie peu dans la baie.

2. Nitrate et Nitrite (NO_3^- et NO_2^-)

a) Baie d'El Djamila

La concentration moyenne en nitrate $[NO_3^-]$ mesurée dans la baie d'El Djamila à la surface de l'eau a été de 0,037 $\mu\text{mole/l}$ avec un écart-type de 0,021 $\mu\text{mole/l}$, un minimum de 0,009 $\mu\text{mole/l}$ et un maximum de 0,069 $\mu\text{mole/l}$. La figure 5.12 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

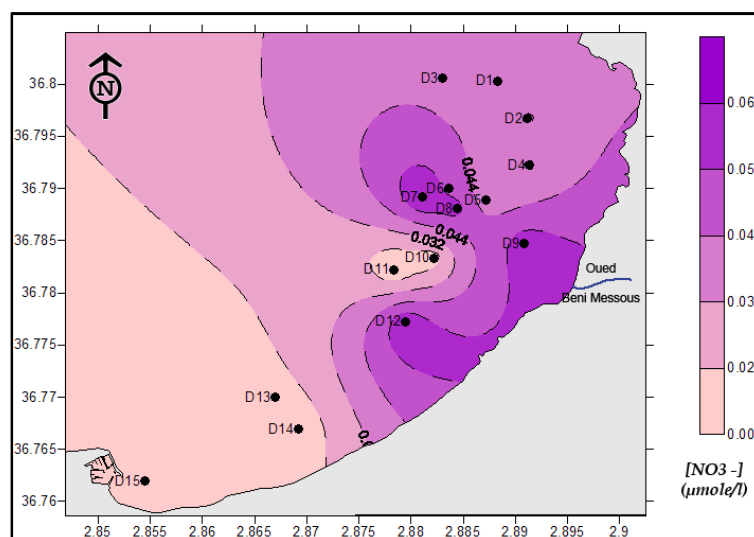


Figure 5. 12 : Distribution spatiale de la concentration en nitrate à la surface de la baie d'El Djamila.

Les plus fortes concentrations en nitrate se trouvent à proximité de l'oued Béni Messous, ceci est observé dans les stations se trouvant au Nord-Est de la baie. Les stations se trouvant au Sud-Ouest de la baie refferment les plus faibles concentrations mesurées en nitrate.

L'influence de l'oued pourrait expliquer cette distribution.

Et la concentration moyenne en nitrite $[NO_2^-]$ mesurée dans la baie d'El Djamila à la surface de l'eau a été de $0,051 \mu\text{mole/l}$ avec un écart-type de $0,041 \mu\text{mole/l}$, un minimum de $0,012 \mu\text{mole/l}$ et un maximum de $0,144 \mu\text{mole/l}$. La figure 5.13 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

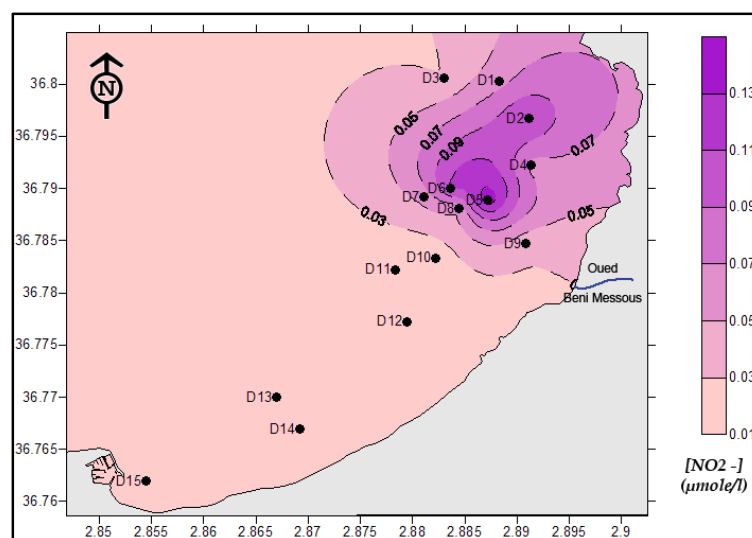


Figure 5. 13 : Distribution spatiale de la concentration en nitrite à la surface de la baie d'El Djamila.

La concentration en nitrite est homogène et est très faible dans toutes les stations se trouvant au Sud de l'oued Béni Messous, les stations se trouvant au Nord-Est donnent les valeurs les plus élevées, la valeur maximale se trouvant au niveau de la station D5.

Comme pour le nitrate, l'influence du cours d'eau et des courants hydrodynamiques expliquerait cette distribution.

b) La baie d'Alger

La concentration moyenne en nitrate et nitrite $[NO_3^- + NO_2^-]$ mesurée dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de $0,0667 \mu\text{mole/l}$ avec un écart-type de $0,0231 \mu\text{mole/l}$, un minimum de $0,0191 \mu\text{mole/l}$ et un maximum de $0,0997 \mu\text{mole/l}$. La figure 5.14 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

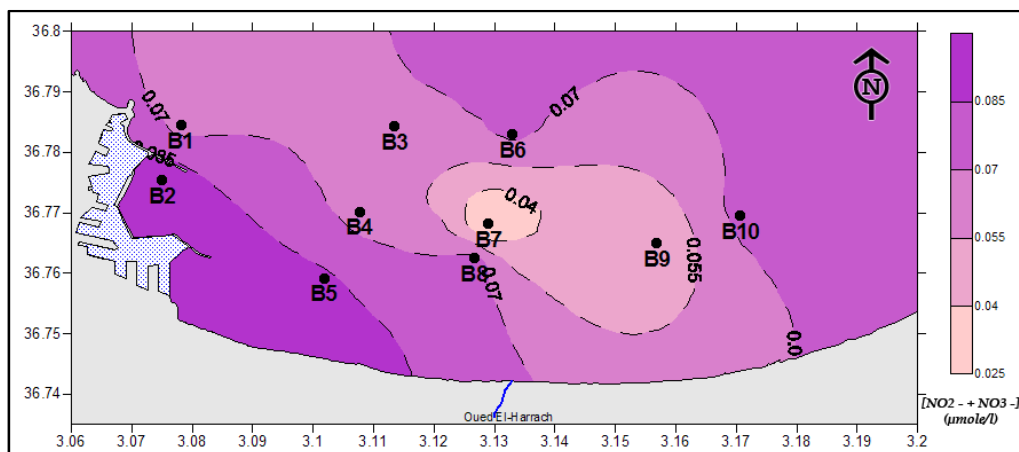


Figure 5. 14 : Distribution spatiale de la concentration en nitrate et nitrite à la surface de la baie d'Alger.

La concentration en nitrite et nitrate confondues varie très peu au niveau de la baie d'Alger. En effet, les valeurs mesurées sont relativement faibles dans l'ensemble de la baie.

Toutefois, nous pouvons noter que les valeurs les plus élevées se trouvent à côté du port d'Alger, et les stations se trouvant à proximité de l'oued El Harrach renferment les valeurs les plus faibles.

3. Orthophosphate (PO_4^{3-})

a) Baie d'El Djamila

La concentration moyenne en orthophosphate [PO_4^{3-}] mesurée dans la baie d'El Djamila à la surface de l'eau a été de 0,214 $\mu\text{mole/l}$ avec un écart-type de 0,229 $\mu\text{mole/l}$, un minimum de 0,006 $\mu\text{mole/l}$ et un maximum de 0,715 $\mu\text{mole/l}$. La figure 5.15 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

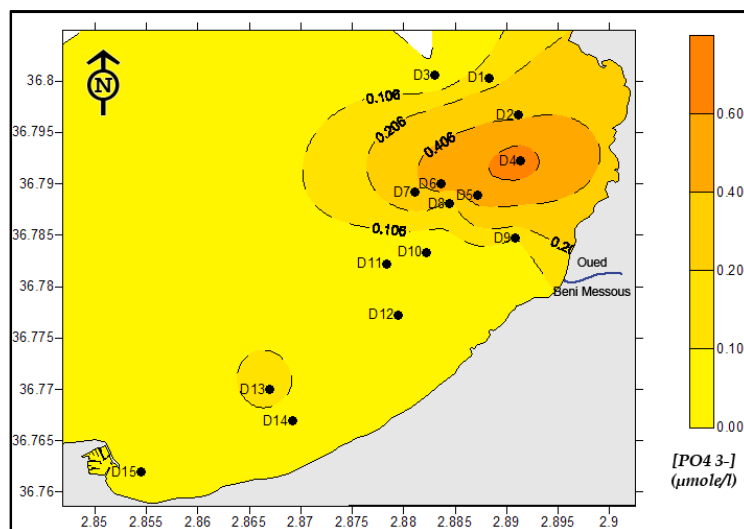


Figure 5. 15 : Distribution spatiale de la concentration en orthophosphate à la surface de la baie d'El Djamila.

La concentration en orthophosphate est dans l'ensemble homogène dans la partie Sud-Ouest de la baie d'El Djamila.

Les valeurs les plus élevées se trouvent plus au Nord autour de la station D4. Une influence de l'oued Béni Messous pourrait être la cause de cette distribution.

b) La baie d'Alger

La concentration moyenne en orthophosphate [PO_4^{3-}] mesurée dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de $0,0947 \mu\text{mole/l}$ avec un écart-type de $0,0787 \mu\text{mole/l}$, un minimum de $0,0340 \mu\text{mole/l}$ et un maximum de $0,3116 \mu\text{mole/l}$. La figure 5.16 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

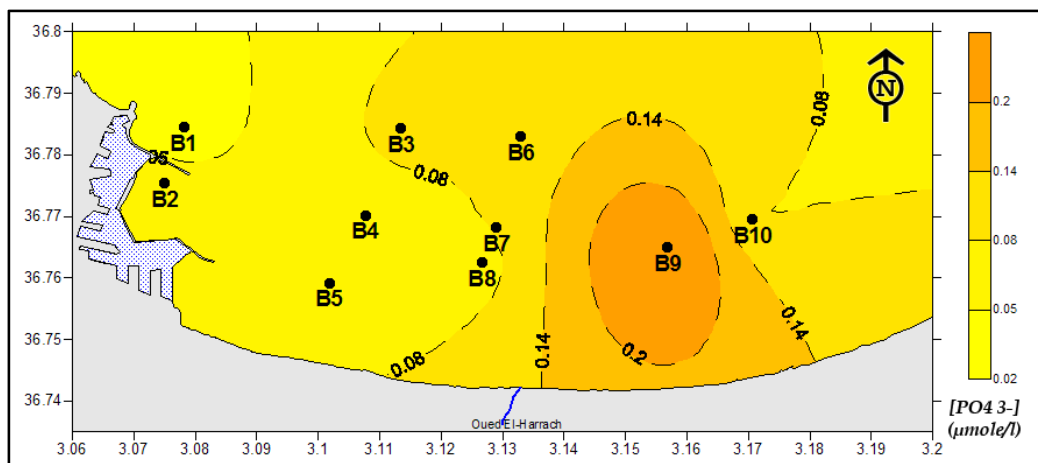


Figure 5. 16 : Distribution spatiale de la concentration en orthophosphate à la surface de la baie d'Alger.

La valeur maximale de concentration en orthophosphate se trouve au niveau de la station B9 en face de l'oued El Harrach.

La concentration à l'Ouest est sensiblement plus faible, notamment au Nord du port d'Alger (station B1).

4. Silicate (SiO_2)

a) Baie d'El Djamila

La concentration moyenne en silicate [SiO_2] mesurée dans la baie d'El Djamila à la surface de l'eau a été de $3,20 \mu\text{mole/l}$ avec un écart-type de $1,86 \mu\text{mole/l}$, un minimum de $1,36 \mu\text{mole/l}$ et un maximum de $6,87 \mu\text{mole/l}$. La figure 5.17 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

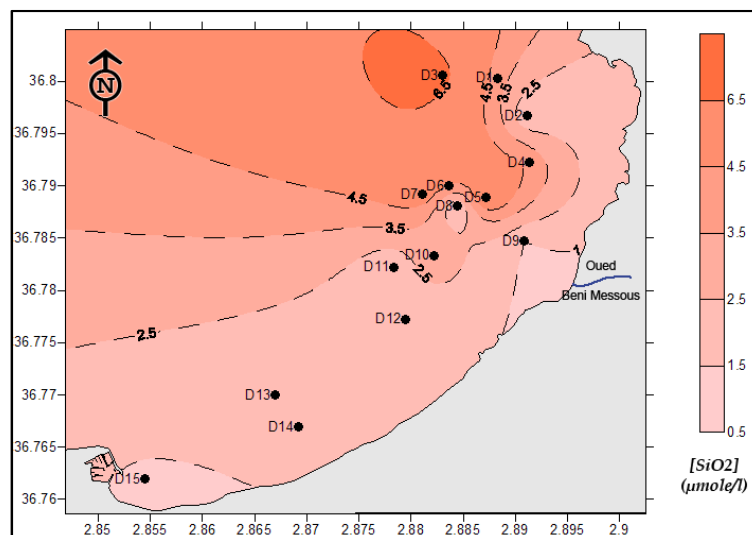


Figure 5.17 : Distribution spatiale de la concentration en silicate à la surface de la baie d'El Djamilia.

La valeur la plus élevée de concentration en silicate se trouve au niveau de la station D3 au large un peu loin de la côte.

Visiblement, les eaux côtières sont plus faiblement concentrées en silicates que les eaux se trouvant plus au large de la baie.

b) La baie d'Alger

La concentration moyenne en silicate $[SiO_2]$ mesurée dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de $1,318 \mu\text{mole/l}$ avec un écart-type de $1,705 \mu\text{mole/l}$, un minimum de $0,309 \mu\text{mole/l}$ et un maximum de $5,980 \mu\text{mole/l}$. La figure 5.18 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

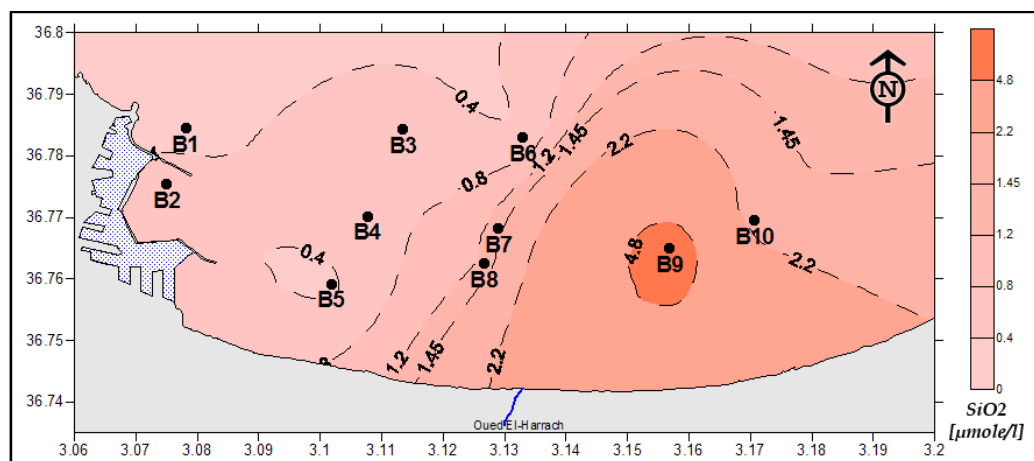


Figure 5.18 : Distribution spatiale de la concentration en silicate à la surface de la baie d'Alger.

Un maximum avoisinant les $6 \mu\text{moles}$ par litre au niveau de la station B9 an face de l'embouchure de l'oued EL Harrach. Les valeurs au niveau des autres stations de la

baie sont plutôt homogènes et les valeurs les plus faibles se trouvent à proximité du port d'Alger à l'Ouest de la baie.

III. Indicateurs de pollution

1. Matières en suspension (MES)

a) Baie d'El Djamila

La teneur moyenne en matières en suspension dans la baie d'El Djamila à la surface de l'eau a été de 82,04 mg/l avec un écart-type de 4,95 mg/l, un minimum de 75,56 mg/l et un maximum de 92,04 mg/l. La figure 5.19 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

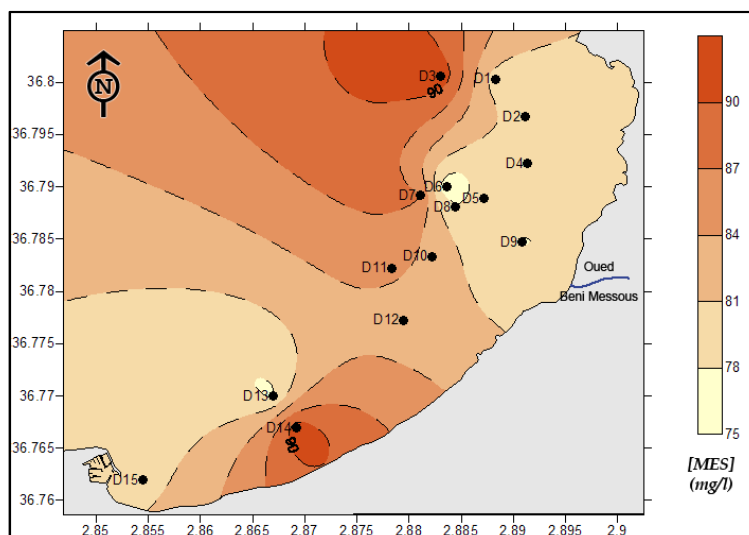


Figure 5. 19 : Distribution spatiale des MES à la surface de la baie d'El Djamila.

La station D3 donne la valeur maximale mesurée, une grande concentration en matières en suspension est aussi mesurée au niveau de la station D14, mais ceci est dû à une remise en suspension des sédiments de fond par l'agitation de l'eau de mer.

b) La baie d'Alger

La teneur moyenne en matières en suspension dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de 107,17 mg/l avec un écart-type de 8,77 mg/l, un minimum de 88,88 mg/l et un maximum de 115,52 mg/l. La figure 5.20 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

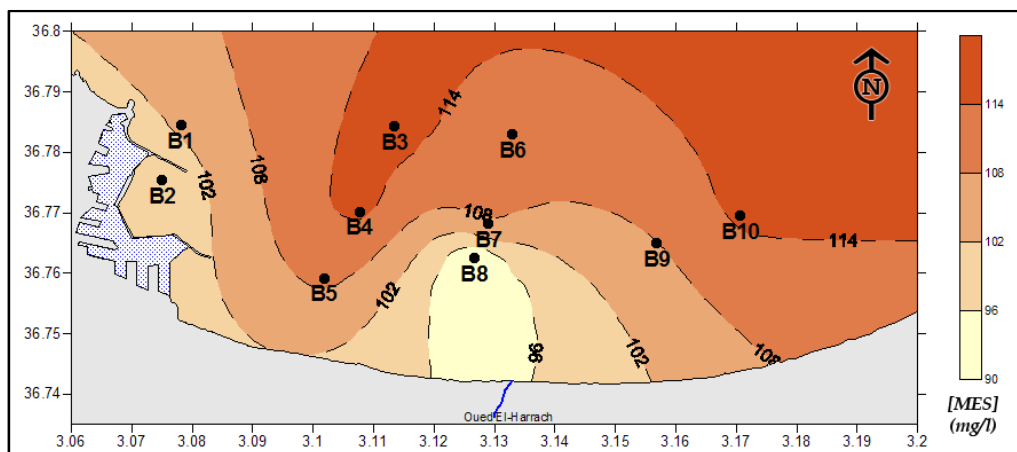


Figure 5. 20 : Distribution spatiale des MES à la surface de la baie d'Alger.

Les teneurs les plus élevées en MES dans la baie d'Alger se trouvent le plus au large de la baie et aussi à son Est.

On remarque que les stations « côtières » refferment les teneurs les moins importantes. Mais dans l'ensemble la teneur en MES dans la totalité des stations de prélèvement est assez homogène.

2. Matière organique particulaire (MOP)

a) Baie d'El Djamila

La teneur en matières organiques particulaire n'a pas été mesurée dans la baie d'El Djamila.

b) La baie d'Alger

La teneur moyenne en matières organiques particulaires dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de 37,19 mg/l avec un écart-type de 7,81 mg/l, un minimum de 28,88 mg/l et un maximum de 57,2 mg/l. La figure 5.21 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

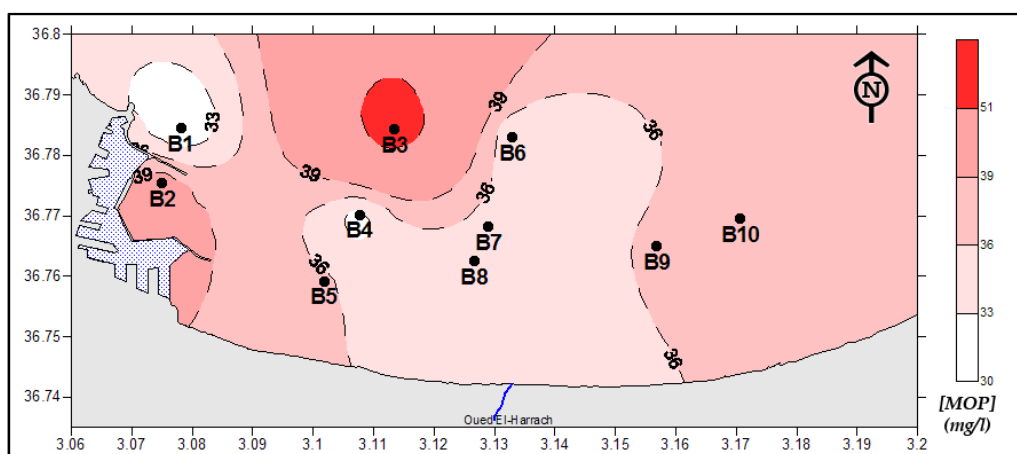


Figure 5. 21 : Distribution spatiale des MOP à la surface de la baie d'Alger.

La station B3 donne la teneur la plus élevée en matière organique particulaire. Les eaux à proximité du port d'Alger donnent aussi des concentrations assez élevées.

On note que l'écart entre les teneurs dans toutes les stations est assez faible et donc nous pouvons dire que la concentration en MOP est homogène au niveau de baie d'Alger.

3. Turbidité

- La baie d'Alger

La valeur moyenne de la turbidité mesurée dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de 27,7 NTU avec un écart-type de 16,8 NTU, un minimum de 11 NTU et un maximum de 66,4 NTU. La figure 5.22 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

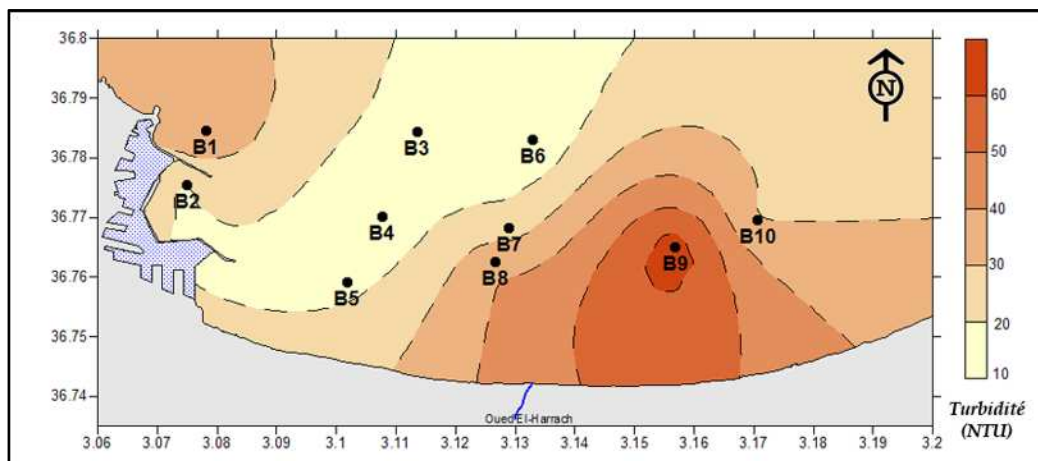


Figure 5. 22 : Distribution spatiale de la turbidité à la surface de la baie d'Alger.

Les eaux les plus turbides se trouvent en face de l'oued El Harrach et au Nord du port d'Alger. Entre ses deux stations la turbidité évolue en un gradient négatif pour atteindre sa plus faible valeur dans la station B3.

IV. Chlorophylle *a* totale

a) Baie d'El Djamila

La teneur moyenne en chlorophylle *a* totale mesurée dans la baie d'El Djamila à la surface de l'eau a été de 1,146 $\mu\text{g/l}$ avec un écart-type de 0,357 $\mu\text{g/l}$, un minimum de 0,682 $\mu\text{g/l}$ et un maximum de 2,046 $\mu\text{g/l}$. La figure 5.23 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

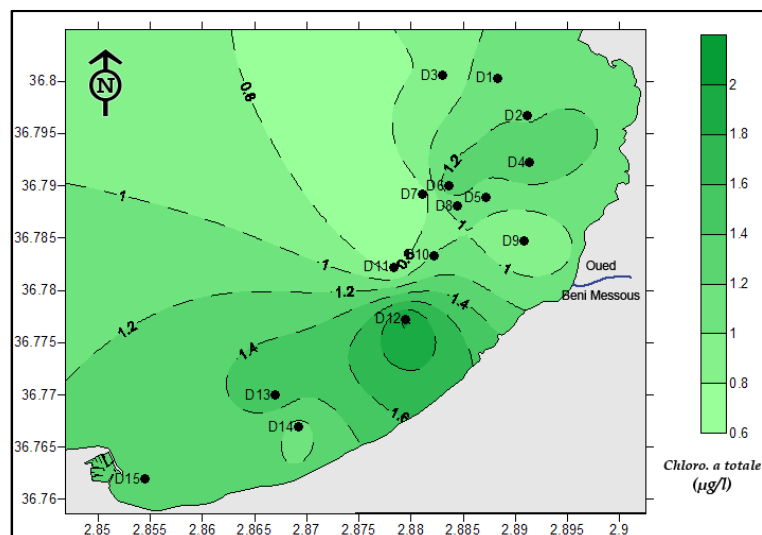


Figure 5. 23 : Distribution spatiale de la teneur en chlorophylle *a* totale à la surface de la baie d'El Djamilia.

La distribution de la concentration en chlorophylle *a* totale dans la baie d'El Djamilia est assez irrégulière.

On note des pics de concentration à l'Est et à l'Ouest de l'oued Béni Messous avec les concentrations maximales qui sont observées au niveau de la station D12 et la station D4.

b) La baie d'Alger

La teneur moyenne en chlorophylle *a* totale mesurée dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de 0,868 µg/l avec un écart-type de 0,228 µg/l, un minimum de 0,514 µg/l et un maximum de 1,247 µg/l. La figure 5.24 montre la distribution spatiale de ce paramètre.

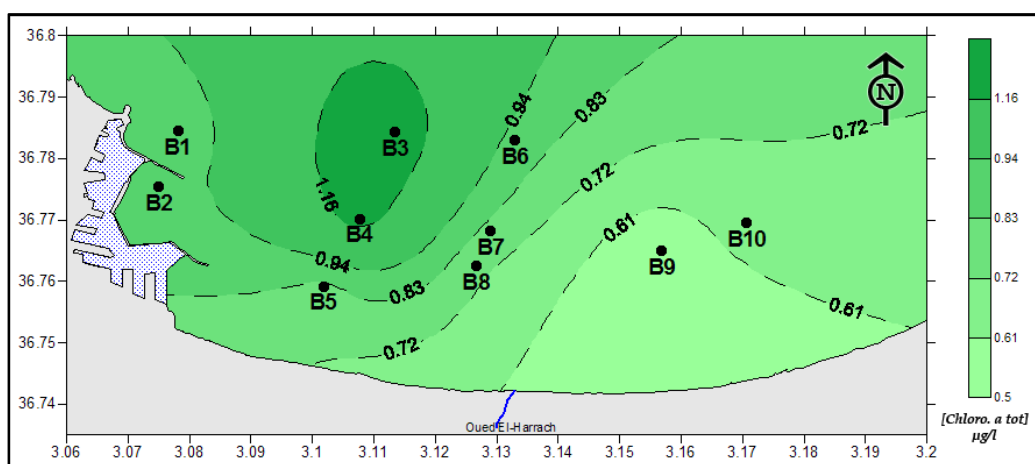


Figure 5. 24 : Distribution spatiale de la teneur en chlorophylle *a* totale à la surface de la baie d'Alger.

On remarque que les valeurs les plus élevée en chlorophylle *a* totale se trouvent à l'Est du port d'Alger et au large à l'Ouest de l'oued El Harrach avec un maximum dans la station B3.

Dans l'ensemble, les concentrations sont assez homogènes dans les autres stations de la baie.

V. Spectre d'absorption

a) Baie d'El Djamila

La signature spectrale des échantillons n'a pas été mesurée pour les échantillons de la baie d'El Djamila par faute de moyens.

b) La baie d'Alger

On remarque que la totalité des échantillons a montré des pics d'absorption dans une longueur d'onde <400 nm ce qui est en dehors du domaine du visible (~400 nm à ~700 nm) et correspond en partie au violet (~ 380 à 446 nm) et l'ultra-violet (<380 nm).

Un pic caractéristique d'absorbance, avec des valeurs variant de 0,935 et 2,956 et supérieur à un dans la plupart des échantillons, est perçu dans la longueur d'onde de ~385 nm.

L'ensemble des profils obtenus est présenté dans l'annexe 1.

VI. Phytoplancton

Un échantillon a été prélevé au niveau de la plage Est de Sidi Fredj en vue de l'identification des espèces phytoplanctoniques, ce qui permet de nous donner une idée sur la composition du peuplement en phytoplancton de la baie d'El Djamila.

Des diatomées, essentiellement du genre *Navicula*, des dinoflagellés, essentiellement l'espèce *Protoperidinium sp.* et des flagellés euglenophycées ont été identifiés dans l'échantillon observé sous microscope photonique inversé (tableau 5.1).

La figure 5.25 montre la proportion de chaque groupe de phytoplancton dans l'échantillon analysé.

Tableau 5. 1 : Espèces de phytoplancton identifiées.

Groupe	Nombre total	Genre/Espèce	Nombre d'individus
Dinoflagellés	196	<i>Prtoperidinium sp.</i>	175
		<i>Noctiluca sp.</i>	14
		<i>Heterocapsa sp.</i>	3
		<i>Prorocentrum sp.</i>	2
		<i>Scripcilla sp.</i>	2
Flagellés	113	Non identifiées	113
Diatomées	64	<i>Navicula</i>	59
		<i>Ditylum sp.</i>	3
		<i>Cylindrotheca closterium</i>	1
		<i>Coscinodiscus sp.</i>	1

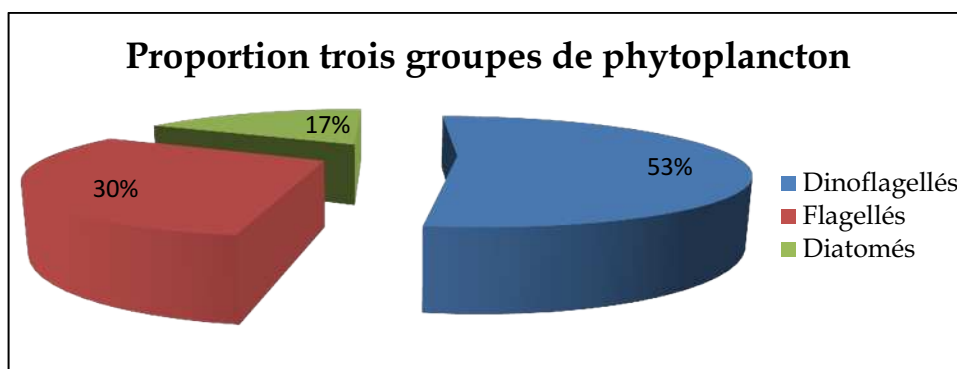


Figure 5. 25 : Proportion des trois groupes de phytoplancton.

a) Les dinoflagellés

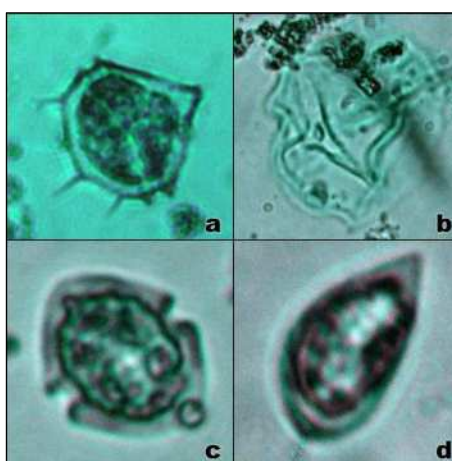


Figure 5. 26 : Quelques espèces de dnoflagélés identifiées.
 a : *Protoperidinium sp.* ; b : *Noctiluca sp.* ; c : *Heterocapsa sp.* ; d : *Prorocentrum sp.*

Dominés par l'espèce *Prtoperidinium sp.* qui représente 89 % des dinoflagellés suivie par l'espèce *Noctiluca sp.* qui représente 7 % ensuite l'espèce *Heterocapsa sp.* représentant 2% et *Prorocentrum sp.* et *Scripcilla sp.* qui représentent ensemble 2 % (figure 5.27).

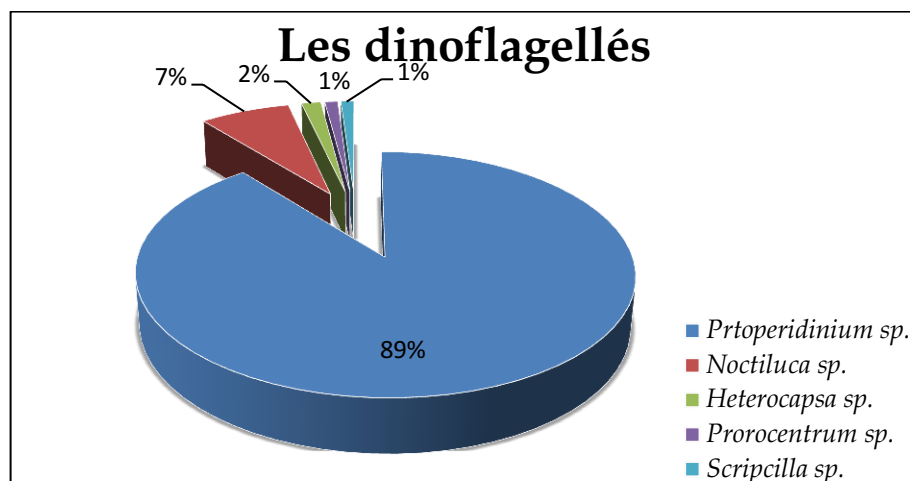


Figure 5. 27 : Proportions des espèces dinoflagellés.

b) Les flagellés

Les espèces recensées n'ont pu être identifiées en raison de leur état détérioré, elles sont essentiellement des euglénophycées (figure 5.28).



Figure 5. 28 : Flagellé euglénophycé.

c) Les diatomées

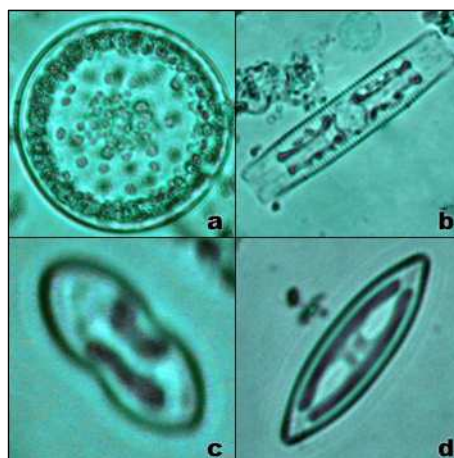


Figure 5. 29 : Quelques espèces de diatomées identifiées.
a : *Coscinodiscus sp.* ; b, c et d : *Navicula sp.*

Les plus variées de l'échantillon, essentiellement le genre *Navicula*, l'identification n'a pas été poussée jusqu'à l'espèce en raison du matériel adéquat. 16 variétés différentes ont pu être recensées, ce genre représentant 92 % de toutes les diatomées est suivi par l'espèce *Ditylum sp.* qui représente environ 6 % ensuite par les deux espèces *Cylindrotheca closterium* et *Coscinodiscus sp.* qui représentent 2 % (figure 5.30)

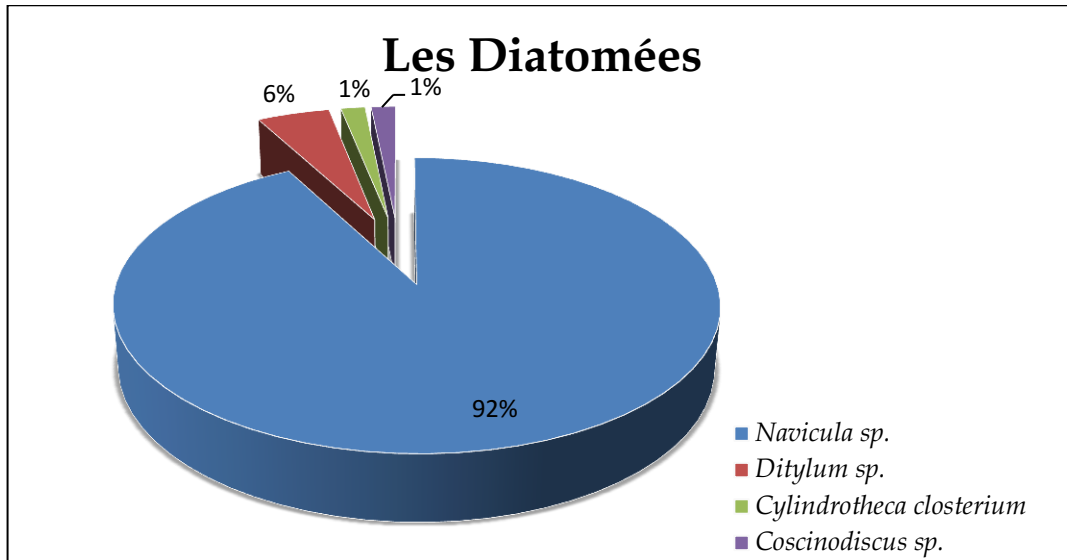


Figure 5. 30 : Proportion des espèces de diatomées.

VII. Spatialisation des paramètres mesurés de la base de données de la baie de Bou Ismail

1. Salinité

La figure 5.31 montre la distribution spatiale à la surface de la salinité en P.S.U dans la baie de Bou-Ismaïl.

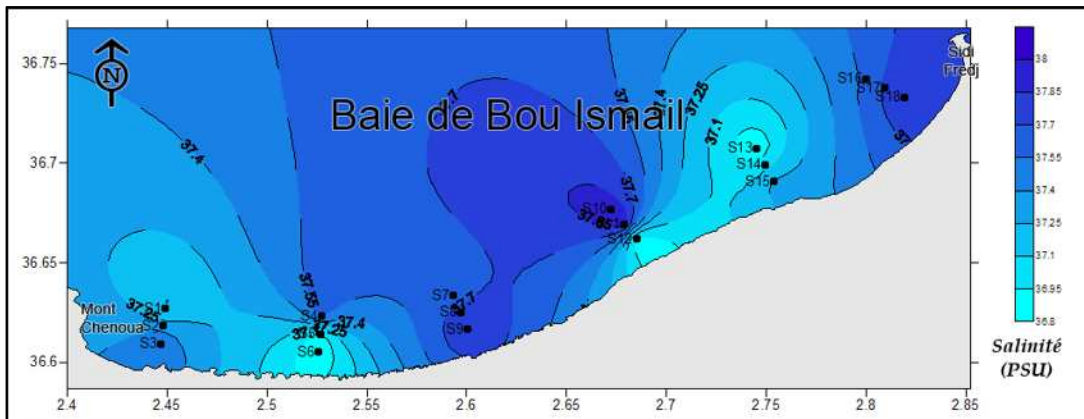


Figure 5. 31 : Distribution spatiale de la salinité à la surface de la baie de Bou Ismaïl.

2. Pourcentage de saturation en oxygène

La figure 5.32 montre la distribution spatiale à la surface du pourcentage de saturation en oxygène dans la baie de Bou Ismail.

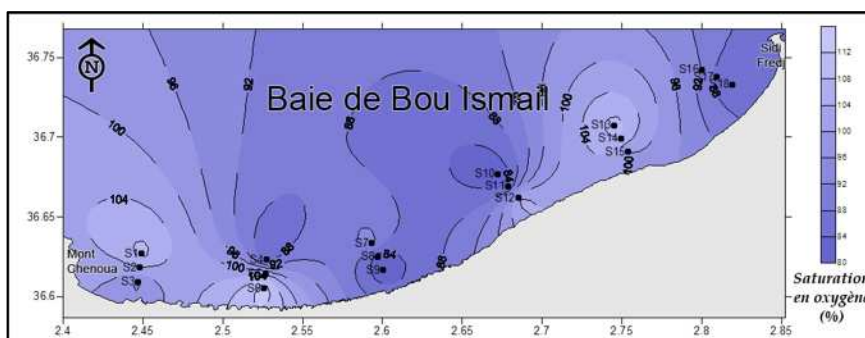


Figure 5. 32 : Distribution spatiale de la salinité à la surface de la baie de Bou Ismail.

3. Nitrite (NO_2^-)

La figure 5.33 montre la distribution spatiale à la surface de la concentration en nitrite (NO_2^-) exprimée en $\mu\text{mole/l}$ dans la baie de Bou Ismail.

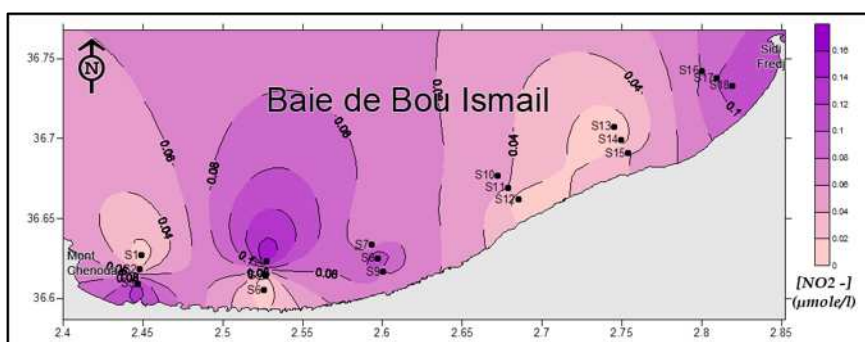


Figure 5. 33 : Distribution spatiale de la concentration en nitrite à la surface de la baie de Bou Ismail.

4. Nitrate (NO_3^-)

La figure 5.34 montre la distribution spatiale à la surface de la concentration en nitrate (NO_3^-) exprimée en $\mu\text{mole/l}$ dans la baie de Bou Ismail.

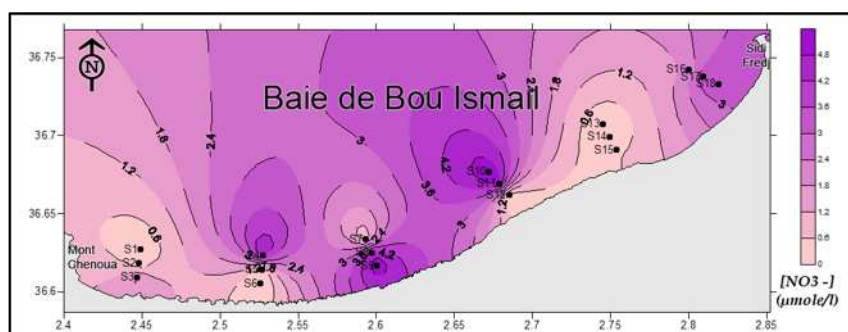


Figure 5. 34 : Distribution spatiale de la concentration en nitrate à la surface de la baie de Bou Ismail.

5. Phosphate (PO_4^{3-})

La figure 5.35 montre la distribution spatiale à la surface de la concentration en phosphate (PO_4^{3-}) exprimée en $\mu\text{mole/l}$ dans la baie de Bou Ismail.

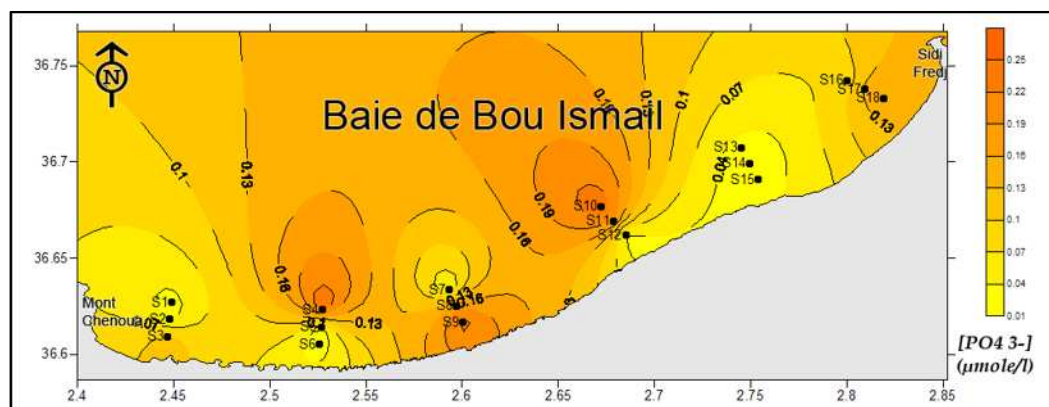


Figure 5. 35 : Distribution spatiale de la concentration en phosphate à la surface de la baie de Bou Ismail.

6. Silicate (SiO_2)

La figure 5.36 montre la distribution spatiale à la surface de la concentration en silicate (SiO_2) exprimée en $\mu\text{mole/l}$ dans la baie de Bou Ismail.

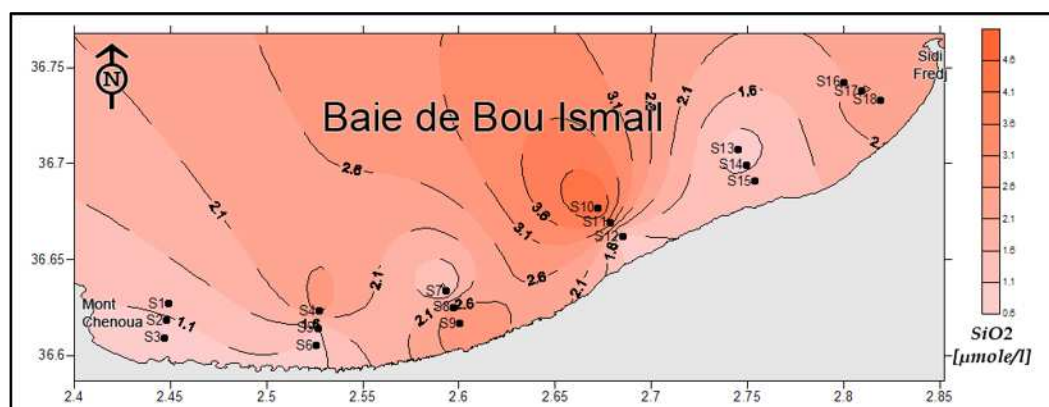


Figure 5. 36 : Distribution spatiale de la concentration en silicate à la surface de la baie de Bou Ismail.

7. Chlorophylle *a* totale

La figure 5.37 montre la distribution spatiale à la surface de la concentration en chlorophylle *a* totale dans la baie de Bou Ismail.

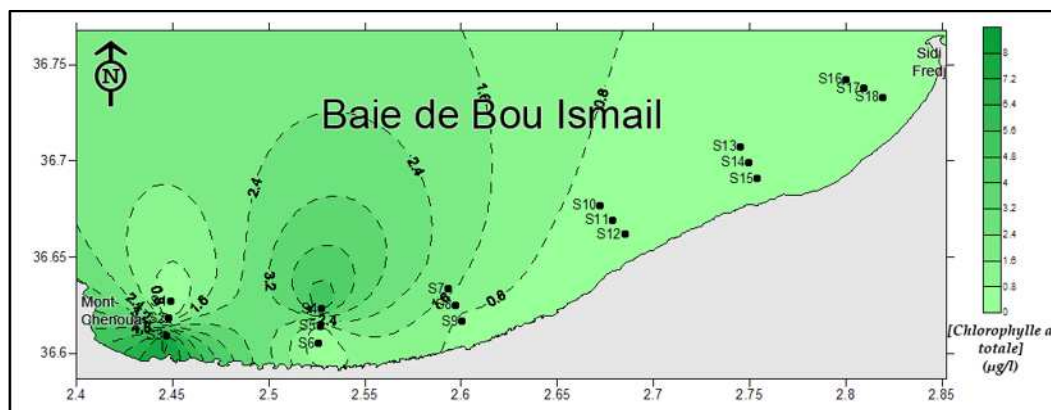


Figure 5. 37 : Distribution spatiale de la concentration en chlorophylle a totale dans la baie de Bou Ismail.

VIII. Etude des paramètres mesurés de la base de données de la baie d'Alger

Les données que renferme la base de données sont représentées dans les tableaux suivants :

Tableau 5. 2 : Tableau 1 de la base de données.

	T (°C)			pH			S (PSU)			C (mS/cm)			MES (mg/l)			% MOP		
	1 m	5 m	10 m	1 m	5 m	10 m	1 m	5 m	10 m	1 m	5 m	10 m	1 m	5 m	10 m	1 m	5 m	10 m
Minimum	17,4	17,2	17,1	8,1	8,1	8,08	35,7	36,2	36,3	45,3	47,1	46,8	85,6	73,6	78,8	45,8	38,61	44,95
Maximum	21	19,6	18,1	8,3	8,31	8,28	36,7	36,7	36,6	50,7	48,9	47,7	115,2	110,9	118	66,4	66,8	68,04
Moyenne	18,80	18,03	17,69	8,09	8,24	8,23	36,43	36,53	36,52	48,24	47,76	47,31	94,76	91,65	102,96	56,77	56,98	57,56
Écart-type	1,50	0,7	0,27	2,77	0,05	0,05	0,26	0,12	0,10	1,3	0,58	0,24	6,85	8,64	10,65	9,64	9,15	8,64

Tableau 5. 3 : Tableau 2 de la base de données.

	[NO ₃ ⁻] (µmol/l)			[NO ₂ ⁻] (µmol/l)			[NH ₄ ⁺] (µmol/l)			[PO ₄ ³⁻] (µmol/l)			[SiO ₂] (µmol/l)		
	1 m	5 m	10 m	1 m	5 m	10 m	1 m	5 m	10 m	1 m	5 m	10 m	1 m	5 m	10 m
Minimum	0,27	0,76	0,78	0,04	0,04	0,03	2,28	0,6	1,75	0,07	0,04	0,06	0,1	0,12	0,24
Maximum	9,89	20,5	6,76	0,27	0,16	0,18	9,06	8,31	8,97	0,7	0,59	0,64	1,25	0,62	0,69
Moyenne	2,38	4,34	2,62	0,10	0,08	0,09	4,49	4,94	4,40	0,39	0,31	0,37	0,33	0,32	0,40
Écart-type	2,22	4,54	1,69	0,05	0,03	0,03	1,85	2,19	2,13	0,21	0,16	0,17	0,25	0,14	0,14

Tableau 5. 4 : Tableau 3 de la base de données.

	[Phéo a] (µg/l)			[Chlo a] (µg/l)		
	1 m	5 m	10 m	1 m	5 m	10 m
Minimum	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02
Maximum	0,42	0,28	0,11	0,35	0,35	0,11
Moyenne	0,64	0,09	0,05	0,1	0,1	0,05
Ecartype	0,31	0,06	0,03	0,09	0,09	0,02

1. La chlorophylle *a*

Les valeurs de la chlorophylle *a* sont comprises entre 0,03 $\mu\text{g/l}$ (station 16) et 0,35 $\mu\text{g/l}$ au niveau de la station 12, avec 0,1 $\mu\text{g/l}$ et 0,09 comme les valeurs de la moyenne et d'écart-type, et ceci à en surface.

A 5 m de profondeur, les valeurs extrêmes, de moyenne et l'écart-type sont les mêmes que celles de la surface. Par contre à 10 m de profondeur, la valeur minimale est 0,02 $\mu\text{g/g}$ au niveau de la station 15 et le maximum de 0,11 $\mu\text{g/l}$ au niveau de la station 4, avec une moyenne de 0,05 $\mu\text{g/l}$ et un écart-type de 0,02.

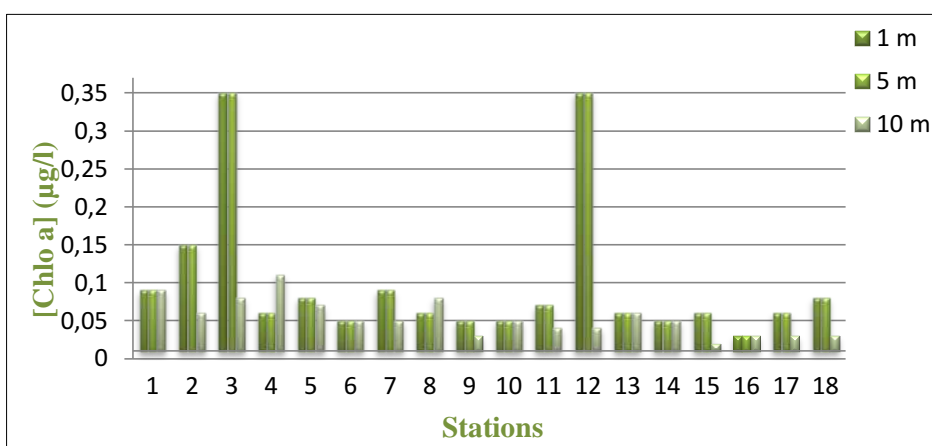


Figure 5.38 : Histogrammes de variation de la concentration de la chlorophylle *a*.

2. Phéopigments *a*

La couche de 10 m connaît les plus faibles valeurs qui sont comprise entre un minimum de 0,02 $\mu\text{g/l}$ (station 15) et un maximum de 0,11 $\mu\text{g/l}$ (station 4), et une moyenne de 0,05 $\mu\text{g/l}$ et 0,03 comme valeur d'écart-type. Par contre, à 5 m de profondeur, les valeurs des phéopigments sont caractérisées par un écart-type de 0,06, une moyenne de 0,09 et des valeurs extrêmes qui sont comprises entre 0,02 $\mu\text{g/l}$ (station 10) et 0,28 $\mu\text{g/l}$ (station 3).

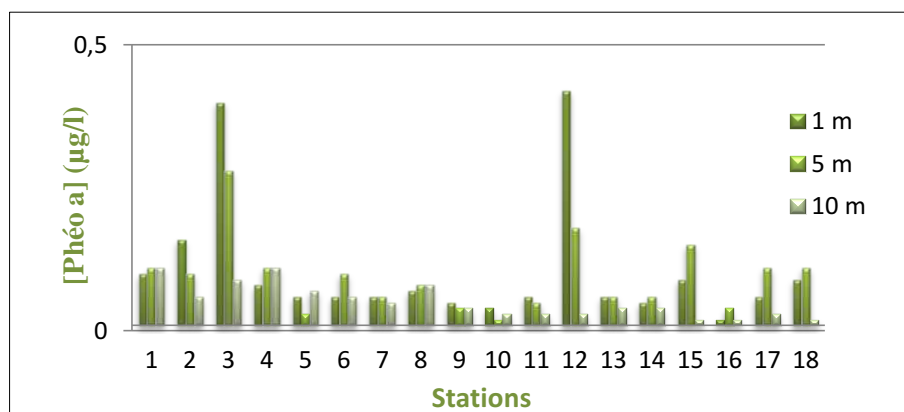


Figure 5.39 : Histogrammes de variation de la concentration des phéopigments *a*.

3. Distribution horizontale de chlorophylle *a* et phéopigments *a*

Les valeurs de la concentration en chlorophylle *a* ont permis de mettre en évidence une richesse en phytoplancton au niveau des stations 3 et 12. En général, nous avons des efflorescences de la côte vers le large.

Les concentrations les plus fortes en phéopigments se situent sur l'ensemble des deux profondeurs étudiées près de la côte du côté Ouest de la baie (station 3) et diminue progressivement vers le large d'Ouest en Est à l'exception de la station 12 (correspondant à la plus forte densité cellulaire phytoplanctonique).

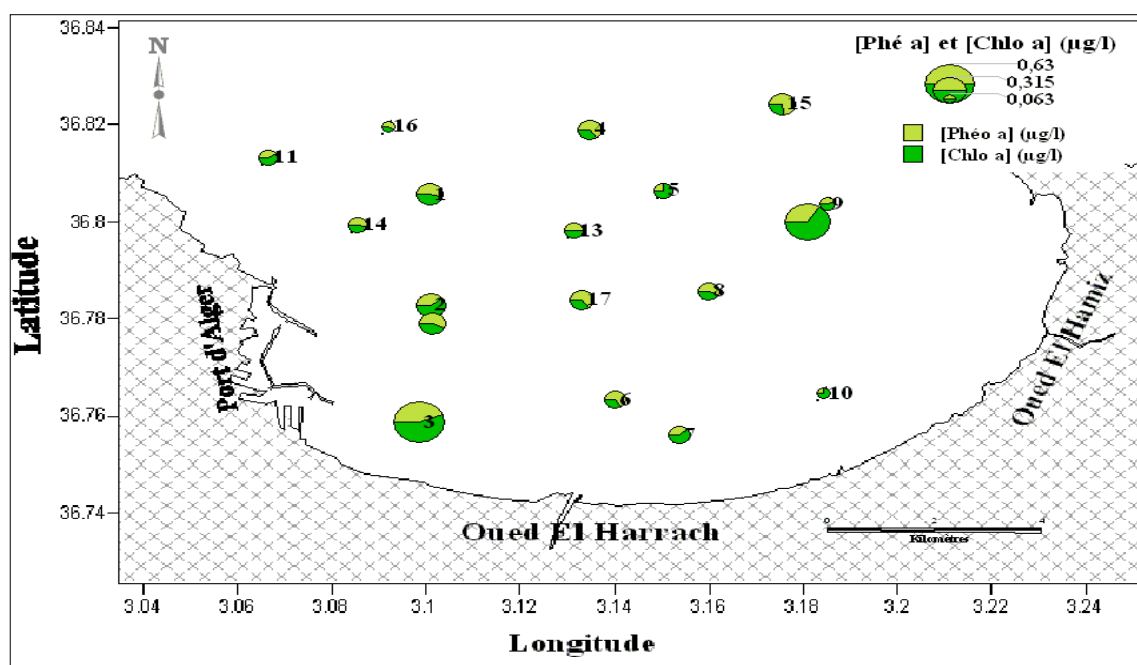


Figure 5. 40 : Carte de distribution de la chlorophylle *a* et des phéopigments à 5 m de profondeur.

On remarque que pour les stations 1, 4, 6, 8 et 15 les valeurs de la chlorophylle *a* sont inférieures à celles des phéopigments et cela s'explique, selon Aminot et Kérouel (1978), aux faibles concentrations liées au « broutage » des cellules végétales par le zooplancton.

4. Etude des peuplements phytoplanctoniques

a) Etude qualitative

Les données des échantillons récoltés au moyen de bouteille Niskin et analysée par la méthode d'Utermôhl, ont permis de distinguer les principaux groupes taxinomiques suivants :

- **Les Diatomées** : 32 genres ont été inventoriés déterminés jusqu'à l'espèce dans la limite de la possibilité (58 espèces sont déterminées). Parmi les genres les plus fréquents, nous énumérons par ordre d'importance :
 - Genre *Amorpha* : avec l'espèce *A. hendaye*.
 - Genre *Cematotheca* : ce genre est représenté par deux espèces qui sont : *C. minima* et *C. weissflogii*.
 - Genre *Cerataulina* : avec l'espèce *Cerataulina pelagica*.
 - Genre *Grammatophora* : avec *G. oceanica*, *G. elongatum*, *G. arctica* et *G. marina*.
 - Genre *Guinardia* : avec l'espèce *G. flaccida* qui est présente au niveau des stations 4, 7 et 11.
 - Genre *Leptocylindrus*: il est représenté par *Leptocylindrus minimus* et *Leptocylindrus danicus*, qui sont présent dans tous les échantillons. *L. danicus* représente l'espèce la plus dominante et présente dans toutes les stations.
 - Genre *Licmophora* : ce genre est représenté par les espèces suivantes : *L. abbreviata*, *L. communis*, *L. paradoxa*, *L. dalmatica* var. *tenella* et *L. gracilis* var. *minor*. L'espèce *L. paradoxa* présente une densité cellulaire plus importante au niveau de la station 4.
 - Genre *Navicula*
 - Genre *Pleurisigma* : deux espèces sont identifiées, *P. directum* et *P. normanii*.
 - Genre *Rhizosolenia* : l'espèce *Rhizosolenia alata* Brightw est fréquente, plus la présence de *Rhizosolenia delicatula* et *Rhizosolenia robusta*.
 - Genre *Thalassiosira* : avec *Thalassiosira decipiens* qui est présente seulement au niveau de la station 15.
 - Genre *Thalassiothria* : avec l'espèce *T. longissima*.
 - Genre *Nitzschia* : Ce genre comme *Leptocylindrus* est très fréquent, avec une diversité importante (9 espèces déterminées), les principales sont : *N. longissima*, *N. delicatissima* complex: qui sont des espèces inventoriées dans presque toutes les stations. Ces espèces sont accompagnées par diverses autres espèces telles que : *N. pengens*, *N. multistriata*, *N. pacifica*, *N. sigmoidea*, *N. subpacifica*, *N. sigma* avec deux variété (*sigmate* et *rigidula*) et *N. obtusa* var. *brevissi*.
- **Les Dinoflagellés** : Dans ce groupe, 83 genres ont été identifiés dont :

Dinoflagellés cuirassés : ou les Péridiniens, il existe une membrane fondamentalement cellulosique, imprégnée de diverses substances et surtout de pectine et de cellulose, et qui est la membrane sécrétrice de la thèque. Ce groupe montre une plus grande diversité spécifique que les Gymnodiniens. Dans ce groupe le genre *Ceratium* domine avec 14 espèces recensées, l'analyse a aboutie à l'identification des genres suivants :

- Genre *Alexandrium* : avec *A. minutum*.
- Genre *Ceratium* : avec 14 espèces dont : *C. furca* qui est la plus fréquente, *C. euarquatum*, *C. extensum*, *C. lineatum*, *C. fusus*, *C. incisum*, *C. longipes*, *C. macroceros*, *C. massiliense*, *C. teres* et *C. tripos*.
- Genre *Ceratocorys* : avec l'espèce *Ceratocorys horrida*.
- Genre *Corythodinium* : avec *C. reticulatum* et *C. tessellatum*.
- Genre *Dinophysis*: ce genre est représenté par 4 espèces qui sont : *D. caudata*, *D. acuminata*, *D. sphaerica* et *D. rotundata*.
- Genre *Noctiluca* : d'une taille assez importante il comprend l'espèce *N. scintillans*.
- Genre *Oxytoxum* : ce genre est représenté par les deux espèces *O. gigas* et *O. ovum*.
- Genre *Podolampas* : avec *P. elegans*.
- Genre *Prorocentrum* : ce genre est présent avec 11 espèces dont *P. balticum*, *P. gracile*, *P. cornutum*, *P. lima*, *P. minimum*, *P. nanum*, *P. ovum*, *P. rotundatum* et *P. triestinum*.
- Genre *Protoceratium* : avec *Protoceratium sp.*
- Genre *Protoperidinium* : ce genre est assez diversifié (avec 9 espèces) et comporte les espèces suivantes : *P. globulus* et *P. granii* qui est présente au niveau de toutes les stations étudiées. Ainsi, *P. minusculum*, *P. pellucidum*, *P. pyriforme*, *P. seratus*, *P. tuba*, *P. reticulatum*, *P. turbinatum* et *P. variegatum*.
- Genre *Scripsiella* : avec *Scripsiella trochoïda*.
- Les genres suivants ne sont représentés que par une seule espèce chacun : *Chattonella* (*C. subsalsa*), *Fragilidinium* (*F. mexicanum*), *Herdmania* (*H. littoralis*), *Pheopolykrikos* (*P. hartmannii*), *Prynnesium* (*Prynnesium sp.*), *Pyramimonas* (*P. nepthroïdea*) et le genre *Pyrophacus* par l'espèce *P. horologium*.

Dinoflagellés nus : ou Gymnodiniens, typiques est globuleux, avec une extrémité plus ou moins acuminée et l'autre plus large, arrondie. le corps est divisé par un sillon transversal, ou ceinture, à peu près circulaire et équatoriale (Trégouboff et Rose, 1957). Les genres suivants ont été recensés :

- Genre *Amphidinium* : avec *A. extensum* et *A. sphenoides*.
- Genre *Cochlodinium* : ce genre est représenté par deux espèces peu fréquentes qui sont : *C. polykrikoïdes* et *C. pupa*.
- Genre *Gymnodinium* : le plus fréquent avec *G. conicum*, *G. coeruleum*.
- Genre *Gyrodinium* : le plus diversifié avec 7 espèces qui sont *G. britannicum*, *G. fusiforme*, *G. lachryma*, *G. opimum*, *G. pingue*, *G. spiralea* et *G. uncatenum*.
- Genre *Katodinium* : avec *K. glaucum*.

- **Les nanoflagellés :** avec *Nephrolismis minuta*, *Chlamydomonas coccoïdes*, *Imantonia rotunda* et *Parapedinella sp.*

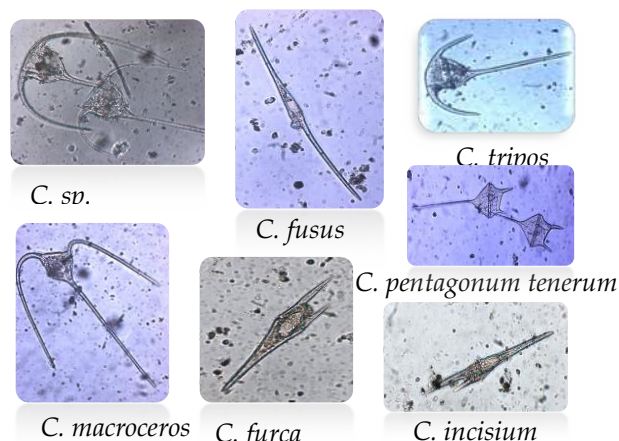


Figure 5. 41 : Quelques espèces de phytoplancton rencontrées dans la baie d'Alger.

b) Etude quantitative

Le tableau suivant donne les valeurs du nombre d'individus, de densité cellulaire et le pourcentage des groupes phytoplanctoniques recensés au niveau de chaque station. Remarquons que les groupes les plus importants sont les diatomées et les dinoflagellés, par contre les autres sont minoritaires (pas plus de 0,1 %).

Tableau 5. 5 : Nombre, densité et pourcentage cellulaire des groupes phytoplanctoniques.

Stations	Etude	Groupes phytoplanctoniques		
		Diatomées	Dinoflagellés	Autres
Station 3	Nombre de cellule	1968	486	2
	Densité cellulaire (Cell./l)	39360	9720	40
	%	80,2	19,8	0,08
Station 4	Nombre de cellule	504	413	
	Densité cellulaire (Cell./l)	10080	8206	
	%	54,96	45,04	
Station 7	Nombre de cellule	1011	504	
	Densité cellulaire (Cell./l)	10110	5040	
	%	66,73	33,27	
Station 11	Nombre de cellule	872	514	3
	Densité cellulaire (Cell./l)	17440	10280	60
	%	62,91	37,09	0,22
Station 15	Nombre de cellule	4049	17	24
	Densité cellulaire (Cell./l)	40490	170	240
	%	99	0,42	0,59

D'une façon générale, le groupe des diatomées est dominant dans toutes les stations et cela par les pourcentages suivants : 99% (correspondant à 40490 ind./l) de

diatomées par rapport à 0,42% (~170 ind./l) de dinoflagellés au niveau de la station 15 et 80,2% soit 39360 ind./l par rapport à 19,8% soit 9720 ind./l au niveau de la station 3. Au niveau de la station 4, on note un léger équilibre entre les diatomées et les dinoflagellés.

Le tableau 5.6 nous donne les espèces dominantes au niveau de chaque station.

Tableau 5. 6 : Espèces de phytoplancton dominantes par groupe et par station.

Stations	Groupes	Espèce dominante	Pourcentage/ groupe	Pourcentage/ total
S3	Diatomées	<i>Leptocylindrus minimus</i>	36,23	29,05
	Dinoflagellés	<i>Scrippsiella trochoïdea</i>	48,35	0,58
S4	Diatomées	<i>Leptocylindrus danicus</i>	36,71	20,17
	Dinoflagellés	<i>Alexandrium minutum</i>	14,04	6,32
S7	Diatomées	<i>Leptocylindrus danicus</i>	49,06	32,74
	Dinoflagellés	<i>Scrippsiella trochoïdea</i>	27,38	9,11
S11	Diatomées	<i>Leptocylindrus danicus</i>	28,44	17,89
	Dinoflagellés	<i>Scrippsiella sp.</i>	22,76	8,44
S15	Diatomées	<i>Pseudo-nitzschia galaxia</i>	46,13	45,67
	Dinoflagellés	<i>Proto-peridinium granii</i>	29,41	0,12

IX. Extraction de la réflectance de l'eau de mer et application de la télédétection

1. Données et conditions atmosphériques

Les bandes spectrales visibles des satellites peuvent servir pour mettre en évidence la qualité de la zone côtière puisque l'eau réfléchit le rayonnement solaire dans cette partie visible du spectre électromagnétique (Guyot, 1989).

Nous avons utilisé les images des satellites Spot et Landsat de la même période de prélèvement des échantillons. L'observation est réalisée dans les différentes bandes spectrales. L'image englobe la zone analysée et présente une bonne résolution spatiale où la surface élémentaire est de 5 mètres.

Pour notre étude, nous avons utilisé le logiciel de traitement d'images satellites PCSATWIN développé par Bachari *et al.* en 1997 et qui permet de réaliser une analyse multi-spectrale.

2. Calcul de la réflectance à partir de l'image satellitaire

Les propriétés optiques de l'eau douce et de l'eau de mer propre sont semblables. Nous avons utilisé la signature spectrale de l'eau de mer à partir de la bibliothèque

des signatures spectrales de l'eau du *logiciel 5S développé par Tanre (Tanre et al.,1990)* dont on s'est inspiré pour calculer les réflectances.

Pour chaque pixel, nous avons comparé le compte numérique calculé au compte numérique mesuré afin d'obtenir les facteurs de calibration C_j dans chaque canal.

Pour extraire la réflectance de chaque pixel de l'image, on transforme l'image compte numérique (CN) en image Luminance par la relation : $L = C_j \dots \dots \dots (5.1)$

Quant à calculer la radiation réfléchiée par l'eau qui atteint le satellite, nous avons utilisé la radiation globale spectrale G_λ qui atteint le sol et la signature spectrale de l'eau pure pour obtenir la radiation réfléchiée par l'eau, celle-ci traverse à nouveau l'atmosphère et subit l'effet des différents constituants par leurs transmittances caractéristiques. La radiation en haut-atmosphère E est exprimée ainsi :

$$E = \pi \cdot C_j \cdot B_{image} \dots \dots \dots (5.2)$$

3. Analyse des réflectances

La réflectance au niveau des points pollués est relativement forte par rapport à celle des points de moindre pollution, ceci explique parfaitement que la mesure satellite des zones chargées est plus importante que celle des zones moins chargées. Ces résultats prouvent l'existence d'un lien entre la réflectance, la qualité et la charge de l'eau.

Cependant, la mesure multispectrale est aussi importante pour les points proches de l'oued El Harrach et d'autres dans la zone du port d'Alger, une zone qui est caractérisée par une forte hétérogénéité radiométrique expliquée par l'existence de déchets industriels et urbains (Belkessa et al., 2008).

La réflectance est relativement élevée pour le port touché par la pollution du second rejet se situant à proximité et créant donc une forte pollution d'origine bactérienne et chimique. La forte présence des matières en suspension dans les lieux diminue la visibilité et limite l'introduction des rayons solaires dans le milieu aquatique, par ailleurs, la turbidité et les matières en suspension qui ont un effet commun lié à l'élévation du signal de retour influent sur les valeurs de réflectance.

4. Modélisation des paramètres

Une forte liaison est obtenue dans notre cas entre les réflectances dans les portions du vert et rouge du spectre électromagnétique.

Les bandes spectrales Spot(XS1), Landsat(TM1) et Landsat(TM2) donnent les meilleurs coefficients de corrélation avec les luminances et les réflectances des

canaux correspondants, elles sont donc les mieux adaptées pour le suivi de la qualité des eaux (Houma *et al.*, 2011).

L'ajustement linéaire entre les variables réflectances des différents canaux et les paramètres physico-chimiques a donné des relations à forte corrélation, à moyenne corrélation et à faible corrélation. Nous distinguons que les meilleurs résultats des coefficients de corrélation sont sur Spot(XS1), TM1 et TM2 du satellite Landsat (Houma *et al.*, 2004).

Pour déterminer les différentes radiations au niveau des stations étudiées, on considère les paramètres d'entrées qui sont des paramètres astronomiques, géographiques et atmosphériques caractérisant principalement les coordonnées géographiques des points et les données météorologiques au moment de l'échantillonnage.

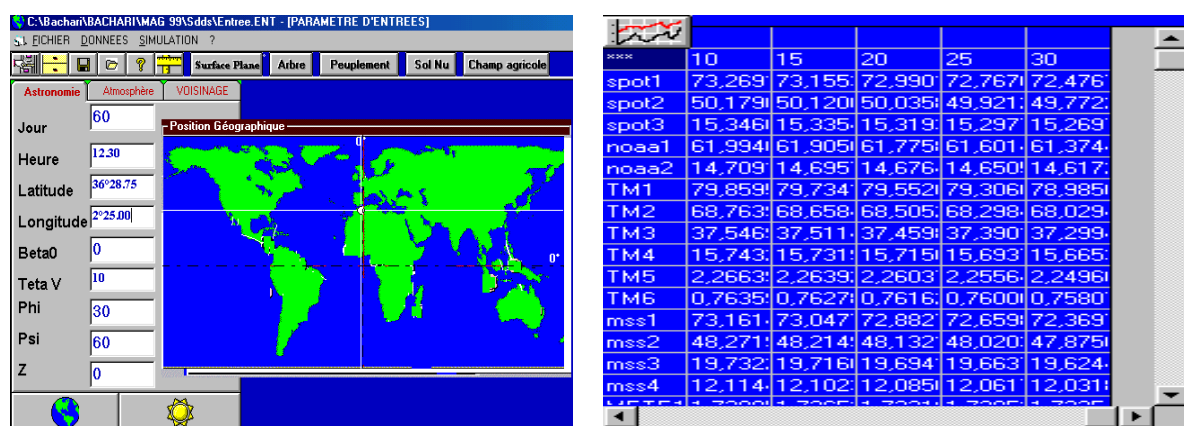


Figure 5. 42 : Application des paramètres atmosphériques et coordonnées d'une station de prélèvement et résultats des luminances simulées de la station sur les canaux satellites.

Les données astronomiques, atmosphériques et géographiques sont regroupées dans le tableau qui suit :

Tableau 5. 7 : Paramètres atmosphériques et astronomiques de la zone d'étude.

Paramètres atmosphériques		Paramètres astronomiques	
Ozone Cm	0.30	Jour	-
Humidité relative %	0.8	Heure	-
Température K	T°C+273	Latitude	-
Visibilité Km	20	Longitude	-
Altitude de l'ozone	200	β_0	0
Alpha (α)	1.5	θ_v	10°
Fc	0.9	φ	30°
Wo	0.6	ψ	60°

Ces paramètres correspondent à une atmosphère claire de pression normale au niveau de la mer où l'activité humaine est intense. Les données géographiques, sont en relation directe avec les stations d'application.

L'objectif de cette partie est la modélisation entre les luminances calculées à partir du logiciel SDDS et les résultats des mesures *in situ*. Nous déterminons l'ajustement des paramètres dans chaque canal de Spot, TM et MSS de Landsat.

- **La base de données de la baie d'Alger**

Les tableaux 5.8 et 5.9 indiquent les valeurs de luminances pour les stations de la base de données de la baie d'Alger obtenues en Mai 2009 pour Spot et Landsat.

Tableau 5. 8 : Valeurs de la luminance pour les trois canaux du satellite Spot.

<i>TetaV</i>	10			30		
Stations	XS1	XS2	XS3	XS1	XS2	XS3
1	50,682	37,853	9,539	50,439	38,428	10,155
2	50,680	37,864	9,636	50,437	38,440	10,258
3	50,680	37,852	9,557	50,437	38,427	10,174
4	31,221	21,634	4,957	30,729	21,655	5,268
5	50,684	37,865	9,590	50,441	38,441	10,210
6	31,221	21,634	4,957	30,729	21,655	5,268
7	50,684	37,861	9,570	50,441	38,436	10,188
8	31,221	21,626	4,906	30,728	21,646	5,513
9	50,688	37,863	9,535	50,445	38,438	10,150
10	31,221	21,626	4,906	30,728	21,646	5,213
11	50,690	37,860	9,488	50,447	38,434	10,100
12	31,221	21,626	4,906	30,728	21,646	5,213
13	50,696	37,864	9,445	50,453	38,438	10,054
14	31,221	21,620	4,866	30,728	21,639	5,170
15	50,699	37,886	9,555	50,456	38,461	10,172

Tableau 5. 9 : Valeurs de la luminance pour les canaux du satellite Landsat (TM & MSS).

<i>TetaV</i>	10			30		
Stations	TM 1	TM 2	MSS4	TM1	TM2	MSS4
1	54,457	48,162	50,608	54,048	48,043	50,363
2	54,455	48,159	50,605	54,047	48,041	50,360
3	54,455	48,159	50,605	54,047	48,041	50,360
4	34,171	29,391	31,179	33,593	28,972	30,687
5	54,458	48,164	50,610	54,050	48,046	50,365
6	34,171	29,391	31,179	33,593	28,972	30,687
7	54,458	48,163	50,609	54,049	48,045	50,364
8	34,171	29,391	31,179	33,593	28,972	30,687
9	54,461	48,169	50,613	54,052	48,051	50,369
10	34,171	29,391	31,179	33,593	28,972	30,687
11	54,462	48,171	50,616	54,054	48,053	50,371
12	34,171	29,391	31,179	33,593	28,972	30,687

13	54,466	48,179	50,662	54,058	48,061	50,377
14	34,171	29,391	31,179	33,593	28,972	30,687
15	54,467	48,182	50,624	54,060	48,064	50,380

Tableau 5. 10 : Corrélations réflectances de l'eau de mer obtenues pour les canaux visibles des satellites dans la zone de la baie d'Alger

Fonctions	Conversions radiométriques	R
Turbidité (NTU) = f(Ref TM1)	Turbidité (NTU) = 215,5Ref ² +231,6 Ref +5,183	0,90211
Turbidité (NTU) = f(Ref XS1)	Turbidité = 315,9 Ref (XS1) - 1,670	0,88567
MES (mg/l) = f(Ref XS)1	MES (mg/l) = 439,1 Ref(XS1) - 3,611	0,87023
Turbidité (NTU) = f(Ref TM2)	Turbidité = 131,1 Ref (TM2) - 1,059	0,84108
Ref (XS1) = f(Chlr)	Ref(XS1) = 0,17.Ln(Chlr) + 0,692	0,89532
Ref (TM1) = f(Chlr)	Ref(TM1) = -1,224 * Chlr ² + 1,224 * Chlr+0,134	0,81403
Ref (TM2) = f(Chlr)	Ref(TM2) = 0,523* Chlr + 0,168	0,76400

Les plus faibles valeurs sont observées sur le canal XS3, TM4, TM5 et TM6 ce qui est tout à fait logique puisque l'absorption de l'eau devient très importante dans cette bande infrarouge (Abdellaoui *et al.*, 2007). Les bandes 1 à 3 de Landsat TM permettent une bonne vision du degré de turbidité des eaux côtières avec une résolution de 30 m, alors que la bande 6 révèle les variations de la température marine avec une résolution de 60 m (Jaquet & Weber, 2002).

De point de vue optique, les substances qui influencent la réflectance sont classées en trois catégories, le phytoplancton vivant (dépend de la concentration en chlorophylle et les détritiques qui lui sont associés), les particules minérales en suspension, et la matière organique dissoute (substance jaune) (Bricaud, 1988).

La turbidité est liée à la matière en suspension, avec une certaine proportion relative attribuable à la chlorophylle *a* mettant en évidence la relation entre l'apport d'éléments nutritifs et la prolifération d'algues.

Les cellules du phytoplancton et les particules correspondant aux détritiques biogènes provoquent une diffusion de Mie de la lumière, moins dépendante de la longueur d'onde. Ainsi la couleur de l'eau de mer peut glisser progressivement vers le vert avec l'accroissement de la concentration en phytoplancton qui varie en fonction du type d'algue.

La distribution de la teneur en chlorophylle dans l'eau de mer est mise en relation avec la turbidité (Bricaud & Stramski, 1990), ceci peut bien expliquer les bonnes corrélations trouvées sur le deuxième canal vu que les eaux où domine le phytoplancton présentent un maximum de réflectance dans le jaune vers 565 nm.

Il y a donc une réflexion considérable dans ce domaine spectral qui justifie que les canaux visibles qui peuvent servir pour étudier la couleur de l'eau de mer et pour en déduire la concentration en sédiments et la concentration en chlorophylle (Houma *et al.*, 2009).

Un spectre moyen de 14 espèces a été établi en utilisant 3 spectres de Bricaud *et al.* (1983), 3 spectres de Bricaud & Morel (1986) et 8 spectres de Bricaud *et al.* (1988). Ce spectre est représenté dans la figure 5.43.

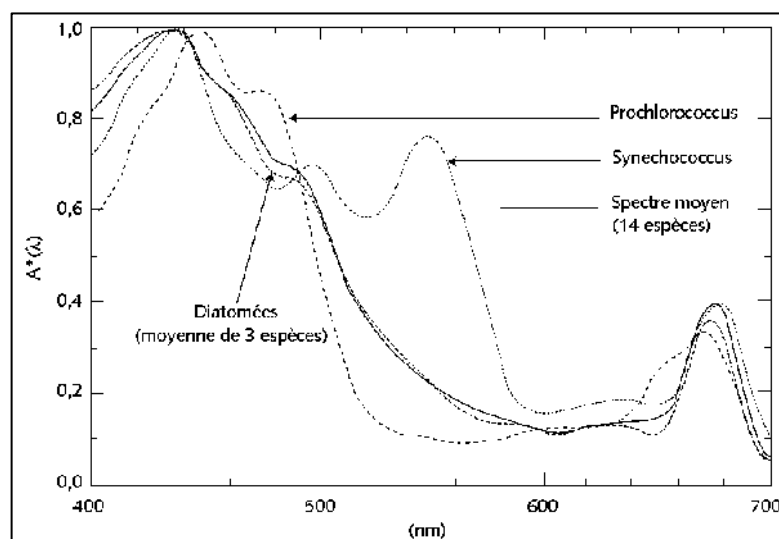


Figure 5. 43 : Spectres d'absorption de différentes espèces phytoplanctoniques.

- **Données de télédétection issues du logiciel SDDS® et leurs distribution spatiale dans les trois baies**

1. Baie d'El Djamila

Le tableau suivant nous montre un exemple des valeurs de la luminance (L) dans la station D3 à 1, à 5 et à 15 mètres de profondeur pour des valeurs de TetaV de 10, 15, 20, 25 et 30 et pour les différents canaux de Spot (XS1, XS2 et XS3) et de Landsat TM (TM1, TM2, TM3 et TM4) et de Landsat MSS (MSS4, MSS5, MSS6 et MSS7).

Tableau 5. 11 : Luminances de la station D3 à différents TetaV et à 1, 5 et 15 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	65,972	65,823	65,608	65,318	64,943	53,149	53,049	52,903	52,707	52,454
XS2	45,332	45,247	45,124	44,958	44,743	17,62	17,611	17,599	17,582	17,561
XS3	13,885	13,868	13,843	13,81	13,767	4,7917	4,7917	4,7917	4,7916	4,7916
TM1	71,969	71,808	71,575	71,262	70,857	64,759	64,628	64,439	64,184	63,855
TM2	61,909	61,77	61,568	61,296	60,944	44,294	44,218	44,109	43,962	43,771
TM3	33,801	33,747	33,669	33,563	33,427	13,359	13,356	13,352	13,346	13,338

TM4	14,213	14,196	14,171	14,137	14,094	5,0426	5,0426	5,0425	5,0425	5,0425
MSS4	65,875	65,727	65,512	65,222	64,848	52,858	52,758	52,614	52,419	52,168
MSS5	43,548	43,466	43,348	43,188	42,981	17,903	17,894	17,881	17,863	17,84
MSS6	17,613	17,59	17,558	17,513	17,456	8,1138	8,1137	8,1136	8,1134	8,1132
MSS7	11,079	11,062	11,038	11,006	10,964	3,6332	6,6331	3,6331	3,6331	3,6331

15 mètres					
TetaV	10	15	20	25	30
XS1	40,128	40,078	40,006	39,909	39,783
XS2	14,688	14,688	14,688	14,688	14,688
XS3	4,788	4,788	4,788	4,788	4,788
TM1	53,375	53,292	53,171	53,008	52,798
TM2	31,448	31,421	31,381	31,328	31,259
TM3	12,18	12,18	12,18	12,18	12,18
TM6	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047
MSS4	39,971	39,921	39,849	39,753	39,627
MSS5	14,908	14,908	14,907	14,907	14,907
MSS6	8,082	8,082	8,082	8,082	8,082
MSS7	3,63	3,63	3,63	3,63	3,63

Le reste des données des autres stations est représenté dans les tableaux à l'annexe 2.

La figure 5.44 nous montre la variation des valeurs de la luminance dans la station D3 à un TetaV = 10 pour Spot, Landsat TM et Landsat MSS.

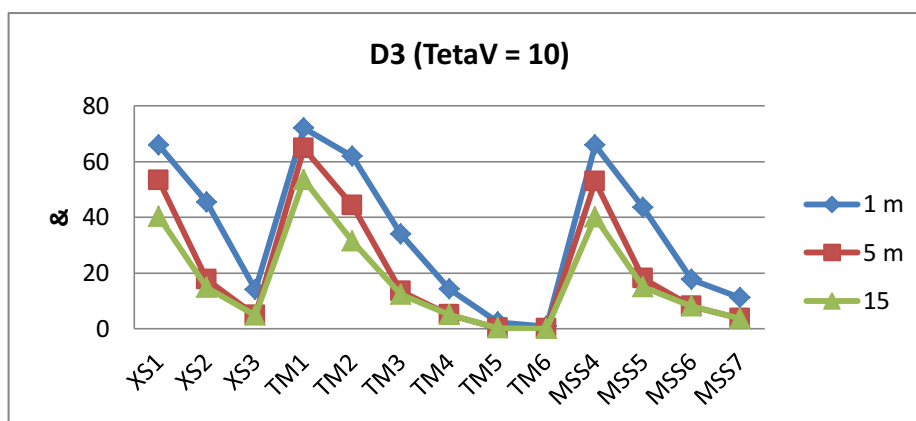


Figure 5. 44 : Variation des valeurs de la luminance dans la station D3 à un TetaV = 10.

D'autres courbes de la variation de la luminance et à différents TetaV sont présentées dans l'annexe 3.

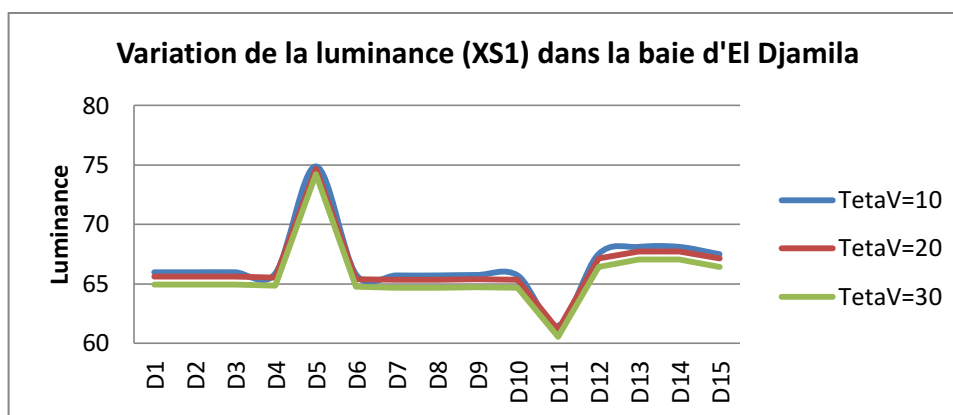


Figure 5. 45 : Variation de la luminance pour le canal XS1 de Spot et à différents TetaV dans les différentes stations dans la baie d’El Djamila à 1 mètre de profondeur.

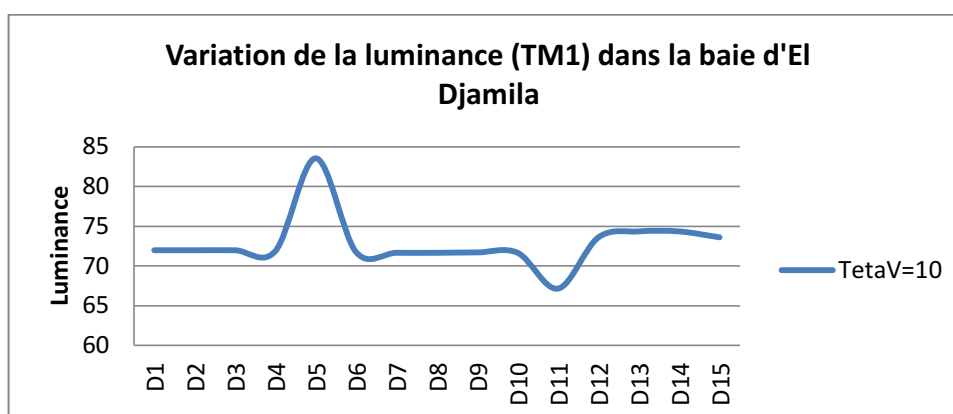


Figure 5. 46 : Variation de la luminance pour le canal TM1 de Landsat TM dans la baie d’El Djamila à 1 mètre de profondeur.

La figure 5.45 nous montre la variation de la luminance pour le canal XS1 de Spot et à différents TetaV dans les différentes stations dans la baie d’El Djamila. Et la figure 5.46 illustre la variation de la luminance pour le canal TM1 de Landsat TM et dans les différentes stations dans la même baie. La figure 5.47 nous montre la variation de la luminance pour le canal MSS4 de Landsat MSS dans les différentes stations dans la baie d’El Djamila.

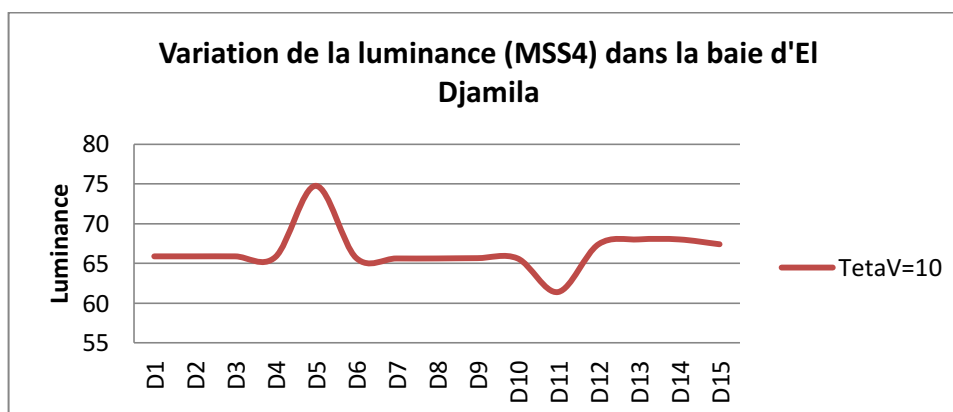


Figure 5. 47 : Variation de la luminance pour le canal MSS4 de Landsat MSS dans la baie d’El Djamila à 1 mètre de profondeur.

Calcul du compte numérique et de la réflectance

Le tableau 5.12 nous donne les formules utilisées pour le calcul des valeurs du compte numérique et de la réflectance.

Tableau 5. 12 : Formules de calcul du compte numérique et de la réflectance pour les capteurs Spot, Landsat TM et Landsat MSS.

Canaux	Compte numérique (CN)	Réflectance (Réf)
XS1	$CN = 1,23 L + 0,22$	$Réf = 3,0604.10^{-3} CN - 0,3418$
XS2	$CN = 1,24 L + 0,08$	$Réf = 3,2166.10^{-3} CN - 0,2676$
XS3	$CN = 1,32 L + 0,59$	$Réf = 4,7972.10^{-3} CN - 0,2136$
TM1	$CN = 1,6611 L + 2,4917$	$Réf = 2,332.10^{-3} CN - 0,3904$
TM2	$CN = 0,8547 L + 2,3932$	$Réf = 4,385.10^{-3} CN - 0,3307$
TM3	$CN = 1,2407 L + 1,4888$	$Réf = 3,425.10^{-3} CN - 0,2654$
TM4	$CN = 1,227 L + 1,8405$	$Réf = 4,1144.10^{-4} CN - 0,2801$
MSS4	$CN = 4,792 L + 1,437$	$Réf = 8,0244.10^{-4} CN - 0,3496$
MSS5	$CN = 7,216 L + 2,164$	$Réf = 3,6758.10^{-4} CN - 0,2717$
MSS6	$CN = 8,881 L + 4,4405$	$Réf = 3,966.10^{-4} CN - 0,2436$
MSS7	$CN = 10,583 L + 3,175$	$Réf = 4,5686.10^{-4} CN - 0,2246$

L'annexe 4 contient les tableaux des valeurs calculées de la réflectance et du compte numérique pour les différentes stations et à différents TetaV.

Spatialisation des paramètres

Les figures qui suivent illustrent la distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 en Mai 2010. Nous avons choisi de ne présenter que ce couple de paramètres parce que tous les autres couples donnent la même allure, de même pour la distribution spatiale de la luminance et le compte numérique.

a. Spot

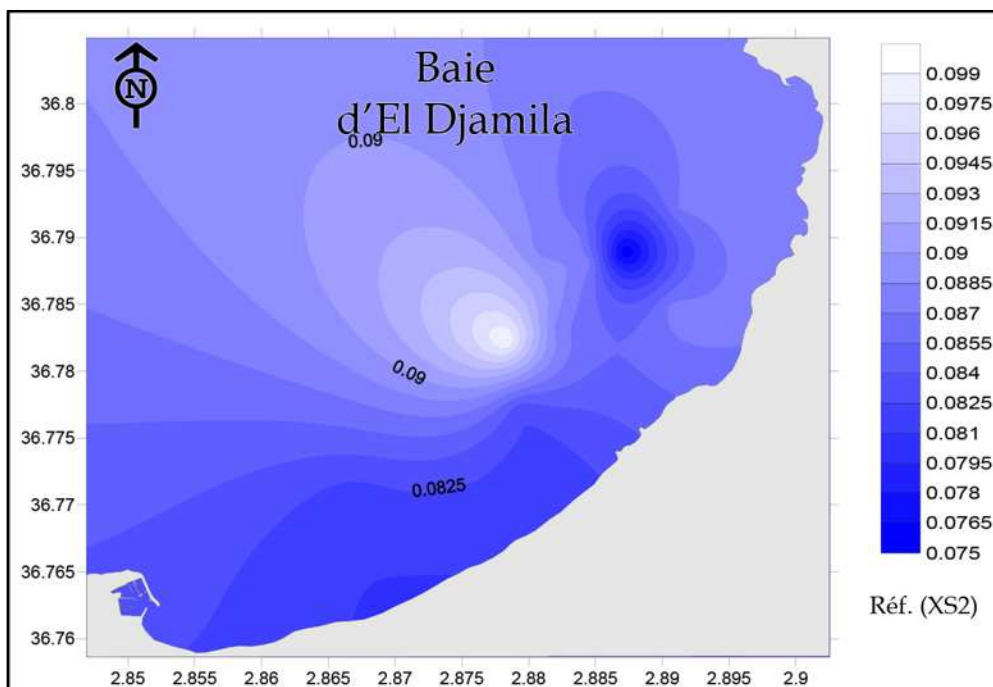


Figure 5.48 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal XS2 de Spot.

b. Landsat TM

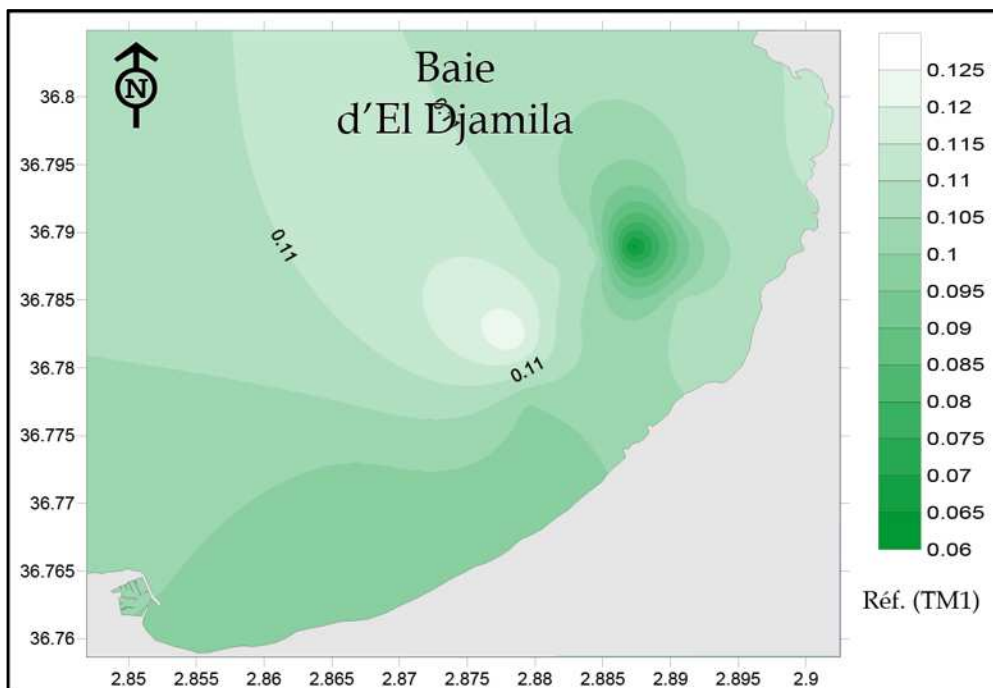


Figure 5.49 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal TM1 de Landsat TM.

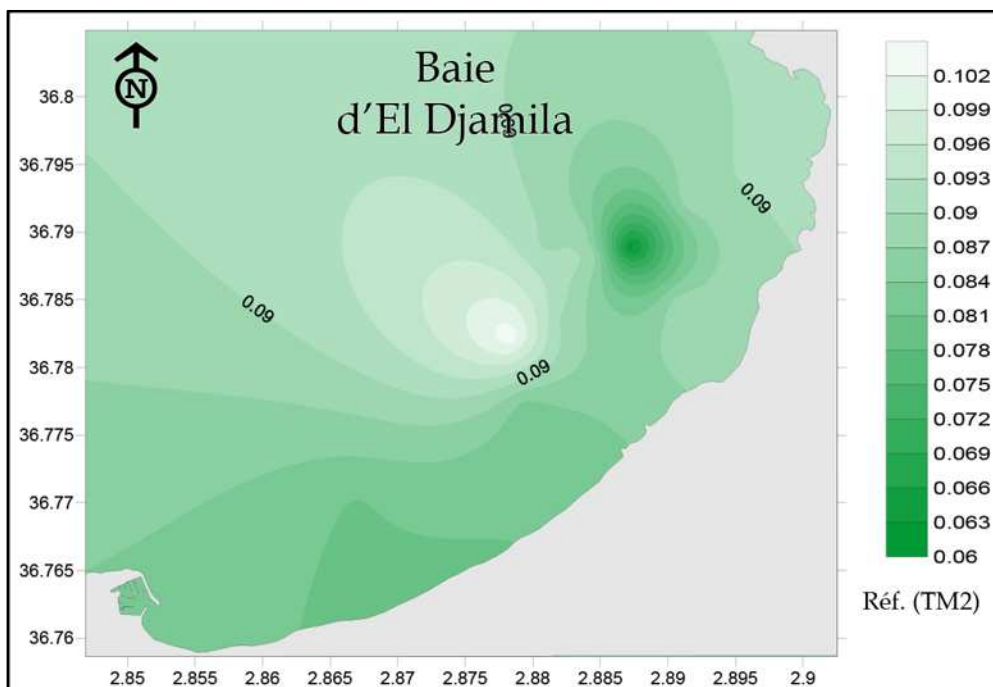


Figure 5. 50 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal TM2 de Landsat TM.

c. Landsat MSS

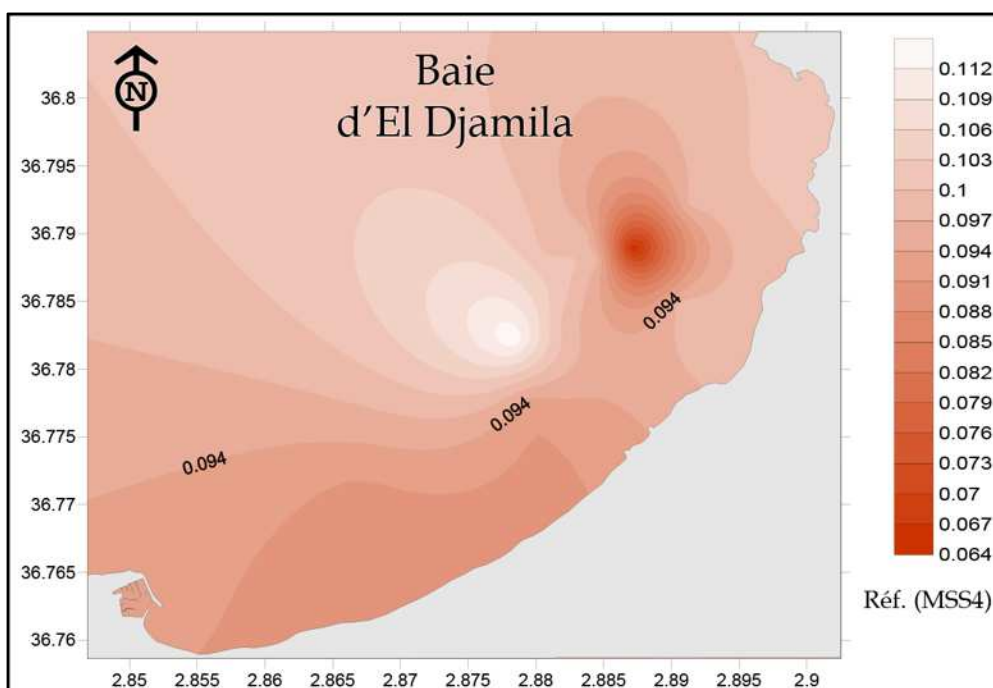


Figure 5. 51 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal MSS4 de Landsat MSS.

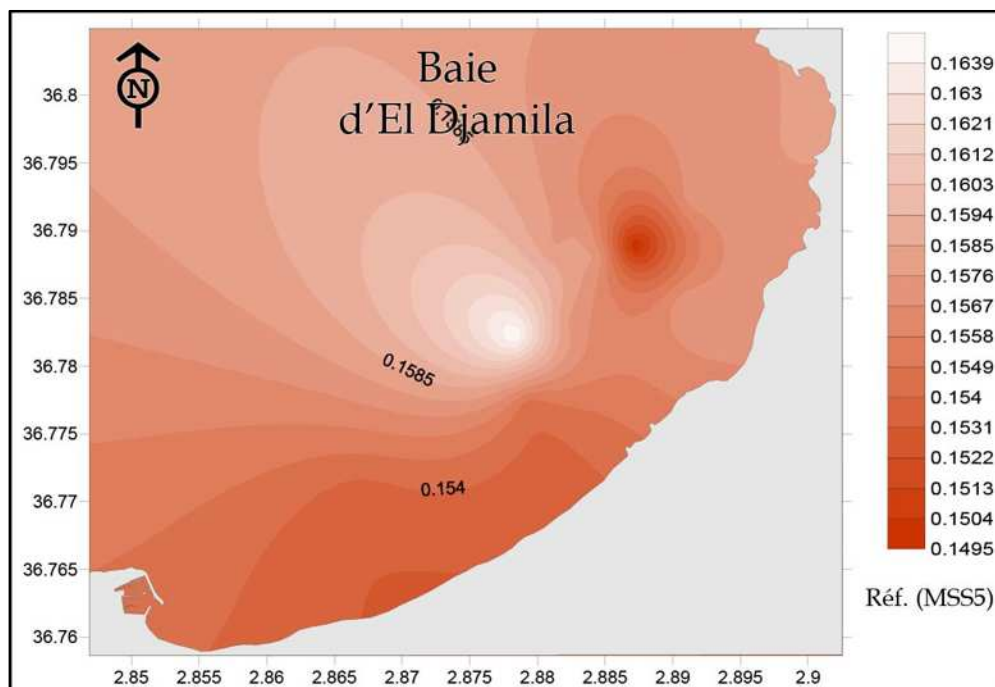


Figure 5.52 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamilia à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal MSS5 de Landsat MSS.

2. Baie d'Alger

Le tableau suivant nous montre un exemple des valeurs de la luminance (L) dans la station B3 à 1, à 5, à 20 à 50 et à 100 mètres de profondeur pour des valeurs de TetaV de 10, 15, 20, 25 et 30 et pour les différents canaux de Spot (XS1, XS2 et XS3) et de Landsat TM (TM1, TM2, TM3 et TM4) et de Landsat MSS (MSS4, MSS5, MSS6 et MSS7).

Tableau 5. 13: Luminances de la station S3 à différents TetaV et à 1, 5, 20, 50 et 15 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	70,487	70,344	70,136	69,857	69,496	58,259	58,162	58,023	57,834	57,561
XS2	48,568	48,484	48,362	48,199	47,986	21,609	21,6	21,588	21,572	21,551
XS3	15,455	15,438	15,414	15,382	15,34	6,365	6,365	6,365	6,365	6,365
TM1	77,167	77,014	76,792	76,494	76,108	70,341	70,217	70,037	69,794	69,48
TM2	66,019	65,884	65,688	65,425	65,083	49,185	49,112	49,006	48,864	48,68
TM3	36,899	36,846	36,769	36,664	36,529	16,884	16,881	16,877	16,871	16,863
TM4	15,843	15,826	15,801	15,768	15,725	6,686	6,686	6,686	6,686	6,686
MSS4	70,381	70,238	70,031	69,752	69,391	57,968	57,873	57,734	57,548	57,306
MSS5	46,812	46,731	46,614	46,457	46,252	21,899	21,89	21,877	21,859	21,836
MSS6	19,952	19,93	19,898	19,855	19,799	10,571	10,571	10,571	10,57	10,57
MSS7	12,285	12,268	12,245	12,214	12,174	4,822	4,822	4,822	4,822	4,822
TetaV	20 mètres					50 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30

XS1	42,836	42,801	42,749	42,68	42,59	39,591	39,583	39,572	39,556	39,536
XS2	18,752	18,752	18,752	18,752	18,752	21,343	21,343	21,343	21,343	21,343
XS3	6,362	6,362	6,362	6,362	6,362	7,447	7,447	7,447	7,447	7,447
TM1	56,06	55,995	55,901	55,775	55,612	49,345	49,325	49,295	49,256	49,24
TM2	34,635	34,618	34,593	34,559	34,515	34,09	34,087	34,085	34,081	34,075
TM3	15,731	15,731	15,731	15,731	15,731	18,046	18,046	18,046	18,046	18,046
TM4	6,683	6,683	6,683	6,683	6,683	7,816	7,816	7,816	7,816	7,816
MSS4	42,755	42,72	42,668	42,599	42,509	39,572	39,564	39,552	39,536	39,515
MSS5	18,978	18,978	18,978	18,978	18,977	21,562	21,562	21,562	21,562	21,562
MSS6	10,54	10,54	10,54	10,54	10,54	12,164	12,164	12,164	12,164	12,164
MSS7	4,82	4,82	4,82	4,82	4,82	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62

100 mètres					
TetaV	10	15	20	25	30
XS1	37,996	37,995	37,993	37,991	39,987
XS2	21,343	21,343	21,343	21,343	21,343
XS3	7,447	7,447	7,447	7,447	7,447
TM1	45,72	45,715	45,708	45,699	45,688
TM2	33,61	33,61	33,61	33,609	33,609
TM3	18,046	18,046	18,046	18,046	18,046
TM4	7,816	7,816	7,816	7,816	7,816
MSS4	37,928	37,927	37,925	37,923	37,919
MSS5	21,562	21,562	21,562	21,562	21,562
MSS6	12,164	12,164	12,164	12,164	12,164
MSS7	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62

Le reste des données des autres stations est représenté dans les tableaux à l'annexe 02.

La figure 5.53 nous montre la variation des valeurs de la luminance dans la station B3 à un TetaV = 10 pour Spot, Landsat TM et Landsat MSS.

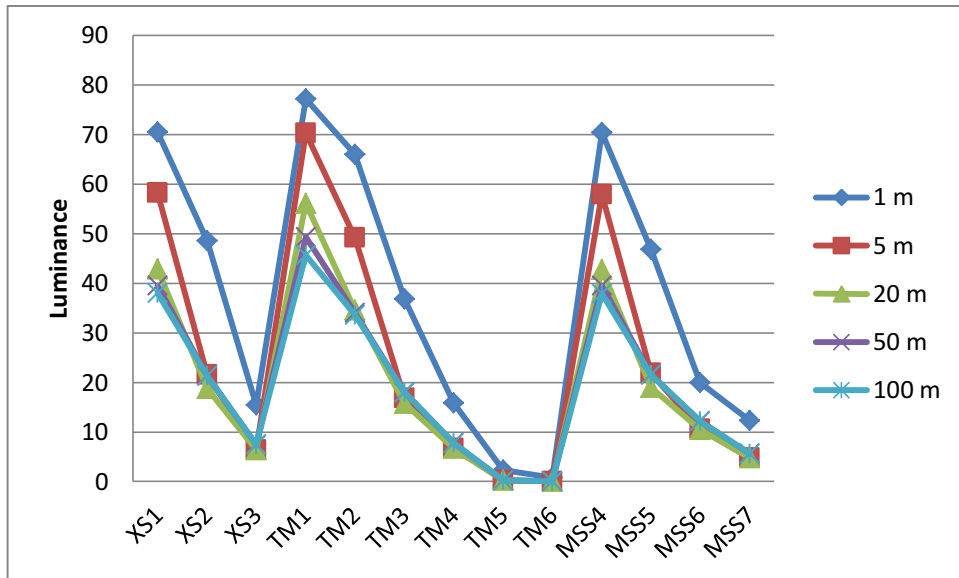


Figure 5.53 : Variation des valeurs de la luminance dans la station B3 à un TetaV = 10.

La figure suivante nous montre la variation de la luminance pour le canal XS1 de Spot et à différents TetaV dans les différentes stations dans la baie d'Alger. Et la figure 5.55 illustre la variation de la luminance pour le canal TM1 de Landsat TM et dans les différentes stations dans la même baie.

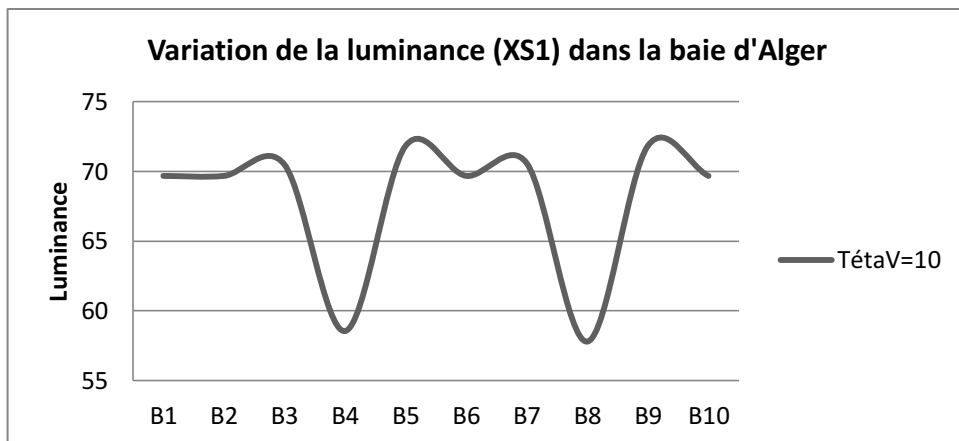


Figure 5. 54 : Variation de la luminance pour le canal XS1 de Spot dans les différentes stations dans la baie d'Alger.

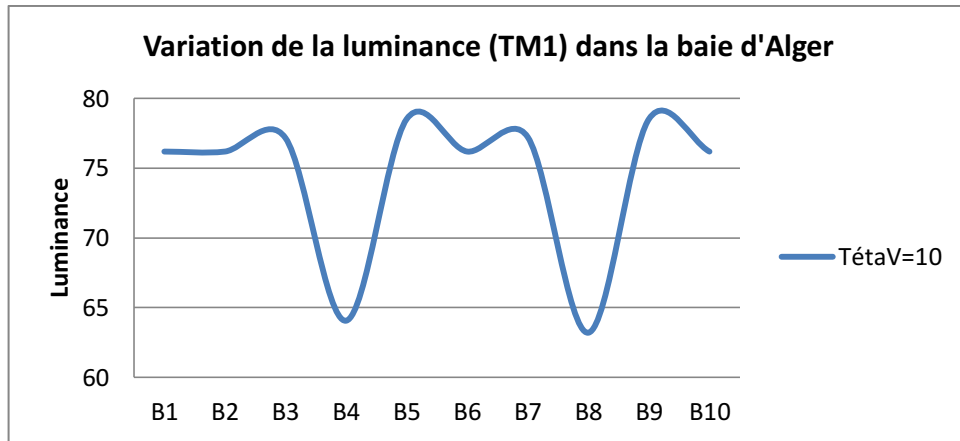


Figure 5. 55 : Variation de la luminance pour le canal TM1 de Landsat TM dans la baie d'Alger à 1 mètre de profondeur.

L'annexe 03 contient les tableaux des valeurs calculées de la réflectance et du compte numérique pour les différentes stations et à différents TetaV.

Spatialisation des paramètres

Les figures qui suivent illustrent la distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 en Mars 2011. Pour cette baie aussi, nous avons choisi de ne présenter que ce couple de paramètres parce que tous les autres couples donnent la même allure, de même pour la distribution spatiale de la luminance et le compte numérique.

a. Spot

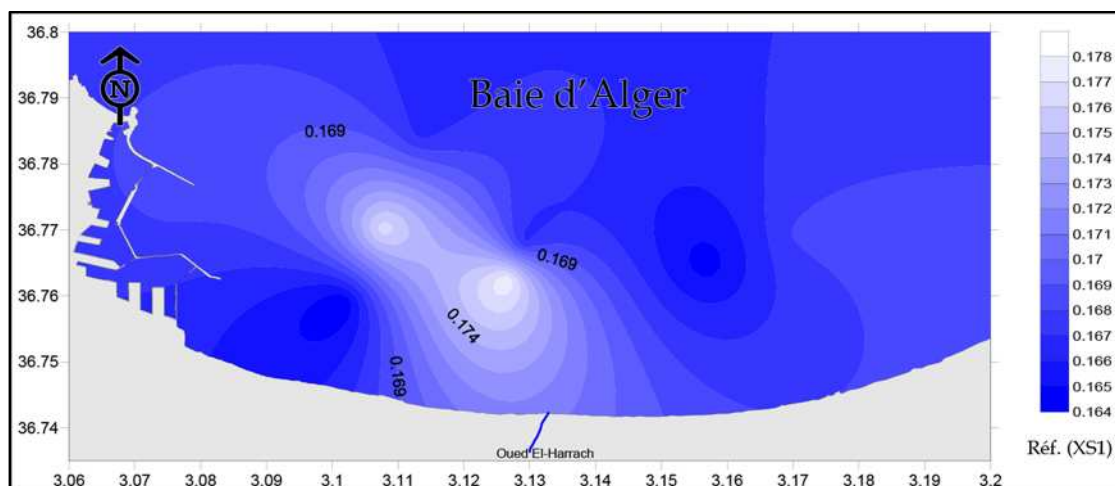


Figure 5. 56 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal XS1 de Spot.

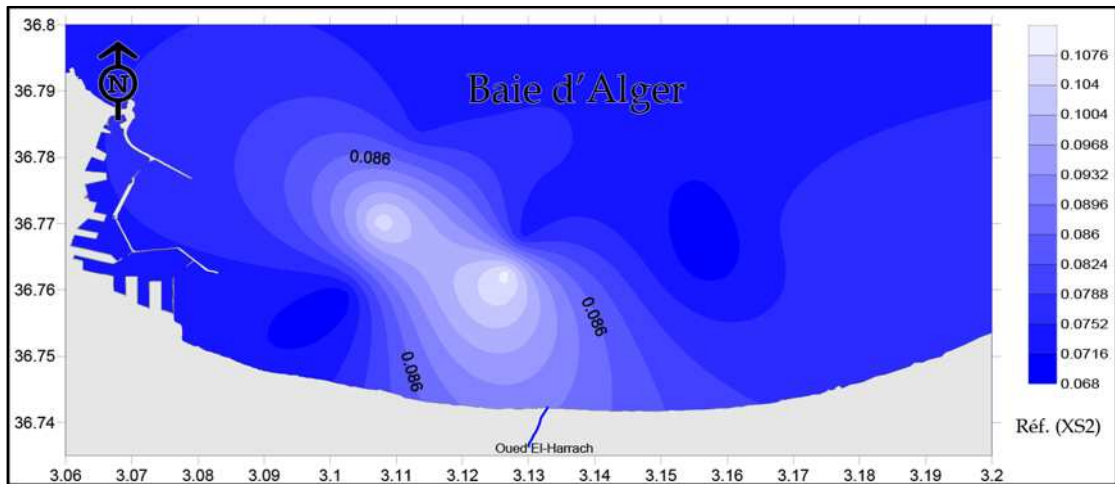


Figure 5. 57 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal XS2 de Spot.

b. Landsat TM

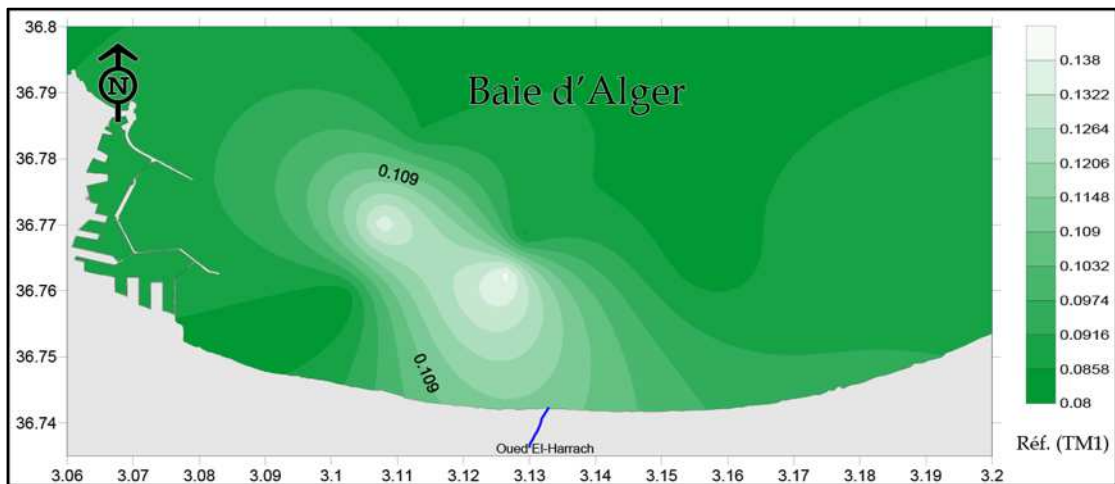


Figure 5. 58 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal TM1 de Landsat TM.

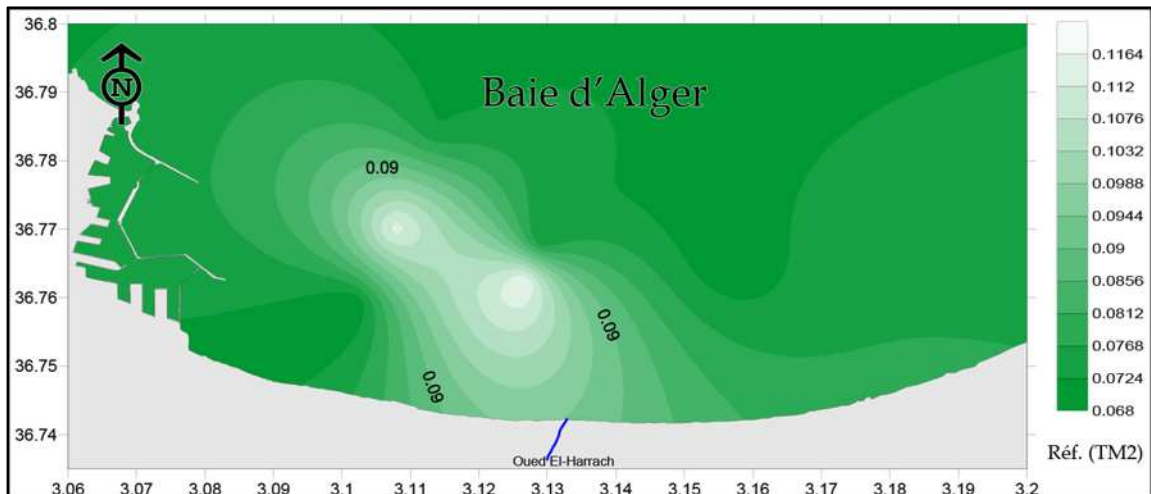


Figure 5. 59 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal TM2 de Landsat TM.

c. Landsat MSS

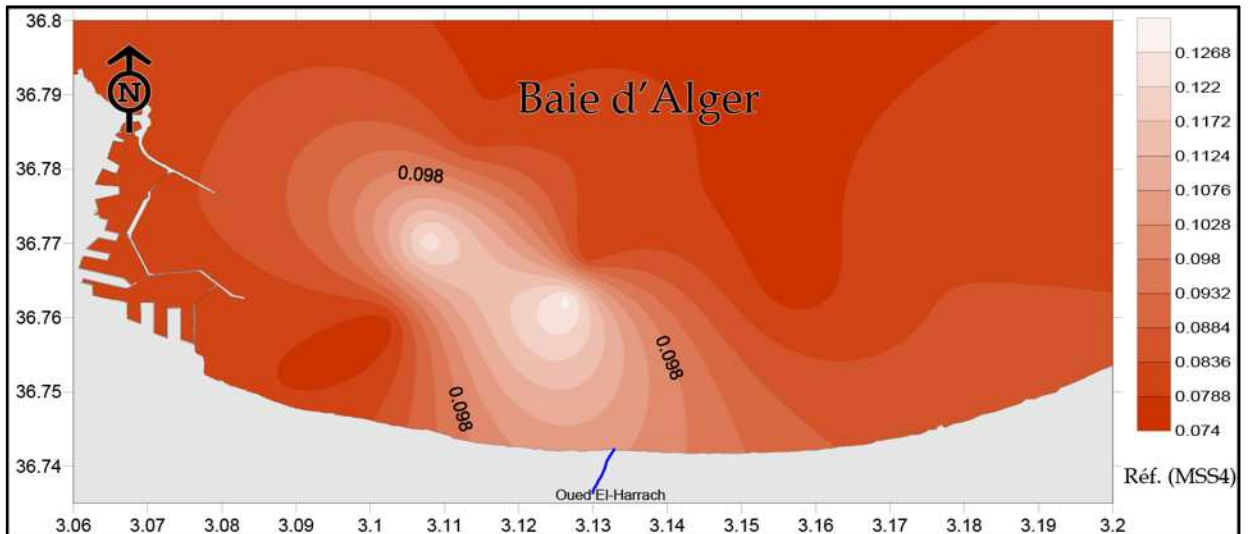


Figure 5. 60 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal MSS1 de Landsat MSS.

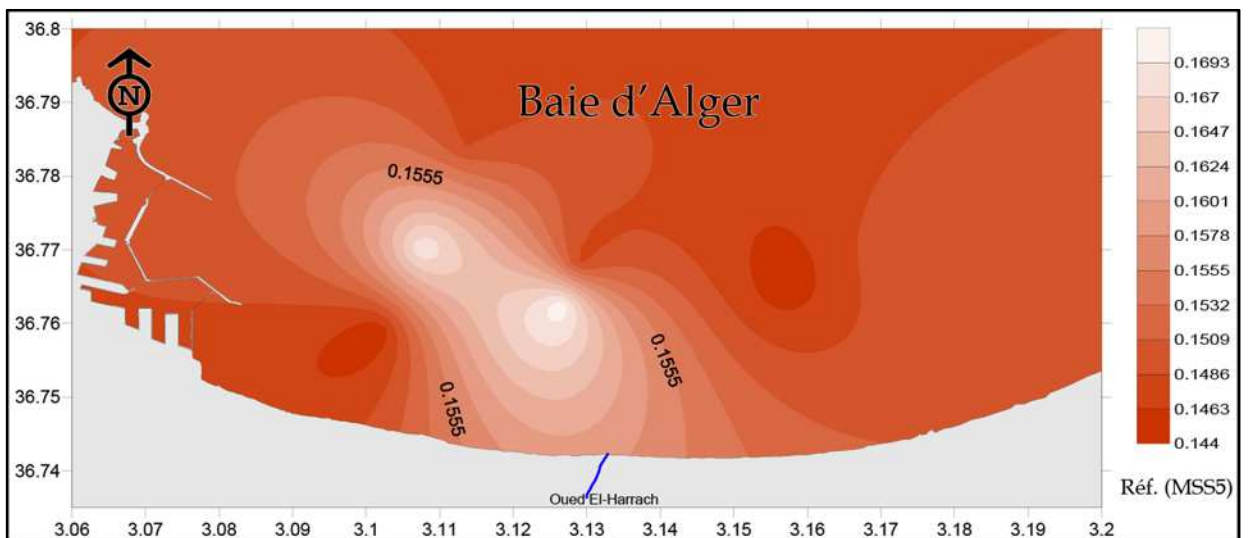


Figure 5. 61 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal MSS5 de Landsat MSS.

1. Baie de Bou Ismail

Le tableau suivant nous montre un exemple des valeurs de la luminance (L) dans la station S1 à 1, à 5 et à 20 mètres de profondeur pour des valeurs de TetaV de 10, 15, 20, 25 et 30 et pour les différents canaux de Spot (XS1, XS2 et XS3) et de Landsat TM (TM1, TM2, TM3 et TM4) et de Landsat MSS (MSS4, MSS5, MSS6 et MSS7).

Tableau 5. 14 : Luminances de la station S1 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	57,659	57,537	57,361	57,125	56,818	47,156	47,074	46,955	46,795	46,588
XS2	39,624	39,554	39,452	39,315	39,136	16,686	16,679	16,669	16,655	16,637
XS3	12,326	12,312	12,291	12,263	12,228	4,735	4,735	4,735	4,735	4,735
TM1	63,041	62,91	62,721	62,466	62,136	57,162	57,055	56,901	56,694	56,425
TM2	54,043	53,929	53,763	53,541	53,252	39,595	39,533	39,444	39,323	39,167
TM3	29,836	29,791	29,726	29,639	29,525	12,769	12,866	12,862	12,857	12,851
TM4	12,636	12,622	12,601	12,573	12,536	4,981	4,981	4,981	4,981	4,98
TM5	1,909	1,907	1,903	1,898	1,892	0,174	0,174	0,174	0,174	0,174
TM6	0,648	0,647	0,646	0,645	0,643	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049
MSS4	57,574	57,452	57,276	57,039	56,733	46,911	46,829	46,711	46,553	46,348
MSS5	38,14	38,072	37,974	37,842	37,671	16,929	16,922	16,911	16,896	16,877
MSS6	15,83	15,812	15,784	15,748	15,7	7,94	7,94	7,94	7,939	7,939
MSS7	9,76	9,746	9,726	9,7	9,665	3,573	3,357	3,573	3,573	3,573

TetaV	20 mètres				
	10	15	20	25	30
XS1	33,894	33,863	33,819	33,76	33,684
XS2	14,251	14,251	14,251	14,251	14,251
XS3	4,732	4,732	4,732	4,732	4,732
TM1	44,861	44,806	44,725	44,617	44,478
TM2	27,095	27,08	27,059	27,03	26,993
TM3	11,889	11,889	11,889	11,889	11,889
TM4	4,978	4,978	4,978	4,978	4,978
TM5	0,173	0,173	0,173	0,173	0,173
TM6	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047
MSS4	33,83	33,799	33,755	33,696	33,619
MSS5	14,436	14,436	14,436	14,436	14,436
MSS6	7,914	7,914	7,914	7,914	7,914
MSS7	3,571	3,571	3,571	3,571	3,571

Le reste des données des autres stations est représenté dans les tableaux à l'annexe 2.

La figure suivante nous montre la variation des valeurs de la luminance dans la station S1 à un TetaV = 10 pour Spot, Landsat TM et Landsat MSS.

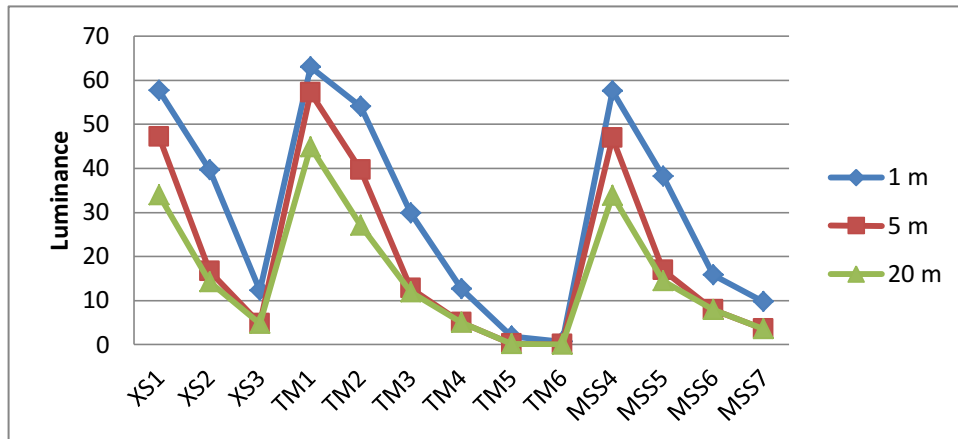


Figure 5. 62 : Variation des valeurs de la luminance dans la station S1 à un TetaV = 10.

La figure suivante nous montre la variation de la luminance pour le canal XS1 de Spot et à différents TetaV dans les différentes stations dans la baie de Bou Ismail. Et la figure 5.64 illustre la variation de la luminance pour le canal TM1 de Landsat TM et dans les différentes stations dans la même baie. La figure 5.65 nous montre la variation de la luminance pour le canal MSS4 de Landsat MSS dans les différentes stations dans la baie de Bou Ismail.

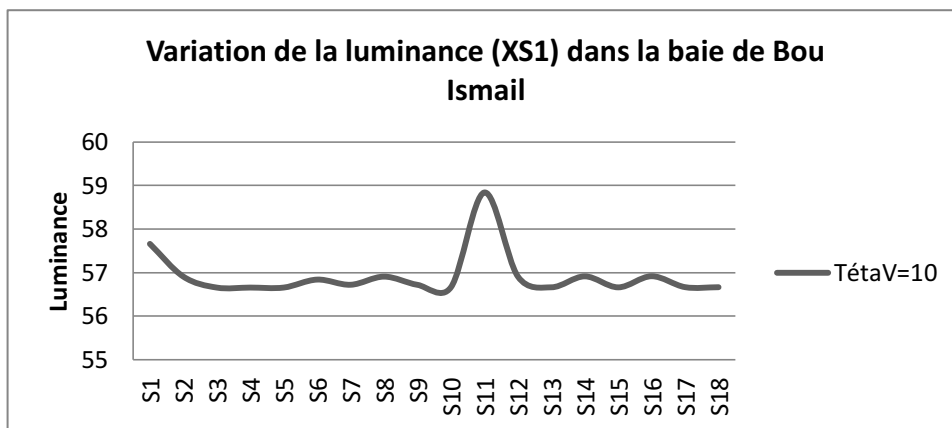


Figure 5. 63 : Variation de la luminance pour le canal XS1 de Spot dans les différentes stations dans la baie de Bou Ismail à 1 mètre de profondeur.

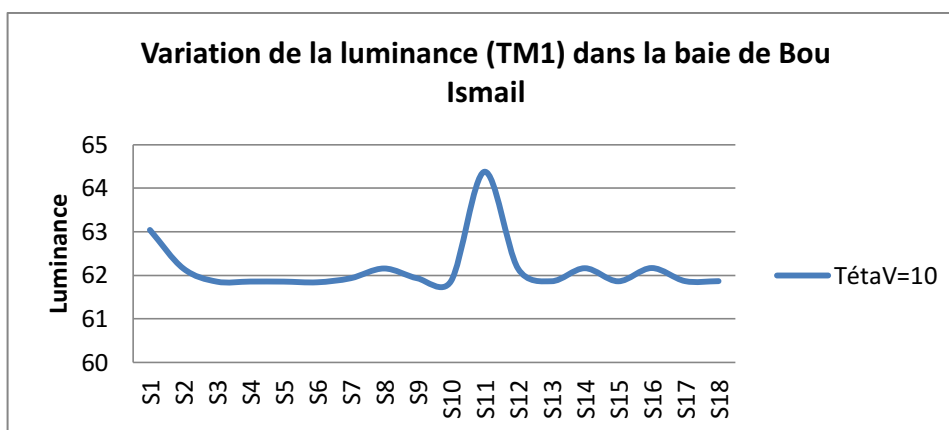


Figure 5. 64 : Variation de la luminance pour le canal TM1 de Landsat TM dans la baie de Bou Ismail à 1 mètre de profondeur.

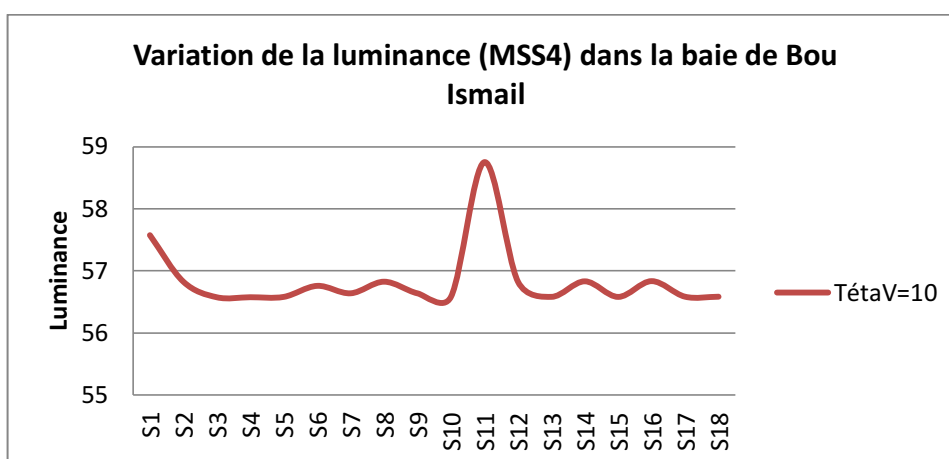


Figure 5. 65 : Variation de la luminance pour le canal MSS4 de Landsat MSS dans la baie de Bou Ismail à 1 mètre de profondeur.

L'annexe 3 contient les tableaux des valeurs calculées de la réflectance et du compte numérique pour les différentes stations et à différents TétaV.

Spatialisation des paramètres

Les figures qui suivent illustrent la distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail à une profondeur de 1 mètre et un TétaV=10 en Avril 2010. Comme pour les deux baies précédentes, nous avons choisi de ne présenter que ce couple de paramètres parce que tous les autres couples donnent la même allure, de même pour la distribution spatiale de la luminance et le compte numérique.

a. Spot

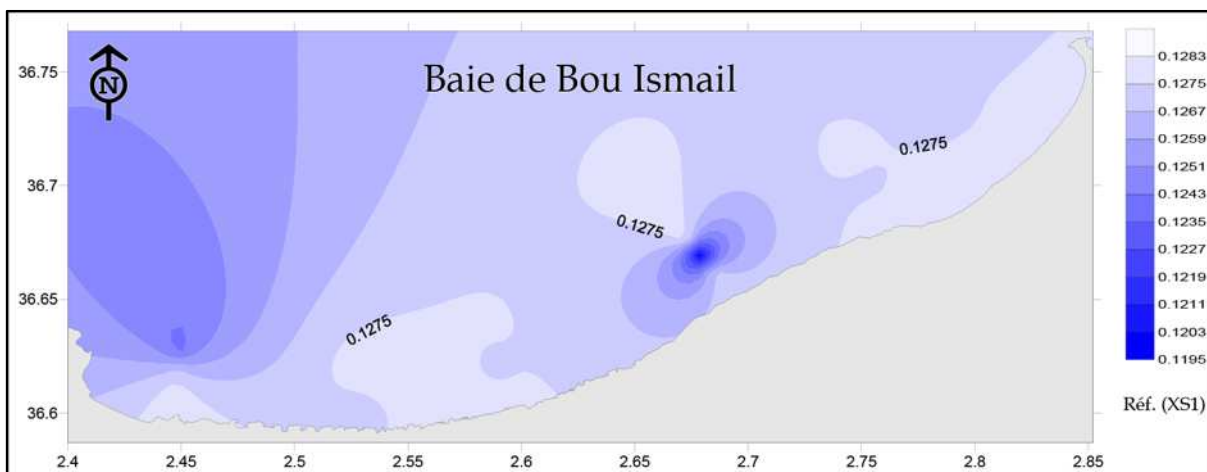


Figure 5.66 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal XS1 de Spot.

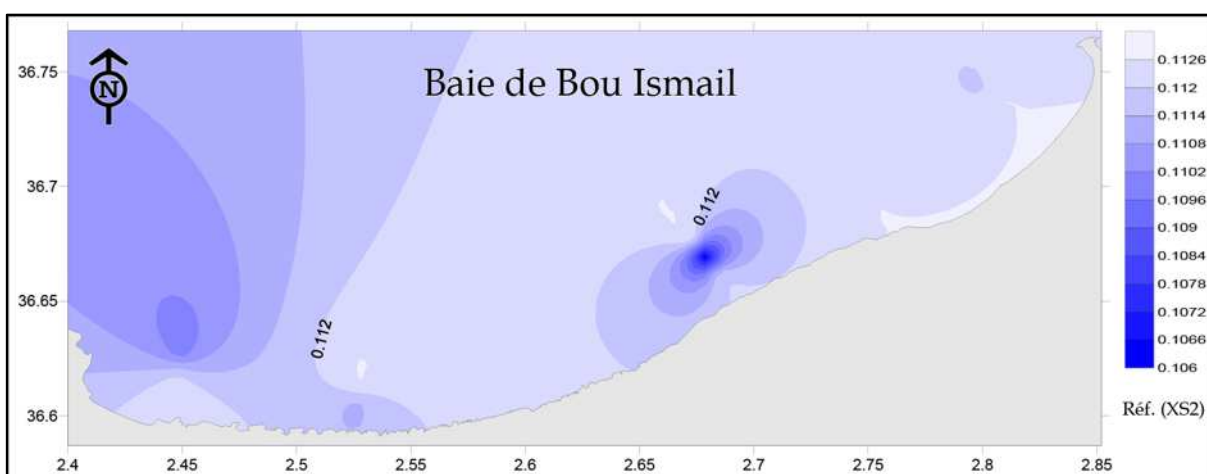


Figure 5.67 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal XS2 de Spot.

b. Landsat TM

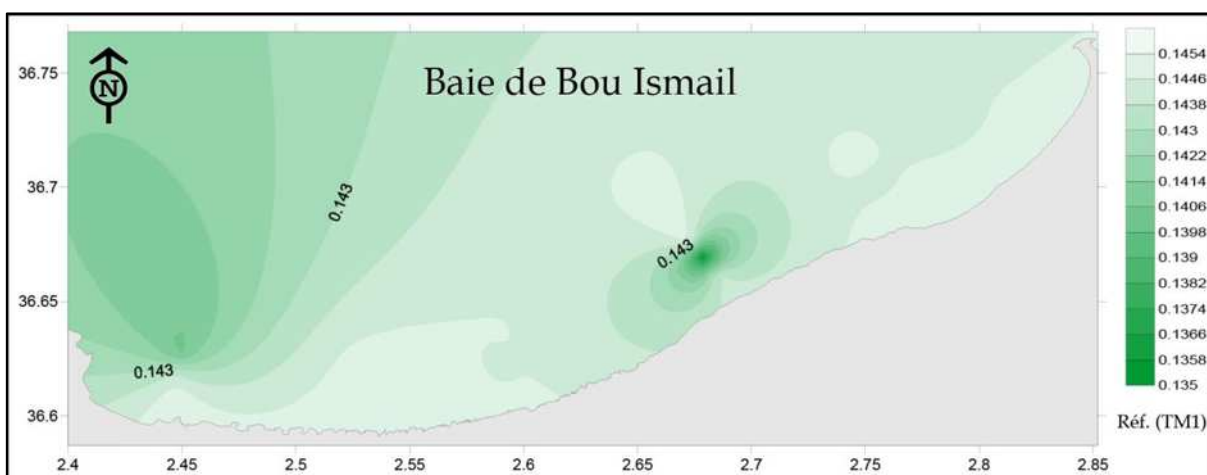


Figure 5.68 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal TM1 de Landsat TM.

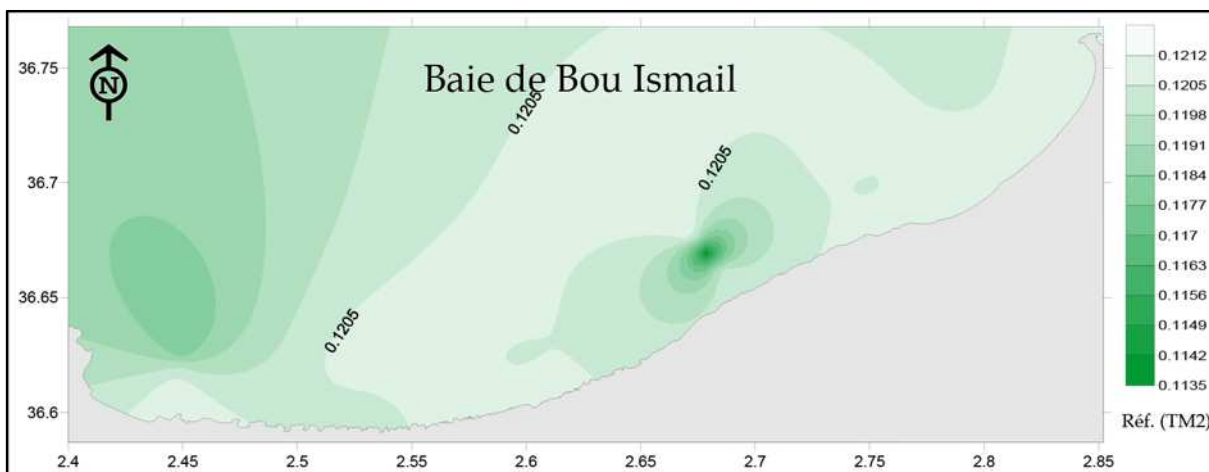


Figure 5. 69 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal TM2 de Landsat TM.

c. Landsat MSS

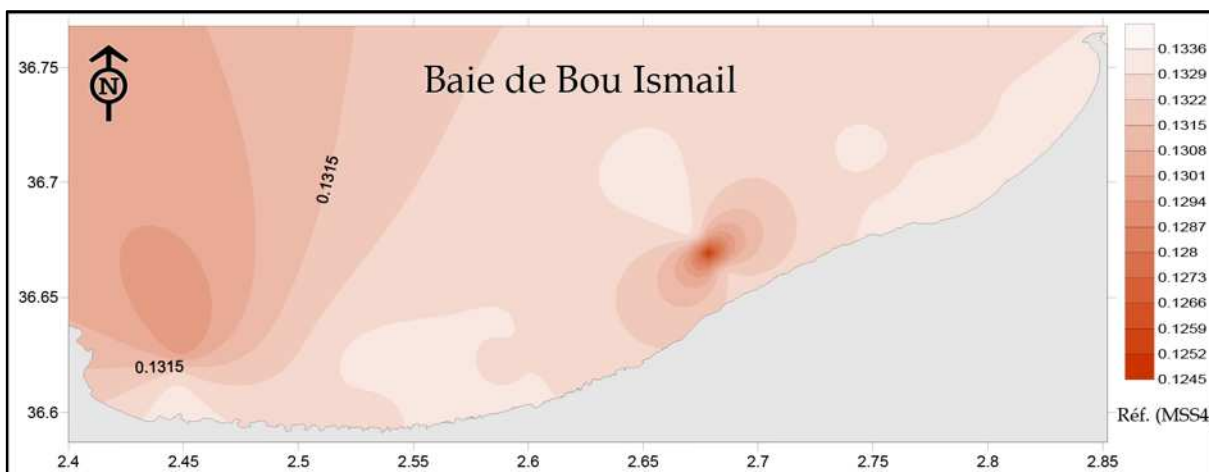


Figure 5. 70 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal MSS4 de Landsat MSS.

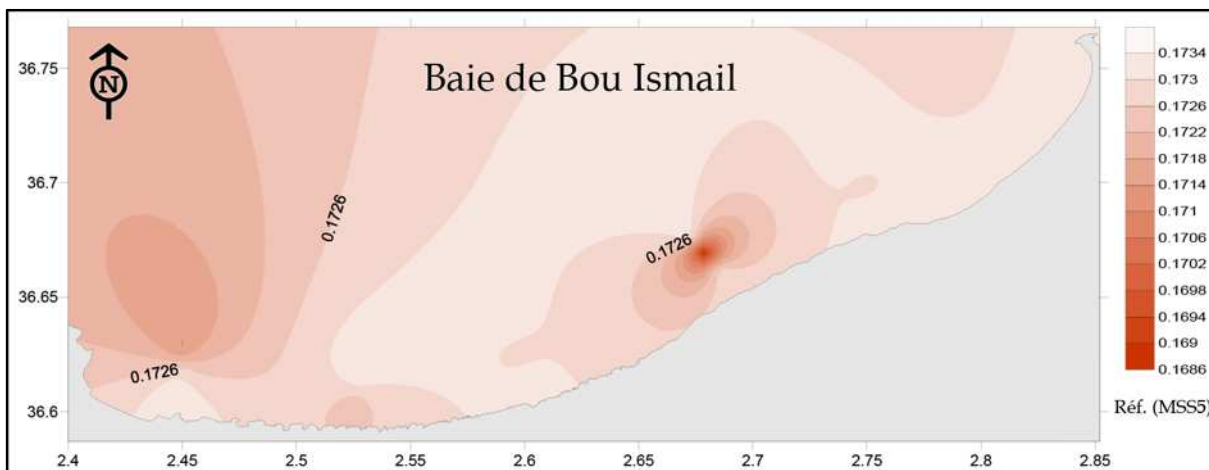


Figure 5. 71 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal MSS5 de Landsat MSS.

▪ *Modélisation de la couleur de l'eau, chlorophylle a et phytoplancton marin*

Résultats pour la base de données de la baie d'Alger (Mai 2009). L'effet du phytoplancton sur la «couleur de la mer » permet de quantifier la concentration de ce phytoplancton à partir de mesures satellites réalisées depuis l'espace.

Le tableau 5.15 nous donne les différentes formules établies des relations entre la concentration de la chlorophylle *a* et la densité du phytoplancton avec ses différents types dans la baie d'Alger (Base de donnée 2009). Ainsi à partir de mesures satellitaires de la concentration de la chlorophylle nous arrivons à estimer la densité des peuplements phytoplanctoniques et donc et indirectement elles nous informent sur la production primaire.

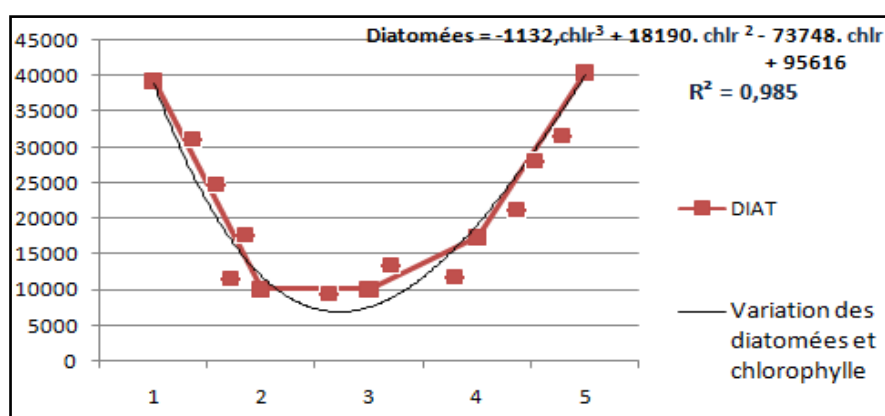


Figure 5. 72 : Taux de liaison des diatomées et chlorophylle *a*.

Tableau 5. 15 : Modélisation de la chlorophylle, densité cellulaire et concentration des espèces phytoplanctoniques dans la baie d'Alger (Base de donnée 2009).

Modèles de liaison	Taux de liaison
Densité phytoplancton = $10,06.Chlr^2 - 2,176 Chlr + 0,169$	R = 0.990
Dinoflagellés = $-1132, chl r^3 + 9561, chl r^2 - 24646chl r + 26424$	R = 0.762
Diatomées = $7997, chl r^2 - 47021chl r + 76590$	R = 0.966
Diatomées = $-1132, chl r^3 + 18190, chl r^2 - 73748.Chl r + 95616$	R = 0.985
Dinoflagellés = $-1132, chl r^3 + 9561, chl r^2 - 24646 chl r + 26424$	R = 0.762
Dinoflagellés = $- 45176.Pheo^2 + 27779Pheo - 1856$	R = 0.632

5. Images et cartes thématiques

En utilisant le logiciel PCSATWIN, nous avons transformé l'image réflectance en image indicatrice de la distribution des matières en suspension, de la turbidité et de la chlorophylle *a* en baie d'Alger.

L'image traitée permet d'estimer dans certaine mesure la pollution des eaux de mer dans la majorité des lieux, couvrant ainsi la quasi-totalité de la région d'étude.

En effet, il existe une forte liaison entre les réflectances et les mesures des paramètres de pollution. L'inversion des modèles obtenus permet d'obtenir la spatialisation de la concentration des mesures chimiques, physiques et biologiques de l'eau de mer.

Les figures suivantes montre la spatialisation des quelques paramètres dans la baie d'Alger sur des images satellitaires préalablement traitées mettant en évidence les zones riche en ces ressources biologiques et zones chargées.

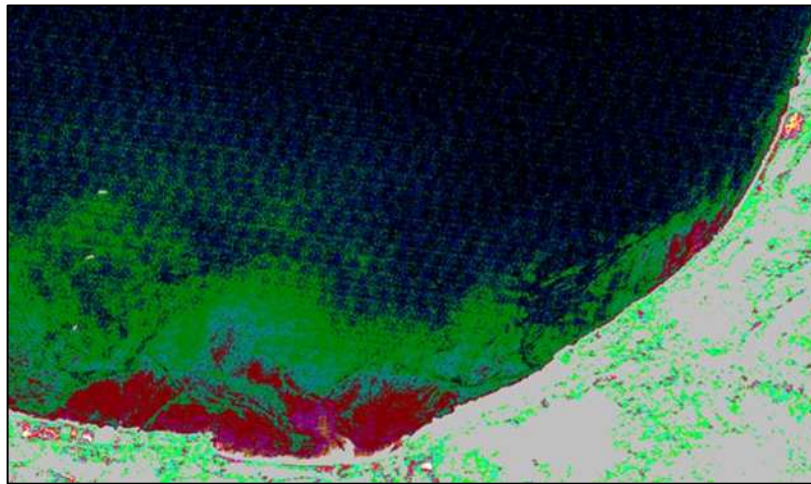


Figure 5. 74 : Diatomées en baie d'Alger.

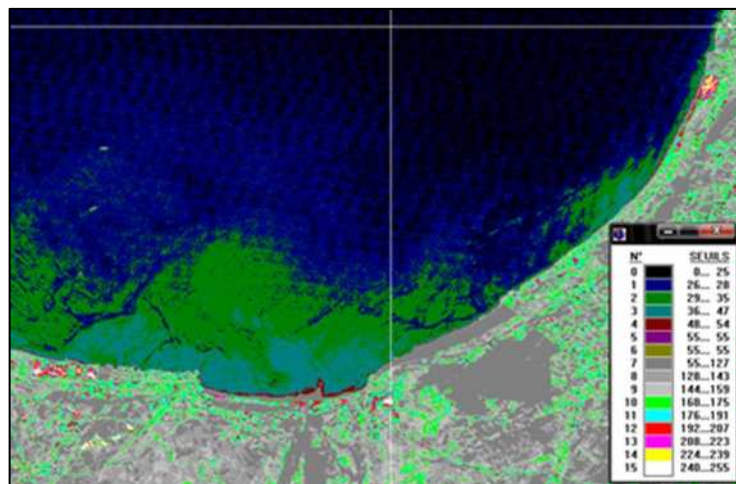


Figure 5.75 : Image brute Spot XS1 (22 Mars 2011).

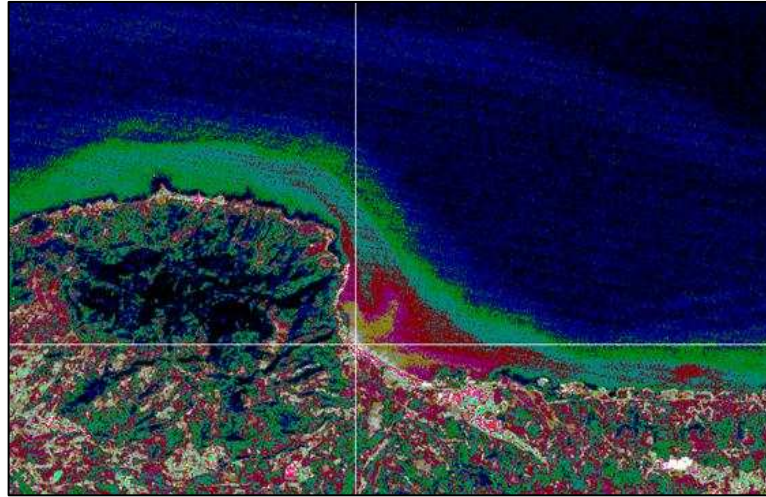


Figure 5.76 : Distribution de la matière en suspension dans la baie d'Alger, image Spot XS1 (22 Mars 2011).

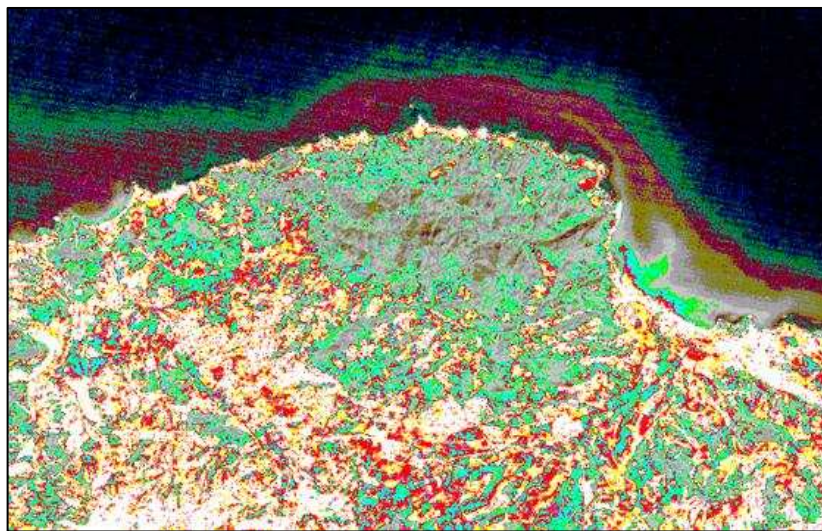


Figure 5.77 : Distribution de la matière en suspension dans la baie d'Alger, image Spot XS2 (22 Mars 2011).

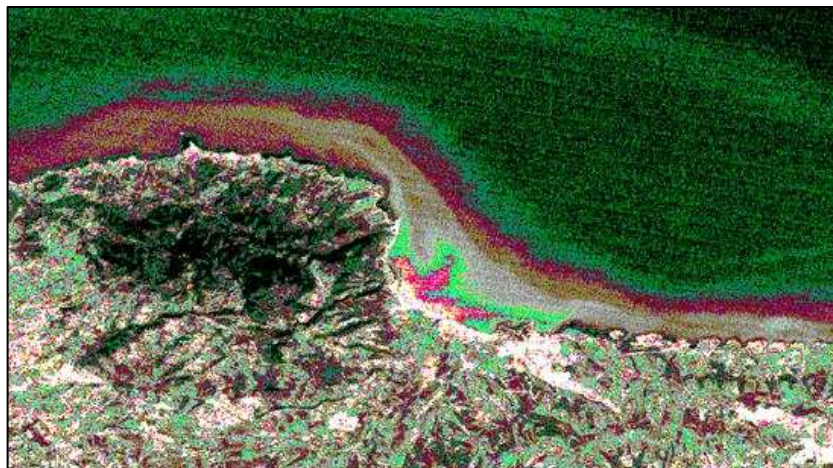


Figure 5.78 : Distribution de la matière en suspension dans la baie d'Alger, image Landsat TM1 (19 Mars 2011).

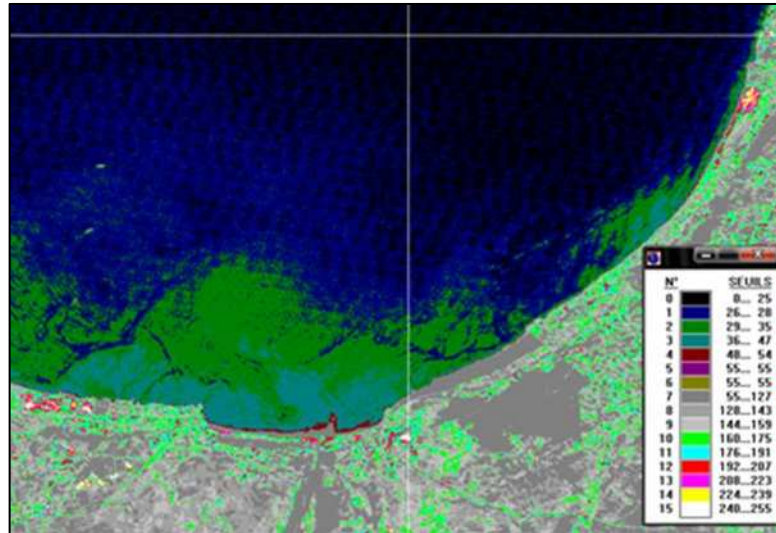


Figure 5.79 : Distribution de la Chlorophylle *a* dans la baie d'Alger, image Spot XS1 (22 Mars 2011).

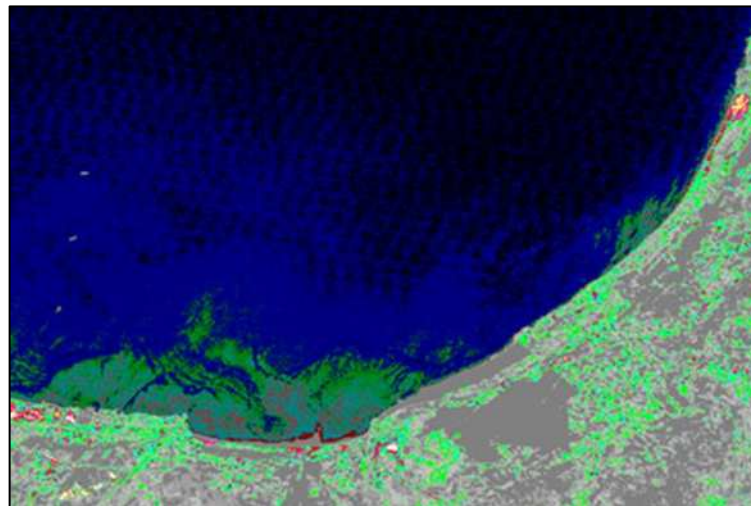


Figure 5.80 : Distribution de la Chlorophylle *a* dans la baie d'Alger, image Spot XS3 (pas de corrélation) (22 Mars 2011).

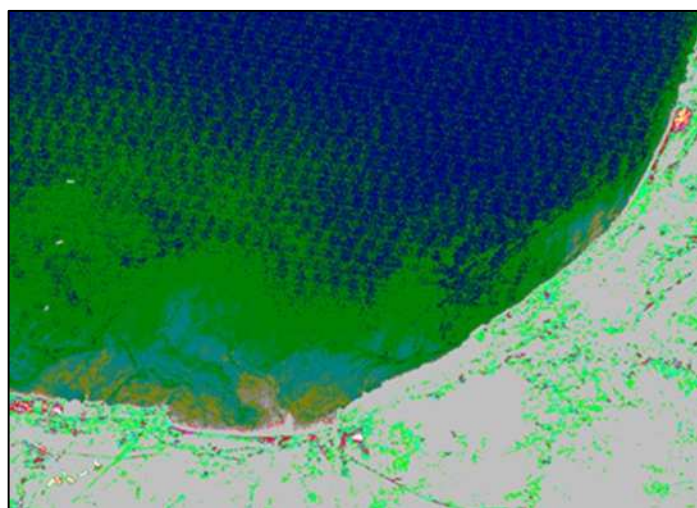


Figure 5.81 : Distribution de la Chlorophylle *a* dans la baie d'Alger, image Landsat TM1 (19 Mars 2011).

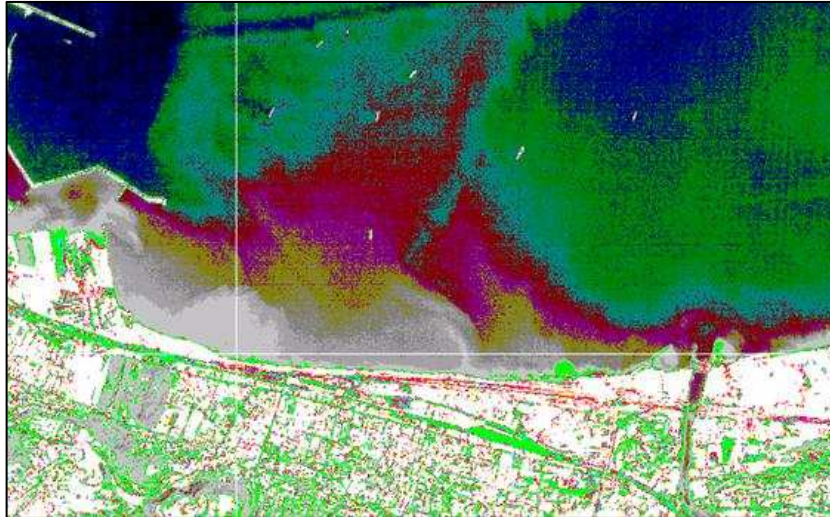


Figure 5.82 : Distribution de la turbidité dans la baie d'Alger, image Spot XS1 (22 Mars 2011).

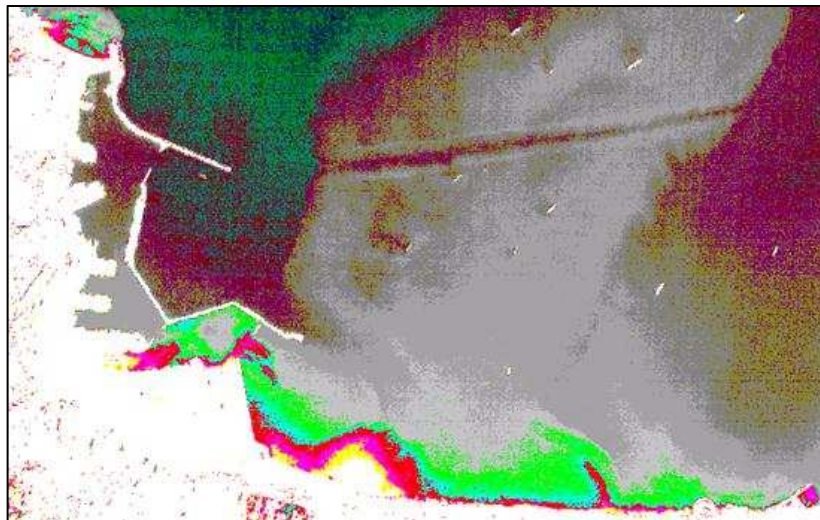


Figure 5.83 : Distribution de la turbidité dans la baie d'Alger, image Spot XS2 (Corrélation moyenne) (22 Mars 2011).

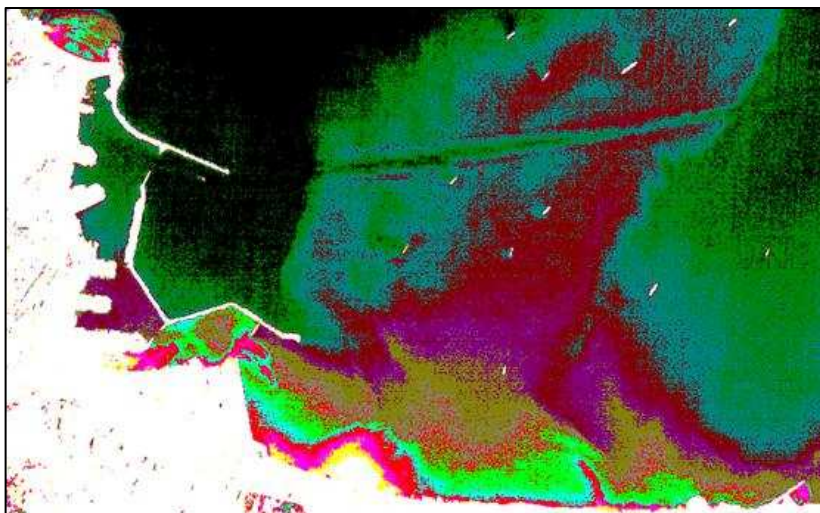


Figure 5.84 : Distribution de la turbidité dans la baie d'Alger, image Landsat TM1 (Forte corrélation) (19 Mars 2011).

Conclusion

L'application de la modélisation satellitaire dans le littoral algérois nous a permis de d'affirmer que l'utilisation de ce genre de techniques s'avère à la fois utile et indispensable.

Nous avons pu valider ces méthode sur notre zone avec l'établissement de modèles de conversion des valeurs de réflectance en mesures de concentration d'indicateurs de pollution comme la teneur en matières en suspension et la turbidité et des mesures d'indicateurs biologiques comme la concentration en chlorophylle a et la densité des peuplements phytoplanctoniques.

Les formules de conversion établies démontrent l'intérêt que comporte ce genre d'études pour la facilité qu'elle donne pour avoir les caractéristiques voulus de l'eau de mer sans devoir à intervenir sur le terrain et investir des moyens prodigieux pour les analyses chimiques et les moyens logistiques.

Aussi, avec l'utilisation des moyens de télédétection satellitaire nous pouvons couvrir des zones jadis inaccessible ou problématiques pour des raisons naturelles ou anthropiques. Une couverture permettant de caractériser l'eau de mer à n'importe quel moment et presque en temps réel tant que les images satellitaires sont disponibles.

En effet, l'analyse corrélatrice entre les réflectances calculées à partir des images, les mesures *in situ* et les résultats des analyses au laboratoire montrent bien les fortes corrélations obtenues sur les canaux visibles Spot et Landsat. Les relations des différents ajustements sont hautement significatives, elles rendent possible l'interpolation des valeurs mesurées sur le terrain, donc une véritable cartographie des variables et indices de la qualité des eaux.

De plus, cet outil étant la télédétection spatiale permet le développement de l'océanographie et il porte un grand intérêt à la fois pour les chimistes

environnementalistes, les halieutes biologistes et les aussi les écologistes du milieu marin.

Par exemple, le suivi de la chlorophylle *a* et les peuplements phytoplanctoniques nous donne une idée sur la production primaire de la zone d'intérêt, sur les potentialités d'eutrophisation et sur l'état de pollution.

Rajoutons que la spatialisation des valeurs mesurées sur le terrain facilite en effet le suivi environnemental de la qualité des eaux et les interventions sur le milieu. La capacité des bandes spectrales visibles est cependant très remarquable, elles peuvent servir à d'autres études plus approfondies pour établir de véritables cartes de pollution qui peuvent donner des informations sur la qualité des eaux côtières par le biais des satellites mis en orbite.

Pour tout cela, nous proposons de mettre en place un établissement de télédétection qui se spécialisera dans le domaine marin et fournira les données nécessaire qu'exigent les océanographes, ce que permettra l'épanouissement et le développement rapide et facilité de l'océanographie en Algérie tout en investissant peu de moyens financiers et matériels.

Bibliographie

Abdellaoui A., Becker F. et Olory-Hechinger E., 1986. Use of METEOSAT for mapping thermal inertia and evapotranspiration over a limited region of Mali. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, vol. 25, n°11, nov. p. 1489-1506.

Abdellaoui A., Benblidia N., Ileana G. Patru, Ielenicz M. et Ozer A., 2007. La technique de clonage de pixels pour l'analyse de phénomènes de faible étendue par image satellitale : application aux mouvements de terrain sur la vallée de la Prahova (Roumanie). *Revue Télédétection*, Vol. 6, n°3 ; p. 233-246.

Ackleson S. G., 1996. Diffuse attenuation in optically shallow water : Effects of bottom reflectance. *Ocean Optics XIII, SPIE, 2963, Halifax, Canada*, p. 326-330.

Al Sid Chikh S., Belkessa R., Houma F. et Amrouche L., 2009. Diagnostic du littoral Ouest algérois pour une gestion intégrée. *The 5th International Symposium on Sandy beaches, Rabat, Maroc*.

Aminot A., Chaussepied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Éd. Centre National pour l'Exploitation des Océans, Brest, France, 395 p.

Aminot A., Kérouel R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins : Paramètres et analyses. Éd. Ifremer, Paris, France, 336 p.

Bachari N. E. I., 1999. Méthodologie d'analyse des données satellitaires en utilisant des données multi-sources. *Thèse de Doctorat d'état en Physique, Rayonnement-Matière, Usto, Oran, Algérie*, 222 p.

Bachari N.E.I., Benbadji N., et Abdellaoui A., 1997. Développement du logiciel d'analyse spectrale et temporelle des images satellite type SPOT, LANDSAT et METEOSAT. Logiciel PCSATWIN (remote sensing pictures multispectral analyser). *A.M.S.E.J Volume 38, N° 1,2. p 15-38*.

Bariou R., 1978. Manuel de télédétection : photographies aériennes, images radar, thermographie satellites. *UER, Géographie et Aménagement de l'Espace, Université de Rennes, France*, 349 p.

Barnabé G. et Barnabé-Quet R., 1997. Ecologie et aménagement des eaux côtières. Éd. Technique et Documentation, Paris, France, 391 p.

- Becker F., 1978.** "Physique fondamentale de la télédétection" dans École d'été de Physique spatiale : Principes physiques et mathématiques de la télédétection. CNES, France, p. 1-108.
- Belkessa R., 1999.** Causes et conséquences de l'érosion marine sur la côte Algérienne. *Revue symbiose, Alger, Algérie.*
- Belkessa R., Houma F., Ciortan R. et Mezouar K., 2008.** Protection Works Of The Sea Coast In Algéria. *Copedec VII, Dubai, UAE, No: S-26.*
- Benzohra M., 1993.** Les structures hydrodynamiques le long des côtes Algériennes. *Centre d'Océanologie de Marseille, France, 33 p.*
- Bernard G., 2006.** Comprendre la mer pour mieux pêcher. Éd. Ouest-France, Rennes, France, 155 p.
- Bhargava D.S., et Mariam D.W., 1991.** Effects of suspended particle size and concentration on reflectance measurements. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 57, n°5, p. 519-529.*
- Boni L, Guerrini F, Pistocchi R, Cangini M, Pompei M, Cucchiari E, Romagnoli T. et Totti C., 2005.** Microalghe tossiche del Medio ed Alto Adriatico. Éd. Fernadel, Bolonie, Italie, 64 p.
- Bonn F. et Rochon G., 1996.** Précis de Télédétection Vol 2, Applications Thématiques. Éd. Presses de l'Université du Québec UREF, Canada, 633 p.
- Bouget J. F., 2008.** Suivi trophique en baie de Quiberon en 2008. Éd. Ifremer, Paris, France, 12 p.
- Bougis P., 1974.** Ecologie du plancton marin : Tome I, le phytoplacton. Éd. Masson et Cie, Paris, France, 196 p.
- Boulahdid M., 1987.** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. *Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, France, 266 p.*
- Bricaud A. et Morel A., 1986.** Light attenuation and scattering by phytoplanktonic cells : a theoretical modeling. *Appl. Opt., no 25, p. 571-580.*
- Bricaud A. et Stramski D., 1990.** Spectral absorption coefficients of living phytoplankton and nonalgal biogenous matter: a comparison between the Peru upwelling area and the Sargasso Sea. *Limnology and Oceanography, vol. 35 p. 563-582.*
- Bricaud 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*, 88, Toulouse, France, p. 605-623.

Bricaud A., Morel A. et Prieur L., 1981. Absorption by dissolved organic matter of the sea (yellow substance) in the UV and visible domains. *Limnology and Oceanography*, vol. 26, no 1, p. 43-53.

Bricaud A., Morel A. et Prieur L., 1983. Optical efficiency factors of some phytoplankters. *Limnol. Oceanogr.*, no 28, p. 816-832.

Bricaud A., Morel A., Babin M., Allali K. et Claustre H., 1998. Variations of light absorption by suspended particles with chlorophyll-a concentration in oceanic (Cas 1) waters: Analysis and implications for bio-optical models. *Journal of Geophysical Research*, vol. 103, p. 31033-31044.

Broman D., Colmsjö A., Ganning B., Näf C. et Zebühr Y., 1988. A multi-sediment-trap study on the temporal and spatial variability of polycyclic aromatic hydrocarbons and lead in a anthropogenic influenced archipelago. *Environ.Sci.Technol.*, Vol.22, n°10, pp. 1219-1228

Bruslé J. et Quignard J.-P., 2004. Les poissons et leur environnement : Ecophysiologie et comportements adaptatifs. Éd. Lavoisier, Paris, France, 1522 p.

Caddy, J.F. et Griffiths, R.C., 1996. Les ressources marines vivantes et leur développement durable: quelques perspectives environnementales et institutionnelles. *FAO Document technique sur les pêches*, No. 353, FAO, Rome, Italie, 174 p.

Carmelo R. et Tomas, 1997. Identifying marine phytoplankton. Éd. Academic Press, France, 858 p.

Collignon J., 1991. Ecologie et biologie marines : Introduction à l'halieutique. Éd. Masson, Paris France, 298 p.

Copin-Montégut G., 1996. Chimie de l'eau de mer. Collection «synthèse». Éd. Institut Océanographique de Paris, France, 319 p.

Cupp E., 1977, Marine plankton Diatoms of the West Coast of North America. Éd. Lubrecht & Cramer Ltd, USA, 237 p.

Curran P.J., and Novo E.M.M., 1988. The Relationship Between Suspended Sediment Concentration and Remotely Sensed Spectral Radiance: A Review. *Journal of Coastal Research*, vol4, n°3, p. 351-368.

- D'Sa E. J. et Miller R. L., 2003.** Bio-optical properties in waters influenced by the Mississippi River during low flow conditions. *Remote Sensing of Environment*, vol. 84, p. 538-549.
- Dekker A.G., 1991.** The remote sensing Loosdrecht Lakes project. *Institute of Earth Sciences, Vrije Universiteit, Amsterdam, Hollande*, 105 p.
- Dekker A.G., 1995.** Remote sensing for water quality research and development. *EARSEL Newsletter*, 23, p. 10-17.
- Doerffer R., and Fisher J., 1994.** Concentration of chlorophyll, suspended matter and gelbstoff in case II waters derived from coastal Zone Color Scanner data with inverse modelling methods. *J. Geophys. Res.*, 99(C4), p. 7457-7466.
- Doerffer R., et Schiller H., 1997.** Pigment index, sediment and gelstoff retrieval from directional water leaving radiance reflectances using inverse modelling technique. *Algorithms Theoretical Basis Document, ATBD 2.12, Rapport ESA, Meris ESL GKSS Research Center, Geesthacht*, p. 245-327.
- Durand D., 2000.** Suivi et simulation de la qualité de l'eau en milieu littoral par modélisation et télédétection. *Thèse de Doctorat, Université de Nice, France*, 197 p.
- Eur-Oceans, 2007.** Plancton du Monde, Fiche éducative. *Eur-Oceans European Network of Excellence*, 4 p.
- Ferrari GM. et Tassan S., 1992.** Evaluation of the influence of yellow substance absorption of the remote sensing of water quality in the Golf Naples: a case study. *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 13, N 12, p. 2177-2189.
- Froidefond J. M., Doxaran D. et Miller P., 2003.** Opération 2 : Acquisition et traitement d'images satellites. *Rapport final, Programme Interrégional Loire Grandeur Nature. Loire, France*.
- Froidefond J. M., Lavender S., Laborde P., Herbland A. et Lafon V., 2002.** SeaWiFS data interpretation in a coastal area in the Bay of Biscay. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 23, p. 881-904
- Frontier S. et Pichod-Viale D., 1998.** Ecosystèmes : Structure, fonctionnement, évolution. 2^{ème} édition. *Éd. Dunod, Paris, France*, 447 p.
- Frontier S., 1999.** Les écosystèmes. *Éd. Presse Universitaire de France, Paris, France*, 128 p.
- Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. *Éd. Technique et documentation*, 217 p.

- Gaumer G., 1981.** Evolution annuelle des communautés microplanctoniques de la baie d'Alger. Variations de la composition spécifiques liées à la nature du facteur nutritionnel limitant de la biomasse algale. *Thèse de doctorat, Océanographie biologique, Université Pierre et Marie Curie, France, 91 p.*
- Girard M.C. et Girard C.M., 1989.** Télédétection appliquée. Zones tempérées et intertropicales. *Éd. Masson, Paris, France, 257 p.*
- Guyot, G., 1989.** Signatures spectrales des surfaces naturelles. *Collection « Télédétection satellitaire », vol. 5, Paradigme, Caen, France, 178 p.*
- Halmann M., 1996.** Photodegradation of waters pollutants. *CRC Press, Eds., 301 p.*
- Houma F., Bachari N. E. I., Bachouche S., Kassar A., Belkessa R., 2011.** Contribution à l'évaluation de la pollution des eaux marines sur la côte Ouest d'Alger en utilisant l'imagerie satellitale. *Revue Paralia, Novembre 2011.*
- Houma F., Belkessa R., Khouider A., Bachari N.E.I et Derriche Z., 2004.** Etude Corrélatrice des Paramètres Physico-Chimiques et des Données Satellites IRS1C pour Caractériser la Pollution Aquatique. Application à la baie d'Oran, Algérie. *Revue Sciences de l'eau, volume 17/4, p. 429- 446.*
- Houma F., Touahria T., Madi F. et Bachari N.E.I, 2009.** Surveillance du Phytoplancton et Modélisation de la Couleur des Eaux Marines : Une Contribution à La Gestion Intégrée de la Zone Côtière Algéroise. *IZMIR 2009, Turquie.*
- Houma-Bachari F., 2007.** Caractérisation des polluants de la côte Oranaise et Algéroise par analyse physico-chimique et corrélation avec les données satellites. *Thèse de doctorat, USTHB, Alger, Algérie, 225 p.*
- Houma-Bachari F., 2009.** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir d'imagerie satellitale. *Thèse de doctorat en Science de l'univers et environnement, Université de Val de Marne, Paris XII, France, 257 p.*
- Houma-Bachari F., Boulahdid M. et Khouider A., 2004.** Développement d'une méthodologie pour caractériser et déterminer la pollution des eaux de mer par les hydrocarbures en utilisant des images satellites. *Rapport du 37e Congrès de la CIESM Barcelone, volume 37, pp. 208*
- Illoul H., 1996.** Contribution à l'étude qualitative, quantitative et structurale des populations phytoplanctoniques au large du cap Caxine (Région algéroise). *Thèse de magister, ISMAL, Alger, Algérie, 170 p.*
- Jacques G. et Tréguer P, 1986.** Les écosystèmes pélagiques marins III. L'océan Antarctique. La méditerranée occidentale. *Éd. Masson, Paris, France, 255 p.*

- Jacques G., 2006.** Ecologie du plancton. *Éd. Lavoisier, Paris, France, 283 p.*
- Jacquet S., 2005.** Impact des apports en nutriments sur le réseau trophique planctonique du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. *Thèse de doctorat, université de Paris 6, France, 278 p.*
- Jaquet J.M., et Weber B., 2002.** Suivi multi-temporel de la concentration de la chlorophylle en Méditerranée Orientale à l'aide de SeaWiFS et de Landstat TM. *Rapport de stage au GRID, Université de Genève, 86 p.*
- Jerlov N.G., 1964.** "Optical Classification of Ocean Water" dans *Physical Aspect of Light in the Sea. Univ. Hawaii Press, Hawaii, Etats Unis d'Amérique, p. 44-49.*
- Kankou M., 2004.** Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie – étude en laboratoire du comportement de deux pesticides. *Thèse de Docteur de l'Université de Limoges, France, 159 p.*
- Kazumis M. et Yasuwo F., 2000.** Guia tecnica para el estudio de quistes de dinoflagelados actuales. *Instituto español de oceanografía, Centro oceanografico, Vigo, Espagne, 70 p.*
- Korichi H. S., 1988.** Contribution à l'Etude Biologique des deux espèces de saurels : *Trachurus trachurus* (LINNE, 1758) et *Trachurus mediterraneus* (STEINDACHNER, 1868) et de la dynamique de *Trachurus trachurus* (LINNE, 1758) en baie de Bou-Ismaïl (Alger). *Thèse de magister, ISMAL, Alger, Algérie, 238 p.*
- Lacaze J.-C., 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentales : Cause, manifestations, conséquences et moyens de lutte. *Éd. Ellipses, Paris, France, 191 p.*
- Leclaire L., 1972.** La sédimentation holocène sur le versant Méridional du bassin algéro-baléares (Précontinent algérien). Tome XXIV. *Éd. Muséum, Paris, France, 391 p.*
- LEM, 1998.** Etude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'Alger. *Laboratoire d'Etudes Maritime, Alger, Algérie.*
- Lemaire E., 2002.** Biomarqueurs pigmentaires dans les estuaires macro tidaux européens. *Thèse de Doctorat, Bio géochimie de l'Environnement, Université de Bordeaux, France, 236 p.*
- Leroy J.B., 1999.** La pollution des eaux. *Éd. Le point des connaissances actuelles, France, 126 p.*
- Létourneau G. et O'Neill N. T., 1992.** Evaluation de l'applicabilité d'un modèle optique de la qualité des eaux à des données radiospectrométriques. *15e Symposium canadien sur la télédétection, Toronto, Canada.*

- Lévêque C., 1996.** Ecosystèmes aquatiques. Éd. Hachette, Paris, France, 160 p.
- Levinton J. S., 2001.** Marine biology : Function, Biodiversity, Ecology. 2^{ème} édition. Éd. Oxford University Press, New York, Etats Unis d'Amérique, 515 p.
- Levitus S., 1993.** Distribution of nitrate, phosphate and silicate in the world oceans. *Programme Océanographique, Vol. 31, pp. 245-273*
- Maouche S., 1987.** Mécanismes hydrosédimentaires en baie d'Alger (Algérie) : approche sédimentologique, géochimique et traitement statistique. *Thèse de 3ème cycle, Univ. Perpignan, France, 214 p.*
- Meyer S., Reeb C. et Bosdeveix R., 2004.** Botanique : Biologie et physiologie végétales. Éd. Maloine, Paris, France, 461 p.
- Mikhaylov B. A. et Zolotarev V. M., 1970.** Emissivity of liquid water. *Atmos. Ocean Physics 6:52.*
- Millot C. et Taupier-Letage I., 2005.** Circulation in the mediterranean sea. *Hdb Env Chem Vol. 5, Part K (2005), pp. 29-66*
- Millot C., 1987.** Circulation in the western Mediterranean sea. *Oceanologica Acte. Vol 10, n°2, pp. 143- 149*
- Millot C., 1989.** La circulation générale en Méditerranée occidentale : aperçu de nos connaissances et projets d'études. *Annales de géographie, n° 459, XXVIIIe année, pp. 497- 515*
- Millot C., 1987.** Circulation in the western Mediterranean sea. *Oceanologica Acte. Vol 10 n°2, pp. 143- 149*
- Moore H. B., 1958.** Marine ecology. Éd. John Wiley & Sons, Inc., New York, Etats Unis d'Amérique, 493 p.
- Moore J. K. et Abbott M. R., 2000.** Phytoplankton chlorophyll distributions and primary production in the Southern Ocean. *Journal of Geophysical Research, 105, p. 28709-28722.*
- Morel A. et Maritorena S., 2001.** Bio-optical properties of oceanic waters: A reappraisal. *California Journal of Geophysical Research, vol. 106, n° C4 Etats Unis d'Amérique, p. 7163-7180.*
- Morel A., 1988.** Optical modeling of the upper ocean in relation to its biogenous matter content (Case 1 waters). *J. Geophys. Res., 93, 10, p. 749-768.*

- Myint S. W. et Walker N. D., 2002.** Quantification of surface suspended sediments along a river dominated coast with NOAA AVHRR and SeaWiFS measurements : Louisiana, USA. *Int. J. Remote Sensing*, 2002, vol. 23, n° 16, p. 3229-3249.
- Nezan E., Piclet G. et Grossel H., 1997.** Guide pratique à l'usage des analystes du Réseau National de Surveillance du phytoplancton. Éd. Ifremer, France, 30 p.
- Nybakken J. W. et Bertness M. D., 2005.** Marine biology : An ecological approach. Éd. Pearson Education, San Francisco, CA, Etats Unis d'Amérique, 579 p.
- O. N. M., 2010.** Le climat en Algérie (mise à jour du 21 Avril 2010). *Office National de la Météorologie, Alger, Algérie.*
- Olivon P., 1986.** Premiers résultats concernant l'utilisation des données multi spectrales pour l'étude bathymétrique des lagunes méditerranéennes. *Laboratoire de géomorphologie de l'EPHE, Paris, France, p. 597-627.*
- Pelletier C., 2009.** Mesure de turbidité : Référence R2355. Éd. *Techniques de l'ingénieur, Paris, France.*
- Peraguallo H., 1965.** Diatomées Marines de France. Éd. A ASCHER and CO, Amsterdam, Pays Bas, 400 p.
- Prieur L. et Sathyendranath S., 1981.** An optical classification of coastal and oceanic waters based on the spectral absorption curves of phytoplankton pigments, dissolved organic matter and other particulate materials. *Limnology and Oceanography*, vol.26, n°4, p. 671-689.
- Prieur L., Morel A., 1975.** Relations théoriques entre le facteur de réflexion diffuse de l'eau de mer, à diverses profondeurs, et les caractéristiques optiques. *UGGI. XVIe Ass. Gle. Grenoble. Symposium Interdisciplinaire d'Optique Océanique .I.S.30, n°13, Grenoble, France, p. 250-251.*
- Raimbault P., Coste B., Boulhadid M. et Boudjellal B., 1993.** Origin of high phytoplankton concentration in deep chlorophyll maximum (DCM) in a frontal region of the Southwestern Mediterranean Sea (Algerian Current). *Deep-Sea Research I., Vol. 40, n° 4, pp. 791-804*
- Ramade F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Éd. Ediscience International, France, 690 p.
- Raven P.H., Evert R.F. et Eichhorn S.E., 2007.** Biologie végétale. 2^{ème} édition. Éd. De Boeck et Larcier, Bruxelles, Belgique, 733 p.
- Ricard M., 1987.** Atlas du phytoplancton marin. Volume II: Diatomophycées. Éd. C.N.R.S. Périodoques, Paris, France, 297 p.

- Robin M., 2002.** Télédétection : des satellites aux SIG. Éd. Nathan Université, Paris, France, 318 p.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J.-P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., 2005.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Éd. Dunod, Paris, France, 1384 p.
- S.H.F.M., 2000.** Mer méditerranée, côte d'Algérie. De Tipaza à Ras Matifou. Carte, S.H.F.M., Algérie.
- Skalar analytical®, 1995.** Manual. San Plus Analyser. S.F.A.S., Publication no. : 0101008 A. US. Issue date : 01-95.
- Smith R.C. et Baker K.S., 1981.** Optical properties of the clearest natural waters (200-800 nm). *Applied Optics*, vol. 20, no 2, p. 177-184.
- Spitzer D. et Dirks R. W. J., 1985.** Contamination of the reflectance of natural waters by solar-induced fluorescence of dissolved organic matter. *Appl. Optics*, 24, p. 444-445.
- Spitzer D., Dirks R. W. J., 1987.** Bottom influence on the reflectance of the sea. *Int. J. Remote sensing*, 8, p. 779-790.
- Tanre D., Deroo C., Duhaut P., Herman M., Morcette J.J., Perbos J. et Dechamps P.Y., 1990.** Technical note, Description of a computer code to simulate the satellite signal in the solar spectrum. *The SSSSS, Int. J. Rem. Sens*, 11, p. 659-668.
- Tassan S., 1988.** The Effect of Dissolved "yellow substance" on the Quantitative Retrieval of Chlorophyll and Total Suspended Sediment Concentrations from Remote Measurements of water Color. *International Journal of Remote sensing*, n°9, p. 787-797.
- Tassan S., 1994.** Local algorithms using SeaWiFS data for the retrieval of phytoplankton pigments, suspended sediment and yellow substance in coastal waters. *Applied Optics*, vol. 33, no 12, p. 2369-2378.
- Taupier-Letage I., 1988.** Biodynamique du bassin Algérien. Estimation de la réponse biologique à certaines structures hydrodynamiques de moyenne échelle par télédétection (AVHRR. et CZCS.) et mesures *in situ*. Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille II, Marseille, France, 120 p.
- Trégouboff G. et Rose M., 1957.** Manuel de planctonologie méditerranéenne : Tome I. Éd. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France, 587 p.

Videau C., Ryckaert M. et L'helguen S. ,1998. Phytoplancton en baie de Seine. Influence du panache fluvial sur la production primaire. *Oceanologica Acta*, vol. 21, n° 6, Elsevier, Paris, p. 906-921.

Weber B., Jaquet J. M. et Faour G., 2004. Cartographie et Origine des Panaches chlorophylliens Côtiers en Méditerranée Orientale à Partir de Seawifs et d'ETM+ de Landsat-7. *Téledétection*, vol. 4, n° 2, p. 175-195.

Weber B., Jaquet J. M. et Faour G., 2005. Couleur de l'eau en zone côtière de la Méditerranée orientale : comparaison et interprétation des données SeaWiFS et Landsat TM. *Téledétection*, vol. 5, no 1-2-3.

Annexe 1

Profils de spectres d'absorption des échantillons prélevés de la baie d'Alger

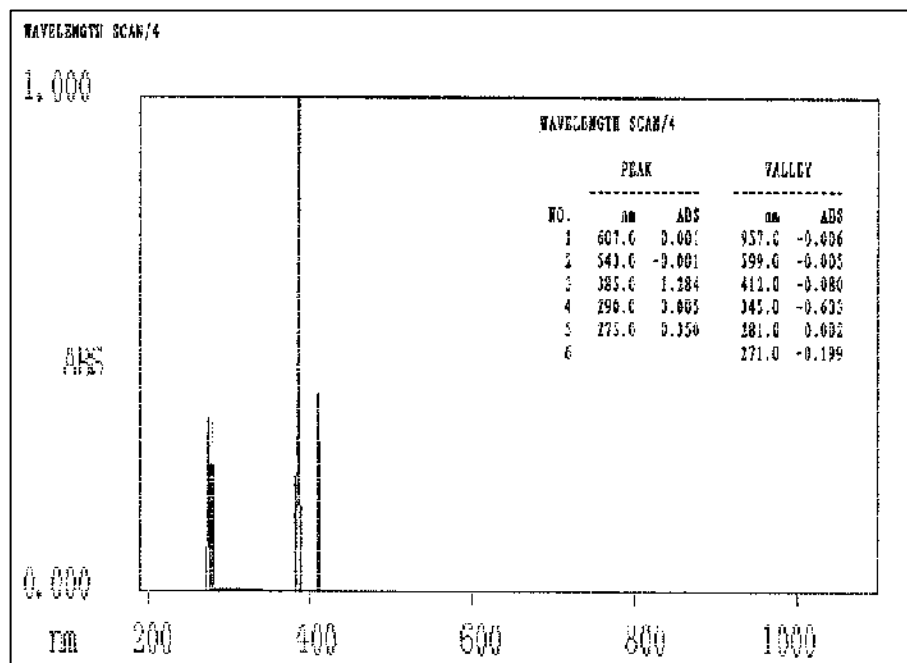


Figure 1 : Signature spectrale de l'eau de l'échantillon B1

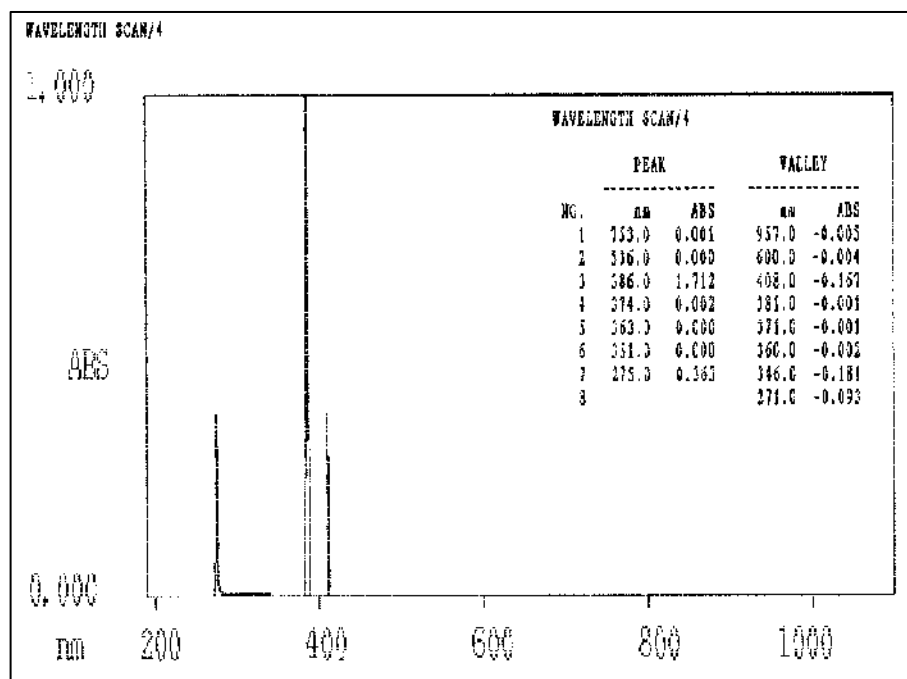


Figure 2 : Signature spectrale de l'eau de l'échantillon B2

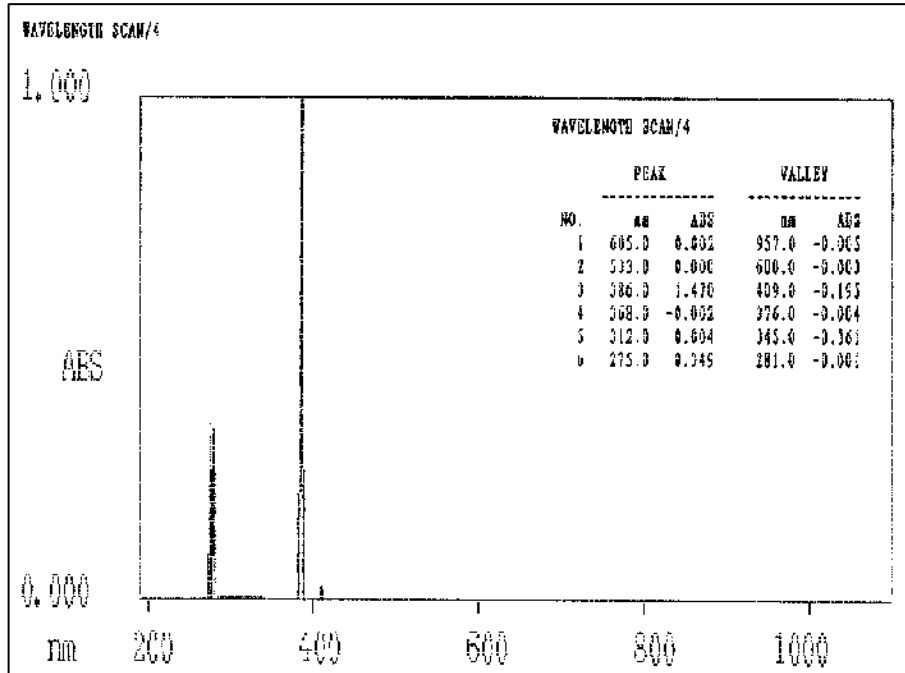


Figure 3 : Signature spectrale de l'eau de l'échantillon B3

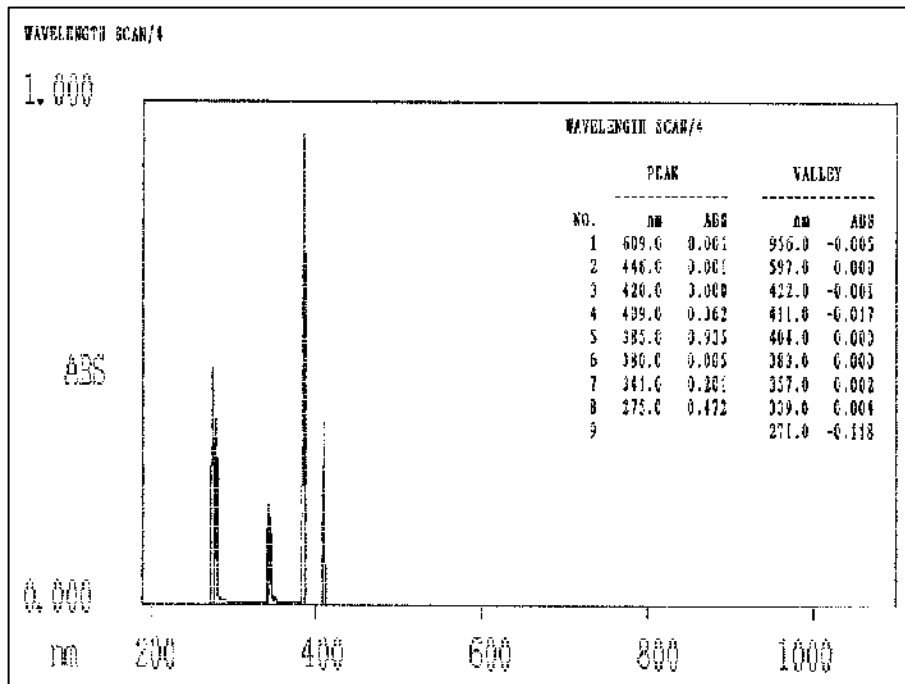


Figure 4 : Signature spectrale de l'eau de l'échantillon B4

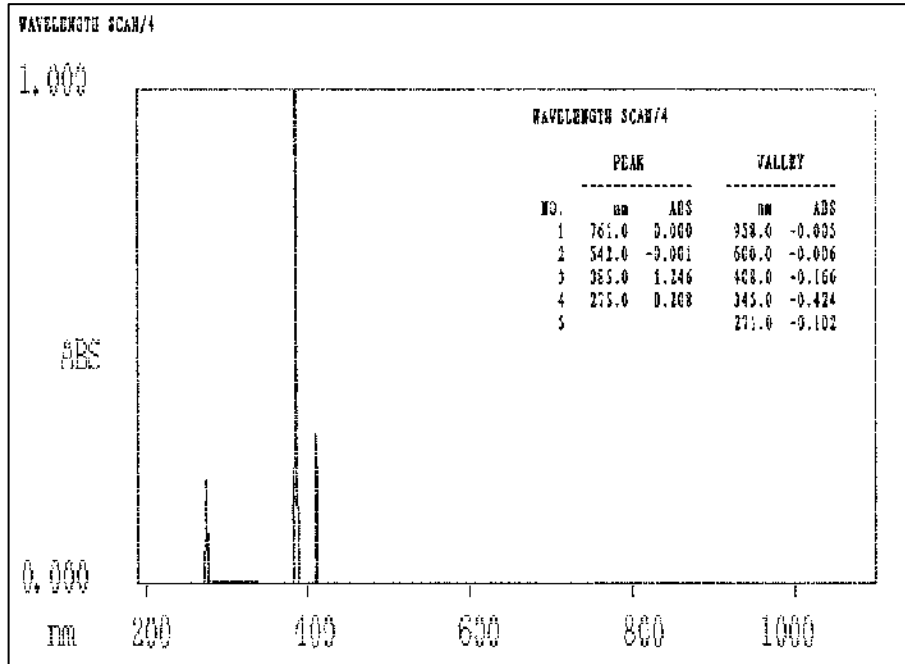


Figure 5 : Signature spectrale de l'eau de l'échantillon B5

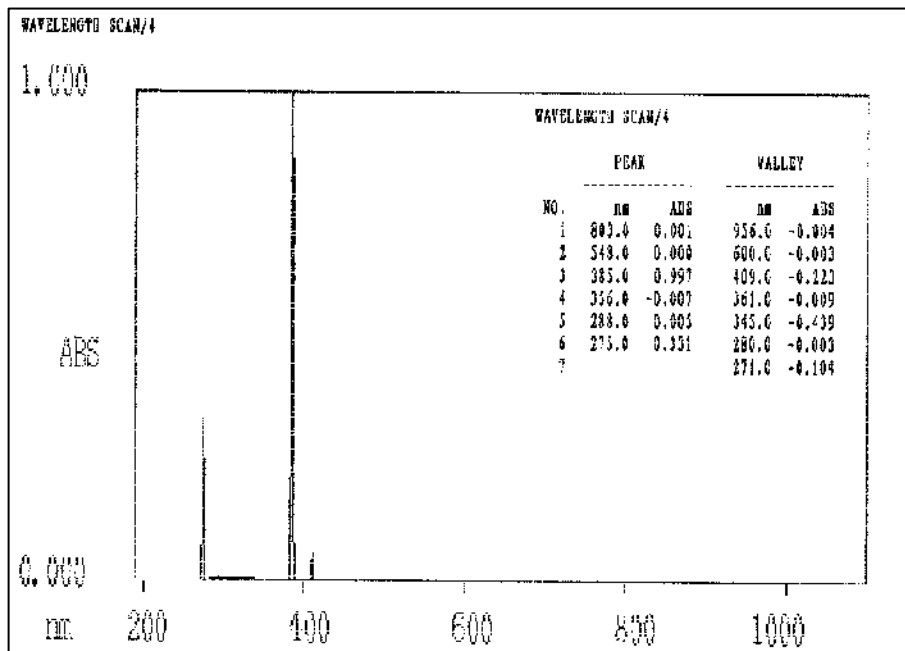


Figure 6 : Signature spectrale de l'eau de l'échantillon B6

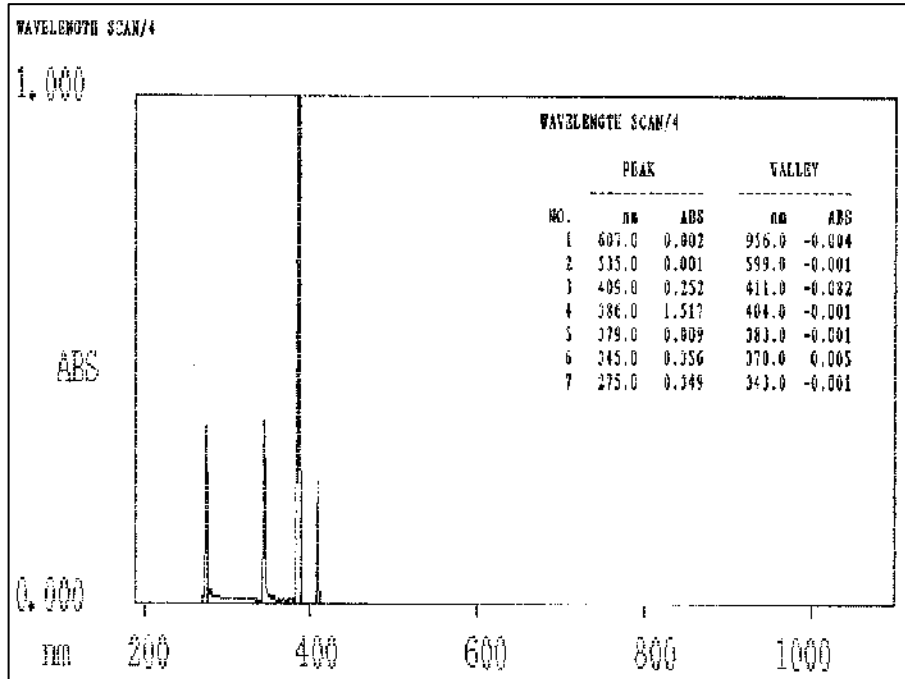


Figure 7 : Signature spectrale de l'eau de l'échantillon B7

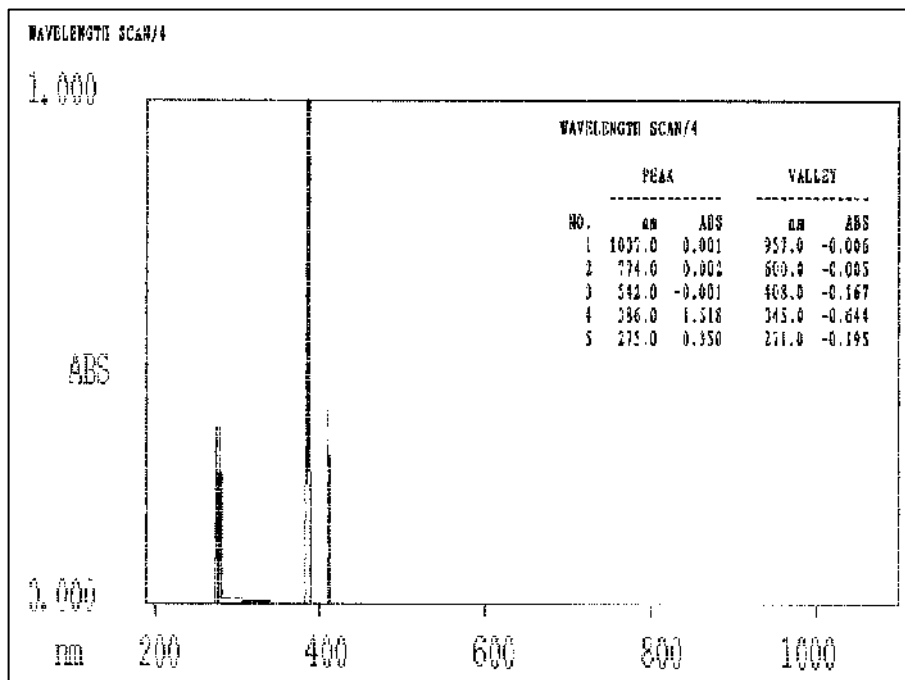


Figure 8 : Signature spectrale de l'eau de l'échantillon B8

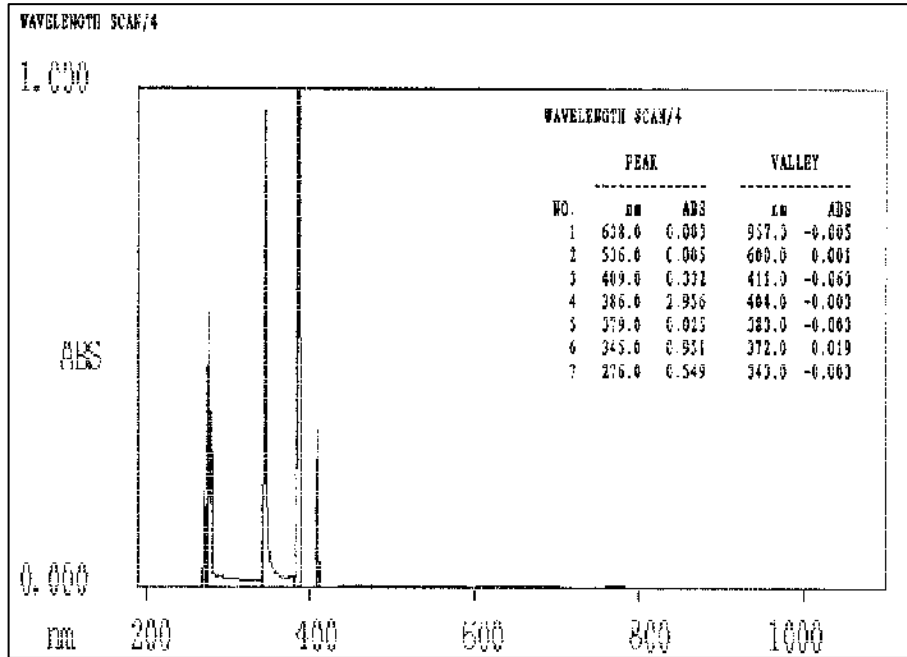


Figure 9 : Signature spectrale de l'eau de l'échantillon B9

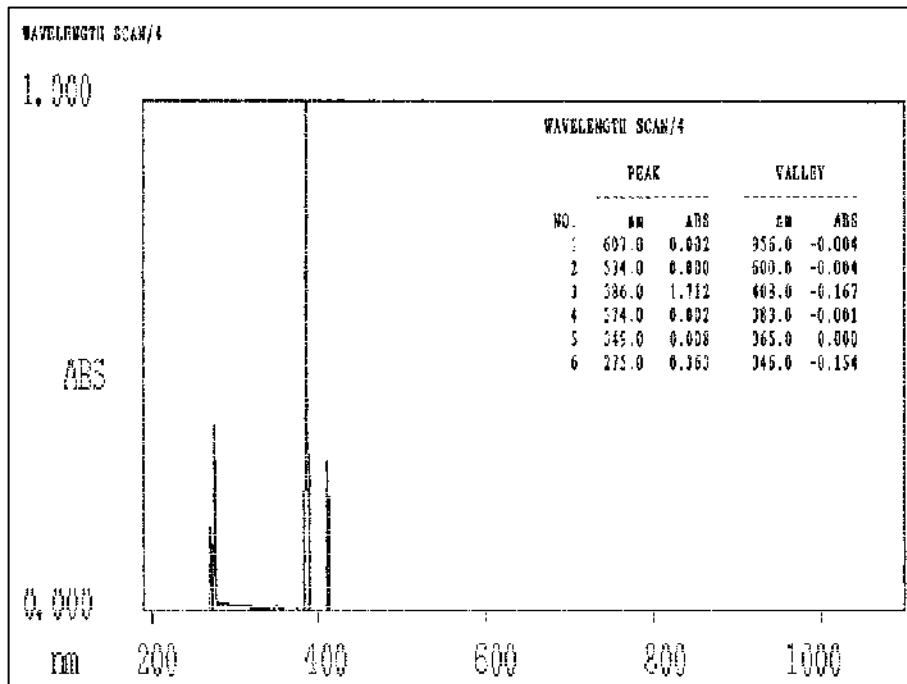


Figure 10 : Signature spectrale de l'eau de l'échantillon B10

Annexe 2

1. Baie d'El Djamila

Tableau 1 : Luminances de la station D1 à différents TetaV et à 1 et 5 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	65,971	65,822	65,607	65,317	64,942	53,148	53,048	52,902	52,706	52,453
XS2	45,338	45,253	45,13	44,964	44,749	17,622	17,613	17,601	17,584	17,563
XS3	13,975	13,958	13,934	13,901	13,859	4,8117	4,8117	4,8117	4,8117	4,8117
TM1	71,968	71,807	71,574	71,261	70,856	64,758	64,627	64,438	64,183	63,854
TM2	61,908	61,769	61,566	61,295	60,943	44,293	44,218	44,108	43,961	43,77
TM3	33,825	33,771	33,693	33,587	33,451	13,368	13,365	13,36	13,354	13,347
TM4	14,294	14,277	14,252	14,219	14,175	5,0603	5,0603	5,0603	5,0603	5,0603
TM5	2,2849	2,2818	2,2775	2,2716	2,2641	0,1775	0,1775	0,1775	0,1775	0,1775
TM6	0,7715	0,7706	0,7693	0,7676	0,7654	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049
MSS4	65,874	65,726	65,51	65,221	64,847	52,857	52,757	52,613	52,419	52,167
MSS5	43,557	43,476	43,357	43,197	42,99	17,907	17,897	17,884	17,866	17,843
MSS6	17,691	17,669	17,636	17,592	17,535	8,1391	8,139	8,1389	8,1387	8,1386
MSS7	11,239	11,222	11,198	11,166	11,125	3,6686	3,6686	3,6686	3,6686	3,6686

Tableau 2 : Luminances de la station D2 à différents TetaV et à 1 et 5 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	65,972	65,823	65,608	65,318	64,943	53,149	53,049	52,903	52,707	52,453
XS2	45,332	45,247	45,124	44,958	44,743	17,62	17,611	17,599	17,582	17,561
XS3	13,885	13,868	13,843	13,81	13,767	4,7916	4,7916	4,7916	4,7916	4,7916
TM1	71,969	71,808	71,575	71,262	70,857	64,759	64,628	64,439	64,184	63,855
TM2	61,909	61,77	61,567	61,296	60,944	44,294	44,218	44,109	43,961	43,771
TM3	33,801	33,747	33,669	33,563	33,427	13,359	13,356	13,352	13,346	13,338
TM4	14,213	14,196	14,171	14,137	14,094	5,0425	5,0425	5,0425	5,0425	5,0424
TM5	2,2468	2,2438	2,2394	2,2335	2,226	0,1751	0,1751	0,1751	0,1751	0,1751
TM6	0,7629	0,762	0,7607	0,7589	0,7566	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049
MSS4	65,875	65,727	65,511	65,222	64,848	52,857	52,758	52,613	52,419	52,168
MSS5	43,548	43,466	43,347	43,188	42,98	17,903	17,894	17,881	17,863	17,839
MSS6	17,613	17,59	17,557	17,513	17,456	8,1136	8,1136	8,1135	8,1133	8,1131
MSS7	11,079	11,062	11,038	11,006	10,964	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331

Tableau 3 : Luminances de la station D4 à différents TetaV et à 1 et 5 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	65,887	65,739	65,524	65,235	64,861	53,021	52,92	52,775	52,579	52,326
XS2	45,272	45,188	45,065	44,899	44,685	17,49	17,482	17,47	17,453	17,432
XS3	13,843	13,826	13,801	13,768	13,725	4,7403	4,7403	4,7403	4,7402	4,7402
TM1	71,87	71,709	71,477	71,165	70,76	64,631	64,5	64,311	64,057	63,729
TM2	61,832	61,693	61,491	61,22	60,869	44,159	44,084	43,975	43,828	43,638
TM3	33,732	33,678	33,6	33,495	33,359	13,244	13,241	13,237	13,231	13,223
TM4	14,171	14,153	14,128	14,095	14,051	4,989	4,989	4,989	4,989	4,989
TM5	2,244	2,2409	2,2366	2,2307	2,2232	0,173	0,173	0,173	0,173	0,173
TM6	0,7624	0,7614	0,7601	0,7583	0,7561	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
MSS4	65,791	65,642	65,428	65,139	64,765	52,728	52,629	52,485	52,291	52,041
MSS5	43,484	43,402	43,283	43,124	42,918	17,773	17,764	17,751	17,733	17,71
MSS6	17,549	17,526	17,493	17,449	17,392	8,0325	8,0324	8,0323	8,0322	8,032
MSS7	11,043	11,026	11,002	10,97	10,928	3,593	3,593	3,593	3,593	3,5929

Tableau 4 : Luminances de la station D4 à différents TetaV et à 1, 5 et 15 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres					15 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	74,878	74,785	74,651	74,469	74,233	59,114	59,051	58,961	58,838	58,679	42,961	42,93	42,885	42,825	42,746
XS2	48,464	48,416	48,348	48,255	48,133	15,767	15,762	15,755	15,745	15,733	12,296	12,296	12,296	12,296	12,295
XS3	13,252	13,243	13,23	13,214	13,192	3,0796	3,0796	3,0796	3,0796	3,0795	3,076	3,076	3,076	3,076	3,076
TM1	83,542	83,443	83,3	83,106	82,854	74,423	74,343	74,227	74,069	73,864	60,036	59,985	59,91	59,81	59,679
TM2	69,212	69,124	68,996	68,824	68,599	47,753	47,705	47,637	47,544	47,423	31,971	31,954	31,929	31,896	31,852
TM3	35,031	35,004	34,964	34,909	34,838	11,125	11,124	11,121	11,118	11,114	9,74	9,74	9,74	9,74	9,74
TM4	13,564	13,555	13,543	13,526	13,504	3,2856	3,2856	3,2856	3,2856	3,2856	3,282	3,282	3,282	3,282	3,282
TM5	2,2089	2,2066	2,2032	2,1987	2,193	0,521	0,521	0,521	0,521	0,521	0,514	0,514	0,514	0,514	0,514

TM6	0,7469	0,7462	0,7451	0,7436	0,7418	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
MSS4	74,753	74,661	74,526	74,345	74,108	58,757	58,695	58,605	58,484	58,326	42,777	42,746	42,702	42,642	42,564
MSS5	46,443	46,396	46,329	46,237	46,118	16,13	16,124	16,117	16,106	16,092	12,567	12,567	12,567	12,567	12,567
MSS6	16,844	16,831	16,813	16,788	16,757	5,9698	5,9697	5,9697	5,9696	5,9695	5,933	5,933	5,933	5,933	5,933
MSS7	10,529	10,518	10,503	10,483	10,457	2,2491	2,2491	2,2491	2,2491	2,2491	2,246	2,246	2,246	2,246	2,246

Tableau 5 : Luminances de la station D6 à différents TetaV et à 1, 5 et 15 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres					15 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	65,772	65,623	65,406	65,116	64,739	52,898	52,797	52,65	52,454	52,199	39,822	39,772	39,699	39,602	39,475
XS2	45,203	45,117	44,994	44,827	44,611	17,408	17,4	17,387	17,371	17,349	14,467	14,467	14,467	14,467	14,467
XS3	13,816	13,799	13,774	13,741	13,698	4,7098	4,7098	4,7098	4,7098	4,7097	4,706	4,706	4,706	4,706	4,706
TM1	71,727	71,565	71,332	71,017	70,61	64,485	64,354	64,163	63,908	63,577	53,05	52,966	52,8845	52,682	52,47
TM2	61,733	61,593	61,39	61,117	60,764	44,049	43,973	43,863	43,715	43,524	31,151	31,124	31,084	31,03	30,961
TM3	33,668	33,613	33,535	33,429	33,292	13,173	13,169	13,165	13,159	13,151	11,99	11,99	11,99	11,99	11,99
TM4	14,142	14,125	14,099	14,066	14,022	4,9569	4,9569	4,9569	4,9569	4,9569	4,953	4,953	4,953	4,953	4,953
TM5	2,2444	2,2414	2,237	2,2311	2,2236	0,1719	0,1719	0,1719	0,1719	0,1719	0,171	0,171	0,171	0,171	0,171
TM6	0,7624	0,7615	0,7602	0,7584	0,7561	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
MSS4	65,676	65,527	65,31	65,02	64,644	52,606	52,505	52,36	52,166	51,913	39,665	39,615	39,543	39,446	39,32
MSS5	43,414	43,331	43,212	43,052	42,844	17,691	17,682	17,669	17,65	17,627	14,686	14,686	14,685	14,685	14,685
MSS6	17,504	17,481	17,448	17,404	17,347	7,9839	7,9838	7,9837	7,9835	7,9833	7,952	7,952	7,952	7,952	7,952
MSS7	11,027	11,01	10,986	10,953	10,912	3,5713	3,5713	3,5713	3,5713	3,5712	3,568	3,568	3,568	3,568	3,568

Tableau 6 : Luminances de la station D7 à différents TetaV et à 1, 5 et 15 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres					15 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	65,708	65,559	65,342	65,051	64,674	52,818	52,717	52,57	52,373	52,118	39,725	39,675	39,602	39,504	39,378
XS2	45,162	45,076	44,953	44,786	44,57	17,342	17,333	17,321	17,304	17,283	14,398	14,398	14,398	14,398	14,398

XS3	13,797	13,779	13,755	13,721	13,678	4,6845	4,6845	4,6845	4,6845	4,6845	4,681	4,681	4,681	4,681	4,681
TM1	71,65	71,488	71,254	70,939	70,532	64,398	64,266	64,076	63,82	63,488	52,947	52,863	52,741	52,578	52,366
TM2	61,677	61,536	61,333	61,06	60,706	43,971	43,895	43,785	43,637	43,445	31,057	31,03	30,99	30,936	30,867
TM3	33,626	33,572	33,493	33,388	33,25	13,114	13,111	13,106	13,1	13,093	11,93	11,93	11,93	11,93	11,93
TM4	14,121	14,104	14,079	14,045	14,001	4,9304	4,9304	4,9304	4,9303	4,9303	4,927	4,927	4,927	4,927	4,927
TM5	2,2445	2,2414	2,237	2,2311	2,2236	0,1709	0,1709	0,1709	0,1709	0,1709	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
TM6	0,7625	0,7615	0,7602	0,7584	0,7561	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
MSS4	65,612	65,463	65,246	64,955	64,579	52,526	52,425	52,28	52,085	51,832	39,568	39,518	39,446	39,349	39,223
MSS5	43,371	43,289	43,17	43,009	42,801	17,624	17,615	17,602	17,584	17,56	14,616	14,616	14,616	14,616	14,616
MSS6	17,471	17,448	17,415	17,371	17,314	7,9436	7,9435	7,9434	7,9432	7,943	7,912	7,912	7,912	7,912	7,912
MSS7	11,014	10,997	10,973	10,94	10,898	3,5526	3,5526	3,5526	3,5526	3,5526	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55

Tableau 7 : Luminances de la station D8 à différents TetaV et à 1, 5 et 15 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres					15 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	65,706	65,556	65,34	65,048	64,671	52,814	52,713	52,567	52,37	52,115	39,721	39,671	39,598	39,5	39,374
XS2	45,16	45,075	44,951	44,784	44,568	17,339	17,33	17,318	17,301	17,28	14,395	14,395	14,395	14,395	14,395
XS3	13,799	13,782	13,757	13,724	13,681	4,6841	4,6841	4,6841	4,6841	4,6841	4,681	4,681	4,681	4,681	4,681
TM1	71,647	71,485	71,251	70,936	70,528	64,394	64,262	64,072	63,816	63,485	52,943	52,859	52,737	52,574	52,362
TM2	61,674	61,534	61,331	61,057	60,704	43,968	43,892	43,782	43,634	43,442	31,053	31,026	30,986	30,932	30,863
TM3	33,625	33,571	33,492	33,387	33,25	13,112	13,109	13,104	13,098	13,09	11,928	11,928	11,928	11,928	11,928
TM4	14,123	14,106	14,081	14,047	14,003	4,9298	4,9298	4,9298	4,9298	4,9298	4,926	4,926	4,926	4,926	4,926
TM5	2,2457	2,2427	2,2383	2,2324	2,2249	0,171	0,171	0,171	0,171	0,171	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
TM6	0,7628	0,7618	0,7605	0,7587	0,7564	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
MSS4	65,61	65,46	65,244	64,953	64,576	52,522	52,422	52,277	52,081	51,829	39,564	39,514	39,442	39,344	39,219
MSS5	43,37	43,288	43,168	43,008	42,8	17,622	17,612	17,599	17,581	17,558	14,613	14,613	14,613	14,613	14,613
MSS6	17,472	17,45	17,417	17,372	17,315	7,9427	7,9426	7,9425	7,9424	7,9422	7,911	7,911	7,911	7,911	7,911
MSS7	11,018	11,002	10,977	10,945	10,903	3,553	3,553	3,553	3,5529	3,5529	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55

Tableau 8 : Luminances de la station D9 à différents TetaV et à 1 et 5 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	65,748	65,598	65,382	65,091	64,714	52,867	52,766	52,62	52,423	52,168
XS2	45,188	45,102	44,979	44,812	44,596	17,383	17,375	17,362	17,346	17,324
XS3	13,815	13,798	13,773	13,74	13,697	4,7015	4,7015	4,7015	4,7015	4,7015
TM1	71,698	71,536	71,302	70,988	70,581	64,452	64,32	64,13	63,874	63,543
TM2	61,712	61,571	61,368	61,095	60,742	44,019	43,943	43,833	43,686	43,494
TM3	33,653	33,599	33,521	33,415	33,278	13,151	13,148	13,143	13,137	13,13
TM4	14,14	14,122	14,097	14,063	14,02	4,948	4,948	4,948	4,948	4,948
TM5	2,247	2,2439	2,2395	2,2336	2,2261	0,1717	0,1717	0,1717	0,1717	0,1717
TM6	0,763	0,7621	0,7608	0,759	0,7567	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
MSS4	65,652	65,502	65,286	64,995	64,619	52,575	52,475	52,33	52,135	51,883
MSS5	43,398	43,316	43,197	43,036	42,829	17,666	17,657	17,643	17,625	17,602
MSS6	17497	17,474	17,441	17,397	17,339	7,9703	7,9702	7,9701	7,9699	7,9697
MSS7	11,032	11,016	10,991	10,959	10,917	3,5665	3,5665	3,5665	3,5665	3,5665

Tableau 9 : Luminances de la station D10 à différents TetaV et à 1, 5 et 15 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres					15 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	65,705	65,556	65,339	65,048	64,671	52,814	52,713	52,566	52,369	52,114	39,721	39,67	39,598	39,5	39,373
XS2	45,16	45,074	44,951	44,784	44,568	17,339	17,33	17,318	17,301	17,28	14,395	14,395	14,395	14,395	14,395
XS3	13,796	13,779	13,754	13,721	13,678	4,6833	4,6833	4,6833	4,6833	4,6833	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68
TM1	71,646	71,485	71,25	70,963	70,528	64,394	64,262	64,072	63,816	63,484	52,942	52,858	52,737	52,573	52,362
TM2	61,674	61,534	61,331	61,057	60,704	43,968	43,892	43,781	43,633	43,442	31,053	31,025	30,986	30,932	30,863
TM3	33,624	33,57	33,491	33,386	33,249	13,111	13,108	13,104	13,098	13,09	11,928	11,928	11,928	11,928	11,928

TM4	14,12	14,103	14,078	14,044	14	4,9292	4,9291	4,9291	4,9291	4,9291	4,926	4,926	4,926	4,926	4,926
TM5	2,2445	2,2414	2,237	2,2311	2,2236	0,1709	0,1709	0,1709	0,1709	0,1709	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
TM6	0,7625	0,7615	0,7602	0,7584	0,7561	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
MSS4	65,609	65,46	65,243	64,952	64,576	52,522	52,422	52,276	52,081	51,829	39,563	39,514	39,441	39,344	39,218
MSS5	43,369	43,287	43,168	43,007	42,799	17,621	17,612	17,599	17,581	17,557	14,613	14,613	14,612	14,612	14,612
MSS6	17,47	17,447	17,414	17,369	17,312	7,9417	7,9416	7,9415	7,9414	7,9412	7,91	7,91	7,91	7,91	7,91
MSS7	11,013	10,996	10,972	10,94	10,898	3,5517	3,5517	3,5517	3,5517	3,5517	3,549	3,549	3,549	3,549	3,549

Tableau 10 : Luminances de la station D11 à différents TetaV et à 1, 5 et 15 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres					15 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	61,476	61,341	61,147	60,885	60,546	49,873	49,782	49,651	49,474	49,245	38,099	38,054	37,988	37,9	37,787
XS2	42,228	42,15	42,038	41,887	41,692	17,037	17,029	17,018	17,003	16,984	14,373	14,373	14,373	14,373	14,373
XS3	13,024	13,008	12,986	12,955	12,916	4,7258	4,7258	4,7258	4,7258	4,7257	4,723	4,723	4,723	4,723	4,723
TM1	67,144	66,999	66,789	66,506	66,141	60,633	60,515	60,344	60,114	59,817	50,351	50,276	50,167	50,02	49,831
TM2	57,652	57,526	57,343	57,097	56,779	41,704	41,636	41,537	41,404	41,231	30,081	30,056	30,02	29,972	29,91
TM3	31,625	31,576	31,505	31,409	31,284	13,02	13,018	13,014	13,008	13,001	11,948	11,948	11,948	11,948	11,948
TM4	13,341	13,325	13,302	13,271	13,231	4,9721	4,9721	4,9721	4,9721	4,9721	4,969	4,969	4,969	4,969	4,969
TM5	2,067	2,0642	2,0602	2,0549	2,0481	0,1733	0,1733	0,1733	0,1733	0,1733	0,172	0,172	0,172	0,172	0,172
TM6	0,7017	0,7009	0,6997	0,6981	0,696	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
MSS4	61,385	61,251	61,056	60,795	60,456	49,606	49,516	49,386	49,21	48,983	37,953	37,908	37,843	37,756	37,643
MSS5	40,603	40,529	40,421	40,275	40,087	17,3	17,291	17,279	17,263	17,242	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58
MSS6	16,616	16,596	16,566	16,526	16,474	7,9674	7,9673	7,9672	7,9671	7,9669	7,938	7,938	7,938	7,938	7,938
MSS7	10,358	10,343	10,321	10,292	10,254	3,5762	3,5762	3,5762	3,5762	3,5761	3,573	3,573	3,573	3,573	3,573

Tableau 11 : Luminances de la station D12 à différents TetaV et à 1 et 5 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	67,491	67,337	67,115	66,816	66,429	54,249	54,145	53,995	53,792	53,531
XS2	46,387	46,299	46,172	46,001	45,779	17,809	17,801	17,788	17,771	17,749
XS3	14,167	14,15	14,124	14,09	14,046	4,8098	4,8098	4,8098	4,8098	4,8098
TM1	73,593	73,427	73,187	72,863	72,445	66,143	66,008	65,813	65,55	65,209
TM2	63,35	63,206	62,997	62,717	62,353	45,162	45,084	44,971	44,819	44,622
TM3	34,537	34,481	34,401	34,292	34,151	13,467	13,464	13,459	13,453	13,445
TM4	14,501	14,483	14,457	14,423	14,378	5,0624	5,0624	5,0624	5,0624	5,0624
TM5	2,3042	2,3011	2,2965	2,2905	2,2828	0,1754	0,1754	0,1754	0,1754	0,1754
TM6	0,7829	0,7819	0,7806	0,7787	0,7764	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049
MSS4	67,392	67,239	67,017	66,718	66,331	53,949	53,846	53,697	53,496	53,237
MSS5	44,548	44,463	44,341	44,176	43,962	18,1	18,09	18,077	18,058	18,034
MSS6	17,942	17,918	17,884	17,839	17,78	8,1565	8,1564	8,1563	8,1562	8,156
MSS7	11,307	11,29	11,265	11,231	11,188	3,647	3,647	3,647	3,647	3,6469

Tableau 12 : Luminances de la station D13 à différents TetaV et à 1 et 5 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	68,107	67,955	67,736	67,44	67,058	55,027	54,924	54,776	54,576	54,318
XS2	46,788	46,701	46,575	46,405	46,185	18,468	18,459	18,446	18,429	18,408
XS3	14,359	14,341	14,316	14,282	14,238	5,0606	5,0606	5,0606	5,0606	5,0606
TM1	74,337	74,173	73,936	73,617	73,204	66,988	66,854	66,662	66,402	66,066
TM2	63,895	63,752	63,546	63,269	62,91	45,912	45,844	45,733	45,582	45,388
TM3	34,946	34,891	34,811	34,703	34,563	14,047	14,044	14,039	14,033	14,025
TM4	14,704	14,686	14,661	14,626	14,581	5,3256	5,3256	5,3255	5,3255	5,3255
TM5	2,3025	2,2994	2,2949	2,2889	2,2813	0,185	0,185	0,185	0,185	0,185
TM6	0,7822	0,7813	0,7799	0,7781	0,7758	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052
MSS4	68,007	67,855	67,636	67,341	66,959	54,728	54,626	54,479	54,281	54,025
MSS5	44,963	44,8779	44,758	44,595	44,383	18,76	18,75	18,736	18,718	18,694
MSS6	18,263	18,24	18,206	18,161	18,102	8,5553	8,5552	8,5551	8,555	8,5548
MSS7	11,431	11,414	11,39	11,357	11,314	3,8314	3,8314	3,8314	3,8314	3,8313

Tableau 13 : Luminances de la station D14 à différents TetaV et à 1 et 5 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	68,107	67,955	67,736	67,447	67,058	55,027	54,924	54,776	54,576	54,317
XS2	46,788	46,701	46,575	46,406	46,186	18,467	18,459	18,446	18,429	18,407
XS3	14,362	14,344	14,319	14,285	14,241	5,0613	5,0613	5,0613	5,0613	5,0612
TM1	74,337	74,173	73,935	73,617	73,204	66,987	66,854	66,661	66,402	66,066

TM2	63,895	63,752	63,546	63,269	62,91	45,921	45,844	45,732	45,582	45,388
TM3	34,947	34,892	34,812	34,704	34,564	14,047	14,044	14,04	14,034	14,026
TM4	14,707	14,689	14,664	14,629	14,584	5,3262	5,3262	5,3262	5,3261	5,3261
TM5	2,3038	2,3007	2,2962	2,2902	2,2826	0,1851	0,1851	0,1851	0,1851	0,1851
TM6	0,7826	0,7816	0,7803	0,7784	0,7761	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052
MSS4	68,007	67,855	67,636	67,341	66,959	54,728	54,626	54,479	54,281	54,025
MSS5	44,964	44,88	44,758	44,595	44,383	18,76	18,75	18,736	18,718	18,694
MSS6	18,266	18,242	18,209	18,164	18,105	8,5562	8,5561	8,556	8,5558	8,5556
MSS7	11,437	11,42	11,395	11,362	11,32	3,8326	3,8326	3,8326	3,8326	3,8326

Tableau 14 : Luminances de la station D15 à différents TetaV et à 1 et 5 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TetaV	1 mètre					5 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	67,493	67,339	67,117	66,818	66,431	54,252	54,148	53,997	53,795	53,533
XS2	46,388	46,3	46,173	46,002	45,78	17,811	17,803	17,79	17,773	17,751
XS3	14,162	14,144	14,119	14,084	14,04	4,8092	4,8092	4,8092	4,8092	4,8092
TM1	73,596	73,43	73,189	72,866	72,447	66,146	66,011	65,815	65,552	65,212
TM2	63,352	63,208	62,999	62,718	62,355	45,165	45,087	44,974	44,822	44,625
TM3	34,537	34,481	34,4	34,292	34,151	13,468	13,465	13,461	13,454	13,446
TM4	14,496	14,478	14,452	14,418	14,373	5,062	5,062	5,062	5,062	5,0619
TM5	2,3016	2,2985	2,2939	2,2879	2,2802	0,1753	0,1753	0,1753	0,1753	0,1753
TM6	0,7823	0,7813	0,7799	0,7781	0,7757	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049
MSS4	67,394	67,241	67,019	66,72	66,333	53,952	53,849	53,699	53,499	53,239
MSS5	44,548	44,464	44,341	44,176	43,963	18,102	18,092	18,078	18,06	18,036
MSS6	17,937	17,914	17,88	17,834	17,775	8,156	8,1559	8,1558	8,1556	8,1554
MSS7	11,296	11,279	11,254	11,221	11,178	3,6451	3,6451	3,6451	3,6451	3,6451

2. Baie d'Alger

Tableau 1 : Luminances de la station B1 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

Teta V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	69,6 8	69,5 34	69,3 23	69,0 39	68,6 71	57,0 77	56,9 79	56,8 36	56,6 44	56,3 95	41,1 67	41,1 31	41,0 78	41,0 07	40,9 15
XS2	47,9 02	47,8 18	47,6 95	47,5 3	47,3 16	20,3 41	20,3 32	20,3 2	20,3 04	20,2 83	17,4 17	17,4 17	17,4 17	17,4 17	17,4 17
XS3	15,0 11	14,9 94	14,9 69	14,9 36	14,8 93	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,81 7	5,81 7	5,81 7	5,81 7	5,81 7
TM1	76,1 96	76,0 39	75,8 12	75,5 06	75,1 1	69,1 45	69,0 17	68,8 32	68,5 84	68,2 62	54,3 93	54,3 27	54,2 31	54,1 01	53,9 34
TM2	65,3 05	65,1 68	64,9 69	64,7 02	64,3 56	47,9 66	47,8 92	47,7 48	47,6 4	47,4 53	32,9 68	32,9 5	32,9 25	32,8 9	32,8 46
TM3	36,1 28	36,0 74	35,9 96	35,8 91	35,7 55	15,7 23	15,7 2	15,7 16	15,7 1	15,7 02	14,5 46	14,5 46	14,5 46	14,5 46	14,5 46
TM4	15,3 8	15,3 62	15,3 37	15,3 04	15,2 6	6,11 8	6,11 8	6,11 8	6,11 8	6,11 8	6,11 5	6,11 5	6,11 5	6,11 5	6,11 5
TM5	2,33 4	2,33 1	2,32 6	2,32 2,32	2,31	0,21 6	0,21 6	0,21 6	0,21 6	0,21 6	0,21 5	0,21 5	0,21 5	0,21 5	0,21 5
TM6	0,78 9	0,78 8	0,78 6	0,78 5	0,78 2	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
MSS 4	69,5 76	69,4 3	69,2 19	68,9 36	68,5 68	56,7 82	56,6 85	56,5 43	56,3 53	56,1 07	41,0 9	41,0 53	41,0 41	40,9 29	40,8 37
MSS 5	46,1 21	46,0 39	45,9 21	45,7 63	45,5 57	20,6 35	20,6 26	20,6 13	20,5 95	20,5 72	17,6 41	17,6 41	17,6 41	17,6 41	17,6 41
MSS 6	19,2 69	19,2 46	19,2 14	19,1 7	19,1 13	9,73 9	9,73 9	9,73 9	9,73 9	9,73 8	9,70 8	9,70 8	9,70 8	9,70 8	9,70 8
MSS 7	11,9 52	11,9 36	11,9 12	11,8 8	11,8 39	4,41 1	4,41 1	4,41 1	4,41 1	4,41 1	4,40 9	4,40 9	4,40 9	4,40 9	4,40 9

Tableau 2 : Luminances de la station B2 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

Teta V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	69,6 79	69,5 33	69,3 22	69,0 37	68,6 7	57,0 76	56,9 77	56,8 34	56,6 42	56,3 94	41,1 66	41,1 29	41,0 76	41,0 05	40,9 14
XS2	47,9 9	47,8 15	47,6 93	47,5 28	47,3 14	20,3 39	20,3 3	20,3 18	20,3 02	20,2 81	17,4 15	17,4 15	17,4 15	17,4 15	17,4 15
XS3	14,9 93	14,9 76	14,9 52	14,9 19	14,8 76	5,81 5	5,81 5	5,81 5	5,81 5	5,81 5	5,81 2	5,81 2	5,81 2	5,81 2	5,81 2
TM1	76,1 95	76,0 38	75,8 1	75,5 04	75,1 09	69,1 44	69,0 16	68,8 31	68,5 82	68,2 6	54,3 91	54,3 25	54,2 29	54,0 99	53,9 32
TM2	65,3 04	65,1 67	64,9 68	64,7 01	64,3 55	47,9 65	47,8 9	47,7 83	47,6 38	47,4 51	32,3 66	32,9 48	32,9 23	32,8 88	32,8 44
TM3	36,1 22	36,0 68	35,9 9	35,8 85	35,7 49	15,7 2	15,7 17	15,7 13	15,7 07	15,6 99	14,5 43	14,5 43	14,5 43	14,5 43	14,5 43
TM4	15,3 64	15,3 47	15,3 22	15,2 88	15,2 44	6,11 3	6,11 3	6,11 3	6,11 3	6,11 3	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11

Tableau 4 : Luminances de la station B5 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

Teta V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	71,8 36	71,7 02	71,5 1	71,2 51	70,9 15	60,2 91	60,2 01	60,0 71	59,8 96	59,6 7	45,7 73	45,7 4	45,6 92	45,6 28	45,5 45
XS2	49,9 26	49,8 47	49,7 32	49,5 77	49,3 77	24,0 75	24,0 67	24,0 55	24,0 4	24,0 2	21,3 39	21,3 39	21,3 39	21,3 39	21,3 39
XS3	16,2 82	16,2 65	16,2 42	16,2 11	16,1 7	7,44 7	7,44 7	7,44 7	7,44 7	7,44 7	7,44 4	7,44 4	7,44 4	7,44 4	7,44 4
TM1	78,5 21	78,3 79	78,1 73	77,8 96	77,5 38	72,1 31	72,0 15	71,8 48	71,6 23	71,3 31	58,7 57	58,6 96	58,6 1	58,4 93	58,3 41
TM2	67,3 61	67,2 35	67,0 53	66,8 08	66,4 91	51,4 27	51,3 59	51,2 61	51,1 29	50,9 57	37,6 93	37,6 77	37,6 54	37,6 22	37,5 81
TM3	38,4 15	38,3 64	38,2 9	38,1 91	38,0 63	19,1 5	19,1 47	19,1 43	19,1 37	19,1 3	18,0 42	18,0 42	18,0 42	18,0 42	18,0 42
TM4	16,7 12	16,6 96	16,6 72	16,6 4	16,5 99	7,81 6	7,81 6	7,81 6	7,81 6	7,81 6	7,81 3	7,81 3	7,81 3	7,81 3	7,81 3
TM5	3,35	2,34 7	2,34 3	2,33 8	2,33 1	0,28 4	0,28 4	0,28 4	0,28 4	0,28 4	0,28 4	0,28 4	0,28 4	0,28 4	0,28 4
TM6	0,79 2	0,79 1	0,79	0,78 8	0,78 6	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07 8	0,07 8	0,07 8	0,07 8	0,07 8
MSS 4	71,7 28	71,5 95	71,4 03	71,1 44	70,8 09	60,0 09	59,9 2	59,7 91	59,6 18	59,3 94	45,6 88	45,6 55	45,6 07	45,5 43	45,4 59
MSS 5	48,2 2	48,1 44	48,0 34	48,8 85	47,6 93	24,3 54	24,3 45	24,3 33	24,3 16	24,2 95	21,5 63	21,5 63	21,5 63	21,5 63	21,5 63
MSS 6	21,2 38	21,2 17	21,1 86	21,1 45	21,0 91	12,1 89	12,1 89	12,1 89	12,1 89	12,1 88	12,1 59	12,1 59	12,1 59	12,1 59	12,1 59
MSS 7	12,8 39	12,8 24	12,8 02	12,7 72	12,7 33	5,61 9	5,61 9	5,61 9	5,61 9	5,61 9	5,61 9	5,61 9	5,61 9	5,61 9	5,61 9

Tableau 5 : Luminances de la station B6 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

Teta V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	69,6 8	69,5 34	69,3 22	69,0 38	68,6 71	57,0 77	56,9 78	56,8 36	56,6 44	56,3 95	41,1 67	41,1 31	41,0 78	41,0 07	401,9 15
XS2	47,9 04	47,8 2	47,6 97	47,5 32	47,3 18	20,3 42	20,3 33	20,3 21	20,3 04	20,2 83	17,4 17	17,4 17	17,4 17	17,4 17	17,41 7
XS3	15,0 4	15,0 23	14,9 99	14,9 66	14,9 23	5,82 8	5,82 8	5,82 8	5,82 8	5,82 8	5,82 5	5,82 5	5,82 5	5,82 5	5,825
TM1	76,1 96	76,0 39	75,8 11	75,5 05	75,1 1	69,1 45	69,0 17	68,8 32	68,5 84	68,2 62	54,3 93	54,3 27	54,2 3	54,1 01	53,93 3
TM2	65,3 05	65,1 68	64,9 69	64,7 02	64,3 56	47,9 66	47,8 92	47,7 84	47,6 4	47,4 52	32,9 68	32,9 5	32,9 24	32,8 9	32,84 5
TM3	36,1 36	36,0 82	36,0 04	35,8 99	35,7 63	15,7 26	15,7 3	15,7 19	15,7 13	15,7 05	14,5 49	14,5 49	14,5 49	14,5 49	14,54 9
TM4	15,4 06	15,3 89	15,3 64	15,3 3	15,2 87	6,12 5	6,12 5	6,12 5	6,12 5	6,12 5	6,12 2	6,12 2	6,12 2	6,12 2	6,122
TM5	2,34 5	2,34 2	2,33 8	2,33 2	2,32 5	0,21 7	0,21 7	0,21 7	0,21 7	0,21 7	0,21 6	0,21 6	0,21 6	0,21 6	0,216

XS3	12,46 5	12,45 1	12,43 1	12,40 3	12,36 8	4,8 3	4,8 3	4,8 3	4,8 3	4,8 3	4,8 28	4,8 28	4,8 28	4,8 28	4,8 28	4,8 28	4,8 28	4,8 28	4,8 28	4,8 28	4,8 28	4,8 28	4,8 28	4,8 28
TM1	63,20 6	63,07 6	62,88 7	62,63 3	62,30 5	57,35 6	57,25 7	56,09 1	56,56 4	45,11 8	45,06 3	44,98 3	44,87 6	44,73 7	36,48 7	36,46 9	36,44 1	36,40 5	36,35 8	33,15 3	33,14 9	33,14 3	33,13 4	33,12 4
TM2	54,17 2	54,05 8	54,89 3	54,67 2	53,38 5	39,78 6	39,72 6	39,63 7	39,51 4	39,62 5	27,34 5	27,37 3	27,30 9	27,27 2	24,24 3	24,06 2	24,06 2	24,05 5	24,05 6	23,62 7	23,62 7	23,62 6	23,62 6	23,62 6
TM3	29,97 2	29,92 7	29,86 3	29,77 5	29,66 2	13,04 2	13,03 6	13,03 1	13,02 5	12,06 6	12,06 6	12,06 6	12,06 6	12,06 6	12,12 6	12,12 6	12,12 6	12,12 6	12,12 6	12,12 6	12,12 6	12,12 6	12,12 6	12,12 6
TM4	12,76 9	12,75 5	12,73 4	12,70 7	12,67 1	5,0 77	5,0 77	5,0 77	5,0 77	5,0 77	5,0 75	5,0 75	5,0 75	5,0 75	5,0 75	5,0 75	5,0 75	5,0 75	5,0 75	5,0 75	5,0 75	5,0 75	5,0 75	5,0 75
TM5	1,9 41	1,9 39	1,9 35	1,9 3	1,9 24	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79	0,1 79
TM6	0,6 55	0,6 55	0,6 54	0,6 52	0,6 5	0,0 5	0,0 5	0,0 5	0,0 5	0,0 5	0,0 48	0,0 48	0,0 48	0,0 48	0,0 48	0,0 48	0,0 48	0,0 48	0,0 48	0,0 48	0,0 48	0,0 48	0,0 48	0,0 48
MSS4	57,71 5	57,59 4	57,41 9	57,18 3	57,87 9	47,10 1	47,02 3	46,90 5	46,74 1	46,54 2	34,08 2	34,05 2	34,00 8	33,94 9	33,87 3	28,49 3	28,48 6	28,47 5	28,28 46	26,44 1	26,98 7	26,98 6	26,98 4	26,98 2
MSS5	38,25 9	38,19 2	38,09 4	37,96 2	37,79 2	17,11 6	17,10 8	17,09 7	17,08 3	17,06 3	14,63 2	14,63 2	14,63 2	14,63 2	14,63 2	14,62 7	14,62 7	14,62 7	14,62 7	14,62 7	14,62 7	14,62 7	14,62 7	14,62 7
MSS6	15,99 5	15,97 6	15,94 9	15,91 3	15,86 6	8,0 82	8,0 82	8,0 82	8,0 81	8,0 81	8,0 56	8,0 56	8,0 56	8,0 56	8,0 56	8,0 56	8,0 56	8,0 56	8,0 56	8,0 56	8,0 56	8,0 56	8,0 56	8,0 56
MSS7	9,9 38	9,9 25	9,9 05	9,8 78	9,8 44	3,6 65	3,6 65	3,6 65	3,6 65	3,6 65	3,6 63	3,6 63	3,6 63	3,6 63	3,6 63	3,6 63	3,6 63	3,6 63	3,6 63	3,6 63	3,6 63	3,6 63	3,6 63	3,6 63

Tableau 10 : Luminances de la station B9 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

Teta V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	71,8 36	71,7 03	71,5 1	71,2 51	71,9 16	60,2 92	60,2 02	60,0 72	59,8 97	59,6 71	45,7 74	45,7 41	45,6 93	45,6 29	45,5 46
XS2	49,9 22	49,8 43	49,7 28	49,5 74	49,3 73	24,0 73	24,0 66	24,0 54	24,0 39	24,0 19	21,3 38	21,3 38	21,3 38	21,3 38	21,3 38
XS3	16,2 31	16,2 15	16,1 92	16,1 6	16,1 19	7,43 7,43	7,43 7,43	7,43 7,43	7,43 7,43	7,43 7,43	7,42 7	7,42 7	7,42 7	7,42 7	7,42 7
TM1	78,5 22	78,3 79	78,8 97	77,8 97	77,5 39	72,1 31	72,0 16	71,8 48	71,6 23	71,3 32	58,7 57	58,6 97	58,6 1	58,4 93	58,3 42
TM2	67,3 61	67,2 36	67,0 53	66,8 09	66,4 92	51,4 28	51,3 6	51,2 62	51,1 29	50,9 58	37,6 94	37,6 78	37,6 55	37,6 23	37,5 83
TM3	38,4 01	38,3 5	38,2 76	38,1 77	38,0 49	19,1 43	19,1 41	19,1 36	19,1 31	19,1 23	18,0 35	18,0 35	18,0 35	18,0 35	18,0 35
TM4	16,6 68	16,6 51	16,6 27	16,5 95	16,5 53	7,80 1	7,80 1	7,80 1	7,80 1	7,80 1	7,79 8	7,79 8	7,79 8	7,79 8	7,79 8
TM5	2,33 2	2,32 9	2,32 5	2,32 2,32	2,31 3	0,28 3	0,28 3	0,28 3	0,28 3	0,28 3	0,28 2	0,28 2	0,28 2	0,28 2	0,28 2
TM6	0,78 7	0,78 7	0,78 5	0,78 4	0,78 1	0,07 9	0,07 9	0,07 9	0,07 9	0,07 9	0,07 7	0,07 7	0,07 7	0,07 7	0,07 7
MSS4	71,7 29	71,5 96	71,4 03	71,1 44	70,8 09	60,0 1	59,9 21	59,7 92	59,6 19	59,3 95	45,6 89	45,6 56	45,6 08	45,5 44	45,4 6

MSS 5	48,2 14	48,1 38	48,0 28	47,8 8	47,6 87	24,3 51	24,3 43	24,3 31	24,3 14	24,2 93	21,5 61	21,5 61	21,5 61	21,5 61	21,5 61
MSS 6	21,1 93	21,1 71	21,1 4	21,0 99	21,0 45	12,1 68	12,1 68	12,1 68	12,1 68	12,1 68	12,1 39	12,1 39	12,1 39	12,1 39	12,1 39
MSS 7	12,7 56	12,7 4	12,7 1	12,6 88	12,6 5	5,59 1	5,59 1	5,59 1	5,59 1	5,59 1	5,58 8	5,58 8	5,58 8	5,58 8	5,58 8

Tableau 11 : Luminances de la station B10 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

Teta V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	69,6 78	69,5 32	69,32 1	69,0 37	68,6 69	57,0 75	56,9 76	56,8 33	56,6 41	56,3 93	41,1 64	41,1 28	41,0 75	41,0 04	40,9 12
XS2	47,9 01	45,8 16	47,69 4	47,5 29	47,3 15	20,3 39	20,3 3	20,3 18	20,3 02	20,2 8	17,4 14	17,4 14	17,4 14	17,4 14	17,4 14
XS3	15,0 13	14,9 96	14,97 2	14,9 39	14,8 96	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,81 7	5,81 7	5,81 7	5,81 7	5,81 7
TM1	76,1 94	76,0 37	75,80 9	75,5 04	75,1 08	69,1 43	69,0 15	68,8 3	68,5 81	68,2 59	54,3 9	54,3 24	54,2 27	54,0 98	53,9 31
TM2	65,3 03	65,1 66	64,76 7	64,3 54	64,3 54	47,9 64	47,8 89	47,7 82	47,6 37	47,4 5	32,9 65	32,9 47	32,9 22	32,8 87	32,8 42
TM3	36,1 27	36,0 73	35,99 63	35,8 9	35,7 54	15,7 22	15,7 18	15,7 14	15,7 08	15,7 15,7	14,5 44	14,5 44	14,5 44	14,5 44	14,5 44
TM4	15,3 82	15,3 65	15,34	15,3 06	15,2 62	6,11 8	6,11 8	6,11 8	6,11 8	6,11 8	6,11 5	6,11 5	6,11 5	6,11 5	6,11 5
TM5	2,33 5	2,33 2	2,328	2,32 2	2,31 4	0,21 6	0,21 6	0,21 6	0,21 6	0,21 6	0,21 5	0,21 5	0,21 5	0,21 5	0,21 5
TM6	0,78 9	0,78 8	0,787	0,78 5	0,78 3	0,06 5	0,06 5	0,06 5	0,06 5	0,06 5	0,05 8	0,05 8	0,05 8	0,05 8	0,05 8
MSS 4	69,5 75	69,4 29	69,21 8	68,9 34	68,5 66	56,7 8	56,6 82	56,5 41	56,3 51	56,1 04	41,0 86	41,0 5	40,9 97	40,9 26	40,7 34
MSS 5	46,1 2	46,0 38	45,92	45,7 62	45,5 56	20,6 33	20,6 24	20,6 11	20,5 93	20,5 7	17,6 39	17,6 39	17,6 39	17,6 39	17,6 38
MSS 6	19,2 7	19,2 48	19,21 5	19,1 71	19,1 15	9,73 9	9,73 9	9,73 8	9,73 8	9,73 8	9,70 7	9,70 7	9,70 7	9,70 7	9,70 7
MSS 7	11,9 57	11,9 41	11,91 7	11,8 85	11,84 4	4,41 2	4,41 2	4,41 2	4,41 2	4,41 2	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41

3. Baie de Bou Ismail

Tableau 1 : Luminances de la station S2 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,9 08	56,7 84	56,6 03	56,3 61	56,0 47	46,1 72	46,0 88	45,9 66	45,8 02	45,5 9	32,6 04	32,5 73	32,5 28	32,4 67	32,3 88
XS2	39,0 89	39,0 18	38,9 14	38,7 74	38,5 93	15,7 79	15,7 72	15,7 61	15,7 47	15,7 29	13,3 03	13,3 03	13,3 03	13,3 03	13,3 03

XS3	12,0 49	12,0 34	12,0 14	11,9 86	11,9 49	4,37 6	4,37 6	4,37 6	4,37 6	4,37 6	4,37 3	4,37 3	4,37 3	4,37 3	4,37 3
TM1	62,1 56	62,0 22	61,8 27	61,5 66	61,2 27	56,1 31	56,0 22	55,8 64	55,6 51	55,3 76	43,5 27	43,4 71	43,3 88	43,2 78	43,1 34
TM2	53,3 68	53,2 51	53,0 82	52,8 54	52,5 6	38,6 11	38,5 48	38,4 56	38,3 33	38,1 73	25,8 33	25,8 18	25,7 96	25,7 66	25,7 28
TM3	29,2 75	29,2 29	29,1 63	29,0 75	28,9 59	12,0 6	12,0 57	12,0 53	12,0 48	12,0 42	11,0 65	11,0 65	11,0 65	11,0 65	11,0 65
TM4	12,3 43	12,3 29	12,3 08	12,2 79	12,2 42	4,60 4	4,60 4	4,60 4	4,60 4	4,60 4	4,60 1	4,60 1	4,60 1	4,60 1	4,60 1
TM5	1,90 9	1,90 7	1,90 3	1,89 8	1,89 2	0,16 0,16	0,16 0,16	0,16 0,16	0,16 0,16	0,16 0,16	0,15 9	0,15 9	0,15 9	0,15 9	0,15 9
TM6	0,64 8	0,64 7	0,64 6	0,64 5	0,64 3	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3
MSS 4	56,8 24	56,7 56,7	56,5 2	56,2 78	55,9 64	45,9 25	45,8 42	45,7 21	45,5 58	45,3 48	32,5 42	32,5 11	32,4 66	32,4 05	32,3 27
MSS 5	37,5 86	37,5 17	37,4 17	37,2 82	37,1 08	16,0 22	16,0 14	16,0 03	15,9 88	15,9 68	13,4 84	13,4 84	13,4 84	13,4 84	13,4 84
MSS 6	15,3 77	15,3 58	15,3 3	15,2 93	15,2 45	7,37 8	7,37 8	7,37 8	7,37 7	7,37 7	7,35 1	7,35 1	7,35 1	7,35 1	7,35 1
MSS 7	9,57 2	9,56 1	9,54 9,54	9,51 3	9,47 8	3,30 9	3,30 9	3,30 9	3,30 9	3,30 9	3,30 7	3,30 7	3,30 7	3,30 7	3,30 7

Tableau 2 : Luminances de la station S3 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,6 56	56,5 31	56,3 49	55,1 05	55,7 9	45,8 49	45,7 64	45,6 41	45,4 76	45,2 63	32,1 86	32,1 55	32,1 1	32,0 49	32,9 7
XS2	38,9 18	38,8 46	38,7 42	38,6 02	38,4 2	15,4 94	15,4 87	15,4 77	15,4 63	15,4 44	13,0 06	13,0 06	13,0 06	13,0 06	13,0 06
XS3	11,9 63	11,9 49	11,9 28	11,9 11,9	11,8 63	4,26 5	4,26 5	4,26 5	4,26 5	4,26 5	4,26 2	4,26 2	4,26 2	4,26 2	4,26 2
TM1	61,8 55	61,7 2	61,5 24	61,2 61	60,9 2	55,7 86	55,6 76	55,5 17	55,3 02	55,0 25	43,0 89	43,0 32	42,9 49	42,8 37	42,6 93
TM2	53,1 44	53,0 26	52,8 56	52,6 27	52,3 3	38,2 92	38,2 28	38,1 36	38,0 12	37,8 51	25,4 28	25,4 13	25,3 91	25,3 61	25,3 23
TM3	29,0 98	29,0 52	28,9 86	28,8 97	28,7 81	11,8 07	11,8 04	11,8 01	11,7 96	11,7 89	10,8 08	10,8 08	10,8 08	10,8 08	10,8 08
TM4	12,2 53	12,2 38	12,2 17	12,1 88	12,1 51	4,48 8	4,48 8	4,48 8	4,48 8	4,48 8	4,48 5	4,48 5	4,48 5	4,48 5	4,48 5
TM5	1,90 9	1,90 7	1,90 3	1,89 8	1,89 2	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 5	0,15 5	0,15 5	0,15 5	0,15 5
TM6	0,64 8	0,64 8	0,64 6	0,64 5	0,64 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2
MSS 4	56,5 73	56,4 47	56,2 66	56,0 22	55,7 07	45,6 01	45,5 17	45,3 96	45,2 32	45,0 2	32,1 25	32,0 94	32,0 49	31,9 88	31,9 09
MSS 5	37,4 08	37,3 39	37,2 39	37,1 04	36,9 29	15,7 37	15,7 29	15,7 18	15,7 02	15,6 83	13,1 85	13,1 85	13,1 85	13,1 85	13,1 85
MSS 6	15,2 36	15,2 17	15,1 89	15,1 52	15,1 03	7,20 3	7,20 3	7,20 3	7,20 3	7,20 3	7,17 7	7,17 7	7,17 7	7,17 7	7,17 7
MSS 7	9,51 8	9,55 3	9,48 3	9,45 6	9,42 1	3,22 8	3,22 8	3,22 7	3,22 7	3,22 7	3,22 5	3,22 5	3,22 5	3,22 5	3,22 5

Tableau 3 : Luminances de la station S4 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,6 57	56,5 32	56,3 5	56,1 06	55,7 91	45,8 5	45,7 65	45,6 43	45,4 78	45,2 64	32,1 88	32,1 57	32,1 11	32,0 5	31,9 71
XS2	38,9 19	38,8 47	38,7 43	38,6 03	38,4 21	15,4 95	15,4 88	15,4 78	15,4 64	15,4 46	13 13	13 13	13 13	13 13	13 13
XS3	11,9 64	11,9 49	11,9 28	11,9 11,9	11,8 46	4,26 5	4,26 5	4,26 5	4,26 5	4,26 5	4,26 3	4,26 3	4,26 3	4,26 3	4,26 3
TM1	61,8 57	61,7 21	61,5 25	61,2 62	60,9 21	55,7 87	55,6 77	55,5 18	55,3 04	55,0 27	43,0 91	43,0 34	42,9 51	42,8 39	42,6 95
TM2	53,1 45	53,0 27	52,8 57	52,6 28	52,3 31	38,2 93	38,2 29	38,1 37	38,0 13	37,8 52	25,4 3	25,4 15	25,3 93	25,3 63	25,3 25
TM3	29,0 99	29,0 53	28,9 87	28,8 98	28,7 82	11,8 08	11,8 05	11,8 02	11,7 97	11,7 9	10,8 09	10,8 09	10,8 09	10,8 09	10,8 09
TM4	12,2 53	12,2 39	12,2 17	12,1 89	12,1 52	4,48 8	4,48 8	4,48 8	4,48 8	4,48 8	4,48 6	4,48 6	4,48 6	4,48 6	4,48 6
TM5	1,90 9	1,90 7	1,90 3	1,89 8	1,78 2	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 5	0,15 5	0,15 5	0,15 5	0,15 5
TM6	0,64 8	0,64 8	0,64 6	0,64 5	0,64 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2
MSS 4	56,5 74	56,4 49	56,2 67	56,0 23	55,7 08	45,6 02	45,5 18	45,3 97	45,2 33	45,0 22	32,1 27	32,0 96	32,0 5	31,9 89	31,9 1
MSS 5	37,4 09	37,3 4	37,2 4	37,1 04	36,9 29	15,7 38	15,7 3	15,7 19	15,7 04	15,6 84	13,1 86	13,1 86	13,1 86	13,1 86	13,1 86
MSS 6	15,2 37	15,2 17	15,1 9	15,1 52	15,1 04	7,20 4	7,20 4	7,20 4	7,20 4	7,20 4	7,17 7	7,17 7	7,17 7	7,17 7	7,17 7
MSS 7	9,51 8	9,50 4	9,48 3	9,45 6	9,42 1	3,22 8	3,22 8	3,22 8	3,22 8	3,22 8	3,22 6	3,22 6	3,22 6	3,22 6	3,22 6

Tableau 4 : Luminances de la station S5 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,6 57	56,5 31	56,3 5	56,1 06	55,7 9	45,8 49	45,7 64	45,6 42	45,4 77	45,2 63	32,1 87	32,1 56	32,1 1	32,0 49	31,9 7
XS2	38,9 19	38,8 47	38,7 43	38,6 02	38,4 2	15,4 94	15,4 87	15,4 77	15,4 63	15,4 45	13,0 06	13,0 06	13,0 06	13,0 06	13,0 06
XS3	11,9 63	11,9 49	11,9 28	11,9 11,9	11,8 64	4,26 5	4,26 5	4,26 5	4,26 5	4,26 5	4,26 2	4,26 2	4,26 2	4,26 2	4,26 2
TM1	61,8 56	61,7 2	61,5 25	61,2 61	61,9 2	55,7 86	55,6 76	55,5 17	55,3 03	55,0 26	43,0 9	43,0 32	42,9 5	42,8 38	42,6 94
TM2	53,1 44	53,0 27	52,8 56	52,6 27	52,3 31	38,2 92	38,2 29	38,1 36	38,0 12	37,8 52	25,4 29	25,4 14	25,3 92	25,3 62	25,3 24
TM3	29,0 98	29,0 52	28,9 86	28,8 97	28,7 81	11,8 07	11,8 05	11,8 01	11,7 96	11,7 89	10,8 08	10,8 08	10,8 08	10,8 08	10,8 08
TM4	12,2 53	12,2 38	12,2 17	12,1 88	12,1 51	4,48 8	4,48 8	4,48 8	4,48 8	4,48 8	4,48 6	4,48 6	4,48 6	4,48 6	4,48 6
TM5	1,90 9	1,90 7	1,90 3	1,89 8	1,89 2	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 5	0,15 5	0,15 5	0,15 5	0,15 5

TM6	0,64 8	0,64 8	0,64 6	0,64 5	0,64 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2
MSS 4	56,5 79	56,4 48	56,2 67	56,0 23	55,7 07	45,6 02	45,5 18	45,3 96	45,2 33	45,0 21	32,1 26	32,0 95	32,0 49	31,9 88	31,9 09
MSS 5	37,4 09	37,3 39	37,2 39	37,1 04	36,9 29	15,7 37	15,7 29	15,7 18	15,7 03	15,6 83	13,1 85	13,1 85	13,1 85	13,1 85	13,1 85
MSS 6	15,2 36	15,2 17	15,1 89	15,1 52	15,1 04	7,20 3	7,20 3	7,20 3	7,20 3	7,20 3	7,17 7	7,17 7	7,17 7	7,17 7	7,17 7
MSS 7	9,51 8	9,50 4	9,48 3	9,45 6	9,42 1	3,22 8	3,22 8	3,22 8	3,22 8	3,22 8	3,22 6	3,22 6	3,22 6	3,22 6	3,22 6

Tableau 5 : Luminances de la station S6 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,8 4	56,7 15	56,5 35	56,2 92	55,9 78	46,0 84		45,8 78	45,7 13	45,5 01	32,5 3	32,4 99	32,4 53	32,3 92	32,3 14
XS2	39,2 71	39,2 01		38,9 63	38,7 87	15,6 71	15,6 64	15,6 53	15,6 4	15,6 22	13,1 66	13,1 66	13,1 66	13,1 66	13,1 66
XS3	11,9 48	11,9 34	11,9 15	11,8 89	11,8 56	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,10 7	4,10 7	4,10 7	4,10 7	4,10 7
TM1	61,8 4	61,7 05	61,5 09	61,2 46	60,9 06	55,8 53	55,7 44	55,5 84	55,3 7	55,0 94	43,3 28	43,2 71	43,1 88	43,0 76	42,9 32
TM2	53,4 27	53,3 1	53,1 41	52,9 14	52,6 21	38,6 05	38,5 41	38,4 5	38,3 27	38,1 68	26,8 04	25,7 89	25,7 67	25,7 37	25,6 99
TM3	29,3 54	29,3 1	29,2 47	29,1 61	29,0 5	11,8 92	11,8 89	11,8 86	11,8 81	11,8 74	10,8 84	10,8 84	10,8 84	10,8 84	10,8 84
TM4	12,2 43	12,2 29	12,2 09	12,1 83	12,1 49	4,33 9	4,33 9	4,33 9	4,33 9	4,33 9	4,33 6	4,33 6	4,33 6	4,33 6	4,33 6
TM5	1,89 4	1,89 1	1,88 8	1,88 4	1,87 8	0,11 2	0,11 2	0,11 2	0,11 2	0,11 2	0,11 1	0,11 1	0,11 1	0,11 1	0,11 1
TM6	0,64	0,64	0,63 9	0,63 7	0,63 6	0,02 8	0,02 8	0,02 8	0,02 8	0,02 8	0,02 6	0,02 6	0,02 6	0,02 6	0,02 6
MSS 4	56,7 57	56,6 33	56,4 53	56,2 11	55,8 97	45,8 37	45,7 53	45,6 32	45,4 7	45,2 59	32,4 67	32,4 36	32,3 9	32,3 29	32,2 51
MSS 5	37,7 37	37,6 69	37,5 72	37,4 4	37,2 7	15,9 15	15,9 07	15,8 96	15,8 81	15,8 62	13,3 5	13,3 5	13,3 5	13,3 5	13,3 5
MSS 6	15,2 92	15,2 74	15,2 48	15,2 12	15,1 66	7,14 6	7,14 6	7,14 6	7,14 6	7,14 6	7,11 9	7,11 9	7,11 9	7,11 9	7,11 9
MSS 7	9,47 8	9,46 5	9,44 6	9,42 1	9,38 8	3,07 6	3,07 6	3,07 6	3,07 6	3,07 6	3,07 4	3,07 4	3,07 4	3,07 4	3,07 4

Tableau 6 : Luminances de la station S7 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,7	56,5	56,4	56,1	55,8	45,9	45,8	45,7	45,5	45,3	32,2	32,2	32,2	32,1	32,0
	21	96	14	71	56	31	47	24	6	46	93	62	16	55	76
XS2	38,9	38,8	38,7	38,6	38,4	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
	62	9	86	46	64	66	59	49	35	17	81	81	81	81	81
XS3	11,9	11,9	11,9	11,9	11,8	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29					
	85	7	5	21	85	3	3	3	3	3	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29
TM1	61,9	61,7	61,6	61,3	60,9	55,8	55,7	55,6	55,3	55,1	43,2	43,1	43,0	42,9	42,8
	33	97	02	39	99	74	65	06	92	15	01	44	61	5	06
TM2	53,2	53,0	52,9	52,6	52,3	38,3	38,3	38,2	38,0	37,9	25,5	25,5	25,4	25,4	25,4
	01	84	14	85	89	73	09	17	94	33	31	16	94	64	26
TM3	29,1	29,0	29,0	28,9	28,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
	43	97	31	42	26	71	68	65	6	53	73	73	73	73	73
TM4	12,2	12,2	12,2	12,2	12,1	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51
	76	61	4	11	74	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5
TM5	1,90	1,90	1,90	1,89	1,89	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	9	7	3	8	2	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6
TM6	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	8	8	6	5	3	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2
MSS 4	56,6	56,5	56,3	56,0	55,7	45,6		45,4	45,3	45,1	32,2		32,1	32,0	32,0
	37	12	31	88	73	84	45,6	79	15	04	32	32,2	55	94	15
MSS 5	37,4	37,3	37,1	37,1	36,9	15,8	15,8	15,7	15,7	15,7	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
	53	84	84	49	74	09	01	9	75	55	61	61	61	61	61
MSS 6	15,2	15,2	15,2	15,1	15,1	7,24	7,24	7,24	7,24	7,24	7,22	7,22	7,22	7,22	7,22
	72	53	25	88	39	7	7	7	7	7	1	1	1	1	1
MSS 7	9,53	9,51	9,49		9,43	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
	2	8	8	9,47	5	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6

Tableau 7 : Luminances de la station S8 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,9	56,7	56,6	56,3	56,0	46,1	46,0	45,9	45,8	45,5	32,6	32,5	32,5	32,4	32,3
	08	84	04	62	48	73	88	67	03	91	05	73	28	68	89
XS2	39,0	39,0	38,9	38,7	38,5	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3
	9	18	14	75	94	73	75	62	48	3	04	04	04	04	04
XS3	12,0	12,0	12,0	11,9	11,9	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37
	49	35	14	86	49	6	6	6	6	6	3	3	3	3	3
TM1	62,1	62,0	61,8	61,5	61,2	56,1	56,0	55,8	55,6	55,3	43,5	43,4	43,3	43,2	43,1
	57	22	28	66	28	32	23	65	52	77	28	71	89	78	35
TM2	53,3	53,2	53,0	52,8	52,5	38,6	38,5	38,4	38,3	38,1	25,8	25,8	25,7	25,7	25,7
	69	52	82	55	6	12	48	57	33	74	34	18	97	67	29
TM3	29,2	29,2	29,1	29,0	28,9	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
	75	3	64	75	6	6	57	54	49	42	65	65	65	65	65
TM4	12,3	12,3	12,3	12,2	12,2	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60
	43	29	08	79	42	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2

TM5	1,90 9	1,90 7	1,90 3	1,89 8	1,89 2	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15 9	0,15 9	0,15 9	0,15 9	0,15 9
TM6	0,64 8	0,64 7	0,64 6	0,64 5	0,64 3	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3
MSS 4	56,8 24	56,7	56,5 2	56,2 78	55,9 65	45,9 26	45,8 42	45,7 21	45,5 59	45,3 49	32,5 43	32,5 12	32,4 66	32,4 06	32,3 27
MSS 5	37,5 86	37,5 17	37,4 17	37,2 83	37,1 09	16,0 22	16,0 15	16,0 03	15,9 88	15,9 69	13,4 84	13,4 84	13,4 84	13,4 84	13,4 84
MSS 6	15,3 78	15,3 58	15,3 31	15,2 94	15,2 45	7,37 8	7,37 8	7,37 8	7,37 8	7,37 8	7,35 2	7,35 2	7,35 2	7,35 2	7,35 2
MSS 7	9,57 5	9,56 1	9,54 1	9,51 3	9,47 9	3,30 9	3,30 9	3,30 9	3,30 9	3,30 9	3,30 7	3,30 7	3,30 7	3,30 7	3,30 7

Tableau 8 : Luminances de la station S9 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,7 19	56,5 94	56,4 13	56,1 7	55,8 54	45,9 3	45,8 45	45,7 23	45,5 58	45,3 45	32,2 91	32,2 59	32,2 14	32,1 53	32,0 74
XS2	38,9 61	38,8 89	38,7 85	38,6 45	38,4 63	15,5 65	15,5 58	15,5 47	15,5 33	15,5 15	13,0 8	13,0 8	13,0 8	13,0 8	13,0 8
XS3	11,9 84	11,9 7	11,9 49	11,9 21	11,8 85	4,29 2	4,29 2	4,29 2	4,29 2	4,29 2	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29
TM1	61,9 31	61,7 96	61,6	61,3 38	60,9 97	55,8 73	55,7 63	55,6 04	55,3 9	55,1 13	43,1 99	43,1 42	43,0 59	42,9 48	42,8 04
TM2	53,2	53,0 83	52,9 13	52,6 84	52,3 88	38,3 72	38,3 08	38,2 16	38,0 92	37,9 32	25,5 29	25,5 14	25,4 92	25,4 62	25,4 24
TM3	29,1 42	29,0 96	29,0 3	28,9 41	28,8 26	11,8 7	11,8 67	11,8 63	11,8 58	11,8 52	10,8 72	10,8 72	10,8 72	10,8 72	10,8 72
TM4	12,2 75	12,2 61	12,2 39	12,2 11	12,1 74	4,51 7	4,51 7	4,51 7	4,51 7	4,51 7	4,51 4	4,51 4	4,51 4	4,51 4	4,51 4
TM5	1,90 9	1,90 7	1,90 3	1,89 8	1,89 2	0,15 7	0,15 7	0,15 7	0,15 7	0,15 7	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6
TM6	0,64 8	0,64 8	0,64 6	0,64 5	0,64 3	0,04 4	0,04 4	0,04 4	0,04 4	0,04 4	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2
MSS 4	56,6 36	56,5 11	56,3 3	56,0 87	55,7 72	45,6 82	45,5 98	45,4 77	45,3 14	45,1 03	32,2 29	32,1 98	32,1 53	32,0 92	32,0 13
MSS 5	37,4 53	37,3 83	37,2 83	37,1 48	36,9 73	15,8 08	15,8 15,8	15,7 89	15,7 73	15,7 54	13,2 59	13,2 59	13,2 59	13,2 59	13,2 59
MSS 6	15,2 71	15,2 52	15,2 24	15,1 87	15,1 39	7,24 6	7,24 6	7,24 6	7,24 6	7,24 6	7,22	7,22	7,22	7,22	7,22
MSS 7	9,53 2	9,51 8	9,49 7	9,47	9,43 5	3,24 8	3,24 8	3,24 8	3,24 8	3,24 8	3,24 6	3,24 6	3,24 6	3,24 6	3,24 6

Tableau 9 : Luminances de la station S10 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,6	56,5	56,3	56,1	55,7	45,8	45,7	45,6	45,4	45,2	32,1	32,1	32,1	32,0	32,9
	64	38	57	13	97	58	74	51	86	73	99	67	22	61	82
XS2	38,9	38,8	38,7	38,6	38,4	15,5	15,4	15,4	15,4	15,4	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
	23	52	47	07	25	02	95	85	71	53	15	15	15	15	15
XS3	11,9	11,9	11,9	11,9	11,8	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26
	66	51	3	02	66	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6
TM1	61,8	61,7	61,5	61,2	60,9	55,7	55,6	55,5	55,3	55,0	43,1	43,0	42,9	42,8	42,7
	64	29	33	7	29	96	86	27	13	36	02	45	62	5	06
TM2	53,1	53,0	52,8	52,6	52,3	38,3	38,2	38,1	38,0	37,8	25,4	25,4	25,4	25,3	25,3
	51	33	63	34	37	01	37	45	21	61	4	25	03	73	35
TM3	29,1	29,0	28,9	28,9	28,7	11,8	11,8	11,8	11,8	11,7	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
	03	57	91	02	86	14	12	08	03	96	15	15	15	15	15
TM4	12,2	12,2	12,2	12,1	12,1	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48
	56	41	2	91	54	1	1	1	1	1	9	9	9	9	9
TM5	1,90	1,90		1,89	1,89	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	9	7	1,93	8	2	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
TM6	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	8	8	6	5	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
MSS 4	56,5	56,4	56,2	56,0	56,7	45,6	45,5	45,4	45,2	45,0	32,1	32,1	35,0		31,9
	8	55	74	3	15	11	27	05	42	3	38	06	61	32	21
MSS 5	37,4	37,3	37,2	37,1	36,9	15,7	15,7	15,7	15,7	15,6	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
	14	44	44	09	34	45	37	26	11	91	94	94	94	94	94
MSS 6	15,2	15,2	15,1	15,1	15,1	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,18	7,18	7,18	7,18	7,18
	4	21	93	56	08	8	8	8	8	8	2	2	2	2	2
MSS 7	9,51	9,50	9,48	9,45	9,42						3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
	9	5	5	8	2	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23	8	8	8	8	8

Tableau 10 : Luminances de la station S11 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	58,8	58,7	58,5	58,3	58,0		48,7	48,6	48,4	48,2	36,1	36,1	36,0	36,0	35,9
	39	23	55	29	37	48,8	21	08	55	58	48	19	77	21	48
XS2	40,5	40,5	40,4	40,2	40,1	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
	88	2	21	89	16	96	89	8	66	49	44	44	44	44	44
XS3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,7	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44
	7	56	36	09	74	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2
TM1	64,3	64,2	64,0	64,8	63,5	58,7	58,6	58,5	58,3	58,0	47,0	47,0	46,9	46,8	46,7
	76	52	72	29	16	86	85	39	42	87	9	37	61	58	26
TM2	55,1	55,0	54,8	54,6	54,3	41,3	41,2	41,1	41,0	40,8	29,0	29,3	29,3	29,2	29,2
	64	25	66	53	78	02	43	57	42	93	9	42	22	94	59
TM3	30,8	30,8	30,7	30,6	30,5	14,4	14,4	14,4	14,4		13,4	13,4	13,4	13,4	13,4
	86	43	8	95	85	17	14	11	06	14,4	67	67	67	67	67
TM4	13,2	13,1	13,1	13,1	13,1	5,72	5,72	5,72	5,72	5,72					
	11	97	76	49	13	3	3	3	3	3	5,72	5,72	5,72	5,72	5,72
TM5					1,89	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	1,91	1,9	1,9	1,9	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2

TM6	0,64 8	0,64 7	0,64 6	0,64 4	0,64 2	0,05 7	0,05 7	0,05 7	0,05 7	0,05 7	0,05 5	0,05 5	0,05 5	0,05 5	0,05 5
MSS 4	58,7 51	58,6 35	58,4 67	58,2 42	57,9 5	48,5 6	48,4 82	48,3 7	48,2 18	48,0 23	36,0 8	36,0 51	36,0 09	35,9 53	35,8 8
MSS 5	39,1 39	39,0 73	38,9 78	38,8 51	38,6 85	18,6 35	18,6 28	18,6 17	18,6 03	18,5 85	16,2 31	16,2 31	16,2 31	16,2 31	16,2 31
MSS 6	16,7 01	16,6 83	16,6 56	16,6 21	16,5 75	9,02 7	9,02 7	9,02 7	9,02 7	9,02 7	9,00 2	9,00 2	9,00 2	9,00 2	9,00 2
MSS 7	10,1 24	10,1 11	10,0 92	10,0 66	10,0 33	4,09 3	4,09 3	4,09 3	4,09 3	4,09 3	4,09 1	4,09 1	4,09 1	4,09 1	4,09 1

Tableau 11 : Luminances de la station S12 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,9 11	56,7 87	56,6 06	56,3 64	56,0 51	46,1 76	46,0 92	45,9 7	45,8 06	45,5 94	32,6 09	32,5 78	32,5 33	32,4 72	32,3 94
XS2	39,0 91	39,0 2	38,9 16	38,7 77	38,5 96	15,7 82	15,7 75	15,7 65	15,7 51	15,7 33	13,3 07	13,3 07	13,3 07	13,3 07	13,3 07
XS3	12,0 5	12,0 35	12,0 15	11,9 87	11,9 5	4,37 7	4,37 7	4,37 7	4,37 7	4,37 7	4,37 4	4,37 4	4,37 4	4,37 4	4,37 4
TM1	62,1 6	62,0 25	61,8 31	61,5 7	61,2 31	56,1 36	56,0 26	55,8 68	55,6 56	55,3 81	43,5 33	43,4 76	43,3 94	43,2 83	43,1 4
TM2	53,3 71	53,2 54	53,0 85	52,8 57	52,5 63	38,6 15	38,5 52	38,4 6	38,3 37	38,1 77	25,8 38	25,8 23	25,8 01	25,7 71	25,7 33
TM3	29,2 77	29,2 31	29,1 66	29,0 77	28,9 62	12,0 63	12,0 6	12,0 56	12,0 51	12,0 45	11,0 68	11,0 68	11,0 68	11,0 68	11,0 68
TM4	12,3 44	12,3 3	12,3 09	12,2 8	12,2 43	4,60 6	4,60 5	4,60 5	4,60 5	4,60 5	4,60 3	4,60 3	4,60 3	4,60 3	4,60 3
TM5	1,90 9	1,90 7	1,90 3	1,89 8	1,89 2	0,16 0,16	0,16 0,16	0,16 0,16	0,16 0,16	0,16 0,16	0,15 9	0,15 9	0,15 9	0,15 9	0,15 9
TM6	0,64 8	0,64 7	0,64 6	0,64 5	0,64 3	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3
MSS 4	56,8 27	56,7 03	56,5 23	56,2 81	55,9 67	45,9 29	45,8 46	45,7 25	45,5 63	45,3 52	32,5 47	32,5 16	32,4 71	32,4 1	32,3 32
MSS 5	37,5 88	37,5 19	37,4 19	37,2 85	37,1 11	16,0 25	16,0 18	16,0 06	16,9 91	15,9 72	13,4 88	13,4 88	13,4 88	13,4 88	13,4 88
MSS 6	15,3 79	15,3 6	15,3 32	15,2 95	15,2 47	7,38 7,38	7,38 7,38	7,38 7,38	7,38 7,38	7,73 9	7,35 3	7,35 3	7,35 3	7,35 3	7,35 3
MSS 7	9,57 9	9,56 1	9,54 1	9,51 4	9,47 9	3,31 3,31	3,31 3,31	3,31 3,31	3,31 3,31	3,31 3,31	3,30 8	3,30 8	3,30 8	3,30 8	3,30 8

Tableau 12 : Luminances de la station S13 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,6	56,5	56,3	56,1	55,7	45,8	45,7	45,6	45,4	45,2	32,1	32,1	32,1	32,0	31,9
	63	38	57	13	97	58	73	51	86	72	98	67	22	61	82
XS2	38,9	38,8	38,7	38,6	38,4	15,5	15,4	15,4	15,4	15,4	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
	23	51	47	07	25	02	95	85	53	53	14	14	14	14	14
XS3	11,9	11,9	11,9	11,9	11,8	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26
	66	51	3	02	66	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5
TM1	61,8	61,7	61,5	61,2	60,9	55,7	55,6	55,5	55,3	55,0	43,1	43,0	42,9	42,8	42,7
	64	29	33	69	29	96	86	27	12	35	02	44	61	5	06
TM2	53,1	53,0	52,8	52,6	52,3	38,3	38,2	38,1	38,0	37,8	25,4	25,4	25,4	25,3	25,3
	5	33	62	33	37	01	37	45	21	6	4	25	03	73	35
TM3	29,1	29,0	29,9	28,9	28,7	11,8	11,8	11,8	11,8	11,7	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
	03	57	91	02	86	14	12	08	03	96	15	15	15	15	15
TM4	12,2	12,2	12,2	12,1	12,1	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48
	55	41	19	91	54	1	1	1	1	1	9	9	9	9	9
TM5	1,90	1,90	1,90	1,89	1,89	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	9	7	3	8	2	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
TM6	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	8	8	6	5	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
MSS 4	56,5	56,4	56,2	56,0	56,7	45,6	45,5	45,4	45,2	45,0	32,1	32,1	32,0	31,9	31,9
	8	55	74	3	14	1	26	05	41	3	37	06	61	99	2
MSS 5	37,4	37,3	37,2	37,1	37,9	15,7	15,7	15,7	15,7	15,6	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
	13	44	44	09	34	45	37	26	11	91	94	94	93	93	93
MSS 6	15,2	15,2	15,1	15,1	15,1	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,18	7,18	7,18	7,18	7,18
	4	21	93	56	07	8	8	8	8	8	2	2	2	2	2
MSS 7	9,51	9,50	9,48	9,45	9,42						3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
	9	5	5	7	2	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23	8	8	8	8	8

Tableau 13 : Luminances de la station S14 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,9	56,7	56,6	56,3	56,0	46,1	46,0	45,9	45,8	45,5	32,6	32,5	32,5	32,4	32,3
	14	89	09	67	53	79	95	74	1	98	13	82	37	77	98
XS2	39,0	39,0	38,9	38,7	38,5	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3
	93	22	18	78	97	85	78	68	54	36	1	1	1	1	1
XS3	12,0	12,0	12,0	11,9	11,9	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37
	51	36	16	88	51	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6
TM1	62,1	62,0	61,8	61,5	61,2	56,1	56,0	55,8	55,6	55,3	43,5	43,4	43,3	43,2	43,1
	63	29	34	73	34	39	3	72	59	84	37	81	98	88	45
TM2	53,3	53,2	53,0	53,8	52,5	38,3	38,5	38,4	38,3	38,1	25,7	25,8	25,8	25,7	25,7
	73	56	87	6	65	18	55	63	4	81	42	27	05	76	38
TM3	29,2	29,2	29,1	29,0	28,9	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
	79	33	67	79	64	65	63	59	54	47	71	71	71	71	71
TM4	12,3	12,3	12,3	12,2	12,2	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60
	45	31	1	81	44	7	7	7	7	7	4	4	4	4	4

TM5	1,90 9	1,90 7	1,90 3	1,89 8	1,89 2	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15 9	0,15 9	0,15 9	0,15 9	0,15 9
TM6	0,64 8	0,64 7	0,64 6	0,64 5	0,64 3	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3
MSS 4	56,8 3	56,7 05	56,5 25	56,2 83	56,9 7	45,9 32	45,8 49	45,7 28	45,5 66	45,3 56	32,5 51	32,5 2	32,4 75	32,4 15	32,3 36
MSS 5	37,5 9	37,5 21	37,4 21	37,2 87	37,1 12	16,0 28	16,0 21	16,0 1	15,9 94	15,9 75	13,4 91	13,4 91	13,4 91	13,4 91	13,4 91
MSS 6	15,3 81	15,3 61	15,3 34	15,2 97	15,2 48	7,38 2	7,38 2	7,38 2	7,38 2	7,38 1	7,35 5	7,35 5	7,35 5	7,35 5	7,35 5
MSS 7	9,57 6	9,56 2	9,54 2	9,51 5	9,48	3,31 1	3,31 1	3,31 1	3,31 1	3,31 1	3,30 9	3,30 9	3,30 9	3,30 9	3,30 9

Tableau 14 : Luminances de la station S15 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,6 62	56,5 37	56,3 55	56,1 11	56,7 96	45,8 56	45,7 72	45,6 49	45,4 84	45,2 71	32,1 96	32,1 65	32,1 2	32,0 59	31,9 8
XS2	38,9 22	38,8 51	38,7 46	38,6 06	38,4 24	15,5 01	15,4 94	15,4 83	15,4 51	15,4 51	13,0 13	13,0 13	13,0 13	13,0 13	13,0 13
XS3	11,9 65	11,9 51	11,9 3	11,9 02	11,8 65	4,26 7	4,26 7	4,26 7	4,26 7	4,26 7	4,26 5	4,26 5	4,26 5	4,26 5	4,26 5
TM1	61,8 63	61,7 27	61,5 31	61,2 68	60,9 27	55,7 94	55,6 84	55,5 25	55,3 11	55,0 34	43,1	43,0 42	42,9 59	42,8 48	42,7 04
TM2	53,1 49	53,0 32	52,8 61	52,6 32	52,3 36	38,2 99	38,2 36	38,1 43	38,0 19	37,8 59	25,4 38	25,4 23	25,4 01	25,3 71	25,3 33
TM3	29,1 02	29,0 56	28,9 9	28,9 01	28,7 85	11,8 13	11,8 1	11,8 07	11,8 02	11,7 95	10,8 14	10,8 14	10,8 14	10,8 14	10,8 14
TM4	12,2 55	12,2 4	12,2 19	12,1 9	12,1 53	4,49 1	4,49 1	4,49 1	4,49 1	4,49 1	4,48 8	4,48 8	4,48 8	4,48 8	4,48 8
TM5	1,90 9	1,90 7	1,90 3	1,89 8	1,89 2	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 5	0,15 5	0,15 5	0,15 5	0,15 5
TM6	0,64 8	0,64 8	0,64 6	0,64 5	0,64 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2
MSS 4	56,5 79	56,4 54	56,2 72	56,0 29	55,7 13	45,6 09	45,5 25	45,4 03	45,2 4	45,0 28	32,1 35	32,1 04	32,0 59	31,9 97	31,9 18
MSS 5	37,4 13	37,3 43	37,2 43	37,1 08	36,9 33	15,7 43	15,7 36	15,7 24	15,7 09	15,6 89	13,1 92	13,1 92	13,1 92	13,1 92	13,1 92
MSS 6	15,2 39	15,2 2	15,1 92	15,1 55	15,1 07	7,20 7	7,20 7	7,20 7	7,20 7	7,20 7	7,18 1	7,18 1	7,18 1	7,18 1	7,18 1
MSS 7	9,51 9	3,50 5	9,48 4	9,45 7	9,42 2	3,22 9	3,22 9	3,22 9	3,22 9	3,22 9	3,22 7	3,22 7	3,22 7	3,22 7	3,22 7

Tableau 15 : Luminances de la station S16 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,9 17	56,7 92	56,6 12	56,3 7	56,0 56	46,1 83	46,0 99	45,9 78	45,8 14	45,6 02	32,6 19	32,5 87	32,5 42	32,4 82	32,4 03
XS2	39,0 95	39,0 24	38,9 2	38,7 81	38,6 38,6	15,7 89	15,7 82	15,7 72	15,7 58	15,7 4	13,3 14	13,3 14	13,3 14	13,3 14	13,3 14
XS3	12,0 52	12,0 37	12,0 17	11,9 89	11,9 52	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,37 7	4,37 7	4,37 7	4,37 7	4,37 7
TM1	62,1 67	62,0 32	61,8 38	61,5 77	61,2 38	56,1 43	56,0 34	55,8 76	55,6 64	55,3 89	43,5 43	43,4 86	43,4 04	43,2 93	43,1 5
TM2	53,3 76	53,2 59	53,0 9	52,8 62	52,5 68	38,6 22	38,5 59	38,4 67	38,3 44	38,1 85	25,8 47	25,8 32	25,8 1	25,7 81	25,7 43
TM3	29,2 81	29,2 36	29,1 7	29,0 81	28,9 66	12,0 69	12,0 66	12,0 62	12,0 57	12,0 51	11,0 74	11,0 74	11,0 74	11,0 74	11,0 74
TM4	12,3 47	12,3 32	12,3 11	12,2 82	12,2 45	4,60 8	4,60 8	4,60 8	4,60 8	4,60 8	4,60 6	4,60 6	4,60 6	4,60 6	4,60 6
TM5	1,90 9	1,90 7	1,90 3	1,89 8	1,89 2	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15 9	0,15 9	0,15 9	0,15 9	0,15 9
TM6	0,64 8	0,64 7	0,64 6	0,64 5	0,64 3	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 5	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3
MSS 4	56,8 33	56,7 09	56,5 29	56,2 87	55,9 73	45,9 36	45,8 53	45,7 32	45,5 7	45,3 6	32,5 57	32,5 26	32,4 8	32,4 2	32,3 41
MSS 5	37,5 92	37,5 23	37,4 23	37,2 89	37,1 15	16,0 32	16,0 24	16,0 13	15,9 98	15,3 78	13,4 95	13,4 95	13,4 95	13,4 95	13,4 94
MSS 6	15,3 82	15,3 63	15,3 36	15,2 98	15,2 5	7,38 4	7,38 4	7,38 4	7,38 4	7,38 4	7,35 8	7,35 8	7,35 8	7,35 8	7,35 8
MSS 7	9,57 7	9,56 3	9,54 3	9,51 5	9,48 1	3,31 2	3,31 2	3,31 2	3,31 2	3,31 2	3,31 3,31	3,31 3,31	3,31 3,31	3,31 3,31	3,31 3,31

Tableau 16 : Luminances de la station S17 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,6 66	56,5 4	56,3 59	56,1 15	55,7 99	45,8 61	45,7 76	45,6 54	45,4 89	45,2 75	32,2 02	32,1 71	32,1 25	32,0 64	31,9 85
XS2	38,9 25	38,8 53	38,7 49	38,6 08	38,4 26	15,5 05	15,4 97	15,4 87	15,4 73	15,4 55	13,0 17	13,0 17	13,0 17	13,0 17	13,0 17
XS3	11,9 66	11,9 52	11,9 31	11,9 03	11,8 67	4,26 9	4,26 9	4,26 9	4,26 9	4,26 9	4,26 6	4,26 6	4,26 6	4,26 6	4,26 6
TM1	61,8 67	61,7 31	61,5 36	61,2 72	60,9 31	55,7 99	55,6 89	55,5 3	55,3 16	55,0 38	43,1 06	43,0 48	42,9 65	42,8 54	42,7 1
TM2	53,1 52	53,0 35	52,8 64	52,6 35	52,3 39	38,3 04	38,2 4	38,1 48	38,0 24	37,8 63	25,4 43	25,4 28	25,4 06	25,3 77	25,3 38
TM3	29,1 04	29,0 59	28,9 93	28,9 03	28,7 88	11,8 16	11,8 14	11,8 1	11,8 05	11,7 98	10,8 17	10,8 17	10,8 17	10,8 17	10,8 17
TM4	12,2 56	12,2 42	12,2 2	12,1 92	12,1 55	4,49 2	4,49 2	4,49 2	4,49 2	4,49 2	4,49 4,49	4,49 4,49	4,49 4,49	4,49 4,49	4,49 4,49
TM5	1,90 9	1,90 7	1,90 3	1,89 8	1,89 2	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 5	0,15 5	0,15 5	0,15 5	0,15 5

TM6	0,64 8	0,64 8	0,64 6	0,64 5	0,64 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2
MSS 4	56,5 82	56,4 57	56,2 76	56,0 32	55,7 17	45,6 13	45,5 29	45,4 08	45,2 44	45,0 33	32,1 41	32,1 1	32,0 64	32,0 03	31,9 24
MSS 5	37,4 15	37,3 46	37,2 45	37,1 1	36,9 35	15,7 47	15,7 39	15,7 28	15,7 13	15,6 93	13,1 96	13,1 96	13,1 96	13,1 96	13,1 96
MSS 6	15,2 41	15,2 22	15,1 94	15,1 57	15,1 09	7,21 7,21	7,21 7,21	7,20 9	7,20 9	7,20 9	7,18 3	7,18 3	7,18 3	7,18 3	7,18 3
MSS 7	9,52 9,52	9,50 6	9,48 6	9,45 8	9,42 3	3,23 3,23	3,23 3,23	3,23 3,23	3,23 3,23	3,23 3,23	3,22 8	3,22 8	3,22 8	3,22 8	3,22 8

Tableau 17 : Luminances de la station S18 à différents TetaV et à 1, 5 et 20 m de profondeur pour les différents capteurs satellitaires.

TETA V	1 mètre					5 mètres					20 mètres				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
XS1	56,6 65	56,5 4	56,3 59	56,1 15	55,7 99	45,8 6	45,7 76	45,6 53	45,4 88	45,2 75	32,2 02	32,1 7	32,1 25	32,0 64	31,9 85
XS2	38,9 25	38,8 53	38,7 48	38,6 08	38,4 26	15,5 04	15,4 97	15,4 87	15,4 73	15,4 55	13,0 17	13,0 17	13,0 17	13,0 17	13,0 17
XS3	11,9 66	11,9 52	11,9 31	11,9 03	11,8 66	4,26 9	4,26 9	4,26 9	4,26 9	4,26 9	4,26 6	4,26 6	4,26 6	4,26 6	4,26 6
TM1	61,8 66	61,7 31	61,5 35	61,2 72	60,9 31	55,7 98	55,6 88	55,5 29	55,3 15	55,0 38	43,1 05	43,0 48	42,9 65	42,8 53	42,7 09
TM2	53,1 52	53,0 34	52,8 64	52,6 35	52,3 39	38,3 03	38,2 4	38,1 48	38,0 23	37,8 63	25,4 43	25,4 28	25,4 06	25,3 76	25,3 38
TM3	29,1 04	29,0 58	28,9 92	28,9 03	28,7 88	11,8 16	11,8 13	11,8 1	11,8 05	11,7 98	10,8 17	10,8 17	10,8 17	10,8 17	10,8 17
TM4	12,2 56	12,2 41	12,2 2	12,1 92	12,1 55	4,49 2	4,49 2	4,49 2	4,49 2	4,49 2	4,48 9	4,48 9	4,48 9	4,48 9	4,48 9
TM5	1,90 9	1,90 7	1,90 3	1,89 8	1,89 2	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 6	0,15 5	0,15 5	0,15 5	0,15 5	0,15 5
TM6	0,64 8	0,64 8	0,64 6	0,64 5	0,64 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 3	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2	0,04 2
MSS 4	56,5 82	56,4 57	56,2 75	56,0 32	55,7 16	45,6 13	45,5 29	45,4 07	45,2 44	45,0 32	32,1 4	32,1 09	32,0 64	32,0 03	31,9 24
MSS 5	37,4 15	37,3 46	37,2 45	37,1 1	36,9 35	15,7 47	15,7 39	15,7 28	15,7 13	15,6 93	13,1 96	13,1 96	13,1 96	13,1 96	13,1 96
MSS 6	15,2 41	15,2 22	15,1 94	15,1 57	15,1 08	7,20 9	7,20 9	7,20 9	7,20 9	7,20 9	7,18 3	7,18 3	7,18 3	7,18 3	7,18 3
MSS 7	9,52 9,52	9,50 5	9,48 5	9,45 8	9,42 3	3,23 3,23	3,23 3,23	3,23 3,23	3,23 3,23	3,23 3,23	3,22 8	3,22 8	3,22 8	3,22 8	3,22 8

Annexe 3

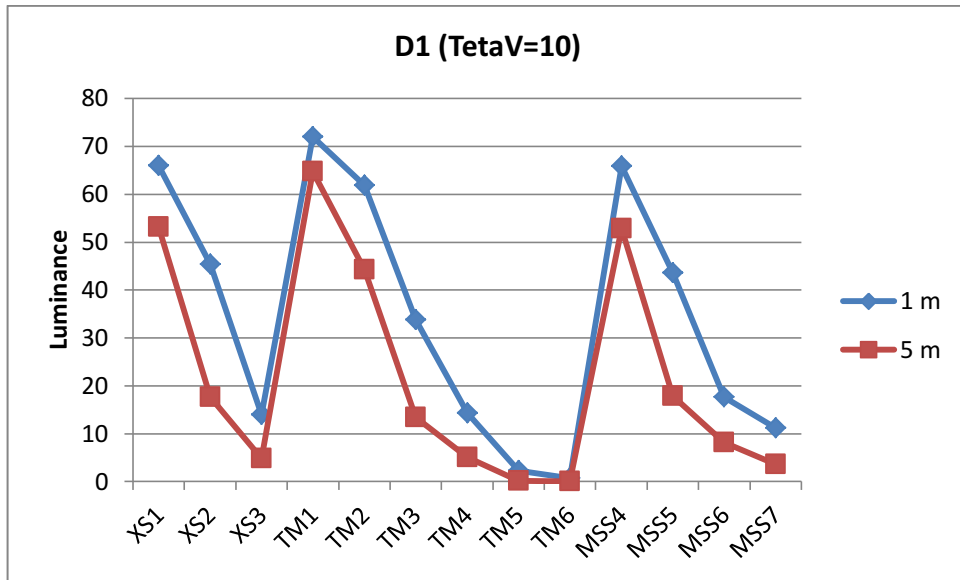


Figure 1 : Variation des valeurs de la luminance dans la station D3 à un TetaV = 10.

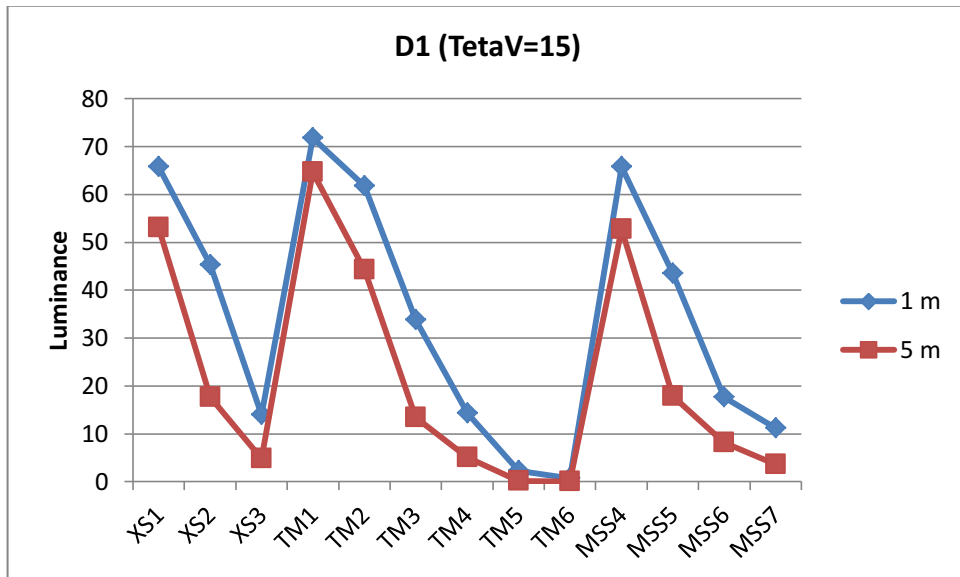


Figure 2 : Variation des valeurs de la luminance dans la station D3 à un TetaV = 10.

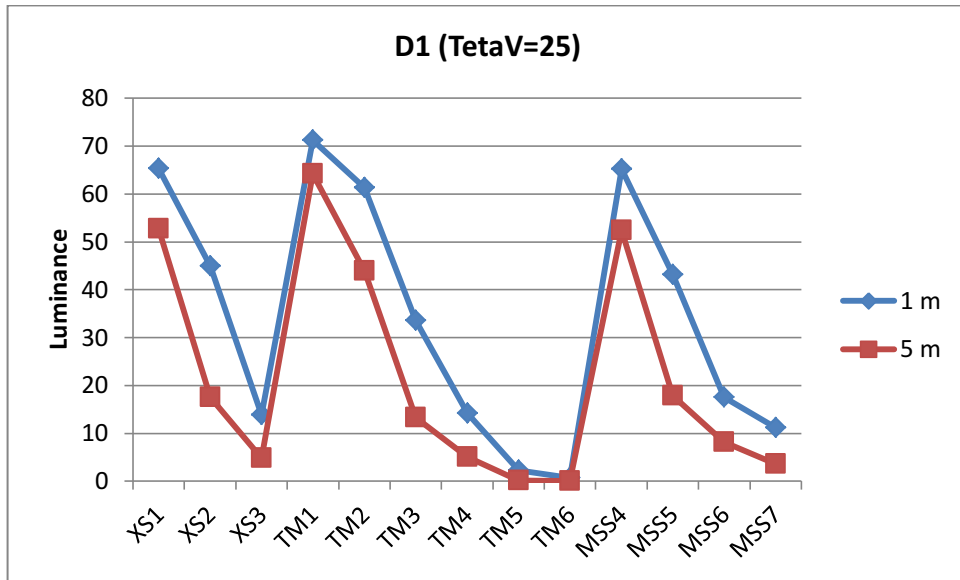


Figure 3 : Variation des valeurs de la luminance dans la station D3 à un TetaV = 10.

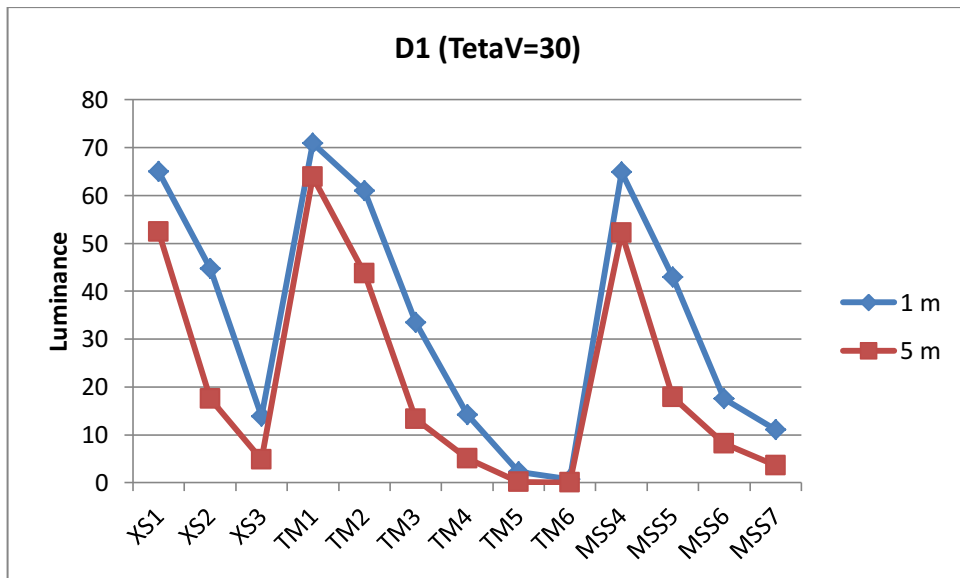


Figure 3 : Variation des valeurs de la luminance dans la station D3 à un TetaV = 10.

Annexe 4

1. Baie d'El Djamila

Tableau 1 : Valeurs du compte numérique et de la réflectance dans la baie d'El Djamila et à 1 mètre.

TetaV= 10	XS1		XS2		XS3		TM1		TM2		TM3		TM4		MSS4		MSS5		MSS6		MSS7	
	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
D1	0,0927 93	81,364 33	0,0870 23	56,139 12	0,1279 36	17,857	0,1058 08	122,03 77	0,0881 83	55,305 97	0,1165 65	43,455 48	0,2721 27	19,379 24	0,0974 48	314,23 12	0,1569 62	312,14 33	0,1830 5	152,67 33	0,1717 11	115,76 73
D2	0,0927 89	81,365 56	0,0870 47	56,131 68	0,1285 06	17,738 2	0,1058 04	122,03 94	0,0881 8	55,306 82	0,1166 67	43,425 7	0,2721 67	19,279 85	0,0974 44	314,23 6	0,1569 86	312,07 84	0,1833 25	151,98 06	0,1724 84	114,07 41
D3	0,0927 89	81,365 56	0,0870 47	56,131 68	0,1285 06	17,738 2	0,1058 04	122,03 94	0,0881 8	55,306 82	0,1166 67	43,425 7	0,2721 67	19,279 85	0,0974 44	314,23 6	0,1569 86	312,07 84	0,1833 25	151,98 06	0,1724 84	114,07 41
D4	0,0931 09	81,261 01	0,0872 86	56,057 28	0,1287 72	17,682 76	0,1061 88	121,87 5	0,0884 68	55,241 01	0,1169 6	43,340 09	0,2721 89	19,228 32	0,0977 67	313,83 35	0,1571 56	311,61 65	0,1835 5	151,41 22	0,1726 58	113,69 31
D5	0,0592 64	92,319 94	0,0745 55	60,015 36	0,1325 15	16,902 64	0,0609 74	141,26 33	0,0608 09	61,548 7	0,1114 4	44,951 76	0,2724 95	18,483 53	0,0633 06	356,77 94	0,1493 07	332,96 87	0,1860 33	145,15 11	0,1751 43	108,25 34
D6	0,0935 42	81,119 56	0,0875 61	55,971 72	0,1289 43	17,647 12	0,1067 42	121,63 74	0,0888 39	55,156 4	0,1172 32	43,260 69	0,2722 03	19,192 73	0,0982 1	313,28 24	0,1573 42	311,11 14	0,1837 08	151,01 25	0,1727 36	113,52 37
D7	0,0937 83	81,040 84	0,0877 25	55,920 88	0,1290 64	17,622 04	0,1070 4	121,50 95	0,0890 49	55,108 53	0,1174 11	43,208 58	0,2722 14	19,166 97	0,0984 56	312,97 57	0,1574 56	310,80 11	0,1838 25	150,71 95	0,1727 98	113,38 62
D8	0,0937 9	81,038 38	0,0877 33	55,918 4	0,1290 51	17,624 68	0,1070 51	121,50 45	0,0890 6	55,105 97	0,1174 15	43,207 34	0,2722 13	19,169 42	0,0984 63	312,96 61	0,1574 58	310,79 39	0,1838 21	150,72 83	0,1727 79	113,42 85
D9	0,0936 32	81,090 04	0,0876 21	55,953 12	0,1289 5	17,645 8	0,1068 54	121,58 92	0,0889 18	55,138 45	0,1172 96	43,242 08	0,2722 04	19,190 28	0,0983 02	313,16 74	0,1573 84	310,99 6	0,1837 33	150,95 04	0,1727 11	113,57 67
D10	0,0937 94	81,037 15	0,0877 33	55,918 4	0,1290 7	17,620 72	0,1070 55	121,50 29	0,0890 6	55,105 97	0,1174 19	43,206 1	0,2722 14	19,165 74	0,0984 67	312,96 13	0,1574 61	310,78 67	0,1838 28	150,71 06	0,1728 03	113,37 56
D11	0,1097 13	75,835 48	0,0994 27	52,282 72	0,1339 58	16,601 68	0,1244 95	114,02 46	0,1041 34	51,668 36	0,1259 14	40,725 94	0,2726 08	18,209 91	0,1147 1	292,71 99	0,1647 98	290,82 72	0,1868 36	143,12 62	0,1759 7	106,44 37
D12	0,0870 71	83,233 93	0,0828 39	57,439 88	0,1267 21	18,110 44	0,0995 13	124,73 7	0,0827 79	56,538 45	0,1135 39	44,338 86	0,2720 22	19,633 23	0,0916 11	321,50 55	0,1543 34	319,29 44	0,1821 66	154,90 24	0,1713 82	116,48 7
D13	0,0847 52	83,991 61	0,0812 39	57,937 12	0,1255 05	18,363 88	0,0966 31	125,97 29	0,0807 36	57,004 26	0,1118 01	44,846 3	0,2719 2	19,882 31	0,0892 46	324,45 25	0,1532 33	322,28 9	0,1810 35	157,75 32	0,1707 82	117,79 93
D14	0,0847 52	83,991 61	0,0812 39	57,937 12	0,1254 86	18,367 84	0,0966 31	125,97 29	0,0807 36	57,004 26	0,1117 97	44,847 54	0,2719 18	19,885 99	0,0892 46	324,45 25	0,1532 3	322,29 62	0,1810 25	157,77 98	0,1707 53	117,86 28
D15	0,0870 63	83,236 39	0,0828 35	57,441 12	0,1267 52	18,103 84	0,0995 02	124,74 2	0,0827 71	56,540 15	0,1135 39	44,338 86	0,2720 25	19,627 09	0,0916 03	321,51 5	0,1543 34	319,29 44	0,1821 83	154,85 8	0,1714 35	116,37 06

TetaV= 20	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
D1	0,0941 63	80,916 61	0,0878 53	55,881 2	0,1281 96	17,802 88	0,1073 34	121,38 33	0,0894 65	55,013 66	0,1171 26	43,291 71	0,2721 48	19,327 7	0,0988 48	312,48 69	0,1574 93	310,70 01	0,1832 44	152,18 48	0,1719 09	115,33 34
D2	0,0941 59	80,917 84	0,0878 76	55,873 76	0,1287 72	17,682 76	0,1073 3	121,38 49	0,0894 61	55,014 51	0,1172 28	43,261 93	0,2721 89	19,228 32	0,0988 44	312,49 17	0,1575 19	310,62 8	0,1835 22	151,48 32	0,1726 82	113,64 02
D3	0,0941 59	80,917 84	0,0878 76	55,873 76	0,1287 72	17,682 76	0,1073 3	121,38 49	0,0894 58	55,015 37	0,1172 28	43,261 93	0,2721 89	19,228 32	0,0988 4	312,49 65	0,1575 17	310,63 52	0,1835 18	151,49 21	0,1726 82	113,64 02
D4	0,0944 75	80,814 52	0,0881 12	55,800 6	0,1290 38	17,627 32	0,1077 1	121,22 21	0,0897 46	54,949 56	0,1175 21	43,176 32	0,2722 1	19,175 56	0,0991 63	312,09 4	0,1576 89	310,16 61	0,1837 47	150,91 48	0,1728 56	113,25 92
D5	0,0601 19	92,040 73	0,0750 17	59,871 52	0,1326 54	16,873 6	0,0619 11	140,86 13	0,0616 19	61,364 08	0,1117 25	44,868 63	0,2725 06	18,457 76	0,0641 79	355,69 16	0,1496 1	332,14 61	0,1861 42	144,87 58	0,1752 69	107,97 82
D6	0,0949 19	80,669 38	0,0883 95	55,712 56	0,1292 09	17,591 68	0,1082 72	120,98 13	0,0901 25	54,863 23	0,1177 97	43,095 67	0,2722 25	19,139 97	0,0996 17	311,52 85	0,1578 77	309,65 38	0,1839 06	150,51 52	0,1729 34	113,08 98
D7	0,0951 6	80,590 66	0,0885 59	55,661 72	0,1293 3	17,566 6	0,1085 74	120,85 17	0,0903 38	54,814 52	0,1179 76	43,043 57	0,2722 35	19,115 43	0,0998 63	311,22 18	0,1579 89	309,35 07	0,1840 22	150,22 21	0,1729 97	112,95 23
D8	0,0951 68	80,588 2	0,0885 66	55,659 24	0,1293 17	17,569 24	0,1085 85	120,84 67	0,0903 46	54,812 81	0,1179 8	43,042 32	0,2722 34	19,117 89	0,0998 71	311,21 22	0,1579 94	309,33 63	0,1840 15	150,23 99	0,1729 77	112,99 46
D9	0,0950 1	80,639 86	0,0884 55	55,693 96	0,1292 16	17,590 36	0,1083 88	120,93 15	0,0902 07	54,844 43	0,1178 57	43,078 3	0,2722 26	19,137 52	0,0997 09	311,41 35	0,1579 17	309,54 56	0,1839 3	150,45 3	0,1729 1	113,14 28
D10	0,0951 72	80,586 97	0,0885 66	55,659 24	0,1293 36	17,565 28	0,1085 89	120,84 51	0,0903 46	54,812 81	0,1179 84	43,041 08	0,2722 36	19,114 21	0,0998 75	311,20 75	0,1579 94	309,33 63	0,1840 25	150,21 32	0,1730 01	112,94 17
D11	0,1109 52	75,430 81	0,1001 85	52,047 12	0,1341 99	16,551 52	0,1258 7	113,43 49	0,1052 92	51,404 26	0,1264 24	40,577 05	0,2726 27	18,162 05	0,1159 75	291,14 34	0,1652 8	289,51 39	0,1870 12	142,68 21	0,1761 49	106,05 21
D12	0,0884 86	82,771 45	0,0836 96	57,173 28	0,1269 93	18,053 68	0,1010 86	124,06 26	0,0841 02	56,236 74	0,1141 17	44,170 12	0,2720 44	19,579 24	0,0930 53	319,70 85	0,1548 83	317,80 07	0,1823 7	154,38 73	0,1715 85	116,04 25
D13	0,0861 49	83,535 28	0,0820 89	57,673	0,1257 77	18,307 12	0,0981 85	125,30 68	0,0820 44	56,705 97	0,1123 75	44,678 81	0,2719 41	19,829 55	0,0906 73	322,67 47	0,1537 77	320,80 97	0,1812 36	157,24 7	0,1709 8	117,36 54
D14	0,0861 49	83,535 28	0,0820 89	57,673	0,1257 58	18,311 08	0,0981 88	125,30 51	0,0820 44	56,705 97	0,1123 71	44,680 05	0,2719 4	19,833 23	0,0906 73	322,67 47	0,1537 77	320,80 97	0,1812 25	157,27 36	0,1709 56	117,41 83
D15	0,0884 79	82,773 91	0,0836 92	57,174 52	0,1270 25	18,047 08	0,1010 78	124,06 59	0,0840 94	56,238 45	0,1141 22	44,168 88	0,2720 47	19,573 1	0,0930 45	319,71 8	0,1548 83	317,80 07	0,1823 84	154,35 18	0,1716 38	115,92 61

TetaV= 30	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
D1	0,0966 66	80,098 66	0,0893 72	55,408 76	0,1286 71	17,703 88	0,1101 16	120,19 06	0,0918	54,481 18	0,1181 54	42,991 46	0,2721 87	19,233 23	0,1013 97	309,30 98	0,1584 66	308,05 18	0,1835 99	151,28 78	0,1722 62	114,56 09
D2	0,0966 62	80,099 89	0,0893 96	55,401 32	0,1292 54	17,582 44	0,1101 12	120,19 23	0,0917 96	54,482 04	0,1182 56	42,961 68	0,2722 28	19,133 84	0,1013 94	309,31 46	0,1584 93	307,97 77	0,1838 77	150,58 62	0,1730 4	112,85 7
D3	0,0966 62	80,099 89	0,0893 96	55,401 32	0,1292 54	17,582 44	0,1101 12	120,19 23	0,0917 96	54,482 04	0,1182 56	42,961 68	0,2722 28	19,133 84	0,1013 94	309,31 46	0,1584 9	307,98 69	0,1838 77	150,58 62	0,1730 4	112,85 7
D4	0,0969 71	79,999 03	0,0896 27	55,329 4	0,1295 19	17,527	0,1104 87	120,03 11	0,0920 77	54,417 93	0,1185 45	42,877 31	0,2722 49	19,081 08	0,1017 13	308,91 69	0,1586 57	307,53 23	0,1841 03	150,01 79	0,1732 14	112,47 6
D5	0,0616 92	91,526 59	0,0758 75	59,604 92	0,1328 95	16,823 44	0,0636 39	140,12 05	0,0631 06	61,024 77	0,1122 6	44,712 31	0,2725 25	18,409 91	0,0657 86	353,68 85	0,1501 69	330,62 35	0,1863 4	144,37 84	0,1754 91	107,49 14

D6	0,0974 3	79,848 97	0,0899 23	55,237 64	0,1296 9	17,491 36	0,1110 68	119,78 2	0,0924 71	54,328 19	0,1188 3	42,794 18	0,2722 64	19,045 49	0,1021 78	308,33 7	0,1588 54	306,99 83	0,1842 61	149,61 82	0,1732 92	112,30 67
D7	0,0976 75	79,769 02	0,0900 86	55,186 8	0,1298 17	17,464 96	0,1113 71	119,65 24	0,0926 88	54,278 62	0,1190 08	42,742 08	0,2722 75	19,019 73	0,1024 28	308,02 56	0,1589 68	306,68 8	0,1843 78	149,32 51	0,1733 59	112,15 85
D8	0,0976 86	79,765 33	0,0900 94	55,184 32	0,1297 98	17,468 92	0,1113 86	119,64 58	0,0926 96	54,276 91	0,1190 08	42,742 08	0,2722 74	19,022 18	0,1024 39	308,01 12	0,1589 7	306,68 08	0,1843 74	149,33 4	0,1733 35	112,21 14
D9	0,0975 24	79,818 22	0,0899 82	55,219 04	0,1296 97	17,490 04	0,1111 81	119,73 38	0,0925 53	54,309 39	0,1188 89	42,776 81	0,2722 65	19,043 04	0,1022 74	308,21 72	0,1588 93	306,89 01	0,1842 9	149,54 72	0,1732 67	112,35 96
D10	0,0976 86	79,765 33	0,0900 94	55,184 32	0,1298 17	17,464 96	0,1113 86	119,64 58	0,0926 96	54,276 91	0,1190 13	42,740 83	0,2722 75	19,018 5	0,1024 39	308,01 12	0,1589 73	306,67 36	0,1843 85	149,30 74	0,1733 59	112,15 85
D11	0,1132 14	74,691 58	0,1015 65	51,618 08	0,1346 42	16,459 12	0,1283 8	112,35 85	0,1074 06	50,922 21	0,1273 63	40,302 86	0,2726 63	18,074 94	0,1182 82	288,26 82	0,1661 66	287,10 38	0,1873 36	141,86 51	0,1764 73	105,34 31
D12	0,0910 69	81,927 67	0,0852 64	56,685 96	0,1274 87	17,950 72	0,1039 6	122,83 01	0,0865 16	55,686 31	0,1151 8	43,859 95	0,2720 84	19,482 31	0,0956 91	316,42 12	0,1558 88	315,06 58	0,1827 36	153,46 37	0,1719 57	115,22 76
D13	0,0887 01	82,701 34	0,0836 45	57,189 4	0,1262 71	18,204 16	0,1010 2	124,09 09	0,0844 28	56,162 38	0,1134 29	44,371 11	0,2719 82	19,731 39	0,0932 76	319,43 05	0,1547 71	318,10 37	0,1816 02	156,32 34	0,1713 48	116,56 11
D14	0,0887 01	82,701 34	0,0836 41	57,190 64	0,1262 52	18,208 12	0,1010 2	124,09 09	0,0844 28	56,162 38	0,1134 25	44,372 35	0,2719 8	19,735 07	0,0932 76	319,43 05	0,1547 71	318,10 37	0,1815 92	156,35 19	0,1713 19	116,62 46
D15	0,0910 61	81,930 13	0,0852 6	56,687 2	0,1275 25	17,942 8	0,1039 52	122,83 34	0,0865 08	55,688 02	0,1151 8	43,859 95	0,2720 87	19,476 17	0,0956 83	316,43 07	0,1558 85	315,07 3	0,1827 54	153,41 93	0,1720 05	115,12 18

Tableau 2 : Valeurs du compte numérique et de la réflectance dans la baie d'El Djamila et à 5 mètres.

TetaV= 10	XS1		XS2		XS3		TM1		TM2		TM3		TM4		MSS4		MSS5		MSS6		MSS7	
	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
D1	0,1410 62	65,592 04	0,1975 71	21,771 28	0,1859 61	5,7614 44	0,1337 37	110,06 12	0,1542 02	40,250 43	0,2034 95	18,074 48	0,2767 88	8,0494 88	0,1475 02	251,85 37	0,2249 98	127,05 29	0,2166 94	67,842 85	0,2083 13	35,649 79
D2	0,1410 58	65,593 27	0,1975 78	21,768 8	0,1860 88	5,7349 12	0,1337 33	110,06 29	0,1541 98	40,251 28	0,2035 33	18,063 31	0,2767 97	8,0276 48	0,1475 02	251,85 37	0,2250 09	127,02 4	0,2167 83	67,616 38	0,2084 85	35,274 1
D3	0,1410 58	65,593 27	0,1975 78	21,768 8	0,1860 88	5,7350 44	0,1337 33	110,06 29	0,1541 98	40,251 28	0,2035 33	18,063 31	0,2767 97	8,0277 7	0,1474 99	251,85 85	0,2250 09	127,02 4	0,2167 83	67,618 16	0,2084 84	35,275 16
D4	0,1415 4	65,435 83	0,1980 97	21,607 6	0,1864 13	5,6671 96	0,1342 29	109,85 03	0,1547 04	40,135 9	0,2040 22	17,920 63	0,2768 24	7,9620 03	0,1479 99	251,23 56	0,2253 53	126,08 6	0,2170 69	66,896 13	0,2086 79	34,849 72
D5	0,1186 04	72,930 22	0,2049 69	19,471 08	0,1969 29	3,4750 72	0,0962 98	126,11 57	0,1412 34	43,207 69	0,2130 26	15,291 59	0,2776 84	5,8719 31	0,1248 15	280,12 65	0,2297 11	114,23 01	0,2243 34	48,577 29	0,2151 76	20,627 23
D6	0,1420 03	65,284 54	0,1984 24	21,505 92	0,1866 06	5,6269 36	0,1347 95	109,60 77	0,1551 16	40,041 88	0,2043 24	17,832 54	0,2768 4	7,9226 16	0,1484 68	250,65 1	0,2255 71	125,49 43	0,2172 4	66,464 52	0,2087 83	34,620 07
D7	0,1423 04	65,186 14	0,1986 87	21,424 08	0,1867 67	5,5935 4	0,1351 32	109,46 32	0,1554 09	39,975 21	0,2045 74	17,759 34	0,2768 54	7,8901 01	0,1487 75	250,26 76	0,2257 49	125,01 08	0,2173 82	66,106 61	0,2088 74	34,422 17
D8	0,1423 19	65,181 22	0,1986 99	21,420 36	0,1867 69	5,5930 12	0,1351 47	109,45 66	0,1554 2	39,972 65	0,2045 83	17,756 86	0,2768 54	7,8893 65	0,1487 91	250,24 84	0,2257 54	124,99 64	0,2173 85	66,098 62	0,2088 72	34,426 4

D9	0,1421 2	65,246 41	0,1985 24	21,474 92	0,1866 59	5,6159 8	0,1349 23	109,55 29	0,1552 29	40,016 24	0,2044 17	17,805 25	0,2768 45	7,9116 96	0,1485 87	250,50 24	0,2256 37	125,31 39	0,2172 88	66,343 73	0,2088 07	34,569 27
D10	0,1423 19	65,181 22	0,1986 99	21,420 36	0,1867 74	5,5919 56	0,1351 47	109,45 66	0,1554 2	39,972 65	0,2045 87	17,755 62	0,2768 54	7,8886 28	0,1487 91	250,24 84	0,2257 56	124,98 91	0,2173 89	66,089 74	0,2088 78	34,412 64
D11	0,1533 9	61,563 79	0,1999 04	21,045 88	0,1865 05	5,6480 56	0,1497 16	103,20 92	0,1639 05	38,037 61	0,2049 74	17,642 71	0,2768 33	7,9412 67	0,1600 04	236,27 5	0,2266 08	122,67 28	0,2172 98	66,317 98	0,2087 6	34,671 92
D12	0,1369 18	66,946 27	0,1968 25	22,003 16	0,1859 73	5,7589 36	0,1283 72	112,36 18	0,1509 45	40,993 16	0,2030 74	18,197 31	0,2767 87	8,0520 65	0,1433 03	257,08 66	0,2244 86	128,44 56	0,2166 32	67,997 38	0,2084 17	35,421 2
D13	0,1339 89	67,903 21	0,1941 96	22,820 32	0,1843 85	6,0899 92	0,1250 99	113,76 55	0,1481 34	41,634 19	0,2006 1	18,916 91	0,2766 54	8,3750 11	0,1403 08	260,81 96	0,2227 35	133,20 82	0,2152 28	71,539 12	0,2075 26	37,372 71
D14	0,1339 89	67,903 21	0,1942	22,819 08	0,1843 81	6,0909 16	0,1251 03	113,76 38	0,1481	41,641 88	0,2006 1	18,916 91	0,2766 54	8,3757 47	0,1403 08	260,81 96	0,2227 35	133,20 82	0,2152 24	71,547 11	0,2075 2	37,385 41
D15	0,1369 06	66,949 96	0,1968 17	22,005 64	0,1859 77	5,7581 44	0,1283 61	112,36 68	0,1509 34	40,995 73	0,2030 7	18,198 55	0,2767 87	8,0515 74	0,1432 92	257,10 1	0,2244 81	128,46	0,2166 34	67,992 94	0,2084 27	35,401 09

TetaV=	20	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
D1	0,1419 88	65,289 46	0,1976 54	21,745 24	0,1859 61	5,7614 44	0,1349 77	109,52 97	0,1548 95	40,092 31	0,2035 29	18,064 55	0,2767 88	8,0494 88	0,1484 41	250,68 45	0,2250 59	126,88 69	0,2166 94	67,841 07	0,2083 13	35,649 79	
D2	0,1419 84	65,290 69	0,1976 62	21,742 76	0,1860 88	5,7349 12	0,1349 73	109,53 13	0,1548 91	40,093 16	0,2035 63	18,054 63	0,2767 97	8,0276 48	0,1484 41	250,68 45	0,2250 67	126,86 53	0,2167 84	67,615 49	0,2084 85	35,274 1	
D3	0,1419 84	65,290 69	0,1976 62	21,742 76	0,1860 88	5,7350 44	0,1349 73	109,53 13	0,1548 91	40,093 16	0,2035 63	18,054 63	0,2767 97	8,0276 48	0,1484 37	250,68 93	0,2250 67	126,86 53	0,2167 83	67,616 38	0,2084 85	35,274 1	
D4	0,1424 66	65,133 25	0,1981 77	21,582 8	0,1864 13	5,6671 96	0,1354 69	109,31 87	0,1553 94	39,978 63	0,2040 52	17,911 95	0,2768 24	7,9620 03	0,1489 33	250,07 11	0,2254 12	125,92 72	0,2170 7	66,894 36	0,2086 79	34,849 72	
D5	0,1191 8	72,742 03	0,2050 17	19,456 2	0,1969 29	3,4750 72	0,0970 57	125,79 02	0,1416 69	43,108 54	0,2130 43	15,286 62	0,2776 84	5,8719 31	0,1254	279,39 82	0,2297 46	114,13 63	0,2243 35	48,576 41	0,2151 76	20,627 23	
D6	0,1429 37	64,979 5	0,1985 08	21,479 88	0,1866 06	5,6269 36	0,1360 42	109,07 29	0,1558 13	39,882 91	0,2043 58	17,822 62	0,2768 4	7,9226 16	0,1494 14	249,47 21	0,2256 29	125,33 55	0,2172 41	66,462 74	0,2087 83	34,620 07	
D7	0,1432 38	64,881 1	0,1987 71	21,398 04	0,1867 67	5,5935 4	0,1363 79	108,92 83	0,1561 06	39,816 24	0,2046 08	17,749 41	0,2768 54	7,8901 01	0,1497 21	249,08 88	0,2258 07	124,85 2	0,2173 83	66,104 84	0,2088 74	34,422 17	
D8	0,1432 49	64,877 41	0,1987 83	21,394 32	0,1867 69	5,5930 12	0,1363 95	108,92 17	0,1561 17	39,813 68	0,2046 17	17,746 93	0,2768 54	7,8893 65	0,1497 33	249,07 44	0,2258 15	124,83 04	0,2173 86	66,096 84	0,2088 72	34,426 4	
D9	0,1430 5	64,942 6	0,1986 08	21,448 88	0,1866 59	5,6159 8	0,1361 7	109,01 8	0,1559 26	39,857 27	0,2044 51	17,795 32	0,2768 45	7,9116 96	0,1495 29	249,32 84	0,2256 98	125,14 79	0,2172 89	66,341 96	0,2088 07	34,569 27	
D10	0,1432 53	64,876 18	0,1987 83	21,394 32	0,1867 74	5,5919 56	0,1363 95	108,92 17	0,1561 21	39,812 82	0,2046 17	17,746 93	0,2768 54	7,8885 06	0,1497 37	249,06 96	0,2258 15	124,83 04	0,2173 9	66,087 96	0,2088 78	34,412 64	
D11	0,1542 26	61,290 73	0,1999 8	21,022 32	0,1865 05	5,6480 56	0,1508 36	102,72 91	0,1645 31	37,894 87	0,2049 99	17,635 27	0,2768 33	7,9412 67	0,1608 49	235,22 07	0,2266 64	122,52 13	0,2172 99	66,316 2	0,2087 6	34,671 92	
D12	0,1378 74	66,633 85	0,1969 08	21,977 12	0,1859 73	5,7589 36	0,1296 51	111,81 37	0,1516 61	40,829 91	0,2031 08	18,187 38	0,2767 87	8,0520 65	0,1442 72	255,87 9	0,2245 47	128,27 96	0,2166 33	67,995 6	0,2084 17	35,421 2	
D13	0,1349 34	67,594 48	0,1942 84	22,793 04	0,1843 85	6,0899 92	0,1263 62	113,22 39	0,1488 05	41,481 2	0,2006 44	18,906 99	0,2766 54	8,3748 89	0,1412 65	259,62 64	0,2227 99	133,03 5	0,2152 28	71,537 34	0,2075 26	37,372 71	
D14	0,1349 34	67,594 48	0,1942 84	22,793 04	0,1843 81	6,0909 16	0,1263 66	113,22 23	0,1488 09	41,480 34	0,2006 39	18,908 23	0,2766 54	8,3757 47	0,1412 65	259,62 64	0,2227 99	133,03 5	0,2152 25	71,545 34	0,2075 2	37,385 41	

D15	0,1378 66	66,636 31	0,1969	21,979 6	0,1859 77	5,7581 44	0,1296 43	111,81 7	0,1516 5	40,832 48	0,2031	18,189 86	0,2767 87	8,0515 74	0,1442 65	255,88 86	0,2245 44	128,28 68	0,2166 35	67,991 16	0,2084 27	35,401 09
TetaV= 30	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
D1	0,1436 78	64,737 19	0,1978 06	21,698 12	0,1859 61	5,7614 44	0,1372 39	108,55 96	0,1561 62	39,803 42	0,2035 84	18,048 42	0,2767 88	8,0494 88	0,1501 56	248,54 73	0,2251 68	126,59 11	0,2166 95	67,838 41	0,2083 13	35,649 79
D2	0,1436 78	64,737 19	0,1978 14	21,695 64	0,1860 88	5,7349 12	0,1372 35	108,56 12	0,1561 58	39,804 27	0,2036 22	18,037 26	0,2767 97	8,0275 25	0,1501 52	248,55 21	0,2251 78	126,56 22	0,2167 85	67,611 94	0,2084 85	35,274 1
D3	0,1436 75	64,738 42	0,1978 14	21,695 64	0,1860 88	5,7349 12	0,1372 35	108,56 12	0,1561 58	39,804 27	0,2036 22	18,037 26	0,2767 97	8,0276 48	0,1501 52	248,55 21	0,2251 76	126,56 94	0,2167 85	67,612 83	0,2084 85	35,274 1
D4	0,1441 56	64,580 98	0,1983 28	21,535 68	0,1864 14	5,6670 64	0,1377 23	108,35 19	0,1566 57	39,690 6	0,2041 11	17,894 58	0,2768 24	7,9620 03	0,1506 4	247,94 35	0,2255 2	125,63 14	0,2170 71	66,891 69	0,2086 79	34,848 66
D5	0,1202 42	72,395 17	0,2051 05	19,428 92	0,1969 3	3,4749 4	0,0984 63	125,18 72	0,1424 71	42,925 64	0,2130 73	15,277 94	0,2776 84	5,8719 31	0,1264 73	278,06 12	0,2298 12	113,95 59	0,2243 35	48,574 63	0,2151 76	20,627 23
D6	0,1446 34	64,424 77	0,1986 59	21,432 76	0,1866 07	5,6268 04	0,1383 12	108,09 95	0,1570 84	39,593 16	0,2044 17	17,805 25	0,2768 4	7,9226 16	0,1511 32	247,33 01	0,2257 41	125,03 24	0,2172 42	66,459 19	0,2087 84	34,619 01
D7	0,1449 39	64,325 14	0,1989 23	21,350 92	0,1867 67	5,5935 4	0,1386 57	107,95 16	0,1573 8	39,525 64	0,2046 63	17,733 29	0,2768 54	7,8899 78	0,1514 44	246,94 19	0,2259 18	124,54 9	0,2173 84	66,101 28	0,2088 74	34,422 17
D8	0,1449 51	64,321 45	0,1989 35	21,347 2	0,1867 69	5,5930 12	0,1386 68	107,94 66	0,1573 91	39,523 08	0,2046 76	17,729 56	0,2768 54	7,8893 65	0,1514 55	246,92 76	0,2259 24	124,53 45	0,2173 87	66,094 18	0,2088 72	34,425 34
D9	0,1447 51	64,386 64	0,1987 59	21,401 76	0,1866 59	5,6159 8	0,1384 44	108,04 3	0,1571 96	39,567 52	0,2045 06	17,779 19	0,2768 45	7,9116 96	0,1512 48	247,18 63	0,2258 07	124,85 2	0,2172 9	66,338 41	0,2088 07	34,569 27
D10	0,1449 54	64,320 22	0,1989 35	21,347 2	0,1867 74	5,5919 56	0,1386 72	107,94 5	0,1573 91	39,523 08	0,2046 76	17,729 56	0,2768 54	7,8885 06	0,1514 55	246,92 76	0,2259 26	124,52 73	0,2173 91	66,085 3	0,2088 78	34,412 64
D11	0,1557 54	60,791 35	0,2001 15	20,980 16	0,1865 06	5,6479 24	0,1528 77	101,85 37	0,1656 78	37,633 34	0,2050 54	17,619 14	0,2768 33	7,9412 67	0,1623 99	233,28 95	0,2267 62	122,25 43	0,2173	66,313 54	0,2087 6	34,670 87
D12	0,1396 2	66,063 13	0,1970 64	21,928 76	0,1859 73	5,7589 36	0,1319 9	110,81 04	0,1529 69	40,531 62	0,2031 68	18,170 01	0,2767 87	8,0520 65	0,1460 41	253,67 47	0,2246 61	127,96 93	0,2166 34	67,992 94	0,2084 18	35,420 14
D13	0,1366 58	67,031 14	0,1944 35	22,745 92	0,1843 85	6,0899 92	0,1286 7	112,23 39	0,1500 98	41,186 32	0,2007 03	18,889 62	0,2766 54	8,3748 89	0,1430 11	257,45 08	0,2229 1	132,73 19	0,2152 29	71,534 68	0,2075 26	37,371 65
D14	0,1366 62	67,029 91	0,1944 39	22,744 68	0,1843 81	6,0907 84	0,1286 7	112,23 39	0,1500 98	41,186 32	0,2006 99	18,890 86	0,2766 54	8,3756 25	0,1430 11	257,45 08	0,2229 1	132,73 19	0,2152 27	71,541 78	0,2075 2	37,385 41
D15	0,1396 13	66,065 59	0,1970 56	21,931 24	0,1859 77	5,7581 44	0,1319 79	110,81 54	0,1529 58	40,534 19	0,2031 63	18,171 25	0,2767 87	8,0514 51	0,1460 34	253,68 43	0,2246 56	127,98 38	0,2166 36	67,987 61	0,2084 27	35,401 09

Tableau 3 : Valeurs du compte numérique et de la réflectance dans la baie d'El Djamila et à 15 mètres.

TetaV= 10	XS1		XS2		XS3		TM1		TM2		TM3		TM4		MSS4		MSS5		MSS6		MSS7	
	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
D3	0,1900 732	49,57 744	0,2092 7301	18,13 312	0,1861 1128	5,73 016	0,1778 3141	91,152 9125	0,2023 4313	29,271 8056	0,2085 432	16,600 526	0,2767 9887	8,023 353	0,1970 5292	190,10 4032	0,2329 5261	105,41 2128	0,2168 9464	67,335 742	0,2084 9966	35,241 29
D5	0,1794 0896	53,06 203	0,2188 137	15,16 704	0,1969 5218	3,47 032	0,1520 2879	102,21 75	0,2003 83	29,718 8137	0,2189 1173	13,573 218	0,2776 8587	5,867 514	0,1862 6303	203,55 0384	0,2391 6201	88,519 472	0,2244 6386	48,250 473	0,2151 9123	20,594 418

D6	0,1912 2508	49,20 106	0,2101 5448	17,85 908	0,1866 3053	5,62 192	0,1790 9036	90,613 055	0,2034 5625	29,017 9597	0,2093 5058	16,364 793	0,2768 4229	7,917 831	0,1982 2958	188,63 768	0,2335 4146	103,81 0176	0,2173 5253	66,181 212	0,2087 9943	34,585 144
D7	0,1915 9021	49,08 175	0,2104 297	17,77 352	0,1867 8883	5,58 892	0,1794 8935	90,441 9617	0,2038 0855	28,937 6179	0,2096 0555	16,290 351	0,2768 5541	7,885 929	0,1986 0257	188,17 2856	0,2337 2713	103,30 5056	0,2174 9342	65,825 972	0,2088 8646	34,394 65
D8	0,1916 0527	49,07 683	0,2104 4166	17,76 98	0,1867 8883	5,58 892	0,1795 0484	90,435 3173	0,2038 2354	28,934 1991	0,2096 1405	16,287 8696	0,2768 5592	7,884 702	0,1986 1795	188,15 3688	0,2337 3508	103,28 3408	0,2174 9694	65,817 091	0,2088 8646	34,394 65
D10	0,1916 0527	49,07 683	0,2104 4166	17,76 98	0,1867 9517	5,58 76	0,1795 0871	90,433 6562	0,2038 2354	28,934 1991	0,2096 1405	16,287 8696	0,2768 5592	7,884 702	0,1986 218	188,14 8896	0,2337 3508	103,28 3408	0,2175 0046	65,808 21	0,2088 913	34,384 067
D11	0,1977 1095	47,08 177	0,2105 2941	17,74 252	0,1865 2288	5,64 436	0,1895 4543	86,129 7461	0,2074 6646	28,103 4307	0,2095 2906	16,312 6836	0,2768 3421	7,937 463	0,2048 1272	180,43 3776	0,2338 2262	103,04 528	0,2174 0184	66,056 878	0,2087 7526	34,638 059

TetaV =20	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
D3	0,1905 3245	49,42 738	0,2092 7301	18,13 312	0,1861 1128	5,73 016	0,1786 2164	90,814 0481	0,2025 9424	29,214 5407	0,2085 432	16,600 526	0,2767 9887	8,023 353	0,1975 2205	189,51 9408	0,2329 5526	105,40 4912	0,2168 9464	67,335 742	0,2084 9966	35,241 29
D5	0,1796 9505	52,96 855	0,2188 137	15,16 704	0,1969 5218	3,47 032	0,1525 1688	102,00 8201	0,2005 4041	29,682 9163	0,2189 1173	13,573 218	0,2776 8587	5,867 514	0,1865 5143	203,19 0984	0,2391 6201	88,519 472	0,2244 6386	48,250 473	0,2151 9123	20,594 418
D6	0,1916 8808	49,04 977	0,2101 5448	17,85 908	0,1866 3053	5,62 192	0,1797 3145	90,338 143	0,2037 0735	28,960 6948	0,2093 5058	16,364 793	0,2768 4229	7,917 831	0,1986 9871	188,05 3056	0,2335 4411	103,80 296	0,2173 5253	66,181 212	0,2087 9943	34,585 144
D7	0,1920 5322	48,93 046	0,2104 297	17,77 352	0,1867 8883	5,58 892	0,1802 8732	90,099 7751	0,2040 5965	28,880 353	0,2096 0555	16,290 351	0,2768 5541	7,885 929	0,1990 717	187,58 8232	0,2337 2713	103,30 5056	0,2174 9342	65,825 972	0,2088 8646	34,394 65
D8	0,1920 6828	48,92 554	0,2104 4166	17,76 98	0,1867 8883	5,58 892	0,1803 0282	90,093 1307	0,2040 7464	28,876 9342	0,2096 1405	16,287 8696	0,2768 5592	7,884 702	0,1990 8708	187,56 9064	0,2337 3508	103,28 3408	0,2174 9694	65,817 091	0,2088 8646	34,394 65
D10	0,1920 6828	48,92 554	0,2104 4166	17,76 98	0,1867 9517	5,58 76	0,1803 0282	90,093 1307	0,2040 7464	28,876 9342	0,2096 1405	16,287 8696	0,2768 5592	7,884 702	0,1990 9093	187,56 4272	0,2337 3774	103,27 6192	0,2175 0046	65,808 21	0,2088 913	34,384 067
D11	0,1981 2879	46,94 524	0,2105 2941	17,74 252	0,1865 2288	5,64 436	0,1902 5819	85,824 1037	0,2076 9508	28,051 294	0,2095 2906	16,312 6836	0,2768 3421	7,937 463	0,2052 357	179,90 6656	0,2338 2262	103,04 528	0,2174 0184	66,056 878	0,2087 7526	34,638 059

TetaV =30	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
D3	0,1913 7188	49,15 309	0,2092 7301	18,13 312	0,1861 1128	5,73 016	0,1800 6652	90,194 4578	0,2030 5148	29,110 2673	0,2085 432	16,600 526	0,2767 9887	8,023 353	0,1983 757	188,45 5584	0,2329 5526	105,40 4912	0,2168 9464	67,335 742	0,2084 9966	35,241 29
D5	0,1802 1829	52,79 758	0,2188 1769	15,16 58	0,1969 5218	3,47 032	0,1534 117	101,62 4487	0,2008 29	29,617 1044	0,2189 1173	13,573 218	0,2776 8587	5,867 514	0,1870 8208	202,52 9688	0,2391 6201	88,519 472	0,2244 6386	48,250 473	0,2151 9123	20,594 418
D6	0,1925 3129	48,77 425	0,2101 5448	17,85 908	0,1866 3053	5,62 192	0,1813 3709	89,649 617	0,2041 6834	28,855 5667	0,2093 5058	16,364 793	0,2768 4229	7,917 831	0,1995 5621	186,98 444	0,2335 4411	103,80 296	0,2173 5253	66,181 212	0,2087 9943	34,585 144
D7	0,1928 9642	48,65 494	0,2104 297	17,77 352	0,1867 8883	5,58 892	0,1817 3996	89,476 8626	0,2045 2064	28,775 2249	0,2096 0555	16,290 351	0,2768 5541	7,885 929	0,1999 292	186,51 9616	0,2337 2713	103,30 5056	0,2174 9342	65,825 972	0,2088 8646	34,394 65
D8	0,1929 1148	48,65 002	0,2104 4166	17,76 98	0,1867 8883	5,58 892	0,1817 5545	89,470 2182	0,2045 3563	28,771 8061	0,2096 1405	16,287 8696	0,2768 5592	7,884 702	0,1999 4458	186,50 0448	0,2337 3508	103,28 3408	0,2174 9694	65,817 091	0,2088 8646	34,394 65
D10	0,1929 1524	48,64 879	0,2104 4166	17,76 98	0,1867 9517	5,58 76	0,1817 5545	89,470 2182	0,2045 3563	28,771 8061	0,2096 1405	16,287 8696	0,2768 5592	7,884 702	0,1999 4843	186,49 5656	0,2337 3774	103,27 6192	0,2175 0046	65,808 21	0,2088 913	34,384 067
D11	0,1988 8541	46,69 801	0,2105 2941	17,74 252	0,1865 2288	5,64 436	0,1915 5975	85,265 9741	0,2081 0734	27,957 277	0,2095 2906	16,312 6836	0,2768 3421	7,937 463	0,2060 0476	178,94 8256	0,2338 2262	103,04 528	0,2174 0184	66,056 878	0,2087 7526	34,638 059

2. Baie d'Alger

Tableau 1 : Valeurs du compte numérique et de la réflectance dans la baie d'Alger et à 1 mètre.

	XS1		XS2		XS3		TM1		TM2		TM3		TM4		MSS4		MSS5		MSS6		MSS7	
TetaV=	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
10	0,0788	85,926	0,0767	59,318	0,1213	19,224	0,0894	129,06	0,0754	58,209	0,1067	46,312	0,2715	20,711	0,0832	331,97	0,1501	330,64	0,1774	166,68	0,1682	123,31
B1	31	4	96	48	76	52	3	09	52	38	79	81	78	76	13	12	61	51	92	75	63	3
B2	0,0788	85,925	0,0764	59,427	0,1214	19,200	0,0894	129,05	0,0754	58,208	0,1068	46,305	0,2715	20,692	0,0832	331,96	0,1501	330,62	0,1775	166,54	0,1684	123,00
B3	35	17	45	6	9	76	34	92	56	53	04	37	86	13	17	64	69	35	48	54	03	61
B3	0,0757	86,919	0,0741	60,144	0,1185	19,810	0,0856	130,67	0,0727	58,819	0,1035	47,269	0,2713	21,279	0,0801	335,82	0,1483	335,63	0,1750	172,75	0,1666	126,83
B4	93	01	4	32	65	6	69	38	76	64	02	39	45	86	18	88	29	14	86	32	53	72
B4	0,1207	72,245	0,1069	49,947	0,1352	16,328	0,1364	108,91	0,1145	49,289	0,1301	39,496	0,2727	17,962	0,1259	278,75	0,1693	278,46	0,1870	142,54	0,1768	104,61
B5	01	11	38	8	69	44	14	34	65	73	25	4	1	05	19	12	41	62	65	89	07	29
B5	0,0707	88,578	0,0687	61,828	0,1133	20,902	0,0804	132,92	0,0677	59,966	0,0970	49,150	0,2709	22,346	0,0749	342,28	0,1445	345,79	0,1705	184,17	0,1639	132,70
B6	15	28	23	24	28	24	24	29	46	65	6	29	06	12	38	36	94	15	57	42	75	01
B6	0,0788	85,926	0,0767	59,320	0,1211	19,262	0,0894	129,06	0,0754	58,209	0,1067	46,322	0,2715	20,743	0,0832	331,97	0,1501	330,66	0,1774	166,91	0,1680	123,86
B7	31	4	88	96	92	8	3	09	52	38	45	74	65	66	13	12	54	68	0,1774	84	12	33
B7	0,0754	87,044	0,0738	60,224	0,1186	19,786	0,0854	130,78	0,0723	58,924	0,1033	47,301	0,2713	21,259	0,0797	336,32	0,1481	336,11	0,1751	172,64	0,1668	126,50
B7	09	47	81	92	79	84	21	01	15	77	92	65	53	22	23	51	49	28	66	03	91	
B8	0,1235	71,315	0,1093	49,193	0,1374	15,863	0,1397	107,48	0,1171	48,694	0,1329	38,675	0,2728	17,508	0,1288	275,13	0,1710	273,91	0,1890	137,61	0,1780	101,99
B8	47	23	63	88	98	8	49	32	77	01	38	06	96	06	22	33	15	29	23	11	01	89
B9	0,0707	88,578	0,0687	61,823	0,1136	20,834	0,0804	132,92	0,0677	59,966	0,0971	49,132	0,2709	22,292	0,0749	342,28	0,1446	345,74	0,1707	183,77	0,1643	131,82
B9	15	28	39	28	51	92	2	46	46	65	2	92	28	14	34	84	1	82	15	45	76	17
B10	0,0788	85,923	0,0768	59,317	0,1213	19,227	0,0894	129,05	0,0754	58,207	0,1067	46,311	0,2715	20,714	0,0832	331,96	0,1501	330,63	0,1774	166,69	0,1682	123,36
B10	38	94	24	63	16	38	76	59	67	83	57	77	21	17	64	64	79	88	64	39	59	
20	0,0801	85,487	0,0776	59,061	0,1216	19,169	0,0909	128,42	0,0767	57,922	0,1073	46,149	0,2716	20,659	0,0845	330,26	0,1506	329,20	0,1776	166,19	0,1684	122,88
B1	75	29	22	8	42	08	18	3	11	2	4	04	0,2716	20,659	86	04	92	19	85	9	57	97
B2	0,0801	85,486	0,0776	59,059	0,1217	19,146	0,0909	128,41	0,0767	57,921	0,1073	46,141	0,2716	20,640	0,0845	330,25	0,1506	329,18	0,1777	166,05	0,1686	122,57
B2	78	06	3	32	5	64	25	97	15	35	65	59	08	59	9	57	97	75	42	69	02	22
B3	0,0771	86,487	0,0749	59,888	0,1188	19,756	0,0871	130,05	0,0740	58,536	0,1040	47,108	0,2713	21,228	0,0814	334,15	0,1488	334,20	0,1752	172,27	0,1668	126,41
B3	14	28	61	88	24	48	21	09	16	73	55	1	66	33	63	16	54	26	76	36	47	38
B4	0,1217	71,892	0,1076	49,739	0,1354	16,283	0,1376	108,40	0,1155	49,058	0,1305	39,363	0,2727	17,920	0,1270	277,37	0,1697	277,29	0,1872	142,15	0,1769	104,26
B4	81	1	08	48	85	56	11	01	8	11	8	65	27	34	22	59	71	72	2	82	66	36
B5	0,0719	88,177	0,0694	61,587	0,1135	20,849	0,0817	132,34	0,0689	59,703	0,0975	48,995	0,2709	22,297	0,0761	340,72	0,1450	344,44	0,1707	183,71	0,1641	132,30
B5	42	3	97	68	81	44	72	49	01	4	91	2	26	04	88	62	87	93	4	24	54	86
B6	0,0801	85,486	0,0776	59,064	0,1214	19,208	0,0909	128,42	0,0767	57,922	0,1073	46,158	0,2715	20,692	0,0845	330,26	0,1506	329,23	0,1775	166,42	0,1682	123,44
B6	78	06	14	28	52	68	21	14	11	2	06	96	86	13	86	04	81	08	94	99	05	123,44
B7	0,0767	86,617	0,0746	59,973	0,1189	19,732	0,0868	130,16	0,0735	58,646	0,1039	47,140	0,2713	21,208	0,0810	334,65	0,1486	334,70	0,1753	172,16	0,1669	126,09
B7	15	66	9	2	38	72	66	05	37	14	44	36	74	7	56	95	68	77	19	71	92	63

B8	0,1246 65	70,949 92	0,1100 49	48,980 6	0,1377 13	15,818 92	0,1409 85	106,95 33	0,1144 75	49,310 25	0,1334 01	38,539 82	0,2729 14	17,465 12	0,1299 6	273,71 48	0,1714 53	272,72 23	0,1891 85	137,20 26	0,1781 6	101,64 96
B9	0,0719 42	88,177 3	0,0695 13	61,582 72	0,1138 98	20,783 44	0,0789 67	133,54 75	0,0689 01	59,703 4	0,0976 51	48,977 83	0,2709 49	22,241 83	0,0761 88	340,72 62	0,1451 03	344,40 6	0,1709 02	183,30 38	0,1645 98	131,33 49
B10	0,0801 82	85,484 83	0,0776 26	59,060 56	0,1216 23	19,173 04	0,0909 29	128,41 8	0,0774 68	57,749 55	0,1073 38	46,149 41	0,2715 99	20,662 68	0,0845 9	330,25 57	0,1506 95	329,19 47	0,1776 82	166,20 79	0,1684 32	122,94 26
TetaV= 30	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B1	0,0826 29	84,685 33	0,0791 33	58,591 84	0,1221 23	19,068 76	0,0936 37	127,25 69	0,0790 09	57,398 27	0,1083 64	45,850 03	0,2716 39	20,564 52	0,0870 89	327,14 09	0,1516 57	326,57 53	0,1780 41	165,30 21	0,1688 1	122,11 71
B2	0,0826 33	84,684 1	0,0791 41	58,589 36	0,1222 31	19,046 32	0,0936 41	127,25 53	0,0790 12	57,397 42	0,1083 89	45,842 58	0,2716 47	20,544 89	0,0870 93	327,13 61	0,1516 65	326,55 37	0,1780 98	165,16 165,16	0,1689 55	121,79 96
B3	0,0795 23	85,700 08	0,0764 61	59,422 64	0,1192 93	19,658 8	0,0897 71	128,91 47	0,0762 84	58,019 64	0,1050 75	46,810 33	0,2714 04	21,135 08	0,0839 24	331,08 47	0,1498 14	331,59 04	0,1756 25	171,39 44	0,1671 9	125,66 24
B4	0,1199 97	72,475 12	0,1088 36	49,357 56	0,1358 71	16,203 04	0,1397 96	107,46 33	0,1174 35	48,635 03	0,1314 12	39,120 47	0,2727 59	17,843 03	0,1290 41	274,86 01	0,1705 56	275,16 13	0,1875 09	141,42 99	0,1772 51	103,63 92
B5	0,0741 82	87,445 45	0,0709 13	61,147 48	0,1140 37	20,754 4	0,0842 32	131,29 01	0,0710 07	59,223 06	0,0985 56	48,713 56	0,2709 63	22,207 47	0,0784 72	337,87 97	0,1459 92	341,98 87	0,1710 74	182,86 87	0,1644 87	131,57 83
B6	0,0826 29	84,685 33	0,0791 26	58,594 32	0,1219 33	19,108 36	0,0936 37	127,25 69	0,0790 09	57,398 27	0,1083 3	45,859 95	0,2716 25	20,597 65	0,0870 89	327,14 09	0,1516 49	326,59 7	0,1779 5	165,53 3	0,1685 58	122,66 75
B7	0,0790 98	85,839 07	0,0761 7	59,513 16	0,1194 13	19,633 72	0,0895 1	129,03 1	0,0757 74	58,135 88	0,1049 47	46,847 55	0,2714 12	21,115 44	0,0834 86	331,63 1	0,1496 15	332,13 16	0,1756 67	171,28 78	0,1673 4	125,33 44
B8	0,1266 98	70,285 72	0,1113 05	48,59 12	0,1381 76	15,735 39	0,1432 65	105,98 65	0,1201 26	48,021 36	0,1342 55	38,290 44	0,2729 46	17,387 82	0,1281 91	275,91 92	0,1722 54	270,54 31	0,1894 78	136,46 54	0,1784 55	101,00 41
B9	0,0704 14	88,676 68	0,0709 29	61,142 52	0,1143 6	20,687 08	0,0842 28	131,29 17	0,0710 03	59,223 91	0,0986 16	48,696 19	0,2709 86	22,151 03	0,0784 72	337,87 97	0,1460 08	341,94 54	0,1712 36	182,46 01	0,1648 88	130,7
B10	0,0826 37	84,682 87	0,0791 37	58,590 6	0,1221 04	19,072 72	0,0936 45	127,25 36	0,0790 16	57,396 56	0,1083 68	45,848 79	0,2716 38	20,566 97	0,0870 97	327,13 13	0,1516 6	326,56 81	0,1780 34	165,31 98	0,1687 85	122,17 01

Tableau 2 : Valeurs du compte numérique et de la réflectance dans la baie d'Alger et à 5 mètres.

TetaV =10	XS1		XS2		XS3		TM1		TM2		TM3		TM4		MSS4		MSS5		MSS6		MSS7	
	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B1	0,1262 7222	70,42 471	0,1867 2554	25,14 284	0,1795 7634	7,092 4	0,1167 4339	117,34 846	0,1404 3599	43,389 7402	0,1934 8758	20,996 3261	0,2762 5415	9,347 286	0,1324 0971	270,66 2344	0,2177 6199	146,73 816	0,2110 5835	82,051 559	0,2047 2357	43,50 6613
B2	0,1262 7598	70,42 348	0,1867 3352	25,14 036	0,1796 08	7,085 8	0,1167 4727	117,34 6798	0,1404 3974	43,388 8855	0,1935 0033	20,992 604	0,2762 5668	9,341 151	0,1324 1355	270,65 7552	0,2177 6729	146,72 3728	0,2110 8301	81,989 392	0,2047 6225	43,42 1949
B3	0,1218 2282	71,87 857	0,1816 6802	26,71 516	0,1761 2523	7,811 8	0,1121 1046	119,33 5135	0,1358 6735	44,431 6195	0,1885 5403	22,436 7788	0,2759 6741	10,04 4222	0,1278 4919	276,34 5656	0,2144 0928	155,85 9184	0,2081 2788	89,440 551	0,2027 364	47,85 6226
B4	0,1589 6886	59,74 093	0,1962 6623	22,17 676	0,1830 0845	6,376 96	0,1583 7389	99,496 6178	0,1670 383	37,323 0796	0,2007 5405	18,874 7291	0,2765 4342	8,644 215	0,1656 0612	229,29 3008	0,2242 5786	129,06 6176	0,2144 7841	73,428 108	0,2067 204	39,13 5834
B5	0,1141 7378	74,37 793	0,1718 3217	29,77 3	0,1692 7368	9,240 04	0,1051 7657	122,30 8504	0,1274 6465	46,347 8569	0,1789 249	25,248 205	0,2753 9694	11,43 0732	0,1200 0095	286,12 6128	0,2078 975	173,57 4464	0,2024 2895	103,81 0009	0,1988 8295	56,29 0877

B6	0,1262 7222	70,42 471	0,1867 2155	25,14 408	0,1795 2568	7,102 96	0,1167 4339	117,34 846	0,1404 3599	43,389 7402	0,1934 7483	21,000 0482	0,2762 5062	9,355 875	0,1324 0971	270,66 2344	0,2177 5668	146,75 2592	0,2110 2313	82,140 369	0,2046 5588	43,65 4775
B7	0,1215 4427	71,96 959	0,1815 8824	26,73 996	0,1761 6259	7,804 012	0,1118 9741	119,42 6496	0,1355 7127	44,499 1408	0,1885 2854	22,444 223	0,2759 6993	10,03 8087	0,1275 6464	276,70 0264	0,2143 4827	156,02 5152	0,2081 4901	89,387 265	0,2027 7992	47,76 0979
B8	0,1629 0254	58,45 558	0,2005 6593	20,84 004	0,1858 4532	5,785 6	0,1624 1027	97,765 7516	0,1710 8973	36,399 1489	0,2048 8022	17,670 0094	0,2767 7969	8,069 979	0,1696 3599	224,27 0992	0,2270 9598	121,34 5056	0,2168 9464	67,335 742	0,2083 3044	35,61 1695
B9	0,1141 7002	74,37 916	0,1718 4015	29,77 052	0,1693 8133	9,217 6	0,1051 7657	122,30 8504	0,1274 609	46,348 7116	0,1789 5464	25,239 5201	0,2754 0451	11,41 2327	0,1199 971	286,13 092	0,2079 0546	173,55 2816	0,2025 0292	103,62 3508	0,1990 1833	55,99 4553
B10	0,1262 7975	70,42 225	0,1867 3352	25,14 036	0,1795 7634	7,092 4	0,1167 5114	117,34 5137	0,1404 4348	43,388 0308	0,1934 9183	20,995 0854	0,2762 5415	9,347 286	0,1324 174	270,65 276	0,2177 6729	146,72 3728	0,2110 5835	82,051 559	0,2047 1873	43,51 7196

TetaV =20	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B1	0,1271 7941	70,12 828	0,1868 093	25,11 68	0,1795 7634	7,092 4	0,1179 5586	116,82 8535	0,1412 5302	43,203 4156	0,1935 1733	20,987 6412	0,2762 5415	9,347 286	0,1333 2873	269,51 7056	0,2178 2034	146,57 9408	0,2110 5835	82,051 559	0,2047 2357	43,50 6613
B2	0,1271 8694	70,12 582	0,1868 1728	25,11 432	0,1796 08	7,085 8	0,1179 5973	116,82 6874	0,1411 2185	43,233 3301	0,1935 3008	20,983 9191	0,2762 5668	9,341 151	0,1333 3258	269,51 2264	0,2178 2565	146,56 4976	0,2110 8301	81,989 392	0,2047 6225	43,42 1949
B3	0,1227 112	71,58 829	0,1817 5178	26,68 912	0,1761 2523	7,811 8	0,1132 8807	118,83 0161	0,1365 3822	44,278 6282	0,1885 8378	22,428 0939	0,2759 6741	10,04 4222	0,1287 4899	275,22 4328	0,2144 6764	155,70 0432	0,2081 2788	89,440 551	0,2027 364	47,85 6226
B4	0,1597 0289	59,50 108	0,1963 5797	22,14 824	0,1830 0845	6,376 96	0,1593 5006	99,078 0206	0,1675 8923	37,197 4387	0,2007 7955	18,867 2849	0,2765 4342	8,644 215	0,1663 4441	228,37 2944	0,2243 056	128,93 6288	0,2144 7841	73,428 108	0,2067 204	39,13 5834
B5	0,1150 0193	74,10 733	0,1719 1194	29,74 82	0,1692 7368	9,240 04	0,1062 7282	121,83 8413	0,1280 8679	46,205 9767	0,1789 5464	25,239 5201	0,2753 9694	11,43 0732	0,1208 3922	285,08 1472	0,2079 532	173,42 2928	0,2024 2895	103,81 0009	0,1988 8295	56,29 0877
B6	0,1271 7941	70,12 828	0,1868 0531	25,11 804	0,1795 2568	7,102 96	0,1179 5586	116,82 8535	0,1411 181	43,234 1848	0,1935 0458	20,991 3633	0,2762 5062	9,355 875	0,1333 2873	269,51 7056	0,2178 1769	146,58 6624	0,2110 2313	82,140 369	0,2046 5588	43,65 4775
B7	0,1224 2511	71,68 177	0,1816 6802	26,71 516	0,1761 6259	7,804 012	0,1130 7114	118,92 3182	0,1362 3089	44,348 7136	0,1885 5828	22,435 5381	0,2759 6993	10,03 8087	0,1284 5675	275,58 852	0,2144 0663	155,86 64	0,2081 5253	89,378 384	0,2027 7992	47,76 0979
B8	0,1636 5917	58,20 835	0,2006 3373	20,81 896	0,1858 4532	5,785 6	0,1634 1355	97,335 5267	0,1716 5191	36,270 9439	0,2049 0571	17,662 5652	0,2767 7969	8,069 979	0,1703 9735	223,32 2176	0,2271 4638	121,20 7952	0,2168 9464	67,335 742	0,2083 3044	35,61 1695
B9	0,1149 9816	74,10 856	0,1719 1593	29,74 696	0,1693 8133	9,217 6	0,1062 7282	121,83 8413	0,1280 8304	46,206 8314	0,1789 8439	25,230 8352	0,2754 0451	11,41 2327	0,1208 3538	285,08 6264	0,2079 5851	173,40 8496	0,2025 0292	103,62 3508	0,1990 1833	55,99 4553
B10	0,1271 907	70,12 459	0,1868 1728	25,11 432	0,1795 7634	7,092 4	0,1179 636	116,82 5213	0,1411 256	43,232 4754	0,1935 2583	20,985 1598	0,2762 5415	9,347 286	0,1333 3642	269,50 7472	0,2178 2565	146,56 4976	0,2110 6187	82,042 678	0,2047 1873	43,51 7196

TetaV =30	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B1	0,1288 3946	69,58 585	0,1869 5688	25,07 092	0,1795 7634	7,092 4	0,1201 6386	115,88 1708	0,1423 5864	42,951 2791	0,1935 7682	20,970 2714	0,2762 5415	9,347 286	0,1350 0528	267,42 7744	0,2179 2909	146,28 3552	0,2110 6187	82,042 678	0,2047 2357	43,50 6613
B2	0,1288 4323	69,58 462	0,1869 6486	25,06 844	0,1796 08	7,085 8	0,1201 716	115,87 8386	0,1423 6614	42,949 5697	0,1935 8957	20,966 5493	0,2762 5668	9,341 151	0,1350 1297	267,41 816	0,2179 344	146,26 912	0,2110 8301	81,989 392	0,2047 6225	43,42 1949
B3	0,1244 503	71,02 003	0,1818 9935	26,64 324	0,1761 2523	7,811 8	0,1154 4571	117,90 4928	0,1377 6002	43,999 996	0,1886 4327	22,410 7241	0,2759 6741	10,04 4222	0,1303 9478	273,17 3352	0,2145 7639	155,40 4576	0,2081 314	89,431 67	0,2027 364	47,85 6226
B4	0,1610 3545	59,06 566	0,1964 7763	22,11 104	0,1830 0845	6,376 96	0,1611 242	98,317 2368	0,1685 9366	36,968 3791	0,2008 3054	18,852 3965	0,2765 4342	8,644 215	0,1676 9796	226,68 616	0,2243 9313	128,69 816	0,2144 7841	73,428 108	0,2067 204	39,13 5834
B5	0,1165 1141	73,61 41	0,1720 5154	29,70 48	0,1692 7368	9,240 04	0,1082 7552	120,97 9624	0,1292 2614	45,946 1479	0,1790 0989	25,223 391	0,2753 9694	11,43 0732	0,1223 658	283,17 9048	0,2080 5399	173,14 872	0,2024 3247	103,80 1128	0,1988 8295	56,29 0877

B6	0,1288 3946	69,58 585	0,1869 5688	25,07 092	0,1795 2568	7,102 96	0,1201 6386	115,88 1708	0,1423 6239	42,950 4244	0,1935 6407	20,973 9935	0,2762 5062	9,355 875	0,1350 0528	267,42 7744	0,2179 2644	146,29 0768	0,2110 2665	82,131 488	0,2046 5588	43,65 4775
B7	0,1240 3246	71,15 656	0,1818 1559	26,66 928	0,1761 6323	7,803 88	0,1152 0941	118,00 6255	0,1374 4145	44,072 6455	0,1885 0304	22,451 6672	0,2759 6993	10,03 8087	0,1300 8331	273,56 1504	0,2145 1273	155,57 776	0,2081 5253	89,378 384	0,2027 7992	47,76 0979
B8	0,1650 3313	57,75 94	0,2007 5738	20,78 052	0,1858 4532	5,785 6	0,1652 458	96,549 8264	0,1717 0063	36,259 8328	0,2049 5246	17,648 9175	0,2767 7969	8,069 979	0,1717 8935	221,58 7472	0,2272 3656	120,96 2608	0,2168 9817	67,326 861	0,2083 3044	35,61 1695
B9	0,1165 0764	73,61 533	0,1720 5553	29,70 356	0,1693 8133	9,217 6	0,1082 7164	120,98 1285	0,1292 2239	45,947 0026	0,1790 3963	25,214 7061	0,2754 0451	11,41 2327	0,1223 6196	283,18 384	0,2080 593	173,13 4288	0,2025 0292	103,62 3508	0,1990 1833	55,99 4553
B10	0,1288 4699	69,58 339	0,1869 6884	25,06 72	0,1795 7634	7,092 4	0,1201 7548	115,87 6725	0,1423 6988	42,948 715	0,1935 8532	20,967 79	0,2762 5415	9,347 286	0,1350 1682	267,41 3368	0,2179 344	146,26 912	0,2110 6187	82,042 678	0,2047 1873	43,51 7196

Tableau 3 : Valeurs du compte numérique et de la réflectance dans la baie d'Alger et à 20 mètres.

TetaV =10	XS1		XS2		XS3		TM1		TM2		TM3		TM4		MSS4		MSS5		MSS6		MSS7	
	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B1	0,1861 621	50,85 541	0,1983 8816	21,51 708	0,1795 9534	7,08 844	0,1738 88	92,843 9123	0,1966 4639	30,570 9496	0,1984 8912	19,536 0222	0,2762 5567	9,343 605	0,1927 5004	195,46 628	0,2257 0344	125,13 3456	0,2111 6754	81,776 248	0,2047 3324	43,48 5447
B2	0,1861 6587	50,85 418	0,1983 9614	21,51 46	0,1796 27	7,08 184	0,1738 9574	92,840 5901	0,1989 026	30,056 4202	0,1985 0187	19,532 3001	0,2762 5819	9,337 47	0,1927 5773	195,45 6696	0,2257 0875	125,11 9024	0,2111 922	81,714 081	0,2047 7192	43,40 0783
B3	0,1798 795	52,90 828	0,1930 634	23,17 248	0,1761 4423	7,80 784	0,1674 3056	95,612 966	0,1903 987	31,995 7345	0,1934 5359	21,006 2517	0,2759 6892	10,04 0541	0,1863 4763	203,44 496	0,2221 5711	134,78 1248	0,2082 3707	89,165 24	0,2027 4607	47,83 506
B4	0,2072 2332	43,97 356	0,2057 5906	19,22 556	0,1830 2111	6,37 432	0,2043 2741	79,790 9885	0,2123 799	26,982 919	0,2048 2498	17,686 1385	0,2765 4494	8,640 534	0,2142 2984	168,69 8168	0,2307 0067	111,53 8512	0,2145 6647	73,206 083	0,2067 3007	39,11 4668
B5	0,1688 2377	56,52 079	0,1827 4493	26,38 036	0,1692 9268	9,23 608	0,1569 8323	100,09 2953	0,1789 3775	34,609 4071	0,1836 3323	23,873 5094	0,2753 9845	11,42 7051	0,1750 6938	217,49 9896	0,2153 0051	153,43 4608	0,2025 3462	103,54 3579	0,1988 8295	56,29 0877
B6	0,1861 621	50,85 541	0,1983 8816	21,51 708	0,1795 4468	7,09 9	0,1738 88	92,843 9123	0,1966 4639	30,570 9496	0,1984 7638	19,539 7443	0,2762 5213	9,352 194	0,1927 5388	195,46 1488	0,2257 0079	125,14 0672	0,2111 3584	81,856 177	0,2046 7038	43,62 3026
B7	0,1797 1387	52,96 24	0,1930 0357	23,19 108	0,1761 8222	7,79 992	0,1672 9111	95,672 7656	0,1902 263	32,035 0507	0,1934 3659	21,011 2145	0,2759 7144	10,03 4406	0,1861 7843	203,65 5808	0,2221 1467	134,89 6704	0,2082 582	89,111 954	0,2027 9442	47,72 923
B8	0,2125 8743	42,22 081	0,2102 4223	17,83 18	0,1858 5798	5,78 296	0,2098 1643	77,437 2098	0,2177 206	25,764 9715	0,2090 2763	16,459 0862	0,2767 807	8,067 525	0,2196 9785	161,88 3944	0,2336 8469	103,42 0512	0,2169 8622	67,104 836	0,2083 4011	35,59 0529
B9	0,1688 2001	56,52 202	0,1827 4892	26,37 912	0,1694 0033	9,21 364	0,1569 8323	100,09 2953	0,1789 34	34,610 2618	0,1836 6298	23,864 8245	0,2754 0603	11,40 8646	0,1750 6554	217,50 4688	0,2153 0581	153,42 0176	0,2026 0506	103,36 5959	0,1990 3283	55,96 2804
B10	0,1861 734	50,85 172	0,1984 0013	21,51 336	0,1795 9534	7,08 844	0,1738 9962	92,838 929	0,1966 5763	30,568 3855	0,1984 9762	19,533 5408	0,2762 5567	9,343 605	0,1927 6542	195,44 7112	0,2257 0875	125,11 9024	0,2111 7106	81,767 367	0,2047 284	43,49 603
TetaV =20	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B1	0,1864 9713	50,74 594	0,1983 8816	21,51 708	0,1795 9534	7,08 844	0,1745 1553	92,574 8141	0,1968 0754	30,534 1975	0,1984 8912	19,536 0222	0,2762 5567	9,343 605	0,1930 9611	195,03 5	0,2257 0344	125,13 3456	0,2111 6754	81,776 248	0,2047 3324	43,48 5447
B2	0,1865 0465	50,74 348	0,1983 9614	21,51 46	0,1796 27	7,08 184	0,1745 2328	92,571 4919	0,1968 1504	30,532 4881	0,1985 0187	19,532 3001	0,2762 5819	9,337 47	0,1931 0381	195,02 5416	0,2257 0875	125,11 9024	0,2111 922	81,714 081	0,2047 7192	43,40 0783
B3	0,1802 0699	52,80 127	0,1930 634	23,17 248	0,1761 4423	7,80 784	0,1680 4648	95,348 8511	0,1905 5611	31,959 8371	0,1934 5359	21,006 2517	0,2759 6892	10,04 0541	0,1866 8217	203,02 8056	0,2221 5711	134,78 1248	0,2082 3707	89,165 24	0,2027 4607	47,83 506

B4	0,2074 9435	43,88 5	0,2057 5906	19,22 556	0,1830 2111	6,37 432	0,2048 3487	79,573 3844	0,2125 1108	26,953 0045	0,2048 2498	17,686 1385	0,2765 4494	8,640 534	0,2145 0286	168,35 7936	0,2307 0067	111,53 8512	0,2145 6647	73,206 083	0,2067 3007	39,11 4668
B5	0,1691 2868	56,42 116	0,1827 4493	26,38 036	0,1692 9268	9,23 608	0,1575 5267	99,848 771	0,1790 8392	34,576 0738	0,1836 3323	23,873 5094	0,2753 9845	11,42 7051	0,1753 8085	217,11 1744	0,2153 0051	153,43 4608	0,2025 3462	103,54 3579	0,1988 8295	56,29 0877
B6	0,1864 9713	50,74 594	0,1983 8816	21,51 708	0,1795 4468	7,09 9	0,1745 1941	92,573 153	0,1968 1129	30,533 3428	0,1984 7638	19,539 7443	0,2762 5213	9,352 194	0,1930 9611	195,03 5	0,2257 0079	125,14 0672	0,2111 3584	81,856 177	0,2046 7038	43,62 3026
B7	0,1800 376	52,85 662	0,1930 0357	23,19 108	0,1761 8222	7,79 992	0,1678 9928	95,411 9729	0,1903 8371	31,999 1533	0,1934 3659	21,011 2145	0,2759 7144	10,03 4406	0,1865 0913	203,24 3696	0,2221 1467	134,89 6704	0,2082 582	89,111 954	0,2027 9442	47,72 923
B8	0,2128 6599	42,12 97	0,2102 4223	17,83 18	0,1858 5798	5,78 296	0,2103 3937	77,212 9613	0,2178 5552	25,734 2023	0,2090 2763	16,459 0862	0,2767 807	8,067 525	0,2199 824	161,52 9336	0,2336 8469	103,42 0512	0,2169 8622	67,104 836	0,2083 4011	35,59 0529
B9	0,1691 2492	56,42 239	0,1827 4892	26,37 912	0,1694 0033	9,21 364	0,1575 5267	99,848 771	0,1790 8017	34,576 9285	0,1836 6298	23,864 8245	0,2754 0603	11,40 8646	0,1753 7701	217,11 6536	0,2153 0581	153,42 0176	0,2026 0506	103,36 5959	0,1990 3283	55,96 2804
B10	0,1865 0842	50,74 225	0,1984 0013	21,51 336	0,1795 9534	7,08 844	0,1745 3103	92,568 1697	0,1968 1879	30,531 6334	0,1984 9762	19,533 5408	0,2762 5567	9,343 605	0,1931 0765	195,02 0624	0,2257 0875	125,11 9024	0,2111 7106	81,767 367	0,2047 284	43,49 603
TetaV =30	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B1	0,1871 107	50,54 545	0,1983 8816	21,51 708	0,1795 9534	7,08 844	0,1756 6602	92,081 4674	0,1971 0362	30,466 6762	0,1984 8912	19,536 0222	0,2762 5567	9,343 605	0,1937 229	194,25 3904	0,2257 0344	125,13 3456	0,2111 6754	81,776 248	0,2047 3324	43,48 5447
B2	0,1871 1447	50,54 422	0,1983 9614	21,51 46	0,1796 27	7,08 184	0,1756 7377	92,078 1452	0,1971 1112	30,464 9668	0,1985 0187	19,532 3001	0,2762 5819	9,337 47	0,1937 3059	194,24 432	0,2257 0875	125,11 9024	0,2111 922	81,714 081	0,2047 7192	43,40 0783
B3	0,1808 0552	52,60 57	0,1930 634	23,17 248	0,1761 4423	7,80 784	0,1691 6597	94,868 7932	0,1908 4845	31,893 1705	0,1934 5359	21,006 2517	0,2759 6892	10,04 0541	0,1872 9357	202,26 6128	0,2221 5976	134,77 4032	0,2082 3707	89,165 24	0,2027 4607	47,83 506
B4	0,2079 8747	43,72 387	0,2057 5906	19,22 556	0,1830 2111	6,37 432	0,2057 568	79,178 0426	0,2127 5094	26,898 3037	0,2048 2498	17,686 1385	0,2765 4494	8,640 534	0,2150 0659	167,73 0184	0,2307 0067	111,53 8512	0,2145 6647	73,206 083	0,2067 3007	39,11 4668
B5	0,1696 8203	56,24 035	0,1827 4493	26,38 036	0,1692 9268	9,23 608	0,1585 9469	99,401 9351	0,1793 5751	34,513 6807	0,1836 3323	23,873 5094	0,2753 9845	11,42 7051	0,1759 4996	216,40 2528	0,2153 0051	153,43 4608	0,2025 3462	103,54 3579	0,1988 8295	56,29 0877
B6	1,1717 9871	494,5 7545	0,1983 8816	21,51 708	0,1795 4468	7,09 9	0,1756 6989	92,079 8063	0,1971 0737	30,465 8215	0,1984 7638	19,539 7443	0,2762 5213	9,352 194	0,1937 229	194,25 3904	0,2257 0079	125,14 0672	0,2111 3584	81,856 177	0,2046 7038	43,62 3026
B7	0,1806 3236	52,66 228	0,1930 0357	23,19 108	0,1761 8222	7,79 992	0,1690 149	94,933 5761	0,1906 723	31,933 3414	0,1934 3659	21,011 2145	0,2759 7144	10,03 4406	0,1871 1668	202,48 656	0,2221 1467	134,89 6704	0,2082 582	89,111 954	0,2027 9442	47,72 923
B8	0,2133 7417	41,96 374	0,2102 4223	17,83 18	0,1858 5798	5,78 296	0,2112 923	76,804 3307	0,2181 0288	25,677 7921	0,2090 2763	16,459 0862	0,2767 807	8,067 525	0,2205 0151	160,88 2416	0,2336 8469	103,42 0512	0,2169 8622	67,104 836	0,2083 4011	35,59 0529
B9	0,1696 7827	56,24 158	0,1827 4892	26,37 912	0,1694 0033	9,21 364	0,1585 9081	99,403 5962	0,1793 5001	34,515 3901	0,1836 6298	23,864 8245	0,2754 0603	11,40 8646	0,1759 4611	216,40 732	0,2153 0581	153,42 0176	0,2026 0506	103,36 5959	0,1990 3283	55,96 2804
B10	0,1871 22	50,54 176	0,1984 0013	21,51 336	0,1795 9534	7,08 844	0,1756 7764	92,076 4841	0,1971 1862	30,463 2574	0,1984 9762	19,533 5408	0,2762 5567	9,343 605	0,1941 1896	193,76 0328	0,2257 114	125,11 1808	0,2111 7106	81,767 367	0,2047 284	43,49 603

Tableau 4 : Valeurs du compte numérique et de la réflectance dans la baie d'Alger et à 50 mètres.

TetaV =10	XS1		XS2		XS3		TM1		TM2		TM3		TM4		MSS4		MSS5		MSS6		MSS7	
	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B3	0,1920 9463	48,91 693	0,1827 2898	26,38 532	0,1692 7368	9,24 004	0,1934 4236	84,458 6795	0,1924 4129	31,529 923	0,1836 1623	23,878 4722	0,2753 9694	11,43 0732	0,1985 8719	188,19 2024	0,2153 0316	153,42 7392	0,2025 1701	103,58 7984	0,1988 7811	56,30 146
B4	0,2278 4411	37,23 562	0,2057 6305	19,22 432	0,1830 2111	6,37 432	0,2367 153	65,902 5314	0,2243 2433	24,258 9901	0,2048 2498	17,686 1385	0,2765 4494	8,640 534	0,2350 7517	142,72 0736	0,2307 1394	111,50 2432	0,2145 6647	73,206 083	0,2067 3007	39,11 4668
B8	0,2338 4815	35,27 377	0,2102 4223	17,83 18	0,1858 5798	5,78 296	0,2432 502	63,100 2557	0,2300 1733	22,960 7008	0,2090 2763	16,459 0862	0,2767 807	8,067 525	0,2411 8919	135,10 1456	0,2336 9795	103,38 4432	0,2169 8622	67,104 836	0,2083 4011	35,59 0529
TetaV =20	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B3	0,1921 6615	48,89 356	0,1827 2898	26,38 532	0,1692 7368	9,24 004	0,1936 3604	84,375 6245	0,1924 6003	31,525 6495	0,1836 1623	23,878 4722	0,2753 9694	11,43 0732	0,1986 641	188,09 6184	0,2153 0316	153,42 7392	0,2025 1701	103,58 7984	0,1988 7811	56,30 146
B4	0,2279 1187	37,21 348	0,2057 6305	19,22 432	0,1830 2111	6,37 432	0,2368 8961	65,827 7819	0,2243 3932	24,255 5713	0,2048 2498	17,686 1385	0,2765 4494	8,640 534	0,2351 4054	142,63 9272	0,2307 1394	111,50 2432	0,2145 6647	73,206 083	0,2067 3007	39,11 4668
B8	0,2339 1215	35,25 286	0,2102 4223	17,83 18	0,1858 5798	5,78 296	0,2434 2839	63,023 8451	0,2300 3607	22,956 4273	0,2090 2763	16,459 0862	0,2767 807	8,067 525	0,2412 584	135,01 52	0,2336 9795	103,38 4432	0,2169 8622	67,104 836	0,2083 4011	35,59 0529
TetaV =30	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B3	0,1923 0166	48,84 928	0,1827 2898	26,38 532	0,1692 7368	9,24 004	0,1938 491	84,284 264	0,1924 9751	31,517 1025	0,1836 1623	23,878 4722	0,2753 9694	11,43 0732	0,1988 0637	187,91 888	0,2153 0316	153,42 7392	0,2025 1701	103,58 7984	0,1988 7811	56,30 146
B4	0,2280 2856	37,17 535	0,2057 6305	19,22 432	0,1830 2111	6,37 432	0,2372 0338	65,693 2328	0,2243 693	24,248 7337	0,2048 2498	17,686 1385	0,2765 4494	8,640 534	0,2352 6744	142,48 1136	0,2307 1394	111,50 2432	0,2145 6647	73,206 083	0,2067 3007	39,11 4668
B8	0,2340 3637	35,21 227	0,2102 4223	17,83 18	0,1858 5798	5,78 296	0,2437 4991	62,885 9738	0,2300 6605	22,949 5897	0,2090 2763	16,459 0862	0,2767 807	8,067 525	0,2413 8914	134,85 2272	0,2336 9795	103,38 4432	0,2169 8622	67,104 836	0,2083 4011	35,59 0529

Tableau 5 : Valeurs du compte numérique et de la réflectance dans la baie d'Alger et à 100 mètres.

TetaV =10	XS1		XS2		XS3		TM1		TM2		TM3		TM4		MSS4		MSS5		MSS6		MSS7	
	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B3	0,1980 9867	46,95 508	0,1827 2898	26,38 532	0,1692 7368	9,24 004	0,2074 8447	78,437 192	0,1942 4026	31,119 667	0,1836 1623	23,878 4722	0,2753 9694	11,43 0732	0,2049 0885	180,31 3976	0,2153 0316	153,42 7392	0,2025 1701	103,58 7984	0,1988 7811	56,30 146
B4	0,2331 7811	35,49 271	0,2057 6305	19,22 432	0,1830 2111	6,37 432	0,2492 1568	60,542 1617	0,2259 1342	23,896 5973	0,2048 2498	17,686 1385	0,2765 4494	8,640 534	0,2406 8545	135,72 9208	0,2307 1394	111,50 2432	0,2145 6647	73,206 083	0,2067 3007	39,11 4668
B8	0,2393 4778	33,47 674	0,2102 4223	17,83 18	0,1858 5798	5,78 296	0,2561 6507	57,562 1483	0,2316 5514	22,587 1969	0,2090 2763	16,459 0862	0,2767 807	8,067 525	0,2469 802	127,88 4704	0,2336 9795	103,38 4432	0,2169 8622	67,104 836	0,2083 4011	35,59 0529
TetaV =20	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B3	0,1981 0997	46,95 139	0,1827 2898	26,38 532	0,1692 7368	9,24 004	0,2075 3095	78,417 2588	0,1942 4026	31,119 667	0,1836 1623	23,878 4722	0,2753 9694	11,43 0732	0,2049 2039	180,29 96	0,2153 0316	153,42 7392	0,2025 1701	103,58 7984	0,1988 7811	56,30 146

B4	0,2331 894	35,48 902	0,2057 6305	19,22 432	0,1830 2111	6,37 432	0,2492 5442	60,525 5507	0,2259 1342	23,896 5973	0,2048 2498	17,686 1385	0,2765 4494	8,640 534	0,2406 9314	135,71 9624	0,2307 1394	111,50 2432	0,2145 6647	73,206 083	0,2067 3007	39,11 4668
B8	0,2393 5908	33,47 305	0,2102 4223	17,83 18	0,1858 5798	5,78 296	0,2562 0381	57,545 5373	0,2316 5889	22,586 3422	0,2090 2763	16,459 0862	0,2767 807	8,067 525	0,2469 9173	127,87 0328	0,2336 9795	103,38 4432	0,2169 8622	67,104 836	0,2083 4011	35,59 0529
TetaV =30	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
B3	0,1906 0397	49,40 401	0,1827 2898	26,38 532	0,1692 7368	9,24 004	0,2076 0843	78,384 0368	0,1942 4401	31,118 8123	0,1836 1623	23,878 4722	0,2753 9694	11,43 0732	0,2049 4346	180,27 0848	0,2153 0316	153,42 7392	0,2025 1701	103,58 7984	0,1988 7811	56,30 146
B4	0,2332 0822	35,48 287	0,2057 6305	19,22 432	0,1830 2111	6,37 432	0,2493 2802	60,493 9898	0,2259 1717	23,895 7426	0,2048 2498	17,686 1385	0,2765 4494	8,640 534	0,2407 1622	135,69 0872	0,2307 1394	111,50 2432	0,2145 6647	73,206 083	0,2067 3007	39,11 4668
B8	0,2393 8166	33,46 567	0,2102 4223	17,83 18	0,1858 5798	5,78 296	0,2562 7741	57,513 9764	0,2316 5889	22,586 3422	0,2090 2763	16,459 0862	0,2767 807	8,067 525	0,2470 1096	127,84 6368	0,2336 9795	103,38 4432	0,2169 8622	67,104 836	0,2083 4011	35,59 0529

3. Baie de Bou Ismail

Tableau 1 : Valeurs du compte numérique et de la réflectance dans la baie de Bou Ismail et à 1 mètre.

TetaV =10	XS1		XS2		XS3		TM1		TM2		TM3		TM4		MSS4		MSS5		MSS6		MSS7	
	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
S1	0,1240 814	71,14 057	0,1098 1368	49,05 376	0,1383 7837	15,68 032	0,1403 8837	107,20 9105	0,1176 6025	48,583 7521	0,1335 1584	38,506 3252	0,2729 6363	17,34 4872	0,1293 6424	274,45 7608	0,1713 3072	273,05 424	0,1896 046	136,14 573	0,1788 6142	100,11 508
S2	0,1269 0838	70,21 684	0,1119 4757	48,39 036	0,1401 3242	15,31 468	0,1438 1658	105,73 9032	0,1201 9005	48,006 8296	0,1358 9975	37,810 2925	0,2731 1154	16,98 5361	0,1322 4821	270,86 3608	0,1728 0018	269,05 6576	0,1912 0016	132,12 2637	0,1797 704	98,125 476
S3	0,1278 5698	69,90 688	0,1126 2962	48,17 832	0,1406 77	15,20 116	0,1449 8256	105,23 9041	0,1210 2957	47,815 3768	0,1366 5189	37,590 6886	0,2731 5698	16,87 4931	0,1332 1337	269,66 0816	0,1732 7232	267,77 2128	0,1916 9679	130,87 0416	0,1800 3148	97,553 994
S4	0,1278 5322	69,90 811	0,1126 2563	48,17 956	0,1406 7066	15,20 248	0,1449 7481	105,24 2363	0,1210 2582	47,816 2315	0,1366 4764	37,591 9293	0,2731 5698	16,87 4931	0,1332 0953	269,66 5608	0,1732 6967	267,77 9344	0,1916 9327	130,87 3148	0,1800 3148	97,553 994
S5	0,1278 5322	69,90 811	0,1126 2563	48,17 956	0,1406 77	15,20 116	0,1449 7868	105,24 0702	0,1210 2957	47,815 3768	0,1366 5189	37,590 6886	0,2731 5698	16,87 4931	0,1331 903	269,68 9568	0,1732 6967	267,77 9344	0,1916 9679	130,87 0416	0,1800 3148	97,553 994
S6	0,1271 6435	70,13 32	0,1112 2165	48,61 604	0,1407 7198	15,18 136	0,1450 4066	105,21 4124	0,1199 6893	48,057 2569	0,1355 6405	37,908 3078	0,2731 6203	16,86 2661	0,1325 0584	270,54 2544	0,1723 9966	270,14 6192	0,1914 9955	131,36 7752	0,1802 2488	97,130 674
S7	0,1276 1231	69,98 683	0,1124 5412	48,23 288	0,1405 3768	15,23 02	0,1446 8041	105,36 8606	0,1208 1594	47,864 0947	0,1364 6067	37,646 5201	0,2731 4537	16,90 3152	0,1329 6728	269,96 7504	0,1731 5296	268,09 6848	0,1915 6999	131,19 0132	0,1799 6379	97,702 156
S8	0,1269 0838	70,21 684	0,1119 4358	48,39 16	0,1401 3242	15,31 468	0,1438 127	105,74 0693	0,1201 863	48,007 6843	0,1358 9975	37,810 2925	0,2731 1154	16,98 5361	0,1322 4821	270,86 3608	0,1728 0018	269,05 6576	0,1911 9664	132,13 1518	0,1797 5589	98,157 225
S9	0,1276 1983	69,98 437	0,1124 5811	48,23 164	0,1405 4402	15,22 888	0,1446 8816	105,36 5284	0,1208 1969	47,863 24	0,1364 6492	37,645 2794	0,2731 4587	16,90 1925	0,1329 7112	269,96 2712	0,1731 5296	268,09 6848	0,1915 7352	131,18 1251	0,1799 6379	97,702 156
S10	0,1278 2687	69,91 672	0,1126 0967	48,18 452	0,1406 58	15,20 512	0,1449 4769	105,25 399	0,1210 0334	47,821 3597	0,1366 3064	37,596 8921	0,2731 5546	16,87 8612	0,1331 8646	269,69 436	0,1732 5641	267,81 5424	0,1916 827	130,90 594	0,1800 2665	97,564 577
S11	0,1196 3954	72,59 197	0,1059 6868	50,24 912	0,1349 336	16,39 84	0,1352 17	109,42 6674	0,1134 589	49,541 8708	0,1290 5397	39,809 0602	0,2726 7334	18,05 0397	0,1248 3833	280,09 7792	0,1686 8092	280,26 3024	0,1865 3676	143,88 1081	0,1771 015	103,96 7292

S12	0,1268 9709	70,22 053	0,1119 3959	48,39 284	0,1401 2608	15,31 6	0,1438 0108	105,74 5676	0,1201 7881	48,009 3937	0,1358 9125	37,812 7739	0,2731 1104	16,98 6588	0,1322 3667	270,87 7984	0,1727 9488	269,07 1008	0,1911 9312	132,14 0399	0,1797 3655	98,199 557
S13	0,1278 3063	69,91 549	0,1126 0967	48,18 452	0,1406 58	15,20 512	0,1449 4769	105,25 399	0,1210 0709	47,820 505	0,1366 3064	37,596 8921	0,2731 5597	16,87 7385	0,1331 8646	269,69 436	0,1732 5906	267,80 8208	0,1916 827	130,90 594	0,1800 2665	97,564 577
S14	0,1268 858	70,22 422	0,1119 3161	48,39 532	0,1401 1975	15,31 732	0,1437 8946	105,75 0659	0,1201 7131	48,011 1031	0,1358 8275	37,815 2553	0,2731 1053	16,98 7815	0,1322 2513	270,89 236	0,1727 8957	269,08 544	0,1911 8607	132,15 8161	0,1797 5106	98,167 808
S15	0,1278 344	69,91 426	0,1126 1366	48,18 328	0,1406 6433	15,20 38	0,1449 5157	105,25 2329	0,1210 1083	47,819 6503	0,1366 3489	37,595 6514	0,2731 5597	16,87 7385	0,1331 903	269,68 9568	0,1732 5906	267,80 8208	0,1916 8623	130,89 7059	0,1800 2665	97,564 577
S16	0,1268 745	70,22 791	0,1119 2364	48,39 78	0,1401 1342	15,31 864	0,1437 7397	105,75 7304	0,1201 6007	48,013 6672	0,1358 7425	37,817 7367	0,2731 0952	16,99 136	0,1322 6736	270,90 8427	0,1727 8427	269,09 9872	0,1911 8255	132,16 7042	0,1797 4622	98,178 391
S17	0,1278 1934	69,91 918	0,1126 017	48,18 7	0,1406 58	15,20 512	0,1449 3607	105,25 8974	0,1209 9959	47,822 2144	0,1366 264	37,598 1328	0,2731 5546	16,87 8612	0,1331 7877	269,70 3944	0,1732 5375	267,82 264	0,1916 7918	130,91 4821	0,1800 2181	97,575 16
S18	0,1278 2311	69,91 795	0,1126 017	48,18 7	0,1406 58	15,20 512	0,1449 3995	105,25 7313	0,1209 9959	47,822 2144	0,1366 264	37,598 1328	0,2731 5546	16,87 8612	0,1331 7877	269,70 3944	0,1732 5375	267,82 264	0,1916 7918	130,91 4821	0,1800 2181	97,575 16

TetaV =20	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
S1	0,1252 0316	70,77 403	0,1104 9971	48,84 048	0,1386	15,63 412	0,1416 2795	106,67 7553	0,1187 0965	48,344 4361	0,1339 8327	38,369 8482	0,2729 813	17,30 1927	0,1305 1013	273,02 9592	0,1717 7103	271,85 6384	0,1897 6662	135,73 7204	0,1790 2581	99,755 258
S2	0,1280 5649	69,84 169	0,1126 4557	48,17 336	0,1403 5405	15,26 848	0,1450 9102	105,19 253	0,1212 6194	47,762 3854	0,1363 7568	37,671 3341	0,2731 2921	16,94 2416	0,1334 1718	269,40 684	0,1732 4845	267,83 7072	0,1913 6571	131,70 523	0,1799 2511	97,786 82
S3	0,1290 1262	69,52 927	0,1133 3161	47,96 008	0,1408 9863	15,15 496	0,1462 6475	104,68 9216	0,1221 0896	47,569 2232	0,1371 2782	37,451 7302	0,2731 7515	16,83 0759	0,1343 9388	268,18 9672	0,1737 2059	266,55 2624	0,1918 6234	130,45 3009	0,1802 0071	97,183 589
S4	0,1290 0886	69,53 05	0,1133 2762	47,96 132	0,1408 9863	15,15 496	0,1462 6087	104,69 0878	0,1221 0521	47,570 0779	0,1371 2357	37,452 9709	0,2731 7515	16,83 0759	0,1343 9003	268,19 4464	0,1737 1793	266,55 984	0,1918 5881	130,46 189	0,1802 0071	97,183 589
S5	0,1290 0886	69,53 05	0,1133 2762	47,96 132	0,1408 9863	15,15 496	0,1462 6087	104,69 0878	0,1221 0896	47,569 2232	0,1371 2782	37,451 7302	0,2731 7515	16,83 0759	0,1343 9003	268,19 4464	0,1737 2059	266,55 2624	0,1918 6234	130,45 3009	0,1802 0071	97,183 589
S6	0,1283 1246	69,75 805	0,1119 0369	48,40 4	0,1409 8095	15,13 78	0,1463 2285	104,66 43	0,1210 4082	47,812 8127	0,1360 1873	37,775 5529	0,2731 7919	16,82 0943	0,1336 7481	269,08 5776	0,1728 3732	268,95 5552	0,1916 5453	130,97 6988	0,1803 796	96,792 018
S7	0,1287 6794	69,60 922	0,1131 5611	48,01 464	0,1407 5932	15,18 4	0,1459 626	104,81 8782	0,1218 9158	47,618 7958	0,1369 366	37,507 5617	0,2731 6354	16,85 898	0,1341 4394	268,50 1152	0,1738 6647	266,15 5744	0,1917 3554	130,77 2725	0,1801 2818	97,342 334
S8	0,1280 5273	69,84 292	0,1126 4557	48,17 336	0,1403 5405	15,26 848	0,1450 8715	105,19 4191	0,1212 6194	47,762 3854	0,1363 7143	37,672 5748	0,2731 2921	16,94 2416	0,1334 1718	269,40 684	0,1732 4845	267,83 7072	0,1913 6218	131,71 4111	0,1799 2028	97,797 403
S9	0,1287 7171	69,60 799	0,1131 601	48,01 34	0,1407 6565	15,18 268	0,1459 7035	104,81 546	0,1218 9533	47,617 9411	0,1369 4085	37,506 321	0,2731 6405	16,85 7753	0,1341 4778	268,49 636	0,1736 0388	266,87 0128	0,1917 3906	130,76 3844	0,1801 3302	97,331 751
S10	0,1289 8251	69,53 911	0,1133 1166	47,96 628	0,1408 8596	15,15 76	0,1462 2988	104,70 4166	0,1220 8272	47,575 2061	0,1371 0658	37,457 9337	0,2731 7364	16,83 444	0,1343 6312	268,22 8008	0,1737 0732	266,58 8704	0,1918 4825	130,48 8533	0,1801 9104	97,204 755
S11	0,1207 0859	72,24 265	0,1066 3477	50,04 204	0,1351 4889	16,35 352	0,1363 946	108,92 1699	0,1145 7576	49,287 1702	0,1295 044	39,677 546	0,2726 9101	18,00 7452	0,1259 3039	278,73 6864	0,1691 0796	279,10 1248	0,1866 9526	143,48 1436	0,1772 5622	103,62 8636
S12	0,1280 452	69,84 538	0,1126 3759	48,17 584	0,1403 4772	15,26 98	0,1450 7553	105,19 9174	0,1212 507	47,764 9495	0,1363 6293	37,675 0562	0,2731 2871	16,94 3643	0,1334 0564	269,42 1216	0,1732 4314	267,85 1504	0,1913 5866	131,72 2992	0,1799 2028	97,797 403
S13	0,1289 8251	69,53 911	0,1133 1166	47,96 628	0,1408 8596	15,15 76	0,1462 2988	104,70 4166	0,1220 8647	47,574 3514	0,1328 5718	38,698 6337	0,2731 7414	16,83 3213	0,1343 6312	268,22 8008	0,1737 0732	266,58 8704	0,1918 4825	130,48 8533	0,1801 9104	97,204 755
S14	0,1280 3391	69,84 907	0,1126 2962	48,17 832	0,1403 4138	15,27 112	0,1450 639	105,20 4157	0,1212 432	47,766 6589	0,1363 5868	37,676 2969	0,2731 282	16,94 487	0,1333 9795	269,43 08	0,1732 3784	267,86 5936	0,1913 5162	131,74 0754	0,1799 1544	97,807 986

S15	0,1289 9004	69,53 665	0,1133 1565	47,96 504	0,1408 8596	15,15 76	0,1462 3763	104,70 0844	0,1220 9022	47,573 4967	0,1371 1083	37,456 693	0,2731 7414	16,83 3213	0,1343 7081	268,21 8424	0,1737 0998	266,58 1488	0,1918 5177	130,47 9652	0,1801 9587	97,194 172
S16	0,1280 2261	69,85 276	0,1126 2164	48,18 08	0,1403 3505	15,27 244	0,1450 4841	105,21 0802	0,1212 3196	47,769 223	0,1363 4593	37,680 019	0,2731 277	16,94 6097	0,1333 8257	269,44 9968	0,1732 3253	267,88 0368	0,1913 4457	131,75 8516	0,1799 1061	97,818 569
S17	0,1289 7498	69,54 157	0,1133 0369	47,96 876	0,1408 7963	15,15 892	0,1462 1826	104,70 915	0,1220 7897	47,576 0608	0,1370 9808	37,460 4151	0,2731 7364	16,83 444	0,1343 5543	268,23 7592	0,1737 0467	266,59 592	0,1918 4473	130,49 7414	0,1801 862	97,215 338
S18	0,1289 7498	69,54 157	0,1133 0768	47,96 752	0,1408 7963	15,15 892	0,1462 2214	104,70 7489	0,1220 7897	47,576 0608	0,1371 0233	37,459 1744	0,2731 7364	16,83 444	0,1343 5927	268,23 28	0,1737 0467	266,59 592	0,1918 4473	130,49 7414	0,1801 9104	97,204 755

TetaV =30	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
S1	0,1272 4717	70,10 614	0,1117 601	48,44 864	0,1389 9893	15,55 096	0,1438 9405	105,70 581	0,1206 248	47,907 6844	0,1348 374	38,120 4675	0,2730 1411	17,22 2172	0,1325 9813	270,42 7536	0,1725 7472	269,66 9936	0,1900 6249	134,99 12	0,1793 2074	99,109 695
S2	0,1301 4944	69,15 781	0,1139 2591	47,77 532	0,1407 6565	15,18 268	0,1474 1523	104,19 587	0,1232 1832	47,316 232	0,1372 4256	37,418 2313	0,2731 6253	16,86 1434	0,1355 5516	266,74 2488	0,1740 6806	265,60 7328	0,1916 6509	130,95 0345	0,1802 2488	97,130 674
S3	0,1311 1686	68,84 17	0,1146 1593	47,56 08	0,1413 1023	15,06 916	0,1486 0445	103,68 5912	0,1240 8033	47,119 651	0,1379 9895	37,197 3867	0,2732 0847	16,74 9777	0,1365 434	265,51 0944	0,1745 4285	264,31 5664	0,1921 6525	129,68 9243	0,1805 0047	96,527 443
S4	0,1311 131	68,84 293	0,1146 1194	47,56 204	0,1414 1787	15,04 672	0,1486 0058	103,68 7573	0,1240 7658	47,120 5057	0,1379 947	37,198 6274	0,2732 0797	16,75 1004	0,1365 3955	265,51 5736	0,1745 4285	264,31 5664	0,1921 6172	129,69 8124	0,1805 0047	96,527 443
S5	0,1311 1686	68,84 17	0,1146 1593	47,56 08	0,1413 0389	15,07 048	0,1447 3077	105,34 7012	0,1240 7658	47,120 5057	0,1379 9895	37,197 3867	0,2732 0847	16,74 9777	0,1365 434	265,51 0944	0,1745 4285	264,31 5664	0,1921 6172	129,69 8124	0,1805 0047	96,527 443
S6	0,1304 0917	69,07 294	0,1131 5212	48,01 588	0,1413 5455	15,05 992	0,1486 5868	103,66 2657	0,1229 897	47,368 3687	0,1368 5586	37,531 135	0,2732 0948	16,74 7323	0,1358 1279	266,42 1424	0,1736 3836	266,77 632	0,1919 4335	130,24 8746	0,1806 6003	96,178 204
S7	0,1308 6842	68,92 288	0,1144 4043	47,61 536	0,1411 7091	15,09 82	0,1482 9843	103,81 7139	0,1238 5921	47,170 0783	0,1378 0773	37,253 2182	0,2731 9686	16,77 7998	0,1362 8961	265,82 7216	0,1744 2349	264,64 0384	0,1920 3845	130,00 8959	0,1804 3278	96,675 605
S8	0,1301 4567	69,15 904	0,1139 2192	47,77 656	0,1407 6565	15,18 268	0,1474 1136	104,19 7531	0,1232 1832	47,316 232	0,1372 3831	37,419 472	0,2731 6253	16,86 1434	0,1355 5131	266,74 728	0,1740 6541	265,61 4544	0,1916 6509	130,95 0345	0,1802 2005	97,141 257
S9	0,1308 7595	68,92 042	0,1144 4442	47,61 412	0,1411 7091	15,09 82	0,1483 0618	103,81 3817	0,1238 6295	47,169 2236	0,1378 0773	37,253 2182	0,2731 9686	16,77 7998	0,1362 9345	265,82 2424	0,1744 2614	264,63 3168	0,1920 3845	130,00 8959	0,1804 3278	96,675 605
S10	0,1310 9051	68,85 031	0,1145 9599	47,56 7	0,1412 9123	15,07 312	0,1485 6959	103,70 0862	0,1240 541	47,125 6339	0,1379 777	37,203 5902	0,2732 0696	16,75 3458	0,1326 6734	270,34 128	0,1745 2959	264,35 1744	0,1921 4764	129,73 3648	0,1804 9564	96,538 026
S11	0,1226 585	71,60 551	0,1078 5129	49,66 384	0,1355 415	16,27 168	0,1385 4837	107,99 8128	0,1164 0471	48,870 0766	0,1303 3304	39,435 6095	0,2727 2282	17,93 0151	0,1279 1841	276,25 94	0,1698 8513	276,98 696	0,1869 8056	142,76 2075	0,1775 4148	103,00 4239
S12	0,1301 3438	69,16 273	0,1139 1394	47,77 904	0,1407 5932	15,18 4	0,1473 9974	104,20 2514	0,1232 0708	47,318 7961	0,1372 2981	37,421 9534	0,2731 6203	16,86 2661	0,1355 4362	266,75 6864	0,1740 601	265,62 8976	0,1916 5805	130,96 8107	0,1802 2005	97,141 257
S13	0,1310 9051	68,85 031	0,1145 9599	47,56 7	0,1412 9123	15,07 312	0,1485 6959	103,70 0862	0,1240 541	47,125 6339	0,1379 777	37,203 5902	0,2732 0696	16,75 3458	0,1326 7119	270,33 6488	0,1718 7713	271,56 7744	0,1921 5116	129,72 4767	0,1804 9564	96,538 026
S14	0,1301 2685	69,16 519	0,1139 0995	47,78 028	0,1407 5298	15,18 532	0,1473 8812	104,20 7497	0,1231 9958	47,320 5055	0,1372 2131	37,424 4348	0,2731 6152	16,86 3888	0,1316 8679	271,56 324	0,1740 5745	265,63 6192	0,1916 5453	130,97 6988	0,1802 1521	97,151 84
S15	0,1273 2998	70,07 908	0,1145 9998	47,56 576	0,1412 9756	15,07 18	0,1485 7734	103,69 754	0,1240 5784	47,124 7792	0,1379 8195	37,202 3495	0,2732 0746	16,75 2231	0,1365 2033	265,53 9696	0,1745 3224	264,34 4528	0,1921 5116	129,72 4767	0,1804 9564	96,538 026
S16	0,1301 1556	69,16 888	0,1138 9799	47,78 4	0,1407 4665	15,18 664	0,1473 7262	104,21 4142	0,1231 8834	47,323 0696	0,1372 1281	37,426 9162	0,2731 6102	16,86 5115	0,1355 2055	266,78 5616	0,1740 4949	265,65 784	0,1916 4748	130,99 475	0,1802 1038	97,162 423
S17	0,1310 8298	68,85 277	0,1145 92	47,56 824	0,1412 849	15,07 444	0,1485 6184	103,70 4184	0,1240 466	47,127 3433	0,1379 692	37,206 0716	0,2732 0645	16,75 4685	0,1365 0495	265,55 8864	0,1745 2693	264,35 896	0,1921 4411	129,74 2529	0,1804 908	96,548 609

S18	0,1310 8298	68,85 277	0,1145 92	47,56 824	0,1412 9123	15,07 312	0,1485 6184	103,70 4184	0,1240 466	47,127 3433	0,1379 692	37,206 0716	0,2732 0645	16,75 4685	0,1365 0879	265,55 4072	0,1745 2693	264,35 896	0,1921 4764	129,73 3648	0,1804 908	96,548 609
------------	----------------	--------------	--------------	--------------	----------------	--------------	----------------	----------------	---------------	----------------	---------------	----------------	----------------	---------------	----------------	----------------	----------------	---------------	----------------	----------------	---------------	---------------

Tableau 2 : Valeurs du compte numérique et de la réflectance dans la baie de Bou Ismail et à 5 mètres.

TetaV =10	XS1		XS2		XS3		TM1		TM2		TM3		TM4		MSS4		MSS5		MSS6		MSS7	
	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
S1	0,1636 1776	58,22 188	0,2013 0382	20,61 064	0,1864 4689	5,66 02	0,1631 6176	97,443 4982	0,1718 0932	36,235 0465	0,2060 403	17,331 2983	0,2768 2815	7,952 187	0,1703 6659	223,36 0512	0,2275 9199	119,99 5664	0,2173 948	66,074 64	0,2087 7526	34,638 059
S2	0,1673 2182	57,01 156	0,2049 2146	19,48 596	0,1887 2019	5,18 632	0,1671 5553	95,730 9041	0,1754 9721	35,394 0217	0,2090 5313	16,451 642	0,2770 1848	7,489 608	0,1741 5805	218,63 56	0,2299 9777	113,45 0752	0,2193 7428	61,083 518	0,2100 5168	31,844 147
S3	0,1685 3769	56,61 427	0,2060 5821	19,13 256	0,1894 2307	5,03 98	0,1684 9195	95,157 8246	0,1766 9278	35,121 3724	0,2101 2822	16,137 7449	0,2770 7704	7,347 276	0,1754 0392	217,08 2992	0,2307 5372	111,39 4192	0,2199 9066	59,529 343	0,2104 4331	30,986 924
S4	0,1685 3392	56,61 55	0,2060 5422	19,13 38	0,1894 2307	5,03 98	0,1684 8808	95,159 4857	0,1766 8903	35,122 2271	0,2101 2397	16,138 9856	0,2770 7704	7,347 276	0,1754 0008	217,08 7784	0,2307 5107	111,40 1408	0,2199 8714	59,538 224	0,2104 4331	30,986 924
S5	0,1685 3769	56,61 427	0,2060 5821	19,13 256	0,1894 2307	5,03 98	0,1684 9195	95,157 8246	0,1766 9278	35,121 3724	0,2101 2822	16,137 7449	0,2770 7704	7,347 276	0,1754 0008	217,08 7784	0,2307 5372	111,39 4192	0,2199 9066	59,529 343	0,2104 4331	30,986 924
S6	0,1676 5308	56,90 332	0,2053 5223	19,35 204	0,1904 0458	4,83 52	0,1682 3242	95,269 1183	0,1755 197	35,388 8935	0,2097 6702	16,243 2044	0,2771 5226	7,164 453	0,1744 9643	218,21 3904	0,2302 8159	112,67 864	0,2201 9143	59,023 126	0,2111 7823	29,378 308
S7	0,1682 2902	56,71 513	0,2057 7103	19,22 184	0,1892 4577	5,07 676	0,1681 5107	95,304 0014	0,1763 8921	35,190 6031	0,2098 5626	16,217 1497	0,2770 624	7,382 859	0,1750 8476	217,48 0728	0,2305 6275	111,91 3744	0,2198 3569	59,920 107	0,2103 4661	31,198 584
S8	0,1673 1806	57,01 279	0,2049 4539	19,47 852	0,1887 2019	5,18 632	0,1671 5166	95,732 5652	0,1754 9347	35,394 8764	0,2090 5313	16,451 642	0,2770 1848	7,489 608	0,1741 542	218,64 0392	0,2299 9777	113,45 0752	0,2193 7428	61,083 518	0,2100 5168	31,844 147
S9	0,1682 3278	56,71 39	0,2057 7502	19,22 06	0,1892 521	5,07 544	0,1681 5494	95,302 3403	0,1763 9295	35,189 7484	0,2098 6051	16,215 909	0,2770 624	7,382 859	0,1750 9246	217,47 1144	0,2305 654	111,90 6528	0,2198 3921	59,911 226	0,2103 4661	31,198 584
S10	0,1685 0381	56,62 534	0,2060 263	19,14 248	0,1894 0407	5,04 376	0,1684 5322	95,174 4356	0,1766 5905	35,129 0647	0,2100 9848	16,146 4298	0,2770 7552	7,350 957	0,1753 6547	217,13 0912	0,2307 325	111,45 192	0,2199 7305	59,573 748	0,2104 3364	31,008 09
S11	0,1574 2926	60,24 4	0,1944 8334	22,73 104	0,1819 5729	6,59 608	0,1568 709	100,14 1125	0,1654 1172	37,694 0194	0,1990 373	19,375 9719	0,2764 5356	8,862 621	0,1640 257	231,26 252	0,2230 669	132,30 616	0,2135 6616	75,728 287	0,2062 6108	40,141 219
S12	0,1673 0676	57,01 648	0,2049 095	19,48 968	0,1887 1385	5,18 764	0,1671 3616	95,739 2096	0,1754 8222	35,397 4405	0,2090 4038	16,455 3641	0,2770 1747	7,492 062	0,1741 4267	218,65 4768	0,2299 8982	113,47 24	0,2193 6723	61,101 28	0,2100 4685	31,854 73
S13	0,1685 0381	56,62 534	0,2060 263	19,14 248	0,1894 0407	5,04 376	0,1684 5322	95,174 4356	0,1766 5905	35,129 0647	0,2100 9848	16,146 4298	0,2770 7552	7,350 957	0,1753 6932	217,12 612	0,2307 325	111,45 192	0,2199 7305	59,573 748	0,2104 3364	31,008 09
S14	0,1672 9547	57,02 017	0,2048 9753	19,49 34	0,1887 0752	5,18 896	0,1671 2454	95,744 1929	0,1765 9534	35,143 5946	0,2090 3188	16,457 8455	0,2770 1696	7,493 289	0,1741 3113	218,66 9144	0,2299 8186	113,49 4048	0,2193 6019	61,119 042	0,2100 4201	31,865 313
S15	0,1685 1134	56,62 3029	0,2060 124	19,14 1041	0,1894 244	5,04 244	0,1684 6096	95,171 1134	0,1766 6655	35,127 3553	0,2101 0273	16,145 1891	0,2770 7552	7,350 957	0,1753 7316	217,12 1328	0,2307 3781	111,43 7488	0,2199 7657	59,564 867	0,2104 3848	30,997 507
S16	0,1672 8041	57,02 509	0,2048 8158	19,49 836	0,1886 9486	5,19 16	0,1671 0905	95,750 8373	0,1754 5599	35,403 4234	0,2090 1488	16,462 8083	0,2770 1646	7,494 516	0,1741 1575	218,68 8312	0,2299 7125	113,52 2912	0,2193 5314	61,136 804	0,2100 3718	31,875 896
S17	0,1684 9252	56,62 903	0,2060 1433	19,14 62	0,1893 9774	5,04 508	0,1684 416	95,179 4189	0,1766 4781	35,131 6288	0,2100 8998	16,148 9112	0,2770 7502	7,352 184	0,1753 5778	217,14 0496	0,2307 272	111,46 6352	0,2199 6601	59,591 51	0,2104 3364	31,008 09
S18	0,1684 9628	56,62 78	0,2060 1832	19,14 496	0,1893 9774	5,04 508	0,1684 4547	95,177 7578	0,1766 5156	35,130 7741	0,2100 8998	16,148 9112	0,2770 7502	7,352 184	0,1753 5778	217,14 0496	0,2307 272	111,46 6352	0,2199 6953	59,582 629	0,2104 3364	31,008 09

TetaV =20	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
S1	0,1643 7438	57,97 465	0,2013 7162	20,58 956	0,1864 4689	5,66 02	0,1641 7279	97,009 9511	0,1723 7525	36,105 9868	0,2056 4511	17,446 6834	0,2768 2815	7,952 187	0,1711 3565	222,40 2112	0,2276 3974	119,86 5776	0,2173 948	66,074 64	0,2087 7526	34,638 059
S2	0,1680 9727	56,75 818	0,2049 9326	19,46 364	0,1887 2019	5,18 632	0,1681 8981	95,287 3904	0,1760 7813	35,261 5432	0,2090 8287	16,442 9571	0,2770 1848	7,489 608	0,1749 4249	217,65 8032	0,2300 4817	113,31 3648	0,2193 7428	61,083 518	0,2100 5168	31,844 147
S3	0,1693 2066	56,35 843	0,2061 2601	19,11 148	0,1894 2307	5,03 98	0,1695 3397	94,710 9887	0,1772 7745	34,988 0392	0,2101 5372	16,130 3007	0,2770 7704	7,347 276	0,1761 9221	216,10 0632	0,2308 0412	111,25 7088	0,2199 9066	59,529 343	0,2104 4815	30,976 341
S4	0,1693 1313	56,36 089	0,2061 2202	19,11 272	0,1894 2307	5,03 98	0,1695 301	94,712 6498	0,1772 737	34,988 8939	0,2101 4947	16,131 5414	0,2770 7704	7,347 276	0,1761 8836	216,10 5424	0,2308 0147	111,26 4304	0,2199 8714	59,538 224	0,2104 4331	30,986 924
S5	0,1693 169	56,35 966	0,2061 2601	19,11 148	0,1894 2307	5,03 98	0,1695 3397	94,710 9887	0,1772 7745	34,988 0392	0,2101 5372	16,130 3007	0,2770 7704	7,347 276	0,1761 9221	216,10 0632	0,2308 0412	111,25 7088	0,2199 9066	59,529 343	0,2104 4331	30,986 924
S6	0,1684 2852	56,64 994	0,2054 2402	19,32 972	0,1904 0458	4,83 52	0,1692 7444	94,822 2824	0,1761 0062	35,256 415	0,2097 9252	16,235 7602	0,2771 5226	7,164 453	0,1752 8472	217,23 1544	0,2303 3198	112,54 1536	0,2201 9143	59,023 126	0,2111 7823	29,378 308
S7	0,1690 0822	56,46 052	0,2058 3884	19,20 076	0,1892 4577	5,07 676	0,1691 8922	94,858 8266	0,1769 7387	35,057 2699	0,2098 8176	16,209 7055	0,2770 624	7,382 859	0,1758 7305	216,49 8368	0,2306 1314	111,77 664	0,2198 3569	59,920 107	0,2103 4661	31,198 584
S8	0,1680 935	56,75 941	0,2049 8927	19,46 488	0,1887 2019	5,18 632	0,1681 8593	95,289 0515	0,1760 7439	35,262 3979	0,2090 7862	16,444 1978	0,2770 1848	7,489 608	0,1749 4249	217,65 8032	0,2300 4817	113,31 3648	0,2193 7428	61,083 518	0,2100 5168	31,844 147
S9	0,1690 1199	56,45 929	0,2058 4681	19,19 828	0,1892 521	5,07 544	0,1691 9696	94,855 5044	0,1769 7762	35,056 4152	0,2098 9026	16,207 2241	0,2770 624	7,382 859	0,1758 8074	216,48 8784	0,2306 158	111,76 9424	0,2198 3921	59,911 226	0,2103 4661	31,198 584
S10	0,1692 8302	56,37 073	0,2060 941	19,12 14	0,1894 0407	5,04 376	0,1694 9524	94,727 5997	0,1772 4372	34,995 7315	0,2101 2397	16,138 9856	0,2770 7552	7,350 957	0,1761 576	216,14 376	0,2307 829	111,31 4816	0,2199 7305	59,573 748	0,2104 3364	31,008 09
S11	0,1581 5201	60,00 784	0,1945 4715	22,71 12	0,1819 5729	6,59 608	0,1578 277	99,730 8329	0,1659 5516	37,570 0879	0,1990 6279	19,368 5277	0,2764 5356	8,862 621	0,1647 5631	230,35 204	0,2231 1465	132,17 6272	0,2135 6616	75,728 287	0,2062 6108	40,141 219
S12	0,1680 8221	56,76 31	0,2049 773	19,46 86	0,1887 1385	5,18 764	0,1681 7431	95,294 0348	0,1760 6314	35,264 962	0,2090 7012	16,446 6792	0,2770 1797	7,490 835	0,1749 2711	217,67 72	0,2300 4021	113,33 5296	0,2193 6723	61,101 28	0,2100 4685	31,854 73
S13	0,1692 8302	56,37 073	0,2060 941	19,12 14	0,1894 0407	5,04 376	0,1694 9524	94,727 5997	0,1772 4372	34,995 7315	0,2101 2397	16,138 9856	0,2770 7552	7,350 957	0,1761 576	216,14 376	0,2307 829	111,31 4816	0,2199 7305	59,573 748	0,2104 3364	31,008 09
S14	0,1680 6715	56,76 802	0,2049 6534	19,47 232	0,1887 0752	5,18 896	0,1681 5882	95,300 6792	0,1760 519	35,267 5261	0,2090 5738	16,450 4013	0,2770 1696	7,493 289	0,1749 1557	217,69 1576	0,2300 296	113,36 416	0,2193 6019	61,119 042	0,2100 4201	31,865 313
S15	0,1692 9055	56,36 827	0,2061 0208	19,11 892	0,1894 1041	5,04 244	0,1695 0298	94,724 2775	0,1772 5121	34,994 0221	0,2101 2822	16,137 7449	0,2770 7552	7,350 957	0,1761 6529	216,13 4176	0,2307 882	111,30 0384	0,2199 7657	59,564 867	0,2104 3848	30,997 507
S16	0,1680 5209	56,77 294	0,2049 4938	19,47 728	0,1886 9486	5,19 16	0,1681 4332	95,307 3236	0,1760 3691	35,270 9449	0,2090 4463	16,454 1234	0,2770 1646	7,494 516	0,1749 0019	217,71 0744	0,2300 2164	113,38 5808	0,2193 5314	61,136 804	0,2100 3718	31,875 896
S17	0,1692 7173	56,37 442	0,2060 8613	19,12 388	0,1893 9774	5,04 508	0,1694 8362	94,732 583	0,1772 3247	34,998 2956	0,2101 1548	16,141 467	0,2770 7502	7,352 184	0,1761 4607	216,15 8136	0,2307 776	111,32 9248	0,2199 6953	59,582 629	0,2104 3364	31,008 09
S18	0,1692 7549	56,37 319	0,2060 8613	19,12 388	0,1893 9774	5,04 508	0,1694 8749	94,730 9219	0,1772 3247	34,998 2956	0,2101 1548	16,141 467	0,2770 7502	7,352 184	0,1761 4991	216,15 3344	0,2307 776	111,32 9248	0,2199 6953	59,582 629	0,2104 3364	31,008 09
TetaV =30	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
S1	0,1657 5588	57,52 324	0,2014 9926	20,54 988	0,1864 4689	5,66 02	0,1660 1667	96,219 2675	0,1734 134	35,869 2349	0,2056 9185	17,433 0357	0,2768 2866	7,950 96	0,1725 3149	220,66 2616	0,2277 2992	119,62 0432	0,2173 9832	66,065 759	0,2087 7526	34,638 059
S2	0,1695 1264	56,29 57	0,2051 2089	19,42 396	0,1887 2019	5,18 632	0,1700 8016	94,476 7736	0,1771 3878	35,019 6631	0,2091 2962	16,429 3094	0,2770 1848	7,489 608	0,1763 7678	215,87 0616	0,2301 4101	113,06 1088	0,2193 778	61,074 637	0,2100 5168	31,844 147

S3	0,1707 4356	55,89 349	0,2062 5764	19,07 056	0,1894 2307	5,03 98	0,1714 3983	93,893 7275	0,1783 4559	34,744 4497	0,2102 0471	16,115 4123	0,2770 7704	7,347 276	0,1776 3804	214,29 884	0,2308 9696	111,00 4528	0,2199 9066	59,529 343	0,2104 4815	30,976 341
S4	0,1707 398	55,89 472	0,2062 4966	19,07 304	0,1894 2307	5,03 98	0,1714 3208	93,897 0497	0,1783 4184	34,745 3044	0,2102 0046	16,116 653	0,2770 7704	7,347 276	0,1776 3035	214,30 8424	0,2308 943	111,01 1744	0,2199 8714	59,538 224	0,2104 4331	30,986 924
S5	0,1707 4356	55,89 349	0,2062 5365	19,07 18	0,1894 2307	5,03 98	0,1714 3595	93,895 3886	0,1783 4184	34,745 3044	0,2102 0471	16,115 4123	0,2770 7704	7,347 276	0,1776 3419	214,30 3632	0,2308 9696	111,00 4528	0,2199 9066	59,529 343	0,2104 4331	30,986 924
S6	0,1698 4766	56,18 623	0,2055 4767	19,29 128	0,1904 0458	4,83 52	0,1711 7254	94,008 3434	0,1771 5752	35,015 3896	0,2098 4351	16,220 8718	0,2771 5226	7,164 453	0,1767 1901	215,44 4128	0,2304 2217	112,29 6192	0,2201 9143	59,023 126	0,2111 7823	29,378 308
S7	0,1704 3113	55,99 558	0,2059 6647	19,16 108	0,1892 4577	5,07 676	0,1710 912	94,043 2265	0,1780 3826	34,814 5351	0,2099 3275	16,194 8171	0,2770 624	7,382 859	0,1773 1503	214,70 1368	0,2307 0598	111,52 408	0,2198 3569	59,920 107	0,2103 4661	31,198 584
S8	0,1695 0888	56,29 693	0,2051 169	19,42 52	0,1887 2019	5,18 632	0,1700 7629	94,478 4347	0,1771 3503	35,020 5178	0,2091 2962	16,429 3094	0,2770 1848	7,489 608	0,1763 7294	215,87 5408	0,2301 3835	113,06 8304	0,2193 7428	61,083 518	0,2100 5168	31,844 147
S9	0,1704 3489	55,99 435	0,2059 7445	19,15 86	0,1892 521	5,07 544	0,1710 9894	94,039 9043	0,1780 4201	34,813 6804	0,2099 37	16,193 5764	0,2770 624	7,382 859	0,1773 1888	214,69 6576	0,2307 0863	111,51 6864	0,2198 3921	59,911 226	0,2103 4661	31,198 584
S10	0,1707 0592	55,90 579	0,2062 2174	19,08 172	0,1894 0407	5,04 376	0,1713 9722	93,911 9996	0,1783 0811	34,752 9967	0,2101 7497	16,124 0972	0,2770 7552	7,350 957	0,1775 9959	214,34 676	0,2308 7574	111,06 2256	0,2199 7305	59,573 748	0,2104 3364	31,008 09
S11	0,1594 6951	59,57 734	0,1946 708	22,67 276	0,1819 5729	6,59 608	0,1595 786	98,980 0157	0,1669 446	37,344 4471	0,1991 0954	19,354 88	0,2764 5356	8,862 621	0,1660 9063	228,68 9216	0,2231 9952	131,94 536	0,2135 6616	75,728 287	0,2062 6108	40,141 219
S12	0,1694 9758	56,30 062	0,2051 0494	19,42 892	0,1887 1385	5,18 764	0,1700 608	94,485 0791	0,1771 2379	35,023 0819	0,2091 1687	16,433 0315	0,2770 1797	7,490 835	0,1763 614	215,88 9784	0,2301 304	113,08 9952	0,2181 0276	64,289 559	0,2100 4685	31,854 73
S13	0,1707 0968	55,90 456	0,2062 2174	19,08 172	0,1894 0407	5,04 376	0,1714 0109	93,910 3385	0,1783 1186	34,752 142	0,2101 7497	16,124 0972	0,2770 7552	7,350 957	0,1775 9959	214,34 676	0,2308 7574	111,06 2256	0,2199 7305	59,573 748	0,2104 3364	31,008 09
S14	0,1694 8253	56,30 554	0,2050 9297	19,43 264	0,1887 0752	5,18 896	0,1700 4917	94,490 0624	0,1771 0879	35,026 5007	0,2091 0837	16,435 5129	0,2770 1696	7,493 289	0,1763 4602	215,90 8952	0,2301 2244	113,11 16	0,2193 6371	61,110 161	0,2100 4201	31,865 313
S15	0,1707 1345	55,90 333	0,2062 2972	19,07 924	0,1894 1041	5,04 244	0,1714 0496	93,908 6774	0,1783 1561	34,751 2873	0,2101 7922	16,122 8565	0,2770 7552	7,350 957	0,1776 0728	214,33 7176	0,2308 8104	111,04 7824	0,2199 7657	59,564 867	0,2104 3848	30,997 507
S16	0,1694 6747	56,31 046	0,2050 7702	19,43 76	0,1886 9486	5,19 16	0,1700 2981	94,498 3679	0,1770 938	35,029 9195	0,2090 9137	16,440 4757	0,2770 1646	7,494 516	0,1763 3064	215,92 812	0,2317 0596	108,80 3648	0,2193 5314	61,136 804	0,2100 3718	31,875 896
S17	0,1706 9839	55,90 825	0,2062 1376	19,08 42	0,1893 9774	5,04 508	0,1713 8947	93,915 3218	0,1783 0061	34,754 7061	0,2101 6647	16,126 5786	0,2770 7502	7,352 184	0,1775 8805	214,36 1136	0,2308 7043	111,07 6688	0,2199 6953	59,582 629	0,2104 3364	31,008 09
S18	0,1706 9839	55,90 825	0,2062 1376	19,08 42	0,1893 9774	5,04 508	0,1713 8947	93,915 3218	0,1783 0061	34,754 7061	0,2101 6647	16,126 5786	0,2770 7502	7,352 184	0,1775 919	214,35 6344	0,2308 7043	111,07 6688	0,2199 6953	59,582 629	0,2104 3364	31,008 09

Tableau 3 : Valeurs du compte numérique et de la réflectance dans la baie de Bou Ismail et à 20 mètres.

TetaV =10	XS1		XS2		XS3		TM1		TM2		TM3		TM4		MSS4		MSS5		MSS6		MSS7	
	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
S1	0,2135 398	41,90 962	0,2110 1602	17,59 124	0,1864 6589	5,65 624	0,2108 1196	77,010 3071	0,2186 5756	25,551 2965	0,2097 7977	16,239 4823	0,2768 2967	7,948 506	0,2206 6686	160,67 636	0,2342 0457	102,00 6176	0,2174 8638	65,843 734	0,2087 8493	34,616 893
S2	0,2183 9574	40,32 292	0,2147 972	16,41 572	0,1887 3918	5,18 236	0,2159 7946	74,794 3997	0,2233 8736	24,472 6651	0,2132 8128	15,217 1455	0,2770 1999	7,485 927	0,2256 196	154,50 4264	0,2367 2971	95,136 544	0,2194 6938	60,843 731	0,2100 6135	31,822 981
S3	0,2199 6921	39,80 878	0,2159 818	16,04 744	0,1894 4207	5,03 584	0,2176 7613	74,066 8379	0,2249 0525	24,126 5116	0,2143 7337	14,898 2856	0,2770 7855	7,343 595	0,2272 2309	152,50 6	0,2375 2279	92,978 96	0,2200 8224	59,298 437	0,2104 5782	30,955 175

S4	0,2199 6168	39,81 124	0,2160 0574	16,04	0,1894 3574	5,03 716	0,2176 6839	74,070 1601	0,2248 9775	24,128 221	0,2143 6912	14,899 5263	0,2770 7805	7,344 822	0,2272 1539	152,51 5584	0,2375 2014	92,986 176	0,2200 8224	59,298 437	0,2104 5298	30,965 758
S5	0,2199 6545	39,81 001	0,2159 818	16,04 744	0,1894 4207	5,03 584	0,2176 7226	74,068 499	0,2249 015	24,127 3663	0,2143 7337	14,898 2856	0,2770 7805	7,344 822	0,2272 1924	152,51 0792	0,2375 2279	92,978 96	0,2200 8224	59,298 437	0,2104 5298	30,965 758
S6	0,2186 7429	40,23 19	0,2153 4363	16,24 584	0,1904 2358	4,83 124	0,2167 5032	74,463 8408	0,2197 4819	25,302 5788	0,2140 5042	14,992 5788	0,2771 5377	7,160 772	0,2259 08	154,14 4864	0,2370 8514	94,169 6	0,2202 8653	58,783 339	0,2111 879	29,357 142
S7	0,2195 6643	39,94 039	0,2156 8266	16,14 044	0,1892 6476	5,07 28	0,2172 4228	74,252 8811	0,2245 1922	24,214 5457	0,2140 9716	14,978 9311	0,2770 6341	7,380 405	0,2268 1164	153,01 8744	0,2373 2121	93,527 376	0,2199 2726	59,689 201	0,2103 5628	31,177 418
S8	0,2183 9197	40,32 415	0,2147 9321	16,41 696	0,1887 3918	5,18 236	0,2159 7559	74,796 0608	0,2233 8362	24,473 5198	0,2132 8128	15,217 1455	0,2770 1949	7,487 154	0,2256 1575	154,50 9056	0,2367 2971	95,136 544	0,2194 6585	60,852 612	0,2100 6135	31,822 981
S9	0,2195 7396	39,93 793	0,2156 8665	16,13 92	0,1892 6476	5,07 28	0,2172 5003	74,249 5589	0,2245 2671	24,212 8363	0,2141 0141	14,977 6904	0,2770 6391	7,379 178	0,2268 2317	153,00 4368	0,2373 2651	93,512 944	0,2199 3079	59,680 32	0,2103 5628	31,177 418
S10	0,2199 2027	39,82 477	0,2159 4591	16,05 86	0,1894 1674	5,04 112	0,2176 2578	74,088 4322	0,2248 6027	24,136 768	0,2143 4363	14,906 9705	0,2770 7653	7,348 503	0,2271 731	152,56 8296	0,2374 9892	93,043 904	0,2200 6463	59,342 842	0,2104 4331	30,986 924
S11	0,2050 5508	44,68 204	0,2038 6449	19,81 456	0,1819 6995	6,59 344	0,2021 7752	80,712 899	0,2111 8059	27,256 423	0,2030 7422	18,197 3069	0,2764 5508	8,858 94	0,2120 1495	171,45 836	0,2294 4341	114,95 8896	0,2136 5422	75,506 262	0,2062 7075	40,120 053
S12	0,2183 7691	40,32 907	0,2147 8124	16,42 068	0,1887 3285	5,18 368	0,2159 5622	74,804 3663	0,2233 6862	24,476 9386	0,2132 6853	15,220 8676	0,2770 1898	7,488 381	0,2256 0037	154,52 8224	0,2367 191	95,165 408	0,2194 6233	60,861 493	0,2100 5652	31,833 564
S13	0,2199 2404	39,82 354	0,2159 499	16,05 736	0,1894 2307	5,03 98	0,2176 2578	74,088 4322	0,2248 6027	24,136 768	0,2143 4363	14,906 9705	0,2770 7653	7,348 503	0,2271 7694	152,56 3504	0,2374 9892	93,043 904	0,2200 6463	59,342 842	0,2104 4331	30,986 924
S14	0,2183 6186	40,33 399	0,2147 6927	16,42 44	0,1887 2019	5,18 632	0,2159 4072	74,811 0107	0,2237 2842	24,394 8874	0,2132 5578	15,224 5897	0,2770 1848	7,489 608	0,2255 8499	154,54 7392	0,2367 1114	95,187 056	0,2194 5529	60,879 255	0,2100 5168	31,844 147
S15	0,2199 3157	39,82 108	0,2159 5388	16,05 612	0,1894 2307	5,03 98	0,2176 3352	74,085 11	0,2248 6777	24,135 0586	0,2143 4788	14,905 7298	0,2770 7704	7,347 276	0,2271 8463	152,55 392	0,2375 0423	93,029 472	0,2200 6815	59,333 961	0,2104 4815	30,976 341
S16	0,2183 3927	40,34 137	0,2147 5332	16,42 936	0,1887 1385	5,18 764	0,2159 1748	74,820 9773	0,2233 3489	24,484 6309	0,2132 4303	15,228 3118	0,2770 1747	7,492 062	0,2255 6192	154,57 6144	0,2367 0053	95,215 92	0,2194 4472	60,905 898	0,2100 4685	31,854 73
S17	0,2199 0898	39,82 846	0,2159 3793	16,06 108	0,1894 1674	5,04 112	0,2176 1028	74,095 0766	0,2248 4903	24,139 3321	0,2143 3513	14,909 4519	0,2770 7603	7,349 73	0,2271 6156	152,58 2672	0,2374 9362	93,058 336	0,2200 6111	59,351 723	0,2104 4331	30,986 924
S18	0,2199 0898	39,82 846	0,2159 3793	16,06 108	0,1894 1674	5,04 112	0,2176 1416	74,093 4155	0,2248 4903	24,139 3321	0,2143 3513	14,909 4519	0,2770 7653	7,348 503	0,2271 6541	152,57 788	0,2374 9362	93,058 336	0,2200 6111	59,351 723	0,2104 4331	30,986 924
TetaV =20	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
S1	0,2138 2212	41,81 737	0,2110 1602	17,59 124	0,1864 6589	5,65 624	0,2113 3879	76,784 3975	0,2187 9249	25,520 5273	0,2097 7977	16,239 4823	0,2768 2967	7,948 506	0,2209 5526	160,31 696	0,2342 0457	102,00 6176	0,2174 8638	65,843 734	0,2087 8493	34,616 893
S2	0,2186 8182	40,22 944	0,2147 972	16,41 572	0,1887 3918	5,18 236	0,2165 179	74,563 5068	0,2235 2603	24,441 0412	0,2132 8128	15,217 1455	0,2770 1999	7,485 927	0,2259 1184	154,14 0072	0,2367 2971	95,136 544	0,2194 6938	60,843 731	0,2100 6135	31,822 981
S3	0,2202 553	39,71 53	0,2159 818	16,04 744	0,1894 4207	5,03 584	0,2182 1845	73,834 2839	0,2250 4392	24,094 8877	0,2143 7337	14,898 2856	0,2770 7855	7,343 595	0,2275 1533	152,14 1808	0,2375 2279	92,978 96	0,2200 8224	59,298 437	0,2104 5782	30,955 175
S4	0,2202 5153	39,71 653	0,2160 0574	16,04	0,1894 3574	5,03 716	0,2182 107	73,837 6061	0,2250 3642	24,096 5971	0,2143 6912	14,899 5263	0,2770 7805	7,344 822	0,2275 1148	152,14 66	0,2375 2014	92,986 176	0,2200 8224	59,298 437	0,2104 5298	30,965 758
S5	0,2202 553	39,71 53	0,2159 818	16,04 744	0,1894 4207	5,03 584	0,2182 1458	73,835 945	0,2250 4017	24,095 7424	0,2143 7337	14,898 2856	0,2770 7805	7,344 822	0,2275 1533	152,14 1808	0,2375 2279	92,978 96	0,2200 8224	59,298 437	0,2104 5298	30,965 758
S6	0,2189 6414	40,13 719	0,2153 4363	16,24 584	0,1904 2358	4,83 124	0,2172 9264	74,231 2868	0,2236 3472	24,416 2549	0,2140 5042	14,992 5788	0,2771 5377	7,160 772	0,2262 0408	153,77 588	0,2370 8514	94,169 6	0,2202 8653	58,783 339	0,2111 879	29,357 142

S7	0,2198 5628	39,84 568	0,2156 8266	16,14 044	0,1892 6476	5,07 28	0,2177 846	74,020 3271	0,2246 5789	24,182 9218	0,2140 9716	14,978 9311	0,2770 6341	7,380 405	0,2271 0773	152,64 976	0,2373 2121	93,527 376	0,2199 2726	59,689 201	0,2103 5628	31,177 418
S8	0,2186 8182	40,22 944	0,2147 9321	16,41 696	0,1887 3918	5,18 236	0,2165 1403	74,565 1679	0,2235 2229	24,441 8959	0,2132 8128	15,217 1455	0,2770 1949	7,487 154	0,2259 1184	154,14 0072	0,2367 2971	95,136 544	0,2194 6585	60,852 612	0,2100 6135	31,822 981
S9	0,2198 6381	39,84 322	0,2156 8665	16,13 92	0,1892 6476	5,07 28	0,2177 9234	74,017 0049	0,2246 6538	24,181 2124	0,2141 0141	14,977 6904	0,2770 6391	7,379 178	0,2271 1542	152,64 0176	0,2373 2651	93,512 944	0,2199 3079	59,680 32	0,2103 5628	31,177 418
S10	0,2202 1012	39,73 006	0,2159 4591	16,05 86	0,1894 1674	5,04 112	0,2181 6809	73,855 8782	0,2249 9894	24,105 1441	0,2143 4363	14,906 9705	0,2770 7653	7,348 503	0,2159 3331	166,57 5312	0,2374 9892	93,043 904	0,2200 6463	59,342 842	0,2104 4331	30,986 924
S11	0,2053 2235	44,59 471	0,2038 6449	19,81 456	0,1819 6995	6,59 344	0,2026 7722	80,498 6171	0,2103 1108	27,454 7134	0,2030 7422	18,197 3069	0,2764 5508	8,858 94	0,2122 8797	171,11 8128	0,2294 4341	114,95 8896	0,2136 5422	75,506 262	0,2062 7075	40,120 053
S12	0,2186 63	40,23 559	0,2147 8124	16,42 068	0,1887 3285	5,18 368	0,2164 9466	74,573 4734	0,2235 073	24,445 3147	0,2132 6853	15,220 8676	0,2770 1898	7,488 381	0,2258 9261	154,16 4032	0,2367 191	95,165 408	0,2194 6233	60,861 493	0,2100 5652	31,833 564
S13	0,2202 1012	39,73 006	0,2159 499	16,05 736	0,1894 2307	5,03 98	0,2181 7197	73,854 2171	0,2249 9894	24,105 1441	0,2143 4363	14,906 9705	0,2770 7653	7,348 503	0,2274 6918	152,19 9312	0,2375 0157	93,036 688	0,2200 6463	59,342 842	0,2104 4331	30,986 924
S14	0,2186 4794	40,24 051	0,2147 6927	16,42 44	0,1887 2019	5,18 632	0,2164 7917	74,580 1178	0,2234 923	24,448 7335	0,2132 5578	15,224 5897	0,2770 1848	7,489 608	0,2258 7723	154,18 32	0,2367 1114	95,187 056	0,2194 5529	60,879 255	0,2100 5168	31,844 147
S15	0,2202 1765	39,72 76	0,2159 5388	16,05 612	0,1894 2307	5,03 98	0,2181 7971	73,850 8949	0,2250 0644	24,103 4347	0,2143 4788	14,905 7298	0,2770 7704	7,347 276	0,2274 7687	152,18 9728	0,2375 0423	93,029 472	0,2200 6815	59,333 961	0,2104 4815	30,976 341
S16	0,2186 2912	40,24 666	0,2147 5332	16,42 936	0,1887 1385	5,18 764	0,2164 5592	74,590 0844	0,2234 7356	24,453 007	0,2132 4303	15,228 3118	0,2770 1747	7,492 062	0,2258 5801	154,20 716	0,2367 0053	95,215 92	0,2194 4472	60,905 898	0,2100 4685	31,854 73
S17	0,2201 9883	39,73 375	0,2159 3793	16,06 108	0,1894 1674	5,04 112	0,2181 5647	73,860 8615	0,2249 877	24,107 7082	0,2143 3513	14,909 4519	0,2770 7603	7,349 73	0,2274 5765	152,21 3688	0,2374 9362	93,058 336	0,2200 6111	59,351 723	0,2104 4331	30,986 924
S18	0,2201 9883	39,73 375	0,2159 3793	16,06 108	0,1894 1674	5,04 112	0,2181 5647	73,860 8615	0,2249 877	24,107 7082	0,2143 3513	14,909 4519	0,2770 7653	7,348 503	0,2274 5765	152,21 3688	0,2374 9362	93,058 336	0,2200 6111	59,351 723	0,2104 4331	30,986 924

TetaV =30	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.	Réf.	C.N.
S1	0,2143 303	41,65 132	0,2110 1602	17,59 124	0,1864 6589	5,65 624	0,2122 9559	76,374 1058	0,2190 3985	25,464 1171	0,2097 7977	16,239 4823	0,2768 2967	7,948 506	0,2214 7822	159,66 5248	0,2342 0457	102,00 6176	0,2174 8638	65,843 734	0,2087 8493	34,616 893
S2	0,2192 0882	40,05 724	0,2147 972	16,41 572	0,1887 3918	5,18 236	0,2175 0182	74,141 5874	0,2237 8089	24,382 9216	0,2132 8128	15,217 1455	0,2770 1999	7,485 927	0,2264 4634	153,47 3984	0,2367 2971	95,136 544	0,2194 6938	60,843 731	0,2100 6135	31,822 981
S3	0,2170 18	40,77 31	0,2159 818	16,04 744	0,1894 4207	5,03 584	0,2192 1011	73,409 0423	0,2252 9877	24,036 7681	0,2143 7337	14,898 2856	0,2770 7855	7,343 595	0,2280 5367	151,47 0928	0,2375 2279	92,978 96	0,2200 8224	59,298 437	0,2104 5782	30,955 175
S4	0,2207 7853	39,54 433	0,2160 0574	16,04 16,04	0,1894 3574	5,03 716	0,2192 0237	73,412 3645	0,2252 9128	24,038 4775	0,2143 6912	14,899 5263	0,2770 7805	7,344 822	0,2280 4982	151,47 572	0,2375 2014	92,986 176	0,2200 8224	59,298 437	0,2104 5298	30,965 758
S5	0,2207 823	39,54 31	0,2159 818	16,04 744	0,1894 4207	5,03 584	0,2192 0624	73,410 7034	0,2252 9502	24,037 6228	0,2143 7337	14,898 2856	0,2770 7805	7,344 822	0,2280 5367	151,47 0928	0,2375 2279	92,978 96	0,2200 8224	59,298 437	0,2104 5298	30,965 758
S6	0,2194 8738	39,96 622	0,2153 4363	16,24 584	0,1904 2358	4,83 124	0,2182 843	73,806 0452	0,2238 8958	24,358 1353	0,2140 5042	14,992 5788	0,2771 5377	7,160 772	0,2267 3858	153,10 9792	0,2370 8514	94,169 6	0,2202 8653	58,783 339	0,2111 879	29,357 142
S7	0,2203 8328	39,67 348	0,2156 8266	16,14 044	0,1892 6476	5,07 28	0,2187 7239	73,596 7466	0,2249 1274	24,124 8022	0,2140 9716	14,978 9311	0,2770 6341	7,380 405	0,2276 4607	151,97 888	0,2373 2121	93,527 376	0,2199 2726	59,689 201	0,2103 5628	31,177 418
S8	0,2192 0506	40,05 847	0,2147 9321	16,41 696	0,1887 3918	5,18 236	0,2174 9794	74,143 2485	0,2237 7714	24,383 7763	0,2132 8128	15,217 1455	0,2770 1949	7,487 154	0,2264 4634	153,47 3984	0,2367 2971	95,136 544	0,2194 6585	60,852 612	0,2100 6135	31,822 981
S9	0,2203 9081	39,67 102	0,2156 8665	16,13 92	0,1892 6476	5,07 28	0,2187 8013	73,593 4244	0,2249 2024	24,123 0928	0,2141 0141	14,977 6904	0,2770 6391	7,379 178	0,2276 5376	151,96 9296	0,2373 2651	93,512 944	0,2199 3079	59,680 32	0,2103 5628	31,177 418

S10	0,2169 7283	40,78 786	0,2159 4591	16,05 86	0,1894 1674	5,04 112	0,2191 5976	73,430 6366	0,2252 538	24,047 0245	0,2143 4363	14,906 9705	0,2770 7653	7,348 503	0,2280 0753	151,52 8432	0,2374 9892	93,043 904	0,2200 6463	59,342 842	0,2104 4331	30,986 924
S11	0,2058 0794	44,43 604	0,2038 6449	19,81 456	0,1819 6995	6,59 344	0,2035 8754	80,108 2586	0,2105 472	27,400 8673	0,2030 7422	18,197 3069	0,2764 5508	8,858 94	0,2127 8401	170,49 996	0,2294 4341	114,95 8896	0,2136 5422	75,506 262	0,2062 7075	40,120 053
S12	0,2191 8624	40,06 462	0,2147 8124	16,42 068	0,1887 3285	5,18 368	0,2174 7858	74,151 554	0,2237 6215	24,387 1951	0,2132 6853	15,220 8676	0,2770 1898	7,488 381	0,2264 2711	153,49 7944	0,2367 191	95,165 408	0,2194 6233	60,861 493	0,2100 5652	31,833 564
S13	0,2207 3713	39,55 786	0,2159 499	16,05 736	0,1894 2307	5,03 98	0,2191 5976	73,430 6366	0,2252 538	24,047 0245	0,2143 4363	14,906 9705	0,2770 7653	7,348 503	0,2280 1137	151,52 364	0,2375 0157	93,036 688	0,2200 6463	59,342 842	0,2104 4331	30,986 924
S14	0,2191 7118	40,06 954	0,2147 6927	16,42 44	0,1887 2019	5,18 632	0,2174 5921	74,159 8595	0,2237 4341	24,391 4686	0,2132 5578	15,224 5897	0,2770 1848	7,489 608	0,2264 1173	153,51 7112	0,2367 1114	95,187 056	0,2194 5529	60,879 255	0,2100 5168	31,844 147
S15	0,2207 4465	39,55 54	0,2159 5388	16,05 612	0,1894 2307	5,03 98	0,2191 675	73,427 3144	0,2252 6129	24,045 3151	0,2143 4788	14,905 7298	0,2770 7704	7,347 276	0,2280 1906	151,51 4056	0,2375 0423	93,029 472	0,2200 6815	59,333 961	0,2104 4815	30,976 341
S16	0,2191 5236	40,07 569	0,2147 5332	16,42 936	0,1887 1385	5,18 764	0,2174 3984	74,168 165	0,2237 2467	24,395 7421	0,2132 4303	15,228 3118	0,2770 1747	7,492 062	0,2263 925	153,54 1072	0,2367 0318	95,208 704	0,2194 4472	60,905 898	0,2100 4685	31,854 73
S17	0,2207 2583	39,56 155	0,2159 3793	16,06 108	0,1894 1674	5,04 112	0,2191 4426	73,437 281	0,2252 4255	24,049 5886	0,2143 3513	14,909 4519	0,2770 7603	7,349 73	0,2279 9599	151,54 2808	0,2374 9362	93,058 336	0,2200 6111	59,351 723	0,2104 4331	30,986 924
S18	0,2207 2583	39,56 155	0,2159 3793	16,06 108	0,1894 1674	5,04 112	0,2191 4813	73,435 6199	0,2252 4255	24,049 5886	0,2143 3513	14,909 4519	0,2770 7653	7,348 503	0,2279 9599	151,54 2808	0,2374 9362	93,058 336	0,2200 6111	59,351 723	0,2104 4331	30,986 924

Annexe 5

1. Baie d'El Djamila
 - d. Spot

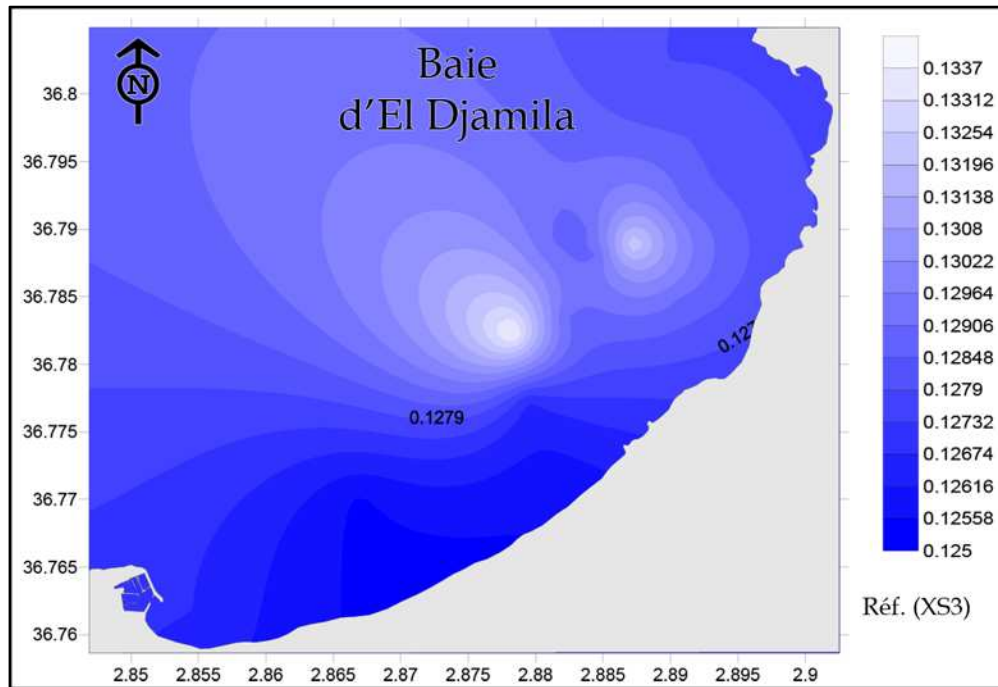


Figure 11 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal XS3 de Spot.

- e. Landsat TM

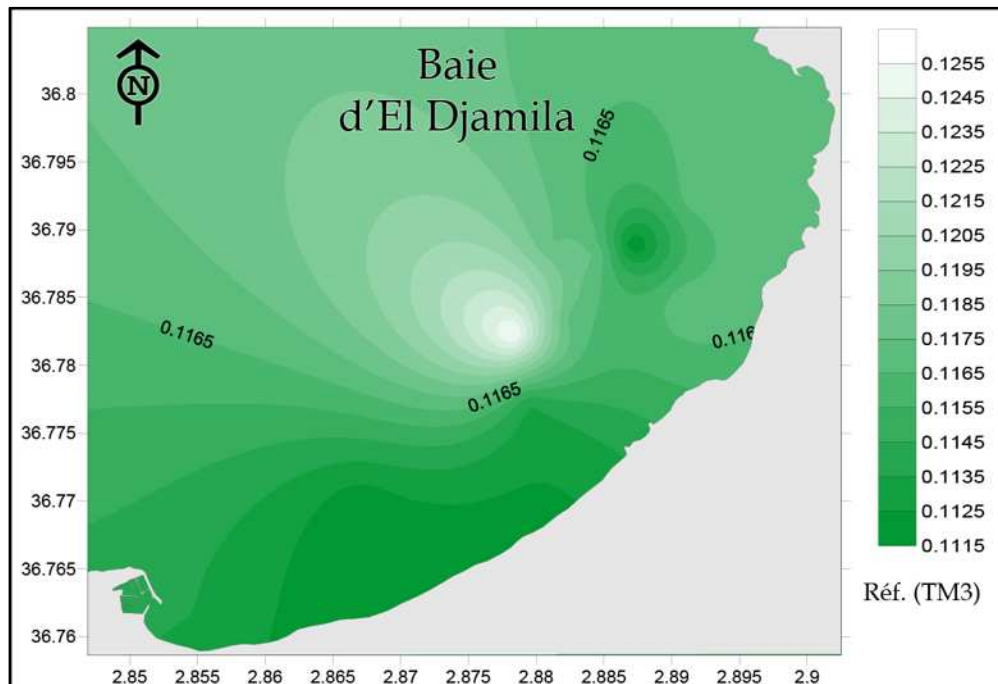


Figure 12 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal TM3 de Landsat TM.

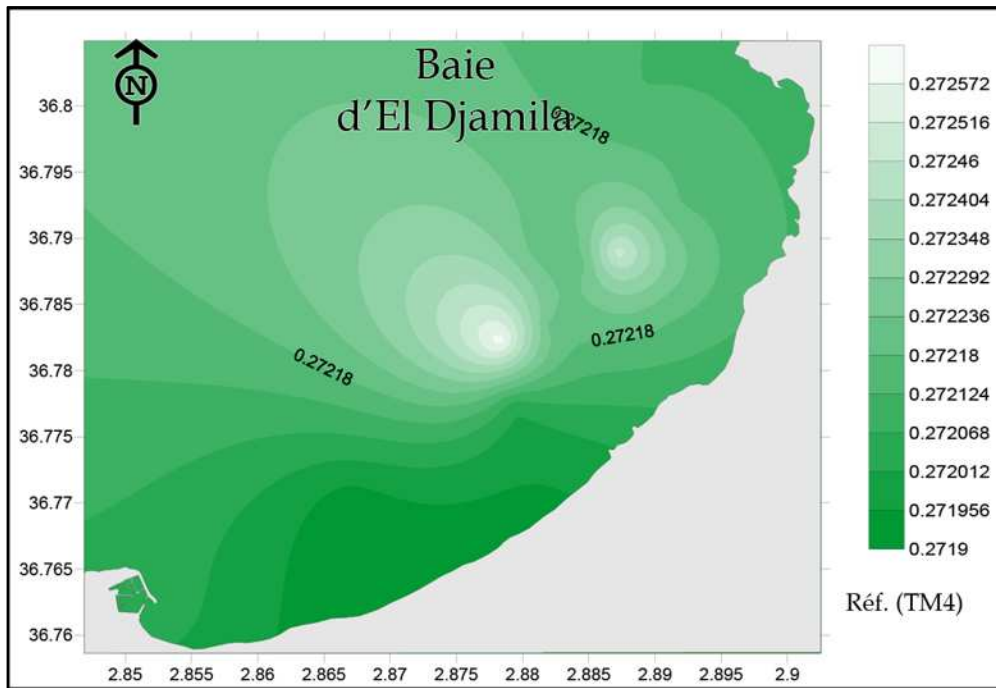


Figure 13 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal TM4 de Landsat TM.
f. Landsat MSS

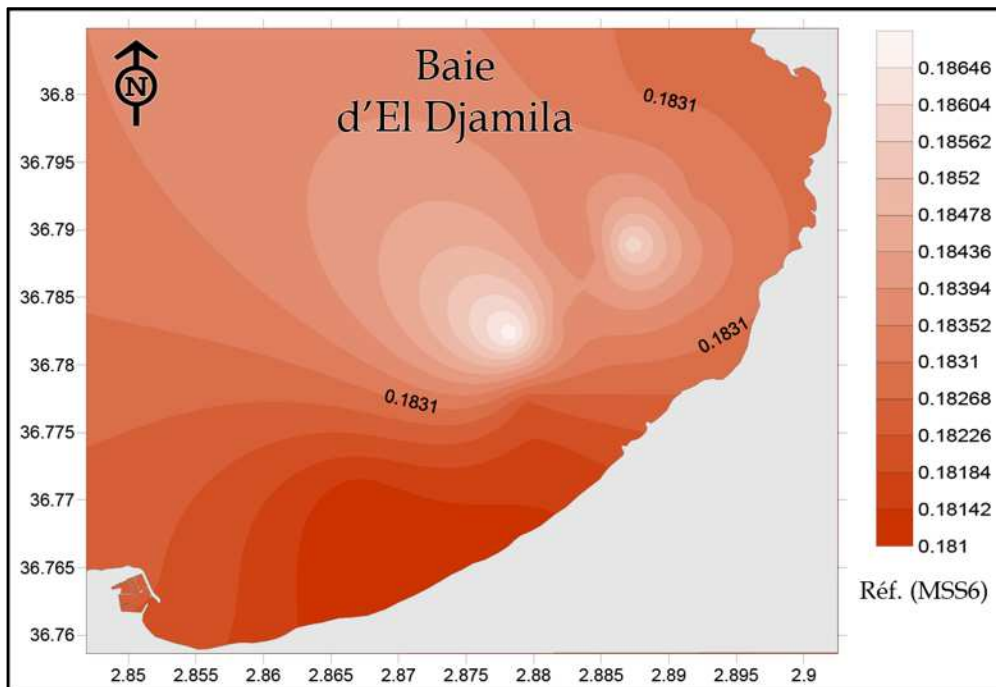


Figure 14 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamila à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal MSS6 de Landsat MSS.

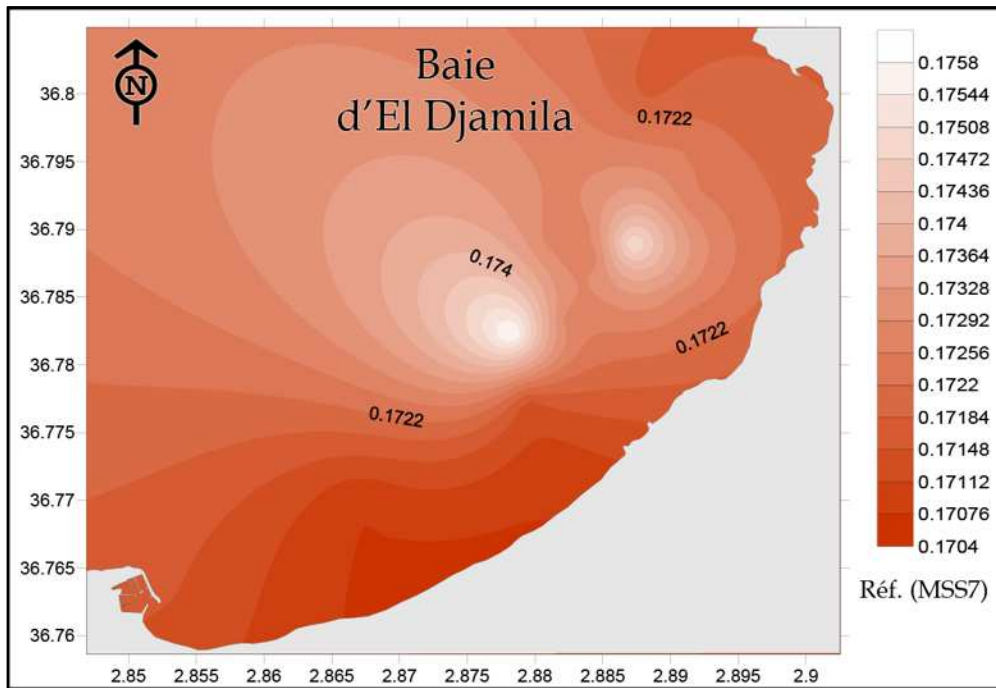


Figure 15 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'El Djamilia à une profondeur de 1 mètre et un $TetaV=10$ du canal MSS7 de Landsat MSS.

2. Baie d'Alger
 - d. Spot

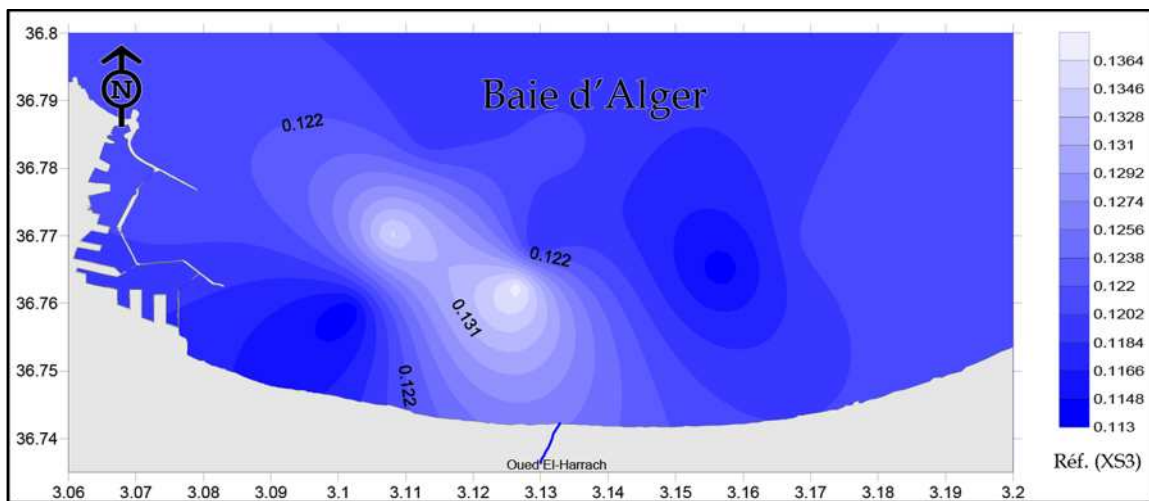


Figure 16 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger à une profondeur de 1 mètre et un $TetaV=10$ du canal XS3 de Spot.

e. Landsat TM

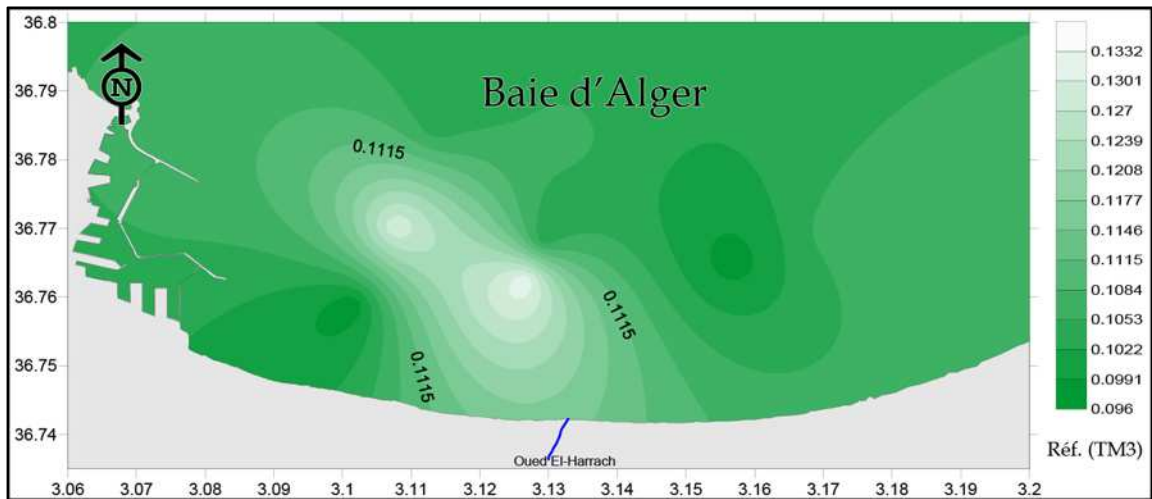


Figure 17 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal TM3 de Landsat TM.

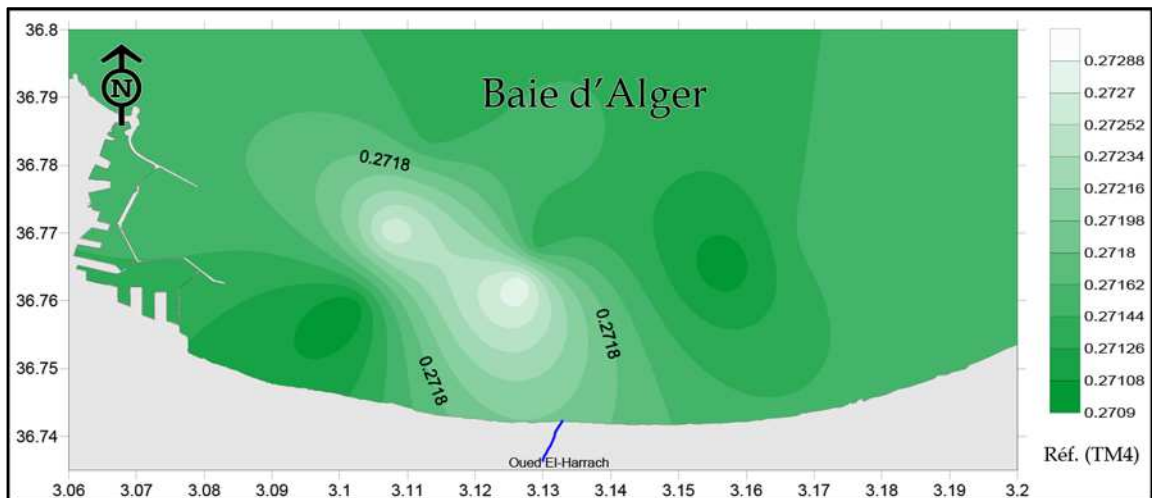


Figure 18 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal TM4 de Landsat TM.

f. Landsat MSS

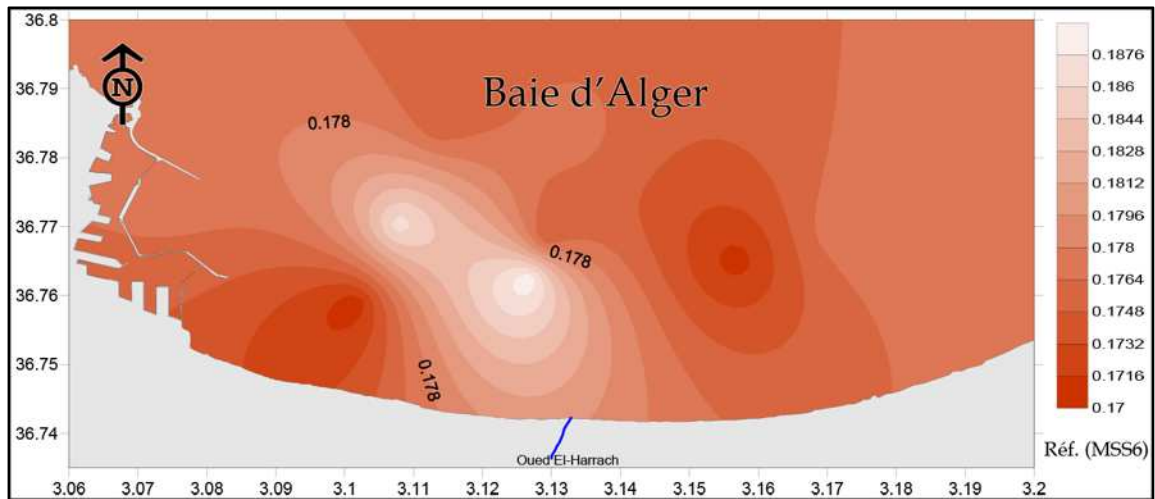


Figure 19 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal MSS6 de Landsat MSS.

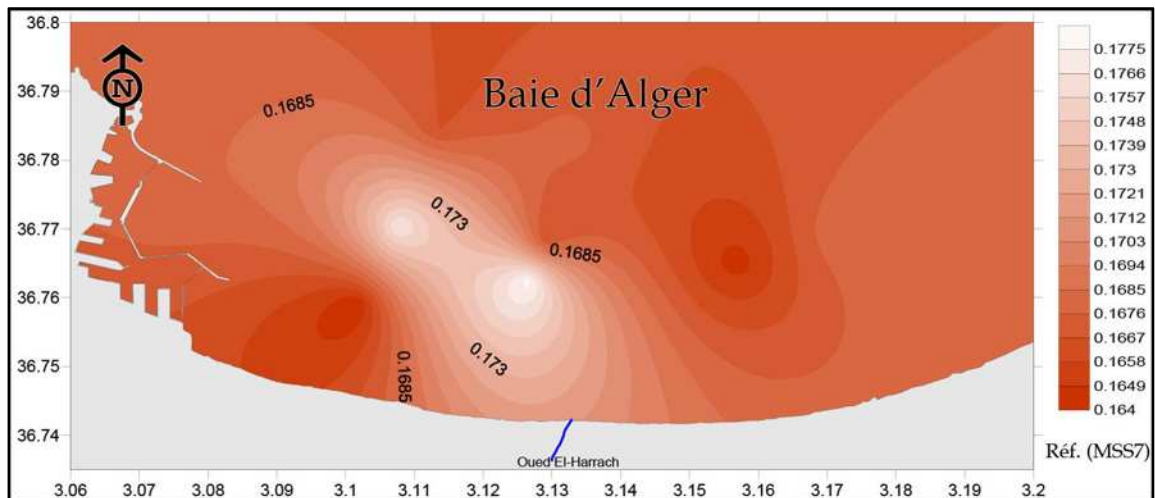


Figure 20 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie d'Alger à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal MSS7 de Landsat MSS.

3. Baie de Bou Ismail

d. Spot

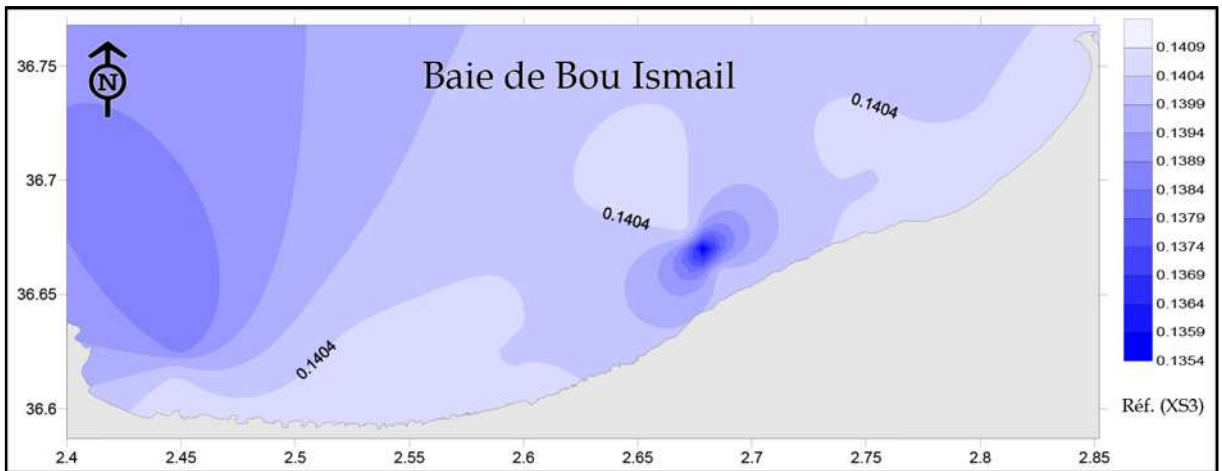


Figure 21 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal XS3 de Spot.

e. Landsat TM

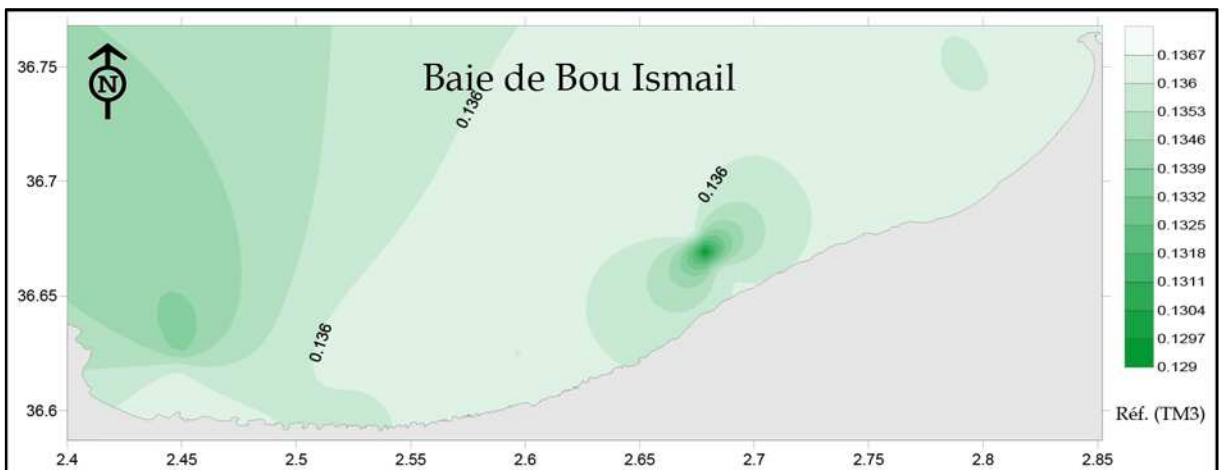


Figure 22 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal TM3 de Landsat TM.

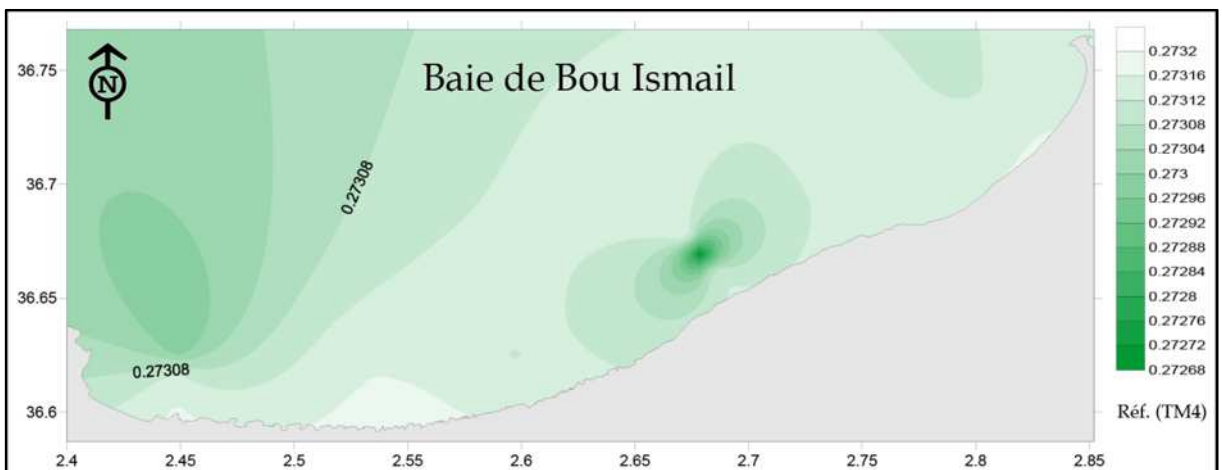


Figure 23 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal TM4 de Landsat TM.

f. Landsat MSS

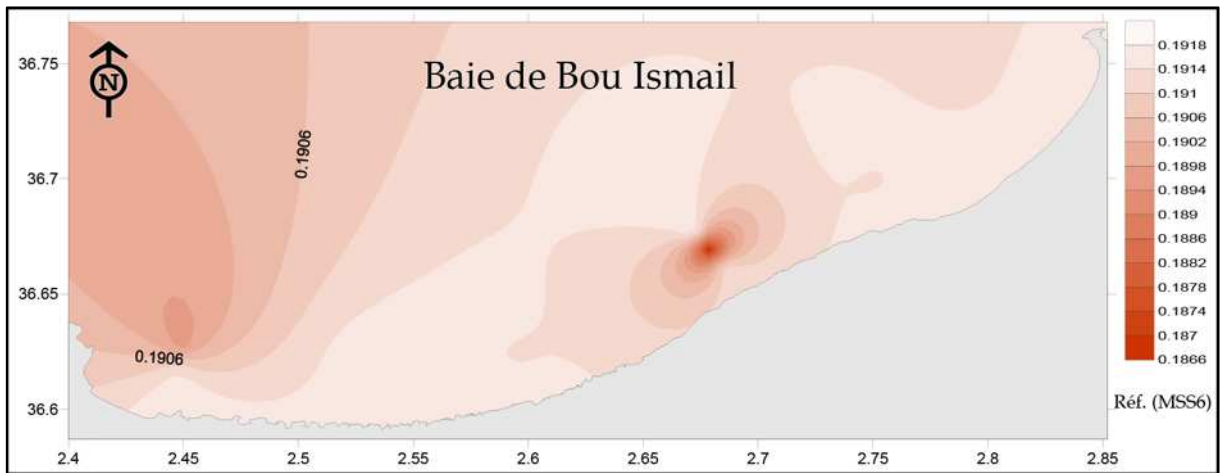


Figure 24 : Distribution spatiale de la réflectance de l'eau de mer de la baie de Bou Ismail à une profondeur de 1 mètre et un TetaV=10 du canal MSS6 de Landsat MSS.

Annexe 6

Protocole pour la préparation des des réactifs pour l'analyses des sels nutritifs.

a) Ammonium (NH_4^+)

a. Préparation des réactifs

• *Solution tampon*

Produits chimiques exigés :

- Tartrate de potassium et de sodium ($C_4H_4O_6KNa \cdot 4H_2O$), 33 g.
- Citrate de sodium ($C_6H_5O_7Na_3 \cdot H_2O$), 24 g.
- Acide sulfurique à 1N (H_2SO_4), quelques ml.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.
- Brij 35 à 30 %, 2 ml.

Préparation :

Dissoudre le tartrate de potassium et de sodium dans ~ 800 ml d'eau distillée. Ajouter le citrate de sodium et dissoudre. Ajuster le pH à 5 avec la solution d'acide sulfurique. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le Brij 35 et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 semaine. Elle se conserve à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

• *Solution de phénol*

Produits chimiques exigés :

- Phénol (C_6H_5OH), 6g.
- Hydroxyde de sodium ($NaOH$), 40 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

Dissoudre le phénol dans ~ 50 ml d'eau distillée. Ajouter l'hydroxyde de sodium. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 semaine.

• *Solution d'hypochlorite de sodium*

Produits chimiques exigés :

- Solution d'hypochlorite de sodium ($NaClO$) à 13 % de chlore actif, 200 ml.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

Diluer la solution d'hypochlorite de sodium dans ~ 700 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

- ***Solution de nitroprussiate de sodium***

Produits chimiques exigés :

- Nitroprussiate de sodium ($Na_2[Fe(CN)_5NO] \cdot 2H_2O$), 0,5 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

Dissoudre le nitroprussiate de sodium dans ~ 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

Note : Conserver dans une bouteille à couleur sombre. La solution est stable pendant 1 semaine. A conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

- b. Préparation des solutions étalons**

- ***Solution mère à 100 ppm N***

Produits chimiques exigés :

- Chlorure d'ammonium (NH_4Cl), 0,3819 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans ~ 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 mois. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

- ***Solution fille à 10 ppm N***

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans l'eau distillée en ajustant un volume de 100 ml.

Note : Préparer la solution fille chaque semaine et les standards chaque jour.

- b) Nitrate et Nitrite (NO_3^- et NO_2^-)**

- a. Préparation des réactifs**

- ***Solution tampon***

Produits chimiques exigés :

- Chlorure d'ammonium (NH_4Cl), 50 g.
- Solution d'ammonium (NH_4OH) à 25 %, ±1 ml.

- Hydroxyde de sodium ($NaOH$), 5 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.
- Bridj 35 à 30 %, 3 ml.

Préparation :

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster le pH à 8,2 avec la solution d'ammonium. Ajouter l'hydroxyde de sodium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée, ajouter le Bridj 35 et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

• **Réactif colorant**

Produits chimiques exigés :

- Acide o-phosphorique (H_3PO_4) à 85 %, 50 ml.
- Sulfanilamide ($C_6H_8N_2O_2S$), 10 g.
- α -naphtyléthylène diamine dihydrochloride ($C_{12}H_{16}Cl_2N_2$), 0,5g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

Diluer l'acide o-phosphorique dans ~ 750 ml d'eau distillée. Ajouter le sulfanilamide et le α -naphtyléthylène diamine dihydrochloride et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 2 semaines. Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

b. Préparation des solutions étalons

• **Solution mère à 100 ppm N**

Produits chimiques exigés :

- Nitrate de sodium ($NaNO_3$), 0,6068 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

Dissoudre le nitrate de sodium dans ~ 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

• **Solution fille à 10 ppm N**

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans l'eau distillée en ajustant un volume de 100 ml.

Note : Préparer la solution fille à 10 ppm chaque semaine et les standards chaque jour.

c) Orthophosphate (PO_4^{3-})

a. Préparation des réactifs

• *Solution de molybdate d'ammonium*

Produits chimiques exigés :

- Tartrate de potassium et d'antimoine ($(\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$), 230 mg.
- Acide sulfurique (H_2SO_4) à 97 %, 69,4 ml.
- Molybdate d'ammonium ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), 6g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.
- FFD6, 2 ml.

Préparation :

Dissoudre le tartrate de potassium et d'antimoine dans ~ 800 ml d'eau distillée. Ajouter soigneusement l'acide sulfurique en mélangeant constamment. Ajouter le molybdate d'ammonium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : Ne pas employer de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium. La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

• *Solution d'acide ascorbique*

Produits chimiques exigés :

- Acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$), 6g.
- Acétone ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$), 60 ml.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.
- FFD6, 2 ml.

Préparation :

Dissoudre l'acide ascorbique dans ~ 800 ml d'eau distillée. Ajouter l'acétone. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

b. Préparation des solutions étalons

• ***Solution mère à 100 ppm P***

Produits chimiques exigés :

- Dihydrogène o-phosphate de potassium (KH_2PO_4), 0,4394 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

Dissoudre le dihydrogène o-phosphate de potassium dans ~ 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

• ***Solution fille de 10 ppm P***

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm P dans l'eau distillée en ajustant un volume de 100 ml.

Note : Préparer la solution fille chaque semaine et les standards chaque jour.

d) Silicate (SiO_2)

a. Préparation des réactifs

• ***Solution d'acide sulfurique***

Produits chimiques exigés :

- Acide sulfurique (H_2SO_4) à 97 %, 10 ml.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.
- FFD6, 2 ml.

Préparation :

Diluer l'acide sulfurique dans ~ 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

• ***Solution de molybdate d'ammonium***

Produits chimiques exigés :

- Molybdate d'ammonium ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$), 20g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.
- FFD6, 2 ml.

Préparation :

Dissoudre le molybdate d'ammonium dans ~ 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 jour. Ne pas utiliser de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium.

- ***Solution d'acide oxalique***

Produits chimiques exigés :

- Acide oxalique ($C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$), 44g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

Dissoudre l'acide oxalique dans ~ 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

Note : Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 mois. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

Note : Changer l'eau quotidiennement. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

b. Préparation des solutions étalons

- ***Solution mère à 100 ppm Si***

Produits chimiques exigés :

- Métasilicate de sodium ($Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$), 1,0119 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

Dissoudre le metasilicate de sodium dans ~ 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 mois. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

- ***Solution fille à 10 ppm Si***

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm Si dans l'eau distillée en ajustant un volume de 100 ml.

Note : Préparer la solution fille chaque semaine et les standards chaque jour. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

Contribution à l'évaluation de la pollution des eaux marines sur la côte Ouest d'Alger en utilisant l'imagerie satellitale

Fouzia HOUMA¹, Nour El Islam BACHARI², Samir BACHOUCHE¹,
Abderrahmane KASSAR¹, Rabah BELKESSA¹

1. Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral. Campus Universitaire de Dely Ibrahim Bois des Cars, 16320 Alger, Algérie.

bacharifouzia.ocean@gmail.com ; bachouche.samir@gmail.com ;
abderrahmanek@gmail.com ; belkessarabah@yahoo.fr

2. Université des Sciences et de Technologie Houari Boumediene. Faculté des Sciences Biologiques U.S.T.H.B, BP 32 EL ALIA 16111 Beb Ezzouar, Alger
bachari10@yahoo.fr

Résumé :

La mer méditerranéenne est soumise à un problème grave de pollution dû à l'accroissement des apports anthropogéniques côtiers de ses pays riverains en voie d'industrialisation. La civilisation moderne et l'activité de l'homme sont indéniablement les causes principales de la contamination de l'hydrosphère.

La région algéroise est l'une des zones où l'altération de la qualité des eaux marines côtières est la plus perceptible. Le littoral algérien est pratiquement touché par diverses pollutions, on constate une densité urbaine importante sur la côte qui déverse ses rejets dans les eaux marines et des usines qui rejettent leurs déchets industriels et contribuent à polluer le milieu sous l'effet des substances toxiques et corrosives.

L'objectif de ce travail, est l'évaluation spatio-temporelle de la pollution marine dans les baies Ouest d'Alger par l'utilisation des images satellitaires. Cette méthodologie permet de quantifier les matières en suspension, la turbidité et la concentration de la chlorophylle de l'eau de mer en surface et dans les profondeurs des baies étudiées.

Une surveillance directe accrue de la qualité de l'eau, couplée avec la réflectance de la mer calculée à partir des capteurs satellitaires, peut améliorer grandement notre connaissance de l'état des eaux côtières.

Mots-clés :

Pollution marine – Réflectance – Image Satellite – Modélisation – Cartographie polluants

1. Introduction

L'élaboration de modèles d'inversion des données satellitaires pour la cartographie des paramètres physiques du milieu naturel a permis d'entrevoir de nouvelles possibilités d'analyse. Les multiples combinaisons possibles entre les propriétés optiques de l'eau et les particules permettent d'estimer les concentrations des diverses composantes de l'eau. L'exploration des propriétés optiques des eaux et la recherche d'algorithmes permettent alors d'inverser le spectre de réflectance de ces eaux et d'identifier la nature de la pollution. (ABDELLAOUI *et al.*, 1986, FROIDEFOND *et al.*, 2002).

L'utilisation des images satellites de Landsat a permis une cartographie relative de la turbidité, sans pouvoir y distinguer les apports des sédiments en suspension et de la chlorophylle (JAQUET & WEBER, 2002) et la température de surface de l'eau de mer (FAOUR *et al.*, 2004), validé par la Bande Infrarouge Thermique du Capteur TM de Landsat-7 utilisée aussi pour la détection de la pollution de l'eau de mer.

Finalement, des relations sont établies avec les réflectances de l'eau de mer. L'inversion de ces relations permet d'obtenir des images transformées à partir du logiciel de traitement d'image afin d'estimer pour chaque pixel le degré de pollution du milieu. Nous présentons dans ce travail :

- a) **Les mesures physico- chimiques des stations de différentes qualités d'eaux.**
- b) **Les résultats des réflectances obtenus à partir des données numériques, Spot, Seawifs, et Landsat TM et MSS (MOREL & BE'LANGER, 2006 ; HOUMA, 2009).**
- c) **La modélisation entre les indicateurs de pollution et les réflectances dans chaque bande spectrale du satellite (HOUMA, 2007 ; HOUMA & BACHARI, 2008).**
- d) **Les images satellites traitées et transformées en images indicatrices de la pollution marine.**

2. Matériels et méthodes

2.1 Zone d'étude

Notre site d'étude correspond à la baie de Bousmail (ex : Golfe de Castiglione), qui est limité à l'est par le promontoire de Ras-Acrata et à l'ouest par le cap du Mont Chenoua. (Voir figure1). Dans ce vaste domaine maritime, se trouve incluse la baie d'El Djamila, couvrant une superficie de 350 km² avec une ouverture de 40 km orientée du Sud- Ouest au Nord- Est , soit 2°54' Est et 36°48' Nord à 2°24' Est et 36°38' Nord.

La région de Bousmail est une zone à vocation touristique et agricole ; sa frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques qui se déversent directement dans le milieu naturel sans aucun traitement au préalable. Ajoutant à cela les rejets d'eaux usées véhiculées par les oueds qui traversent les centres urbains et qui se déversent en mer, drainant les eaux

de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels; à cela s'ajoute la pollution due l'activité de la pêche (HOUMA, 2009).

2.2 Prélèvement d'eau et analyse des paramètres

Le prélèvement d'eau de mer a concerné 15 stations, s'est effectué à l'aide de bouteilles de prélèvements à clapets du type *Vandorm* de capacité à immersions 0 m, 5 m, 10 m, 20 m ou 25 m immergées aux différentes profondeurs Ces échantillons sont destinés à l'analyse des paramètres physico-chimiques et des paramètres indicateurs de la pollution (RODIER, 2005).

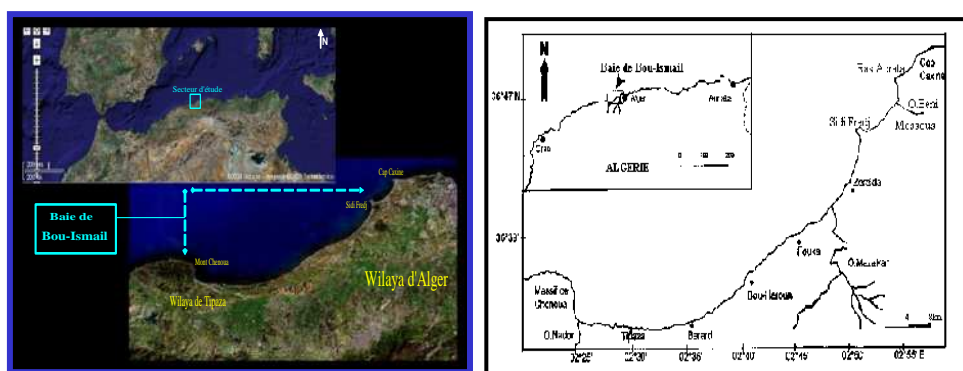


Figure 1. Situation géographique de la baie de Bousmail.

2.3 Méthodologie

Pour notre étude, nous avons utilisé le logiciel de traitement d'images satellites PCSATWIN développé par BACHARI et *al.*(1997) et qui permet de réaliser une analyse multispectrale. Lors de la prise des images et des échantillons cités, nous avons noté les données des conditions atmosphériques enregistrées au niveau de la *Station de l'Office National de Météorologie*. Les conditions météorologiques sont presque stables (mer non agitée) durant toutes les campagnes et présentent une température d'air de l'ordre de 20°C, une vitesse de vent inférieure à 4 m/s et un taux d'humidité de 75%. Nous avons utilisé ces informations comme étant des données d'entrée pour le calcul de la réflectance.

Calage et échantillonnage. L'image satellite est calée dans l'outil de cartographie. Au moment de l'échantillonnage, des photos sont prises pour les régions étudiées. En utilisant le même logiciel, chaque point d'échantillonnage lui a été affecté ses coordonnées images.

Pour minimiser les erreurs, nous avons pris la moyenne radiométrique du pixel et de ses proches voisins tel que :

$$CN(i, j) = \frac{1}{5} [CN(i, j) + CN(i-1, j) + CN(i+1, j) + CN(i, j-1) + CN(i, j+1)]$$

Où i et j sont les coordonnées image du pixel et CN le compte numérique du pixel

Nous avons donc calé les photos des lieux par rapport à l'image satellite et nous avons positionné les points d'échantillonnage sur l'image satellite. En ces lieux, nous avons calculé les réflectances de chaque pixel à partir du modèle développé.

3. Résultats et discussion

3.1 Variation des paramètres physico chimiques et indicateurs de pollution

Les teneurs en oxygène dissous de la baie de Bou-Ismaïl varient entre 7.46 et 10.4 mg/l avec une moyenne de 8.61 mg/l et écart type de 0.97. Ces concentrations indiquent une consommation d'oxygène dans le processus de reminéralisation de la matière organique. L'agitation des eaux, et la diminution de la température augmentent l'oxygène dissous. Des teneurs élevées en matières en suspension peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuent l'oxygène dissous et limitent alors le développement de la vie aquatique en créant des déséquilibres entre diverses espèces. Elles peuvent être aussi responsables de l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies (RODIER, 2005).

L'évolution remarquable de la teneur d'oxygène dissous avec la turbidité provoque l'eutrophisation des milieux et peut aller jusqu'à l'élimination de certaines espèces et la limitation de la vie aquatique en ces zones excessivement polluées (BACHARI & HOUMA, 2005 ; HOUMA et al, 2010).

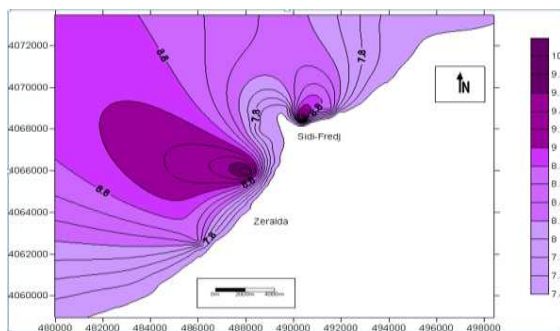


Fig. 2. Distribution spatiale de l'oxygène dissous en surface de la baie Bou-Ismaïl.

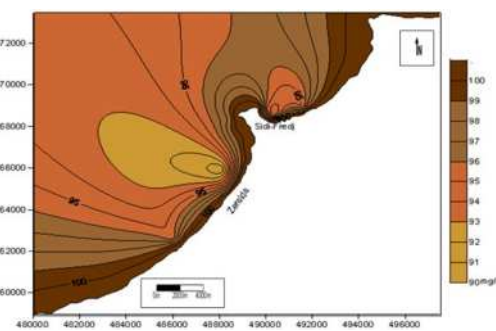


Figure 3. Spatialisation de la matière en suspension en surface de l'eau.

3.2 Analyse des réflectances

La réflectance au niveau des points pollués est relativement forte par rapport à celle des points de moindre pollution, ceci explique parfaitement que la mesure satellite des zones chargées est plus importante que celle des zones moins chargées.

Ces résultats prouvent l'existence d'un lien entre la réflectance, la qualité et la charge de l'eau. Cependant, la mesure multispectrale est aussi importante pour les points

proches des rejets caractérisés par une forte hétérogénéité radiométrique expliquée par l'existence de déchets industriels et urbains (HOUMA *et al.*, 2004 ; BELKESSA *et al.*, 2008).

3.3 Modélisation des paramètres

L'inversion des meilleures corrélations trouvées dans la modélisation des paramètres satellitaires et les paramètres indicateurs de la pollution dans les eaux de la baie d'Alger, permet d'exprimer le paramètre choisi en fonction de la réflectance de l'eau de mer dans le canal satellite considéré. L'inversion des relations linéaires concerne un seul canal, les équations obtenues sont utilisées pour convertir les scènes d'images de la zone d'étude en une image montrant la distribution spatiale du paramètre indicateur de la pollution en baie d'Alger (BACHARI *et al.*, 1997 ; BRICAUD, 1988).

4. Conclusions

Ce travail nous a montré la possibilité d'estimer certains paramètres physico-chimiques et des paramètres indicateurs de la pollution à partir des images satellitaires qui peuvent être un moyen de suivi de la pollution des zones côtières ; l'image révèle en effet une vision globale et instantanée de l'état du milieu et permet de situer l'échantillon dans son milieu. L'analyse corrélative a rendu réalisable la détermination des paramètres indicateurs de la pollution à partir des satellites.

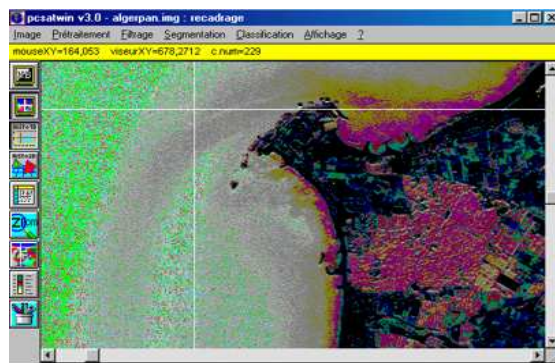


Figure 4. Image SPOT Panchromatique transformée image matière en suspension. Zone Est de la baie de Bousmail. $MES = -3.1 + 355.9 * Ref(Spot1)$.

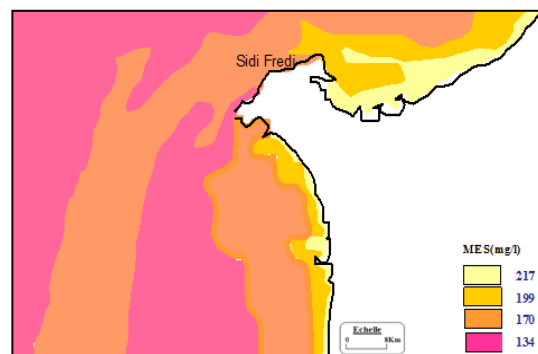


Figure 5. Cartographie des Matériaux en suspension (SPOT1/SPOT2).

5. Références bibliographiques

ABDELLAOUI A., BECKER F., OLORY-HECHINGER E. (1986). *Use of METEOSAT for mapping thermal inertia and evapotranspiration over a limited region of Mali*. Journal of Climate and Applied Meteorology, Vol. 25, n° 11, nov. 1986; pp 1489-1506.

BACHARI N E.I., HOUMA F. (2005). *Combinaison de données sols et données extraites de satellites images pour la surveillance de la baie d'Alger*. MS'05 6-8 juillet, Rouen, France.

BACHARI N., BENABADJI N., ABDELLAOUI A. (1997). *Développement du logiciel d'analyse spectrale et temporelle des images satellite type Spot, Landsat et Météosat*. AMSE J., Vol. 38, n° 1 et 2, pp 15-34.

BRICAUD 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, Toulouse 88, pp 605-623.

FAOUR G., SHABAN A., JAQUET J. (2004). *Apport de la bande infrarouge thermique du capteur Etm+ De Landsat-7 dans la détection de la pollution de l'eau de mer sur le littoral libanais*. Télédétection, vol. 4, n° 2, pp 197-209.

FROIDEFOND J.M., GARDEL L., GUIRAL D., PARRA M., TERNON J.F. (2002). *Spectral Remote Sensing reflectances of coastal waters in French Guiana under the Amazon influence*. Remote Sensing of Environment, Vol. 80, pp 225-232. doi:10.1016/S0034-4257(01)00301-7

HOUMA F. (2007). *Caractérisation des polluants de la côte oranaise et algéroise par analyse physico-chimique et corrélation avec les données satellites*. Thèse de doctorat d'état, USTHB Alger, Océanographie biologique et environnement marin, 225 p.

HOUMA F. (2009). *Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire*. Thèse de doctorat de l'Université du Val de Marne Paris XII, Sciences de l'Univers et Environnement, 235 p.

HOUMA F., BACHARI N.E.I. (2008). *Utilisation des techniques satellitaires pour l'identification des fronts thermiques. Application à la baie d'Alger et la baie d'El Djamila*. International Conference on Monitoring & Modeling of Marine pollution (INCOMP 2008), KISH 1-3 /12.

HOUMA F., ABDELLAOUI A., BACHARI N.E.I., BELKESSA R., (2010). *Contribution of multispectral satellite imagery to the bathymetric analysis of coastal sea bottom. Application to Algiers bay, Algeria*. Journal Physical Chemical News, Vol. 53, pp 57-61.

JAQUET J.M., WEBER B. (2002). *Suivi multi-temporel de la concentration de la chlorophylle en Méditerranée Orientale à l'aide de SeaWiFS et de Landstat TM*. Rapport de stage au GRID, Université de Genève; 86 p.

MOREL A., BELANGER S. (2006). *Improved detection of turbid waters from ocean color sensors information*. Remote Sensing of Environment 102, pp 237-249.

RODIER J. (2005). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer*. Edition DUNOD, 8^{ème} édition, Paris, 1384 p.