

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



Mémoire de fin d'études en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur/master science de
la mer.

Option : Environnement marin.

Thème :

Observer et comprendre la variabilité spatio-temporelle de la qualité des eaux marines à
partir de données multi sources : quantification de la biomasse phytoplanctonique.

Présenté par : ADDA Sarra

Soutenu le 03/10/2018 devant le jury :

M. HAMDI B.	Professeur	(ENSSMAL)	Président
Mme. BACHARI HOUMA F.	Professeur	(ENSSMAL)	Promotrice
M. BOUFENIZA R.	Doctorant	(ENSSMAL)	Co-promoteur
M. KADA M.	Maître assistant	(ENSSMAL)	Examineur
M. AOUDJ C.	Cadre	(MICLAT)	Examineur

Promotion 2017/2018

Remerciements

Avant tout, je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la patience pour mener bien ce travail.

J'exprime mes plus sincères remerciements à mes encadreurs, professeur HOUMA BACHARI Fouzia et M.Boufniza , à l'école nationale supérieur des sciences de la mer et l'aménagement du littoral pour la peine qu'ils ont pris en vue de l'élaboration de ce mémoire, pour leur ouverture d'esprit et pour leur nombreuses qualités scientifiques et humaines qui m'ont été d'un grand support durant toute la période de préparation de ce travail

Je tiens à adresser mes plus sincères remerciements à l'équipe du laboratoire ainsi qu'à l'équipe de la bibliothèque pour leur disponibilité, et leur suivi fructueux. Leurs conseils constants ont été d'une aide inestimable et ont largement contribué à l'aboutissement de mon travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'ensemble du corps administratifs au sein de l'école et au laboratoire d'océanographie spatiale au niveau de l'université d'USTHB pour leur partage dans la réalisation de mon projet de fin d'études.

Je tiens également à adresser mes plus chers remerciements aux membres de jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail en répondant aimablement afin d'examiner et de juger mon mémoire de fin d'études.

Enfin je tiens à exprimer toute ma gratitude à tous les enseignants de l'ENSSMAL pour avoir enrichi mes connaissances tout au long de ma formation.

Je dédie ce travail de fin d'études à :

Mes grands parents

Ma chère mère

Mon cher père

Mon cher frère

Ma chère sœur

Et à toute ma famille.

*Et à Tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce
mémoire.*

*Et je remercie plus spécialement ceux qui m'ont aidé et m'ont
soutenu :*

*Mehdi, Walid, Rafa, Mohamed, Kawthar, Widad, Fadia, Amina,
Thenina, Massilia.*

Liste des figures

Figure 1.1 .Structure chimique de la chlorophylle. (Meyer et al. 2004).

Figure 1.2. Spectre d'absorption de la chlorophylle. (Bougis, 1974).

Figure 1.3. Quelques types de phytoplancton marin : (Ifremer, 2003).

Figure 1.4. Absorption de la lumière solaire en fonction des algues et de la profondeur.

Figure 1.5. Spectre d'absorption des particules phytoplanctoniques (Sathyendranath and Morel, 1983).

Figure 1. 6. 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)

Figure 1.7. Processus de télédétection (Centre canadien de télédétection).

<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca>.

Figure 1.8. Chronologie et histoire de la mission Landsat depuis 1972 (USGS, 2015)

Figure 1.9. Grilles de référence Landsat(USGS).

Figure 2.1. Situation géographique de la baie d'Alger *S.H.F.M., 2000* ; modifiée)

Figure 2.2. Bilan des courants de dérive et dynamique sédimentaire dans la baie d'Alger. (LEM, 1998).

Figure 2.3. La circulation de l'eau dans le bassin algérien (Milot, 1987)

Figure 2. 4 : Nature du fond de la baie d'Alger. (Maouche, 1987)

Figure 2.5. Carte bathymétrique de la baie d'Alger

Figure 2.6. Principaux rejets d'eaux usées dans la baie d'Alger. (LEM in Houma-Bachari, 2009).

Figure 3.1. Organigramme de la méthodologie.

Figure 3.2. Stations de prélèvement dans La Baie d'Alger.

Figure 3.3. Multi-paramètres de type HANNA.

Figure 3.4. Spectrophotomètre (Shimadzu UV).

Figure 3.5. Microscope Inversé (OPTIKA).

Figure 3.6. Disque de Secchi.

Figure 4.1. Organigramme des résultats.

Figure 4.2. Distribution des températures de surface dans la baie d'Alger.

Figure 4.3. Distribution horizontale de la température de surface dans la baie d'Alger.

Figure 4.4. Distribution horizontale du pH dans les eaux de la baie d'Alger.

Figure 4.5. Distribution horizontale du pH dans les eaux de la baie d'Alger.

Figure 4.6. Histogramme de la turbidité de surface au niveau de la baie d'Alger.

Figure 4.7. Distribution Horizontale de la turbidité de surface dans la Baie d'Alger.

Figure 4.8. Distribution de la concentration des matières en suspension à la surface dans la baie d'Alger

Figure 4.9. Distribution horizontale de la matière en suspension de surface dans la Baie d'Alger.

Figure 4.10. Histogramme montrant la profondeur de Secchi dans la baie d'Alger.

Figure 4.11. Distribution horizontale de la profondeur de disque de Secchi dans la Baie d'Alger.

Figure 4.12. Distribution horizontale de la chlorophylle (a) à la surface de la baie d'Alger.

Figure 4.13. Corrélations entre la profondeur de Secchi et les ratios de réflectance.

Figure 4.14. Corrélations entre la turbidité et les logs ratios de réflectance.

Figure 4.15. Corrélations entre la matière en suspension et les logs ratios de réflectance.

Figure 4.16. Corrélations entre les diatomées les ratios des réflectances.

Figure 4.17. Corrélations entre les dinoflagellés les ratios des réflectances.

Figure 4.18. Concentration des diatomées de surface dans la baie d'Alger.

Figure 4.19. Distribution horizontale des diatomées dans les eaux de la Baie d'Alger.

Figure 4.20. Concentration des dinoflagellés de surface dans la baie d'Alger.

Figure 4.21. Distribution horizontale des dinoflagellés dans les eaux de la Baie d'Alger.

Figure 4.22. Cartographie du bloom phytoplanctonique dans les eaux superficiel de la baie d'Alger.

Figure 4.23. *Porocentrum mican*

Liste des Tableaux

Tableau 1.1 .Couleur de l'eau en fonction des particules présentes (Hoareau, 2005).

Tableau 2.2 Caractéristiques des différentes bandes spectrales du capteur OLI, 2015 (<http://landsat.usgs.gov>).

Tableau 2.1. Les principaux rejets des eaux usées dans la baie d'Alger (LEM, 1998)..

Tableau 3.1.Compagne en Mer et prélèvements.

Tableau 4.1.statistiques descriptifs des résultats des paramètres physico-chimiques.

Tableau 4.2.Les coefficients de corrélation entre les paramètres physico-chimiques et les valeurs de réflectance.

Tableau 4.3.Les coefficients de corrélation entre les paramètres physico-chimiques et les valeurs de log des réflectances.

Tableau 4.4.Corrélation entre les paramètres physico-chimiques et les ratios de réflectance

Tableau 4.5.Corrélation Mesure In Situ- réflectances OLI.

Tableau 4.6.Les coefficients de corrélation les plus significatifs de chaque paramètre.

Liste des équations

- Equation de la calibration radiométrique (3.1).
- La vraie TOA Réflectance (3.2).
- Equation de calibration de la réflectance (3.3).
- Algorithme de calcul de la profondeur de Secchi (4.1).
- Algorithme de calcul de la turbidité (4.2).
- Algorithme de calcul de la matière n suspension (4.3).
- Algorithme de calcul des diatomées (4.4).
- Algorithme de calcul des dinoflagellés (4.5).

Liste des acronymes

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

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

LCPM1 : Laboratoire de Chimie et de Pollution Marine

LOBEM : Laboratoire d'océanographie spatiale et marine.

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

UNESCO: United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization

USGS: U.S. Geological Survey.

Liste des abréviations

µg/ml: Microgram per milliliter

µm : Micro mètre.

Arcgis : Arc geographic information system

BW: Bottom Water

CN: Compte numérique

CSV: Comma, Separated, Value

DW : Eau Profonde

ENVI: ENvironment for Visualizing Images

GPL : Logiciel Open Source

Ind/L : Individu par Litre

Km : Kilomètre

Land SAT: Land Satellite

LIW : Eau Levantine Intermédiaire

m : Mètre

MAW : Eau Atlantique Modifiée

MES : Matière En Suspension

MOP : Matière organique particulaire

MSS: Multi Spectral Scanner

MTL: Meta données langage

NE : Nord Est

NTU : Néphélométrie Turbidité Unit

OLI: Operational Land Imager

PDS(SD) : Profondeur du Disque de Secchi

pH : Potentiel Hydrogène.

PSU : Practical Salinity Unit

Qgis : Quantum gis

RAD: Radiance

RBV: Return Beam Vidicom

REF: Reflectance

SIG : Système d'Information Géographique

S-SE : Sud-Sud Est

TIR: Infra Rouge Thermique

TOA: Top of Atmospher

TRBD: Turbidité

W-SW: West-Sud West

Sommaire

Introduction :	1
-----------------------------	----------

Chapitre I : Généralités.

I. Notions sur la pollution marine	4
1. Définition	4
2.1 Pollution physique	5
2.2 Pollution chimique	5
3. Paramètres biologiques :	5
3.1 Couleur de l'eau	5
6. Paramètres physico-chimiques :	12
6.1 Température (Tc°):	12
6.2 Potentiel de l'Hydrogène pH :	12
6.3 Matières en suspension (MES) :	12
6.4 Transparence de l'eau :	13
1. Définition de télédétection :	15
2. Fonctionnement et principes de la télédétection :	15
3.1 Résolution spatiale :	16
3.2 Résolution radiométrique :	16
3.3 Résolution spectrale :	16
3.4 Résolution temporelle :	17
4. Généralités sur Landsat image :	17
4.1 Le satellite Landsat-8 :	18
4.2 Caractéristiques des bandes spectrales du satellite Landsat 8 :	18
4.3 Acquisition des images Landsat :	20
4.4 . Caractéristiques des images Landsat :	20

Chapitre II : Zone d'étude

1. Présentation du site d'étude: La Baie d'Alger	21
2. Facteurs hydrodynamiques.	22
2.1 La houle	22
2.2.1 . Les courants de dérive littorale :	22
2.2.2 Le courant de retour :	22
2.2.Les courants:	22
2.2.1. Les courants de dérive littorale	22
2.2.2. Le courant de retour	23

2.3.Précipitation et température.....	25
2.4. Les vents	25
3.Sédimentologie.....	26
4.Bathymétrie.....	27
5.Sources de pollution	28

Chapitre III : Matériels et méthodes

Méthodologie de travail	30
1.Campagne de prélèvement et mesure in Situ	31
1.2. Choix et localisation des stations	31
1.3. Méthode de prélèvement :	31
1.4. Travaux effectués sur l'embarcation :	32
2. Traitement physicochimique :	32
2.1. Mesure de la température, pH :.....	32
2.2. Mesure de la turbidité :	33
2.3. Mesure de la chlorophylle :	33
2.4. Mesure de la matière en suspension :	34
2.4.1. Principe de la méthode :	34
4. Mesure de la transparence (PDS) :	35
II - images satellitaires :	36
4.3.1. Présentation des logiciels	37
5. ENVI :	37
6. Quantum Gis (Qgis) :	37
Fonctionnalités de Qgis:(DENIS, 2015)	38
7. Arc GIS :	38
8. Microsoft Excel :	38
9.1 Intégration des bandes spectrale :	39
9.1. Calibration radiométrique (radiance) :	39
9.2. Calibration de réflectance :	40
10. Extraction selon la zone d'étude :	41
11. Récupération des valeurs de réflectance :	42
12. Les ratios :	42
12.1. Analyse corrélative :	42
4.4. Test non- paramétrique de Mann Whitney.....	43

Chapitre IV : Résultats et discussions

1. Paramètres physico-chimiques (mesure in situ / dosage)	45
1.1. Température.....	45
1.2. Le potentiel d'hydrogène pH :.....	46
1.3. La Turbidité (NTU)	48
1.4. Matières en suspensions (mg/L)	49
1.5. La Transparence (profondeur de disque de Secchi) :	50
1.6. Chlorophylle a:	52
2. Modélisation des données satellitaires :	53
A. Corrélation	53
2.1. Profondeur de disque de Secchi	59
2.2. Matières en suspensions (MES).....	59
2.3. Les diatomées :	60
2.4. Dinoflagellés :	60
3. Etude biologique.....	61
3.3 Les diatomées	62
3.4. Les dinoflagellés	63
Cartographie du bloomphytoplanctonique.....	64
Conclusion et perspectives:.....	66
Références bibliographiques	68
Annexes.....	74

Introduction :

Le milieu marin représente un enjeu considérable en termes de développement socio-économique. Ces dernières décennies, la pollution des océans à travers le monde est devenue un sujet de préoccupation croissante à l'échelle internationale.

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. (**Lambert et al., 1981 ; Salomon, 2003 ; Houma et al., 2004.**)

La région algéroise est certainement 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.

La surveillance et le suivi de la qualité des eaux côtières se posent avec une acuité de plus en plus grande. En effet, de nombreux outils sont développés pour permettre aux gestionnaires et aux scientifiques de promouvoir un développement durable de ces régions. Parmi ceux-ci, le Système d'Information Géographique(SIG). (**Bachari et al, 2009**)

La connaissance de la qualité de l'eau est une composante essentielle dans la gestion intégrée du littoral. L'aspect biologique de cette composante est sans aucun doute le plus difficile à prendre en compte, du fait de la complexité des mécanismes gouvernant la production primaire en milieu côtier et de l'impact croissant de la présence humaine sur le littoral qui a manifestement accru les perturbations écologiques, ce qui encourage le développement de blooms phytoplanctoniques toxiques. La qualité des eaux marine permet de déterminer la santé des mers et des océans en mesurant les différents paramètres physico-chimique, ainsi que l'intensité de l'activité biologique par des moyens multi sources.

L'objectif de ce travail, est l'évaluation spatio-temporelle de la pollution marine par les images satellitaires dans la baie d'Alger. Cela permet de quantifier les paramètres indicateurs de la pollution, la concentration de la chlorophylle et celle du phytoplancton qui ont un effet sur la «couleur de l'eau de mer ». (**Froidfond et al., 2002**)

Le phytoplancton est une composante essentielle du milieu marin, il représente le premier maillon de la chaîne alimentaire, il est indispensable à la vie marine mais son excès peut être lié à la présence d'une pollution, lorsque l'espèce dominante émet des toxines ou lorsque la biomasse atteint de tels niveaux que l'équilibre du milieu est en jeu.

Avant l'apparition de la télédétection, les paramètres physico chimiques ont été mesuré par des méthodes classiques, jusqu'aux années 1970, et avec le développement technologique, la télédétection fut une source d'acquisitions des différentes informations, elle continue de contribuer dans, l'avancement de la recherches scientifique dans ses différents domaines d'application. (**Boufeniza et al,2017**)

Le pigment chlorophyllien, est un indicateur de la biomasse du phytoplancton, pour cela et dans le cadre de cette étude , l'observation et l'analyse in situ directement dans le milieu et a partir des données satellitaires, va nous permettre de comprendre les changements de ces paramètres selon l'étude de la corrélation entre les mesures sur terrain et les données extraites à partir des satellites, des mers et des océans afin de pouvoir préserver et gérer les ressources naturelles marines ainsi que la surveillance de la qualité des eaux, et l'identification de l'origine des pollutions marines à travers l'étude spatio-temporelle de ces eaux marines.

La télédétection offre un outil efficace qui répond souvent aux attentes des scientifiques, elle permet essentiellement la compréhension des divers phénomènes principalement les phénomènes physiques, à condition de les exploiter de la façon la plus efficace et la plus optimale possible.

Pour l'étude de l'océan divers capteurs ont été lancés (POLDER, SeaWifs, MODIS) offrant des données multidimensionnelles et ayant pour objectif la détermination des paramètres marins. Plusieurs capteurs mesurant la «couleur de l'océan» ont été lancés (MOS, POLDER1, OCST, Sea-WiFs, MERIS), ces divers capteurs permettent d'avoir un ensemble de données gigantesques qui représentent les observations satellitaires de l'éclairement au dessus de la mer. Tout le travail consiste donc à retrouver à partir de ces informations les constituants de l'océan : on parle du «problème d'inversion». Bien que les outils de télédétection représentent une solution satisfaisante pour l'étude de la couleur de l'océan, ils introduisent en contrepartie de nouvelles contraintes dont il faut tenir compte, en effet l'information acquise à partir d'un capteur est une interaction du rayonnement solaire non seulement avec les composants de l'océan mais aussi les composants de l'atmosphère. On s'aperçoit que les données satellitaires représentent le couplage océan-atmosphère, et non l'océan seul. (**Stringer, 1992**)

Ce mémoire fait usage de l'outil que représente la télédétection, nous avons jugé utile d'en aborder les notions essentielles, nous avons exposé un bref aperçu technique sur les satellites et capteurs utilisés actuellement avec leur propre domaine d'utilisation ainsi qu'un historique sur l'observation des océans par télédétection. (**Morel & Gentili, 2009**)

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est de quantifier la concentration de la chlorophylle et celle du phytoplancton qui ont un effet sur la «couleur de l'eau de mer » ; à partir de mesures satellites. Plusieurs échantillons prélevés au niveau de la baie d'Alger sont destinés à l'analyse des paramètres physico-chimiques, des paramètres indicateurs de la pollution et le phytoplancton La méthodologie appliquée permet d'étudier les modèles des paramètres satellites par les différentes équations de corrélation entre les ratios et les réflectances extraites à partir du satellite Landsat 8 OLI de la série Landsat avec les résultats des paramètres physico-chimiques obtenues lors de la sortie sur terrain. (**Houma F et al, 2004**)

Le premier chapitre sera consacrée aux généralités sur la pollution marine et aperçu sur les bases de la télédétection et quelques notions sur les composantes biologiques et physicochimiques.

Le deuxième chapitre a fait l'objet d'une description générale de la zone d'étude la baie d'Alger, son cadre géographique, ces principales caractéristiques physiques ainsi que les sources de pollution dans la baie. Il présente également, une brève aperçu sur le système d'information géographique.

Le troisième Chapitre présentation du matériel utilisé ainsi que la description de la méthodologie adaptée et développée pour les mesures in situ, au laboratoire, et les méthodes de traitement et d'analyse des images satellitaire.

Le quatrième Chapitre : présentation des résultats, et illustrations des différents modèles et formules mathématiques utilisées pour les calculs, et interprétation des résultats de corrélations à partir des bases de données SIG.

Une variation spatiale de la chlorophylle est développée dans la zone par l'intégration des données dans un Système d'Information Géographique et production des cartes de distribution spatiales corrélées avec la couleur de l'eau et le phytoplancton.

Enfin nous terminerons ce travail par une conclusion générale, qui porte un bilan sur l'apport de la méthodologie adoptée pour quantifier des données satellitaire avec les paramètres océaniques à travers l'étude des modèles obtenus sur les différents canaux satellitaires.

Généralités

I- Notions sur la pollution marine

1- Définition

La pollution est définie comme étant une modification défavorable du milieu naturel, et considérée comme un sous-produit de l'action humaine. **(Ramade, 2000)**

Ainsi le terme de pollution marine fait l'objet d'une définition, reconnue par l'ensemble de la communauté scientifique internationale (**GESAMP**), comme étant *«l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) occasionnant des effets néfastes tels que des nuisances envers les ressources biologiques, des risques pour la santé de l'homme, des entraves aux activités maritimes (y compris la pêche), une altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et une dégradation des valeurs d'agréments »*. **(Ramade, 2000)**

Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type, ainsi les différents types de pollutions qui affectent le milieu marin à des niveaux variables, et qui dépendent:

- ✓ Du type de pollution (instantané ou permanent);
- ✓ De la capacité d'autoépuration du milieu récepteur;
- ✓ Et du niveau de persistance et de la réactivité de la substance polluante

Un milieu aquatique est pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable par l'apport en quantité trop importante soit : de substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines qui détériorent la qualité de l'eau au point de la rendre impropre à certains usages comme l'alimentation humaine ; ou peuvent entraîner divers types de nuisances comme l'altérer des capacités physiologiques de certaines espèces animales ou végétales, augmenter leur mortalité, et parfois jusqu'à les faire disparaître. **(F.A.O)**

2- Les principaux types de pollutions

Les pollutions engendrées sont très diverses, une classification basée sur leur nature physico-chimique prédominante et les usages de l'eau qui sont à l'origine de ces pollutions

est établie. (Ramade, 2000) A partir de la nature prédominante de la pollution, ce distingue plusieurs catégories :

2-1-Pollution physique

C'est la modification du milieu marin dans sa structure physique par divers facteurs ; exemple : rejet d'eau douce qui fera baisser la salinité d'un lieu, d'un rejet d'eau réchauffée ou refroidie par une centrale électrique, d'un rejet liquide ou solide de substances modifiant la turbidité du milieu. (Ledireach, 2013). Les apports des eaux chaudes diminuent la stabilité de l'oxygène dissous du milieu, ainsi provoquant des perturbations dans les métabolismes phytoplanctonique par inhibition de la photosynthèse. (Ledireach, 2013)

2-2-Pollution chimique

Ce type de pollution est dû à l'entrée d'un ou plusieurs éléments indésirables dans la composition chimique de l'eau de mer, ces éléments peuvent être soit des composés minéraux (engrais, métaux toxique..), des composés organiques comme les hydrocarbures. Deux types de paramètres permettent d'évaluer l'état de cette pollution (Bachir et al, 2011)

2.3 Pollution biologique

La pollution par micro-organismes (bactéries, virus, champignons, etc.) provenant des eaux usées rejetées en mer, ou de la prolifération non pathogènes de micro algues cause des déséquilibres du milieu naturel et des modifications dans les chaînes alimentaires (bloom phytoplanctonique, eutrophisation) qui peut être la cause de la prolifération des différentes espèces invasives (Bachir et al, 2011).

3. Paramètres biologiques :

3.1 Couleur de l'eau

La théorie de la mesure optique de la couleur de l'eau 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 (Bukata et al. 1995, in Hoareau, 2005). Le principe de mesure de 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 ou CDOM) (Gohin et al, 2006).

La couleur de la mer s'étend du bleu au vert. Le bleu indigo caractérise les mers tropicales et équatoriales, lorsqu'il y a peu de production biologique.

A des latitudes plus grandes, la mer est bleu-vert voire verte dans les régions polaires. Les eaux côtières sont en général verdâtres. Il y a deux facteurs contribuant à la couleur bleue de

l'océan aux faibles latitudes, lorsqu'il y a peu de production biologique. En eau profonde, lorsque l'on regarde sous l'eau, la lumière que l'on voit est celle diffusée par les molécules d'eau. La diffusion étant plus importante pour les petites longueurs d'onde (bleu) que pour les grandes longueurs d'onde (principe de Rayleigh), l'eau paraît bleue.

Tableau 1.1 : Couleur de l'eau en fonction des particules présentes (Hoareau, 2005).

Substance dans l'eau	Couleur absorbée	Apparition de l'eau
Matière jaune (Gelbstoff)	Le bleu	Jaunâtre
MOP	Le bleu	Jaune
Chlorophylle	Les deux extrémités du spectre (rouge et violet)	Verte

De plus les composantes rouges et jaunes de la lumière solaire sont absorbées en quelques mètres, la seule composante susceptible d'être diffusée est donc le bleu. Dans les régions où la productivité biologique est importante, la chlorophylle contenue dans le phytoplancton absorbe la composante bleue et la lumière se décale vers le vert (Hoareau, 2005).

L'analyse de cette couleur de l'eau se fait à l'aide de capteurs placés sur des plateformes satellitaires en orbite autour de la Terre (Antoine *et al.*, 2003 ; Bricaud *et al.*, 2002, in Gohin et Oger-Jeanneret, 2006). 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.

Chaque composant ayant une signature spectrale qui lui est propre, il est possible, à partir de ces mesures, d'en déterminer la concentration (Morel et Prieur, 1977 ; Gordon et Morel, 1981, in Gohin et Oger-Jeanneret, 2006).

La détermination de ces concentrations permettra d'estimer la productivité primaire du phytoplancton et donc d'évaluer son état de santé qui est le témoin direct d'une éventuelle pollution des eaux.

3.2 Chlorophylle

La chlorophylle est un composé chimique indispensable à la photosynthèse. Sa présence dans tous les organismes végétaux, associée à l'énergie solaire, lui permet de synthétiser ses propres matières organiques carbonées à partir du carbone minéral. Dans les milieux aquatiques, les algues possèdent une diversité de pigments dont les plus importants sont les chlorophylles *a*, *b*, *c1*, *c2* et *d*.

La chlorophylle *a* est le pigment photosynthétique principal du phytoplancton qui est considéré comme étant un bon indicateur de la santé de l'océan et de son niveau de productivité et de la biomasse phytoplanctonique (**Aminot et Chaussepied, 1983**). La concentration de chlorophylle est utilisée pour l'estimation de la production primaire (**Eppley et Peterson, 1979**).

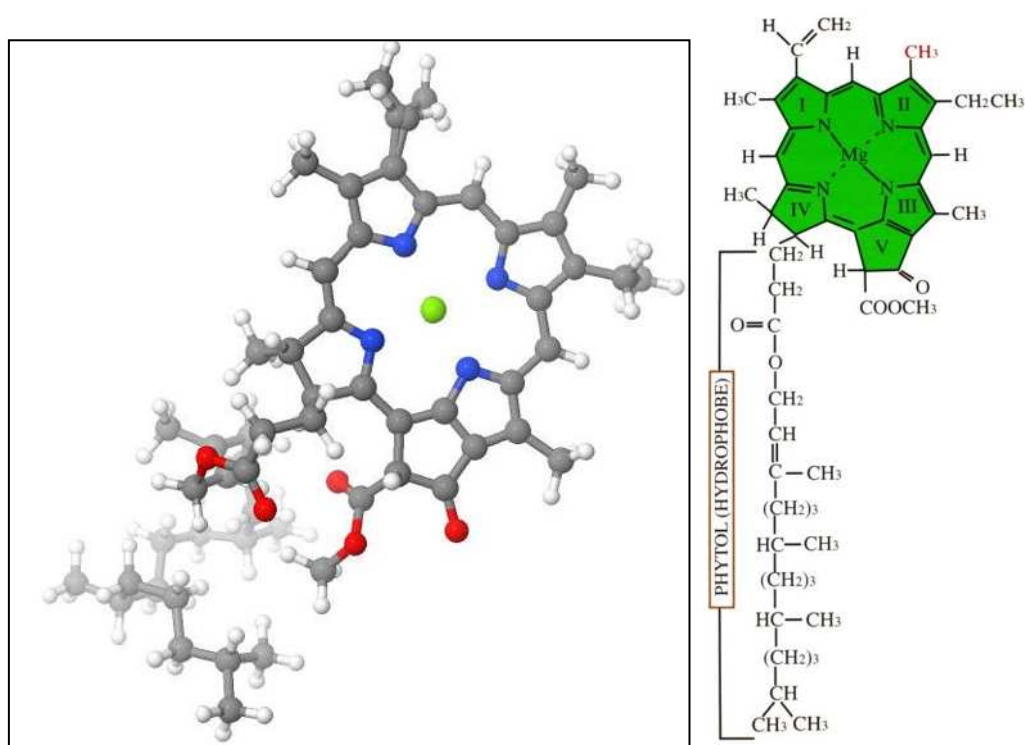


Figure 1.1 : Structure chimique de la chlorophylle. (Meyer *et al.*, 2004)

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 phycobiline 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 union magnésium et d'un phytol en chaîne latérale linéaire à 16 carbones (**Jeffrey *et al.* 1997 in Aminot & Kérouel, 2004**) (figure 1.1), sa formule globale est $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$, de masse molaire 893,5 g/mole (**Aminot & Kérouel, 2004**).

3.3 Les phéopigments

Dans les milieux strictement marins, les phéopigments (groupes de pigments chlorophylliens) résultent du broutage et de la dégradation de cellules et, par conséquent, ne sont pas physiologiquement actifs. La mesure des phéopigments est utilisée comme critère de l'état physiologique des populations phytoanctoniques, plus la proportion de phéopigments est élevée par rapport à la chlorophylle *a*, plus les cellules algales sont vieilles, dégradées ou broutées par le zooplancton. (Kassar , 2011)

Les phéopigments sont rarement absentes dans les eaux côtières et toujours présentes en eaux estuariennes turbides. (Aminot et Kérouel, 2004).

La mesure de la concentration de chlorophylle *a* est donc utilisée pour estimer la biomasse phytoplanctonique dans la mesure où la synthèse organique d'origine végétale ne peut se faire qu'en passant par l'intermédiaire de ce type de chlorophylle.

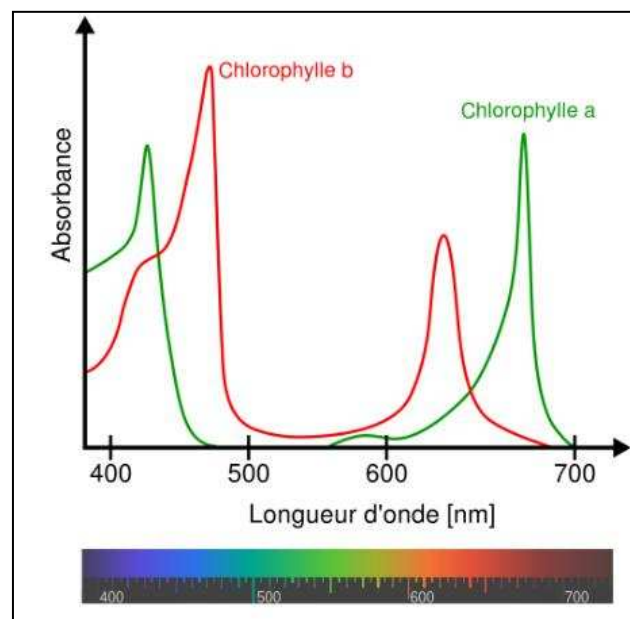
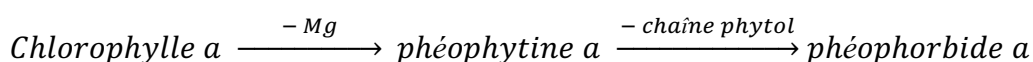
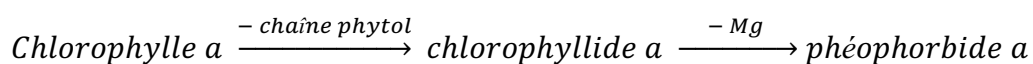


Figure 1.2. - Spectre d'absorption de la chlorophylle. (Bougis, 1974)

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 chlorophylle 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 détritux végétaux, quant à la phéophorbide a se trouve naturellement dans les détritux 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**).

4. Le Phytoplancton (ind/L) :

Le phytoplancton (du grec phyton ou plante) est constitué par l'ensemble du plancton végétal (l'élément dominant de la production primaire), c'est-à-dire des microorganismes photosynthétiques qui sont libres, passifs et en suspension dans la colonne d'eau. Il s'agit de cellules, colonies qui ne peuvent nager et dont les mouvements dépendent de ceux de l'environnement aquatique (**Stickney, et al., 2000**). La taille des cellules phytoplanctoniques varie de quelques microns jusqu'à quelques centaines de microns (**Messié, 2006**). La forme du phytoplancton est extrêmement variée, sa diversité morphologique est souvent liée à une adaptation à la mobilité (flottaison, et mouvements verticaux) (**Zeitzschel, 1978**). Les deux classes de phytoplancton marin les plus riches en espèces sont celles des diatomées (164 genres et 1365 à 1783 espèces) et des dinoflagellés (115 à 131 genres et 1424 à 1772 espèces). (**Messié, 2006**)

Les eaux riches en phytoplancton où les radiations bleues du spectre électromagnétique sont rapidement absorbées et les radiations de plus grandes longueurs d'ondes, vertes et jaunes sont prédominantes.

4.1 Diatomées :

Classification des diatomées :

On distingue deux grandes catégories de Diatomées selon la géométrie de leur frustule : (**Suroy, 2013**)

- Les Diatomées pennées, à symétrie bilatérale : le frustule allongé présente des stries disposées autour d'un plan de symétrie bilatérale.
- Les Diatomées centriques, à symétrie radiale : le frustule circulaire porte des stries.

4.2 Les Dinoflagellés :

Classification des dinoflagellés :

Caractérisés par la présence de deux (2) flagelles battant dans deux (2) plans perpendiculaires l'un par rapport à l'autre, l'un longitudinal, l'autre transversal et par un noyau appelé dinocaryon (**Chambouvet, 2009**).

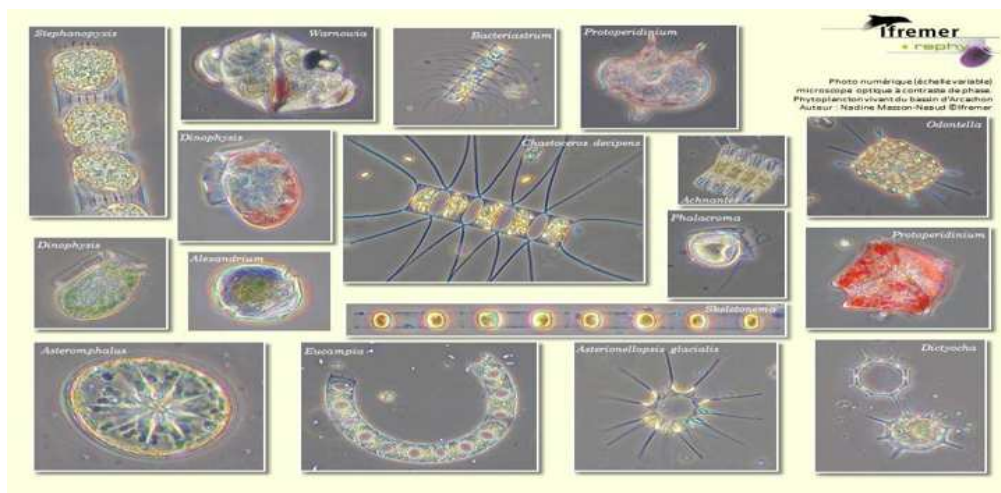


Figure 2.3 . Quelques types de phytoplancton marin : (**Ifremer , 2003**)

5. Télédétection et couleur de l'eau :

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 (**Bukata et al, 1995**).

De plus les composantes rouges et jaunes de la lumière solaire sont absorbées en quelques mètres, la seule composante susceptible d'être diffusée est donc le bleu. Dans les régions où la productivité biologique est importante, la chlorophylle contenue dans le phytoplancton absorbe la composante bleue et la lumière se décale vers le vert. L'analyse de cette couleur de l'eau se fait à l'aide de capteurs placés sur des plateformes satellitaires en orbite autour de la Terre (**Antoine et al, 2003 ; Bricaud et al, 2002**).

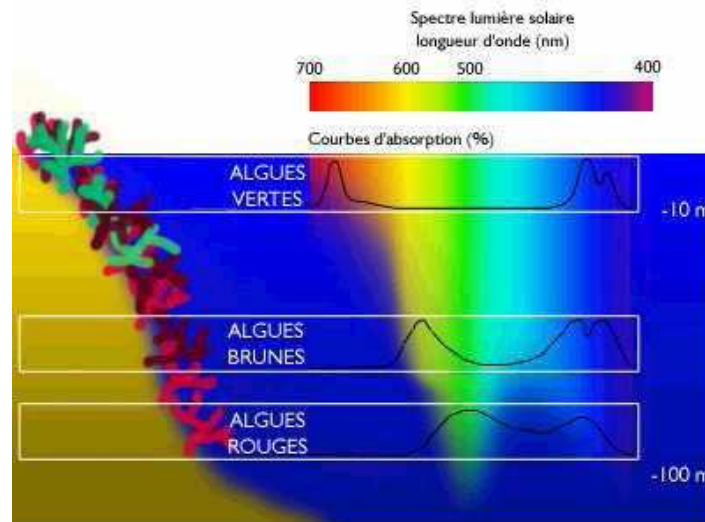


Figure 1.4 : Absorption de la lumière solaire en fonction des algues et de la profondeur.

Les propriétés optiques d'une eau de mer, notamment les coefficients totaux d'absorption et de rétrodiffusion, résultent de la somme des contributions respectives des substances contenues dans l'eau (**Sathyendranath and Morel, 1983**) :

$$a(\lambda) = a_w(\lambda) + a_y(\lambda) + a_{ph}(\lambda) + a_s(\lambda) \quad (1.1)$$

$$bb(\lambda) = bb_w(\lambda) + bb_{ph}(\lambda) + bb_s(\lambda) \quad (1.2)$$

où a_w , a_y , a_{ph} et a_s sont, respectivement, les coefficients d'absorption de l'eau pure (indice w), des matières organiques colorées dissoutes (*MODC*) ou substances jaunes (indice y), des particules phytoplanctoniques (indice ph) et des particules minérales (indice s) ; bb_w , bb_{ph} et bb_s sont, respectivement, les coefficients de rétrodiffusion de l'eau pure, des particules phytoplanctoniques et des particules minérales.

- Picoplancton « pur » -> $S_f = 1$
- Microplancton « pur » -> $S_f = 0$
- Population mélangée -> $0 < S_f < 1$

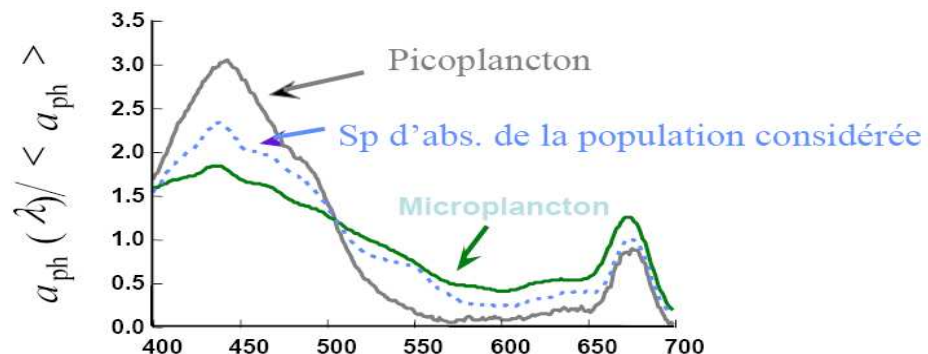


Figure 1.5 : Spectre d'absorption des particules phytoplanctoniques (**Sathyendranath and Morel, 1983**)

6. Paramètres physico-chimiques :

6.1 Température (T_c°):

La température est une caractéristique physique (**Rodier, 1997**), qui joue un rôle important dans les cycles biologiques par son influence sur les activités dont dépend la production totale et sur la répartition des espèces, c'est pour cela que sa mesure est nécessaire à la détermination de la stratification verticale, la valeur de saturation des gaz dissous (en particulier l'oxygène) et la circulation océanique (**Aminot, et al., 2004**)

La température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air (phénomènes climatiques) et ceci d'autant plus que quand leur origine est moins profonde (**Rodier, 1997**), Dans les océans, la température décroît de la surface vers le fond. Elle varie en fonction des autres descripteurs physico-chimiques (**Aminot et Chaussepied, 1983**), et varie proportionnellement à la pollution. Dans le cas d'une élévation de température, le milieu peut être perturbé, et peut induire à une pollution thermique. (**LAQ, 2005**)

6.2 Potentiel de l'Hydrogène pH :

Le pH est relatif à la concentration en ion hydrogène (H^+) dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu. Cette notion est définie par Sorensen (1909) comme le logarithme décimal de la concentration en ion H^+ ($pH = -\log [H^+]$).

L'eau de mer est moins sensible aux variations du pH grâce à l'effet tampon des sels dissous, le pH en surface est proche de 8,1 et descend à 7,7 en eau profonde. Sa modification est due aussi à des facteurs physiques (échanges air-mer, la température), et chimiques, des rejets industriels ou des rapports d'eaux continentales à pH acide. Celui de l'eau de mer est proche de 8,2, essentiellement fixe par la présence des carbonates $CO_2.HCO_3^- .CO_3^{2-}$ en milieu fermé ou semi-fermé (estuaires, baies, ports) (**Aminot et Chaussepied, 1983**)

6.3 Matières en suspension (MES) :

La connaissance des teneurs en matière en suspension est importante pour l'étude des milieux aquatiques. Elles représentent la fraction de matières particulaires organique et inorganique entraînées passivement par les mouvements d'eaux (**Aminot et Chaussepied, 1983**), et dont la taille serait supérieure à $0,5\mu m$, (**Aminot et Chaussepied, 1983**). Selon la nature des côtes et du fond marin, les matières en suspension peuvent être des sels minéraux précipités, des sédiments, des fragments minéraux, des squelettes planctoniques, ou encore des organismes vivants servant de nutriments aux organismes filtreurs tels que les moules et les bivalves (**Lefebvre et al, 1993**).

D'après (Ivanoff (1972), en plus des substances dissoutes, l'eau de mer contient des matières en suspension d'origines minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature biogénique, terrigène, éolienne et en fin météoriques. L'impact des matières en suspension sur l'eau se traduit par la diminution de la transparence de l'eau et de ce fait la production primaire photosynthétique. D'autre part elles présentent une surface de contact importante pour des échanges physico-chimiques, chimiques ou biologiques avec l'eau de mer (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

Par le phénomène d'adsorption-désorption des MES pour les espèces chimiques, elles peuvent être considérées comme des transporteurs importants des polluants, fertilisants, toxiques, biologiques (Lacaze, 1996).

6.4 Transparence de l'eau :

Pour une description complète et satisfaisante d'une masse d'eau, la mesure de la transparence du milieu est indispensable, c'est-à-dire la pénétration de la lumière (Aminot et Chausse-Pied, 1983). La connaissance de ce facteur a une double importance (Pettersson, 1936).

Il détermine l'intensité lumineuse pénétrant sous la surface, donc l'épaisseur de la couche photosynthétique productive, où s'élabore la matière vivante grâce à la photosynthèse. Il permet également une approche de la quantité de particules en suspension (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

Son principe repose sur la mesure de la profondeur de disparition du disque de Secchi, ce dernier détermine la "profondeur de Secchi" (Rodier et al., 2004).

Ainsi la transparence permet de définir la turbidité du milieu, qui selon la norme ISO 7027 (AFNOR, 1999) qui définit la turbidité comme suit: (réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes) (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

La transparence de l'océan est souvent mesurée à l'aide du disque Secchi. Cette technique, systématiquement étudiée par l'italien, le physicien (Secchi, 1866). Elle est toujours utilisée aujourd'hui, par rapport à la méthode de mesure traditionnelle. La profondeur Secchi (SD) est la profondeur où le disque disparaît de la vue (Secchi, 1866).

6.5 La Turbidité (NTU) :

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc.

L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité, à cette fin, il est recommandé d'utiliser un turbidimètre optique (Rodier, 1997)

La mesure de la turbidité consiste à déterminer la dispersion et l'absorption de la lumière, il s'agit donc d'un paramètre lié à la présence des particules en suspension (**Aminot et Chaussepied, 1983**)

- 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 chargée en sédiments fins apparaissant opaques, de couleur jaune, beige ou marron.

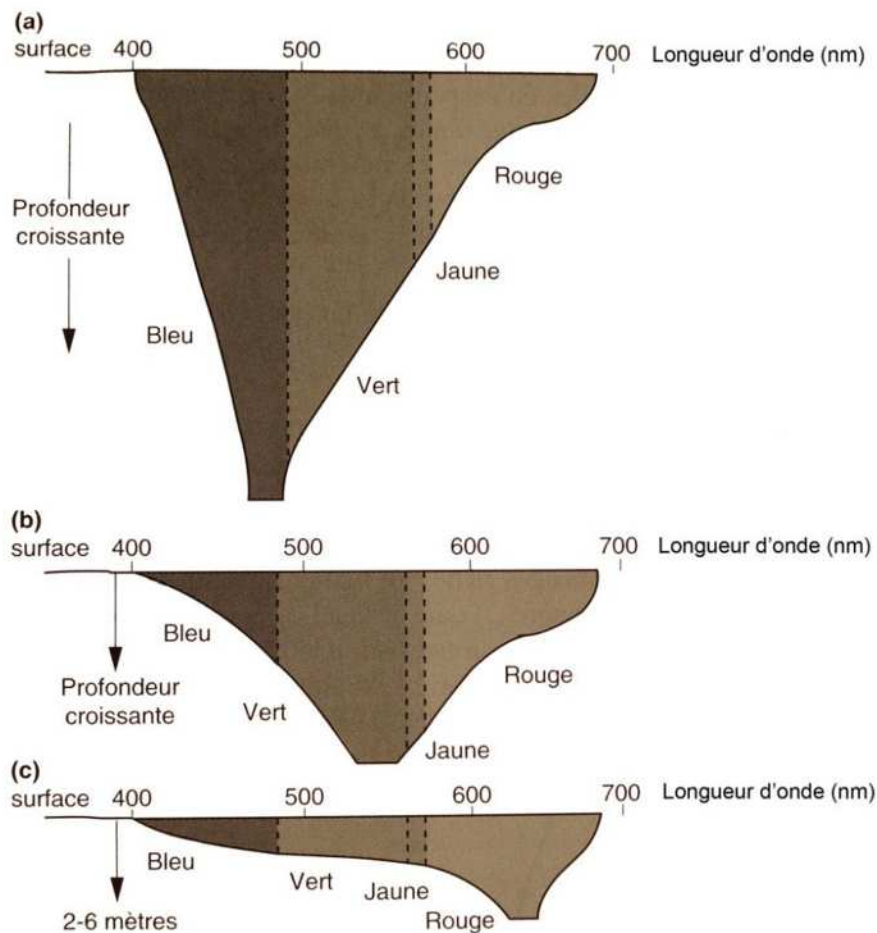


Figure 1. 6 : Transmission des différentes radiations solaires en fonction de leurs longueurs d'onde λ et de la profondeur dans trois types de milieux (**Bruslé & Quignard, 2004**) :

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.

II. Notions de télédétection

1. Définition de télédétection :

La télédétection est la discipline scientifique qui regroupe « l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci » (**Andréfouët, 2000**) Cela inclut « l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes (**Bonn, 1992**)

La télédétection spatiale permet une observation homogène, exhaustive, répétée et sans interférence entre l'observateur et la cible, du comportement spectral de l'ensemble d'un système écologique, à une échelle spatiale donnée. (**Centre canadien de télédétection**)

2. Fonctionnement et principes de la télédétection :

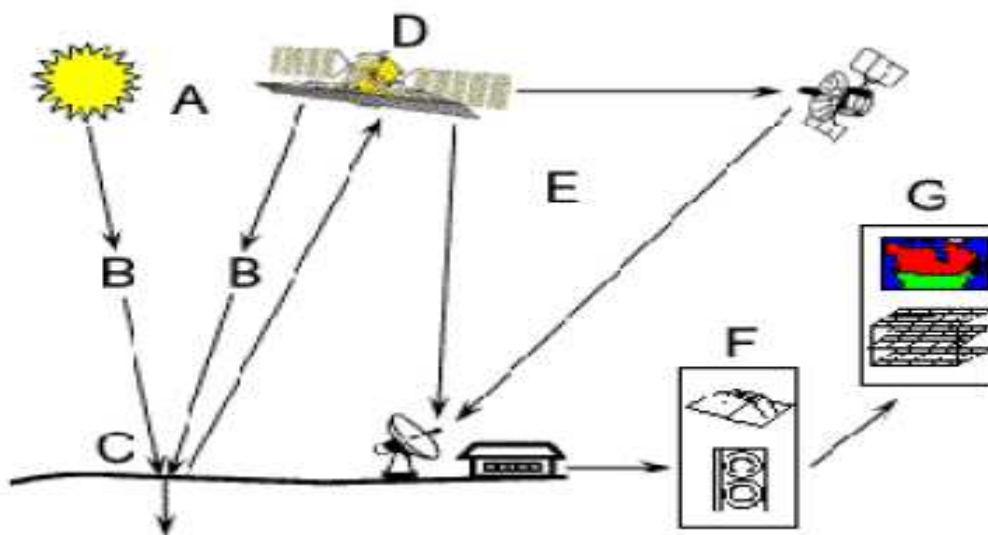


Figure 1.7 .Processus de télédétection (Centre canadien de télédétection).
<http://www.ccrs.nrcan.qc.ca>

Sept étapes couvrent le processus de la télédétection, ces étapes sont :

- 1) Source d'énergie ou d'illumination (**A**), à l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.
- 2) Rayonnement et atmosphère (**B**), c'est pendant son parcours (source d'énergie-cible) que se fait l'interaction entre le rayonnement avec l'atmosphère. Et une seconde interaction se produit durant le trajet cible-capteur.

- 3) Interaction avec la cible (**C**), cette dernière se produit lors de l'arrivée de l'énergie à la cible. La nature de l'interaction est dépendante des caractéristiques du rayonnement et de la surface.
 - 4) Enregistrement de l'énergie par le capteur (**D**), Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance puis enregistrée (Un capteur qui n'est pas en contact avec la cible).
 - 5) Transmission, réception et traitement (**E**), l'énergie enregistrée par le capteur est transmise (souvent par des moyens électroniques) à une station de réception où l'information est traduite en images (numériques ou photographiques).
 - 6) Interprétation et analyse (**F**), pour l'extraction de l'information voulue concernant la cible il est nécessaire d'interpréter de manière visuelle et/ou numérique l'image traitée.
 - 7) Application (**G**), l'utilisation de l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible. Est cette étape est la dernière étape du processus de télédétection.
- (Centre canadien)**

3. Notions de résolutions :

3.1 Résolution spatiale :

C'est l'aptitude du capteur à distinguer deux objets rapprochés, elle s'exprimera en termes de la taille du pixel (R). (**Lacombe, et al., 2007**). La résolution spatiale fait référence à la taille du plus petit objet pouvant être distinguée dans une image, c'est également la capacité à discriminer deux objets voisins. Elle détermine l'échelle des documents cartographiques pouvant être produits. (**Mahamat, 2010**).

3.2 Résolution radiométrique :

La résolution radiométrique est la sensibilité d'un détecteur aux variations de l'intensité de l'énergie électromagnétique émise, réfléchi ou diffusée qui est détectée. C'est les différents niveaux d'intensité qui peuvent être discriminés par le capteur dans une bande. (**Eugenio, et al., 2013**).

3.3 Résolution spectrale :

C'est l'aptitude du capteur à distinguer des rayonnements électromagnétiques de fréquences différentes. Plus le capteur est sensible à des différences spectrales fines (intervalles de longueur d'onde étroite), plus la résolution spectrale du capteur est élevée. (**Esside, 2012**).

3.4 Résolution temporelle :

C'est la période nécessaire au satellite pour revenir au même endroit (Cycle orbital complet). Cette période est de 18 jours pour Landsat 1,2 et 3. Elle est de 16 jours pour Landsat 4,5 et 7.(Emran, 2005).

4. Généralités sur Landsat image :

Ce programme américain de télédétection spatiale (NASA et USGS) a été le premier programme civil d'observation de la Terre par satellite, Il a commencé avec le lancement du premier LANDSAT en 1972 et se poursuit encore actuellement avec Landsat 7, toujours opérationnel. Ce programme a donc permis d'engranger des millions de données formant une banque de données des conditions sur la Terre depuis presque 40 ans ; l'antériorité des images d'archives de janvier 2009 à ce jour.

Le téléchargement à travers le site : www.earthexplore.com (USGS) NASA.

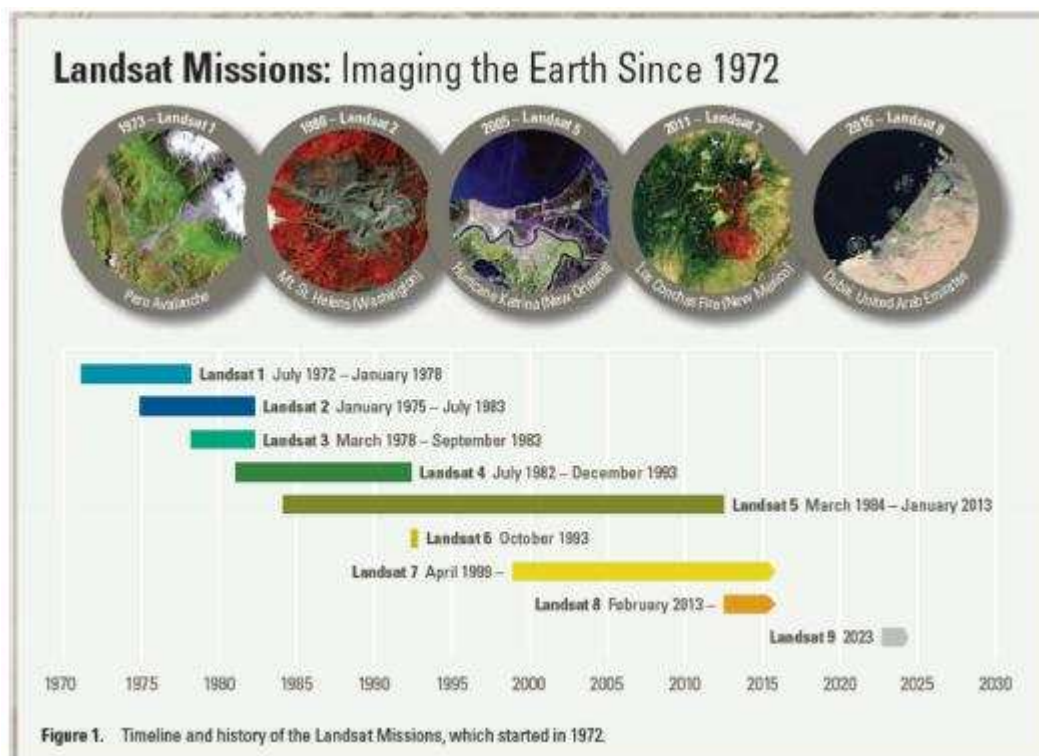


Figure 1.8 . Chronologie et histoire de la mission Landsat depuis 1972 (USGS, 2015).

4.1 Le satellite Landsat-8 :

Le programme américain Landsat de télédétection spatiale (NASA et USGS (United States Geological Survey)) a été le premier programme civil d'observation de la Terre par satellite. Il a commencé avec le lancement du premier Landsat en 1972 et se poursuit encore actuellement avec Landsat-8.

Le satellite Landsat-8 a été lancé en 2013 à 705 km d'altitude, et il est équipé d'un capteur multispectral appelé Operational Land Imager (OLI) et d'un capteur infrarouge thermique (TIRS). Il possède une résolution temporelle de 16 jours. La série landsat représente la catégorie des satellites frais et disponible (open source), on peut trouver aussi les archives. Il est caractérisé par un système de coordonnées qui permet le positionnement des images satellites selon le path et row.

4.2 Caractéristiques des bandes spectrales du satellite Landsat 8 :

Le tableau suivant représente chaque bande spectrale et son domaine d'absorption .

Tableau 2.2 Caractéristiques des différentes bandes spectrales du capteur OLI, 2015 (<http://landsat.usgs.gov>).

Bande spectrale (Capteur OLI)	Longueur d'onde	Utilité pour la cartographie
B1 : Aerosolcôtier	(0,435 - 0,451 μm)	Etude côtières et en aérosol.
B2 : Bleu	(0,452 - 0,512 μm)	Cartographie de la bathymétrie, distinguant le sol de la végétation et le feuillage.
B3 : Vert	(0,533 - 0,590 μm)	Distingue la forte végétation, utile pour l'évaluation de la vigueur de la plante.

B4 : Rouge	(0,636 - 0,673 µm)	Distingue la végétation.
B5 : Proche Infra-rouge (PIR)	(0,851 - 0,879 µm)	Distingue le contenu de la biomasse et le trait de côte.
B6 : Onde courte infra- rouge (SWIR1)	(1,566 - 1,651 µm)	Distingue la teneur en humidité du sol et de la végétation, et pénétration minimale des nuages.
B7 : Onde courte infra- rouge (SWIR2)	(2,107 - 2,294 µm)	Distinction améliorée de la teneur en humidité du sol et de la végétation, et pénétration minimale des nuages.
B8 : Panchromatique	(0,503 - 0,676 µm)	Résolution de quinze (15) mètres, définition plus nette de l'image.
B9 : Cirrus	(1,363 - 1,384 µm)	Détection améliorée des nuages cirrus.
B 10 : Capteur infra-rouge thermique (TIRS1)	(10,60 -11,19 µm)	100 mètres de résolution, cartographie thermique et l'estimation de l'humidité du sol.
B 11 : Capteur Infra-rouge Thermique (TIRS2)	(11,50 -12,51 µm)	100 mètres de résolution, cartographie thermique améliorée et l'estimation de l'humidité du sol.

4.3 Acquisition des images Landsat :

Une riche base de données des images satellitaires Landsat est disponible dans le site officiel de **USGS**, www.earthexplorer.com. Cependant la sélection des scènes à télécharger se fait grâce à un système de coordonnées qui représente des intersections de grille de référence de Landsat selon le « Path » et le « Row », dans notre cas les scènes Landsat couvrant la zone d'étude ont un numéro de « Path=196 » et le « Row=35 » (fig4).

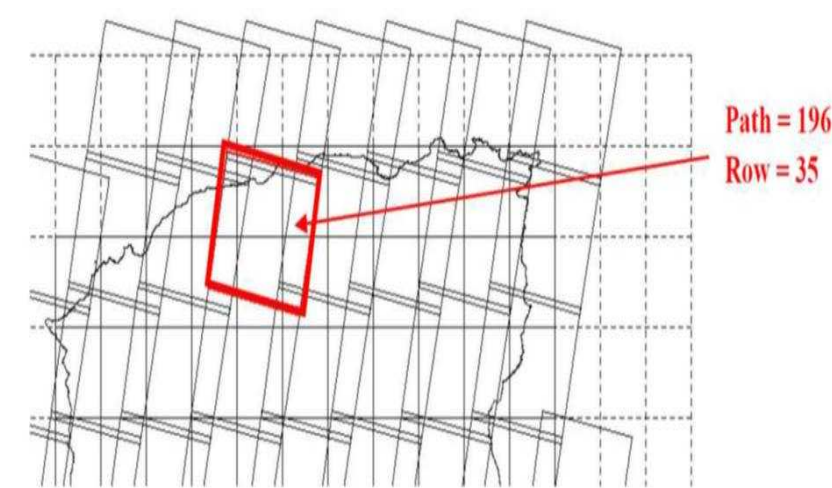


Figure 1.9. Grilles de référence Landsat(USGS).

4.4. Caractéristiques des images Landsat :

L'image satellitaire est caractérisée par une langue de codage, qui permet d'identifier les différents constituants de cette image y compris la date d'acquisition, les coordonnées géographiques etc...

Les scènes téléchargées sont de ce format : **LXSPPPRRRRYYYYDDDGSIVV**

LC81960352018059LG

LC8: Landsat oli 8

196: Path

035: Raw

092: Date d'acquisition

LG: identifiant de station

Zone d'étude

1. Présentation du site d'étude: La Baie d'Alger

La baie d'Alger (figure 1) se situe au centre du littoral algérois, elle s'inscrit en creux dans la plaine de la Mitidja, ou elle est délimitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par la pointe pascade (3°00'E) et à l'Est par le cap Matifou (3°18'E). La baie s'étale sur une surface de 7km du Nord au Sud et de 18 km d'Est en Ouest. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée avec une longitude Est 03°.14'.50 à 03°.00'.40 et une latitude nord 36°.49'.35 à 36°.49'.50. (Houma-Bachari, 2009)

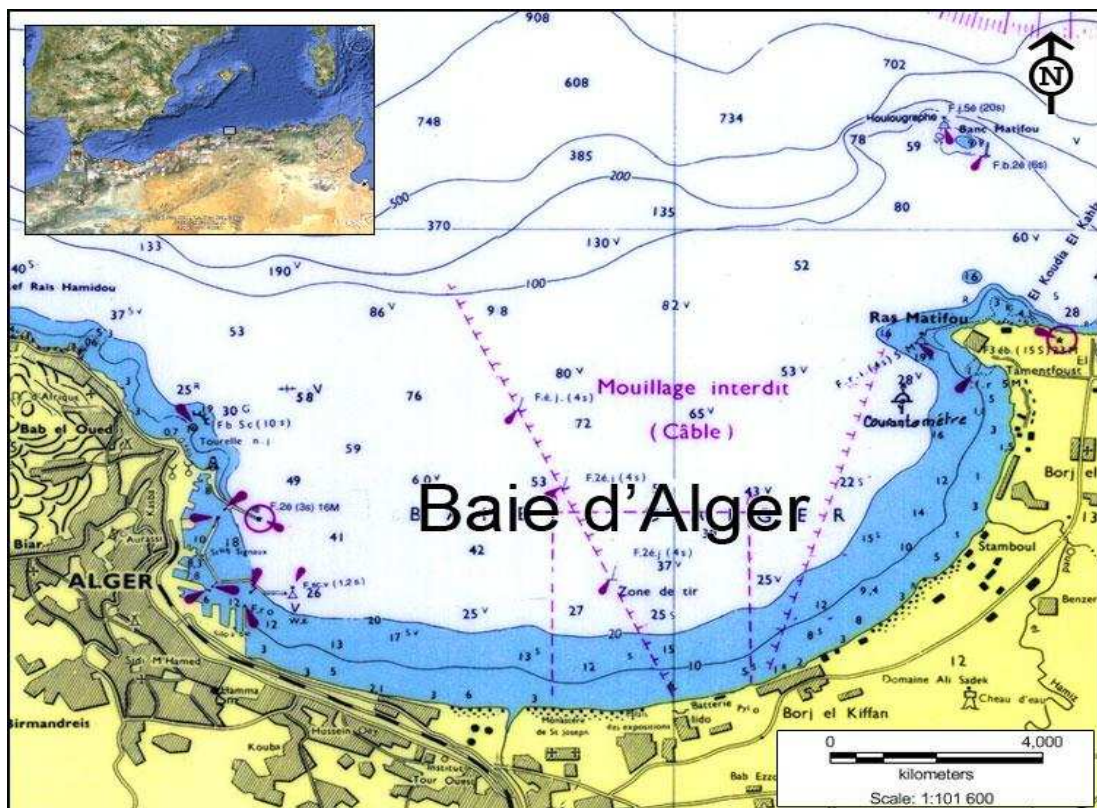


Figure 2.1 : Situation géographique de la baie d'Alger S.H.F.M., 2000 ; modifiée)

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 50m est à 4,1Km de la côte, celui de 100m est à 7,6K quant à celui 1000 m il ne se trouve qu'à 12,1Km de la côte.

La ville d'Alger est très urbanisée et la majorité des unités sont concentrées dans les zones industrielles, le port d'Alger, Rouiba et Réghaia. Cette zone 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 l'absence de traitement des eaux. (Houma-Bachari, 2009)

2. Facteurs hydrodynamiques.

2.1 La houle

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

En hiver, les houles sont de direction W-NW (300°) et, en été, elles sont de direction N-NE (20°- 40). Au contact des irrégularités du fond, les houles donnent lieu à des rouleaux qui provoquent la mise en suspension des particules favorisent 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 -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".(Millot, 1989)

2.2 Les courants

La mer Méditerranée est connue par son excès d'évaporation par rapport aux apports fluviaux et aux précipitations, ceci est responsable d'une baisse de niveau de la mer estimée à 1m/an, ce déficit est compensé par un flux entrant (de 31600 Km³). 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).

2.2.1. 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 d'eau atlantique, par le détroit de Gibraltar.

Ces eaux de salinité ($S < 36,5$ PSU), au fur et à mesure de leur progression vers l'est, elles se « méditerranéent » le long des côtes algériennes, d'où l'appellation du courant algérien.

Les côtes algériennes sont plus ou moins influencées par ce courant, qui agit sur la distribution des facteurs physico-chimiques, nutritifs, biologiques voire sur la dispersion des polluants.

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 (LEM, 1998; Benzohra, 1993).

2.2.2 Le courant de retour :

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. (Fig.2.2)

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.

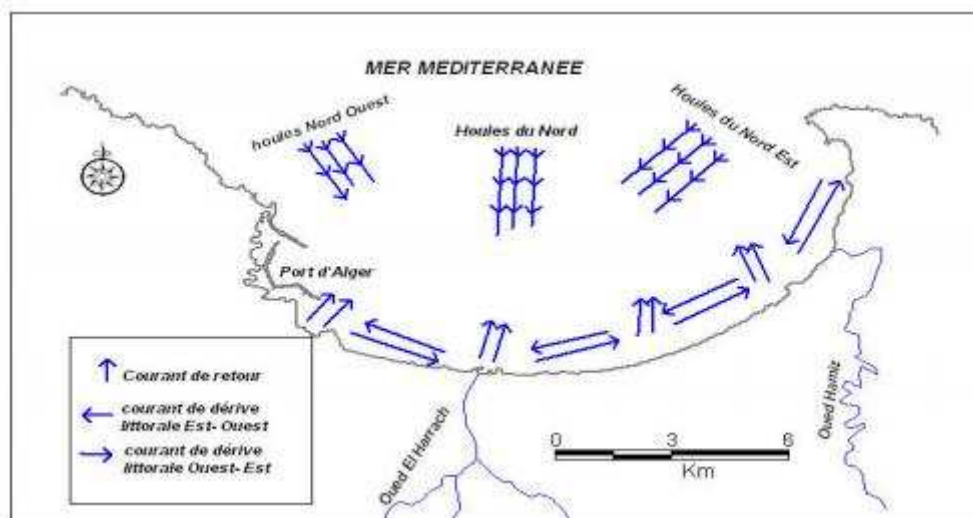


Figure 2.2. Bilan des courants de dérive et dynamique sédimentaire dans la baie d'Alger. (LEM, 1998).

La baie d'Alger a la même circulation que le bassin algérien, ces masses d'eau sont décrites par **Chouikhi et al.,(1993)** comme suit :

MAW (Modified Atlantic Water): ou l'Eau Atlantique Modifiée , elle constitue l'essentiel du courant algérien, qui est défini comme une veine de 30 à 40Km de largeur et de 150 à 200m d'épaisseur, c'est de l'eau océanique qui est modifiée par interaction avec l'atmosphère et le mélange avec les eaux méditerranéennes.

Elle est caractérisée par des températures variables en surface (15 à 23°C), et des salinités variant de 36,5 à 38 PSU. Ce courant circule d'ouest en est ayant des vitesses maximales de l'ordre 80-100 cm/s (**Perkins et al.,1990;Millot & Taupier, 2005**). Ce courant génère des upwellings côtiers plus ou moins intenses près des côtes (**Millot, 1989**).

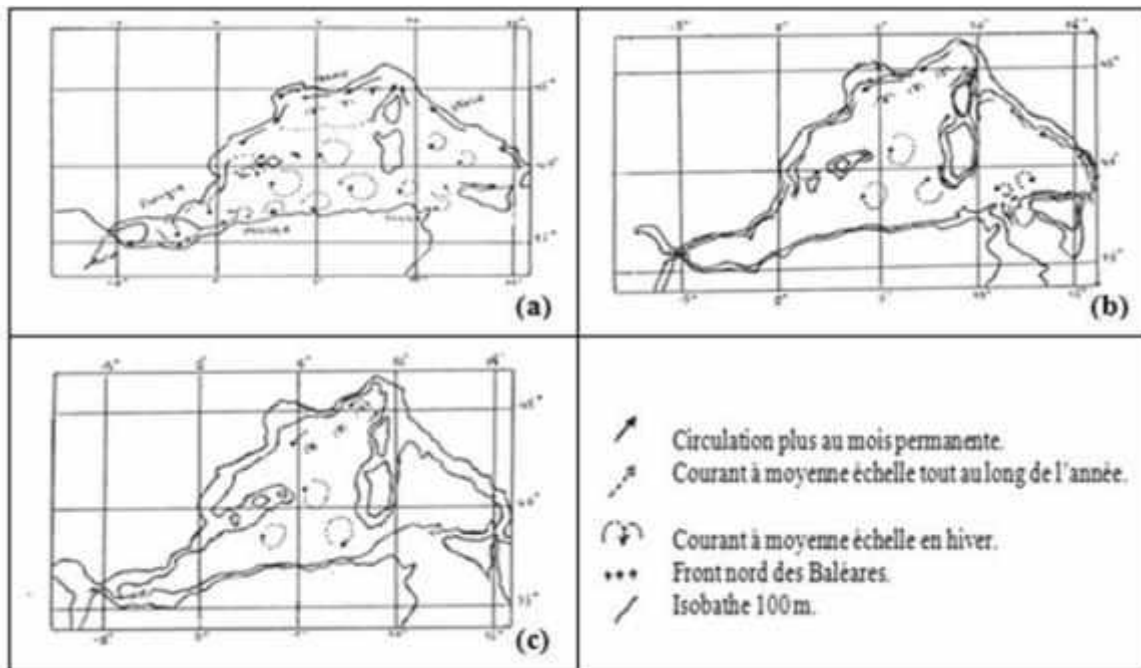


Figure 2.3. La circulation de l'eau dans le bassin algérien (**Millot, 1987**)

- (a): Circulation de l'Eau Atlantique Modifiée (MAW),
 (b): Circulation de l'Eau Levantine Intermédiaire (LIW),
 (c): Circulation de l'Eau Profonde (DW).

WIW (Winter Intermediate Water): ou l'Eau Hivernale Intermédiaire,

formée lors de convections hivernales dans le bassin nord occidental (mer catalane, golfe du Lion), elle se situe entre 150 et 250 m, avec un minimum relatif de température (~12,65 à 13,20°C) et une salinité d'environ 38,3 PSU.

LIW (Levantine Intermediate Water) : ou l'eau Intermédiaire Levantine, formée en Méditerranée, elle se situe sous la WIW entre 250-300 m et 500-600 m est reconnaissable par des maxima relatifs de température potentielle (13,2 à 14° C).

DW (Winter Mediterranean Deep Water): ou l'Eau Méditerranéenne Profonde, située sous

la LIW, elle est identifiable vers 600-700 m par de faible température variant de 12,75 à 12,90° C et une salinité entre 38,42 et 38,47PSU. Elle se forme au cours d'hivers rigoureux par le mélange de LIW et MAW.

BW (Bottom Water): ou Eau de Fond, ayant une épaisseur de quelques centaines de mètres. Episodiquement, elle se situe près du fond. Elle est relativement plus chaude et plus salée que l'eau profonde.

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-août où les vents d'Est sont dominants (**Gaumer, 1981**).

2.3 Précipitation et température :

Les précipitations, sur la région, varient de 600 à 1000 mm/an (750 mm en moyenne) et tombent en 80 jours moyens (*in Maouche, 1987*). D'après l'Office National de Météorologie, en 2002, la précipitation et la température évoluaient en sens inverse. On note que la moyenne maximale des températures en été est de 20.06°C accompagnée d'une moyenne minimale de précipitations durant la même période de 11.33 mm. De même, la moyenne minimale des températures en hiver (Décembre à Février) a une valeur de 11.7°C et correspond à une moyenne maximale des précipitations de 52 mm au cours de cette même saison.

2.4 Les vents :

Le régime et la vitesse des vents dans la région d'Alger largement décrits dans le travail de **Maouche (1987)** sont :

- les vents de secteur NE sont les plus fréquents mieux marqués en été, leur vitesse se répartisse entre 1 et 30 nœuds.

- les vents de secteur W-SW, bien représentés eux aussi, soufflent principalement en hiver, de 6 à 10 nœuds.
- Les vents de secteur S-SE, les moins représentés, marqués en automne et en hiver, leur vitesse est de 6 à 10 nœuds (*in Abbou M., Bachouche S, 2004*).

3. Sédimentologie

Trois faciès sédimentaires existent dans la sédimentologie de la baie d'Alger : (figure 3.9)

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'étendront 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.

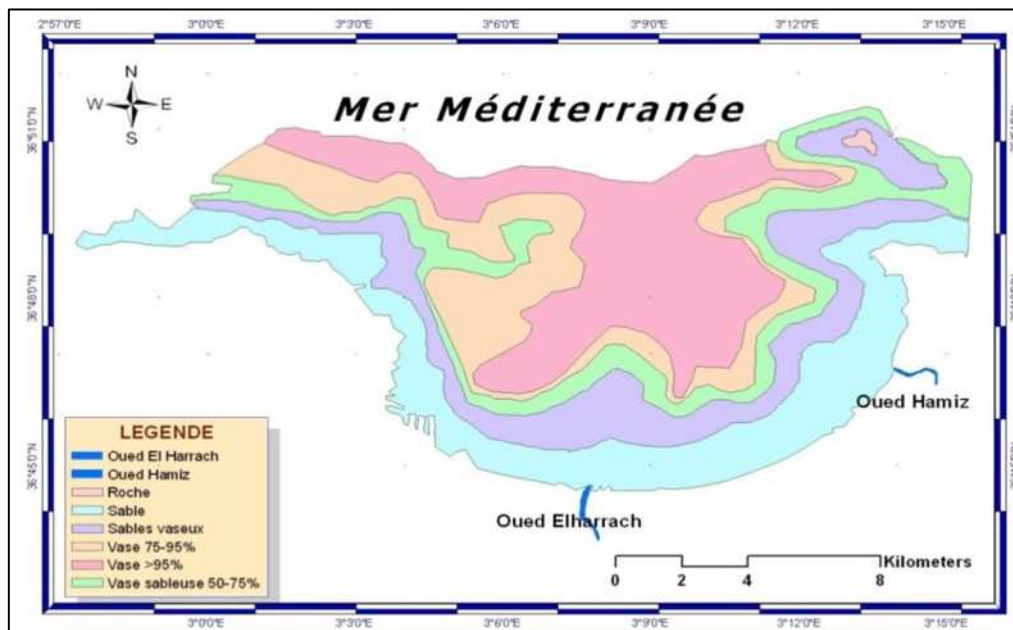


Figure 2. 4 : Nature du fond de la baie d'Alger. (**Maouche,1987**)

Faciès carbonatés

On les retrouve dans la bordure Ouest jusqu'à des profondeurs de 35 à 50m, 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 (**Maouche,1987**).

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).

5. Bathymétrie :

Le fond de la baie d'Alger est en pente douce uniforme de l'isobathe 0 m à celui des 100 m. La distance maximale qui sépare ces deux isobathes est environ 6 miles. Les isobathes des premiers mètres de la côte sont plus serrées que ceux de la côte surtout au niveau des deux extrémités (Est et Ouest) de la baie. Dépassant les 25 m, les isobathes sont plus espacées vers le large, ce qui se traduit par une pente douce jusqu'à une profondeur de 100 m (Fig 2.5).

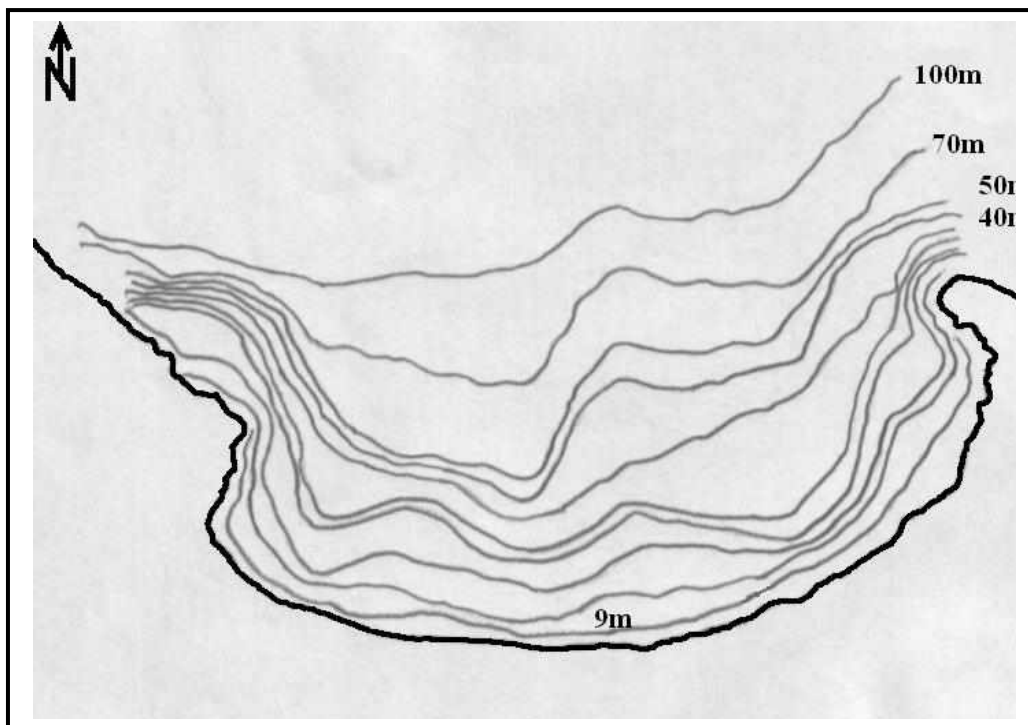


Figure 2.5 : Carte bathymétrique de la baie d'Alger

6. Sources potentielles de pollution

La ville d'Alger est très urbanisée et elle est principalement contaminée par différentes sources de pollution et soumise à plusieurs types de rejets urbains, industriels et pétroliers. La zone côtière algéroise constitue le réceptacle de plusieurs types de pollution. Ces eaux usées sont chargées de matières organiques, matières en suspension, détergents et des huiles lubrifiantes, génèrent des pollutions organiques et chimiques, cette situation est aggravée par la quasi absence de traitement des eaux (**Houma-Bachari *et al.*, 2004**) (Figure 2.6).

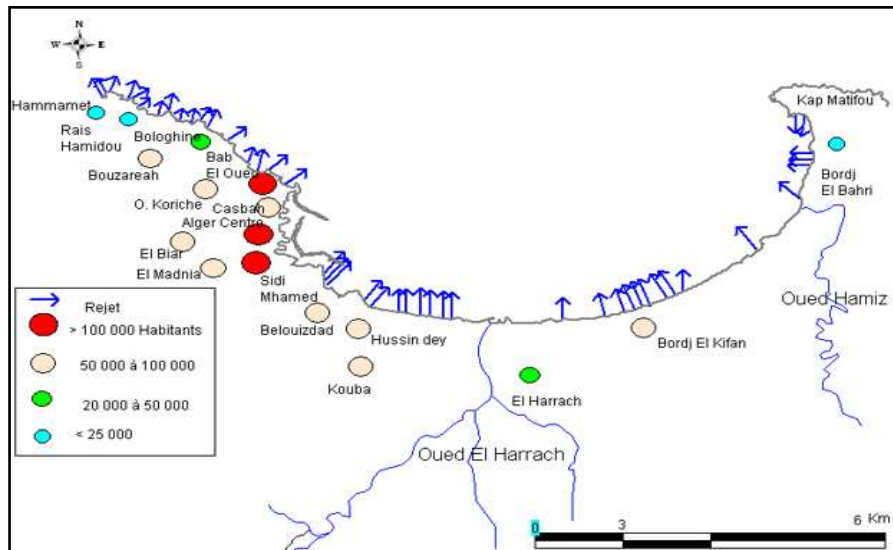


Figure 2.6 : Principaux rejets d'eaux usées dans la baie d'Alger. (LEM in Houma-Bachari, 2009)

Les communes littorales de la baie d'Alger contiennent 1352 unités industrielles, l'installation de ces nombreuses zones industrielles le long du littoral du grand algérois a fait augmenter le risque de la pollution de l'environnement marin. La quasi-totalité des affluents de toutes les natures se jette directement dans le milieu marin sans aucun traitement préalable, les principales sources sont : (**tab.2.1**)

- Le port d'Alger par les activités portuaires et les égouts qui s'y déversent.
- Les émissaires urbains du secteur Hussein-dey qui véhiculent les rejets domestiques et industrielles de la ville d'Alger.
- Une multitude d'égouts, de moindre importance, non signalés par les services de cadastre, déversent les eaux usées d'origine domestique dans la baie.
- Les nombreux navires en mouillage dans la rade, constituent également un risque de pollution des eaux de la baie. (**Bachir et al, 2011**)

Tableau 2.1 . Les principaux rejets des eaux usées dans la baie d'Alger (**LEM, 1998**).

Communes de la baie d'Alger	Unités industrielles	Nombre de rejets d'eaux	Influence sur la mer
Bab El Oued	5	1	rejets
Casbah	0	1	rejets
Alger Centre	10	24	rejets au Port
Hamma	5	3	rejets
Hussein Day	16	3	rejets
Mohammedia	5	4	Oued El Harrach et rejets
Bordj El Kiffen	4	8	Oued El Hamiz et effluents
Bordj El Bahri	0	4	Oued El Hamiz et rejets

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.
- **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.
- **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.
- **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.

Matériels et méthodes

Méthodologie de travail

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité des eaux de la baie d'Alger, et afin d'avoir une base données sur les mesures, nous avons opté pour la méthodologie de mesure in situ ; dans laquelle nous avons prédéfini des stations sur l'ensemble de la baie d'Alger. Les échantillons ont fait l'objet de différentes analyses physiques-chimiques, les résultats sont ensuite traités.

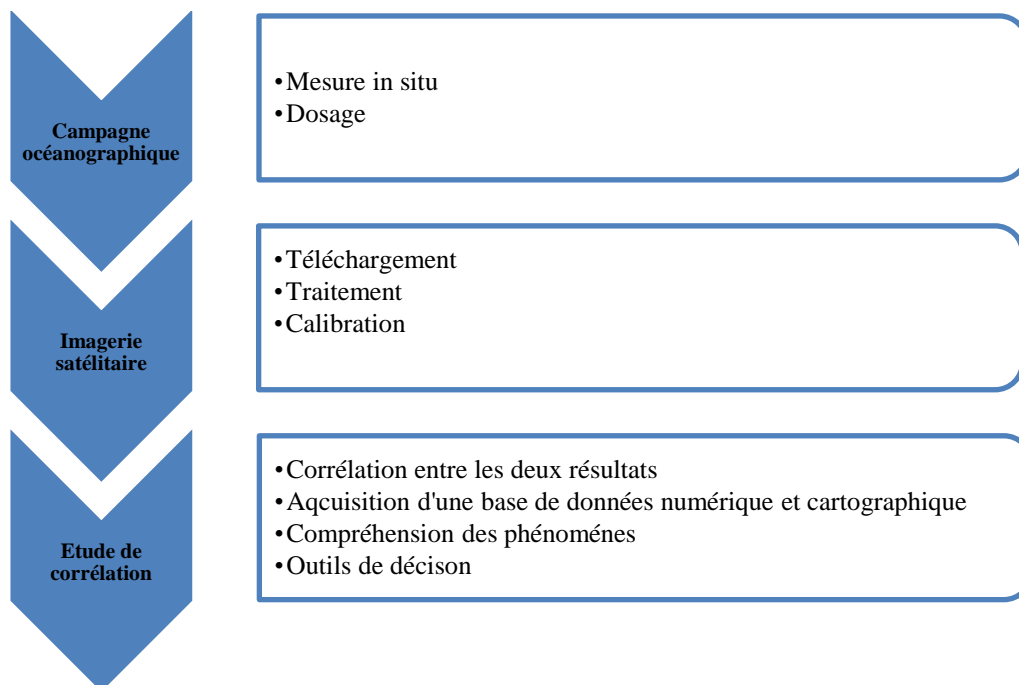


Figure 3.1. Organigramme de la méthodologie adaptée

Campagne de prélèvement et mesure in Situ

Nous avons procédé à une stratégie de prélèvement et d'échantillonnage adéquate, et adapté avec les différents types d'analyses que nous avons effectué au niveau de la baie d'Alger, la mission a été effectuée le 09/05/2018 à l'aide d'une embarcation privée au niveau du port d'Alger.

1.2. Choix et localisation des stations :

La (fig.3.2.), montre la distribution globale des stations de prélèvements désignées pour la caractérisation des eaux de surface dans la baie D'Alger. Seize (16) stations ont été échantillonnées afin d'obtenir une vue synoptique et globale sur l'effet des changements physiques et chimiques induits par des facteurs anthropiques présentant une anomalie de pollution au niveau de la baie d'Alger.

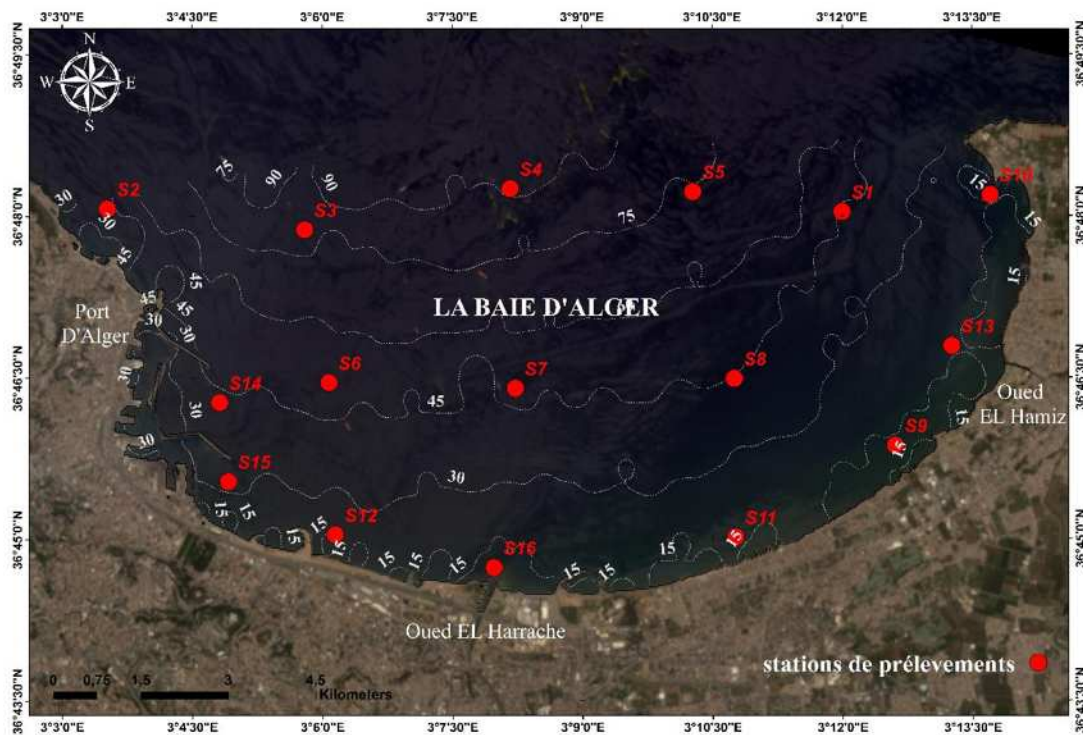


Figure 3.2. Stations de prélèvement dans La Baie d'Alger.

1.3. Travaux effectués sur l'embarcation :

Après le prélèvement des échantillons, les flacons sont fermés pour éviter l'évaporation et sont transportés au laboratoire dans une glacière.

Les échantillons du phytoplancton ont été fixés sur le terrain à l'aide d'une solution de LUGOL alcalin d'une concentration d'environ 0,5 % dans l'échantillon, soit environ 20 gouttes pour 250 ml, Cette concentration devra s'apprécier à une couleur brun clair, (miel) que doit avoir l'échantillon. Le tableau ci-dessous (tab.4) montre le nombre d'échantillons récupérés après la campagne en mer, ainsi que les paramètres qui ont été mesurés In Situ et ceux dosés au laboratoire.

Les différents paramètres ont été choisis selon la capacité de détection satellitaire (des paramètres mesurés à partir du satellite).

Tableau 3.1. Campagne en Mer et prélèvements.

Lieu	Date de sortie	Nombre d'échantillons	Nombre de stations	Dosage au laboratoire	Mesure in situ
Baie d'Alger	09/05/2018	48	16	MES,Chla(a),Turbidité	Température, PH ,PDS

Lors de la prise des images et des échantillons cités, nous avons noté les données des conditions atmosphériques enregistrées à partir du site www.windguru/algers.co.

La sortie a été réalisée dans des conditions favorables par rapport à la météorologie (ciel dégagé) et à l'état de la mer (peu agitée) et en même temps avec le passage du satellite.

2. Traitement physicochimique :

2.1.Mesure de la température, pH :

La mesure des paramètres : température et pH a été effectuée à l'aide de deux multi-paramètres Type HANNA HI 9828 avec et sans GPS, afin de pouvoir comparer les résultats et/ou calculer la moyenne entre les deux valeurs.

Principe :

L'utilisation des multi-paramètres consiste à faire prolonger les sondes appropriées dans l'eau, après calibration puis attendre quelques secondes jusqu'à stabilisation de

l'affichage sur l'écran avant de relever le résultat de la mesure. Rincer les sondes à l'eau distillée avant chaque mesure.



Figure 3.3.multi-paramètres de type HANNA.

2.2.Mesure de la turbidité :

La turbidité est un indice indiquant la présence de particules en suspension dans l'eau. Elle est déterminée à l'aide d'un turbidimètre ou laboratoire de type (HANNA HI 93703). Cet appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension.

Principe :

La méthode consiste à étalonner le turbidimètre avec un réactif commercial propre à l'appareil, par la suite mesurer la turbidité de nos échantillons en trois reprises et enfin calculer la moyenne des trois mesures. Les résultats sont exprimés en **UTN** (unités de turbidité néphélométriques) et sont affichés directement par l'appareil.

2.3.Mesure de la chlorophylle :

La mesure des pigments phytoplanctoniques dans notre cas la chlorophylle a , repose sur leurs caractéristiques spectroscopiques : absorption de lumière contenue dans les cellules , la chlorophylle a est un paramètre qui , pour une mesure précise , nécessite la récolte du matériel en suspension par filtration , suivie d'une extraction du filtre par solvant puis par le passage de ce dernier au spectrophotomètre .



Figure 3.4. Spectrophotomètre (Shimadzu UV).

Cette méthode a été développée pour corriger les mesures de chlorophylle a en présence des produits de dégradation, les phéopigments a. en effet, ces derniers ont des caractéristiques spectrales proches de celles de la chlorophylle a. Les absorbances sont mesurées à la longueur d'onde moyenne de 665 nm et 750 nm avant et après acidification de l'extrait. L'acidification dégrade la chlorophylle en phéopigments par l'élimination de l'ion magnésium. la chute d'absorbance qui en résulte permet le calcul de la chlorophylle a et des phéopigments a. (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

2.4. Mesure de la matière en suspension :

2.4.1. Principe de la méthode :

Elle consiste à filtrer un volume d'eau à travers une membrane poreuse afin de retenir les particules supérieures à 0.45 μm . La différence de poids des filtres séchés avant et après filtration permet de connaître la masse sèche totale de matières en suspension dans le volume filtré correspondant.

La précision sur la concentration des (MES) dépend du volume d'eau filtré et la sensibilité de la balance (**Aminot et Chaussepied, 1983**) et (**Rodier et al., 2005**).

3. Phytoplancton :

3.2. Le principe :

La méthode repose sur la sédimentation de l'échantillon préalablement fixé. Pour cela, on utilise le Lugol qui, en plus de son rôle de fixateur - conservateur, favorise la sédimentation des cellules. Le temps de contact de l'échantillon avec le Lugol doit préférablement être d'au moins 24 h avant l'analyse pour favoriser une bonne sédimentation du phytoplancton. Les chambres de sédimentation qui consistent en des cylindres verticaux peuvent être de volume 1, 5, 10, 25, 50 et 100 mL (**Wetzel, et al., 2000**).

3.3. Dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée (Méthode UTERMOL) :

La méthode adoptée pour l'identification et le comptage du microplancton, est celle d'Uthermol. (**intergovernmental oceanographic commision (UNESCO), et al.**). L'échantillon à traiter a sédimenté pendant 2 à 3h dans une chambre de sédimentation (cuves) de 25ml. L'énumération du microplancton a été réalisée sur la moitié de la cuve en utilisant un microscope inversé. L'identification des espèces a été réalisée à l'objectif 40x.



Figure 3.5.Microscope Inversé (OPTIKA).

Les densités cellulaires des espèces recensées sont estimées selon la formule suivante :

$$C=N/V$$

- ✓ **N** : nombre d'individu compté dans une chambre
- ✓ **V** : volume sédimenté dans une chambre en L
- ✓ **C** : concentration cellulaire en ind /L

Ces concentrations sont divisées par un facteur de concentration FC qui est le rapport entre le volume initial A et le volume final B (**intergovernmental oceanographic commision (UNESCO), et al.**).

4. Mesure de la transparence (PDS) :

Le disque de Secchi est un dispositif permettant de mesurer la transparence de l'eau, fixé au bout d'une corde graduée, il a une forme circulaire d'un diamètre d'une vingtaine de centimètres, noir et blanc (divisé en 4 quarts en alternant les couleurs) sert à l'absorbance et la réflectance de la lumière.

Principe :

Son principe repose sur la mesure de la profondeur de disparition du disque de Secchi, ce dernier détermine la "profondeur de Secchi" (**Rodier et al., 2005**). Cette méthode sert à évaluer la profondeur de pénétration verticale de lumière dans l'eau. Ainsi la transparence permet de définir la turbidité du milieu, (**Aminot et Chaussepied, 1983**).



Figure 3.6.Disque de Secchi.

II - images satellitaires :

L'acquisition d'images constitue un maillon essentiel dans la chaîne de conception et de production d'images. Pour pouvoir manipuler une image sur un système informatique ; il est nécessaire de lui faire subir une transformation qui la rendra lisible et manipulable par ce système. Le passage de cet objet externe (l'image d'origine) à sa représentation interne (dans l'unité de traitement) se fait grâce à une procédure de numérisation. (**ESSID, 2012**)

Les images sont délivrées sous forme raster, et à chaque pixel est associé à une ou plusieurs valeurs numériques, en fonction du nombre de bandes du capteur. Chaque objet émet de l'énergie électromagnétique à cause de l'agitation des particules chargées qui sont présentes dans toute matière. Cette énergie est émise par les objets, mais elle peut aussi être transmise, absorbée et réfléchi par ces mêmes objets. L'analyse et l'interprétation des images de télédétection se fait en fonction du comportement spectral qui est le produit de l'interaction du rayonnement et l'objet à traiter. (**ESSID, 2012**).

Outils de traitement d'imagerie satellitaire :

Un micro-ordinateur

Des Logiciels : ENVI, Arcgis, Qgis, Excel .

- Site de téléchargement d'images satellitaire : EARTH EXPLORER (USGS)

4.3.1. Présentation des logiciels

5. ENVI :

ENVI est un logiciel complet de traitement d'images de télédétection, optiques et radar. Toutes les méthodes de traitement d'images de corrections géométriques, radiométriques, de classification et de mise en page cartographique sont présentes. D'autres outils relatifs à la visualisation et à la modélisation de données topographiques sont aussi disponibles. Il a été conçu et développé par ITT Visual Information Solutions. **(Midekor, et al., 2013).**

ENVI permet d'extraire rapidement l'information pertinente des images géo-spatiales. L'ensemble de ses outils et modules spécialisés permettent de lire, explorer, analyser les données et de partager l'information. **(Midekor, et al., 2013).**

Fonctionnalités d'ENVI :

- ✓ Un environnement de traitement des images.
- ✓ L'Archivage et la consultation d'images sur PC.
- ✓ Des fonctions de transformation pour SIG.
- ✓ Des programmes de liaison Import-export, permettent l'intégration des données avec d'autres logiciels fondamentaux de SIG (comme Arc Gis). **(Midekor, et al., 2013)**

6. Quantum Gis (Qgis) :

Quantum GIS version 1.8 est un logiciel open source, choisi pour sa gratuité, sa disponibilité, sa portabilité et la richesse de ses outils de géo-traitement.

Quantum GIS est un SIG libre au téléchargement, multiplateforme, il gère les formes raster et vecteur, ainsi que les bases de données. Il permet d'effectuer des activités diverses, notamment le géo-référencement, la digitalisation, l'analyse spatiale, l'analyse thématiques...etc. Aussi, il permet à l'utilisateur d'ouvrir des fichiers EXCEL **(Manuel d'Utilisation QGIS, 2015).**

QGIS est avant tout un logiciel de type Système d'Information Géographique (SIG) Site web: <http://www.osgeo.org/>.

Fonctionnalités de Qgis:

- ✓ Gestion des formats raster (matrice, image) et vecteur (point, ligne, polygone) des données spatiales
- ✓ Visualisation des données
- ✓ Cartographie
- ✓ Géo traitement : Propre à QGIS dont l'édition de données, ou intégré à partir d'autres logiciels SIG Libre.
- ✓ Nombreuses extensions qui permettent plusieurs fonctionnalités (exemple : dans notre travail, il nous a permis de convertir les fichiers CSV en fichier « Shape file » utilisable dans le logiciel Arc gis).

Pour notre cas le logiciel Qgis était utiliser pour la cartographie et plus précisément pour exécuter l'interpolation IDW (Inverse Distance Whriting), par le calcul de la moyenne pondérer entre deux ou plusieurs point de mesures (**DENIS, 2015**).

7. Arc GIS :

Arc GIS est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde, Il permet de :

- ✓ Créer, partager et utiliser des cartes intelligentes.
- ✓ Rassembler les informations géographiques.
- ✓ Créer et gérer des bases de données géographiques.
- ✓ Résoudre des problèmes avec l'analyse spatiale.
- ✓ Communiquer et partager des informations grâce à la puissance de la géographie et de la visualisation. (**ESRI, 2017**).

8. Microsoft Excel :

L'utilisation de logiciel Excel est nécessaire afin d'exploiter et éditer les stations de mesure de profondeur dont le format texte d'Excel (CSV), nécessaire à leur intégration dans QGIS. Excel offre aussi les possibilités de réaliser des opérations de sélection, de filtrage, de tri par ordre croissant ou décroissant, et la présentation graphique des données (Courbes, Histogrammes, Nuages de points,...etc. (**Microsoft, 2010**))

9. Téléchargement de l'image Landsat :

la première étape de la partie satellitale commence par le téléchargement de l'image a partir du site internet www.Earthexplorer.usgs.gov, Les étapes de téléchargements de l'image sont décrites dans l'annexes.

9 Traitement d'image :

9.1 Intégration des bandes spectrale :

Après avoir téléchargé l'image LANDSAT qui correspond à la date de la sortie, l'intégration de cette image ce fait à travers les logiciels modernes ENVI et Arc Gis qui offrent la possibilité d'intégration des bandes spectrales et/ou le fichier multi spectrale chacune est déclarée comme une couche cartographique dans un système de référence ou système de projection géodésique WGS84.

9.1.Calibration radiométrique (radiance) :

Les images prises à des années différentes, les valeurs radiométriques obtenues pour une même zone, une même bande spectrale à une même époque, sont différentes, notamment en raison du rayonnement solaire et des perturbations atmosphériques dues principalement aux interactions entre gaz atmosphériques et particules en suspension. L'absorption, la diffusion et la réfraction que subit le signal reçu entraîne sa modification. Tout cela constitue un filtre non stationnaire dans le temps.

Les méthodes de correction radiométrique sont basées sur le calcul des quantités physiques du rayonnement émergeant des surfaces terrestres. La procédure est composée de plusieurs étapes, en premier, les luminances spectrales mesurées par le capteur doivent être calculées par l'inversion de la fonction de calibration à partir des comptes numériques, la relation étant linéaire dans la plupart des cas (**Ducrot, 2005**).

Les effets des différentes perturbations des capteurs sont éliminés par la formule générale suivante :

$$L_{\lambda} = A_{\lambda} + M_{\lambda} * Q_{\lambda} \quad (1)$$

Ou :

- ✓ L_{λ} : radiance spectrale
- ✓ A_{λ} et M_{λ} : des coefficients additif et multiplicatif de la bande spectrale du capteur

✓ Q_λ : le compte numérique de la bande spectrale

La calibration des images radiance s'est faite soit à l'aide des équations extraites directement à partir de la série (**DATA USERS HANDBOOK LANDSAT 8 (OLI), 2016**), qui contient les spécificités techniques des produits LANDSAT, qui correspond au capteur (OLI). Ces paramètres sont fournis dans le fichier des métadonnées(MTL), et l'application de ces équations se fait sur chaque bande spectrale. Soit par l'intervention de l'extension existant dans le menu de ENVI, qui permet le passage d'une image compte numérique a une image radiance, Les procédures de calibration radiométrique ont été faites à partir de l'outil de calcul mathématique « Raster Calculator » dans l'extension « MapAlgebra » propre à Arc GIS. Et avec l'outil de calcul mathématique « Band math » de l'ENVI. Le résultat c'est une de l'image radiance codée en 16 bits.

9.2. Calibration de réflectance :

La réflectance est la proportion du rayonnement qui frappe une surface au rayonnement réfléchi par cette surface. Certains éléments peuvent être identifiés par leurs spectres de réflectance, il est donc commun de calibrer une image en réflectance, comme une première étape vers la recherche ou l'identification des caractéristiques d'un élément dans une image(**HARRIS, 2016**).

Selon (**USGS, 2016**), la calibration en réflectance de l'image satellitaire est similaire à la conversion en luminance (radiance). Les valeurs des entiers de 16 bits dans le produit niveau 1, peuvent également être converties en TOA réflectance. L'équation suivante est utilisée pour convertir les valeurs de niveau 1 CN en TOA réflectance :

$$\rho_\lambda' = A_\lambda + M_\lambda * Q_\lambda \quad (2)$$

Où :

- ✓ ρ_λ' = TOA Planetary réflectance spectrale, sans correction pour l'angle solaire. (Sans unité)
- ✓ M_ρ = réflectance multiplicatif facteur d'échelle pour la bande (à partir des métadonnées).

- ✓ A_{ρ} = additif réflectance de facteur d'échelle pour la bande (à partir des métadonnées).
- ✓ Q_{cal} = valeur de pixel originale (niveau 1) dans CN

On notera que ρ_{λ} est la vraie TOA Réflectance, car elle ne contient pas de correction pour l'angle d'élévation solaire. L'angle d'élévation solaire est donné dans les métadonnées de l'image satellite. La conversion à la vraie réflectance TOA est la suivante :

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta)} \quad (3)$$

Ou :

- ✓ ρ_{λ} : TOA réflectance après calibration.
- ✓ θ : l'angle d'élévation du soleil.

Les étapes de traitement des réflectance sont généralisées sur toutes les bandes satellites.

9.3. Correction atmosphérique (Flaash atmosphérique correction) :

L'atmosphère perturbe l'observation de la surface terrestre depuis un instrument optique sur un satellite. Deux effets atmosphériques se conjuguent pour altérer les images :

- l'absorption du rayonnement par les molécules de l'air
- la diffusion du rayonnement par les molécules et les aérosols (sans compter les nuages)

Donc la correction atmosphérique des images satellite est une étape primordiale afin avoir une image claire et dépourvue de toute perturbation, l'application de cette correction doit être appliqué sur l'image dans sa totalité, cette correction se fait à travers le pixel le moins influencés par les perturbations atmosphériques.

dans notre travail cette partie est effectuée à l'aide de du logiciel ENVI, par l'utilisation de l'extension (Flaash atmosphérique correction), qui permet le Transfer de l'image radiance codé à 16 bits à une image réflectance codé à 8 bits à l'aide de l'algorithme suivant :

« $(b1 \text{ le } 0) * 0 + (b1 \text{ ge } 10000) * 1 + (b1 \text{ gt } 0 \text{ and } b1 \text{ lt } 10000) * \text{float}(b1) / 10000. \gg$

10. Extraction selon la zone d'étude :

Après l'intégration des bandes, le découpage de l'image s'effectue par l'extraction à l'aide d'une couche vecteur (Mask) qui délimite la zone d'étude et à travers l'extension

(Extract by mask) proposée par l'Arcgis, cela nous a facilité la tâche pour le traitement avec un temps plus ou moins réduit.

11. Récupération des valeurs de réflectance :

Après avoir effectué le traitement d'image, la récupération des données se fait par le logiciel ArcGis à travers l'extension « Pixel Inspector » les valeurs du raster (réflectance) sont récupérées à travers une matrice de 3*3 pixels.

Les résultats pour chaque matrice sont structurés dans un tableau Excel afin de calculer les quartiles (Q1,Q3) pour la matrice . ensuite les interquartile (Q3-Q1), puis les limite inférieures (IQR-Q1) et les limites supérieure (IQR+Q3) .

l'objectifs de cette etape est de calculer la moyenne matricielle pour chaque bande spectrale pour chaque stations afin d'avoir les valeurs des reflectances finale .

Les valeurs finales de la réflectance sont structurées dans un tableau Excel contenant la forme suivante :

- ✓ les numéros des stations
- ✓ coordonnées géographiques.
- ✓ Les valeurs de raster (raster data) correspondants aux valeurs de réflectance

Q1 : Quartile 10%

Q3 : Qauartile 75%

IQR : Interquartile

12. Les ratios :

Le calcul des Ratios est un procédé dans lequel les valeurs de réflectance d'une bande sont divisées par les valeurs de réflectance d'une autre bande.

Les ratios sont utilisés pour améliorer les différences spectrales entre les bandes et réduire les effets de la topographie (altimétrie). La division d'une bande spectrale par une autre produit une image qui fournit des intensités de bande relatives à la qualité du milieu étudié.

12.1. Analyse corrélative :

Le contrôle de la qualité de l'eau de mer est fondé naturellement et traditionnellement sur des mesures et des prélèvements in situ. Les images satellitaires

étalonnées à partir des données mesurées in situ fournissent une information quantitative et continue sur le milieu aquatique et peuvent être employées pour estimer, avec une approximation raisonnable, les facteurs affectant la qualité de l'eau (**Houma et al, 2004**).

4.3.2. L'analyse en composante principale (ACP) :

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode classique de réduction de données. Elle consiste à projeter les données sur des axes (composantes principales) qui maximisent les variances de celles-ci. Pour effectuer cette projection, la procédure consiste à calculer une matrice de variance-covariance sur l'ensemble des données et de la diagonaliser (Volle, 1985). L'Analyse en Composantes Principales (ACP) peut être appliquée pour obtenir une représentation optimale de ces images (**Richard, et al., 1988**).

Dans notre travail nous avons effectué l'analyse en composante principale (ACP) sur les valeurs de radiance et réflectance afin de déterminer la relation optimale entre les paramètres physico –chimique, biologiques et les valeurs de traitement d'image satellitaire. (**Richard, et al., 1988**)

4.4. Test non- paramétrique de Mann Whitney

Le test non paramétrique de Mann – Whitney, aide à comparer deux échantillons indépendants.

Le principe du test c'est l'utilisation des RANGS, c'est-à-dire l'ordre dans lequel apparaissent les observations des deux échantillons lorsqu'ils sont réunis et triés. Il teste l'hypothèse H0 selon laquelle les échantillons sont identiquement positionnés (distribution homogène). (<http://www.jybaudot.fr/>)

Résultats et discussions

Les résultats de notre travail vont permettre de répondre à notre problématique de base et de confirmer la possibilité d'estimer quelques paramètres physicochimiques à savoir la profondeur de disque de Secchi (PDS), les matières en suspension (MES), la turbidité, la chlorophylle (a) et le phytoplancton marin depuis l'espace, cela était effectué à travers une étude de corrélation qui permet la synchronisation entre les mesures des compagnes en mer et les données des canaux satellitaires. Cette relation permet de réaliser la cartographie des différents paramètres et la création d'une base de données SIG numérique, dynamique et évolutive.

Après avoir effectué les différents traitements et analyses, nous avons classé les résultats obtenus selon quatre familles (fig4.1.).

La première famille concerne les des paramètres physico-chimique à savoir les résultats In Situ, et les résultats dosage au laboratoire. La deuxième famille regroupe les résultats de traitement d'image notamment les valeurs de réflectance, des ratios des réflectance relatives aux coordonnées des stations mesurées, la troisième famille montre les résultats d'identification microscopiques des phytoplancton marin (diatomées et dinoflagellés), la quatrième et la dernière famille concerne l'analyse corrélatrice entre les mesures In Situ et les mesures satellitaires (coefficients de corrélation et les modèles numériques algorithmes identifiés).

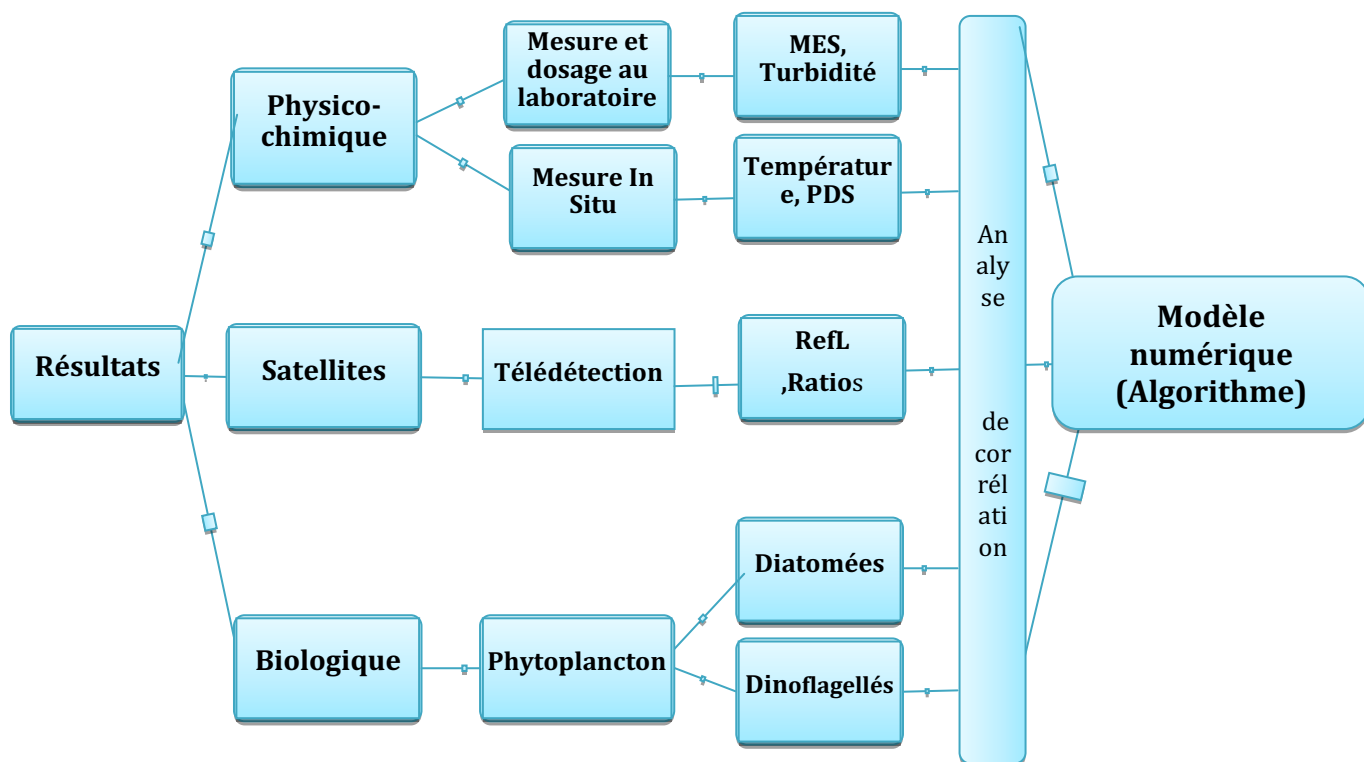


Figure 4.1. Organigramme des résultats.

1. Paramètres physico-chimiques (mesure in situ / dosage)

Les résultats des mesures in situ et au laboratoire ont été cartographié et résumé sous forme de diagrammes et cartes suivantes.

Les différents paramètres statistiques calculés, nous avons pu observer que les résultats obtenus sont dans les normes par rapport au positionnement des stations ainsi que la période de prélèvement (saison).

Tableau 4.1 : Statistiques descriptifs des résultats des paramètres physico-chimiques.

	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	Prof disque de Secchi (m)	T (°C)	pH
Moyenne	2,30	146,32	9,77	18,44	7,85
Maximum	14,38	544,03	17,00	19,59	8,68
Minimum	0,38	20,99	1,50	17,79	7,71
variance	11,82	20128,84	28,93	0,38	0,05
Ecartype	3,44	141,88	5,38	0,62	0,23

1.1.Température

Selon le diagramme (fig.4.2), La température mesurée sur le terrain a donné une valeur minimale de 17,79 C° représentée par la station 7, et une valeur maximale de 19.58 C° pour la station 09.avec une moyenne de 18,44°C , La plupart des stations côtières ont des températures entre à 18°C et 19,5°C, contrairement aux stations du large qui présentent des températures inférieures à celle-ci.

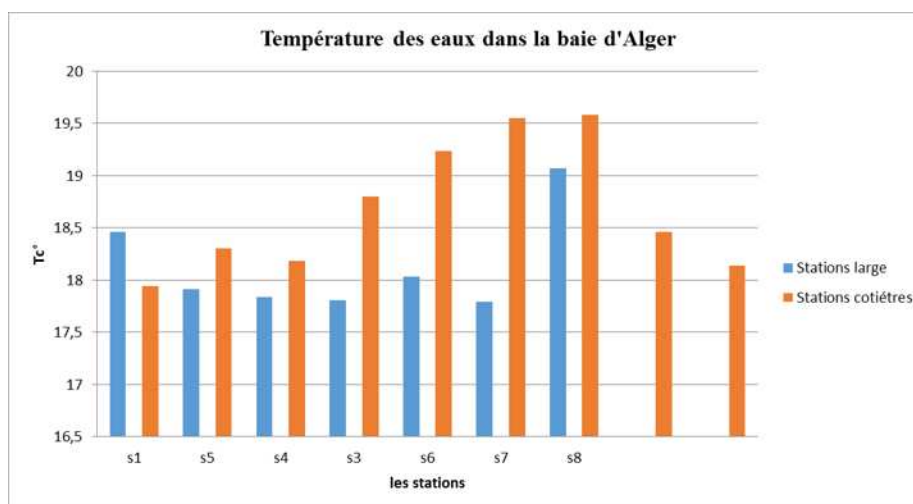


Figure 4.2 .Distribution des températures de surface dans la baie d'Alger.

La carte (fig.4.3), révèle un gradient de température ascendant d'Ouest en Est, qui est probablement due à la circulation des eaux superficielles locales et à la température atmosphérique. Les fortes valeurs de températures des stations côtières s'expliquent par les apports côtiers. On note que la température varie proportionnellement avec les rejets anthropiques et la température de l'air.

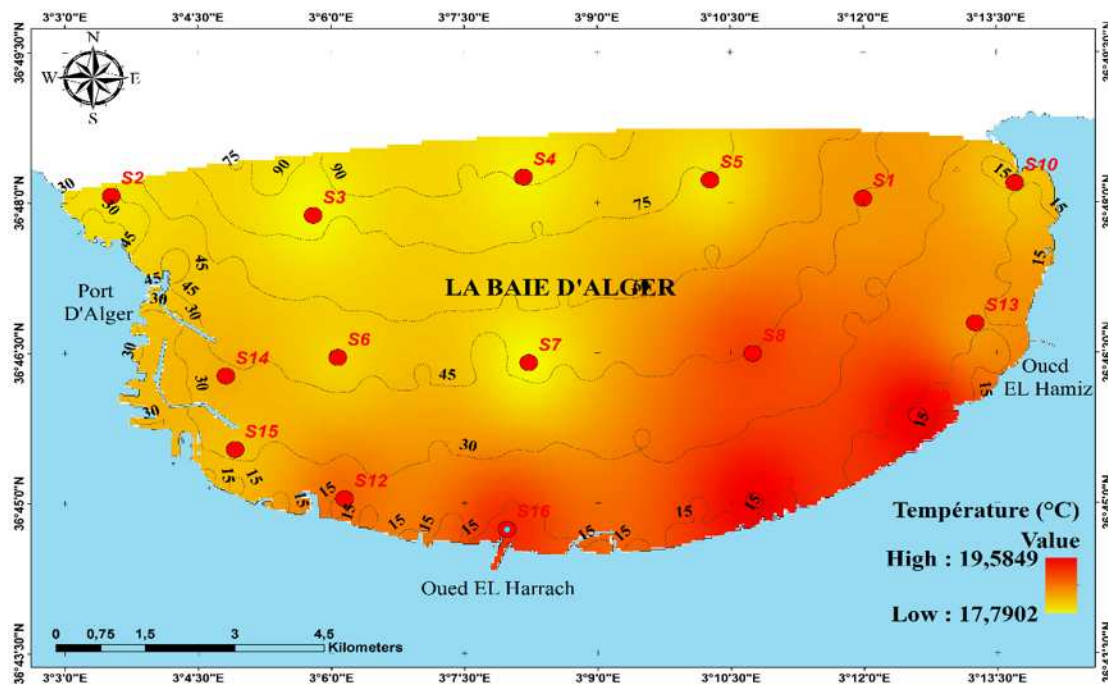


Figure 4.3 .Distribution horizontale de la température de surface dans la baie d'Alger.

1.2.Le potentiel d'hydrogène pH :

Selon le diagramme (fig.4.4), Le potentiel d'hydrogène (pH) mesuré à la surface de la mer a donné une valeur minimale de 7,71 représentée par la station 2, et une valeur maximale de 8,68 pour la station 09, avec une moyenne de 7,84.

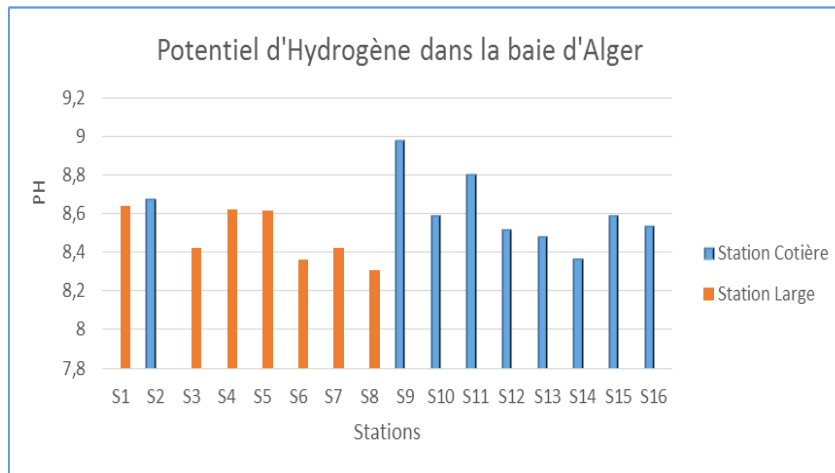


Figure 4.4 .Distribution horizontale du pH dans les eaux de la baie d’Alger.

La carte (fig.4.5), révèle un gradient de pH ascendant du sud-ouest vers le nord Est, qui est probablement due à la circulation des eaux superficiel local de la baie d’Alger, Les faibles valeurs de pH pour les stations costières s’expliquent par les apports terrigènes côtiers provient principalement du port d’Alger, Oued El Harrach et Oued El Hamiz, On note que pH varie aussi proportionnellement avec les rejets anthropiques.

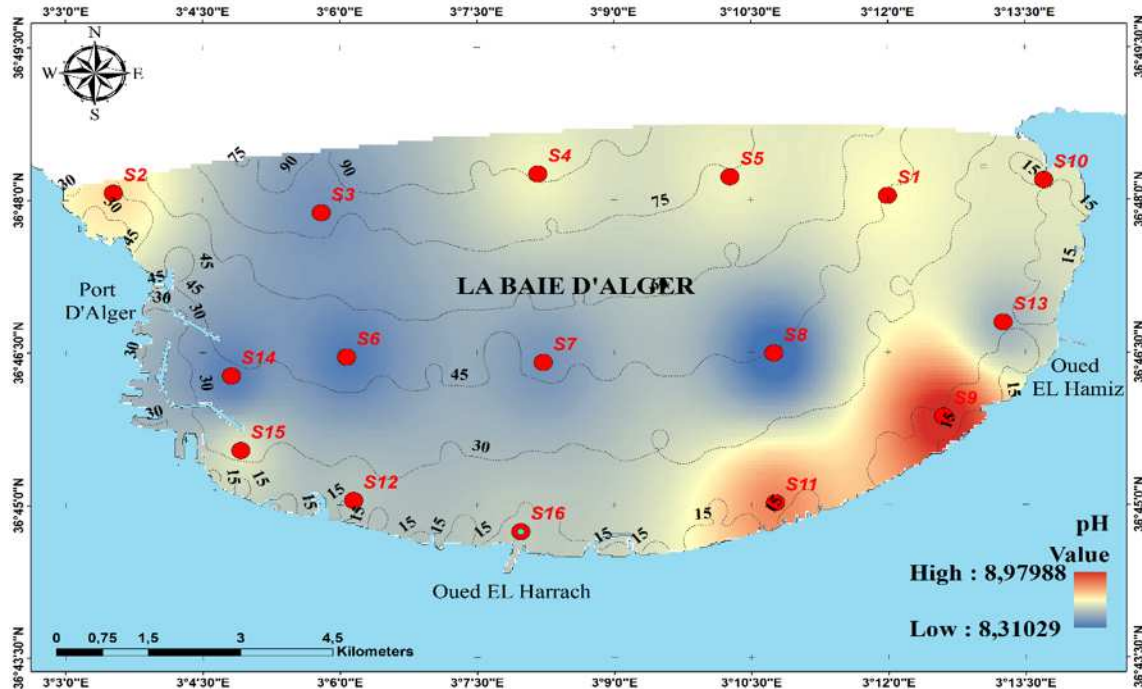


Figure 4.5. Distribution horizontale du pH dans les eaux de la baie d’Alger.

1.3. La Turbidité (NTU)

Nous avons observé des valeurs très variables qui varient d'un minimum de 0,38 NTU au niveau de la station (13), et un maximum de 0,38 au niveau de la station 16 qui représente un point de connexion entre la baie d'Alger et oued el Harrach, les valeurs faibles sont observées au niveau des stations au large.

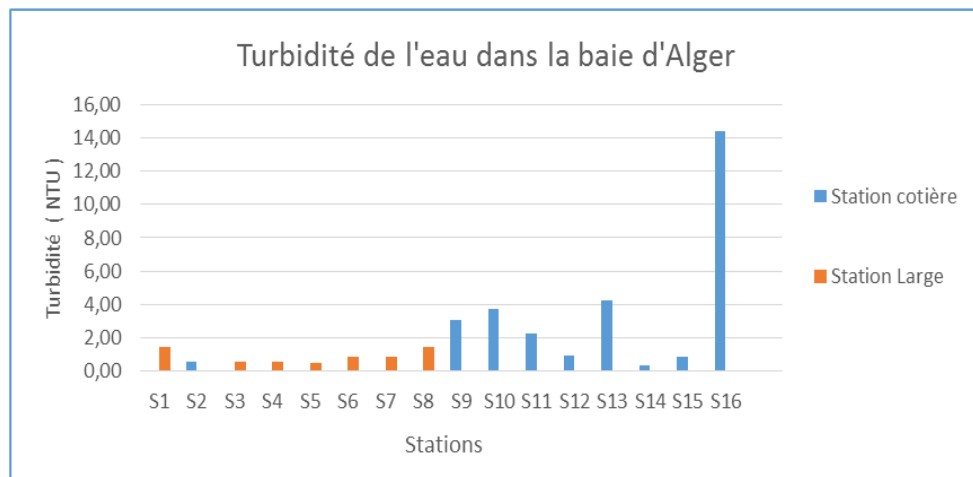


Figure 4.6. La turbidité de surface au niveau de la baie d'Alger.

La carte (4.7), révèle que la répartition de la turbidité ne présente pas une grande variabilité pour les stations, sauf pour la station 16 qui présente des très fortes concentrations, cela est probablement due aux apports terrigènes côtiers provient principalement du Oued El Harrach On note que turbidité varie aussi proportionnellement avec les rejets anthropiques.

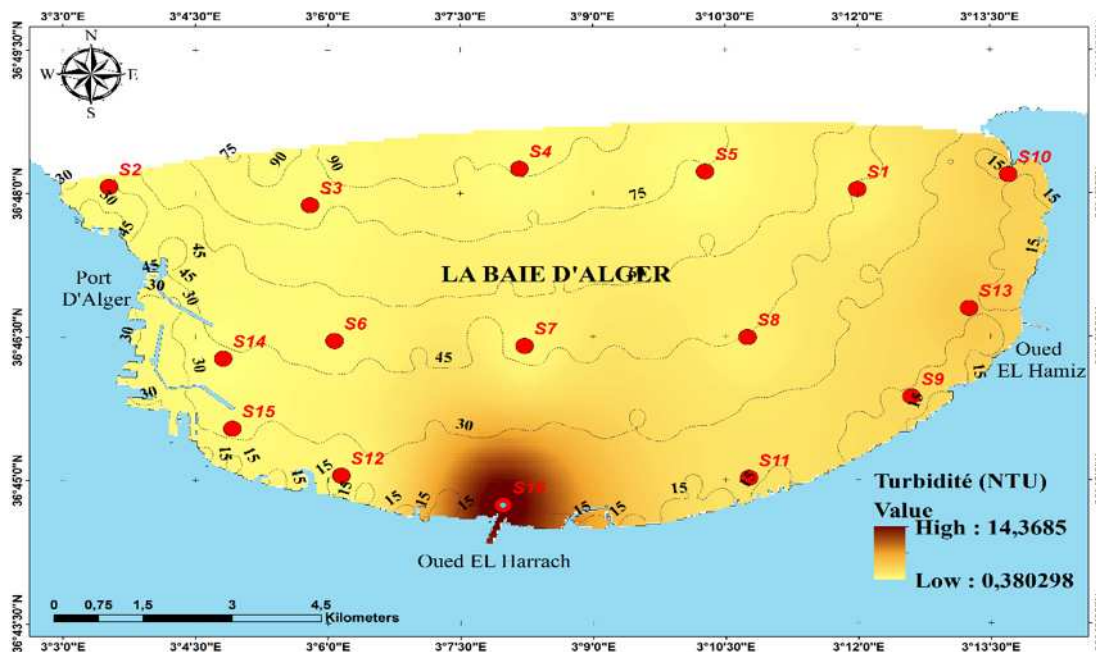


Figure 4.7. Distribution Horizontale de la turbidité de surface dans la Baie d’Alger.

1.4.Matières en suspensions (mg/L)

Nous avons observé des valeurs variables en fonction des stations , qui varies d’un minimum de 20,9 (mg/l) au niveau de la station (15), et un maximum de 544,03 (mg/l) au niveau de la station 16 qui représente un point de connexion entre la baie d’Alger et oued el Harrach, les valeurs faibles sont observées au niveau des stations au large.

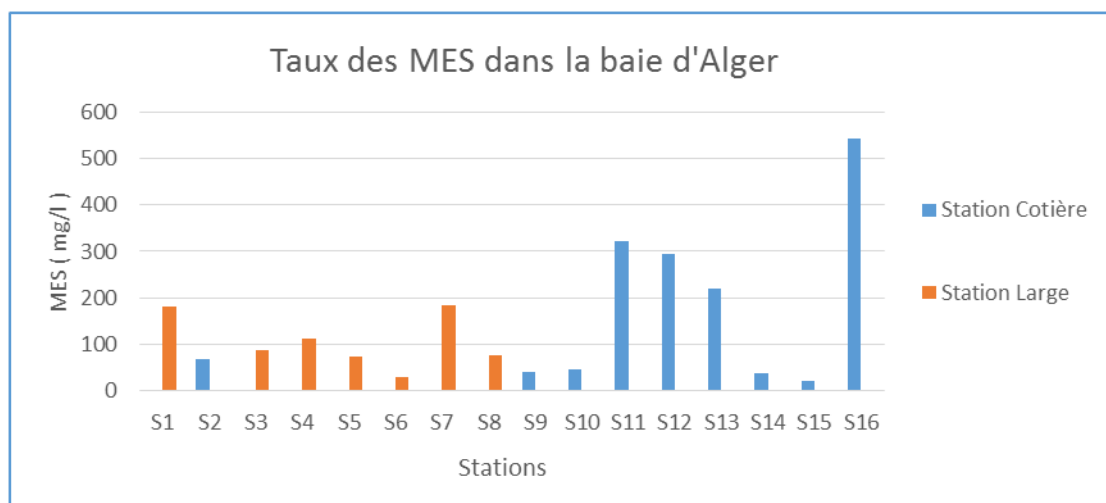


Figure 4.8 .Distribution de la concentration des matières en suspension à la surface dans la baie d’Alger.

La distribution horizontale (fig4.9) de la MES dans les eaux de la baie d’Alger, présente une faible variation. La valeur la plus élevée est observée à l’embouchure d’oued el

Harrach. On remarque que plus on s'éloigne de l'embouchure plus les valeurs de la matière en suspension diminuent.

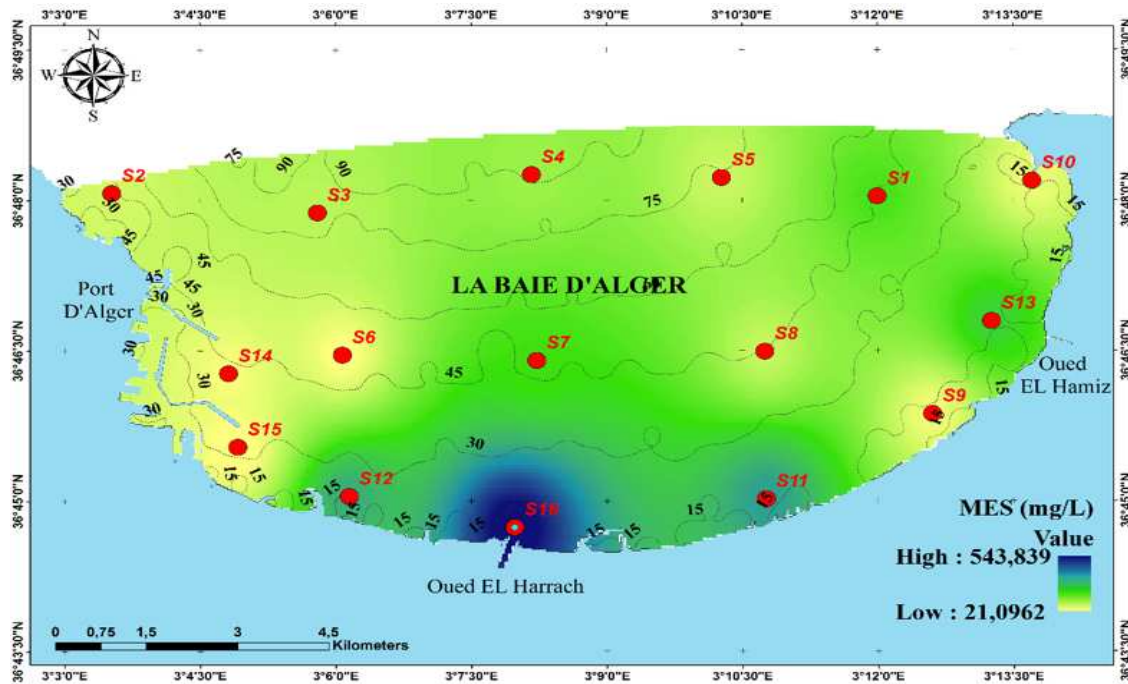


Figure 4.9. Distribution horizontale de la matière en suspension de surface dans la Baie d'Alger.

1.5. La Transparence (profondeur de disque de Secchi) :

D'après la (4.10), On constate que la profondeur maximale du disque de Secchi est de 17m (S3), tandis que la Profondeur minimal est de 1,4m, mesurée à l'embouchure d'Oued El Harrach (S16), avec une moyenne de 9,8 m On remarque que les stations du large présentent une transparence très élevée, qui n'est pas le cas des stations côtières.

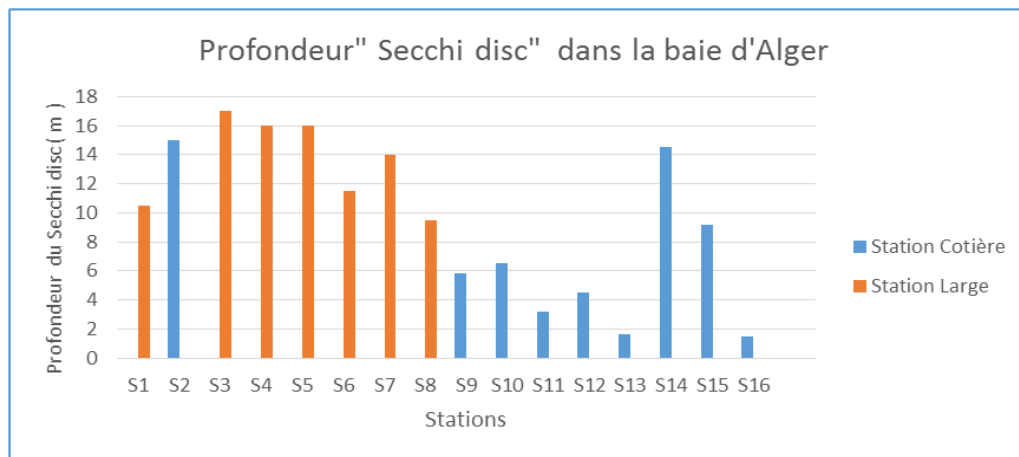


Figure 4.10 .Histogramme montrant la profondeur de Secchi dans la baie d'Alger.

Le Sud-Est de la Baie (fig. 4.11) est caractérisé par une faible transparence, en particulier au niveau de l'embouchure d'oued EL HARRACH (S16). Cela peut être expliqué par l'apport important d'alluvions charriées par l'Oued et les déversements côtiers (usines, domestique, égouts.. etc.), Induisant une forte pollution dans ces régions. Par contre, les stations du large présentent une transparence très élevée due probablement aux courants du large N-NW (renouvellement des eaux).

Nous avons déduit que la principale source de ces derniers est Oued El Harrach, qui est affecté principalement par les rejets anthropiques, vue que plus on s'éloigne de l'embouchure plus la matière en suspension et de turbidité diminuent et plus la transparence augmente. Ce qui prouve l'existence d'une relation entre la teneurs de ces deux paramètres et la profondeur de Secchi.

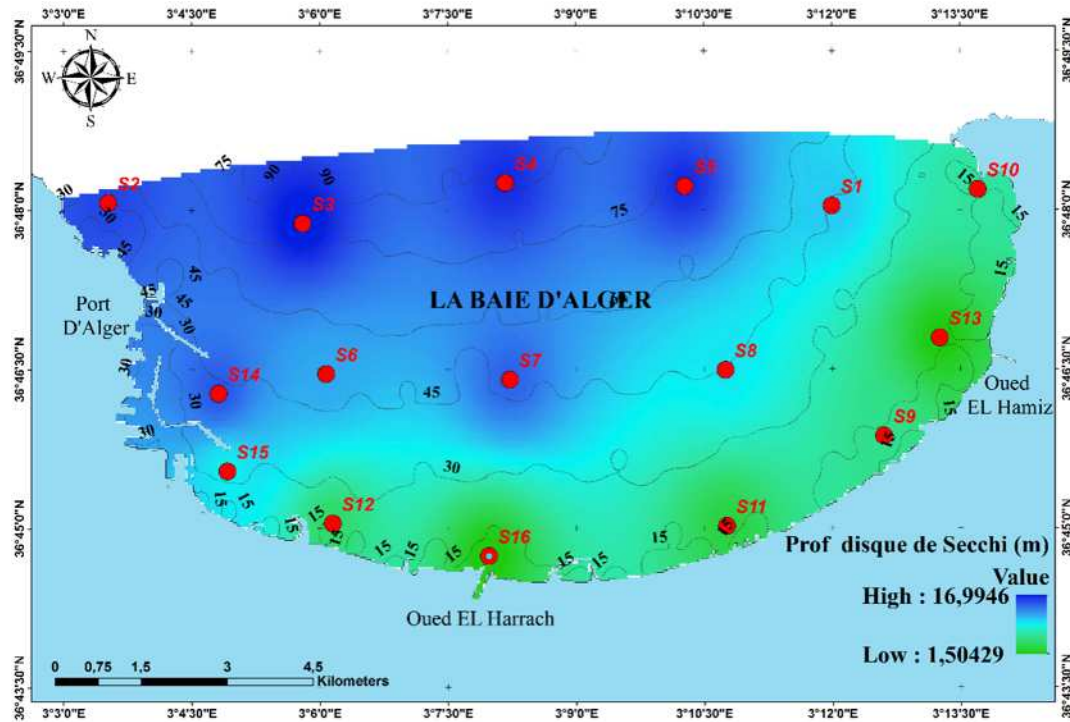


Figure 4.11. Distribution horizontale de la profondeur de disque de Secchi dans la Baie d'Alger.

1.6. Chlorophylle a:

Après avoir effectué les prélèvements de la chlorophylle (a), et après avoir procéder à l'analyse au laboratoire, Les résultats d'analyse de cette dernière n'ont pas données des résultats satisfaisants pour toutes les stations de mesures. Ce qui peut être justifié par les conditions de conservations des échantillons qui n'était pas favorables , a l'exception de quelque stations à savoir (S7, S8, S9, S10, S12, S13, S16), (**fig. 4.12**), tel quelles valeurs de plus importants de la chlorophylle sont observées dans les stations côtières et spécialement dans la station S10, S12 et S13 qui sont liées à la présence des apports anthropique ce qui enrichi le milieu avec des éléments nutritifs pour la croissance du phytoplancton.

A cet effet dans ce travail nous n'avons pas pris en considération la chlorophylle (a), vue que les résultats sont plus ou moins fiable pour un nombre limites de stations ce qui nous permet pas de dire si la corrélation est assez significative, puisque pour confirmer l'étude il nous faut un nombres importants de stations pour pouvoir comparer les résultats après l'étude corrélatrice et ceci ne répond pas à l'objectif de notre thématique.

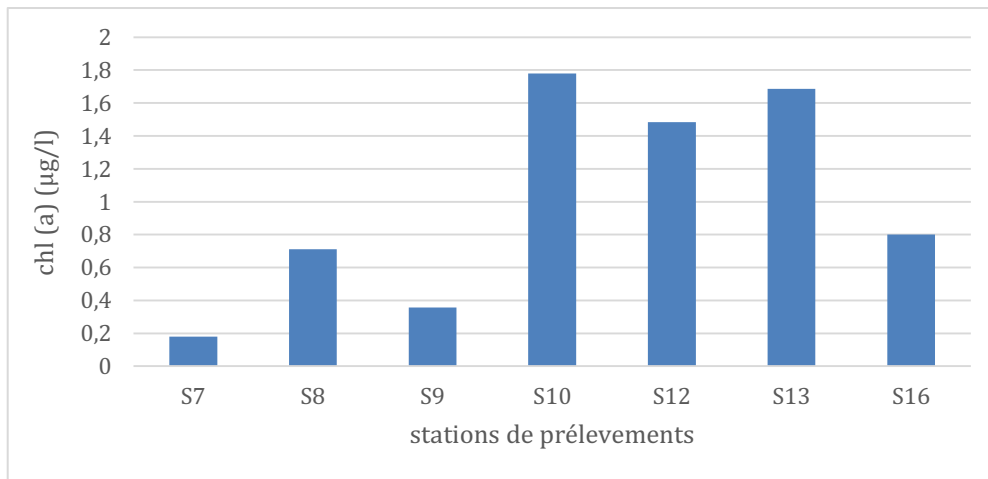


Figure 4.12 : Distribution horizontale de la chlorophylle (a) à la surface de la baie d'Alger.

2. Modélisation des données satellitaires :

Notre campagne d'étude a été effectuée, avec le passage du satellite (LANDSAT 8 OLI) le 09/05/2018, une bonne corrélation a été observée entre les paramètres In Situ et les résultats de traitement d'image satellitaire (LANDSAT8 OLI).

Choix du paramètre satellitaire : **notre travail est basé sur le choix des valeurs de réflectance, et ratios des réflectances, extraite à partir d'une image corrigée atmosphériquement. Cela revient au fait qu'elle donne des informations sur la nature des constituants chimiques de l'eau de mer (MES, phytoplancton, turbidité ...etc.).**

A. Etude de corrélation entre les paramètres mesurés à partir des mesures in situ et les données satellitaires :

Les valeurs des résultats des paramètres (MES, TURB, PDS) sont fortement corrélées entre eux. Par contre ils présentent une faible corrélation avec toutes les valeurs de réflectance (**tableau4.2**).

Les résultats que représentent les tableaux ci-dessus, sont les moyennes de chaque calcul matriciel de chaque station pour chaque bande spectrale, les tableaux résumés ces résultats en fonction des coefficients de corrélation avec les paramètres mesurés, les ratios, les log ratios et les réflectances.

Tableau 4.2 .Les coefficients de corrélation entre les paramètres physico-chimiques et les valeurs de réflectance

		MES	TEURB	PDS	REFB1	REFB2	REFB3	REFB4	REFB5	REFB6	REFB7	REFB8
Corrélation	MES	1	0,747	-0,612	-0,097	0,056	0,352	0,186	-0,021	-0,143	-0,123	0,37
	TURB	0,747	1	-0,635	-0,207	-0,035	0,265	0,007	-0,296	-0,399	-0,381	0,265
	Secchi disc	-0,612	-0,635	1	0,488	0,248	-0,353	0,196	0,391	0,479	0,477	-0,194
	logSDD	-0,735	-0,75	0,952	0,349	0,107	-0,446	0,067	0,314	0,412	0,405	-0,287

Les valeurs des résultats des paramètres (MES, TURB, PDS) sont fortement corrèles entre eux et présentent une faible corrélation avec tous les valeurs de log des réflectance (**tableau4.3**).

Tableau 4.3. Les coefficients de corrélation entre les paramètres physico-chimiques et les valeurs de log des réflectances

		TURBD	MES	PDS	LOGB1	LOGB2	LOGB3	LOGB4	LOGB5	LOGB6	LOGB7	LOGB8
Corrélation	TURBD	1,000	0,747	-0,635	-0,192	-0,019	0,240	-0,002	-0,237	-0,334	-0,302	0,249
	MES	0,747	1,000	-0,612	-0,068	0,079	0,330	0,209	0,074	-0,041	-0,009	0,355
	Secchi disc	-0,635	-0,612	1,000	0,469	0,223	-0,314	0,191	0,344	0,446	0,434	-0,186
	Log SDD	-0,750	-0,735	0,952	0,325	0,082	-0,407	0,050	0,243	0,344	0,324	-0,279

Notant que :

REF Bx = Réflectance de la bande x.

LOG Bx = Logarithme de la bande spectrale x.

D'après les tableaux si dessus, on constate que la turbidité est faiblement corrélé avec les ratios des réflectances, et que la MES et PDS présentent des coefficients moyennement élevés avec ses ratios.

Tableau 4.4. Corrélation entre les paramètres physico-chimiques et les ratios de réflectance

		TURB	MES	PDS
Corrélation	REF B1/REF B2	-0,412	-0,437	0,547
	REF B1/REF B3	-0,458	-0,450	0,763
	REF B1/REF B4	-0,339	-0,082	-0,026
	REF B1/REF B5	-0,179	0,201	-0,263
	REF B1/REF B6	-0,053	0,292	-0,390
	REF B1/REF B7	-0,053	0,292	-0,390
	REF B1/REF B8	-0,469	-0,532	0,863
	REF B2/REF B3	-0,417	-0,399	0,748
	REF B2/REF B4	-0,273	0,011	-0,152
	REF B2/REF B5	-0,127	0,274	-0,350
	REF B2/REF B6	-0,009	0,356	-0,458
	REF B2/REF B7	-0,065	0,285	-0,419
	REF B2/REF B8	-0,264	-0,317	0,598
	REF B3/REF B4	-0,033	0,230	-0,588
	REF B3/REF B5	0,008	0,379	-0,556
	REF B3/REF B6	0,087	0,426	-0,594
	REF B3/REF B7	0,016	0,350	-0,540
	REF B3/REF B8	0,286	0,221	-0,434
	REF B4/REF B5	0,133	0,523	-0,467
	REF B4/REF B6	0,242	0,574	-0,584
	REF B4/REF B7	0,122	0,446	-0,518
	REF B4/REF B8	0,094	-0,116	0,355
	REF B5/REF B6	0,313	0,476	-0,564
	REF B5/REF B7	0,124	0,314	-0,467
REF B5/REF B8	-0,083	-0,384	0,486	
REF B6/REF B7	-0,277	-0,054	-0,218	
REF B6/REF B8	-0,191	-0,460	0,556	
REF B7/REF B8	0,242	0,574	-0,584	

Tableau 4.5 .Corrélation Mesure In Situ- réflectances OLI.

	TURBD	MES	PDS
Log REF B1/log REF B2	0,515	0,465	-0,685
Log REF B1/log REF B2	0,476	0,479	-0,819
Log REF B1/log REF B3	0,191	0,428	-0,108
Log REF B1/log REF B4	-0,282	0,102	0,277
Log REF B1/log REF B5	-0,415	-0,075	0,431
Log REF B1/log REF B6	-0,378	-0,036	0,421
Log REF B1/log REF B7	0,396	0,297	-0,724
Log REF B2/log REF B3	0,397	0,420	-0,759
Log REF B2/log REF B3	0,034	0,300	0,109
Log REF B2/log REF B3	-0,376	0,016	0,404
Log REF B2/log REF B3	-0,480	-0,139	0,524
Log REF B2/log REF B3	-0,443	-0,100	0,513
Log REF B2/log REF B3	0,173	0,096	-0,431
Log REF B3/log REF B4	-0,285	-0,068	0,685
Log REF B3/log REF B5	-0,484	-0,166	0,664
Log REF B3/log REF B6	-0,543	-0,259	0,705
Log REF B3/log REF B7	-0,511	-0,224	0,694
Log REF B3/log REF B8	-0,234	-0,315	0,368
Log REF B4/log REF B5	-0,587	-0,217	0,521
Log REF B4/log REF B6	-0,645	-0,342	0,637
Log REF B4/log REF B7	-0,592	-0,285	0,621
Log REF B4/log REF B8	0,067	-0,160	-0,283
Log REF B5/log REF B6	-0,533	-0,413	0,604
Log REF B5/log REF B7	-0,409	-0,278	0,546
Log REF B5/log REF B8	0,314	-0,015	-0,423
Log REF B6/log REF B7	0,367	0,473	-0,017
Log REF B6/log REF B8	0,406	0,102	-0,517
Log REF B7/log REF B8	0,369	0,065	-0,502

Les valeurs représentées en rouge, ce sont les meilleures corrélations entre les données satellitaires et les résultats in situ, ce qui confirme que l'analyse satellitaire permet d'avoir des résultats plus au moins correcte du point de vue qualitative et quantitative.

Nous avons constaté que les matières en suspensions (MES) sont faiblement corrélées avec les logs ratios des réflectances, et que la MES et PDS présentent des coefficients moyennement élevés avec ses ratios.

Nous avons étudié pour chaque paramètre, son coefficient de corrélations et les différents ratios et réflectances qui vont nous permettre d'obtenir le meilleur coefficient de détermination qui nous indique sur quels paramètres satellitaire qui sera ajusté sur un nuage de point pour identifier l'algorithme qui estime chaque paramètre.

Tableau 4.6. Les coefficients de corrélation les plus significatifs de chaque paramètre.

Paramètres	Réflectance	Coefficient de corrélation
PDS (m)	REF B1/REF B8	0,863
	Log REF B1/ Log REF B2	-0.819
	REF B2/REF B3	0,748
Turbidité (NTU)	Log REF B4/log REF B6	-0,645
	Log REF B4/log REF B7	-0,592
	Log REF B5/log REF B6	-0,533
MES (Mg/l)	REF B4/REF B5	0,523
	REF B6/REF B4	0,665
	REF B1/REF B8	-0,532
Diatomées (ind/L)	B2/B4	0.4153613
	B3/B4	0.371572
	LogB4/LogB2	0.371572
Dinoflagellés (ind/L)	B3/B2	0.48594589
	LogB2/LogB3	0.474767
	LogB3/logB2	-0.460163

2.1. Profondeur de disque de Secchi

La Corrélation la plus significative des valeurs de profondeurs du disque de Secchi avec celle du satellite montrent une très forte relation avec le ratio du canal panchromatique (bande 8) et le canal coastal aerosol (Bande 1), caractérisé par une résolution de 15 mètres. La relation d'ajustement en fonction linéaire est caractérisée par un coefficient de détermination $R^2 = 0,7441$ (fig.4.13).

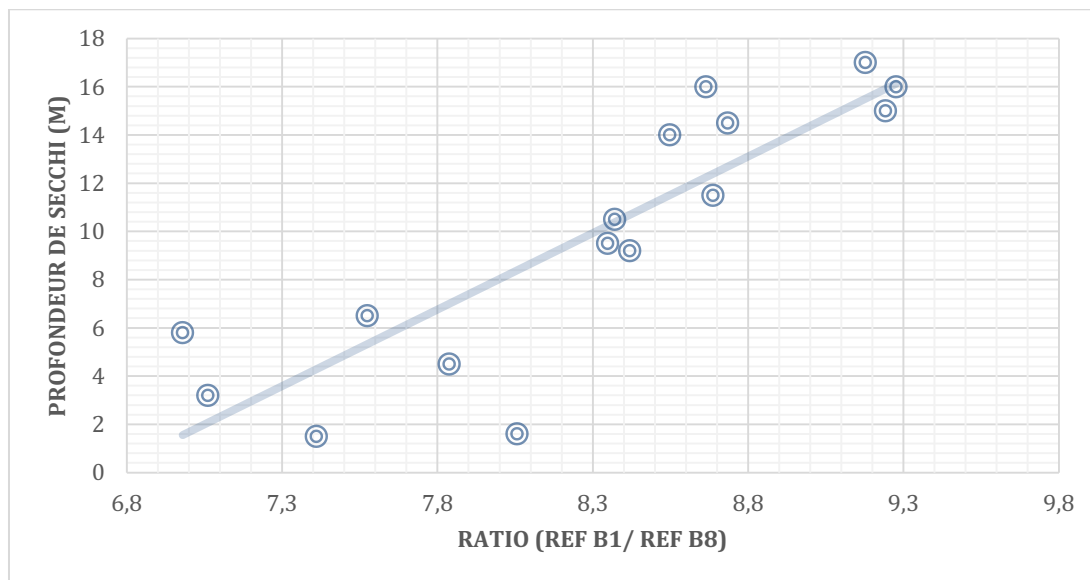


Figure 4.13. Corrélations entre la profondeur de Secchi et les ratios de réflectance.

$$PDS (m) = 6,3448 (REF B1/ REF B8) - 42,73 \dots\dots (4.1)$$

Nous avons obtenu des modèles de calculs de la profondeur de Secchi, après avoir réalisé des tests de corrélation entre les ratios calculés et le paramètre PDS.

2.2. Turbidité :

La Corrélation la plus significative des valeurs de la turbidité avec celle du satellite montrent une très forte relation avec les logs ratios du canal (bande 6) et le canal (Bande 4), caractérisé par une résolution de 30 mètres. La relation d'ajustement en fonction puissance est caractérisée par un coefficient de détermination $R^2 = 0,64$

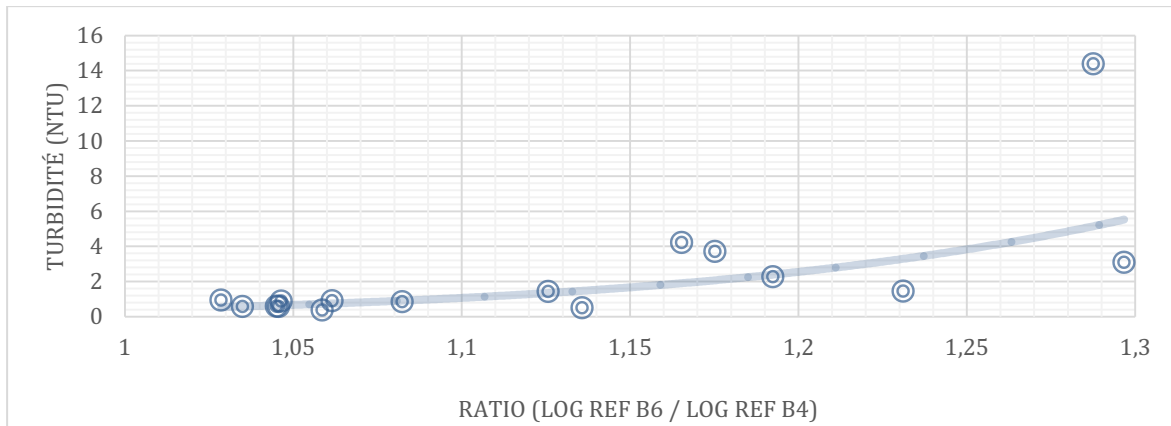


Figure 4.14. Corrélations entre la turbidité et les logs ratios de réflectance.

$$\text{Turbidité (NTU)} = 0,4146 * \left(\frac{\text{LOG REF B6}}{\text{LOG REF B4}} \right)^{9,9664} \quad (4.2).$$

Nous avons obtenu des modèles de calculs de la turbidité, après avoir réalisé des tests de corrélation entre les logs ratios calculés et le paramètre turbidité in situ.

- **Matières en suspensions (MES)**

La Corrélation (**fig. 4.15**) la plus significative des valeurs des matières en suspensions avec celle du satellite montrent une forte relation avec les logs ratios du canal (bande 6) et le canal (Bande 4), caractérisé par une résolution de 30 mètres. La relation d'ajustement en fonction linéaire est caractérisée par un coefficient de corrélation **R = 0,66**.

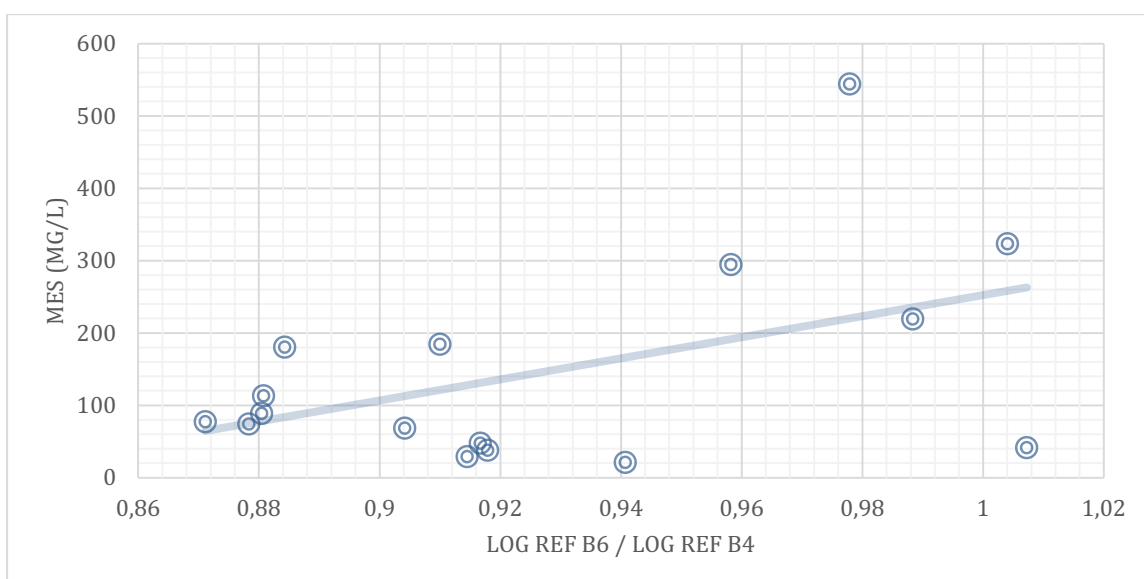


Figure 4.15. Corrélations entre la matière en suspension et les logs ratios de réflectance.

$$MES (mg/L) = 1457,4 * \frac{\log REF B6}{\log REF B4} - 1205 \quad (4.3)$$

Nous avons obtenu des modèles de calculs de MES, après avoir réalisé des tests de corrélation entre les logs ratios calculés et le paramètre MES in situ.

2.3. Les diatomées :

La Corrélation la plus significative, la plus forte est observée dans le ratio REF2/REF4 avec un R=0.497. Cette corrélation signifie une dépendance entre les valeurs de réflectance et le nombre des cellules de diatomées.

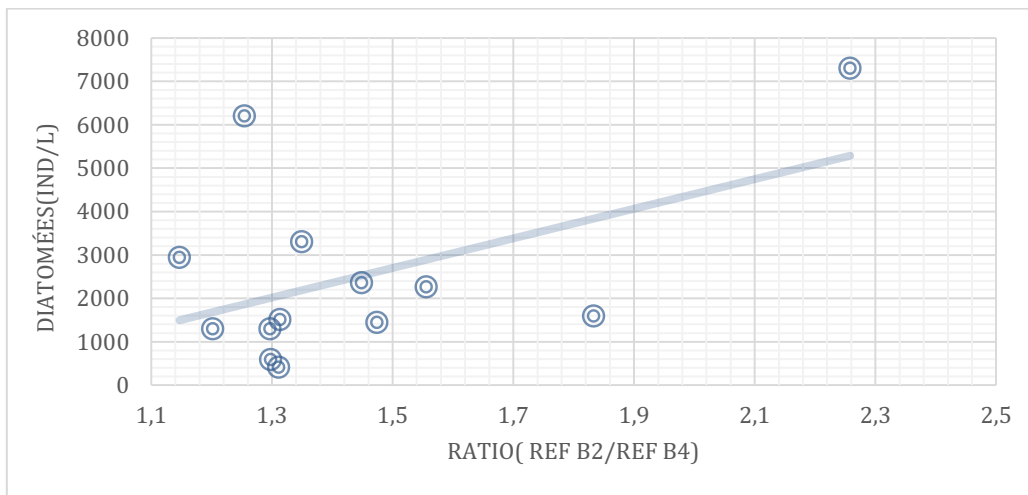


Figure 4.16. Corrélations entre les diatomées les ratios des réflectances.

$$\text{Diatomées (ind/L)} = 3410,3 \left(\frac{REF B2}{REF B4} \right) - 2415,4 \quad (4.4)$$

2.4. Dinoflagellés :

Contrairement aux diatomées, les dinoflagellés présentent une indépendance par rapport aux valeurs de réflectance. Dans notre travail, nous avons constaté que le nombre de cellules des dinoflagellés présent dans la baie d'Alger est très élevés cela peut être expliqué par les valeurs de réflectance plus au moins significatives, on remarque que la corrélation la plus élevée $R^2 = 0,586$ représenté par le ratio B4/B3.

On interprète cela par le fait que la bande 3 (vert) et la bande (rouge) indique la présence de végétation et principalement les pigments photosynthétique, ce qui explique le résultat obtenue.

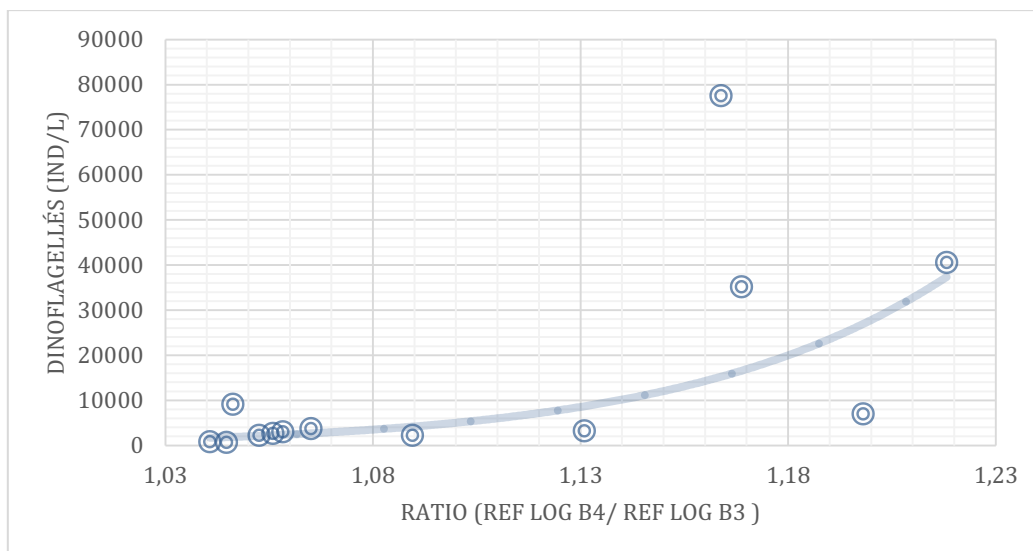


Figure 4.17. Corrélations entre les dinoflagellés les ratios des réflectances.

$$\text{Dinoflagellés (Ind/L)} = 772,99 * \left(\frac{\text{REF Log B4}}{\text{REF log B3}} \right)^{19,649} \quad (4.5).$$

3. Etude biologique

Dans l'étude qualitative et quantitative des espèces phytoplanctoniques, nous avons observé la présence de deux principaux groupes floristiques : les diatomées, les dinoflagellés.

Les résultats d'analyse des échantillons récoltés à partir des différentes stations au niveau de la baie d'Alger ont été analysés une partie au laboratoire maritime des études spatiale (USTHB) et une partie au niveau du laboratoire, LBCP1(ENSSMAL) par la méthode d'Utermhol.

Test statistique :

D'après le Test Non paramétrique de Man -Whitney (tab.6), des deux échantillons phytoplanctoniques, une distribution hétérogène est remarquée dans la Baie d'Alger. Sachant que :

- H0 : la différence de position des échantillons est égale à 0.
- Ha : la différence de position des échantillons est différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0.05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

(p-value = 4.44)

Tableau 4.7 : Test de Mann et Whitney des deux échantillons (Diatomées et Dinoflagellés)

	H ₀ (Homogénéité)	H _a (Hétérogénéité)
phytoplancton (ind/L)	Rejeté	retenu

3.3 Les diatomées

Après observation au microscope inversé, l'estimation de la densité des diatomées à donner un maximum de 7300 ind.L⁻¹ observé au niveau de la station 10, et un minimum de 410 ind.L⁻¹ pour la station 5. On remarque une distribution hétérogène des diatomées dans la baie d'Alger. (Fig. 4.18).

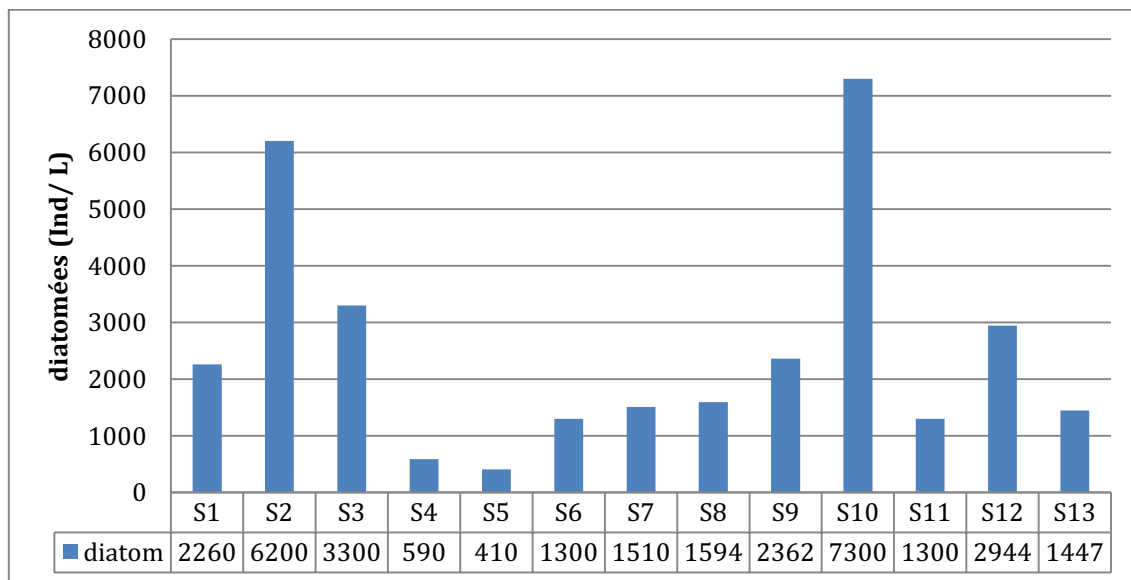


Figure 4.18. Concentration des diatomées en surface dans la baie d'Alger. .

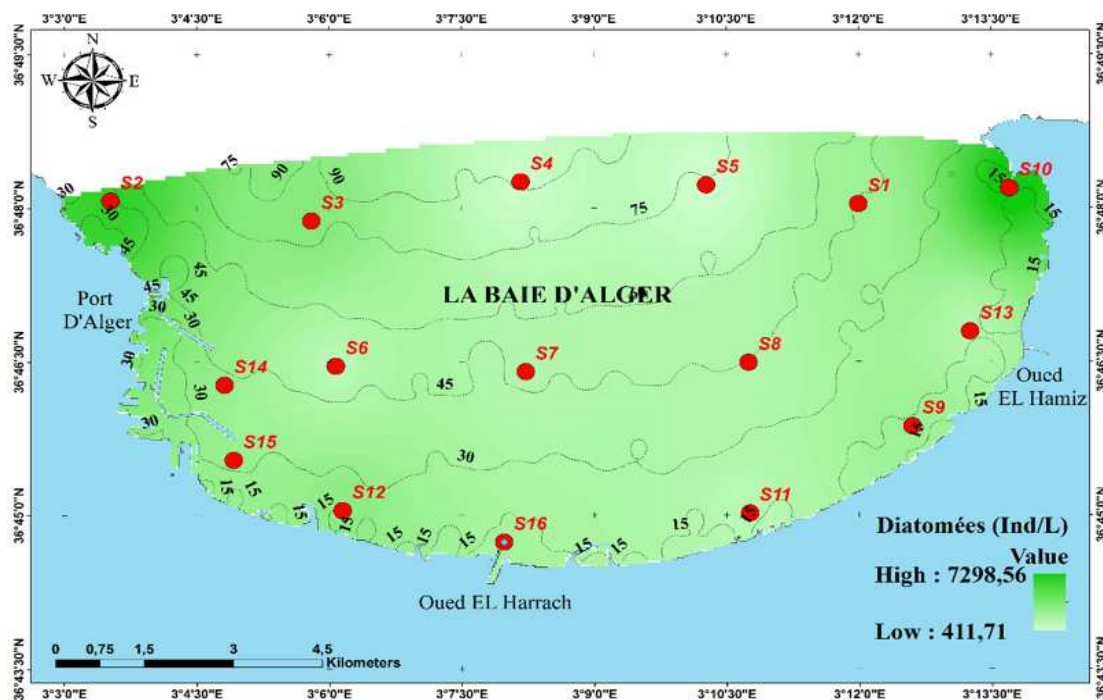


Figure 4.19 .Distribution horizontale des diatomées dans les eaux de la Baie d’Alger.

3.4. Les dinoflagellés

La présente distribution (fig.4.19), montre la répartition quantitative des diatomées entre les différentes stations. L’embouchure port de Tamanfouste (S10) présente un taux très élevé, qui se démarque du reste de la Baie. Cette richesse en diatomées est probablement due aux apports terrigènes et rejets au niveau de cette région, qui favorisent un milieu riche en nutriments pour la croissance de ces espèces.

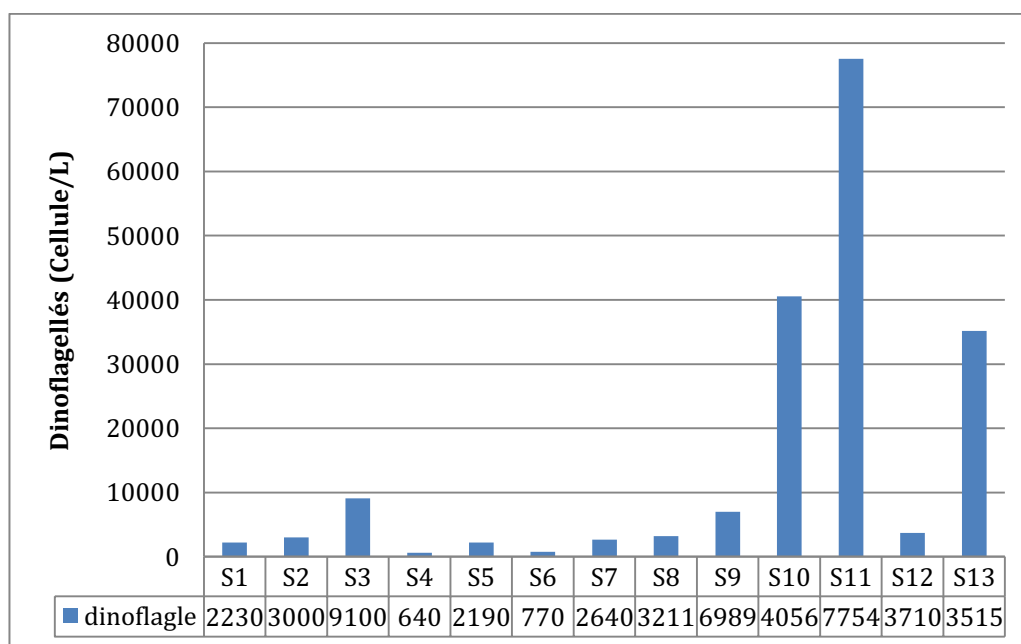


Figure 4. 20. Concentration des dinoflagellés de surface dans la baie d’Alger.

L'histogramme (fig. 4.20) représente la densité des dinoflagellés observés au microscope inversé. On distingue une distribution hétérogène des dinoflagellés avec une densité maximale de 77544 ind.L⁻¹ relative aux stations 11, tandis que les densités les plus faibles sont observées dans les stations S4 et S6 présentant une densité minimale de 460 et 770 ind.L⁻¹. Cette distribution est différente d'une station à une autre, elle peut être expliquée par les courants qui caractérisent la baie d'Alger.

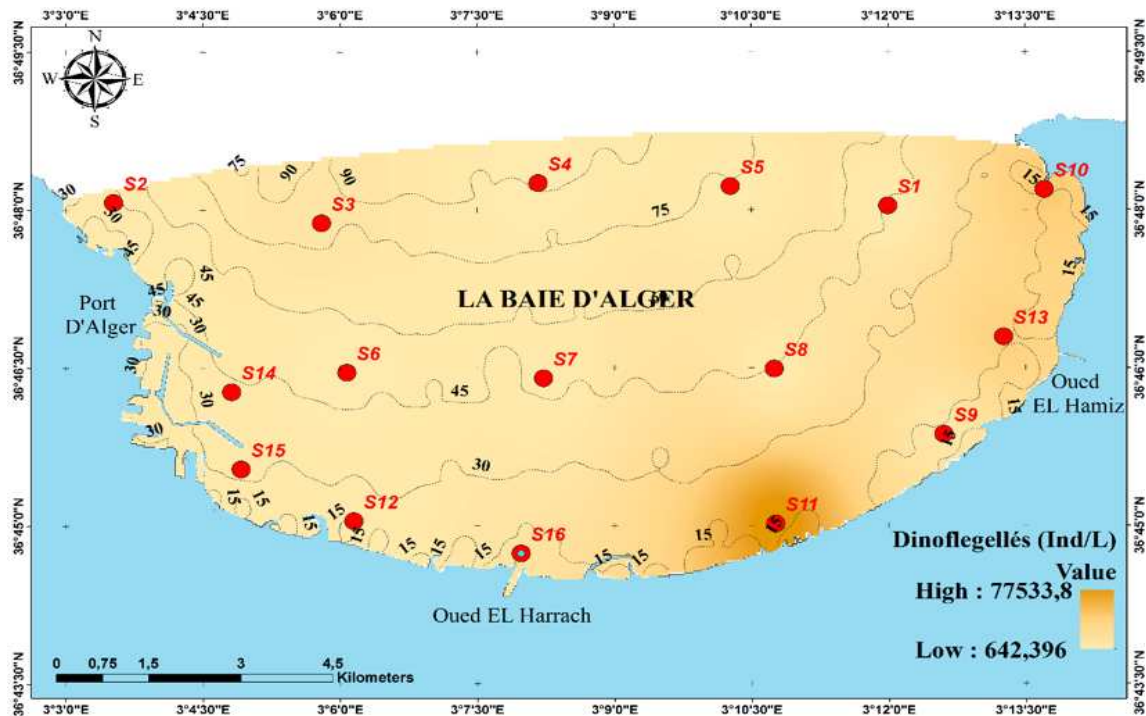


Figure 4.21 .Distribution horizontale des dinoflagellés dans les eaux de la Baie d'Alger.

La distribution horizontale (fig. 4.21) montre une répartition hétérogène des dinoflagellés. Les densités les plus fortes sont distinguées dans les stations : 10 et 11. Contrairement aux faibles valeurs observées dans les stations S4 et S6, peuvent être expliqués par la turbidité présente dans ces deux régions qui influent sur leurs mouvements.

Cartographie du bloom phytoplanctonique

Lors de notre sortie nous avons remarqué la présence d'une forte prolifération phytoplanctonique de couleur presque rouge, un échantillon du phytoplancton était prélevé mais malheureusement sans coordonnées géographiques.

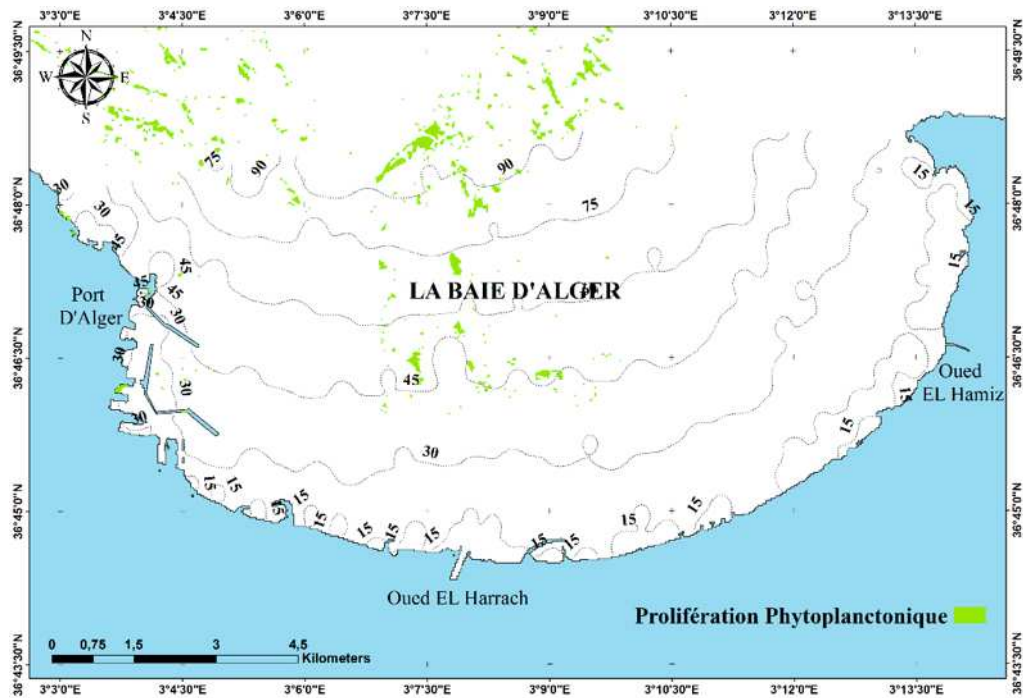


Figure 4.22: cartographie du bloom phytoplanctonique dans les eaux superficielles de la baie d'alger

Le traitement effectué au laboratoire a montré la présence d'un bloom de l'espèce *Prorocentrum micans*, la répartition spatiale de ce phénomène était cartographiée à partir des bandes spectrales de l'imagerie satellite Landsat.



Figure 4.23. *Prorocentrum micans*

Conclusions et perspectives

Conclusion

La baie d'Alger est une baie particulière soit par sa forme semi-circulaire ou bien par sa bathymétrie qui présente deux types de pentes, une faible et une forte, mais aussi par son activité socio-économique. Suivre la qualité d'eau de la baie est indispensable pour connaître sa valeur économique et chercher les anomalies dans la région. Pour cela, plusieurs projets d'aménagement de la baie d'Alger ont été effectués ces trois dernières années pour la rendre de plus en plus propre et non polluée. Nous nous sommes intéressées à caractériser ces eaux par différentes techniques.

En premier lieu, nous avons effectué une campagne, où nous avons balayé la totalité de la baie, et réalisé différentes mesures in-situ pour seize stations. En second, un prélèvement a été effectué pour chaque station afin de procéder à différents dosages. En dernier, nous concluons qu'il y a une hétérogénéité dans la distribution des paramètres physico-chimiques dans la baie. Nous avons constaté aussi que oued El-Harrach et Oued El-Hamiz affectent d'une manière directe les grandeurs mesurées. L'analyse spatiotemporelle nous a confirmé ce résultat.

Après dénombrement des diatomées et des dinoflagellés pour ces différentes stations, une forte différence en densité a été constatée d'une station à une autre. Les stations côtières présentent une distribution particulière qui peut être expliquée par l'abondance des nutriments sous l'apport des oueds de la baie d'Alger. Une cartographie de tous ces paramètres a été réalisée.

Une base de données est acquise pour les stations de prélèvement, qui est composée des paramètres physico-chimiques, des données satellitaires et des données biologiques. L'analyse multidimensionnelle a permis d'établir des corrélations de réflectance plus au moins dans les normes avec ces différents paramètres.

Les résultats les plus marquants sont : la forte corrélation entre le ratio REF B1 et REF B2 avec la Profondeur du Disque de Secchi (PDS) qui est un paramètre caractéristique de la transparence de l'eau ; Aussi une forte corrélation entre le ratio (REF B3/ REF B4) avec les diatomées. Ces deux résultats ont des conséquences importantes, que ce soit sur le plan environnemental, ou sur le plan écologique.

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

Conclusion

une forte hétérogénéité radiométrique expliquée par l'existence de déchets industriels et urbains.

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.

Perspectives et recommandations :

- ✓ L'imagerie satellitaire donne une meilleure couverture spatiale et un échantillonnage plus dense dans la baie d'Alger, qui permettrait d'améliorer les relations entre les différents paramètres mesurés, ce qui est le cas pour notre cas d'étude, nous avons pu juger que l'utilisation de cette technique de mesure à distance, donne des résultats plus au moins fiables pour pouvoir interpréter un phénomène, exemple : Le bloom phytoplanctonique que nous avons observé durant notre période de prélèvement.
- ✓ Et surtout de tenir compte de la variabilité mensuelle des différents paramètres. Face à l'accroissement des apports côtiers et de la forte activité anthropique dans cette région dynamique (surtout en période estivale), l'évolution temporelle des paramètres physico-chimiques reste encore à déterminer. Un suivi à long terme de ces paramètres permettrait de quantifier l'évolution de chaque paramètre et encore de confirmer la fiabilité des résultats de l'imagerie satellitaire.
- ✓ 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 donner les valeurs des caractéristiques de l'eau de mer à n'importe quel moment et presque en temps réel tant que les images satellitaires sont disponibles.
- ✓ En effet, cet outil qui est 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 dans un temps très court et avec des couts vraiment faibles, en comparant avec l'analyse in situ qui donne des résultats très fiables en terme de mesure quantitatives mais avec des moyens et des couts très énorme ce qui limite l'avancement de la science contrairement à la télédétection, en conclusion toute technique qui permet le développement de la recherche scientifique est un chemin de plus pour la science .

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

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.

Andréfouët, S., Maritorea, S., & Loubersac, L. , (2000), *Un bilan de la télédétection appliquée aux milieux coralliens.* Oceanis, p. 311.

Antoine, 2000. Apports de la télédétection spatiale. s.l. : Océanis,. Océanis • vol. 24 no 2 , p. 81-150

Antoine D., D'Ortenzio F., Hooker S.B., (2008). Assessment of uncertainty in the ocean reflectance determined by three satellite ocean sensors (MERIS, SeaWiFS and MODIS-A) at an offshore site in the Mediterranean Sea (BOUSSOLE Project). J. Geophys. Res., 10.1029/2007JC004472.

Aubert et al., 1972 .Le milieu marin et les matières organiques, Rev. Int. Océanogr. Méd 2, Vancouver, 181.

Bachir, Nassim , Ayache, Mohamed. (2011). Impact de la pollution marine par les hydrocarbures sur la qualité de l'eau et des sédiments de la baie d'Alger. Environnement, ENSSMAL, memire fin d'étude, p.25.

Boufeniza Redouane, F Houma, M Alsahli, et al, (2017). Estimation of Dinoflagellate and Diatoms Algae in Algiers Bay from Landsat Satellite Data. Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration, 1795-1796.

Bonn, F. Rochon, G. ,(1992) . *Précis de télédétection. Volume 1. Principes et méthodes.*, Presses de l'Université du Québec.

Bricaud A., Bosc E., Antoine D., (2002). Algal biomass and sea surface temperature in the Mediterranean basin. Intercomparison of data from various satellite sensors, and implications for primary production estimates. Remote Sens. Environ. 81, 163–178

Bukata R.P., Jérôme J.H., Kondratyev C., (1995). *Optical properties and remote sensing of inland and coastal waters.* CRC Press, Boca Raton, Florida.

Centre canadien de télédétection,(1996) . *Notions fondamentales de télédétection. un cours tutorial du centre de télédétection canadien. canada .*

Charles, VERPOORTER. (2009). Télédétection hyperspectrale et cartographie des faciès sédimentaires en zone intertidale: application à la Baie de Bourgneuf. s.l., France : Université de Nantes UFR Sciences Et Techniques, 2009. 49-014-SPIGA.

Demarcq, H. ,(1985). *Applications de la télédétection infrarouge et visible en océanographie. Etude de la zone de dilution rhodanienne, observations des zones de*

production dans le Golfe du Lion, et estimation de l'éclairement solaire global en Méditerranée Occidentale. Marseille : Université de la Méditerranée-Aix-Marseille II.

DESJARDINS, Robert, DUBOIS, Jean Marie et al, (2000). *La télédétection: Perspective analytique.* Montréal : Université du Québec à Montréal, 2000. ISBN 2 84371 079 0.

Ramade,(2000), *Dictionnaire encyclopédique des pollutions.*,France, EDISCIENCE, p. 690.

Emran, Anas,(2005), Données Landsat mises à disposition pour le développement durable en Afrique. s.l. : Institut scientifique UMVA Rabat, juillet 2005.

Esside, Houcine,(2012). Modélisation spatio-temporelle à base de modèles de Markov cachés pour la prévision des changements en imageries satellitaire:cas de la végétation et de l'urbain. s.l., Informatique, France : UNIVERSITE BLAISE PASCAL - Clermont-Ferrand II, decembre 2012. D. U: 2317.

Eugenio, Francisco, et al. (2013). Manuel de Télédétection Spatiale TELECAN. s.l., iles des Canaries : Universités des iles Canaries - Université du Maroc - Université de la Mauritanie - Université du Sénégal - Université du Cap-Vert.

F.A.O.Organisation Des Nation Unies Pour l'Alimentation et l'Agriculture.(2009).

Féret, Jean-Baptiste , (2009). *Apport de la modélisation pour l'estimation de la teneur en pigments foliaires par télédétection.* Paris 6 : Université Pierre & Marie Curie.

Froidefond, J.M., Gardel, L., Guiral,et al,(2002). Spectral Remote Sensing reflectances of coastal waters in French Guiana under the Amazon influence. *Remote Sensing of Environment*, vol. 80, p. 225-232.

Gohin F., Oger-Jeanneret H., 2006. Intégration dans un SIG de données issues de capteurs satellites en comparaison de données in situ pour le suivi de la qualité des eaux côtières. *Rapport de contrat Ifremer-Agence de l'Eau Loire-Bretagne, Brest, France, 66 Pages.*

Hebada L.Megdoud C.,(2005). Contribution à l'étude qualitative et quantitative des peuplements phytoplanctoniques et des Ciliés dans deux stations situées à Tamenfoust. *Mémoire d'ingénieur, : aquaculture, Alger : USTHB, 36 P.*

Hoareau A., (2005). Origine, typologie et dynamique des panaches chlorophylliens en Méditerranée orientale. *Rapport de stage, Université de Genève, Allemagne, 102 P.*

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-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, Alger,USTHB, , Algérie, 225 p.*

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

Houma Fouzia , Belkessa Rabah , Bachari Nour El Islam , Touahria Toufik , Rebzani Chafika,(2010) . Surveillance des variables biologiques des milieux marins côtiers: Apport des mesures satellitaires à la modélisation des paramètres. *International Conference on " Biodiversity of the Aquatic Environment: towards a diverse and sustainable world" 13-15 December, 2010, Lattakia, Syria*

Ifremer . (2003).*Guide des micros algues toxiques.* France : Ifremer, p20.

Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO), microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis. paris : UNESCO. p. 110. IOC/2010/55.

Ivanoff A., (1972). Paramètres physico-chimiques des eaux de mer. Vancouver :*Edt Librairie Vuibert.* Tome I. 208 p.

Kassar Abderahmane , (2011), Suivi de la chlorophylle et du phytoplancton dans les zones côtières algéroises :Apport des mesures satellitaires à leur modélisation, Magister Gestion et Surveillance de l'Environnement Marin et Littoral, Environnement.Alger.ENSSMAL.155 p.

Lacaze J.C.,(1996). L'eutrophisation des eaux marines et continentales: causes, manifestations, conséquences et moyens et lutte.*France :Ellipses Edition ,191 P.*

Lacombe, Jean-paul ,Sheeren, david. (2007). Télédétection Principes et Applications. Toulouse, Agronomie et environnement.35 p.

Lambert Castel F., et Penot M., (1981). Actions des pétroles de l'Amoco Cadiz sur la croissance et certains aspects du métabolisme d'une algue phytoplanctonique *Pavlova lutheri* (DROPP) Green. *In Indices Biochimiques et milieux marins .Actes du colloque des journées du GABIM, 14, CNEXO, Brest, pp.411-422.*

Leclaire, L., (1972) .Leclaire, Lucien. "sedimentation holocene sur le versant meridional du bassin algero-baleares. Algeria : 102 p.

Ledireach, Laurence. (2013). Indicateurs biologiques et physico-chimiques: Pollutions marines. France,200 p.

Lefebvre et al, (1993), *Circuits eau de mer traitements et matériaux.* s.l. : TECHNIP,Chambre syndicale de la recherche et de la production du gaz naturel, Comité des techniciens, 1993. p. 393.

LEM. (1998). Laboratoire d'Etudes Maritime, Etude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'Alger. Document non publié. Alger :LEM.

Mahamat, Yaounde Achta. (2010). La fusion d'images radar et optique en vue d'une mise à jour cartographie de la zone de Mouanko informatique appliquée aux système d'informations géographiques IASIG. s.l. : Université de DOUALA avec l'agence - Agence Universitaire de la Francophonie AUF - Université Paris Est Marne la Vallée - Ecole National des sciences géographiques de France.

Messié, M. (2006). *Contrôle de la dynamique de la biomasse phytoplanctonique dans le Pacifique tropical ouest.* France : Université de Toulouse III., p. 266.

Morel A., and Prieur L., (1977). Analysis of variations in ocean color. *Limnology and Oceanography*, vol. 22, no 4, p. 709-722.

Ramade, F. (2000). *Dictionnaire encyclopédique des pollutions.* France : Ediscience International. *Dictionnaire Encyclopédique Des Pollutions In Premier Rapport De Conseil Sur La Qualité De l'Environnement De La Maison Blanche (1965).* France : Ediscience International. 135 p.

Ramade, F. (2000). *Dictionnaire encyclopédique des pollutions.* France : Ediscience International.,

Rodier, J. (1997). *L'analyse De L'eau (Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles Et Eaux De Mer).* Paris :, Dunod, p. 66.

Rodier et al., (2005). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer. 8e édition.* France : Dunod. 95 p.

Salomon. J.N., (2003). Danger pollutions !. Collection « Scieteren », Presse Universitaire de Bordeaux, France, 170 P.

Sathyendranath S., and Morel A., (1983). Light emerging from the sea – interpretation and uses in remote sensing. In Cracknell, A.P. (réd.) *Remote Sensing Applications in Marine Science and Technology.* NATO ASI Series, Reidel Publish, Dordrecht, p. 329-357.

Secchi, A., (1866), .. *Recherche sur les taches solaires et leurs mouvements .* Vancouver, 288p.

Soudani Kamel. (2006). *Introduction générale a la teledetection.* Paris : Faculté des Sciences d'Orsay – Université Paris Sud XI.,

Stickney, HL, Hood, RR et Stoecker, DK. (2000). *The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems.* s.l. : Ecol. Model., 125 (2-3): 203-230.

Soudani Kamel. (2006). *Introduction Generale A la Teledetection.* Paris : Faculté des Sciences d'Orsay – Université Paris Sud XI.

Stringer W.J., (1992). Detection of petroleum spilled from the Exxon Valdez, *INT.J.of Remote Sensing*, vol.13 p 799.

Touahria T., (1999). Etude de la biomasse, de la composition et de la structure des peuplements phytoplanctoniques de la mer d'Alboran Est. *Thèse de magister, spécialité Océanographie, Alger :USTHB, 200 p.*

Wetzel, RG et Likens, G.E.(2000).*Limnological analyses.*London : Springer-Verlag, , 2000. 3rd edition.

Zeitzschel, B. (1978).*Why study phytoplankton ? In: Sournia A (ed) Phytoplankton manual.* s.l. : Monographs on oceanographic methodology- UNESCO, 1978. p.

Annexes

Les Annexes :

Annexe 1 : Etapes de la mesure :

Prélèvement : utilisation d'une bouteille niskin et des flacons opaques.

Filtration : elle doit être effectuée le plutôt possible après l'échantillonnage à l'aide de filtres en fibres de verre (GF/F) de 0.7 μm de porosité.

Conservation des filtres : stockage à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ voir plus selon la durée.

Extraction de la chlorophylle en utilisant l'acétone à 90% comme solvant avec trempage durant la nuit après dilacération manuelle du filtre.

Centrifugation : élimination des particules restantes du filtre.

a- La méthode spectrophotométrique :

Estimation des blancs :

Les blancs de cuve (bc_{λ}) sont les mesures d'absorbance obtenues à chacune des longueurs d'onde de la méthode (665 et 750 nm) en mettant le solvant d'extraction dans les cuves utilisées. Les blancs de cuve sont mesurés une fois avec chaque série d'analyses. Vérifier que les blancs de cuve sont inchangés lorsque l'acétone est acidifiée. Si ce n'est pas le cas, en tenir compte dans les calculs. (AMINOT, et al., 2004).

b- Mesure des absorbances :

Si les extraits sont froids, les laisser revenir à température ambiante (à l'abri de la lumière) avant les mesures afin d'éviter la condensation sur les faces optiques.

- ✓ Rincer plusieurs fois la cuve avec un peu de l'extrait à analyser
- ✓ Transférer dans la cuve assez de volume pour faire la mesure (la totalité du faisceau optique doit traverser l'extrait).
- ✓ veiller à ne pas entraîner de fibres
- ✓ Vérifier la propreté des faces de la cuve et la positionner correctement sur le portoir.
- ✓ Mesurer les absorbances brutes de l'extrait non acidifier aux longueurs d'ondes de 665 et 750 nm : $A_{665brut}$, $B_{750brut}$.
- ✓ Sortir la cuve et ajouter directement dans la cuve) l'acide chlorhydrique à 0.3 mol/l à raison de 10 à 20 μl par millilitre d'extrait.
- ✓ boucher, agiter et replacer précisément la cuve.
- ✓ Laisser agir l'acide entre 2 et 5 min.
- ✓ Mesurer à nouveau les absorbances brutes des extraits acidifiés à 665 et 750 nm : $A_{665brut}$ et $B_{750brut}$. (AMINOT, et al., 2004)

c- Calcul de la concentration de chlorophylle a :

Corriger les absorbances a 665 et 750 nm en soustrayant les blancs des cuves, puis calculer les absorbances nettes a 665 nm et 750 nm avant et après acidification selon les formules suivantes : (AMINOT, et al., 2004)

- ✓ Absorbance nette de l'échantillon non acidifié (NA)

$$A_{665}^{NA} = (A_{665brut}^{NA} - bc_{665}) - (B_{brut}^{NA} - bc_{750})$$

- ✓ Absorbance nette de l'échantillon acidifié (A)

$$A_{665}^A = (A_{665brut}^A - bc_{665}) - (B_{brut}^A - bc_{750})$$

Notons que les blancs de cuve (bc_{665} et bc_{750}) sont corrigés directement lors de la mesure par l'auto zéro de l'appareil

$$[\text{Chlorophylle a}] (\mu\text{g/l}) = 27.7 * (A_{665}^{NA} - A_{665}^A) * v/(V*I)$$

$$[\text{Phéopigments a}] (\mu\text{g/l}) = 27.7 * [(1.7 * A_{665}^A) - A_{665}^{NA}] * v/(V*I)$$

- ✓ **V** : volume d'eau filtrée (litre).
- ✓ **v** : volume de solvant d'extraction (millilitre).
- ✓ **I** : longueur du trajet optique de la cuve de mesure (centimètre).

Annexe2 : Les étapes Mesure de la matière en suspension.

a- Appareillage :

- ✓ Un dispositif de filtration sous vide de marque Sartorius stedim.
- ✓ Des membranes filtrantes de type Whattman GF/C de $\Phi 47\text{mm}$ et de porosité $0.45\mu\text{m}$.
- ✓ Une balance de précision 10-3.
- ✓ Une étuve de marque MEMMERT
- ✓ Eprouvette graduée de 500 ml et des pinces.

b- Mode opératoire :

- ✓ Préparation des filtres ;
- ✓ Filtration de l'échantillon (100 ml) ;
- ✓ Calcul et expression des résultats :

$$[\text{MES}] (\text{mg/l}) = (P2 - P1)/V$$

- ✓ **P1** : Poids du filtre sec avant filtration (mg).
- ✓ **P2** : Poids du filtre sec après filtration (mg).

- ✓ **V** : Volume d'eau filtrée (litre).

Annexe 3 : les étapes de traitement du phytoplancton

a- Matériels requis :

Pour la concentration des échantillons

- ✓ Eprouvette de 500ml
- ✓ Eprouvette de 50ml
- ✓ Seringue de ...ml
- ✓ Tuyau du diamètre de la seringue
- ✓ Papier aluminium
- ✓ Eau distillée
- ✓ Etiquettes

Pour la préparation à lecture du phytoplancton

- ✓ Cuve à sédimentation
- ✓ Pipette
- ✓ Microscope inversé
- ✓ Lugol

b- Prétraitement des échantillons :

Mise en cuve en vue de l'observation en microscopie

- ✓ Si ça n'a pas été fait au moment du prélèvement, fixer l'échantillon au lugol
- ✓ Préparation des cuves à sédimentation : s'assurer que tout le matériel atteint l'équilibre avec la température ambiante de la pièce, travaillé sur une surface horizontale plane, respecter les temps de sédimentation de la norme (EN 15204)

Annexe 4 :Préparation de matériels

Il est impératif d'utiliser des conditionnements spécifiques pour chaque paramètre mesuré. Le **tableau(3)** présente toutes les caractéristiques des flacons utilisés en fonction des paramètres mesurés, pour chaque paramètres, seize (16) échantillons ont été prélevés, le volume du flacon varie selon la quantité nécessaire pour effectuer le dosage du paramètre.

Dans le cas de la chlorophylle il est nécessaire que le flacon soit opaque pour éviter le contact avec la lumière afin de préserver l'état de la chlorophylle de l'échantillon. .

Tableau. Choix du type des flacons et des bouchons en fonction des paramètres mesurés.

Paramètre	Matériel	Bouchage	No mbre	Volume (ml)
Matières en suspensions	Plastique	Plastique, à vis	16	1,5 L
Phytoplancton	Plastique	Le polyéthylène à vis	16	250 mL
Chlorophylle	Plastique	Plastique, à vis (opaque)	16	1,5 L

Les flacons doivent être rincés à l'eau distillée avant l'échantillonnage, Le multi paramètre utilisé doit être calibré par des solutions spécifiques suivant un protocole donné par le constructeur.

Annexe 4 : Les étapes de téléchargement et traitement de l'image téléchargée.

Les étapes de Téléchargement de l'image Landsat :

- ✓ Nous avons partie directement sur le site pour faire la première étape du téléchargement qui est l'inscription sur le site www.Earthexplorer.usgs.gov



Figure A. Le site de téléchargement d'imagerie satellitaire (USGS).

- ✓ Deuxième étape nous avons localiser les points recherchés sur la carte ou nous avons rempli les coordonnées géographiques qui correspondent au satellite landsat 8oli les coordonnées path/ Row .

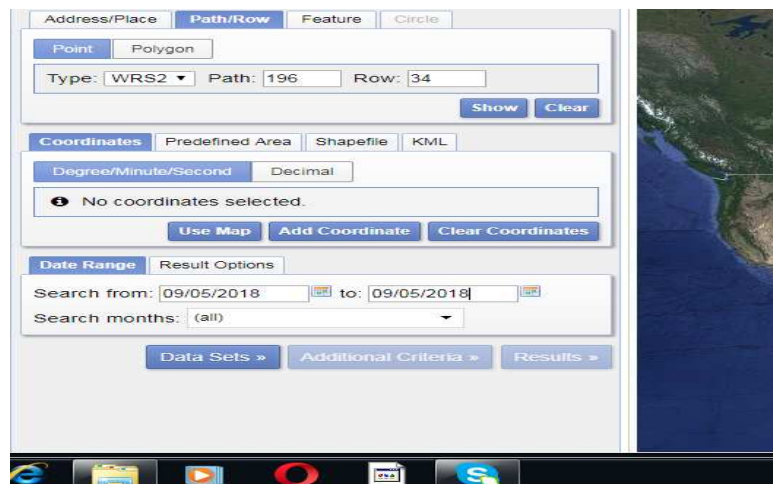


Figure B. Insertion des coordonnées de l'image destinée au téléchargement.

- ✓ Troisième étape nous avons insérer les différentes informations sur la carte à télécharger y compris : la date, les coordonnées, type d'images, type de satellite.

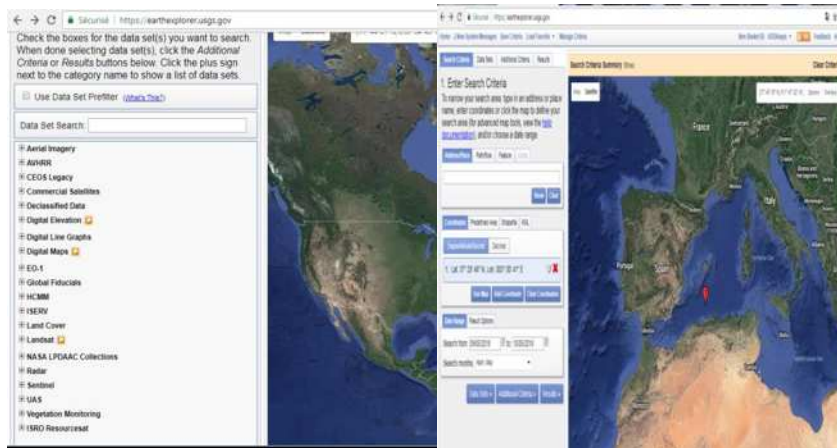


Figure C. Les informations qui caractérisent le téléchargement.

- ✓ Après avoir téléchargé l'image, nous avons copié le fichier dans un document vide tout en créant un nouveau dossier afin de pouvoir extraire les données des autres fichiers cachés.

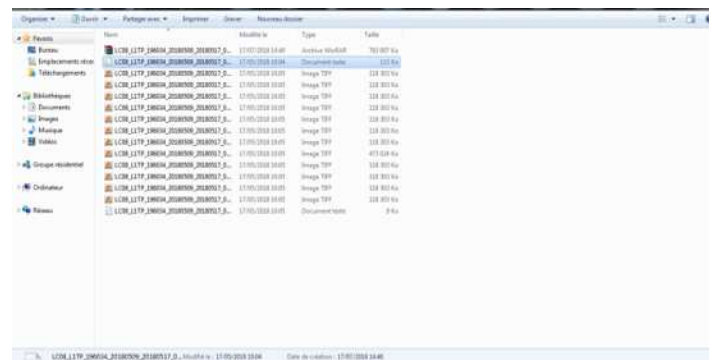


Figure D. Les fichiers issus de l'extraction de l'image téléchargé.

- ✓ Dernière étape consiste à l'extraction de la carte d'identité « Meta Data » de l'image sur un fichier Word :

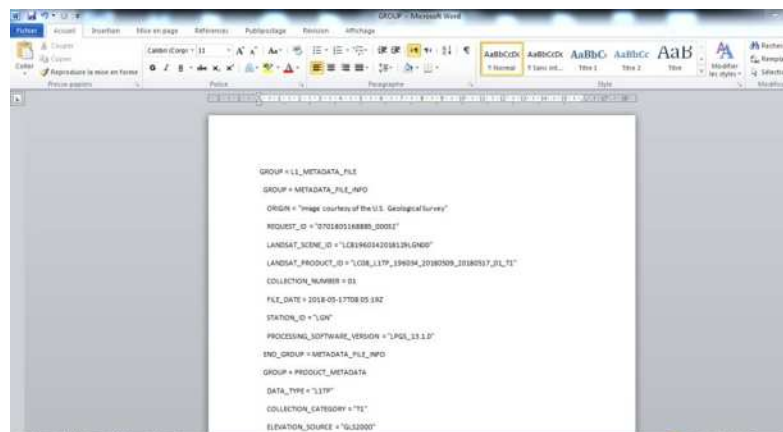


Figure E. Les métas data de l'image téléchargée.

- ✓ Fin du téléchargement.

Traitement d'image :

- ✓ Dans le cadre de notre étude le logiciel ENVI , nous a permis de réaliser une calibration radiométrique et correction atmosphérique ...qui comporte 3 importantes étapes :
- ✓ Calibration radiométrique : c'est la conversion des radiances en réflectances.
- ✓ Correction atmosphérique représente la correction atmosphérique par rapport au pixel le moins influencé par les perturbations atmosphérique.
- ✓ En premier lieu nous avons commencé par l'insertion de l'image brute qui représente un compte numérique dont son codage est de 16 bits.

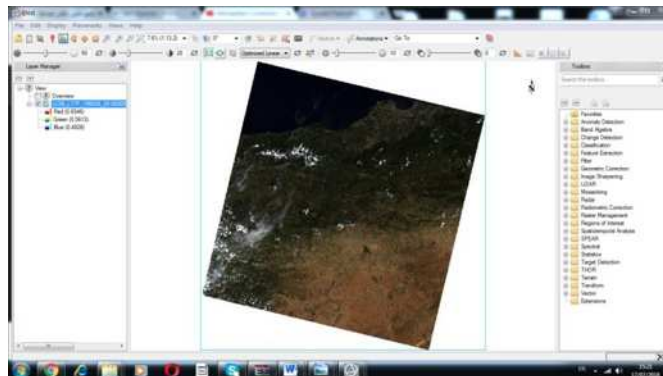


Figure F. Image codée à 16 bits

- ✓ Aller vers la barre de commande toolbox et chercher l'extension radiometric calibrance.
- ✓ sélectionner le fichier multi spectrale.

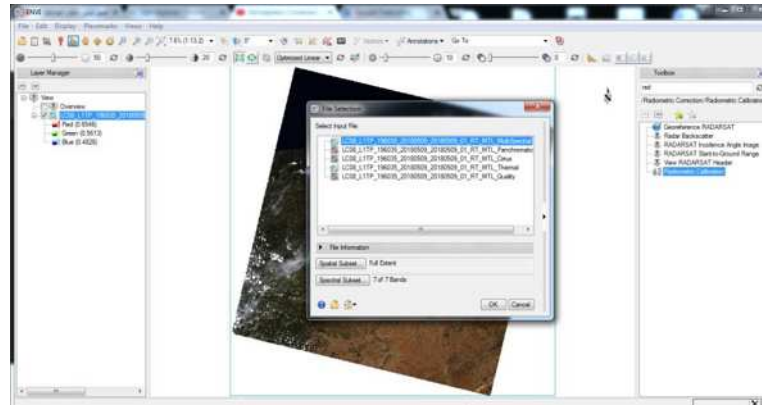


Figure G .Calibration radiométrique

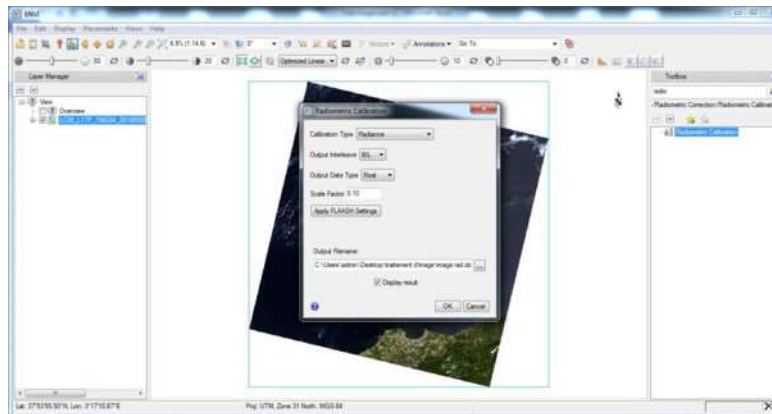


Figure K .Etape de calibration de l'image téléchargée.

- ✓ Fin Conversion radiométrique
- ✓ Image après callibration radiométrique :

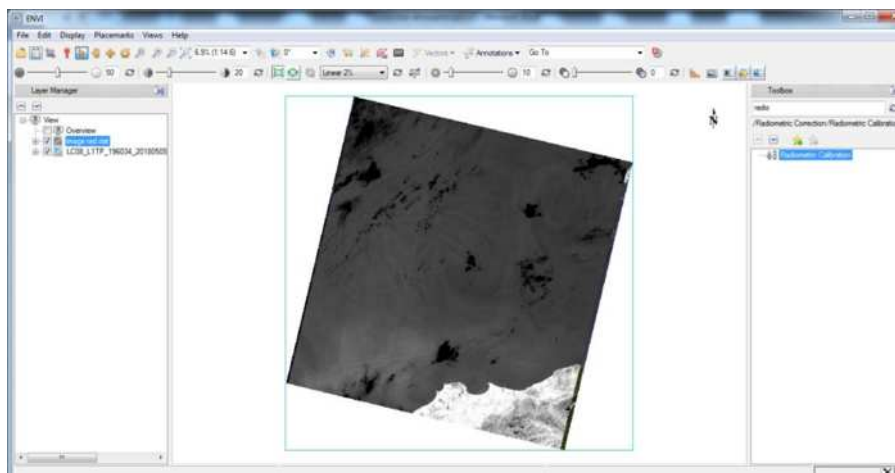


Figure L. Image calibrée

Correction atmosphérique (Flaash atmosphérique correction) :

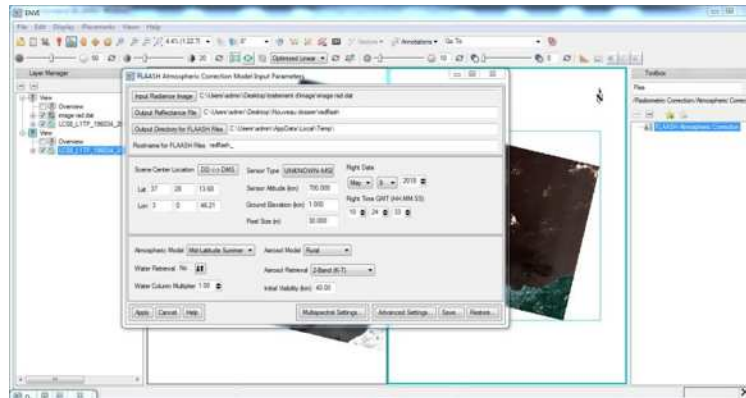


Figure M. Correction atmosphérique de l'image téléchargée.

- ✓ Image après correction

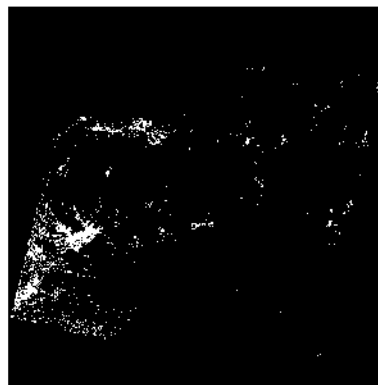


Figure N. Image corrigée

- ✓ Conversion avec bandmath (changement du codage de 16 bits a une image 8 bits selon l'algorithme du codage « $(b1 \text{ le } 0) * 0 + (b1 \text{ ge } 10000) * 1 + (b1 \text{ gt } 0 \text{ and } b1 \text{ lt } 10000) * \text{float}(b1) / 10000.$ »

Utilisation de Arc map pour le calcul des reflectances :

- ✓ Première étape insertion de l'image converti par l'ENVI

- ✓ insérer les coordonnées des points, il faut les convertir à partir d'un fichier excel vers un fichier (CSV)

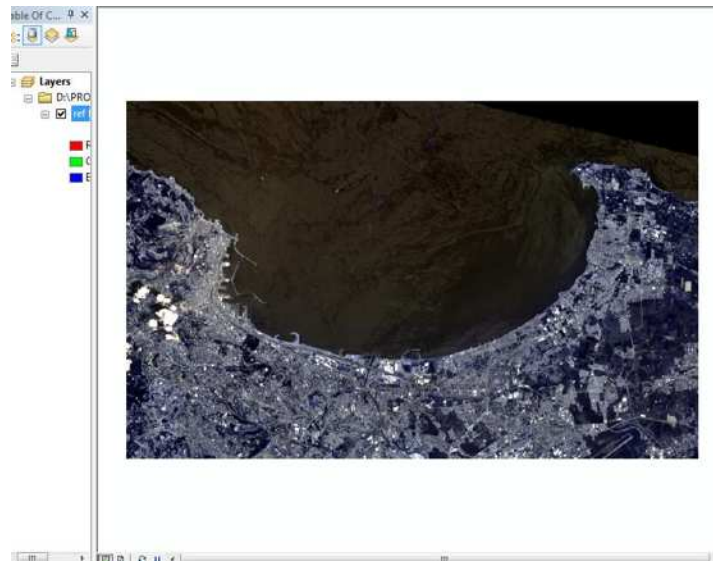


Figure O. Image projetée de la baie d'Alger.

- ✓ Insertion des points

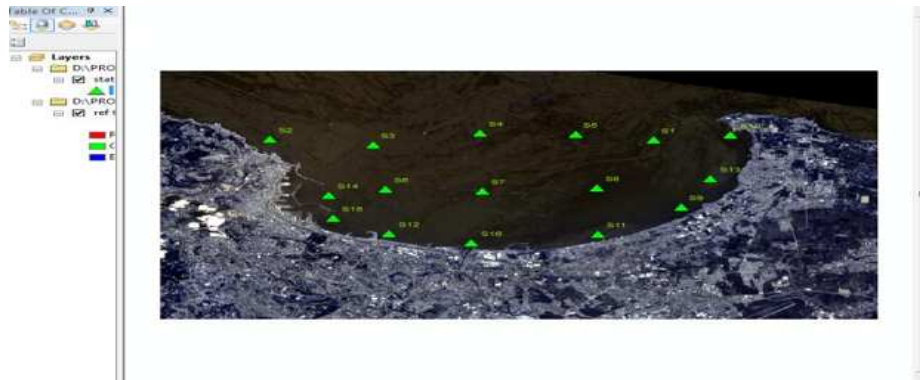


Figure P. Image de la baie d'Alger avec les stations

- ✓ Calcul des reflectances avec l'extension pixel inspector :

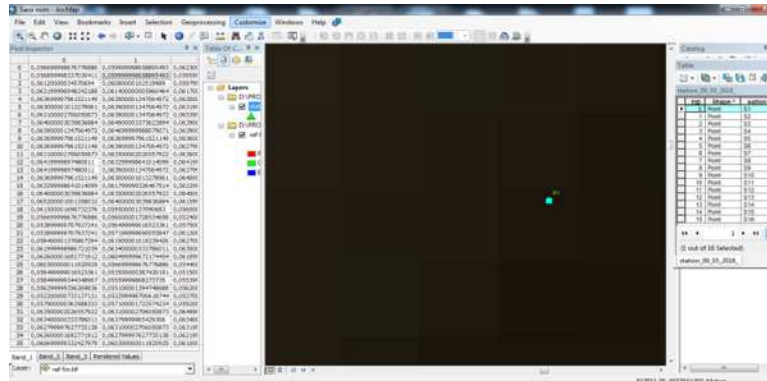


Figure Q. image montrant la matrice de la station 1.

- ✓ Ouvrir fichier excel et coller les valeurs des pixels pour extraire notre matrice

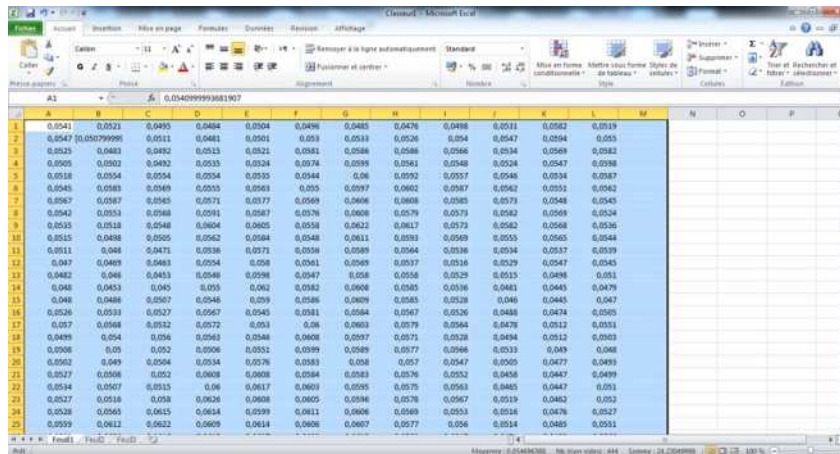


Figure R. Extraction des données de la matrice..

- ✓ supprimer toutes les autres valeurs et laisser la matrice, qui correspond aux données de la station.
- ✓ Calculer les quartiles (Q1, Q3).
- ✓ Nous avons calculé l'interquartile (Q3-Q1), puis les limites inférieures (IQR-Q1) et les limites supérieures (IQR+Q3) de chaque bande pour chaque station, ensuite nous avons calculé chaque moyenne matricielle pour avoir les valeurs des réflectances.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	0,0541	0,0521	0,0495	Q1		0,0495		LL		0,0465			
2	0,0547	0,0508	0,0511			IQR		0,003			MOYENNE	0,05255	
3	0,0525	0,0483	0,0492	Q3		0,0525		UL		0,0555			
4													

Figure S.la matrice de la station 1.

Annexe 5: La carte identité de l'image landsat8 OLI :

GROUP = L1_METADATA_FILE

GROUP = METADATA_FILE_INFO

ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"

REQUEST_ID = "0701805168885_00032"

LANDSAT_SCENE_ID = "LC81960342018129LGN00"

LANDSAT_PRODUCT_ID = "LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1"

COLLECTION_NUMBER = 01

FILE_DATE = 2018-05-17T08:05:19Z

STATION_ID = "LGN"

PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_13.1.0"

END_GROUP = METADATA_FILE_INFO

GROUP = PRODUCT_METADATA

DATA_TYPE = "L1TP", COLLECTION_CATEGORY = "T1", ELEVATION_SOURCE = "GLS2000", OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF", SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8", SENSOR_ID = "OLI_TIRS", WRS_PATH = 196, WRS_ROW = 34, NADIR_OFFNADIR = "NADIR", TARGET_WRS_PATH = 196, TARGET_WRS_ROW = 34, DATE_ACQUIRED = 2018-05-09, SCENE_CENTER_TIME = "10:24:33.5259340Z", CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 38.52423, CORNER_UL_LON_PRODUCT = 1.68648, CORNER_UR_LAT_PRODUCT = 38.52393, CORNER_UR_LON_PRODUCT = 4.33990, CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 36.40205, CORNER_LL_LON_PRODUCT = 1.72310, CORNER_LR_LAT_PRODUCT = 36.40177, CORNER_LR_LON_PRODUCT = 4.30255

,CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 385500.000

CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4264800.000

CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 616800.000

CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4264800.000

CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 385500.000

CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4029300.000

CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 616800.000

CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4029300.000

PANCHROMATIC_LINES = 15701, PANCHROMATIC_SAMPLES = 15421,
REFLECTIVE_LINES = 7851, REFLECTIVE_SAMPLES = 7711, THERMAL_LINES =
7851, THERMAL_SAMPLES = 7711, FILE_NAME_BAND_1 =
"LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_B1.TIF", FILE_NAME_BAND_2 =
"LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_B2.TIF"

FILE_NAME_BAND_3 = "LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_B3.TIF"

FILE_NAME_BAND_4 = "LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_B4.TIF"

FILE_NAME_BAND_5 = "LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_B5.TIF"

FILE_NAME_BAND_6 = "LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_B6.TIF"

FILE_NAME_BAND_7 = "LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_B7.TIF"

FILE_NAME_BAND_8 = "LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_B8.TIF"

FILE_NAME_BAND_9 = "LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_B9.TIF"

FILE_NAME_BAND_10 =
"LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_B10.TIF"

FILE_NAME_BAND_11 =
"LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_B11.TIF"

FILE_NAME_BAND_QUALITY =
"LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_BQA.TIF"

ANGLE_COEFFICIENT_FILE_NAME =
"LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_ANG.txt"

METADATA_FILE_NAME =
"LC08_L1TP_196034_20180509_20180517_01_T1_MTL.txt"

CPF_NAME = "LC08CPF_20180401_20180630_01.01"

BPF_NAME_OLI = "LO8BPF20180509100537_20180509103504.02"

BPF_NAME_TIRS = "LT8BPF20180430100912_20180514113108.01"

RLUT_FILE_NAME = "LC08RLUT_20150303_20431231_01_12.h5"

END_GROUP = PRODUCT_METADATA

GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES

CLOUD_COVER = 2.91

CLOUD_COVER_LAND = 0.97

IMAGE_QUALITY_OLI = 9

IMAGE_QUALITY_TIRS = 9

TIRS_SSM_MODEL = "FINAL"

TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "ESTIMATED"

TIRS_STRAY_LIGHT_CORRECTION_SOURCE = "TIRS"

ROLL_ANGLE = -0.001

SUN_AZIMUTH = 133.44495718

SUN_ELEVATION = 63.35060698

EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0095211

SATURATION_BAND_1 = "N"

SATURATION_BAND_2 = "N"

SATURATION_BAND_3 = "N"

SATURATION_BAND_4 = "N"

SATURATION_BAND_5 = "N"

SATURATION_BAND_6 = "Y"

SATURATION_BAND_7 = "Y"

SATURATION_BAND_8 = "N"

SATURATION_BAND_9 = "N"

GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 4

GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 238

GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 8.258

GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 6.157

GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 5.504

GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY = 39

GEOMETRIC_RMSE_VERIFY = 23.097

TRUNCATION_OLI = "UPPER"

END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES

GROUP = MIN_MAX_RADIANCE

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 745.79346

RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -61.58786

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 763.70160

RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -63.06672

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 703.74445

RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -58.11545

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 593.43701

RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -49.00622

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 363.15384

RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -29.98936

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 90.31306

RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.45808

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 30.44033

RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.51377

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 671.60736

RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -55.46155

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 141.92876

RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -11.72052

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_10 = 22.00180

RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10033

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_11 = 22.00180

RADIANCE_MINIMUM_BAND_11 = 0.10033

END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE

GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE

REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700

REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980

REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700

REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980

REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700

REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980

REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700

REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980

REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700

REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980

REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700

REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980

REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700

REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980

REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700

REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980

REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700

REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980

END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE

GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1

END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE

GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING

RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2320E-02

RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2616E-02

RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1625E-02

RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.8032E-03

RADIANCE_MULT_BAND_5 = 5.9991E-03

RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.4919E-03

RADIANCE_MULT_BAND_7 = 5.0286E-04

RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1095E-02

RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.3446E-03

RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04

RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04

RADIANCE_ADD_BAND_1 = -61.60018

RADIANCE_ADD_BAND_2 = -63.07934

RADIANCE_ADD_BAND_3 = -58.12707

RADIANCE_ADD_BAND_4 = -49.01602

RADIANCE_ADD_BAND_5 = -29.99536

RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.45957

RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.51428

RADIANCE_ADD_BAND_8 = -55.47265

RADIANCE_ADD_BAND_9 = -11.72287

RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000

RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000

REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05

REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05

REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05

REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05

REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05

REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05

REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05

REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05

REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05

REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000

REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000

REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000

REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000

REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000

REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000

REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000

REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000

REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000

END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING

GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS

K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853

K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789

K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883

K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442

END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS

GROUP = PROJECTION_PARAMETERS

MAP_PROJECTION = "UTM"

DATUM = "WGS84"

ELLIPSOID = "WGS84"

UTM_ZONE = 31

GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00

GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00

GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00

ORIENTATION = "NORTH_UP"

RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"

END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS

END_GROUP = L1_METADATA_FILE

END

Résumé

La surveillance et le suivi de la qualité des eaux côtières à court et à long terme pose une problématique très importantes vis à vis les coups d'analyses, en effet de nombreux outils sont développés pour permettre aux gestionnaires et aux scientifiques de mieux comprendre les composantes principales des eaux marines , dans ce mémoire nous allons en premier lieu , effectuer une campagne , ou nous allons balayer la totalité de la baie d'Alger , en réalisant différentes mesures in-situ pour seize stations .en second , un prélèvement sera effectuer pour chaque station afin de procéder aux différents dosages et en dernier nous allons représenter les différentes distributions et études corrélatives sous forme des cartes et des graphes afin de confirmer l'utilité de l'imagerie satellitaire dans le cas de notre étude .

Abstract

The monitoring of the quality of coastal waters in the short and long term is a very important issue aimed at the strokes of analysis, indeed many tools are developed to allow managers and scientists to better understand the components. Main marine waters, in this memory we will first, carried out a companion, which we will sweep the entire bay of Algiers, realizing different in-situ measurements for sixteen stations. Second, a levy will be carried out for each station to proceed to the different assays and lastly we will represent the different distributions and correlative studies in the form of maps and graphs to confirm the usefulness of satellite imagery in the case of our study.

ملخص

يعد رصد ومراقبة جودة المياه الساحلية على المدى القصير والطويل مسألة بالغة الأهمية تهدف إلى تحليل صحة المياه الساحلية، بل إن العديد من الأدوات تم تطويرها للسماح للمدراء والعلماء بفهم المكونات بشكل أفضل ، في هذه المذكرة، سنقوم في البداية برحلة ميدانية اين سنجتاز خليج الجزائر بالكامل ، مع تحقيق قياسات مختلفة في ستة عشر محطة ، وثانيًا ، سيتم اخذ عينات من كل محطة للمضي قدما في فحوصات مختلفة ، وأخيرا سنمثل مختلف التوزيعات والدراسات المترابطة في شكل الخرائط والرسوم البيانية لتأكيد فائدة صور الأقمار الصناعية في حالة دراستنا