

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة العليا لعلم البحار وتهيئة الساحل

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT et MASTER 2 EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Environnement marin et côtier

Thème :

Evaluation de la qualité des eaux du littoral Est algérien (Bejaia) : apport
de la télédétection marine

Présenté par :

Ouaad manel

Menasria Nadjat

Soutenu le 03 /11/2021 devant le jury suivant :

Mr Belkassa. R

Président

Mme Bachari. F

Promotrice

Mr. Zerrouki. M

Examineur

M^{me} Adem. A

Examinatrice

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

الْحَمْدُ لِلَّهِ

Nous remercions Allah pour nous avoir donné la
Volonté et le courage de mener à bien ce travail.

Nous exprimons toute notre gratitude à notre
Promotrice madame Bachari .F pour cela on
Tiens à Souhaiter un bon rétablissement pour
Son père.

Nous adressons nos sincère remerciements à
Monsieur Zerrouki et madame Keggagel pour nous
Avoir éclairci le chemin.

Nous réservons nos dernies remerciements à toute les
Personnes qui ont contribué de près ou de loin à la
réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

**À mes très, très chers parents, à ma très chère sœur et frère, à mes amis, et à toutes personnes qui m'ont soutenue
merci à vous**

Manel

Je dédier ce travail

**À mes chers parents source d'amour et d'affection que
LE BON DIEU les protègent et qu'ils restent toujours en
bonne santé.**

À mes très chères sœurs qui comptent beaucoup pour moi.

À mon cher frère que j'apprécie énormément.

À mes cher amis Tinhinene, Hayet et Moh.

À mon binôme qui est sérieuse.

**Ainsi qu'à tous ceux qui me connaissent à l'ENSSMAL et
avec qui j'ai passé cinq ans
Inoubliables.**

Nadjet

Sommaire

<u>Introduction</u> :	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Généralités

I-Notions sur la pollution marine	3
1. Définition de la pollution	3
2. Principaux types de pollutions	4
3. Classification des formes de pollution	5
4. Paramètres de la qualité des eaux et de l'environnement.....	6
5. Paramètres physico-biologique utilisé pour étudier la qualité des eaux du littoral est algériens.	7
6. Télédétection et couleur de l'eau.	11
7. Paramètres physico-chimiques :	12
8. Notion du programme Copernicus	18
II. Notions de télédétection	22
1. Définition de télédétection	22
3. Fonctionnement et principes de a télédétection	22
4. Notions de résolutions	24
5. La base de donnée OceanColor	25
6. Le logicielle ODV	27
7. Le satellite Aqua/Modis	28

Chapitre II : Zone d'étude

1. Donnée générale sur Le littoral Est algérien (Bejaia)	31
2. Situation géographique.....	32
3. Réseau hydrographique	33
4. Hydrodynamisme	34
5. Climat	35
6. Faune et flore.....	36
7. Sédimentologie et bathymétrie	37
8. Réseau portuaire	38
9. Sources potentielles de pollution	39

Chapitre III Matériels et méthodes

1. Méthodologie et étapes suivie pour l'extraction des donnée	42
2. Manipulation sur le logiciel Ocean data view (ODV)	43

Chapitre IV : Résultats et discussions

1. Variations et répartitions des paramètres physico-chimiques prise par des données model dans le golf de Bejaia	46
2. variation des gazes dissous dans l'eau	58
3. Variation des paramètres indicateurs de la pollution.:	62
4. Variation et répartition des Sels nutritifs	69
Chapitre V : TRAITEMENT DE DONNEES DE LA COULEUR DE L'eau de mer de Bejaia	
1. Introduction	77
2. Objectifs	77
3. Données	78
4. Logiciel et méthodologie de traitement de données	79
5. Résultats et discussion	82
6. Conclusion	86
Conclusion générale	88

Référence bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des figures

N° de la figure	Titre	Page
CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS		
Figure 1	Structure chimique de la chlorophylle	09
Figure 2	Spectre d'absorption de la chlorophylle	10
Figure 3	Absorption de la lumière solaire en fonction des algues et de la profondeur	11
Figure 4	Spectre d'absorption des particules phytoplanctoniques	12
Figure 5	Transmission des différentes radiations solaires en fonction de leurs longueurs d'onde λ et de la profondeur dans trois types de milieux	15
Figure 6	Les types de donnée fournis par le programme Copernicus	22
Figure 7	Processus de télédétection	23
Figure 8	Le Satellite Aqua	30
Figure 9	Les instruments du Satellite Aqua	30
CHAPITRE II : ZONE D'ETUDE		
Figure 10	Localisation de la zone d'étude	32
Figure 11	Carte hydrologique de Bejaia	34
Figure 12	Conditions des houles au large du littoral de Bejaia	36
Figure 13	température hebdomadaire moyenne de Bejaia durant toute l'année 2018	37
Figure 14	Répartition des paramètres granulométriques sur l'ensemble du littoral de Bejaia	38
Figure 15	Photo du réseau portuaire de Bejaia	39
Figure 16	Les bassins du port de Bejaia	39
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES		
Figure17	Carte géographique du littoral de Bejaia et les stations choisi pour l'étude	42
Figure 18	Etapas de téléchargement des données NetCDF comportant les paramètres physico-chimiques et biologiques nécessaire pour l'étude depuis la plateforme	43

	Copernicus Marine Service (CMS)	
Figure 19	étape de manipulation sur le logiciel ODV	44
Figure 20	Exemple pour caractériser le paramètre étudié avec ses composantes, son unité	45
Figure 21	Exemple d'insertion des stations sur la carte	45
Figure 22	Exemple de réalisation d'une carte de distribution du paramètre Salinité	46
Figure 23	Introduction de toutes les valeurs des paramètres dans un fichier Excel	46

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Figure 24	Variations de la SST (Kelvin) de la côte au large au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia)	48
Figure 25	Carte de distribution de la SST (Kelvin) dans le littoral Est Algérien (Bejaia)	48
Figure 26	Carte de distribution de la Salinité à la surface des eaux du littoral Est Algérien (Bejaia) en PSU	49
Figure 27	Histogramme de répartition de la salinité en surface du littoral Est Algérien (Bejaia) de la côte vers le large	50
Figure 28	Carte de distribution du ph au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia) en surface	51
Figure 29	Histogramme de variation du pH de la côte vers le large	51
Figure 30	Carte de distribution du CO ₂ inorganique dissous au niveau du littoral Est Algérie (Bejaia)	53
Figure 31	Histogramme de la variation du CO ₂ inorganique dissous au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia) de la côte vers le large	53
Figure 32	Carte de distribution de la MES au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia) en surface	56
Figure 33	Histogramme de variation de la quantité de MES de la côte vers le large	56
Figure 34	Carte de distribution de la DBO ₅ au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia) en surface	57
Figure 35	Histogramme de variation pour la DBO ₅ de la côte au le large	58
Figure 36	Carte de distribution de la Chlorophylle-a sur le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface	59
Figure 37	Histogramme de variations de la Chlorophylle-a de la côte vers le large dans le littoral Est Algérien (Bejaia)	59

Figure 38	Carte de distribution des concentrations des nitrates au niveau de la surface de la mer au littoral de Bejaia le 17/07/2021	61
Figure 39	Histogramme de la répartition spatiale des concentrations des nitrites dans le littoral de Bejaia	61
Figure 40	Carte de distribution des concentrations des ions d'ammonium au niveau de la surface de la mer au littoral de Bejaia le 17/07/2021	62
Figure 41	Histogramme de la répartition spatiale des concentrations des ions d'ammonium dans le littoral de Bejaia	63
Figure 42	Carte de distribution des concentrations des ions phosphates au niveau de la surface de la mer au littoral de Bejaia le 17/07/2021	64
Figure 43	Histogramme de la répartition spatiale des concentrations des ions phosphates dans le littoral de Bejaia	64
Figure 44	Carte de distribution des concentrations des silicates au niveau de la surface de la mer au littoral de Bejaia le 17/07/2021	65
Figure 45	Histogramme de la répartition spatiale des concentrations des Silicates dans le littoral de Bejaia	66
Figure 46	Grphe comparatif de variation de la salinité dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface au niveau de la côte et large entre les années 2016 et 2021	66
Figure 47	Grphe comparatif de variation de pH dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface au niveau de la côte et large entre les années 2016 et 2021	67
Figure 48	Grphe comparatif de variation de la SST dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface au niveau de la côte et large entre les années 2016 et 2021	67
Figure 49	Grphe comparatif de variation de la DBO5 dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface au niveau de la côte et large entre les années 2016 et 2021.	68
Figure 50	Grphe comparatif de variation de la MES dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface au niveau de la côte et large entre les années 2016 et 2021	68
Figure 51	Grphe comparatif de Variation de Chlorophylle dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface au niveau de la côte et large entre les années 2016 et 2021	69
Figure 52	Grphe comparatif de Grphe comparatif entre les teneurs en Nitrates de 2021 et 2016 au niveau du littoral de Bejaia	69
Figure 53	Grphe comparatif entre les teneurs en Ammonium de 2021 et 2016 au niveau du littoral de Bejaia	70
Figure 54	Grphe comparatif entre les teneurs en Phosphates de 2021 et 2016 au niveau du littoral de Bejaia	71

Figure 55	Graphe comparatif entre les teneurs en Silicates de 2021 et 2016 au niveau du littoral de Bejaia	72
Chapitre V : TRAITEMENT DE DONNEES DE LA COULEUR DE L'eau de mer de Bejaia		
Figure 56	Image satellitaire (AQUA/MODIS) sur la SST à niveau de gris avant géo référencement (31/07/2021)	75
Figure 57	Image géo référencée prise le 31/07/2021 à l'aide du satellite Aqua/modis	76
Figure 58	Création du ROI du littoral de Bejaia	76
Figure 59	Légende des distributions de valeurs de la SST sur le littoral de Bejaia	77
Figure 60	Carte de distribution de la SST avec définitions des stations sur le littoral de Bejaia	77
Figure 61	Carte de distribution des valeurs de la SST au niveau du littoral de Bejaia sur l'image Aqua/modis à une résolution d' 1 km prise le 31/07/2021	78
Figure 62	Graphe comparatif entre les valeurs de la SST du 31/07/2021 et le 17/07/2021	78
Figure 63	image satellitaire (AQUA/MODIS) sur la chlorophylle-a à niveau de gris avant géo référencement prise le 03/02/2020	79
Figure 64	Image après géo référencement prise le 03/02/2020 à l'aide du satellite Aqua/modis	80
Figure 65	Création du ROI représentant le littoral de Bejaia	80
Figure 66	Carte de distribution de la Chlorophylle-a au niveau des stations de notre étude sur le littoral de Bejaia le 03/02/2020	81
Figure 67	La légende de l'image précédente concernant la distribution de la Chlorophylle-a sur le littoral de Bejaia le 03/02/2020	81
Figure 68	Carte de distribution de la Chlorophylle-a au niveau du littoral de Bejaia sur l'image satellitaire aqua/modis le 03/02/2020	82
Figure 69	Graphe comparatif entre les concentrations de la Chlorophylle a en 17/07/2021 et 03/02/2020	83

Liste des tableaux

N° tableau	Titre	page
CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS		
Tableau 1	Paramètres de la qualité des eaux et autre paramètres environnementaux avec les différents méthodes pour les mesurées et la possibilité d'obtenir leurs concentrations par télédétection	06
Tableau 2	Couleur de l'eau en fonction des particules présentes	08
Tableau 3	liens entre les principaux descripteurs d'hydrologie des écosystèmes marins côtiers	18
CHAPITRE IV : Résultats et discussions		
Tableau 4	Les valeurs minimales, maximales, moyenne et coefficient de variation des SST/Salinité en surface dans le littoral Est Algérien (Bejaia) du 17 juillet 2021.	47
Tableau 5	Les valeurs minimales, maximales, moyenne et coefficient de variation du potentiel hydrogène dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface	50
Tableau 6	Les valeurs minimales, maximales, moyenne et coefficient de CO_2 inorganique en surface dans le littoral Est Algérien (Bejaia)	52
Tableau 7	Les valeurs minimales, maximales, moyenne et coefficient de variation du MES et DBO_5 en surface du littoral Est Algérien (Bejaia)	54
Tableau 8	Les valeurs minimales, maximales, moyenne et coefficient de variation de la Chlorophylle-a du littoral Est Algérien (Bejaia) .	54
Tableau 9	Valeurs minimales, maximales, moyennes et les coefficients de variations des sels nutritifs en surface de la mer au niveau du Littoral de Bejaia le 17/07/2021	60
Chapitre V : TRAITEMENT DE DONNEES DE LA COULEUR DE L'eau de mer de Bejaia		
Tableau 12	Caractéristiques des images satellitaires téléchargées pour l'étude	78

Introduction

Les pollutions d'origine terrestre (comme les pollutions agricoles, le rejet de fertilisants, de pesticides et de déchets non traités y compris les déchets plastiques) représentent environ 80% de la pollution marine à l'échelle mondiale. Dans le monde entier, les habitats marins sont contaminés par des débris d'origine humaine. (UNESCO, 2017). La gestion du milieu marin passe par la connaissance de celui-ci : connaissance de ses composantes, des processus qui s'y déroulent, de sa dynamique, etc.

La zone méditerranéenne a été classée par le PNUE comme l'une des cinq régions du monde où les problèmes environnementaux sont les plus graves (Ramade, 2000), alors que la Méditerranée est classée parmi les sept mers les plus menacées (**Boudouresque, 1996**).

Pendant de nombreuses années, les méthodes d'évaluation de la qualité de l'environnement marin reposaient presque exclusivement sur des mesures de paramètres chimiques de l'eau et des sédiments (**Munawar et al, 1995**). Cependant, ces méthodes traditionnelles basées sur les caractéristiques chimiques des écosystèmes ne permettent pas de mesurer l'impact des contaminants sur les différents organismes, populations et communautés peuplant un milieu donné (**Kaiser, 2001**). D'autres méthodes plus récentes utilisant la télédétection marine qui occupe une place essentielle au sein des moyens d'investigation du milieu marin. Son premier atout est l'apport d'une vue synoptique sur certains processus impossible à appréhender par les moyens d'échantillonnage conventionnels. En télédétection spatiale ou aéroportée, le rayonnement électromagnétique est utilisé comme véhicule de l'information. Dans les domaines spectraux des rayonnements infrarouge, millimétrique et centimétrique, celui-ci ne pénètre que faiblement dans l'eau (quelques micromètres), il est donc quasiment impossible, par son biais, d'obtenir directement des données sur la structure verticale de l'océan. Cependant, la couche de surface océanique est l'élément le plus important dès que l'on étudie les interactions océan - atmosphère, la variabilité globale du climat ou encore la production primaire (Kirk J T O, 1983); (Robinson I S, 1985) . Dans le domaine spectral des rayonnements visibles, la pénétration des rayonnements électromagnétiques varie en fonction de la longueur d'onde, quelques centimètres pour le rouge à quelques dizaines de mètres pour le bleu.

Le but de notre étude est de faire un suivi et une simulation pour la qualité des eaux du côté Est (Bejaia) du littoral algérien tout en impliquant la télédétection marine, L'analyse que nous présentons vise à donner une vision globale et cohérente de la surveillance des eaux littorales par satellites.

Dans le cadre d'étude de la qualité de l'eau au niveau du littoral Est-algérien précisément le golf de Bejaia .le présent travail se propose d'extraire des mesures de la base de données Copernicus de différents paramètres physico-chimiques et chimiques, la présence ou l'absence des micro-organismes et les interpréter graphiquement et scientifiquement .

Pour évaluer, avec plus de précision et pour comparer les résultats sus cités par des données model on a rajouté des traitements d'images satellitaires issus du satellite Aqua/Modis.

Le présent travail comportera cinq partie, le chapitre un traitera des généralités des différents paramètres hydrologiques généraux et une description complète des pollutions que subit la planète terre.

Dans le chapitre deux nous présenterons la zone d'étude, et dans le chapitre trois nous décrirons les moyens et méthodes à utiliser dans notre recherche.

Quant au quatrième chapitre il concernera la présentation et la discussion des résultats

Et pour le cinquième et dernier chapitre nous traiterons deux images satellitaires concernant la chlorophylle-a et la SST dans notre zone d'étude

à la fin on terminera avec une conclusions générale pour notre étude toute en proposons des perspectives pour l'amélioration du milieu aquatique de notre zone.

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).

Au sens large, les termes «pollution" incluent également toute modification physique qui altère le flux d'énergie ou de rayonnement dans un environnement (par exemple, une source de chaleur ou un élément radioactif), ou même la présence d'une substance radioactive. Ou encore la présence d'une espèce invasive (Clark, 1989).

Ainsi le terme de pollution marine fait l'objet d'une définition, reconnue par l'ensemble de la communauté scientifique internationale (GESAMP, 1989) 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'agrément ». (Ramade, 2000) .

Plus globalement, la pollution marine est une combinaison de produits chimiques et de déchets, dont la plupart proviennent de sources terrestres et sont lavés ou projetés dans l'océan. Cette pollution entraîne des dommages à l'environnement, à la santé de tous les organismes et aux structures économiques du monde entier. (National Geographic Society , 2019) Le suivi de la qualité du milieu marin et côtier combine des activités de natures diverses et se définit comme un type d'activité qui peut être exercé sur une base réglementaire (il s'agit d'un contrôle) ou pour évaluer des niveaux ou des tendances pour une étude scientifique. Cette définition a permis de clarifier par la suite, après bon nombre de débats, la définition des objectifs de suivi. Elle est à l'origine de la définition extensive produite par les Conventions d'Oslo et de Paris (la Convention OSPAR), qui constitue la référence la plus actuelle: «la surveillance continue est la mesure répétée de la qualité du milieu marin et de chacun de ses compartiments, nommément eau, sédiments et milieu de vie; activités ou intrants naturels ou anthropiques susceptibles d'affecter la qualité du milieu marin; et les effets de ses activités et contributions. (Houma Bachari Fouzia, 2019)

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 (Bachir et al, 2011), aussi les produits détergents et les Biocides (pesticides) ...etc.

2.3 Pollution biologique

La pollution par micro-organismes (bactéries, virus, champignons, etc.) provenant des égouts peuvent proliférer à leur arrivée dans le milieu marin, même s'il est vrai qu'il s'agit d'un milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes. Il peut également

s'agir de l'introduction d'une espèce marine dans une zone où elle est normalement absente et dans laquelle elle a un impact non négligeable (ex : {Caulerpa taxifolia}). En eau douce, l'exemple de la jacinthe d'eau est frappant : introduite par l'homme, elle a depuis colonisé une grande partie des cours d'eau de la zone intertropicale, éliminant la majorité des espèces de plantes aquatiques indigènes et affectant profondément les écosystèmes limniques (rivières et lacs). (KAMBALE, 2013)

La plupart du temps, un rejet n'est jamais une source unique et les différents types de pollution sont mélangés et agissent les uns sur les autres (effet de synergie). Ainsi, un égout rejette des déchets organiques, des détergents dont certains s'accompagnent de métaux lourds (pollution chimique), des micro-organismes (pollution biologique), le tout dans de l'eau douce (pollution physique).

3. Classification des formes de pollution :

Les polluants peuvent être classés selon différents paramètres :

3.1. Constitutions physico-chimique :

Certains sont des composés inorganiques (comme les polluants atmosphériques NO₂, et SO₂ ou comme les ions métalliques) et organique (comme les eaux usées, les eaux de ruissellement des terres agricoles chargées en azote et en phosphore ou les dérivés du pétrole). (Clark, 1989)

3.2. L'état physique :

Certains se retrouvent sous forme solide, comme les débris de plastique, mais aussi les restes de boues après les travaux d'ensilage. D'autres types se retrouvent dans l'atmosphère, soit sous forme de solides à la dérive (cendres volantes, métaux lourds adhérant aux particules de poussière et aux particules), soit sous forme de gaz (comme les composés organiques volatils). (Clark, 1989)

3.3. Persistance dans l'environnement :

Certains polluants sont biodégradables (c'est-à-dire qu'ils sont minéralisés par les bactéries ou assimilés par le métabolisme de n'importe quels organismes présents dans l'environnement, D'autres polluants se dissipent spontanément (rapidement) et perdent leur efficacité à cause de certains facteurs écologiques et physico-chimique (chaleur, ph, les cyanures...etc).

Un troisième groupe de polluants est constitué de polluants conservateurs ou persistants. Ils sont pas soumis à une attaque bactérienne et ne sont pas dissipés. (Clark, 1989)

3.4. Temps et lieu (pollution ponctuelle ou diffuse) :

La pollution ponctuelle peut être retracée jusqu'à un endroit unique et identifiable. D'où provient le polluant (une canalisation d'égout d'une entreprise, le bruit d'une éolienne, etc..)

La pollution diffuse ne peut être attribuée à un lieu ou à un moment précis. Ou à un moment précis, et a une source plutôt diffuse (les eaux de ruissellement agricoles, les eaux pluviales urbaines). (Clark, 1989).

4. Paramètres de la qualité des eaux et de l'environnement :

Tableau 1 : Paramètres de la qualité des eaux et autre paramètres environnementaux avec les différents méthodes pour les mesurées et la possibilité d'obtenir leurs concentrations par télédétection (Durand, 2000).

Paramètre	Méthode de mesure	Possibilité par télédétection	
		Présent	Futur
Physique	Conventionnelles		
Transparence/turbidité	Disque de Secchi, turbidimètre	oui	Oui
Couleur de l'eau	Filtration, spectral absorption (254 nm)	oui	Oui
Chimique			
Phosphore totale	Digestion, minéralisation absorption photométrie	Non	Potentiel
Azote totale	Per-sulfate oxydation, conversion thermo-catalytique	Non	Potentiel
Carbone organique dissous	Oxydation catalytique ,IRS	Partiel-CDOM	Potentiel
Carbone totale	Oxydation catalytique ,IRS	Non	Potentiel
Alcalinité	Titrage	Non	Potential
Ph		Non	Non
Demande chimique en oxygène (DCO)	Dichromate,Kubel,permanganate	Non	Non
Oxygène dissous	Méthode Winkler	Non	Non
Anoxie	Méthode Winkler	Partiel	Partiel
Composition ionique	EA,ISE	Non	Non
Sulfure	Ion chromatographie	Non	Non
Minéralisation	Non spécifiée	Non	Non
Pesticide	Solide/Solvant extraction ,HPLC	Non	Non
Métaux lourds	AAS,neutron activation	Non	Potentiel
Etendue des marées noires	Non spécifiée	Oui	Oui
Type d'hydrocarbures	Extraction par solvant	Non	Potentiel
Hydrocarbure chlorés	Extraction par solvant	Non	Non
Biologique			
Pigments chlorophylliens	HPLC,extraction ,spectrophotométrie (AS)	Oui	Oui
Phytoplancton dénombrement	Microscope	Non	Non
Phytoplancton biomasse	Filtrage,pesée	Non	Potentiel
Bactério-plancton dénombrement	Microscope ,modèles	Non	Non
Bactério-plancton biomasse		Non	Potentiel
Zooplankton dénombrement		Non	Non

Zooplankton biomasse	Microscope calcul	Non	Non
Détritus-concentration	Non spécifiée	Oui	Oui
Demande biologique en oxygène (DBO)	Par dilution	Non	Non
Ecologique			
Biodiversité	Microscope	Non	Non
Habitat biotique	Possibilité par indice	Non	Potentiel
Décomposition bactérienne	Non spécifiée	Non	Non
Statue trophique	Indice trophique	Non	Potentiel
Production primaire	Bouteille à incubation	Oui	Oui
Sanitaire			
Odeur de l'eau	Non identifiée	Non	Non
Toxicité de l'eau	Idem	Non	Non
Forme fécale	Endo-agar 43C,24h numération	Non	Non
Géomorphologique			
Sédiments en suspension	Filtrage/pesée	Oui	Oui
Bathymétrie	Mesure géomorphologique	Oui	Oui
Trait de cote	Mesure géographique	Oui	Oui

5. Paramètres physico-biologique utilisés pour l'étudier de la qualité des eaux du littoral est algériens :

5.1 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, 1995), (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, 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 2 : 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). 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, 1977).

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.

5.2. 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 (Paterson, 1979)

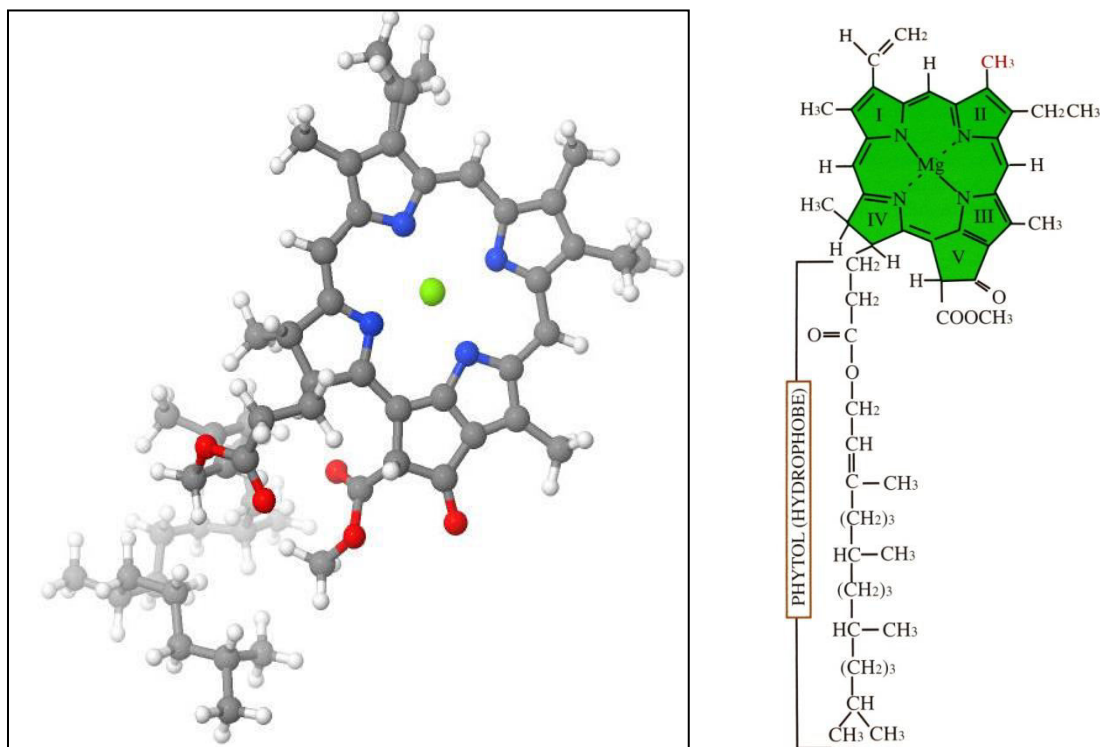


Figure 1 : Structure chimique de la chlorophylle (Meyer, 2004)

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, 2007). La molécule de la chlorophylle est constituée d'un macro-cycle tétrapyrrole complexant un ion magnésium et d'un phytol en chaîne latérale linéaire à 16 carbones (Aminot & Keroual, 2004) (figure 1.1), sa formule globale est $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$, de masse molaire 893,5 g/mole (Aminot & Keroual, 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.

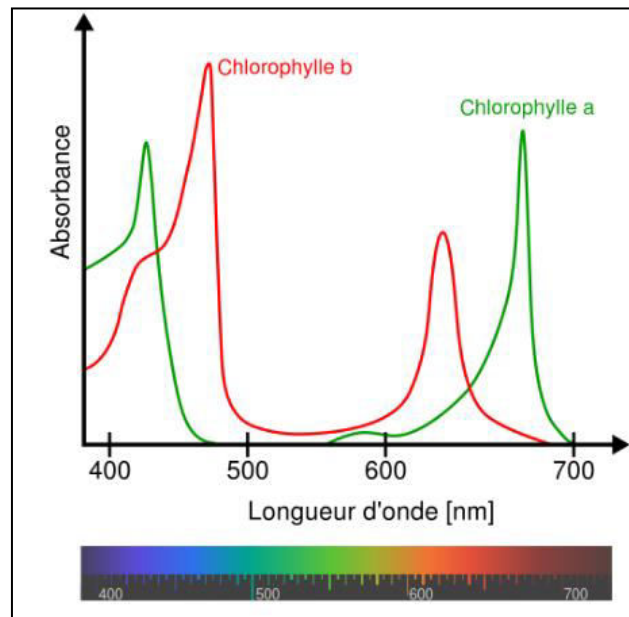
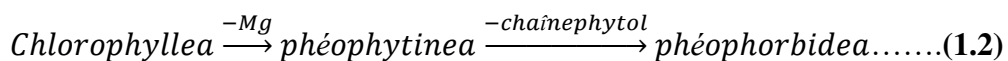
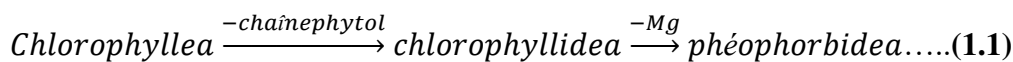


Figure 2. Spectre d'absorption de la chlorophylle. (Bougis, 1974)

Les phéopigments sont essentiellement la phéophorbide et la phéophytine (Aminot et Chaussepied, 1983) en milieu acide (Rodier, 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 & Keroual, 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 & Keroual, 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).

6. 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, 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 (**Bricaud A., 2002**).

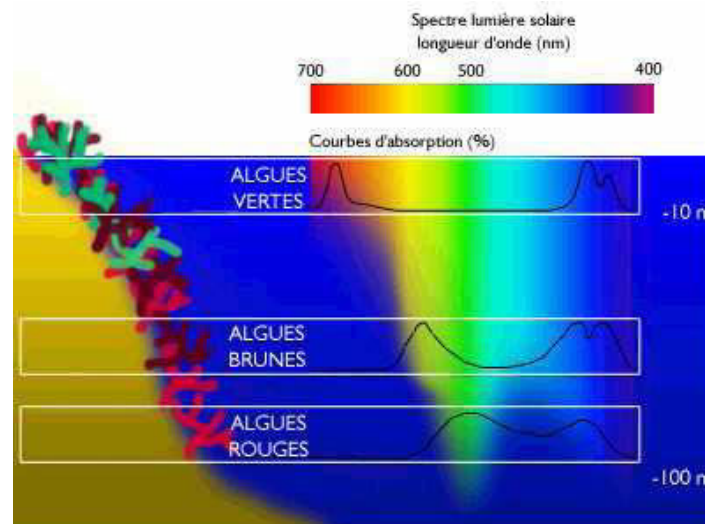


Figure 3 . Absorption de la lumière solaire en fonction des algues et de la profondeur

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 S, 1983**) :

$$a(\lambda) = a_w(\lambda) + a_y(\lambda) + a_{ph}(\lambda) + a_s(\lambda) \dots \dots \dots (1.3)$$

$$bb(\lambda) = bb_w(\lambda) + bb_{ph}(\lambda) + bb_s(\lambda) \dots \dots \dots (1.4)$$

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 phytoplanctonique (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 phytoplanctonique et des particules minérales.

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

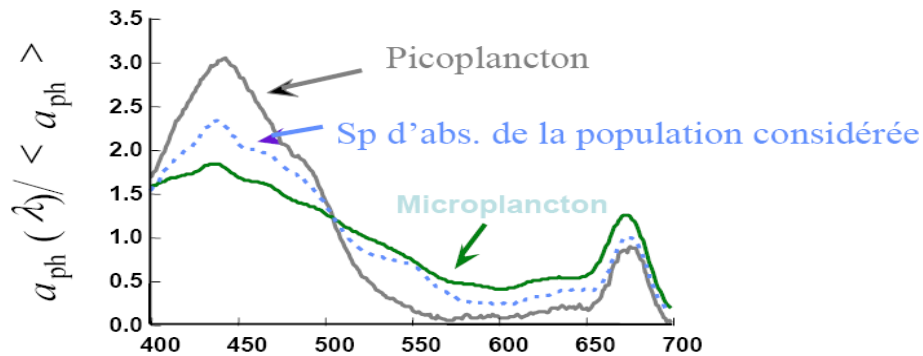


Figure 4 : Spectre d'absorption des particules phytoplanctoniques (Sathyendranath S, 1983)

7. Paramètres physico-chimiques :

7.1 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 & Keroual, 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, L'analyse De L'eau (Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles Et Eaux De Mer), 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).

7.2 Salinité

La grandeur « Salinité » représente proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer .la mesure de la salinité est importante dans l'étude du milieu marin.par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaitre la circulation océanique, d'identifier les masses d'eau d'origine différentes et de suivre leurs mélange au large comme à la côte ou dans les estuaires (Aminot et Chaussepied, 1983)

7.3 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⁺

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \dots \dots (1.5)$$

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**)

7.4 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 0,5µm, (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 A, 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 Chaussepied, 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 J.C, 1996**)

7.5 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 Chaussepied, 1983) La connaissance de ce facteur a une double importance (**Petterson L H, 1995**).

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 Chaussepied, 1983**) Son principe repose sur la mesure de la profondeur de disparition du disque de *Secchi*, ce dernier détermine la "profondeur de Secchi" (**Rodier, 2005**)

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

7.6 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.

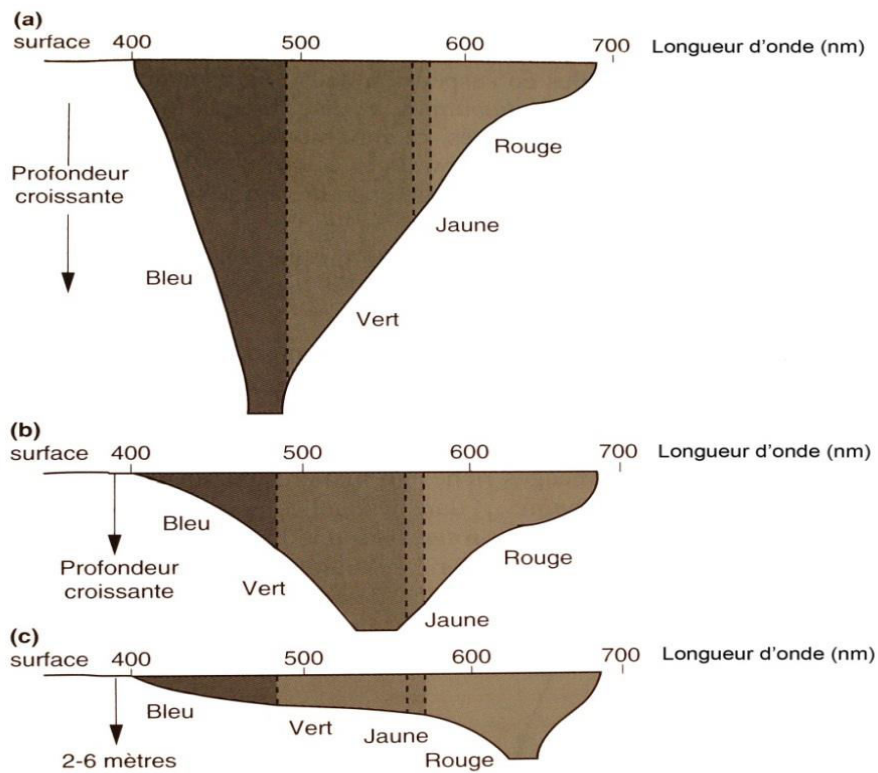


Figure 5 : Transmission des différentes radiations solaires en fonction de leurs longueurs d'onde λ et de la profondeur dans trois types de milieux (**J Bruslé, 2004**)

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.

7.7 La demande biochimique en Oxygène (DBO₅)

La DBO₅ est la quantité d'oxygène qu'une eau a besoin pour oxyder biologiquement la matière contenue dans cette eau par les micro-organismes aérobies, ce paramètre constitue un bon indicateurs de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau naturelle polluée ou d'une eau résiduaire, il est utilisable :

-soit pour quantifier la charge polluante organique de l'eau.

-soit pour évaluer l'impact d'un rejet sur le milieu naturel (toute matière organique biodégradable rejetée va entraîner une consommation d'O₂ au cours des procédés d'auto épuration)

-soit pour évaluer l'intensité du traitement nécessaire à l'épuration d'un rejet par un procédé biologique.

7.8 Oxygène dissous (OD)

Ce paramètre détermine la qualité du milieu et gouverne la plus part des processus chimiques, physiques et biologiques des écosystèmes aquatiques.

C'est l'un des gaz dissous les plus importants que renferme l'eau de mer sur le plan quantitatif. La mesure de ce paramètre concerne exclusivement la mesure de l'oxygène moléculaire (O_2) en solution. Sa concentration et sa saturation dans l'eau de mer est régie par plusieurs processus physiques, chimiques et biologiques (échanges à l'interface air-, oxydations, photosynthèse ...etc.)

7.9 le dioxyde du carbone inorganique dissous dans l'eau de mer (CO_2 dissous)

Le CO_2 a un certain effet eutrophisant (c'est un nutriment de base, essentiel pour les plantes), mais il est aussi un facteur d'acidification des océans et de certaines masses d'eau douce, qui peut négativement interférer avec de nombreuses espèces (dont certaines microalgues et autres microorganismes aquatiques protégées par des structures calcaires que l'acide carbonique peut dissoudre). L'acidification favorise aussi la libération et la circulation et donc la biodisponibilité de la plupart des métaux lourds, métalloïdes ou radionucléides (naturellement présent dans les sédiments ou d'origine anthropique depuis la révolution industrielle surtout).

7.10 Les sels nutritifs

Les sels nutritifs constituent un outil très important pour l'étude chimique et dynamique des masses d'eau océanique. Les sels nutritifs dissous dans l'eau de mer sont transportés par les courants océaniques d'une part et constituent une base alimentaire du cycle biologique de la biomasse océanique d'autre part (Boulaïdid, M., 1987), les différentes formes de sels nutritifs sont :

Les composées azotées

L'azote est un élément essentiel des structures vivantes, il existe dans l'eau sous trois formes essentielles selon le degré d'oxydation : nitrate (NO_3^-), nitrite (NO_2^-), ammonium (NH_4^+) ainsi qu'urées ou acides aminées. Ce sont les formes d'azotes utilisables par le phytoplancton (Copin-Montégut, G., 1996)

- **L'azote ammoniacal (NH_4^+)**

Il présente sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) dont les proportions dépendent du pH et de la température. L'azote ammoniacal provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés, il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes (Aminot et Chaussepied, 1983).

- **Les Nitrites (NO_2^-)**

Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique qui est de l'ordre de quelques micromoles par litre d'azote nitreux. (Aminot et Chaussepied, 1983)

- **les Nitrates (NO_3^-)**

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse, il entre dans le cycle de l'azote comme support principal dans la croissance phytoplanctonique, il est ensuite régénéré à partir des formes organiques par les bactéries. L'ion nitrate est issu de l'oxydation des nitrites par les bactéries appelées nitrobactères (Aminot et Chaussepied, 1983).

- **Les phosphates (PO_4^{3-})**

Le phosphore est un élément nutritif dans la forme minérale majoritaire est l'orthophosphate, il est essentiel à la vie aquatique. Dans les écosystèmes aquatiques continentaux, on considère généralement le phosphore comme le principal facteur limitant la production de la biomasse végétale (Leveque.C, 1996).

Les sources des phosphores sont multiples elles proviennent des résidus métaboliques, détergents, excès d'engrais agricole et de l'industrie (Zouez.OH, 2003).

- **Silicium (Si)**

Le silicium n'est pas un composant de la matière vivante proprement dite. Le plancton à test siliceux (diatomées, silicophalagellées...) l'assimile pour former leur test sous forme d'opale ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), l'eau de mer avec un pH de 8.2 le silicium dissous se trouve à 95% sous la forme d'acide ortho silique $\text{Si}(\text{OH})_4$, 5% $\text{Si}(\text{OH})_3^-$ (Aminot et Chaussepied, 1983).

Tableau3 .liens entre les principaux descripteurs d'hydrologie des écosystèmes marins côtiers (Aminot & Keroual, 2004)

Mesure à effectuer	Descripteurs d'interprétation
Salinité (S)	T(+)
Température (T)	S(++)
Ph	S(+) T(++) Chlorophylle (++)
Oxygène (O₂)	S(+++)T(+++) Chlorophylle (++)
Nitrate (NO₃)	S(+++) O ₂ (+)PO ₄ (++)Si(++)Chlorophylle (++)
Nitrite (NO₂)	S(++ O ₂ (+) NH ₄ (++)
Ammonium (NH₄)	S(+++)T(+) Ph(+) O ₂ (++)NO ₃ (+)NO ₂ (+)PO ₄ (++) Si(+) Chlorophylle (++)
Phosphate (PO₄)	S(+++)O ₂ (+)NO ₃ (++)NH ₄ (++)Si(++)Chlorophylle(++)
Silicate (Si)	S(+++)O ₂ (+)NO ₃ (++)NH ₄ (+)PO ₄ (++)Chlorophylle(++)
MES (et/ou turbidité)	S(+) Chlorophylle (+)
Chlorophylle-a	S(+) T(+) NO ₃ (++) NH ₄ (++)PO ₄ (++)Si(++)MES(+)

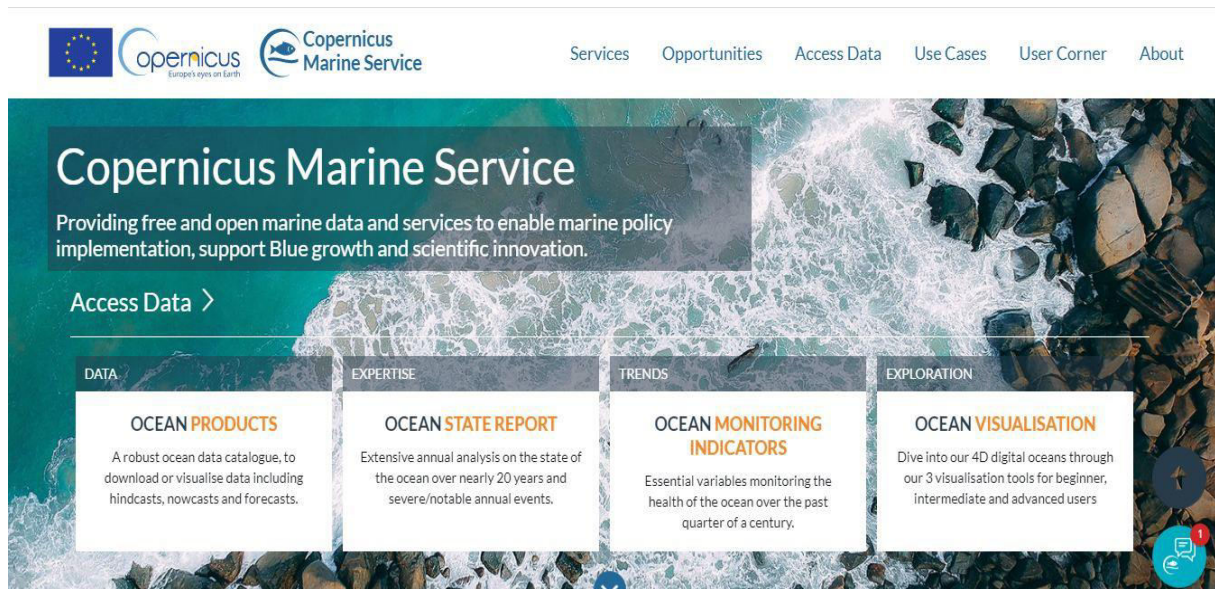
Indispensable (+++) : dont on ne peut pas se passer pour interpréter le descripteur à étudier.

Souhaitable (++) : dont la mesure permet une interprétation plus poussée, si nécessaire.

Eventuel (+) : non indépendant du descripteur étudié, peut aider à l'interprétation.

8. le programme Copernicus :

Lien du programme : <https://marine.copernicus.eu/>



8.1 Définition du programme Copernicus :

Copernicus est le programme de la Commission européenne d'observation de la Terre à l'échelle de la Planète. Ce programme unique au monde, alors appelé GMES, a démarré à Baveno, en Italie, lors d'une conférence tenue en mai 1998 , à juste titre, Copernicus est présenté comme le programme d'observation qui prend également en charge le développement et la gestion des services restituant les données selon 6 thèmes : le sol, les océans, le traitement des urgences, l'atmosphère, la sécurité et le changement climatique .il est considéré comme le programme d'observation de la Terre le plus ambitieux à ce jour. Copernicus s'appuie sur quatre « piliers » :

- une composante spatiale (familles de satellites Sentinel) ;
- une composante in-situ (constituée d'instruments de mesure au sol ou aériens évaluant les paramètres relatifs à l'état des océans, du sol et de l'atmosphère) ;
- une composante normalisation et harmonisation des données ;
- une composante de services à l'utilisateur.

8.2 Comment le Copernicus Marine Service collecte des données en mer :

Cette plateforme résulte d'une collaboration entre les scientifiques de Copernicus Marine et la start-up Berring Data Collective (BDC), dédiée à l'observation des océans. Celle-ci propose un service de bout en bout pour collecter des données océanographiques, depuis l'intégration des capteurs jusqu'à la fourniture en temps réel des données à travers une plateforme cloud. Le choix d'installer des capteurs sur les navires de pêche offre la possibilité d'accéder à des zones autrement difficiles à surveiller, comme les régions côtières et les plateaux

continentaux. Les capteurs des filets de pêche constituent par exemple un moyen efficace de collecter des données sur l'ensemble de la colonne d'eau, à la fois sur leur trajet vers le fond marin et sur leur retour à la surface. Les navires de pêche sont également idéaux pour surveiller les variables essentielles du climat et de l'océan, en termes de météo (température et humidité de l'air) et de biologie (prise et par prise), ainsi que pour détecter à la fois le fond de la mer et la surface (salinité et courants).

les produits de données collectés sont ensuite mis à disposition par le In Situ Thematic Assembly Centre (INS TAC) de Copernicus Marine, qui s'appuie sur un réseau plus large de producteurs de données pour fournir des données multisources de haute qualité. Le service permet ensuite aux utilisateurs, y compris les centres internes de surveillance et de prévision marine, de valider leurs études, d'optimiser leurs modèles et d'acquérir une connaissance plus approfondie du milieu marin. « C'est toujours un défi passionnant que d'établir un nouveau flux de données - et cette initiative est particulièrement intéressante, car nous invitons les professionnels de la mer et de la pêche à contribuer directement à la surveillance marine », souligne Sylvie Pouliquen, responsable du TAC In Situ de Copernicus Marine dirigé par l'Ifremer.

8.3 Un principe inédit d'accès libre aux données

L'accès libre et gratuit aux données des satellites du programme Copernicus, introduit par la composante « services aux utilisateurs », a ouvert une nouvelle ère. En rendant la grande majorité de ses données (analyses, prévisions et cartes) gratuitement disponibles

Dés janvier 2020, Copernicus compte six familles de satellites et instruments, et d'autres sont à l'étude avec de nouveaux services à l'horizon 2025 qui sont :

Sentinel 1 : famille de satellites de chargée des observations radar de jour et de nuit des terres émergées et des océans ;

Sentinel 2 : famille de satellites chargée de l'observation optique de moyenne résolution des terres émergées ;

Sentinel 3 : famille de satellites chargée de l'observation des océans et des surfaces terrestres par optique multispectrale, infrarouge et altimétrie ;

Sentinel 4 : deux instruments embarqués à bord de Météosat de troisième génération. Un spectromètre UV et un sondeur IR chargés de l'étude de la pollution atmosphérique depuis l'orbite géostationnaire. Mission intermédiaire en attendant l'arrivée de Sentinel 5 ;

Sentinel 5 : instrument Tropomi chargé de l'étude de la chimie de l'atmosphère depuis l'orbite basse. Embarqué à bord du satellite Metop NG ;

Sentinel 6 : famille de satellites altimétriques chargée de suivre au jour le jour et en temps réel, l'élévation du niveau des mers et océans. Relais des satellites Jason (**Futura.science, 2020**)

8.4 Objectif du programme :

le programme Copernicus vise à rationaliser la collecte et la mise à disposition des données relatives à l'environnement et à la sécurité, Ces données doivent permettre aux utilisateurs de surveiller la Terre, son environnement et ses écosystèmes, de se préparer aux situations de crise, aux risques liés aux enjeux de sécurité et aux catastrophes naturelles d'origine naturelle ou humaine. Ce programme contribue à poser l'Union Européenne en tant qu'acteur majeur à l'échelle mondiale. C'est également instrument pour le développement économique et l'économie numérique (**Programme.Copernicus, 2020**)

8.5 Format des documents téléchargé de Copernicus (Format NetCDF):

NetCDF (Network Common Data Form) est constitué, d'une part, d'un ensemble de bibliothèques logicielles et d'autre part, d'un format de données « auto-documenté », Le site internet du projet est hébergé par le Unidata program à l'University Corporation for Atmospheric Research (UCAR). Ils sont par ailleurs les mainteneurs principaux des programmes, des spécifications, etc. il s'agit d'un format de choix pour les entrées/sorties de nombreux S.I.G. et pour l'échange de données scientifiques. Le site définit le format NetCDF comme "une interface pour un accès aux données orienté tableaux et une bibliothèque qui fournit une implémentation de cette interface. La bibliothèque NetCDF définit en sus un format de représentation des données scientifiques indépendant de l'architecture machine".

8.6 La nature des données fournit par le programme :

Copernicus fournit des données satellitaire aussi in-situ et des données model (Figure):

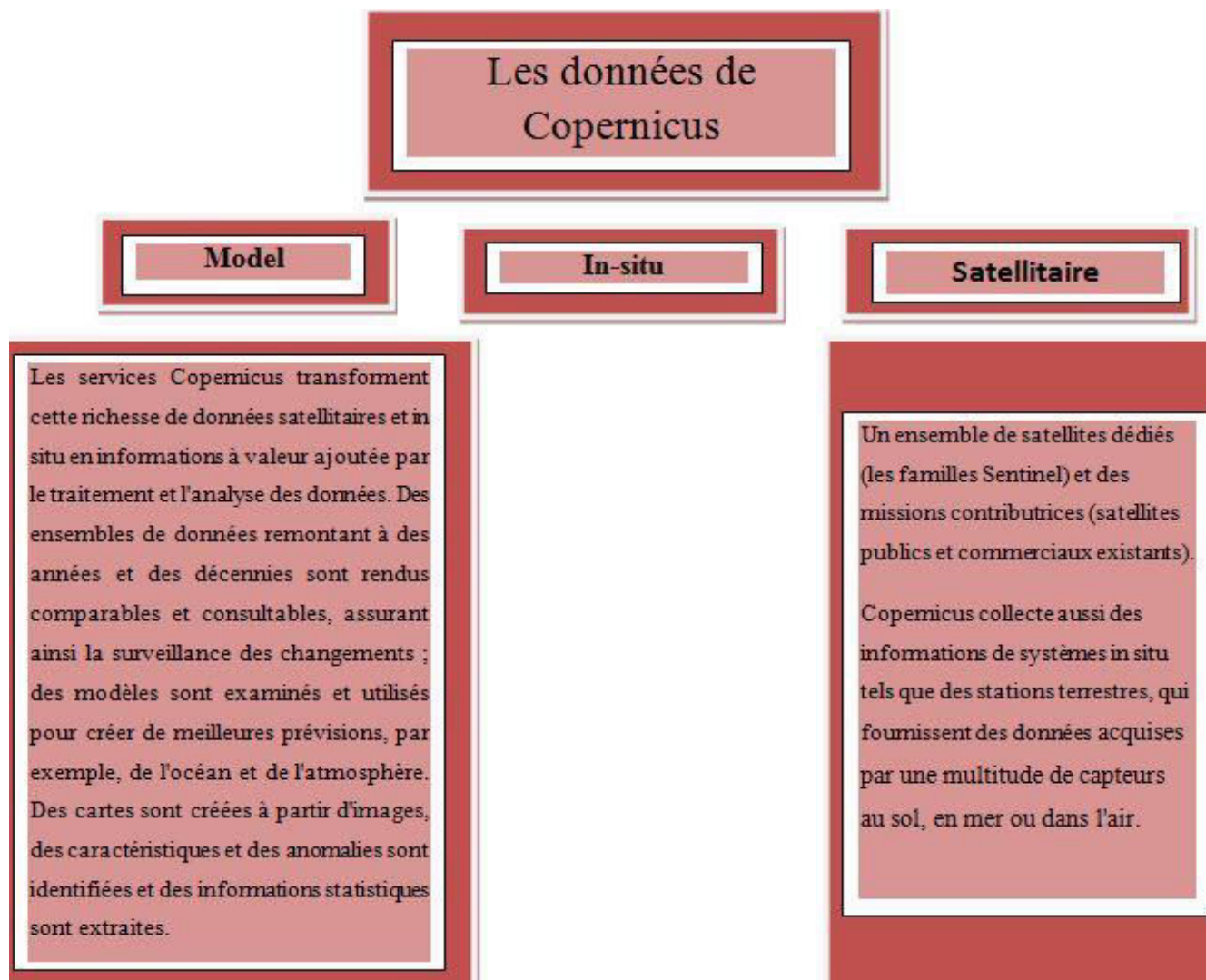


Figure 6 : les types de donnée fournis par le programme Copernicus (**Réalisé par nos soins**)

II. Notions de télédétection

Les images de télédétection sont construites à partir de mesures géo localisées des propriétés physiques et/ou chimiques de la surface de la Terre, relatives aux radiations électromagnétiques naturelles (télédétection passive). Des informations sur les propriétés optiques et biogéochimiques de la masse d'eau peuvent en être dérivées sous certaines conditions.

1. Définition de la 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 :

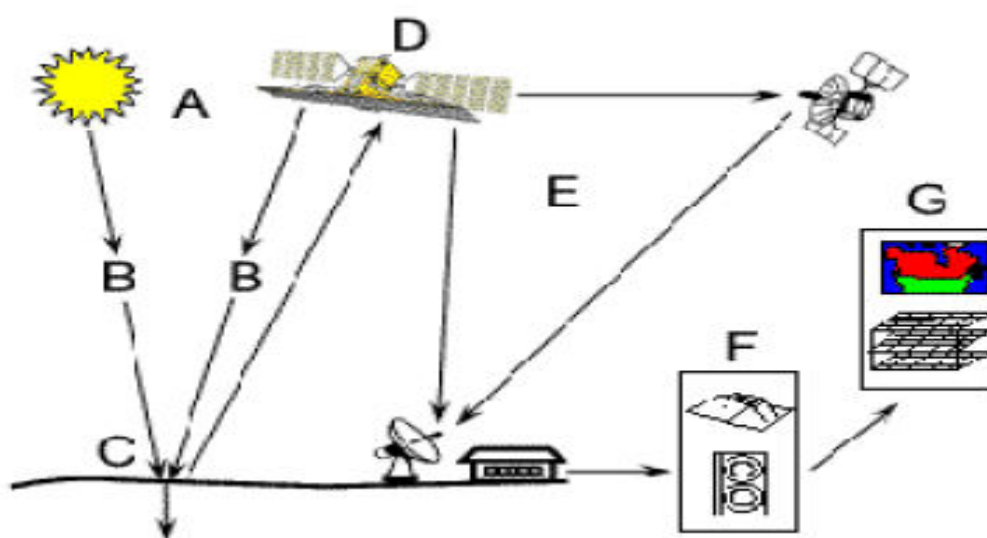


Figure 7 .Processus de télédétection (Centre canadien de télédétection)

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. Spectre électromagnétique :

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

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

Le visible qui est le rayonnement solaire réfléchi par les surfaces terrestres. La partie visible du spectre va de 0,38 à 0,78 μm .

Le proche infrarouge qui est le rayonnement solaire réfléchi par les surfaces terrestres. Centré sur environ 0,9 μm , il est très utilisé pour l'étude de la végétation et la détection de l'eau.

Le moyen infrarouge qui est le rayonnement à la fois réfléchi et émis par les surfaces terrestres. Il est centré sur environ 3 μm , il sert à la détection de l'eau dans les plantes, la détection de la neige et de la glace ainsi l'évaluation de l'humidité du sol.

L'infrarouge thermique, émis par les surfaces terrestres de 8 à 12 μm , il est très utilisé en météorologie et en climatologie.

Le domaine des hyperfréquences qui est un ensemble d'ondes qui peuvent être émis par une antenne et renvoyé par la surface terrestre (hyperfréquences actives), ou émis

par les surfaces terrestres (hyperfréquences passives). (Kessar, 2011)

4. Notions de résolutions :

4.1 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 & SHEEREN, 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).

4.2 Résolution radiométrique :

La résolution radiométrique est la sensibilité d'un détecteur aux variations de l'intensité de l'énergie électromagnétique émise, réfléchie ou diffusée qui est détectée. C'est les Différents niveaux d'intensité qui peuvent être discriminés par le capteur dans une bande. (Eugenio, Javier, Marqués, ULPGC, & UPC, 2013).

Et c'est La capacité du capteur à différencier de fines nuances dans l'énergie électromagnétique (Keraghel, 2019)

4.3 Résolution spectrale :

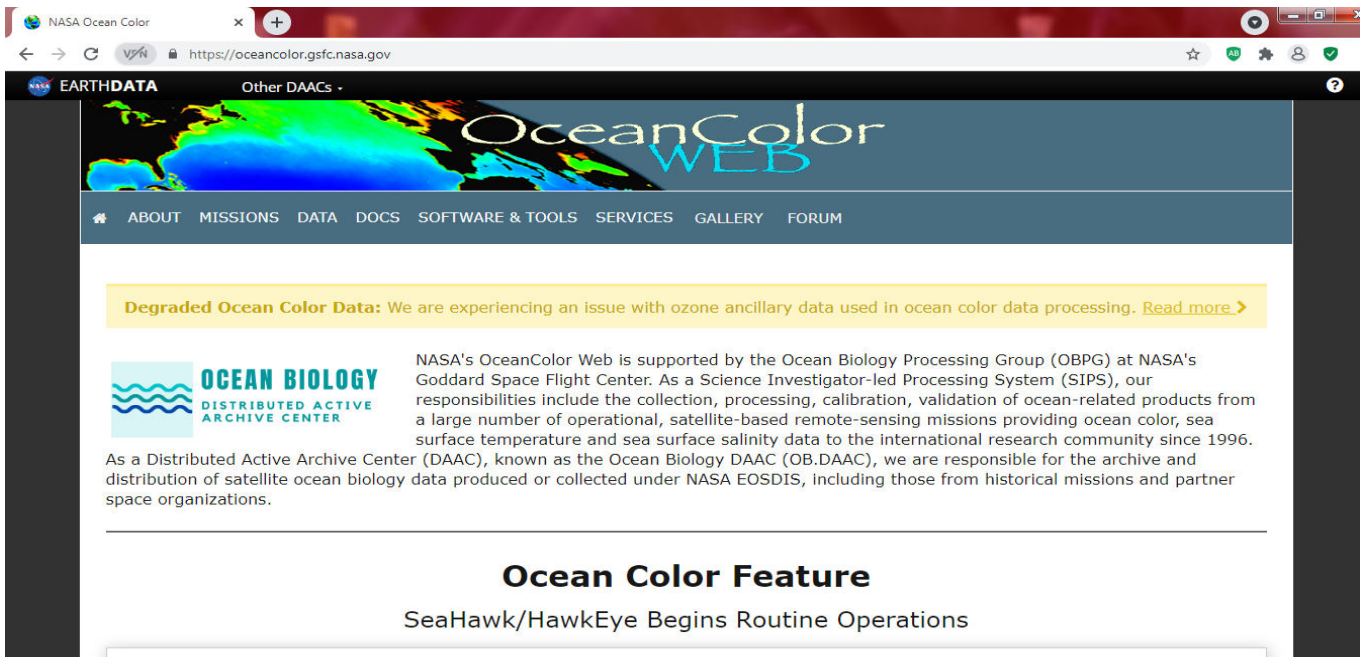
C'est l'aptitude du capteur à distinguer des rayonnements électromagnétiques de fréquences différentes. Plus le capteur est sensible à des différences spectrales fines (intervalles de longueur d'onde étroite), plus la résolution spectrale du capteur est élevée. (Esside, 2012).

4.4 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).

5. la base de donnée ou programme OceanColor

Lien du site : <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>



5.1 Définition du programme

l'oceancolor et le Groupe de traitement de la biologie océanique collecte et traite les données des satellites d'observation de la Terre. Ces données sont organisées de diverses manières reflétant différents groupements spatiaux, temporels et de paramètres. Au fil des ans, une certaine terminologie est apparue pour décrire ces conventions organisationnelles. Voici quelques explications de ces termes.

- **Niveau 0 (format PDS) :**

Les données de niveau 0 sont des données d'instrument/de charge utile non traitées à pleine résolution. Tous les artefacts de la communication (par exemple, trames de synchronisation, entêtes de communication) de ces données de l'engin spatial à la station au sol ont été supprimés. Ces données sont le format le plus brut disponible et ne sont fournies que pour quelques-unes des missions que nous soutenons.

- **Niveau 1 (format CZCS /SeaWIFS/MODIS)**

Les données de niveau 1A sont reconstruites, des données d'instrument non traitées à pleine résolution, référencées dans le temps et annotées avec des informations auxiliaires, y compris les coefficients d'étalonnage radiométriques et géométriques et les paramètres de géoréférencement (par exemple, les données d'éphéméride de la plate-forme) calculés et ajoutés mais non appliqués

aux données de niveau 0. C'est ce dernier point qui fait du niveau 1A le niveau de données d'archives préféré. Si l'étalonnage du capteur change, les données n'ont pas besoin d'être réacquises - ce qui n'est pas une mince affaire lorsqu'il s'agit de grands ensembles de données. Il n'en va pas de même pour les données de niveau 1B (décrites ci-dessous) qui doivent être remplacées chaque fois que l'étalonnage du capteur change.

- **Niveau 1B**

Les données de niveau 1B sont des données de niveau 1A auxquelles des étalonnages instrumentaux/radiométriques ont été appliqués.

- **Niveau 2 (format NetCDF4)**

Les données de niveau 2 sont constituées de variables géophysiques dérivées (par le programme l2gen) à la même résolution que les données source de niveau 1. Ces variables sont regroupées en quelques suites de produits (par exemple, OC [couleur de l'océan], SST et SST4 pour MODIS).

- **Niveau 3 (format BDP/SMIP)**

Les données de niveau 3 sont des variables géophysiques dérivées qui ont été agrégées/projetées sur une grille spatiale bien définie sur une période de temps bien définie. le système archives deux types de données de niveau 3 :

* Enfermé

Chaque produit de données groupées de niveau 3 comprend les données accumulées pour tous les produits L2 d'une suite de produits, pour l'instrument et la résolution spécifiés, correspondant à une période de temps (par exemple, quotidienne, 8 jours, mensuelle, etc.) et stockées dans un , à aire presque égale, grille sinusoïdale entière.

* Mappé

Les produits SMI (Standard Mapped Image) de niveau 3 sont créés à partir des produits de niveau 3 correspondants. Chaque fichier SMI contient une plaque carrée, une grille de valeurs à virgule flottante enregistrée en pixels (ou des représentations entières mises à l'échelle des valeurs) pour un seul paramètre géophysique. Une table de consultation des couleurs est également fournie dans chaque fichier qui peut être utilisé pour générer une image à partir des données.

- **Niveau 4**

Les données de niveau 4 sont des sorties du modèle ou des résultats d'analyses de données de niveau inférieur (par exemple, des variables dérivées de plusieurs mesures). Productivité primaire océanique est un bon exemple de produit de niveau 4.

5.2 Objective :

L'Ocean Biology Processing Group (OBPG) de la NASA prend en charge la collecte, le traitement, l'étalonnage, la validation, l'archivage et la distribution de produits liés à l'océan provenant d'un certain nombre de missions qui sont prises en charge dans le cadre et les installations du système de traitement des données océaniques de la NASA (ODPS) qui soutient avec succès des missions opérationnelles de télédétection par satellite depuis 1996. Les capacités du groupe continuent d'évoluer et de s'étendre pour répondre aux exigences et aux défis des missions futures.

5.3 Groupe de soutien sur le terrain:

Le Laboratoire d'écologie océanique (OEL) maintient un groupe de soutien sur le terrain (FSG) sur place pour mener des recherches océanographiques biologiques, biogéochimiques et interdisciplinaires en collaboration avec l'OBPG. Grâce au FSG, l'OEL soutient un programme de terrain coopératif mandaté pour faire progresser l'état de l'art des mesures optiques et biogéochimiques dans et au-dessus de l'eau, qui sont essentielles pour l'étalonnage et la validation de la radiométrie par satellite et des produits de données secondaires. et pour le raffinement des algorithmes de couleur de l'océan. La FSG travaille au sein d'un réseau mondial de partenariats.

6. le logiciel ocean data view (ODV)

Ocean Data View (ODV) est un progiciel propriétaire, disponible gratuitement, pour l'analyse et la visualisation d'ensembles de données océanographiques et météorologiques.

L'ODV est utilisé par un grand nombre d'océanographes. Le projet Ocean Teacher de l'UNESCO utilise l'ODV comme l'un de ses principaux outils d'analyse et d'affichage. L'ODV est utilisé pour afficher et analyser les données de plusieurs projets océanographiques. (Murray .Brown, 1998).

Ocean Data View comprend également des options qui permettent d'effectuer une analyse objective grâce au logiciel complémentaire DIVA. (Wikipédia).

2.1.1 Format de collecte ODV



- * optimisé pour les profils/séquences de longueur variable (données originales ou produits de données maillées)
- * format binaire offrant un stockage dense et un accès rapide aux données
- * prise en charge des indicateurs de qualité des données
- * extensible
- * indépendant de la plate-forme
- * peut être utilisé pour de nombreux types de données différents

7. le satellite Aqua/Modis

7.1 Fiche technique de satellite :

AQUA est un des satellites de la série OES, comprenant TERRA, déjà lancé en décembre 1999, dont la mission est plus orientée sur l'étude de l'évolution de la végétation et l'extension des déserts, et le satellite Aura qui a pour mission l'étude de l'atmosphère.

Le satellite TERRA était déjà équipé du même capteur MODIS. Les séries de données sur l'océan, déjà disponibles, pourront être complétées, d'autant que les deux satellites ont des trajectoires et heures de passage différentes, pour mieux le décrire voici une fiche technique complète :

<p>Origine : américain</p>	
<p>Date de lancement :</p> <p>La NASA a mis sur orbite polaire le satellite AQUA (4 mai 2002) vers 705 km d'altitude.</p>	
<p>Institut :</p> <p>La mission Aqua est une partie du Système d'Observation de la Terre (Earth Observing System, EOS) du Centre International de la Nasa</p>	
<p>Mission :</p> <ul style="list-style-type: none"> - obtenir des informations sur l'eau du système terrestre. - collecter des données sur le cycle de l'eau, les précipitations, l'évaporation des océans, les glaces et la couverture neigeuse, l'humidité dans l'atmosphère et à la surface terrestre, la température et la couleur des océans ainsi les flux d'énergie radiative. 	<p>Figure 8 Le Satellite Aqua dans l'espace (Wikipédia)</p>
<p>Equipement :</p> <p>Aqua possède à son bord six capteurs de haute technologie:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. un sondeur infrarouge atmosphérique : AIRS (Atmospheric Infrared Sounder), 2. un radiomètre spécialisé de balayage par micro-onde pour EOS : AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS), 3. une unité de sondage par micro-onde spécialisée : AMSU-A (Advanced Microwave Sounding Unit), 4. un système d'étude de l'énergie radiative des nuages et de la Terre : CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System), 5. un sondeur d'humidité pour le Brésil : HSB (Humidity Sounder for Brazil), 6. un spectroradiomètre à création d'images de résolution modérée : MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer). 	 <p>Figure 9 les instruments du Satellite Aqua (pravarini.free)</p>

7.2 Le spectroradiomètre imageur à résolution modérée (MODIS)

MODIS (ou Spectroradiomètre imageur à résolution modérée) est un instrument clé à bord des satellites Terra (EOS AM) et Aqua (EOS PM). L'orbite de Terra autour de la Terre est chronométrée de sorte qu'elle passe du nord au sud à travers l'équateur le matin, tandis qu'Aqua passe du sud au nord au-dessus de l'équateur l'après-midi. Terra MODIS et Aqua MODIS visualisent toute la surface de la Terre tous les 2 jours, acquérant des données dans 36 bandes spectrales (**voir Spécifications techniques MODIS**)*. Ces données améliorent notre compréhension de la dynamique globale et des processus se produisant sur la terre, dans les océans et dans la basse atmosphère. MODIS joue un rôle vital dans le développement de modèles validés, globaux et interactifs du système terrestre capables de prédire le changement global avec suffisamment de précision pour aider les décideurs politiques à prendre des décisions éclairées concernant la protection de notre environnement. (**NASA.Earth.data**)

Spécifications techniques *:

Orbite : 705 km, 10h30 nœud descendant (Terra) ou 13h30. nœud ascendant (Aqua), héliosynchrone, quasi polaire, circulaire

Taux de balayage : 20,3 tr/min, piste croisée

Dimensions de la bande : 2330 km (traversée) par 10 km (le long de la piste au nadir)

Télescope : 17,78 cm diam. Hors axe, afocal (collimaté), avec arrêt de champ intermédiaire

Taille : 1,0 x 1,6 x 1,0 m

Poids : 228,7 kg

Puissance : 162,5 W (moyenne orbite simple)

Débit de données : 10,6 Mbps (heure de pointe) ; 6,1 Mbps (moyenne orbitale)

Quantification : 12 bits

Résolution spatiale : 250 m (bandes 1-2), 500 m (bandes 3-7), 1000 m (bandes 8-36)

Durée de vie : 6 ans

Zone d'étude

1. Le littoral Est algérien (Bejaia) :

Le littoral algérien s'étend sur 1 622 kilomètres et est divisé traditionnellement en trois zones côtières : Est, Centre et Ouest. Il représente un écosystème fragile et constamment menacé de dégradation en raison de la concentration de la population, des activités économiques et des infrastructures le long de la bande côtière. le littoral Est algérien qui s'étire sur 839,18 kilomètres environ (CNL, 2018) passant par 7 Wilayas ;Boumerdes ,Tizi ouazou ,Bejaia ,Jijel, Skikda, Annaba jusqu'à les frontière avec la Tunisie d'où la wilaya El taraf .

Ainsi notre étude est basée sur **le littorale de Bejaia.**

1.1. données générales sur la wilaya de Bejaia :

Façade maritime : 110,83 km
 Superficie terrestre : 532.02 km²
 Superficie marine: 2 082 km²
 Nombre de communes côtières ou littorales : 08
 coordonnée géographique : 36° 45' 00" nord, 5° 04' 00" est

Urbanisation : 39,7%

Localisation :

La wilaya de Béjaïa est située au nord est de l'Algérie, dans la région de la Kabylie.

Elle est délimitée :

à l'ouest par les wilayas de Tizi-Ouzou et Bouira ;

au sud par les wilayas de Bouira et Bordj-Bou-Argeridj

à l'est par les wilayas de Sétif et Jijel;

au nord par la mer Méditerranée.

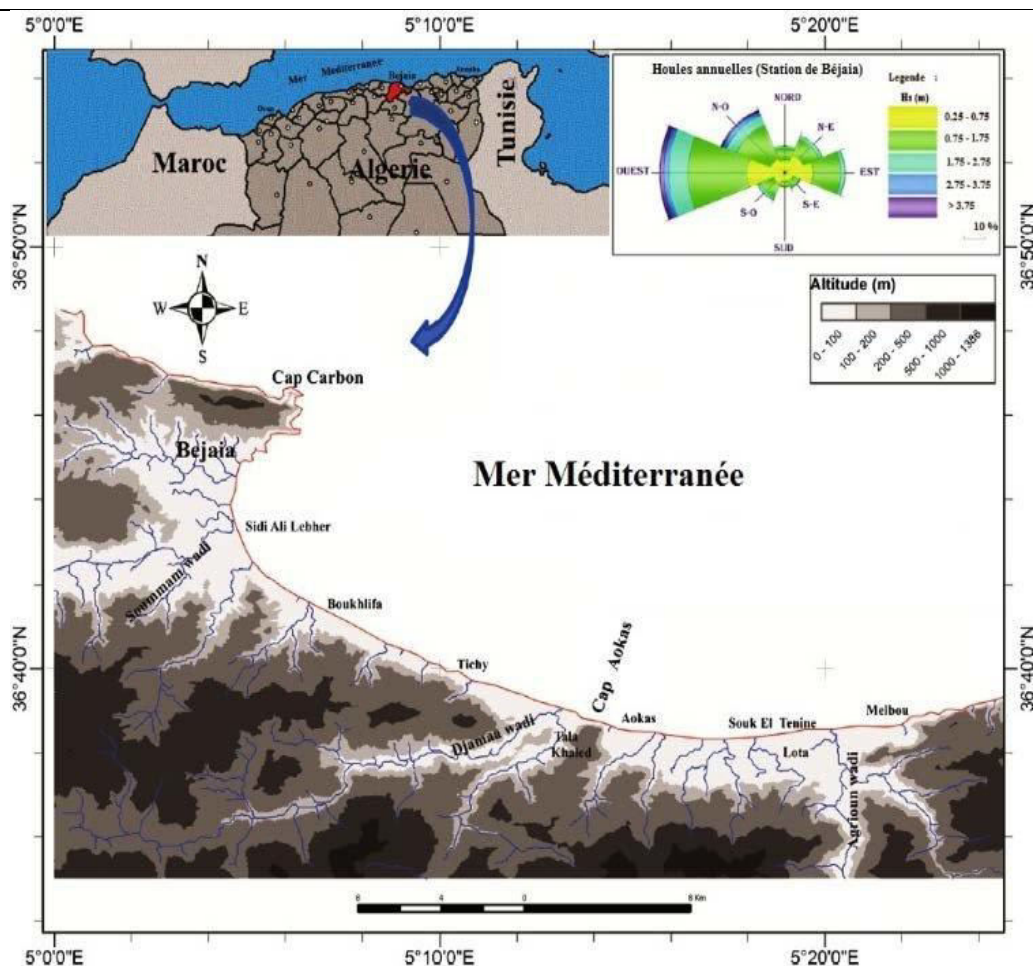


Figure 10 : Localisation de la zone d'étude (BOUTIBA, 2017)

1.2. Situation géographique :

La Wilaya de Béjaïa est limitée approximativement à l'ouest par les crêtes du Djurdjura, à l'est par les Babors auxquels se soudent les Bibans qui s'étendent jusqu'au sud-est, dominant les plaines de la Médjana et de Bordj-Bou-Argeridj. Une vallée, où serpente le fleuve de la Soummam, séparant les Babor-Biban du Djurdjura, débouche vers le Sud à Ighrem, El Asnam, en une riche plaine plantée d'oliviers, d'arbres fruitiers, de vignobles et d'autres cultures. Le golfe de Béjaïa, sur le bord duquel la ville s'élève en amphithéâtre, offre l'aspect d'un vaste lac entouré d'un rideau de montagnes aux profils capricieux : d'abord la crête de Gouraya qui domine la ville ; à sa droite le pic de Toudja ; en face et suivant l'ellipse du littoral, viennent la cime de Bou-Andas, les dentelures rocheuses de Béni-Tizi, du Djebel Takoucht, d'Adrar-Amellal, Tizi-Uzerzur, la large croupe des Babors à côté du pic du Tababort ; enfin, au dernier plan, la silhouette bleuâtre du pays de Jijel.

Lorsqu'on s'éloigne de la ville pour se diriger vers Ziama, les gorges de Chaabet-EI-Akhra, on suit, sur un parcours de plus de trente kilomètres, le demi-cercle formé par le golfe. La route qui suit parallèlement le rivage traverse une plaine fertile dominée par des sites pittoresques verdoyants avec une végétation épaisse et drue (**Jugurtha, 2009**)

1.2.1. Milieux physique et naturel :

D'un point de vue Géologique, La ville de Bejaia est construite sur des terrains appartenant principalement à deux systèmes de l'ère secondaire, qui sont successivement le jurassique et le crétacé. La partie nord, de la région d'étude (djebel Gouraya et cap Carbon), est caractérisée essentiellement par des formations du jurassique (calcaires riche en fer), alors que la partie Sud (cap Bouak jusqu'à l'avant port) est caractérisée essentiellement par des formations du crétacé (marneuses et conglomératiques, également riches en fer). Le lessivage de ce type de sol, notamment lors des périodes de forte pluviométrie, peut entraîner des quantités non négligeables de fer qui ira en mer. Les apports solides ont surement un impact sur la zone portuaire et sont aussi conditionnés par les caractéristiques et les données hydrologiques. (**LEM by Hmana et Mazouz, 1994**).

1.3. Réseau hydrographique :

La zone côtière longue de plus de 120 km, alternant criques rocheuses et plages de sable fin d'est vers l'ouest. La côte est s'étend de l'embouchure de l'Oued Soummam à celui de l'Oued

Agrioun. Cette bande côtière, retardée au niveau des villages de Tichy et d'Aokas, étroite (200 à 2 000 mètres) et principalement composée de terre sablonneuse du fait de la pression maritime proche. La côte ouest s'étend de Cap Carbon jusqu'à Cap Sigli, cette bande côtière est escarpée.

Faisant partie d'une région côtière assez arrosée, la wilaya de Béjaïa est traversée par plusieurs fleuves drainant les eaux superficielles de ruissellement vers la mer, les fleuves les plus importants sont (arcgis story maps, 2018)

L'Oued Soummam : 90 km

L'Oued Agrioun : 80 km

L'Oued Djemaa : 46 km

L'Oued Dass : 30 km

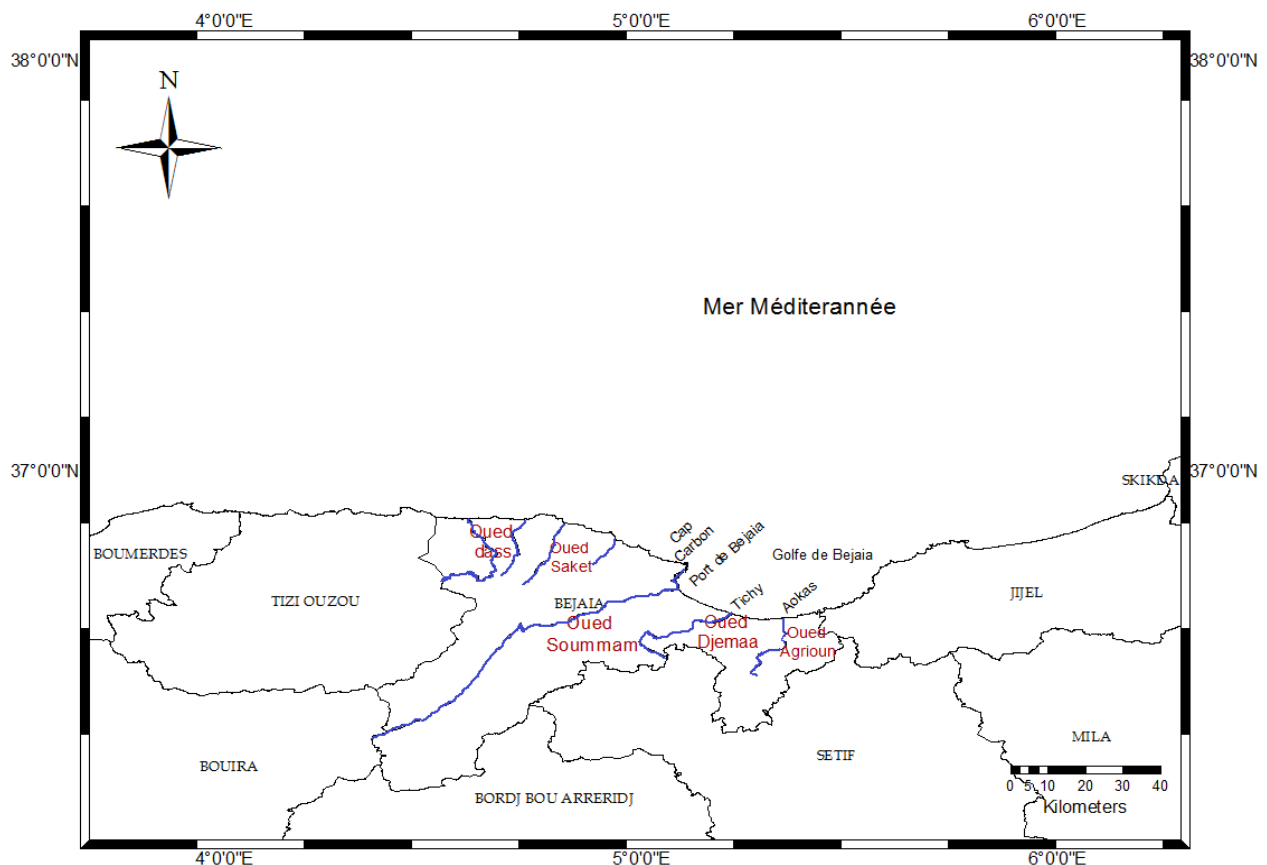


Figure 11 : carte hydrologique de Béjaïa (Réalisé par nos soins)

Parmi les nombreuses plages qui s'étendent le long du littoral de Béjaïa se trouvent Tichy, Aokas, Souk El Tenine, Melbou, sur la côte ouest de Béjaïa, qui abrite les plages de Boulimat, Tighremt et la baie des Aiguades.

La ville tire également ses ressources hydrauliques de l'arrière-pays montagneux et de diverses sources, comme celle de Toudja qui fut reliée dans l'Antiquité par un aqueduc à la ville antique Saldæ (**Institut de géographie de l'université d'alger, 1966**).

Cependant, Plusieurs cours d'eau drainent les bassins versants adjacents, et se déversent directement en mer, parmi lesquels l'oued Soummam, qui est le plus important de la région, avec un bassin versant de plus de 9125km² et une longueur de plus de 100 km.

Ce bassin versant, se caractérise par une forte discontinuité au point de vue écoulement et ruissèlement ; ceci est due essentiellement à trois facteurs :

- Irrégularité de la pluviométrie.
- Variation des perméabilités et des pentes.
- Diversification du couvert végétal.

L'impacte de ces paramètres ce fera sentir sur les débits liquides(Ql) et les apports solides(As). Les seules données disponible datent de la période (1964-1974), enregistrées à la station de Sidi-Aich, (ANRH by Hamana & Mazouz, 1994) qui sont les suivantes :

- Débit liquide moyen : 26 m³/s.
- Minimum journalier (étiage) : 0,8 à 1m³/s.
- Maximum journalier (hivernale) : 2200 m³/s.

*Sur le plan hydrogéologique, les nappes d'eau les plus importantes se localisent dans les Plaines côtières alluvionnaires de Bejaia. L'alimentation des nappes se fait par :

- Infiltration des eaux de précipitation sur la plaine.
- Infiltration de l'eau drainée par les bassins versants de la plaine au niveau des piémonts.
- Les apports des oueds traversant la plaine.

1.4. Hydrodynamisme :

1.4.1. Courant marins :

Les courants généraux sont connus comme étant des courants qui viennent par le détroit et s'emmènent vers l'Est. Ces courants installent dans la baie des contre-courants Gibraltar littoraux vers l'ouest avec une vitesse approximative de 0.25 m/s²⁸⁵.

1.4.2. Vents :

Dans la région de BEJAIA, les régimes de vent sont influencés par le relief de Djebel Gouraya et la vallée de la Soummam. Durant l'hiver, les vents de l'Ouest à Nord Ouest sont dominants avec une vitesse supérieure à 8 m/s et en été les vents dominants sont de Nord Est à Est.

1.4.3. Houles :

Les houles de tempêtes proviennent essentiellement par les vents d'Ouest, elles sont très fortes et peuvent atteindre des hauteurs de 3 m. (BOUTARCHA Fahima, 2011)

L'orientation générale NW-SE de son trait de côte rend les vagues, les houles et les Vents des secteurs NE, N et NE potentiellement plus érosives au niveau du littoral de la région.

La partie NE du littoral de Bejaia est exposée aux vagues et vents des secteurs NE, N et W, tandis que la partie E, de Boukhelifa à Melbou, est, quant à elle, principalement exposée aux vagues et vents des secteurs NW, N et NE. Les phénomènes marins rares doivent être intégrés dans les stratégies de développement durable des zones côtières. (DJOUDER & BOUTIBA, 2017)

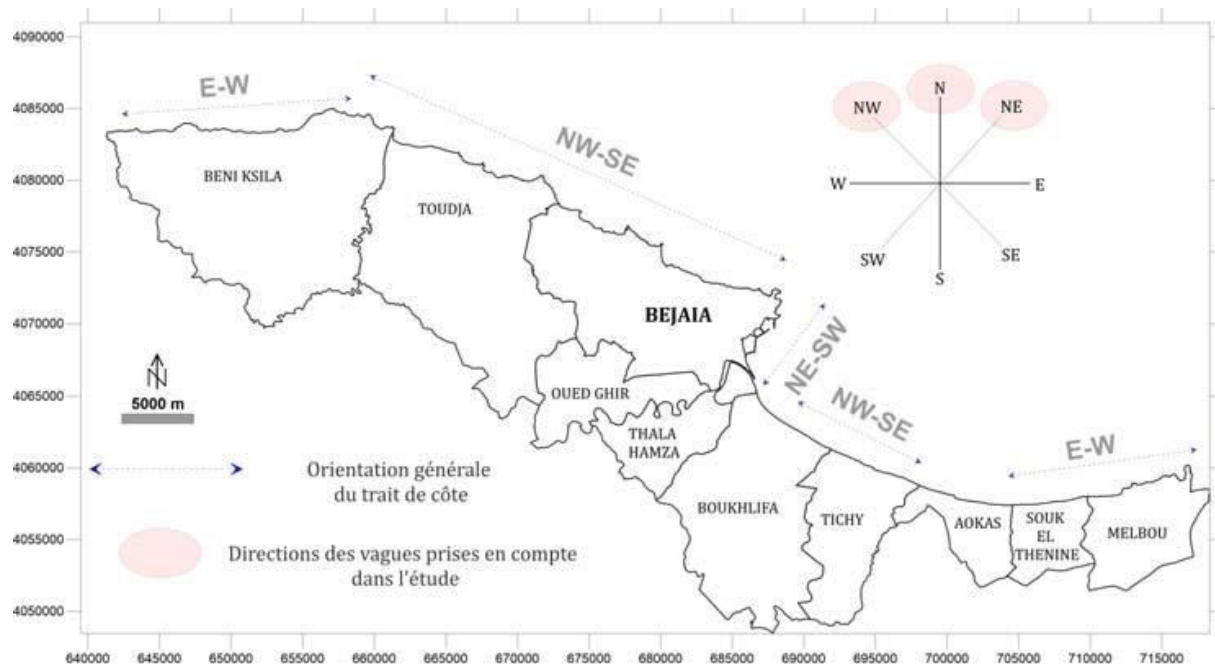


Figure 12 : Conditions des houles au large du littoral de Bejaia (DJOUDER & BOUTIBA, 2017)

1.5. Climat :

Comme toutes les régions du littoral algérien, la wilaya de Béjaïa bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux caractéristique des zones méditerranéennes avec une température de 15 °C en moyenne. La période estivale, rafraîchie par les vents marins, présente une température moyenne de 25 °C environ, Il est généralement humide avec un léger changement de température saisonnier.. Les températures moyennes sont globalement douces et varient de 11,1 °C en hiver à 24,5 °C en été. (Zouggaghe et Mouni et Taffer, 2014)

Béjaïa est située dans la Kabylie maritime et bénéficie d'une pluviométrie assez favorable comparée au reste du pays. La pluviométrie de la région peut aller de 800 mm à 1 200 mm Elle est parmi les régions les plus arrosées d'Algérie, mais certaines sources locales tendent à s'épuiser du fait de l'augmentation de la demande (Mokhtar Kheladi, 1993)

Sur les hauteurs, le climat est beaucoup plus rude, avec parfois des températures négatives et une neige abondante l'hiver et des étés chauds, dans la vallée de la Soummam, couloir de passage du sirocco (arcgis story maps, 2018)

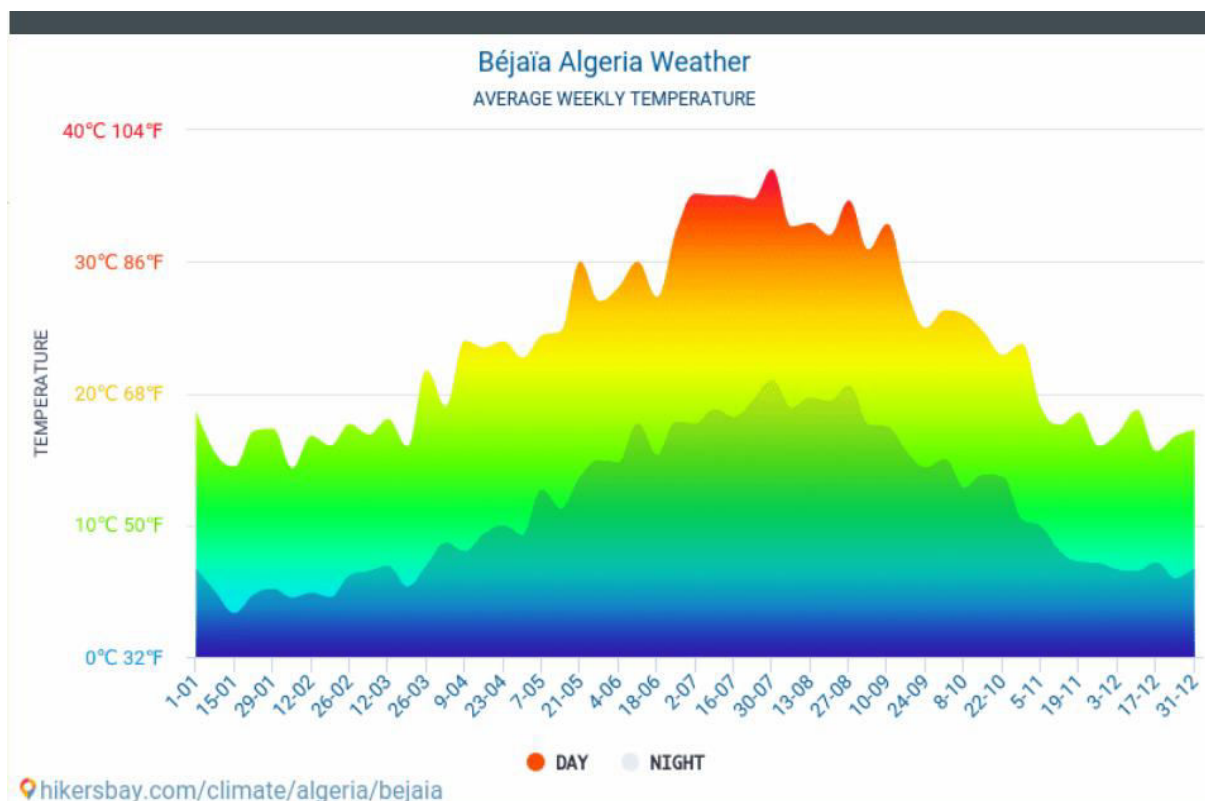


Figure 13 : température hebdomadaire moyenne de Bejaia durant toute l'année 2018 (arcgis story maps, 2018)

1.6. Faune et flore :

La faune et la flore marine sont remarquables dans le littoral de Bejaia. L'aire marine du Gouraya constitue le biotope de quatre espèces protégées de mammifères marins : le marsouin commun, le dauphin commun à bec court, le dauphin souffleur et le grand cachalot. Les fonds marins des parcs recèlent six typologies de paysages d'intérêt écologique international : encorbellements à *Lithophyllum lichenoides*, trottoirs à vermetes, bourrelets à *Corallina elongata*, forêts à *Dictyopteris membranacea*, herbiers tigrés à *Posidonia oceanica* et récifs coralliens à *Posidonia oceanica*. Les eaux adjacentes au parc de Taza incluent le « banc des Kabyles », classé « aire spécialement protégée d'importance méditerranéenne » (ASPIM) par la convention de Barcelone. Riches d'une communauté de corail en bon état de santé, elles abondent en divers bio-indicateurs d'eaux non polluées. (Ali Loukkas et al, 2006)

1.7. Sédimentologie et bathymétrie :

Le littoral de Bejaia est composée de sédiments citons essentiellement les galets, graviers le plus souvent gréseux et sable attribué au miocène, Le miocène grossier atteint 10 à 15 m d'épaisseurs à Ilmatten, 10 à 25 m dans la région d'El Kseur. (COYNE et BELLIER, 1973).

La distribution des sédiments du golfe de Béjaia est fonction de la bathymétrie. En outre, elle est caractérisée par trois principaux types de faciès (Leclaire L., 1972):

- Sables et sablons siliceux rencontrés aux faibles profondeurs (0-20m) et ce à partir de la ville de Bejaia jusqu'à la rive Est de l'oued agrioun. de plus une extension vers le large (40m) de ce faciès est observée particulièrement entre les embouchures des oueds Soummam et Djemââ.
- Le faciès à boues silico-argileuses est au niveau de tout le golfe dominant entre 40 et 80m de profondeur ;
- A partir de 100m de profondeur et plus, les boues silico-argileuses et argilo-siliceuses sont retrouvées.

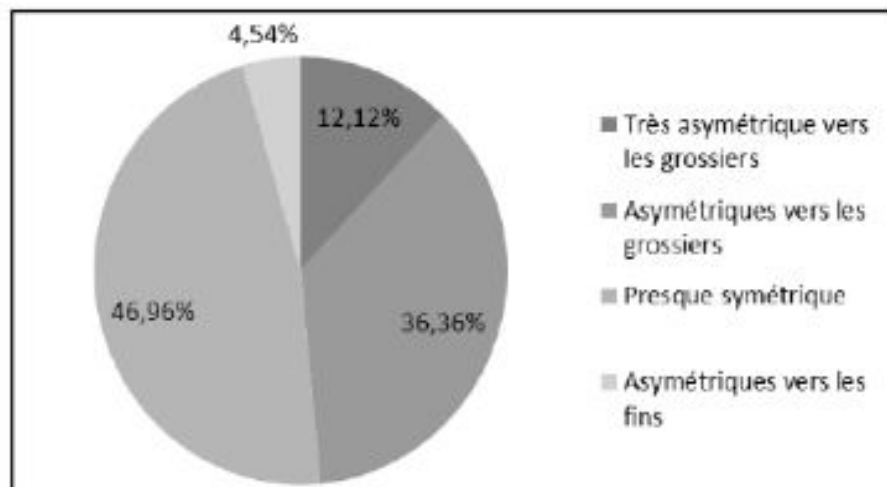


Figure 14 : Répartition des paramètres granulométriques sur l'ensemble du littoral de Bejaia (Fahima Fellah et Redha Djenidi, 2009)

1.8. Réseau portuaire :

***Données générales sur le port de Bejaia :**

1. Position géographique :

situé à environ 1.5 km au sud du cap Carbon et côté Ouest du Golf de Bejaia.

2. Coordonnée géographique :

Latitude nord 36045'24''
longitude Est 05005'50''

2. Les Bassins du port :

- Bassin Avant-port ; sa superficie est de 75 hectares et ses profondeurs varient entre 10,5 m et 13,5 m. Disposant d'installations spécialisées, l'avant port est destiné à traiter les navires pétroliers.

-Bassin du Vieux Port : sa superficie est de 25 hectares et ses profondeurs de quai varient entre 8 et 9 m.

-Bassin de l'Arrière Port : Sa superficie est de 55 hectares et ses profondeurs varient entre 10,5 m et 12 m.

3. parties du port :

- partie commercial (marchand)
- partie pétrolière
- partie de pêche



Figure 15: photo du réseau portuaire de Bejaia (EPB, 2015)



Figure 16 : les bassins du port de Bejaia (EPB, 2015)

EPB : entreprise portuaire de Bejaia

Bejaïa dispose d'un port qui occupe le deuxième rang en Algérie par son volume d'activité, Le port de Bejaia est divisé en trois parties selon son fonctionnement et donc partie pêche, commercial et pétrolier, Il représente un lieu privilégié et stratégique pour la région et contient 03 bassins d'une superficie totale supérieure à 160 ha, d'une terre pleine de 80 ha et de 2730 m de quais cernés par deux jetées d'une longueur de 34000 m. Le port de pêche de Bejaia comporte deux quais de 120m, d'un ponton flottant de 36m. Une future plage d'échouage est en cours de réalisation dans la commune de Béni K'sila. De plus la plupart des trafics de commerce sont effectués au niveau du port de commerce où hydrocarbure. **(BOUTARCHA Fahima, 2011).**

Derrière celui de la capitale Alger ; débouché important pour une partie de la production régionale (minerais, vins, figues, prunes et liège), il a donné depuis les années 1960 une place grandissante au pétrole et aux produits pétroliers extraits du sous-sol saharien (les hydrocarbures représentent 86 % de ses exportations en 2005). En 2008, il a été intégré au projet européen des « autoroutes de la mer » (ADM), aux côtés de Gabès, Agadir et Haïfa. Le port est destiné à devenir un hub portuaire de niveau mondial grâce au lancement des travaux de réalisation de la plus importante gare maritime d'Algérie conçue aux normes internationales. **(Source World Port, 2012)**

1.9. Sources potentielles de pollution :

Le littoral de Béjaia est représenté comme source de fortune pour tous les avantages économiques qu'elle offre mais aussi apporte son lot de nuisances à l'environnement marin et côtier causées particulièrement par les rejets liquides dans les oueds et les déchets solides. La décharge publique installée sur la rive de l'oued Soummam, dégage toute sorte de pollution dont, entre autres, les effluents de l'incinération à ciel ouvert, les ordures des ménages et les smogs photochimiques.

Les principales sources de cette pollution sont : **(Mouni.I, 2003/2004.)**.

- les rejets d'eaux usées ;
- les polluants d'origine industrielle (CEVITAL, ICOTAL, SONATRACH, port de l'hydrocarbure...etc.), constituées de détergents, de métaux lourds, d'organochlorés et d'hydrocarbures;
- les polluants organiques dus aux micro-organismes (carbone, azote, phosphate, ..) qui diminuent la teneur en Oxygène dissous des eaux.
- La pollution par les métaux lourds des sédiments dans le port essentiellement Plomb, Cadmium, Zinc.

*L'impact de ces rejets influence directement sur la qualité des eaux côtières qui engendre un effet nuisible sur le littoral en général et les zones de fraie en particulier sans oublier le rendement de pêche qui a connue ces dernier année un recul de production.

1.9.1. Stratégies de lutte contre cette pollution élaborée par l'état :

- Renforcement du contrôle et analyses des eaux de rejets des unités industrielles (Littoral);
- Lutte contre les décharges sauvages au niveau des plages;
- Renforcement de la surveillance et lutte contre les pollutions marines Accidentelles et ce, en collaboration avec les services des Gardes Cotes;
- Suivi rigoureux de la Station de Déballastage et ce, en collaboration avec la Société de Gestion et d'Exploitation des Terminaux Marins à Hydrocarbures (STH-spa- Bejaia);
- Renforcement de la lutte contre l'extraction de sable au niveau des plages et ce, en collaboration avec les services de Sécurité.

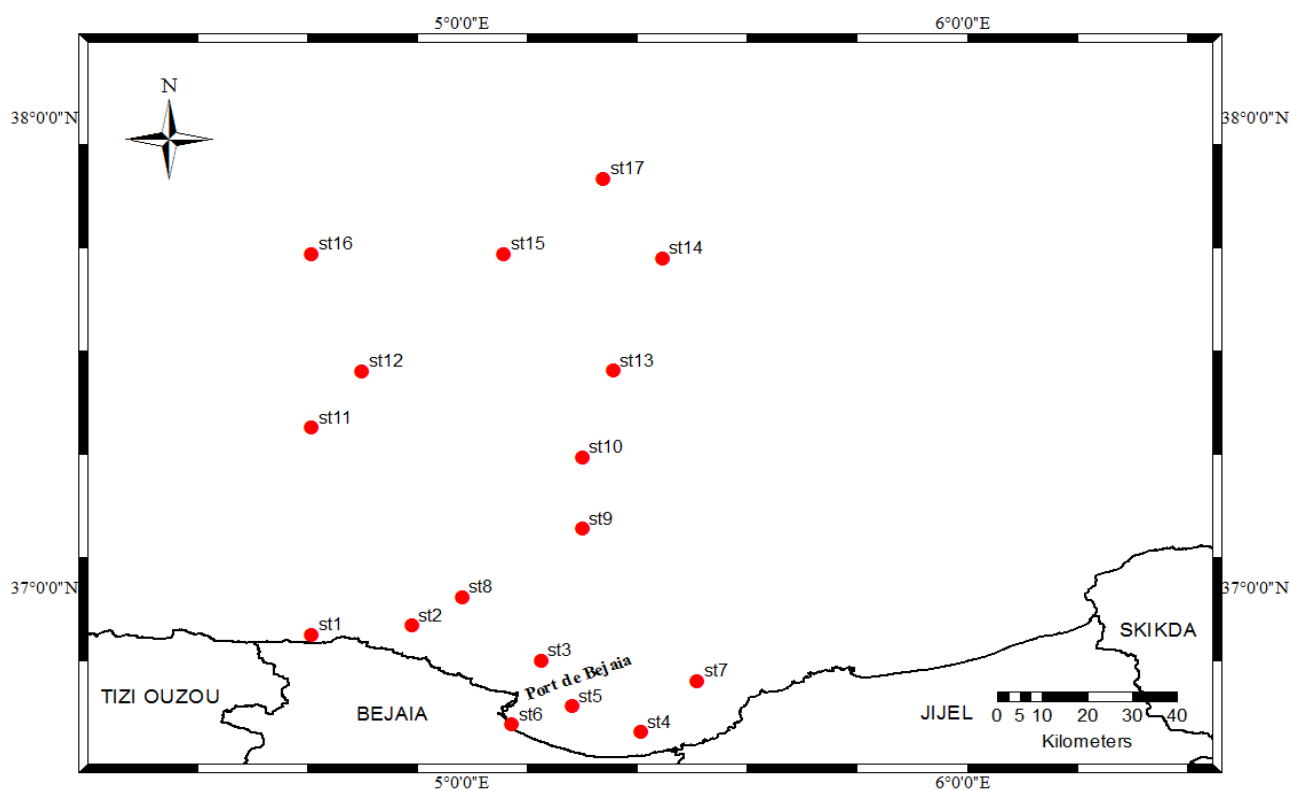
*Mais sa reste que Toutes ces recommandations ne seront pas utiles si les services concernés refusent de s'intégrer pour faciliter la communication et de mettre à jour l'évaluation de l'activité sur site. **(BOUTARCHA Fahima, 2011)**

Matériels et méthodes

1. Méthodologie de travail :

1.1 Choix et localisation des stations :

Les données prises pour cette étude sont délimitées dans le littoral de Bejaia avec des coordonnées géographiques 38N ,36.5 S, 5,6 E et 4,5 W ,pour mener notre étude du milieu nous avons choisis 17 stations les 8 premières se situent au niveau de la côte, la station 6 au port à proximité de rejet de l'oued Soummam, la station 1 près du port, et la station 4 entre l'oued Ziama à l'Est et l'oued Agrioun à l'Ouest .Et 9 stations au niveau du large ,voir les coordonnées des stations en (l'annexe 1)



**Figure 17 .Carte géographique du littoral de Bejaia et les stations choisi pour l'étude
(Réalisé par nos soins)**

Le but de notre étude est de suivre l'état de la pollution par l'analyse de différents paramètres physico-chimique et biologique dans les eaux côtière de la partie Est de l'Algérie précisément au niveau du littoral de Bejaia , pour cela on établie une récolte de donnée au niveau de la base de donnée Copernicus Marine service (CMS) de différents paramètre extrait durant le 17 juillet 2021 notre travaille est basée sur l'analyses de ses documents à l'aide du logiciels Ocean data view (ODV) ,toute en introduisant la télédétection en traitant des images satellitaire issus de la bases de donnée satellitaire Ocean color sur le logiciel SNAP et en donnant un sens à ses images par rapport

au concentrations de quelque paramètres biophysiques .Et pour valorisé le travail on établie une étude comparative entre les données Copernicus et des donnée d'une étude déjà achevé en 2016 toujours au niveau de notre zone d'étude.

1.2 Méthodologie et étapes suivie pour l'extraction des données

La démarche adoptée se présente comme suit :

1. Téléchargement des données sous forme de fichier en formats NetCDF pour chaque paramètre .voir (Figure 18)

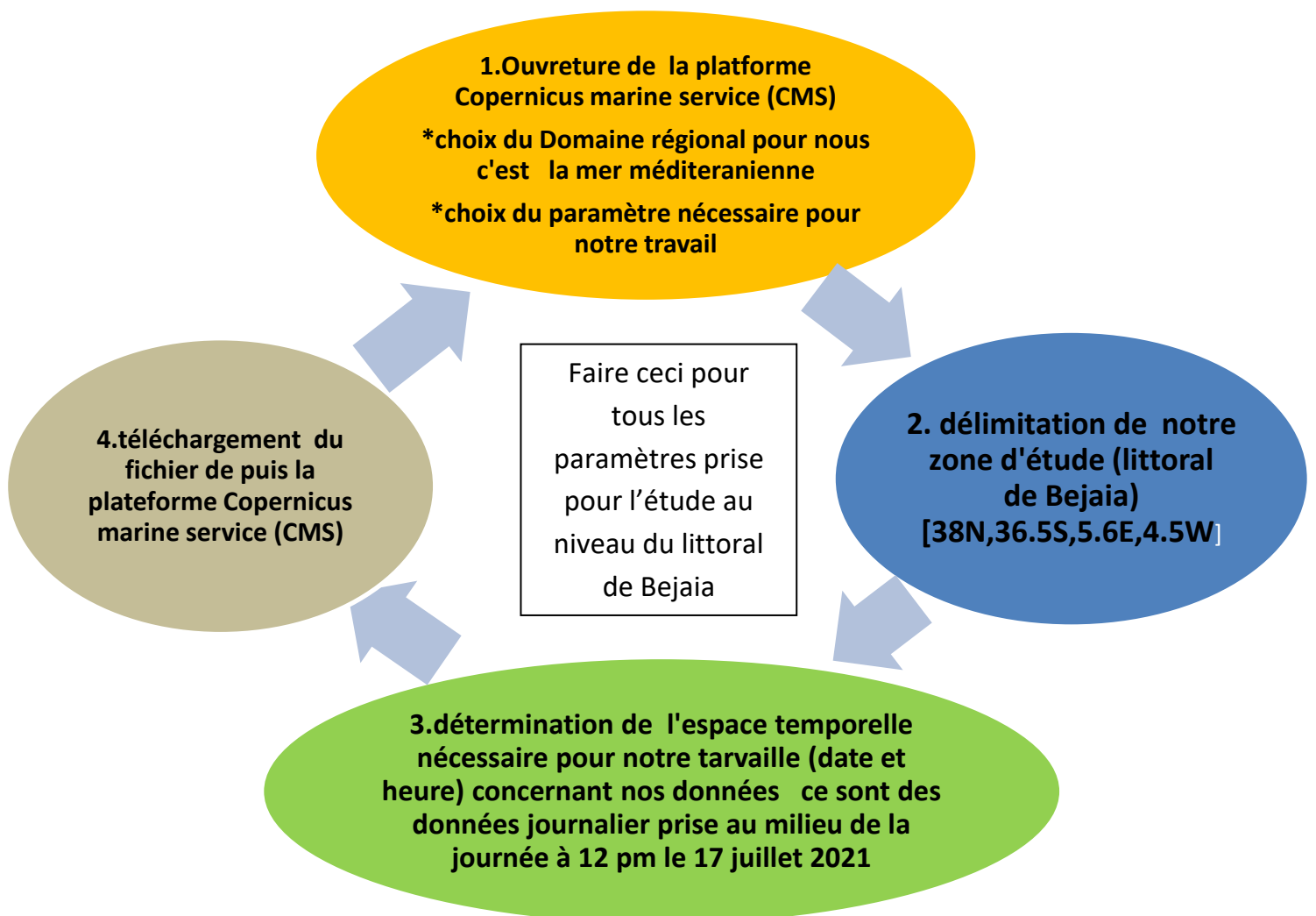


Figure 18 Etapes de téléchargement des données NetCDF comportant les paramètres physico-chimiques et biologiques nécessaire pour l'étude depuis la plateforme Copernicus Marine Service (CMS) (Réalisé par nos soins)

Manipulation sur le logiciel Ocean data view (ODV)

Ouvrir chaque fichier sur le logiciel Océan data view (ODV) à fin de générer des cartes de distribution des concentrations/valeurs de chaque paramètre, et aussi pour relever les valeurs associées à chaque paramètre au niveau du littoral de Bejaia. Les données seront ensuite exportées dans un fichier Excel (Figure19)

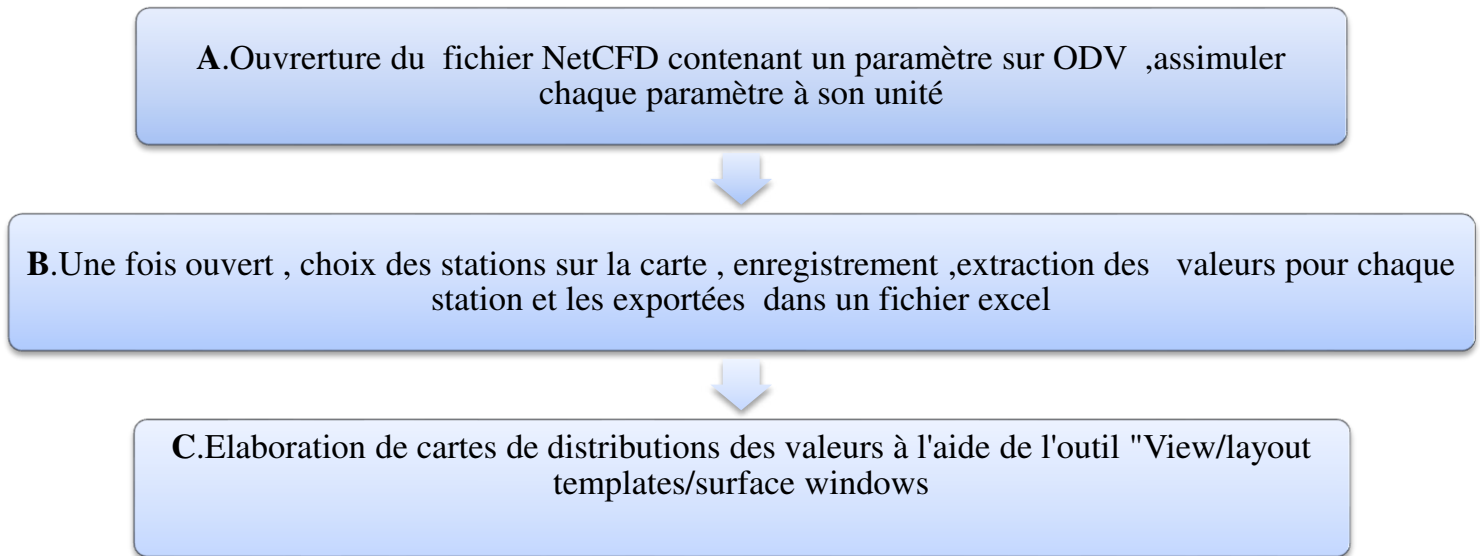


Figure 19. Étape de manipulation sur le logiciel ODV

- Illustrer les étapes citées si dessus :

Etape A :

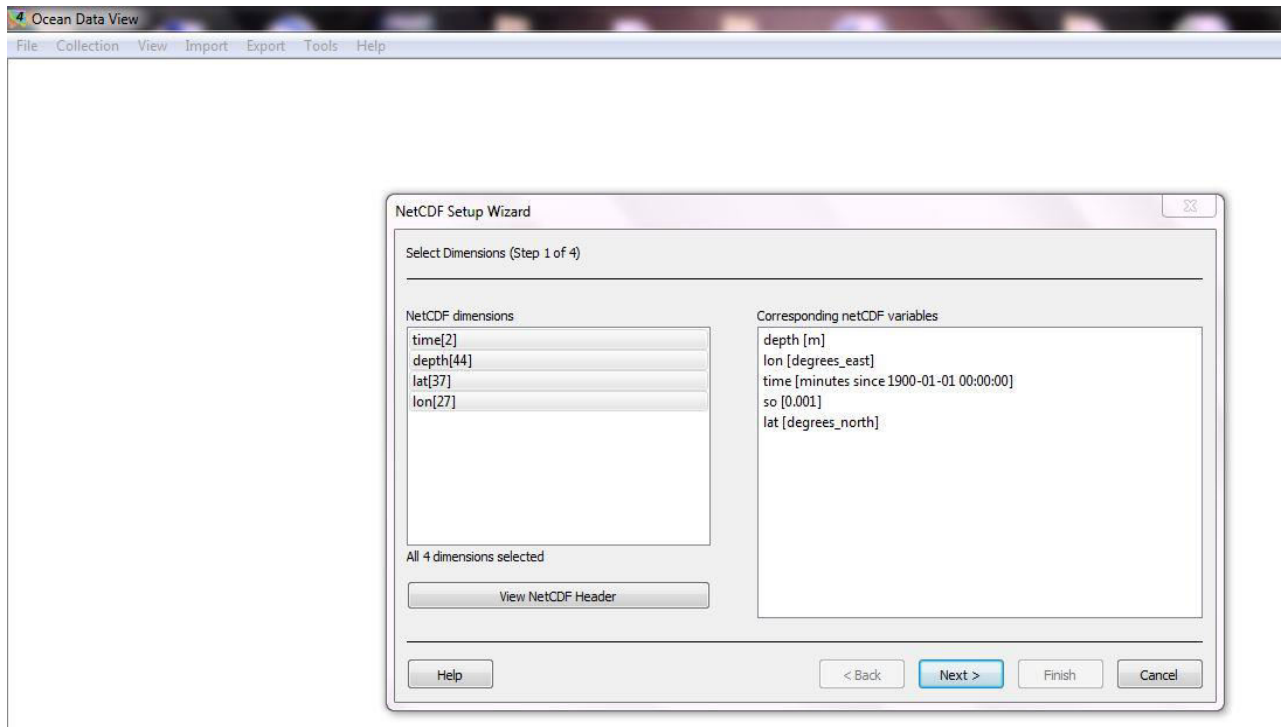


Figure 20 . Exemple pour caractériser le paramètre étudié avec ses composantes, son unité **(Réalisé par nos soins)**

Etape B :

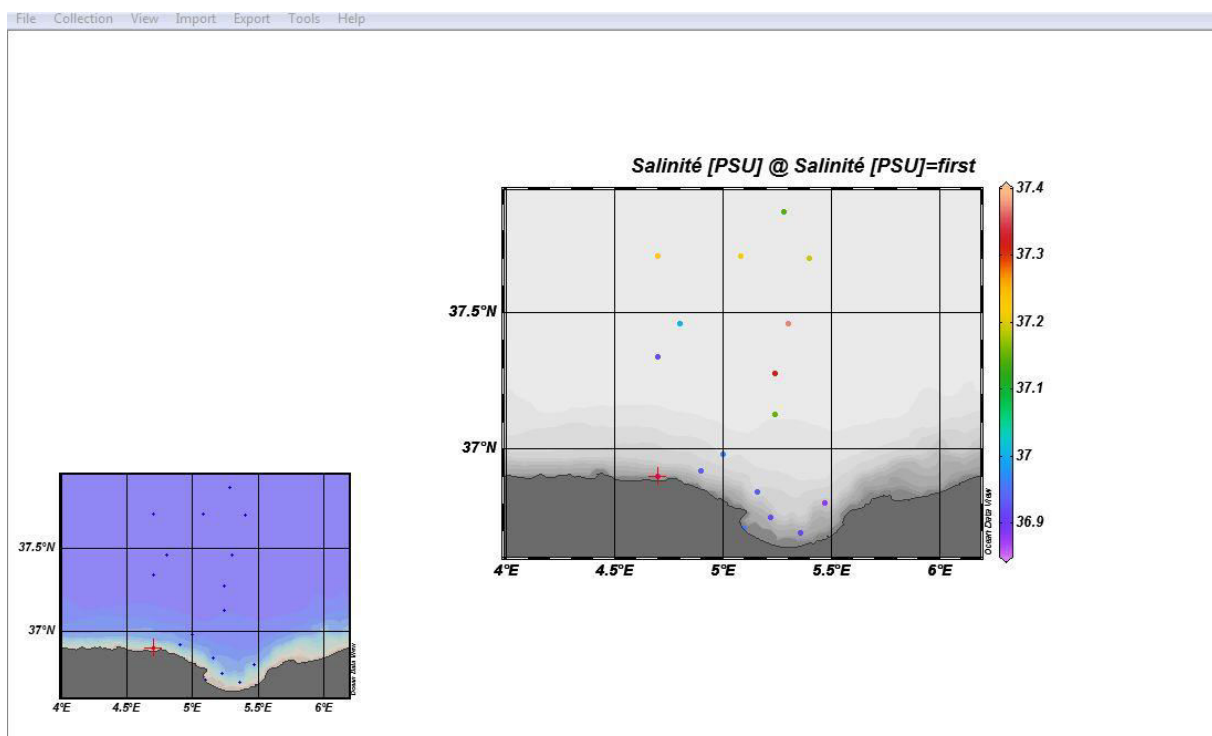


Figure 21. Exemple d’insertion des stations sur la carte **(Réaliser par nos soins)**

Etape C :

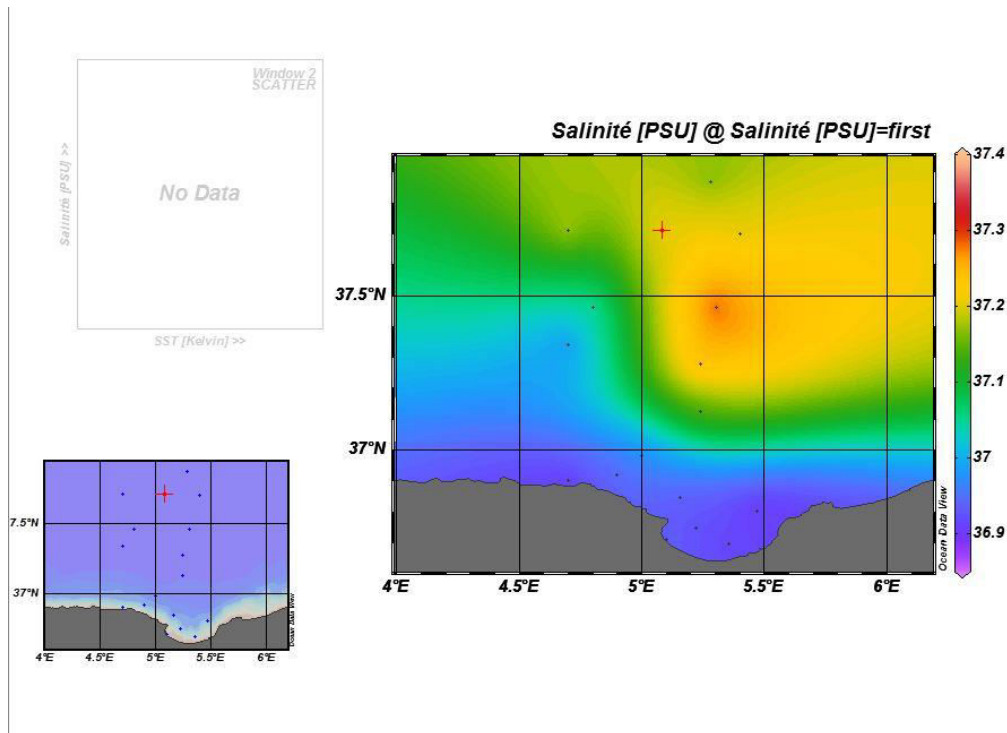


Figure 22 Exemple de réalisation d’une carte de distribution du paramètre Salinité

3. réalisation des histogrammes pour les distributions spatiales de chaque paramètre à l’aide du fichier Excel qui contient les valeurs de chaque paramètre .voir (Figure 3.7)

station	latitude	longitud	Salinité	CO2 dissous	DBO 5	no3	po4	nh4	si	Ph	chla	MES	SST
S1	36,9	4,7	36,88	2,27	50	0,12	0,02	0,07	2,35	7,98	0,09	0,16	296
S2	36,92	4,9	36,93	2,28	79	0,09	0,013	0,05	2,38	7,96	0,07	0,18	296
S3	36,845	5,158	36,93	2,28	90,9	0,10	0,011	0,05	2,39	7,95	0,06	0,23	297
S4	36,694	5,357	36,91	2,28	88	0,08	0,011	0,04	2,39	7,95	0,06	0,11	297
S5	36,748	5,22	36,92	2,27	90	0,08	0,012	0,04	2,38	7,95	0,07	0,16	297
S6	36,71	5,1	36,95	2,27	90,2	0,08	0,011	0,04	2,38	7,95	0,09	0,86	297
S7	36,802	5,47	36,88	2,29	91	0,11	0,01	0,06	2,39	7,95	0,07	0,21	296
S8	36,98	5	36,97	2,29	90,6	0,09	0,013	0,06	2,39	7,95	0,06	0,18	297,3
S9	37,126	5,24	37,15	2,29	93	0,10	0,013	0,07	2,41	7,95	0,07	0,11	298
S10	37,277	5,24	37,32	2,29	92	0,09	0,013	0,06	2,40	7,96	0,06	0,12	298
S11	37,34	4,7	36,92	2,29	80	0,08	0,013	0,06	2,39	7,96	0,07	0,14	297,5
S12	37,46	4,8	37	2,29	85	0,10	0,014	0,06	2,40	7,97	0,07	0,10	297,8
S13	37,461	5,302	37,37	2,30	110	0,11	0,013	0,07	2,41	7,97	0,05	0,07	298
S14	37,7	5,4	37,19	2,30	123	0,12	0,014	0,07	2,43	7,96	0,05	0,06	297
S15	37,71	5,083	37,23	2,30	117,3	0,14	0,013	0,08	2,43	7,96	0,05	0,07	298
S16	37,71	4,7	37,23	2,30	91,6	0,12	0,013	0,07	2,43	7,96	0,06	0,05	297,5
S17	37,87	5,282	37,14	2,30	124,5	0,11	0,011	0,07	2,43	7,96	0,05	0,04	298

Figure 23 Introduction de toutes les valeurs des paramètres dans un fichier Excel (Réaliser par nos soins)

4. Réalisation d’une étude comparative avec des données d’une étude réalisé en 2016 au même niveau de notre zone d’étude avec élaboration de graphes comparatifs entre les données extraits de 2021 et l’ancienne étude de 2016.

Résultats et discussions

Analyse paramétriques

4.1 Variations et répartitions des paramètres physico-chimiques prise par des données model dans du littoral Est Algérien Bejaia :

Les résultats des paramètres physico-chimiques prise par des données model sont résumés dans le tableau ci-dessous, sous forme de valeurs minimales, maximales, moyennes et coefficient de variation des paramètres physico-chimiques dans les eaux du littoral Est Algérien.

Tableau 4. Les valeurs minimales, maximales, moyenne et coefficient de variation des SST/Salinité en surface dans le littoral Est Algérien (Bejaia) du 17 juillet 2021.

Paramètres	Salinité(PSU)		SST (Kelvin)	
	Côte	Large	Cote	Large
Minimum	36.88	37.96	296	297
Maximum	36.97	38.09	297.3	298
Moyenne	36.92	38.014	296.66	297.75
CV	0.08%	0.10%	0.18%	0.12%

SST (Kelvin):

Les résultats de la mesure de la SST sont regroupés en annexe 1. Leur représentation graphique par la (**figure 24**) permet de mieux apprécier la variabilité de la SST entre les stations.

Les valeurs de la SST relevées au niveau du Golfe de Bejaia varient dans la côte entre un minimum de 296 observe dans les stations (S1 S2 S7) et un maximum de 297.3 kelvin marquée au niveau de la station (S8) (proximité de Oued Saket). Avec une moyenne de 296.66 kelvin et une coefficient de variation de 0.18%. Et par rapport au large les teneurs en SST varient entre [297-298] kelvin avec une moyenne de 297.75 kelvin et un coefficient de variation de 0.12 %.(**Tableau 4**).

Les valeurs plus élevées sont marquées au niveau du large on distingue les stations (S9 S10 S13 S15 et S17)

Par contre au niveau de la côte on remarque des valeurs très faibles, cela indique que la couche de mélange au niveau du large est plus chaude que celle de la côte.

L'origine de cette distribution hétérogène des valeurs de la SST entre la côte et large peut être due aux déplacements des courants marins chaud et froid entre large et la côte.

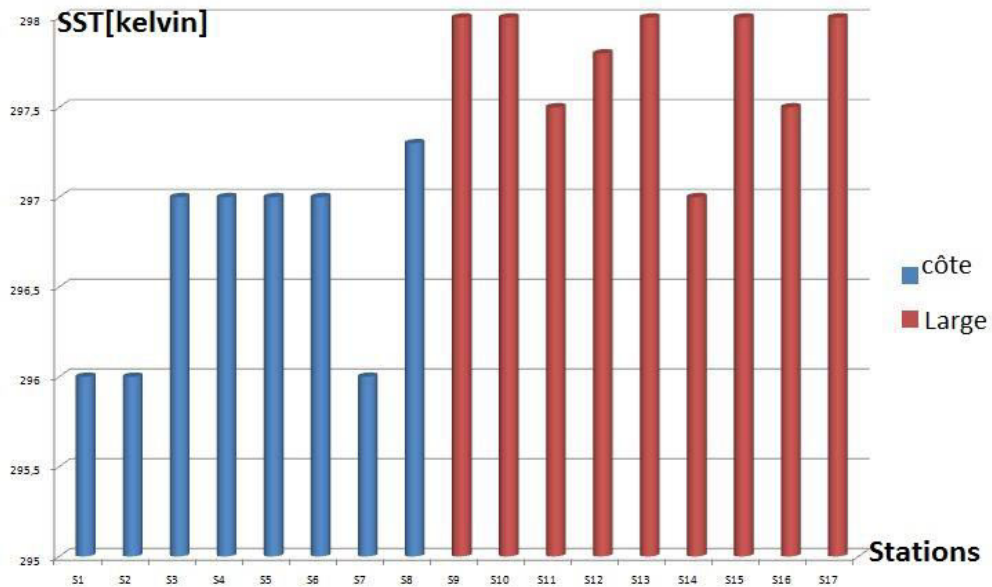


Figure 24. Variations de la SST (Kelvin) de la côte au large au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia)

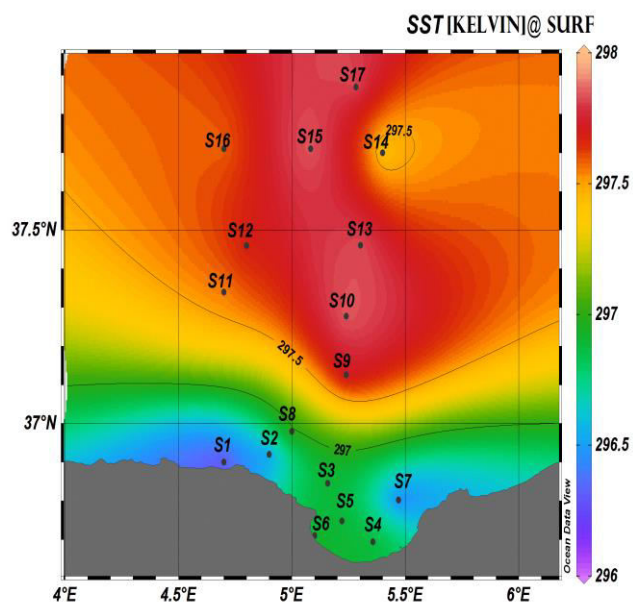


Figure 25. Carte de distribution de la SST (Kelvin) dans le littoral Est Algérien (Bejaia)

Salinité :

Les valeurs de Salinité relevées dans notre zone d'étude au niveau de la côte (s1,st2,st3,st4,st5,st6,st7,st8) varient entre un minimum de 36,88 PSU au niveau des stations (S1 et S7) (proximité de Oued Dass et Oued Agrioun) et un maximum de 36,97 PSU au niveau de la st(S6) (proximité de Oued Soummam) sur la surface de l'eau avec une moyenne de 36,92 PSU et une coefficient de variation de 0,08 %. Et quant aux valeurs du large (st9,st10,st11,st12,st13,st14,st15,st16,st17) (**Figure 27**) les teneurs varient entre 37,96 PSU et 38,09 PSU avec une moyenne de 38,014 PSU et une coefficient de variation de 0,10 % (**Tableau4**) .

Les teneurs en salinité au niveau de notre zone d'étude sont plus importantes au niveau du large que celles de la côte et cette différence due l'influence des eaux continentales surtout au niveau de l'embouchure de Oued Soummam qui provoque la dessalure des eaux de surface.

Et on remarque que le coefficient de variation de la côte ainsi de large sont faibles donc les mesures sont moins dispersés alors plus homogènes.

Les résultats obtenues restent dans les normes méditerranéennes où la salinité est voisine de 37 à 39 PSU au large, et varie entre 36 et 37 PSU près des côtes (**Aminot et Chaussepied, 1983**) .

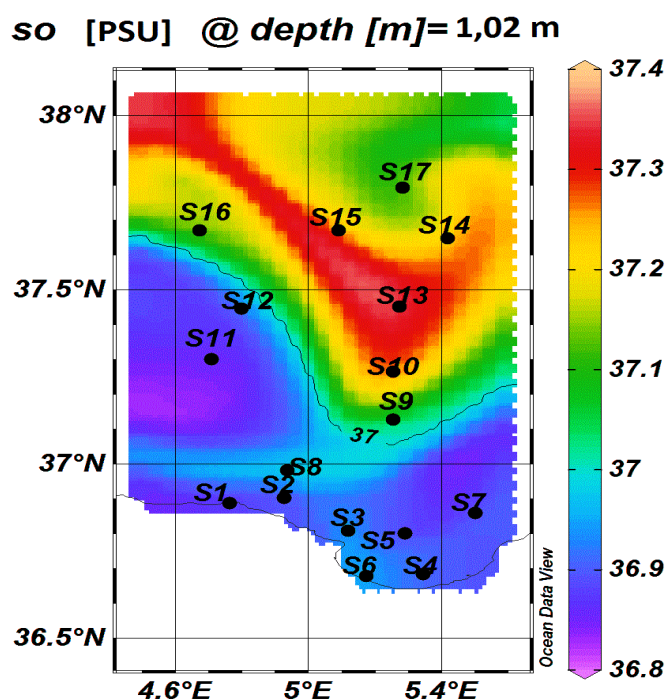


Figure 26. Carte de distribution de la Salinité à la surface des eaux du littoral Est Algérien (Bejaia) en PSU

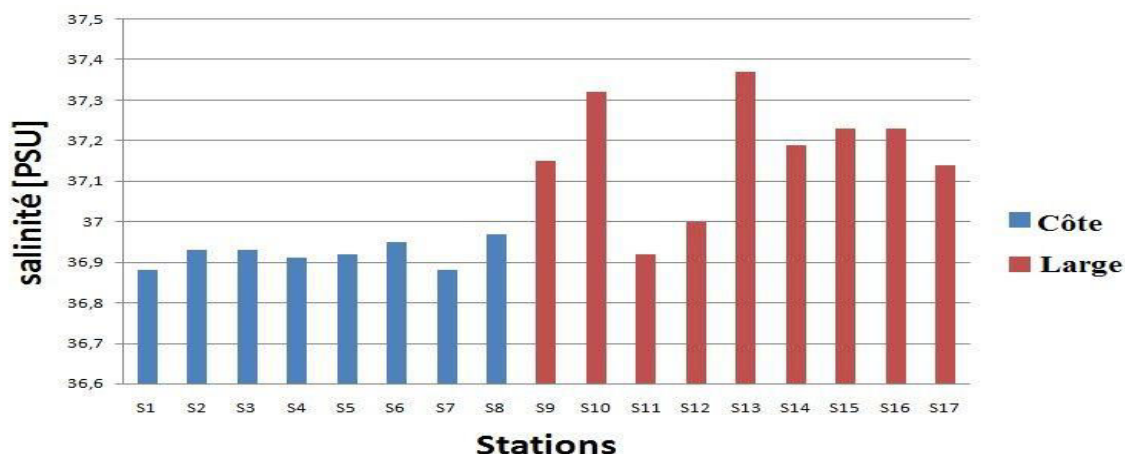


Figure 27. Histogramme de répartition de la salinité en surface du littoral Est Algérien (Bejaia) de la côte vers le large

Potentiel d'hydrogène (pH)

Tableau 5. Les valeurs minimales, maximales, moyenne et coefficient de variation du potentiel hydrogène dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface.

Paramètres	pH	
	Côte	Large
Minimum	7,95	7,95
Maximum	7,98	7,97
Moyenne	7,955	7,96
CV	0,13%	0,075%

Les valeurs du pH relevées au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia) varient entre 7,95 et 7,98 au niveau de la côte avec une moyenne de 7,955, un coefficient de variation de 0,13%. quant aux valeurs du large les teneurs varient entre 7,95 et 7,97 avec une moyenne de 7,96 et un coefficient de variation de 0,075%. (**Tableau 5**).

D'après les résultats des mesures on remarque que les variations de pH des eaux superficielles les plus élevées sont marquées au large dans les stations (S12 et S13) comme le montre la carte (**Figure 28**) et l'histogramme (**Figure 29**), (voir le **tableau 4**). par contre les faibles concentrations de pH sont obtenues au niveau de la côte dans les stations (S3, S4, S5, S6, S7, S8), donc on déduit que la contamination de cette zone par les effluents est la cause de cette baisse de pH.

Les valeurs de ph sont relativement homogènes sur l'ensemble des stations de surface cependant les plus faibles valeurs sont observées près des rejets d'eaux usées et à une acidification du milieu provoquée par le processus de la dégradation de la matière organique.

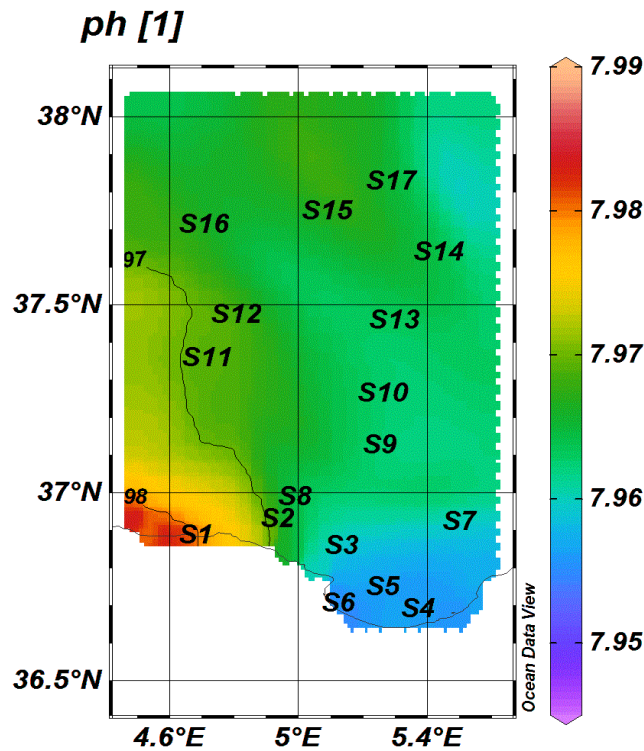


Figure 28. Carte de distribution du ph au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia)en surface

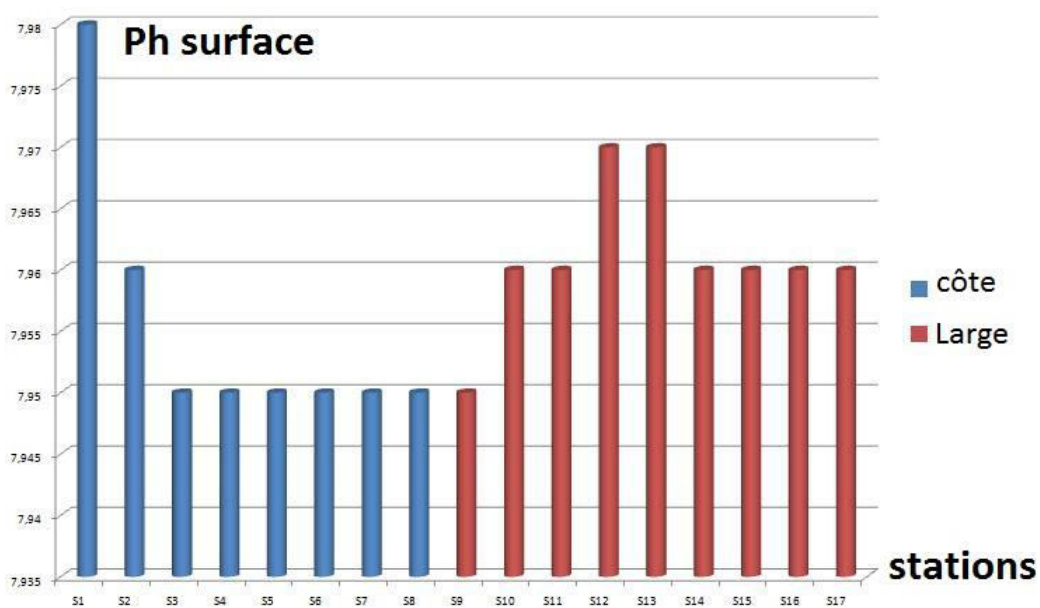


Figure 29. Histogramme de variation du pH de la côte vers le large

4.2 La variation de CO_2 inorganique dissous dans l'eau :

Tableau 6. Les valeurs minimales, maximales, moyenne et coefficient de CO_2 inorganique en surface dans le littoral Est Algérien (Bejaia)

Paramètres	CO_2 inorganique dissous [mol.m^{-3}]	
	Côte	Large
Minimum	2,27	2,29
Maximum	2,29	2,3
Moyenne	2,28	2,295
CV	0 ,366%	0,23%

Les valeurs du carbone inorganique dissous dans l'eau côtière relevées au niveau du golf de Bejaia varient entre un minimum de 2.27 au niveau de station (S1 S5 S6) (proximité de Oued Dass et port de Bejaia et Oued Soummam) et un maximum de 2.29 mol.m^{-3} au niveau des stations (S7 S8) avec une moyenne de 2.28 mol.m^{-3} et une coefficient de variation de 0.366%. quant aux valeurs du large (st9,st10,st11,st12,st13,st14,st15,st16,st17) profondeur varient entre [2.29- 2.3] avec une moyenne de 2.295 mol.m^{-3} et une coefficient de variation de 0.23%. (**Tableau 6**)

Après observations des résultats du carbone inorganique dissous dans le golf de Bejaia on remarque une stabilité des concentrations de la côte vers le large avec un coefficient de variation très faible , et la diminutions au niveau de la station (S1, S5 et S6)(**Figure 31**) par rapport au autre stations peut-être due a l'extraction du phytoplancton de l'océan superficiel du carbone inorganique du milieu marin pour synthétiser ca matière organique.

Quelle que soit la forme sous laquelle ce carbone est prélevé (CO_2 , HCO_3^- ou CO_3^{2-}) les réactions chimiques entre ces trois formes sont si rapides que les équilibres sont quasi instantanément restaurés. La photosynthèse provoque donc une diminution sensible du carbone inorganique total. Cela a pour effets de diminuer l'abondance des ions bicarbonates, d'augmenter l'abondance des ions carbonates et s'accompagne d'une diminution de la pression partielle de gaz dissous (les eaux de surface auront donc tendance à absorber du CO_2).

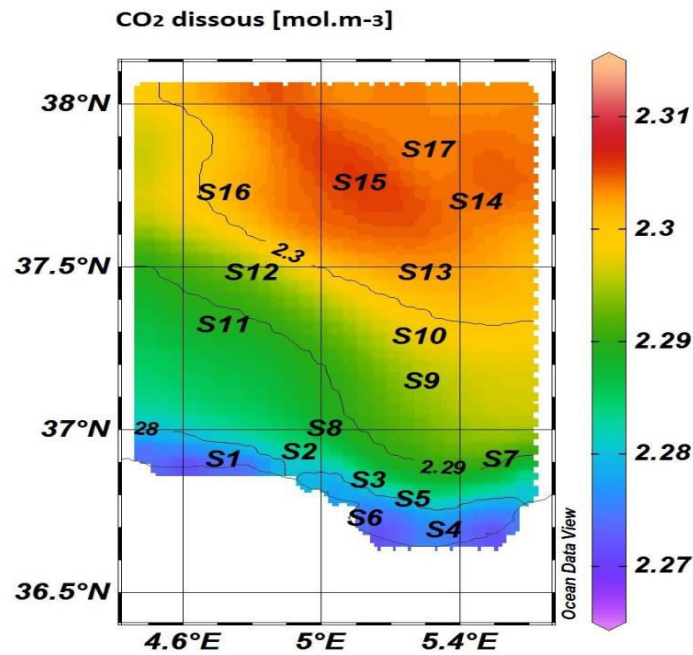


Figure 30 . Carte de distribution du CO₂ inorganique dissous au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia)

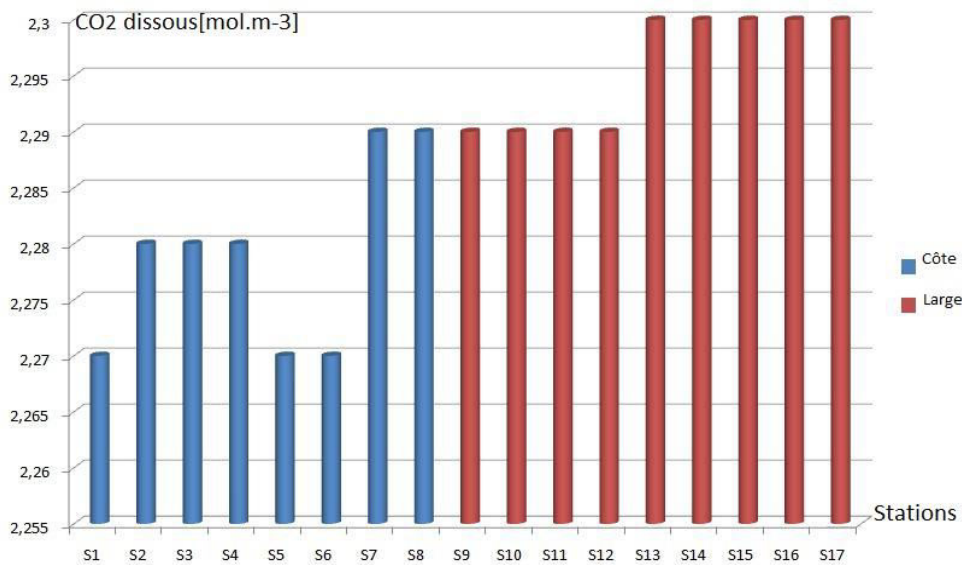


Figure 31 . Histogramme de la variation du CO₂ inorganique dissous au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia) de la côte vers le large

4.3 Variation des paramètres indicateurs de la pollution

Les données acquises au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia)sont récolter à partir des données model et résumées ci-dessous, sous forme de valeurs minimales, maximales, moyennes et en calculant le coefficient de variation

Tableau 7. Les valeurs minimales, maximales, moyenne et coefficient de variation du MES et DBO₅ en surface du littoral Est Algérien (Bejaia)

Paramètres	Matières en suspension (MES)[g.m ⁻³]		Demande biochimique en Oxygène (DBO ₅)[mg.l ⁻¹]	
	Côte	Large	Côte	Large
Minimum	0.16	0.04	50	80
Maximum	0.86	0.14	51	124,50
Moyenne	0.34	0.084	83,71	101,82
CV	71.98%	40.64%	16,95%	16.68%

Tableau 8. Les valeurs minimales, maximales, moyenne et coefficient de variation de la Chlorophylle-a du littoral Est Algérien (Bejaia) .

Paramètres	Chlorophylle-a [mg.m ⁻³]	
	Côte	Large
Minimum	0.06	0.05
Maximum	0.09	0.07
Moyenne	0.071	0.06
CV	17.5%	15.75%

Matière en suspension (MES)

Les valeurs de la matière en suspension mesurées dans les différentes stations de la côte varient entre un maximum de 0.86 (mg/l) marqué dans st (S6) (proximité de rejet de l'oued Soummam) et un minimum de 0.16 (mg/l) marqué dans la st (S4)(située entre oued Ziama a l'Est et oued Agrioun a l'Ouest) avec une moyenne de 0.34 (mg/l) et un coefficient de variation très important de l'ordre de 71.98% (**tableau 07**) ce pourcentage indique une distribution hétérogène des concentrations .

De multiples sources peuvent contribuer à cet enrichissement marqué dans la station S6, il s'agit essentiellement de l'apport fluvial de cet oued chargé d'effluents urbain mais également d'érosion côtière.

Et par rapport aux eaux du large les teneurs en MES varient entre un maximum de 0.14 (mg/l) observé dans la st(S11) et un minimum 0.04 (mg/l) st(S17) ,avec une moyenne de 0.084 (mg/l) et un coefficient de variation de 40.64% (**tableau 07**).

Les faibles concentrations au large sont dues à la hauteur de la colonne d'eau qui est plus importante que celle de la côte..

Ces valeurs enregistrées au niveau du Golf de Bejaia sont très élevées par rapport au norme qui est de l'ordre de 0.5 à 5 mg/l en milieu côtier selon (Aminot et Chaussepied, 1983) , empêchant ainsi la pénétration de la lumière , le développement des œufs de certaines espèces, réduisant le stock de nourriture disponible , augmentant le colmatage des branchies et provoquant aussi l'asphyxie , (Rodier, 1997) et cela revient au fait de l'agitation de la mer au moments de la mesure des enregistrements de la concentration.

En moyenne les concentrations de l'eau de mer en MES sont plus élevée au niveau de la côte qu'au large chose qu'on peut expliquer par l'intensité de l'hydrodynamisme (mise en suspension) , quant à les faibles teneurs au large sont dues en partie à la hauteur de la colonne d'eau qui est plus importante que celle de la côte.

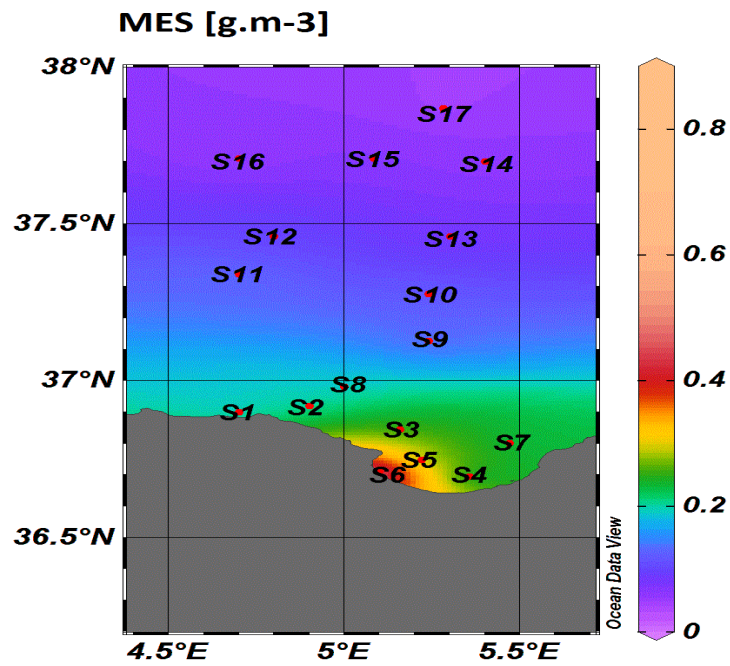


Figure 32 . Carte de distribution de la MES au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia) en surface

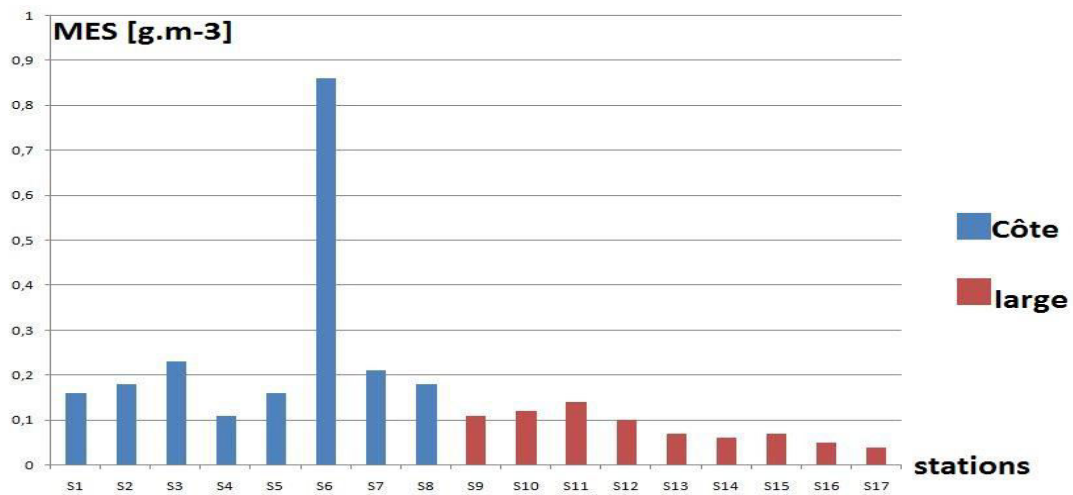


Figure 33 . Histogramme de variation de la quantité de MES de la côte vers le large

Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ au niveau de surface dans notre zone d'étude varie dans une large gamme, dans la côte on trouve un maximum de l'ordre de 51(mg /l) au niveau de la station(S3)(proximité de oued Soummam) et un minimum de l'ordre de 50 (mg/l) , au niveau de la station(S1) (proximité de oued Dass et le port de Bejaia)la valeur moyenne est de 83,71 (mg/l) avec un coefficient de variation de 16,95% ,ce pourcentage implique une distribution homogène des concentrations en DBO₅ (**tableau 07**) (**Figure 34**) .

La présence de la matière organique biodégradable dans cette eau a provoqué des teneurs élevées de la DBO₅ qui sont enregistrés au niveau les stations S3 S6 S7 et cela due à localisation de ces stations auprès des oueds et le port qui sont a l'origine de la charge organique polluante par les microorganismes reçues en mer.

Et de même au large les teneurs en DBO₅ dans l'eau sont beaucoup plus élevés avec une moyenne de 101,82(mg /l) et un coefficient de variation de 16.68%, un minimum de 80(mg /l)(S11) et un maximum de 124,50(mg /l)(S17) (**tableau 07**) (**Figure 35**) .

Et ces valeurs confirment que la teneur en matière organique est très importante dans notre zone d'étude et sa présence fait courir au milieu un risque d'hypoxie.

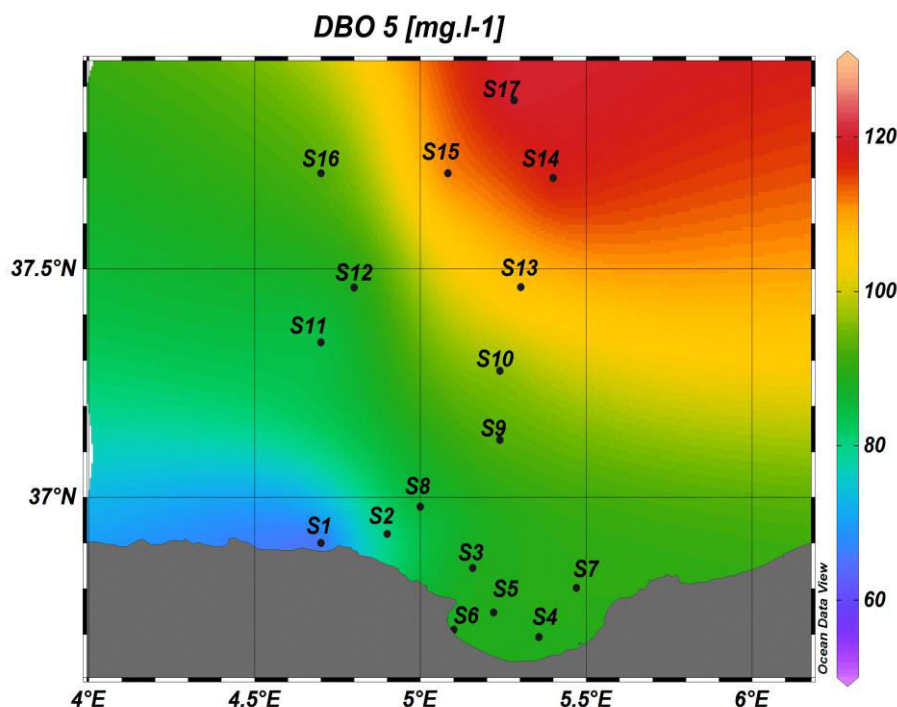


Figure 34 . Carte de distribution de la DBO₅ au niveau du littoral Est Algérien (Bejaia) en surface

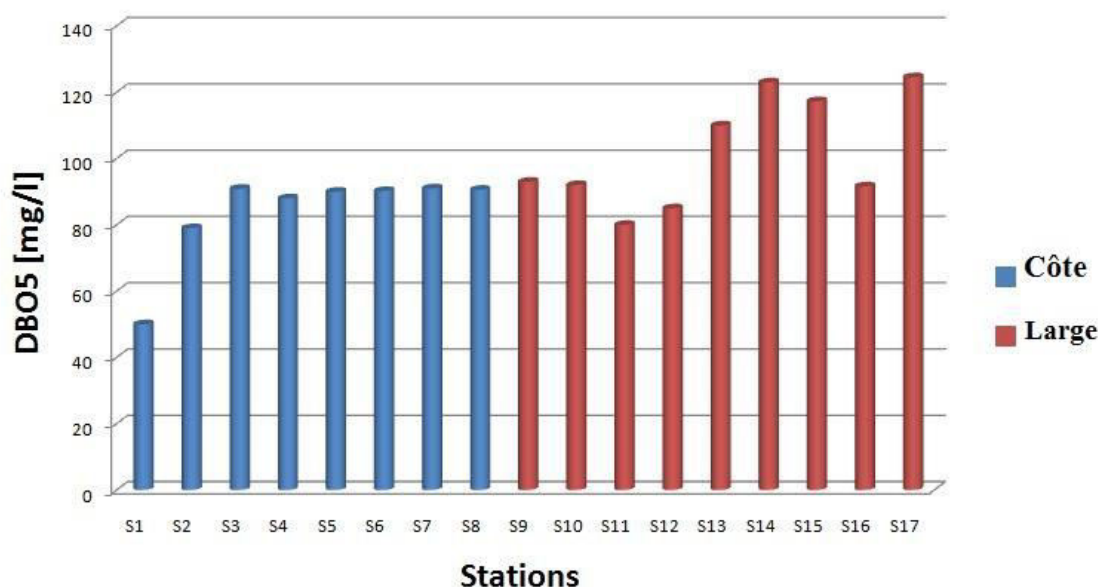


Figure 35. Histogramme de variation pour la DBO₅ de la côte au le large

Chlorophylle-a :

En surface les teneurs en chlorophylle a sont faibles dans la côte, les concentrations varient entre [0,06-0,09] (mg /m³) dont les pics de concentration sont enregistrés au niveau des stations (S1)(proximité de rejet de l'oued Dass et le port de Bejaïa) et (S6)(proximité de rejet de l'oued Soummam) avec une moyenne de 0,071 (mg /m³) et un coefficient de variation de 17,5% (**tableau 8**) ,

Au large on a obtenus des concentrations moins importantes par rapport à celles de la côte, on trouve un maximum de 0.07 (mg /m³)(S9 S11 S12) et un minimum de 0.05 (mg /m³) au niveau des stations (S13 S14 S15 S17) avec une moyenne de 0.06 et un coefficient de variation de 15,75%

Ces faibles teneurs observées au niveau du large suggèrent a une consommation rapide par le zooplancton.(**tableau 8**).

Et Les variations importante des concentrations de chlorophylle-a au niveau de la côte engendrées par la présence des éléments nutritifs (sels nutritifs et oligo éléments) et la réflexion du rayonnement lumineux à la surface de l'eau, qui varie avec la latitude, la saison, et l'heure (J Bruslé, 2004). Vu que les valeurs sont prises au mois de juillet donc l'intensité lumineuse est beaucoup plus importante dans ce mois et aussi les résultats des concentrations de MES qui sont marquées dans les stations S14 et S17 impliquent la forte production primaire dans cette zone.

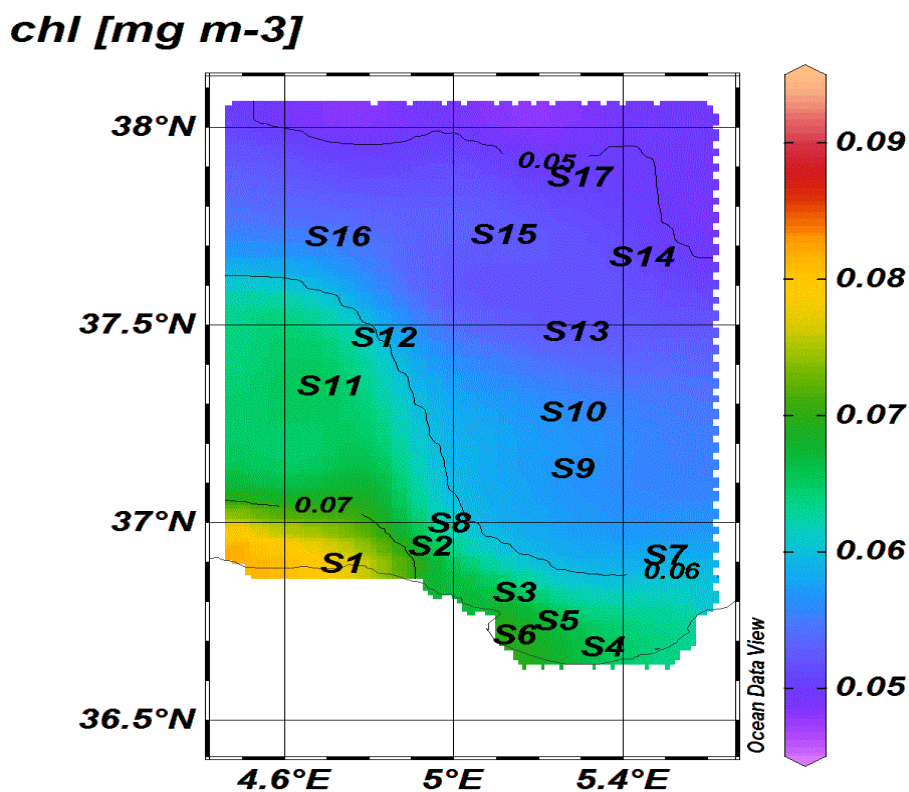


Figure 36 . Carte de distribution de la Chlorophylle-a sur le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface.

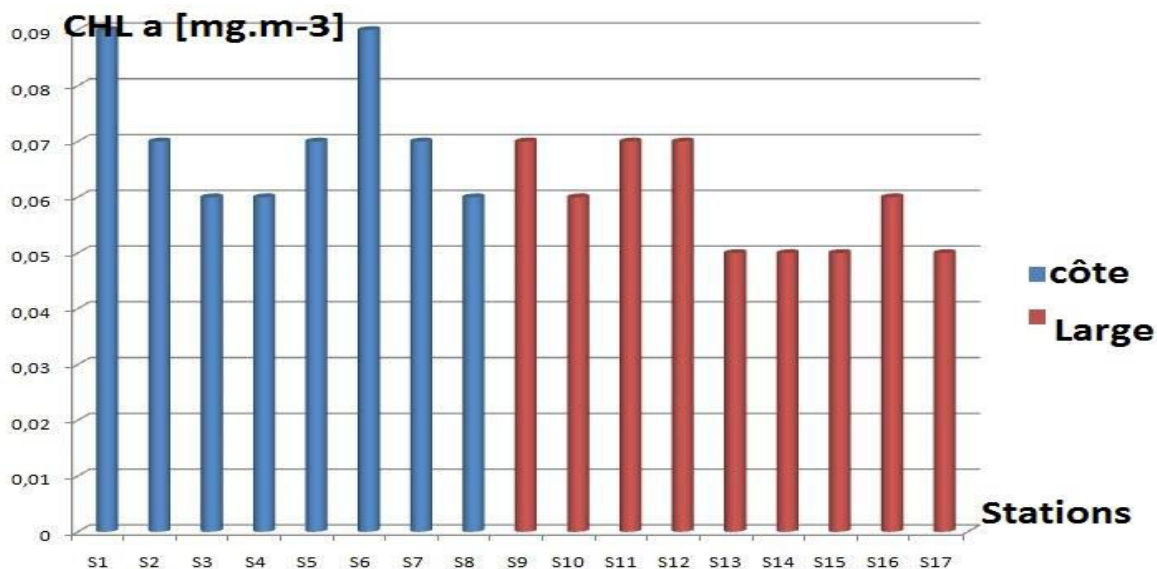


Figure 37 . Histogramme de variations de la Chlorophylle-a de la côte vers le large dans le littoral Est Algérien (Bejaia)

4.4 Variation et répartition des Sels nutritifs

Les teneurs en sels nutritifs acquises par Copernicus marine service sont résumées ci-dessous sous forme de valeurs minimales, maximales, moyennes et les coefficients de variations

Tableau 9. Valeurs minimales, maximales, moyennes et les coefficients de variations des sels nutritifs en surface de la mer au niveau du Littoral de Bejaia le 17/07/2021

Sels nutritifs								
Paramètres	NO_3^- [mmol.m ⁻³]		NH_4^+ [mmol.m ⁻³]		PO_4^{3-} [mmol.m ⁻³]		SiO_2^- [mmol.m ⁻³]	
	Côte	Large	Côte	Large	Côte	Large	Côte	Large
Minimum	0.08	0.08	0.04	0.06	0.01	0.011	2.35	2.39
Maximum	0.12	0.14	0.07	0.08	0.02	0.014	2.39	2.43
Moyenne	0.093	0.11	0.051	0.068	0.012	0.013	2.38	2.41
CV	16.06%	15.58%	21.97%	9.83%	25.25%	6.66%	0.57%	0.66%

4.4.1. Variation des Nitrates (NO_3^-)

Les valeurs de la concentration du nitrates relevées au niveau du littoral de Bejaia varient entre 0.08 et 0.12 mmol.m⁻³ au niveau de la côte (st 1,st 2,st3,st4,st5,st6,st7,st8) en surface de l'eau avec une moyenne de 0.093 mmol.m⁻³ et une coefficient de variation de 16.06 %. quant aux valeurs du large(st9,st10,st11,st12,st13,st14,st15,st16,st17) varient entre 0.08 et 0.14 mmol.m⁻³ avec une moyenne de 0.11 mmol.m⁻³ et une coefficient de variation de 15.58%.(Tableau 9)

Après observations des résultats des concentrations des nitrates au niveau du littoral de Bejaia on remarque que les concentrations sont faibles presque au niveau de toute la zone .ceci est probablement due au mélange des eaux ou à l'importance de l'activité photosynthétique.(voir Figure 38).

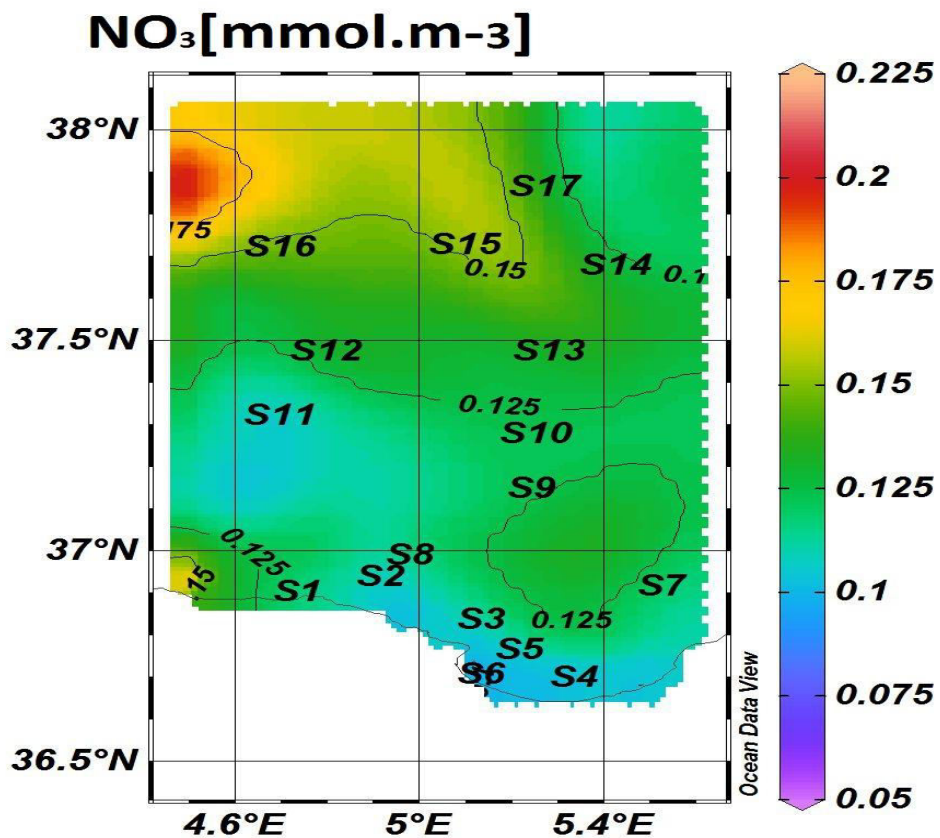


Figure 38 . Carte de distribution des concentrations des nitrates au niveau de la surface de la mer au littoral de Bejaia le 17/07/2021

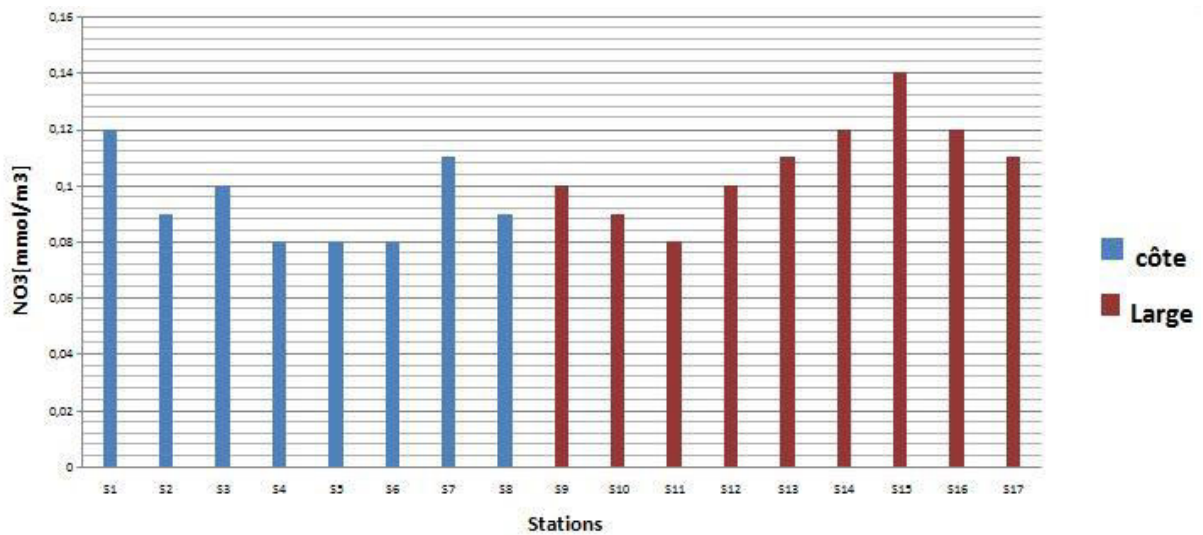


Figure 39. Histogramme de la répartition spatiale des concentrations des nitrites dans le littoral de Bejaia

4.4.2. Variation de l'ammonium (NH_4^+)

Les valeurs de la concentration de l'ammonium relevées au niveau du littoral de Bejaia varient entre 0.04 et 0.07 mmol.m^{-3} au niveau de la côte (st 1, st 2, st 3, st 4, st 5, st 6, st 7, st 8) à la surface de l'eau avec une moyenne de 0.051 mmol.m^{-3} et une coefficient de variation de 21.97 %. quant aux valeurs du large (st 9, st 10, st 11, st 12, st 13, st 14, st 15, st 16, st 17) varient entre 0.06 et 0.08 mmol.m^{-3} avec une moyenne de 0.068 mmol.m^{-3} et une coefficient de variation de 9.83 %. (Tableau 9)

Après observations des résultats on remarque globalement que le littoral de Bejaia est faible en teneur des ions d'ammonium, ceci est probablement due au mélange des eaux ou à l'importance de l'activité photosynthétique. (Figure 40)

Quant à le coefficient de variation qui est très grande par rapport aux moyennes et donc la distribution est homogène avec une variation médiane dans les valeurs.

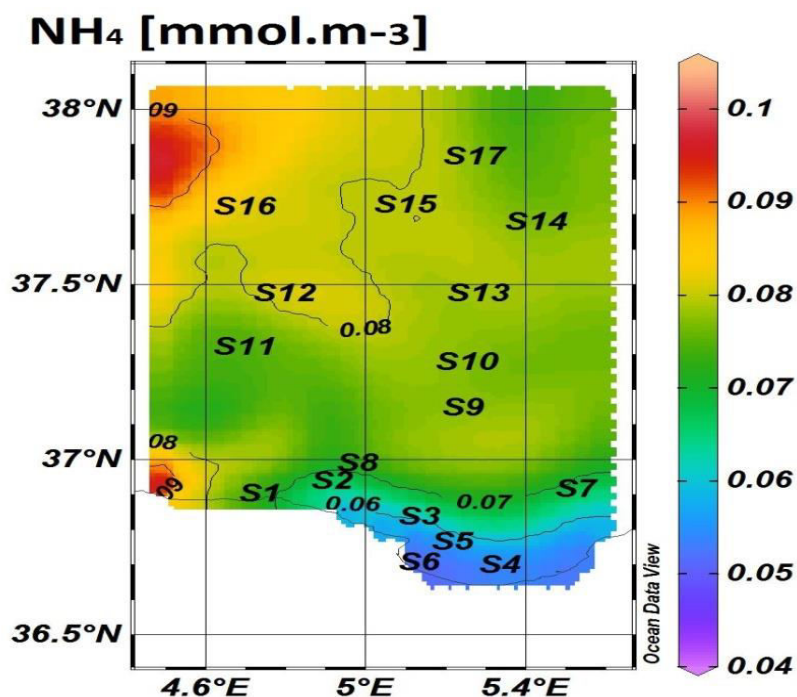


Figure 40. Carte de distribution des concentrations des ions d'ammonium au niveau de la surface de la mer au littoral de Bejaia le 17/07/2021

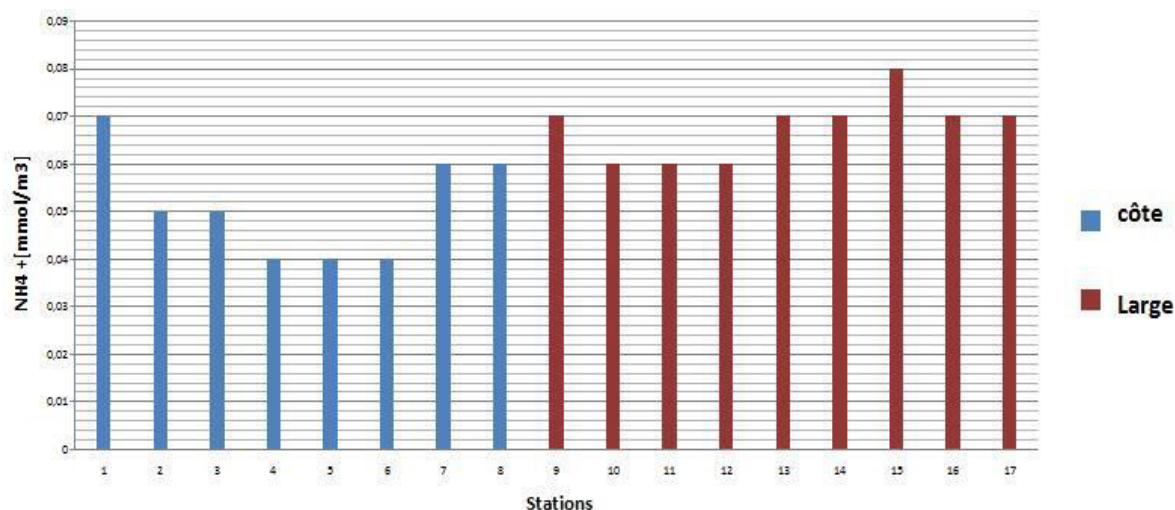


Figure 41. Histogramme de la répartition spatiale des concentrations des ions d'ammonium dans le littoral de Bejaia

4.4.3. Variation des phosphates (PO_4^{3-})

Les valeurs de la concentration du phosphates relevées au niveau du littoral de Bejaia varient entre 0.01 et 0.02 mmol.m^{-3} au niveau de la côte (st 1, st 2, st 3, st 4, st 5, st 6, st 7, st 8) à la surface de l'eau avec une moyenne de 0.012 mmol.m^{-3} et un coefficient de variation de 25.25 %. Quant aux valeurs du large (st 9, st 10, st 11, st 12, st 13, st 14, st 15, st 16, st 17) varient entre 0.011 et 0.014 mmol.m^{-3} avec une moyenne de 0.013 mmol.m^{-3} et un coefficient de variation de 6.66%. (**Tableau 9**)

Nous observons une faible teneur en phosphates au niveau de toute la zone, et aussi une homogénéité dans la distribution à l'exception de la station 1 où est marquée la concentration la plus élevée raison de pollution au niveau de cette station qui est l'embouchure de l'oued Dass (**Figure 42**)

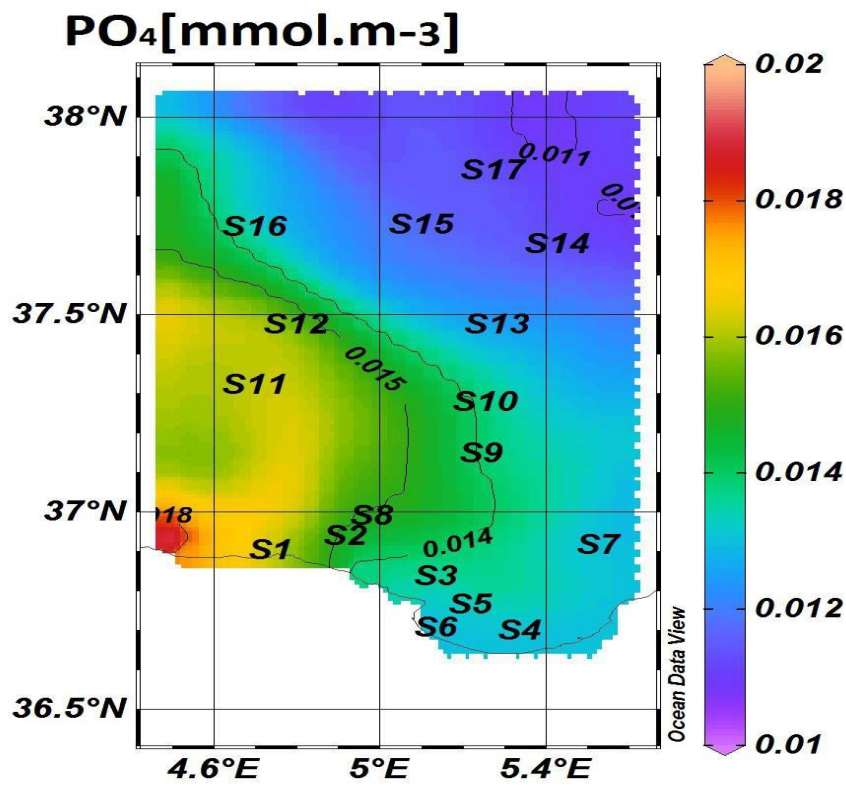


Figure 42. Carte de distribution des concentrations des ions phosphates au niveau de la surface de la mer au littoral de Bejaia le 17/07/2021

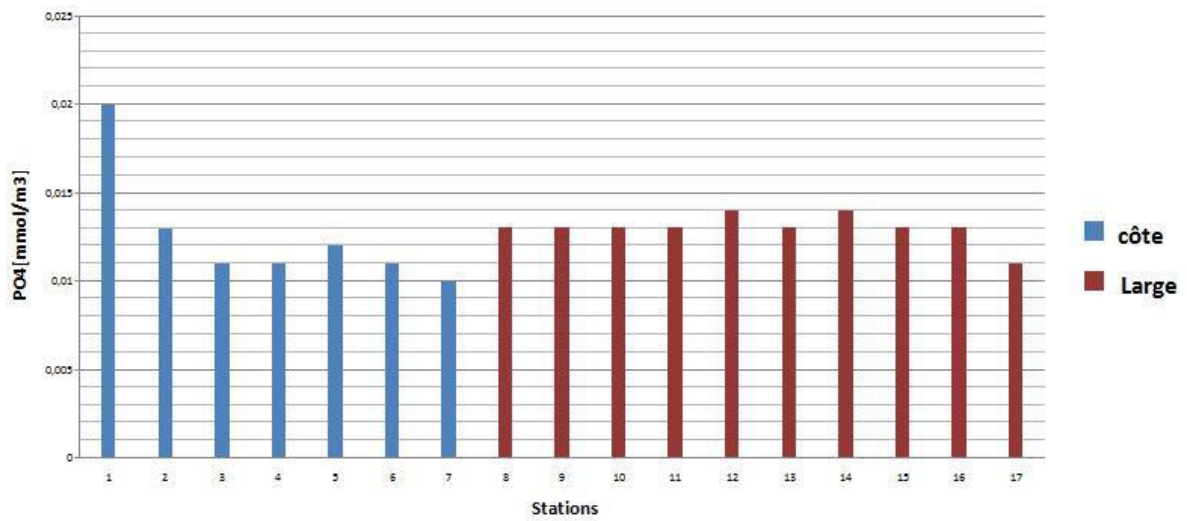


Figure 43. Histogramme de la répartition spatiale des concentrations des ions phosphates dans le littoral de Bejaia

4.4.4. Variation silicates (SiO_2)

Les valeurs de la concentration du silicates relevées au niveau du littoral de Bejaia varient entre 20.35 et 2.39 mmol.m^{-3} au niveau de la côte (st 1,st 2,st3,st4,st5,st6,st7,st8) à la surface de l'eau avec une moyenne de 2.38 mmol.m^{-3} et une coefficient de variation de 0.57% ,quant aux valeurs du large(st9,st10,st11,st12,st13,st14,st15,st16,st17) varient entre 2.39 et 2.43 mmol.m^{-3} avec une moyenne de 2.41 mmol.m^{-3} et un coefficient de variation de 0.66%.(Tableau 9).

Nous constatons que le littoral de Bejaia est riche en silicates car c'est au niveau de la côte et au large, donc il y'a une homogénéité dans la distribution des silicates de la côte vers le large comme le montre la carte (Figure 44)

Cette richesse en silice dissoute peut être en relation avec les apports côtiers (ou l'interaction des eaux avec la côte)

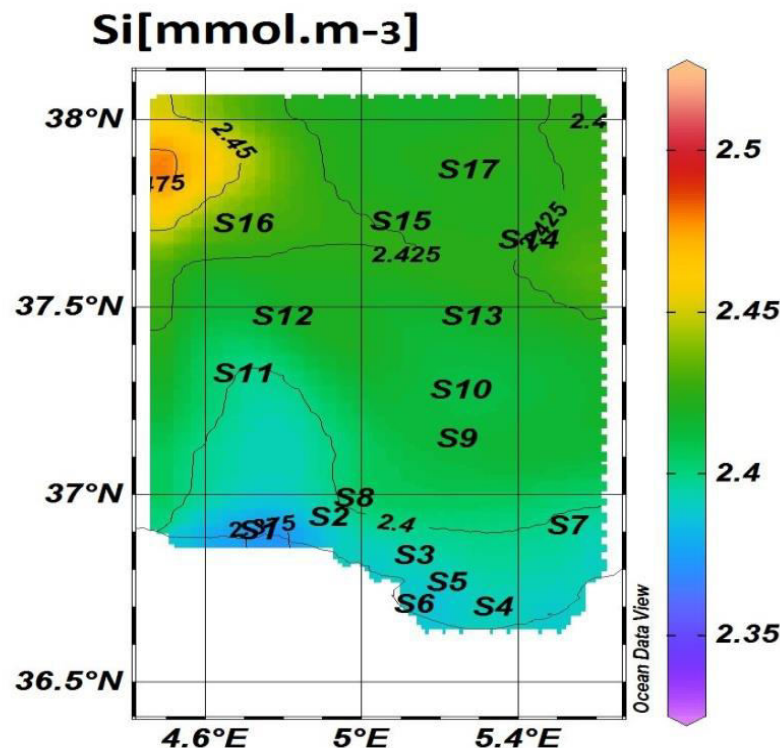


Figure 44. Carte de distribution des concentrations des silicates au niveau de la surface de la mer au littoral de Bejaia le 17/07/2021

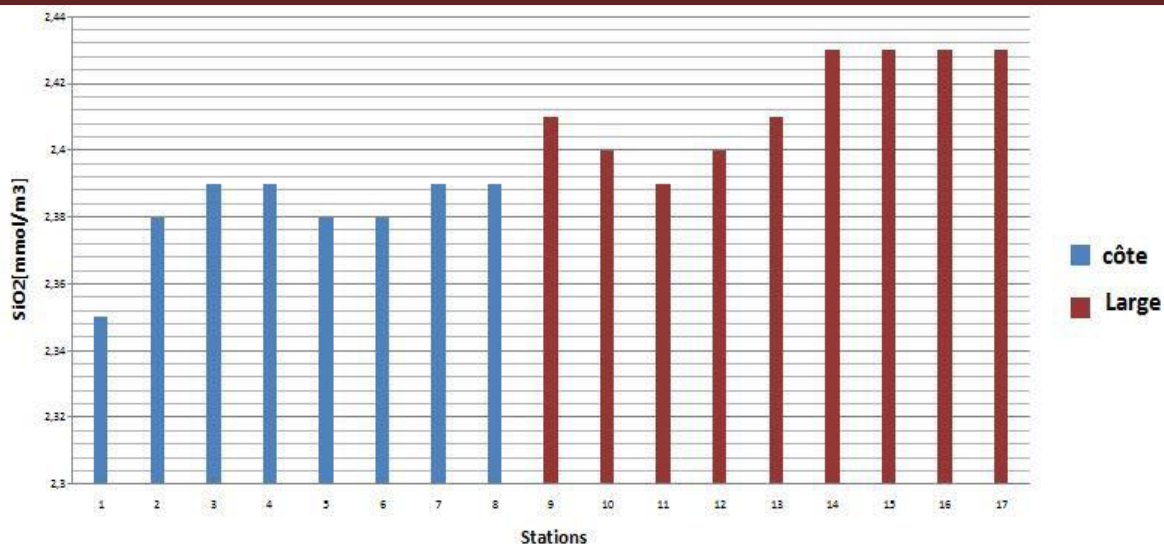


Figure 45. Histogramme de la répartition spatiale des concentrations des Silicates dans le littoral de Bejaia

Etude comparative :

Le littoral Est Algérien (Bejaia)est une façade maritime ou il est implanté plusieurs infrastructures qui sont au premier lieu la cause de la contamination des eaux de cette zone, de ce fait un on exporter des donnés de 2016 pour réaliser une études comparative des quelque paramètres physico-chimique indicateurs de pollution ainsi les sels nutritifs pour estimer leurs variations entre la côte et large.

Paramètres physico-chimiques :

Salinité :

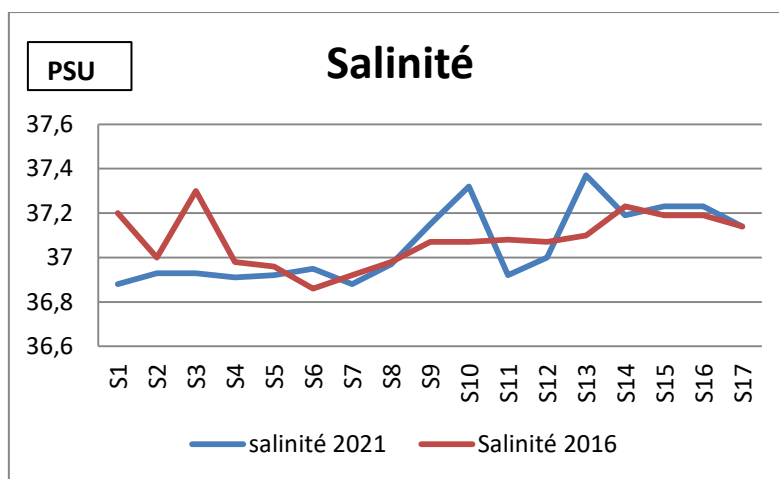


Figure 46 . Graphe comparatif de variation de la salinité dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface au niveau de la côte et large entre les années 2016 et 2021

Les valeurs de la salinité dans la cote en 2016 sont plus importants par rapport a celles de 2021 tandis que les valeurs de la salinité marquées au large en 2021 sont plus important a celles de 2016.

pH :

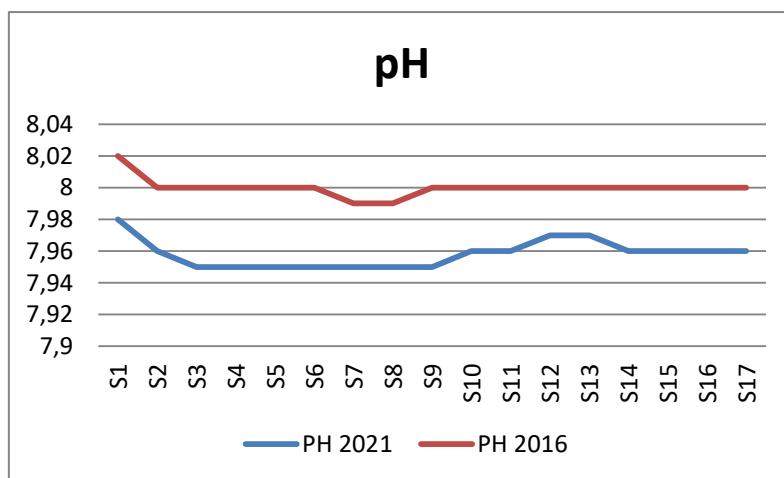


Figure 47. Graphe comparatif de variation de pH dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface au niveau de la côte et large entre les années 2016 et 2021.

Les valeurs de dans notre zone d'étude en surface au niveau de la cote et large est beaucoup plus élevées en 2016 que en 2021 .

Température de la surface de la mer (SST) :

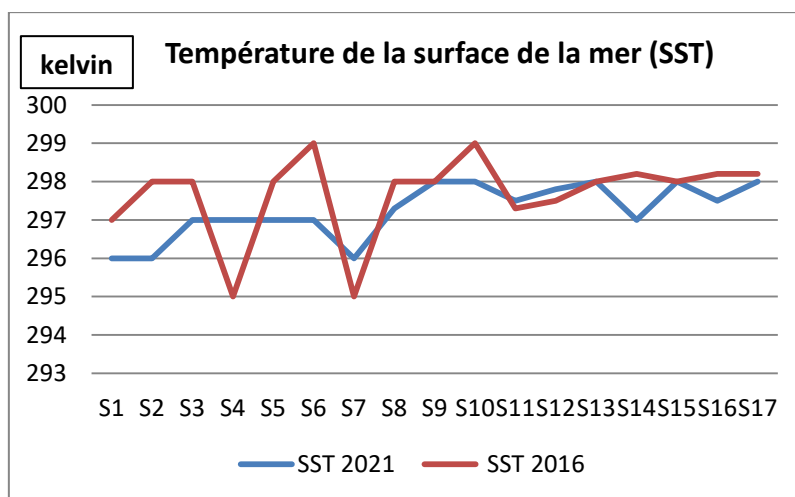


Figure 48. Graphe comparatif de variation de la SST dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface au niveau de la côte et large entre les années 2016 et 2021.

Les teneurs en SST marquées en surface entre la cote et large en 2016 sont plus élevées par rapport à celles de 2021.

Indicateurs de la pollution :

DBO5 :

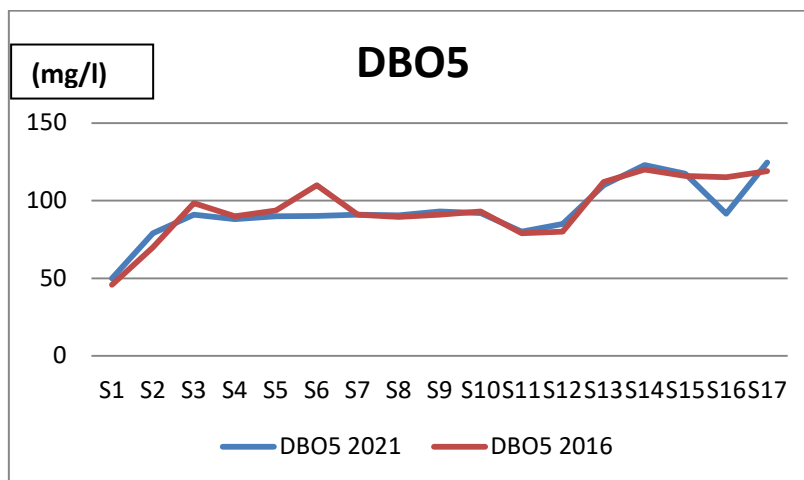


Figure 49 .Graphe comparatif de variation de la DBO5 dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface au niveau de la côte et large entre les années 2016 et 2021.

Les concentrations de la DBO5 en 2016 au niveau de la côte sont plus élevées par rapport a celle de 2021 mais au de large les concentrations de 2016 sont presque identique avec les concertations de 2021.

Matière en suspension (MES) :

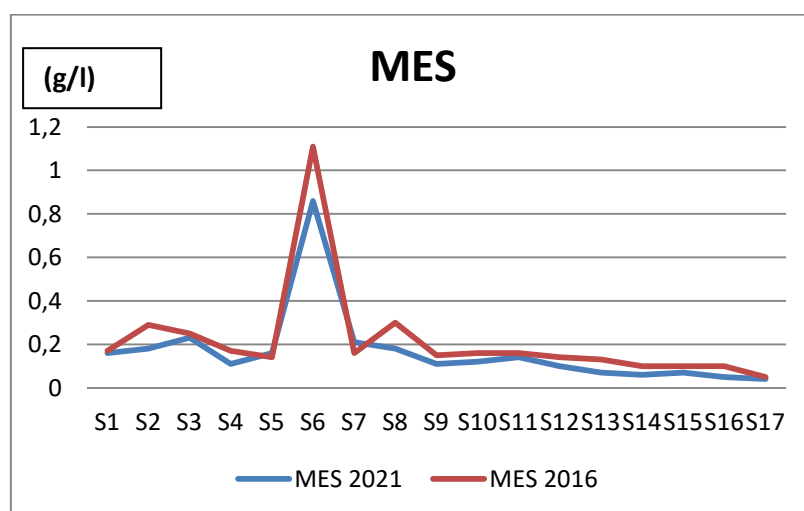


Figure 50. Graphe comparatif de variation de la MES dans le littoral Est Algérien (Bejaia) en surface au niveau de la côte et large entre les années 2016 et 2021.

Dans notre zone d'étude les valeurs des MES obtenus au niveau de la côte et large en 2016 varient un peu plus par rapport aux valeurs de 2021

Chlorophylle a :

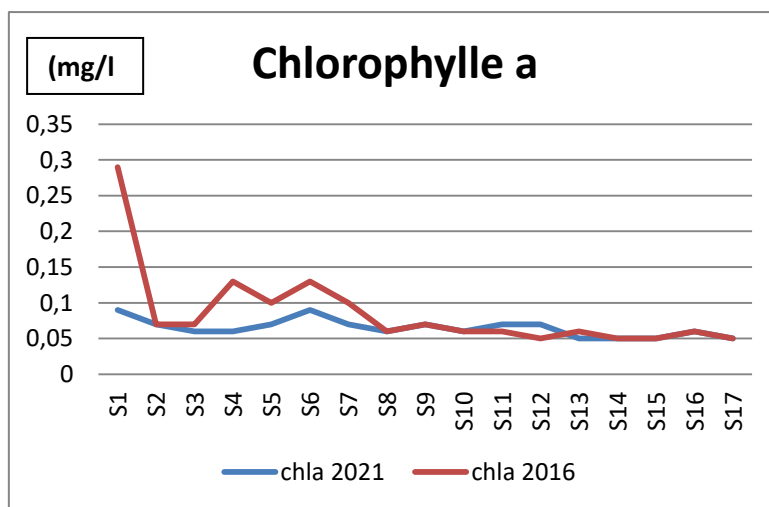


Figure 51. Graphe comparatif de Variation de Chlorophylle dans le littoral Est Algérien (Bejaia)en surface au niveau de la côte et large entre les années 2016 et 2021.

Dans la côte les teneurs en Chlorophylle marquées en 2016 sont plus élevées a celles de 2021 mais au niveau du large les teneurs en Chlorophylle obtenus en 2016 et 2021 sont approximativement les mêmes.

Les sels nutritifs :

Nitrates NO₃⁻ :

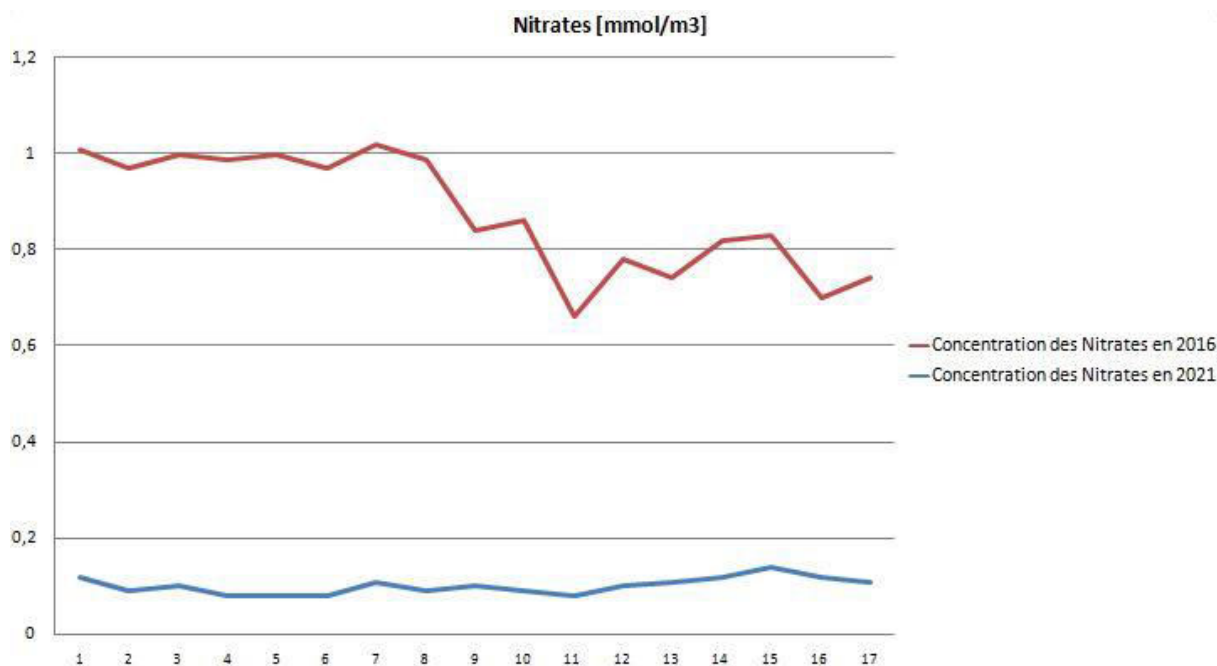


Figure 52. Graphe comparatif de Graphe comparatif entre les teneurs en Nitrates de 2021 et 2016 au niveau du littoral de Bejaia

D'après le graphe si dessus en constate une grande différence de concentration des nitrates sur le littoral de Bejaia entre l'année 2021 et 2016, on remarque que la teneur en nitrates en 2021 varie entre 0.14 et 0.09 mmol/m³ des concentrations plutôt faible par rapport au teneur enregistrées en 2016 qui varie entre 0.6 et 1.2 mmol/m³ des concentrations considérable (Figure 52)

Cette différence et probablement due à l'écart des années mais aussi à l'état de la qualité de notre eau pendant ces différents périodes. D'où les concentrations considérable en 2016 peuvent avoir pour origine un enregistrement d'un taux important de quantité de rejets urbains (station d'épuration, assainissement non collectif), industriels (industrie agro-alimentaire, laveries,...), ou agricoles (engrais) observée durant cette année , quant à les faibles concentrations observées en 2021 on suppose que c'est due à une diminution des rejets donc diminution de pollution au niveau du littoral de Bejaia en 2021 par rapport à son état en 2016 .

Ammonium (NH₄⁺) :

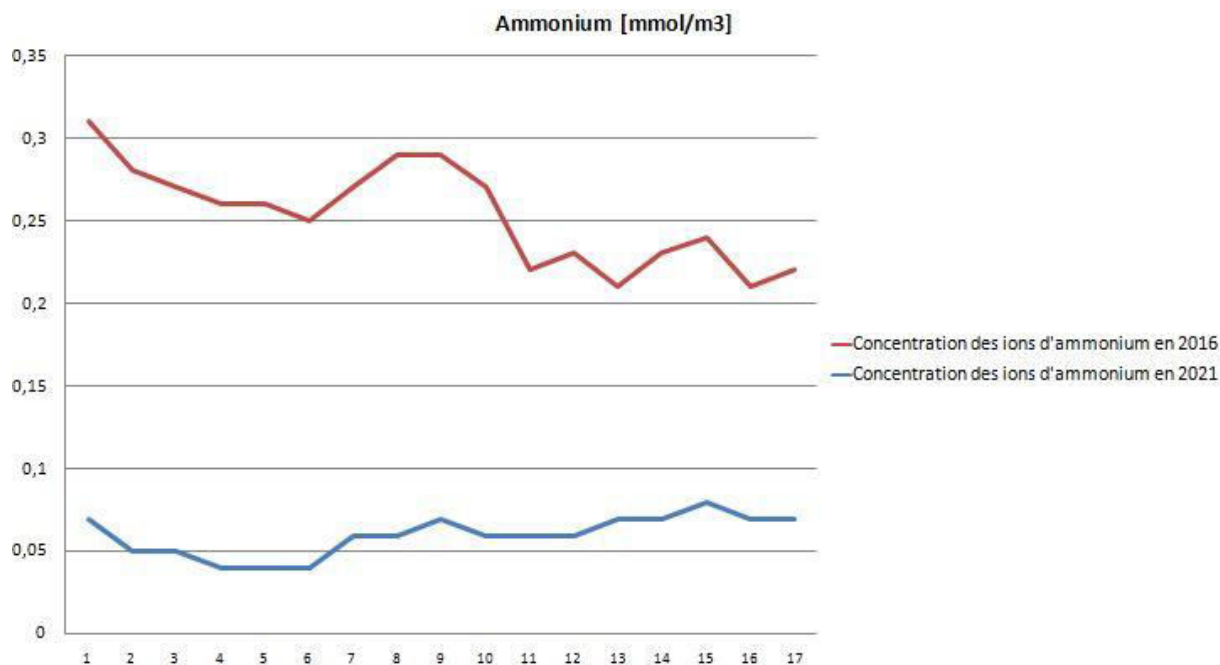


Figure 53. Graphe comparatif entre les teneurs en Ammonium de 2021 et 2016 au niveau du littoral de Bejai

D'après le graphe si dessus en constate une grande différence de concentration des ions d'ammonium sur le littoral de Bejaia entre l'année 2021 et 2016, on remarque que la teneur en ammonium en 2021 varie entre 0.04 et 0.08 mmol/m³ des concentrations plutôt faible par rapport au teneur enregistrées en 2016 qui varie entre 0.15 et 0.24 mmol/m³ des concentrations considérable (**Figure 53**)

Cette différence et probablement due à l'écart des années mais aussi à l'état de la qualité de notre eau pendant ces différents périodes. pour cela faut savoir que l'ammonium est considéré comme un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel, et donc les concentrations considérable en 2016 peuvent avoir pour origine un enregistrement d'un taux important de quantité de rejets urbains (station d'épuration, assainissement non collectif), industriels (industrie agro-alimentaire, laveries,...), ou agricoles (engrais) observée durant cette année, quant à les faibles concentrations observées en 2021 on suppose que c'est due à une diminution des rejets donc diminution de pollution au niveau du littoral de Bejaia en 2021 par rapport à son état en 2016.

Phosphates (PO₄³⁻) :

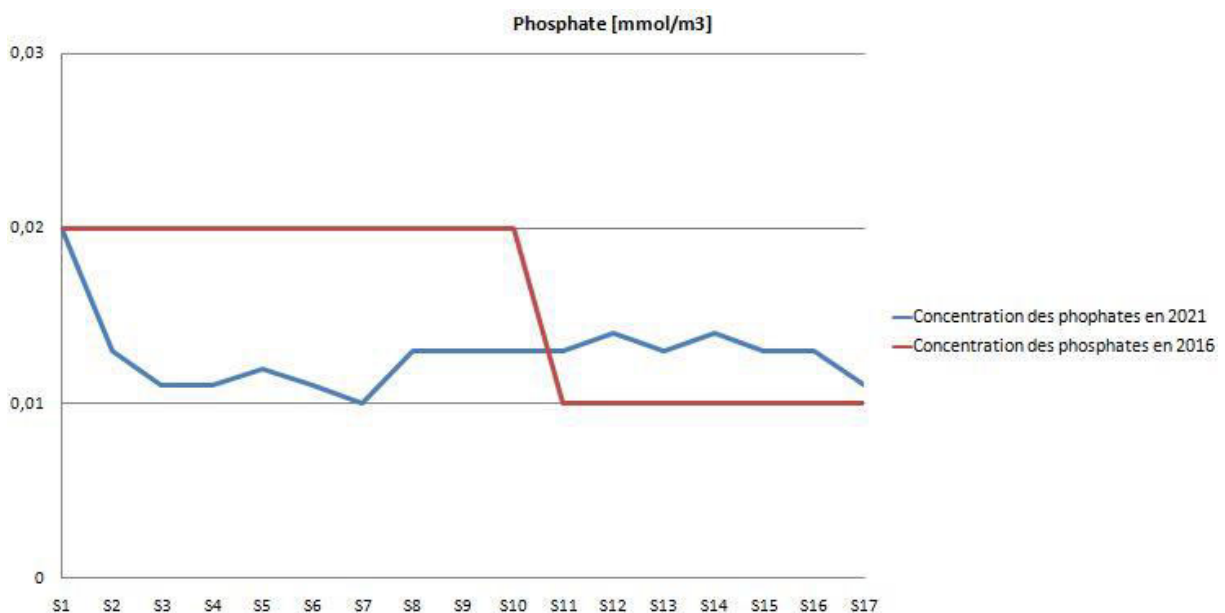


Figure 54. Graphe comparatif entre les teneurs en Phosphates de 2021 et 2016 au niveau du littoral de Bejaia

D'après le graphe si dessus en constate une absence de différence de concentration des phosphates sur le littoral de Bejaia entre l'année 2021 et 2016, on remarque que la teneur en phosphate en 2021 varie entre 0.01 et 0.02 mmol/m³ même teneur enregistrées en 2016 qui varie entre 0.15 et 0.24 mmol/m³ (**Figure 54**)

Silicates (SiO₂) :

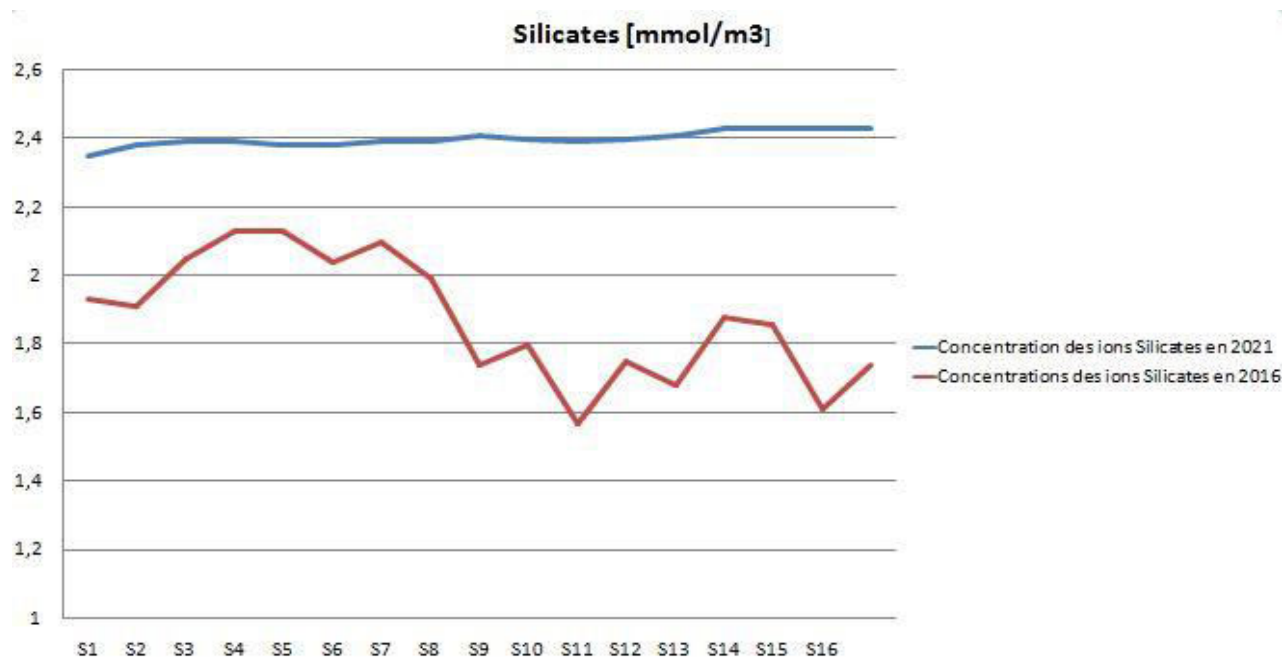


Figure 55. Graphe comparatif entre les teneurs en Silicates de 2021 et 2016 au niveau du littoral de Bejaia

D'après le graphe si dessus en constate une légère différence de concentration des ions de silicate sur le littoral de Bejaia entre l'année 2021 et 2016, on remarque que la teneur en silicate en 2021 varie entre 2.35 et 2.43 mmol/m³ des concentrations plutôt élevées par rapport au teneur enregistrées en 2016 qui varie entre 1.57 et 2.13 mmol/m³ (**Figure 55**)

TRAITEMENT DE
DONNEES DE LA
COULEUR DE L'eau
de mer de Bejaia

I. Introduction :

La surface entière de la planète est photographiée chaque semaine. L'observation satellitaire de la couleur de l'océan est un outil important dans l'observation de la Terre. La « couleur » de l'océan est déterminée par l'impact de la lumière sur l'eau et par toutes les particules colorées ou chimiques qui sont dissoutes dans l'eau. La couleur correspond à la lumière réfléchiée par l'eau et les substances qui y sont présentes. Quand la lumière heurte une molécule d'eau ou une substance colorée, les différentes couleurs (ou longueurs d'ondes) peuvent être absorbées ou dispersées à différentes intensités. Dans l'eau de mer, les substances qui affectent le plus la couleur de l'eau sont : le phytoplancton, les particules non-organiques (ou sédiments), les molécules chimiques organiques dissoutes (MOD) et les molécules d'eau elles-mêmes. Le phytoplancton contient de la chlorophylle (un pigment algal coloré), qui absorbe la lumière rouge et bleue et reflète la lumière verte. Les concentrations en chlorophylle peuvent être établies à partir des données satellitaires, par le calcul du ratio bleu/vert de l'océan. Quand le bleu est plus absorbé, le vert est plus réfléchi, ce qui indique une plus forte concentration en phytoplancton dans l'eau, et vice versa.

Avant d'entamer ce chapitre on pose une question : Es-possible de comparer entre des données model et donnée satellitaires, si oui Es- la résolution temporelle joue un rôle dans les résultats de cette comparaison ?

II. Objectif :

- Accéder et explorer le site Oceancolor de la NASA
- Télécharger des images issues de capteurs de la couleur de l'océan (Niveau 2)
- Visualiser, explorer et comparer les métadonnées des images satellitaires
- Utiliser quelques outils clés de SNAP
- Tracer des profils en long et des cartes
- comparer entre les données model et données satellitaires
- répondre à la question de l'introduction

III. Données :

Nous avons téléchargé deux images satellitaires niveau 2 (accès aux grandeurs physiques) avec calibration géométrique et radiométrique, une qui comporte des données sur la concentration en Chlorophylle a et l'autre comporte des données sur les valeurs de la température de surface de la mer (SST) au niveau du littoral de Bejaia. Le tableau suivant nous informe sur les caractéristiques des images satellitaires téléchargées.

Tableau 10. Caractéristiques des images satellitaires téléchargées pour l'étude

Caractéristique	Paramètres	
	Chlorophylle-a	Température de surface de la mer (SST)
Satellite/capteur	Aqua/Modis	Aqua/Modis
Niveau de traitement	Level 2(accès aux grandeurs physiques avec calibration géométrique/radiométrique)	Level 2 (accès aux grandeurs physiques avec calibration géométrique/radiométrique)
Résolution spatiale	1km	1km
Résolution temporelle	Journalière	Journalière
Format du fichier	NetCDF	NetCDF
heure de la date de la traversée de l'aqua	03/02/2020 à 13 :00	31/07/2021 à 13 :30
Début de longitude	18	6.53
Fin de longitude	-13	0.86
Début de latitude	27.8 N	30.31 N
Fin de latitude	49.3 N	48.23 N
La prise de l'image Jour/nuit	Jour	Jour

IV. Logiciel et méthode de traitement de données :

1. Description du logiciel SNAP :

SNAP ou Sentinel Application Platform est un logiciel de traitement d'images à licence publique récemment développé pour supporter surtout les produits Sentinel du programme Copernicus mais aussi les produits aqua/terra modis sous format NetCDF.

L'architecture SNAP est idéale pour le traitement et l'analyse de l'observation de la Terre en raison des innovations technologiques suivantes : extensibilité, portabilité, plate-forme client riche modulaire, abstraction de données EO générique, gestion de la mémoire en mosaïque et cadre de traitement graphique.

*Caractéristiques des points forts :

- Architecture commune à toutes les Toolbox
- Affichage très rapide des images et navigation même des images giga-pixel

-
- Graph Processing Framework (GPF) : pour créer des chaînes de traitement définies par l'utilisateur
- La gestion avancée des couches permet d'ajouter et de manipuler de nouvelles superpositions telles que des images d'autres bandes, des images de serveurs WMS ou des fichiers de formes ESRI
- De riches définitions de région d'intérêt pour les statistiques et divers graphiques
- Définition et superposition faciles du masque de bits
- Arithmétique à bande flexible utilisant des expressions mathématiques arbitraires
- Reprojection précise et ortho-rectification aux projections cartographiques courantes,
- Géocodage et rectification à l'aide de points de contrôle au sol
- Téléchargement automatique de SRTM DEM et sélection de tuiles
- Bibliothèque de produits pour numériser et cataloguer efficacement de grandes archives
- Prise en charge du multithreading et du processeur multi cœur
- Visualisation WorldWind intégrée

2. étapes de traitement des données des images

-téléchargement des images sur le site : Oceancolor.gsfc.nasa.gov

-ouverture des images sur le logiciel SNAP

-traitements des données des images

-capturer chaque étape du traitement à fin de mieux expliqué son déroulement

V. Résultats et discussion :

5.1 .Traitement de l'image qui fournit des données sur la température de surface de la mer (SST)

Ouvrir l'image sous le logiciel SNAP à niveau de gris comme le montre l'image (**Figure 56**)

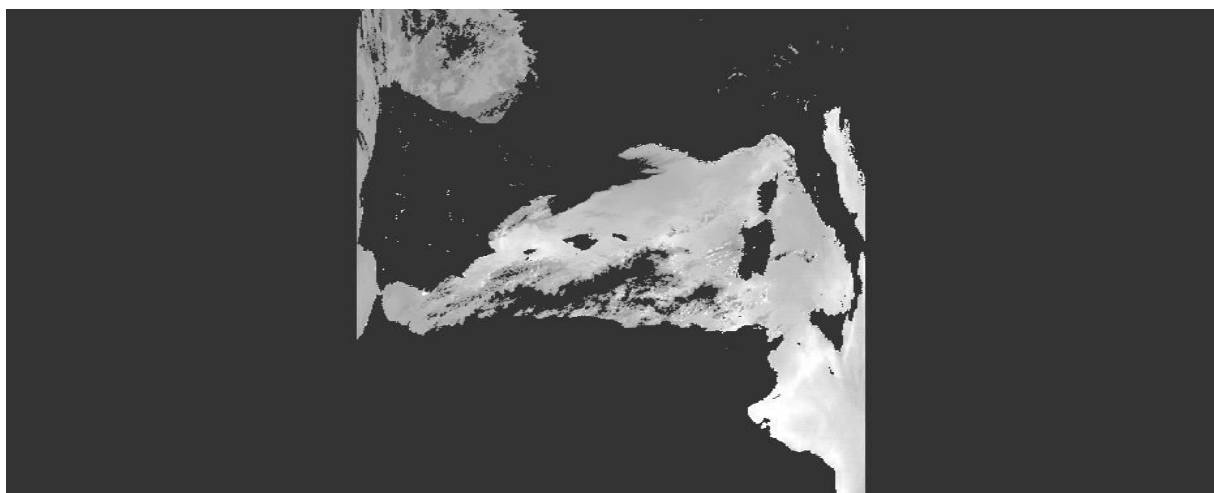


Figure 56. .image satellitaire (AQUA/MODIS) sur la SST à niveau de gris avant géo référencement (31/07/2021)

*géo référencement de l'image sur WGS84 avec l'outil « reprojection » en fonction de géométrie sur « Raster » et nous avons notre image géo référencée (**Figure 57**)

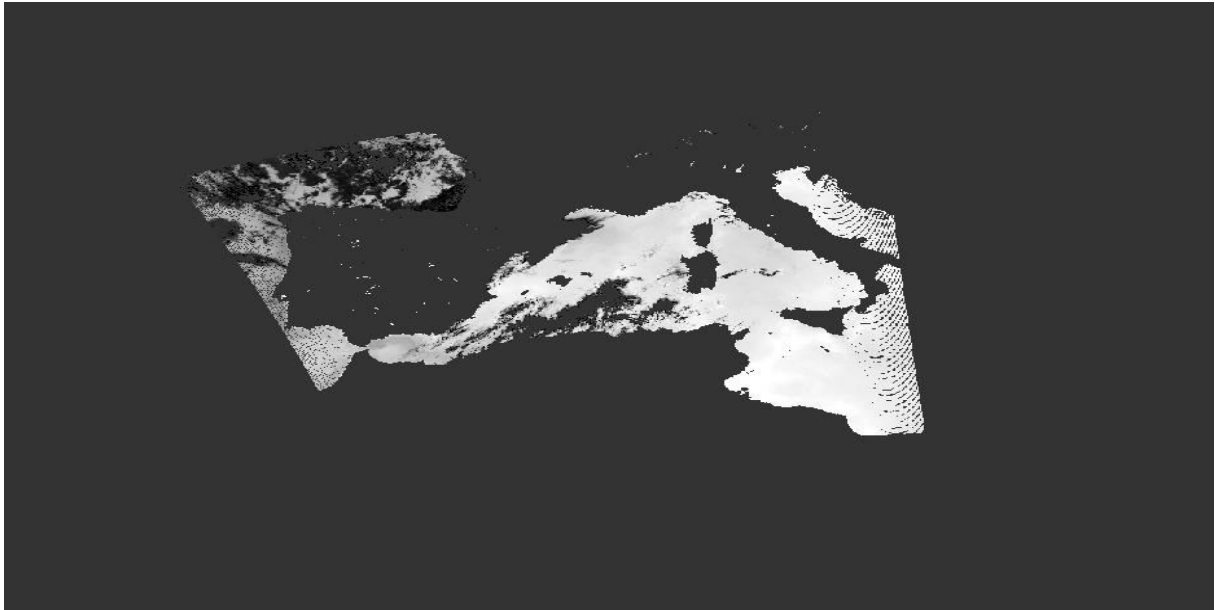


Figure 57 . Image géo référencée prise le 31/07/2021 à l'aide du satellite Aqua/modis

*créer un ROI (région d'intérêt) pour délimiter l'image à notre zone d'étude et ensuite ouvrir l'image de notre zone à coté de l'image complète au niveau de gris , puis estimer des couleurs à chaque mesures de la SST pour donner un sens à l'image . à l'aide de la fonction « colour manipulation » .voir la (Figure 58)

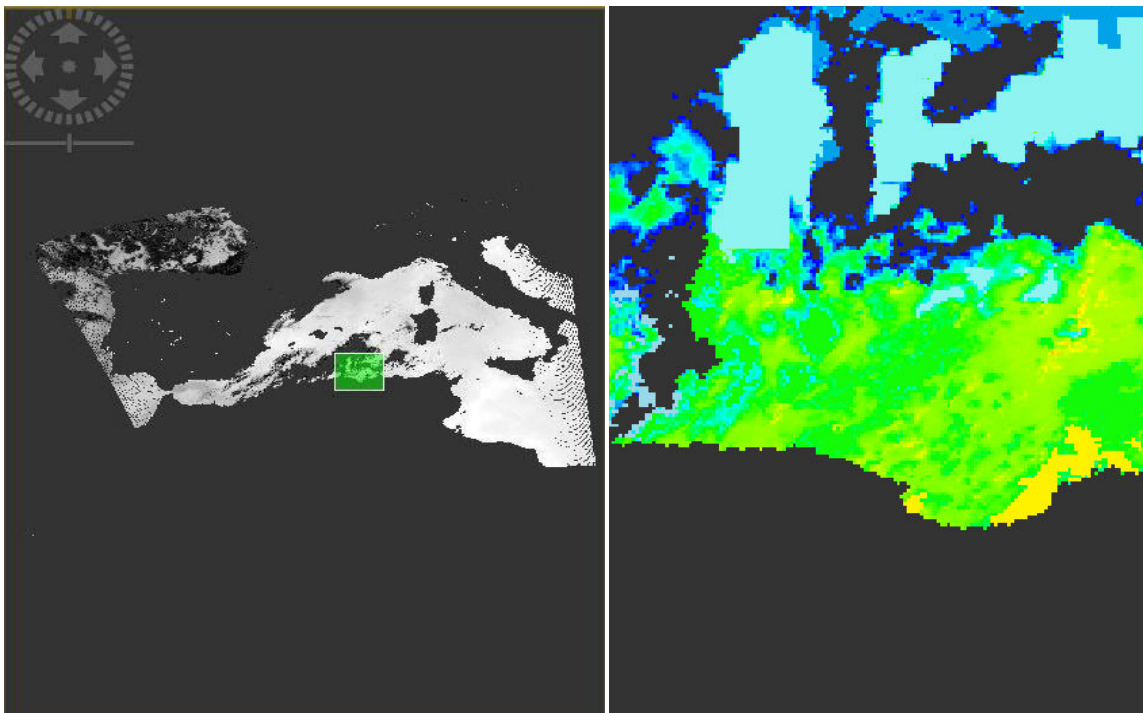


Figure 58 . Création du ROI du littoral de Bejaia

*Extraire la légende du produit sous forme d'image (**Figure 59**)

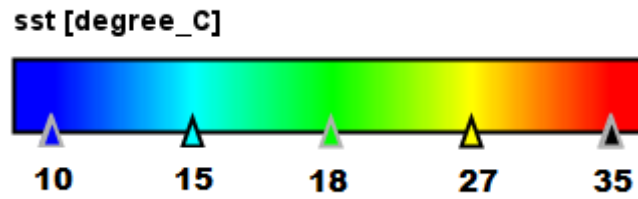


Figure 59. Légende des distributions de valeurs de la SST sur le littoral de Bejaia

* Définir nos stations précédentes sur l'image à l'aide de l'outil « pin manager » voir la (**Figure 60**) :

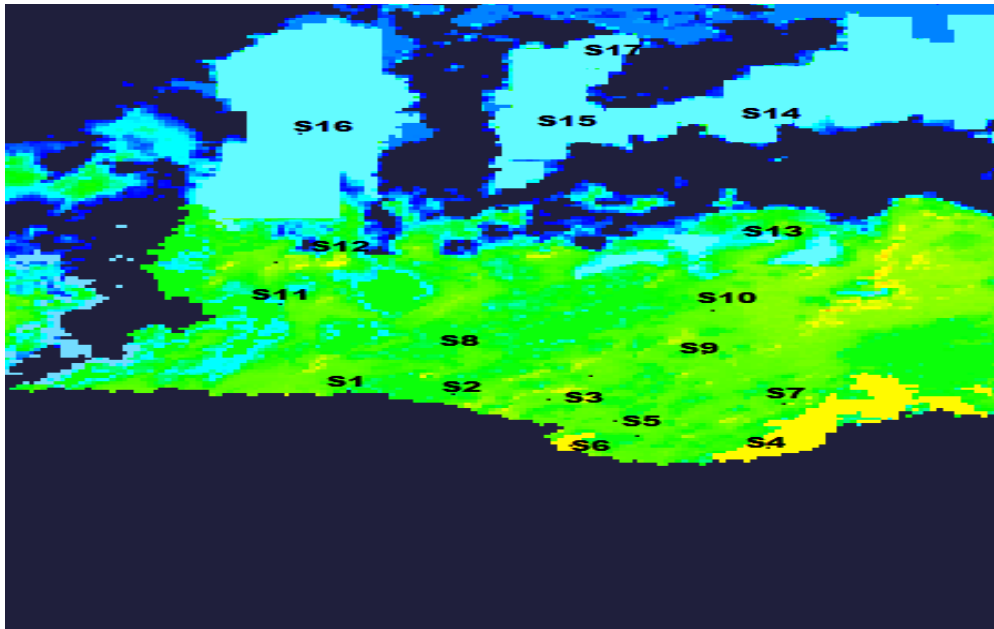


Figure 60 . Carte de distribution de la SST avec définitions des stations sur le littoral de Bejaia

*D'après l'image satellitaire les valeurs de la SST au niveau des stations choisies pour notre étude dans le littoral de Bejaia le 31/07/2021 varient entre 10 à 27° c du large revenant vers la côte. (**Figure 61**)

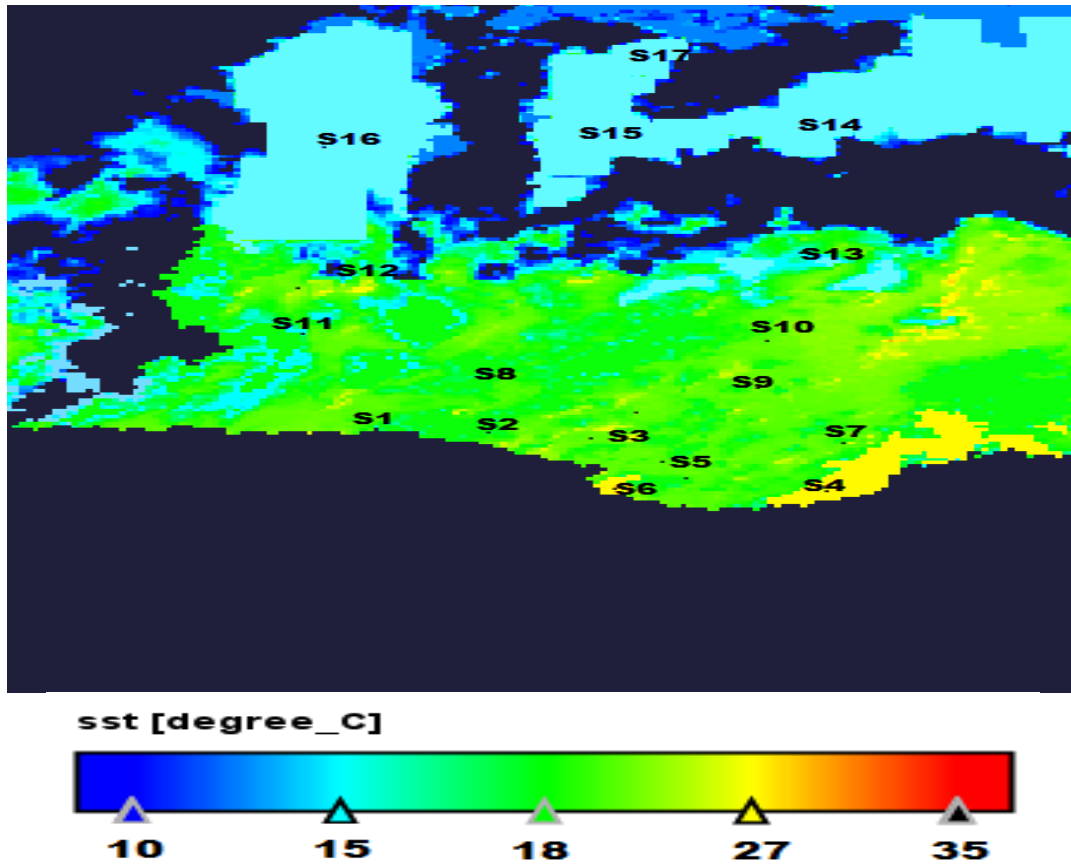


Figure 61 .Carte de distribution des valeurs de la SST au niveau du littoral de Bejaia sur l'image Aqua/modis à une résolution d' 1 km prise le 31/07/2021

*Étude comparatif entre les valeurs de la SST des données model de Copernicus du 17/07/2021 et les valeurs de la SST des données satellitaire capter par le satellite Aqua/modis le 31/07/2021 :

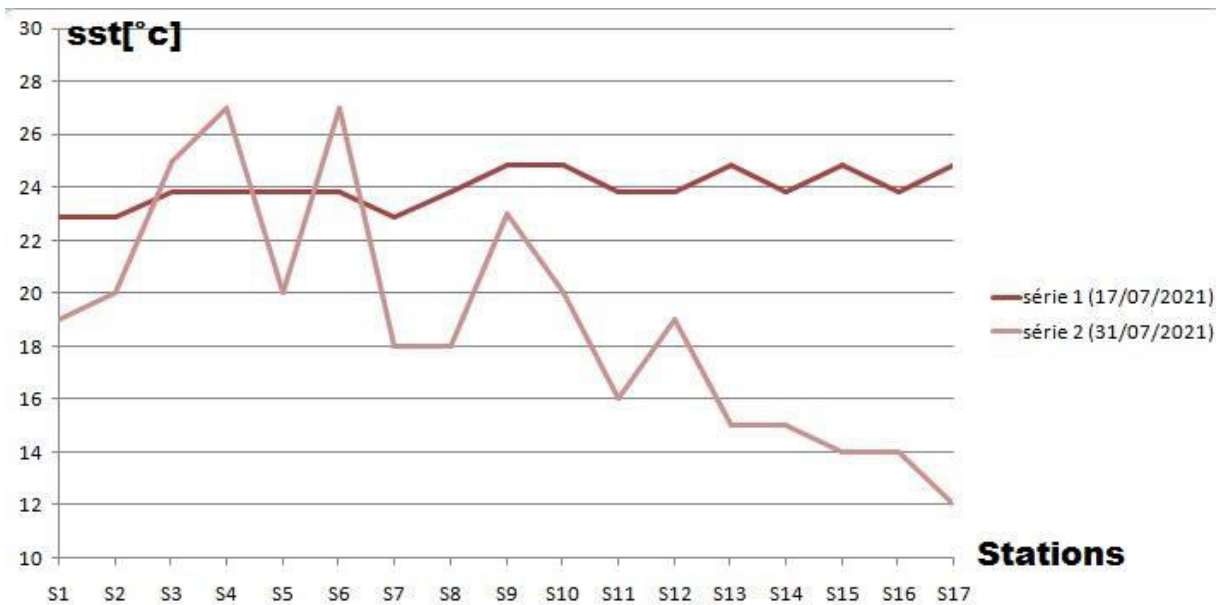


Figure 62 . Graphe comparatif entre les valeurs de la SST du 31/07/2021 et le 17/07/2021

D'après le graphe si dessus on remarque que au niveau du littoral de Bejaia le 17/07/2021 les valeurs de la température de surface de la mer est plutôt stable de la côte vers le large qui varient entre 22.8 et 24.8 °c tout le contraire des valeurs marquer le 31/07/2021 dans les même stations qui varient entre 12 et 27 °c du large vers la côte, on remarque aussi une baisse remarquable de la SST en allons vers le large ce qui est absent dans les données prise d le 17/07/2021 .

5.2. Traitement de l'image qui fournit des données sur la concentration de la Chlorophylle-a dans le littoral de Bejaia :

*Après téléchargement de l'image satellitaire de Aqua/Modis on ouvre l'image à niveau de gris sur le logicielle SNAP

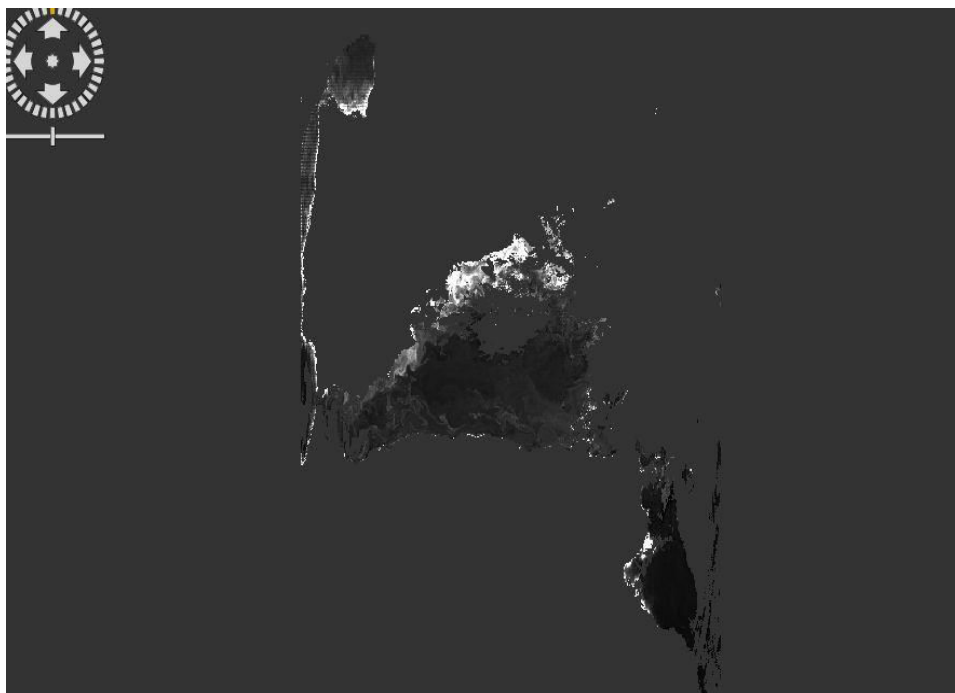


Figure 63 .image satellitaire (AQUA/MODIS) sur la chlorophylle-a à niveau de gris avant géo référencement prise le 03/02/2020

*géo référencement de l'image sur WGS84 avec l'outil « reprojection » en fonction de géométrie sur « Raster » et nous avons notre image géo référencer (**Figure 64**)

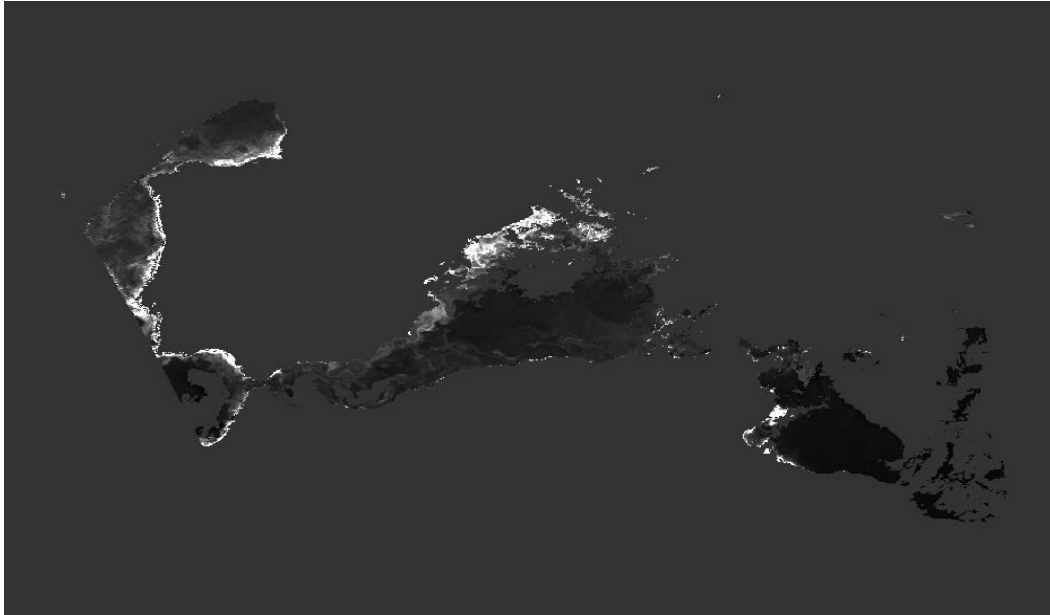


Figure 64 . Image après géo référencement prise le 03/02/2020 à l'aide du satellite Aqua/modis

*créer un ROI pour délimiter l'image à notre zone d'étude (**Figure 5.10**) et ensuite ouvrir l'image de notre zone à niveau de gris, puis estimer des couleurs qui représentent les valeurs de la concentration en Chlorophylle a à l'aide de l'outil « colour manipulation », avec insertion des stations précédentes sur l'image à l'aide de l'outil « pin manager ». voir la (**Figure 65**)

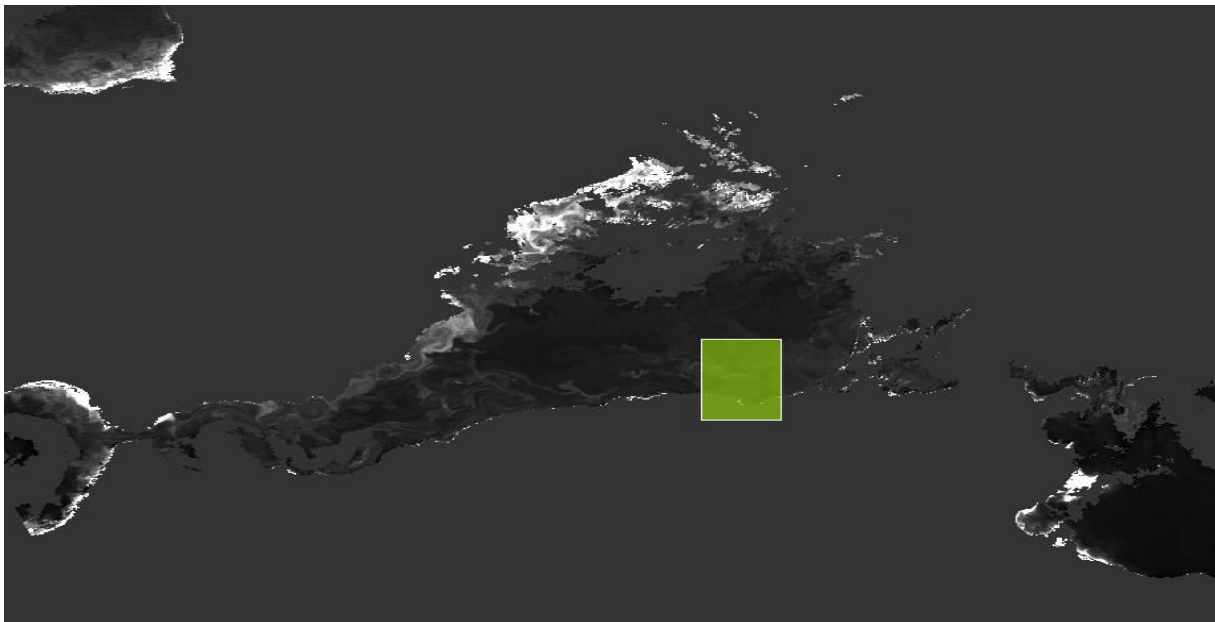


Figure 65 . Création du ROI représentant le littoral de Bejaia

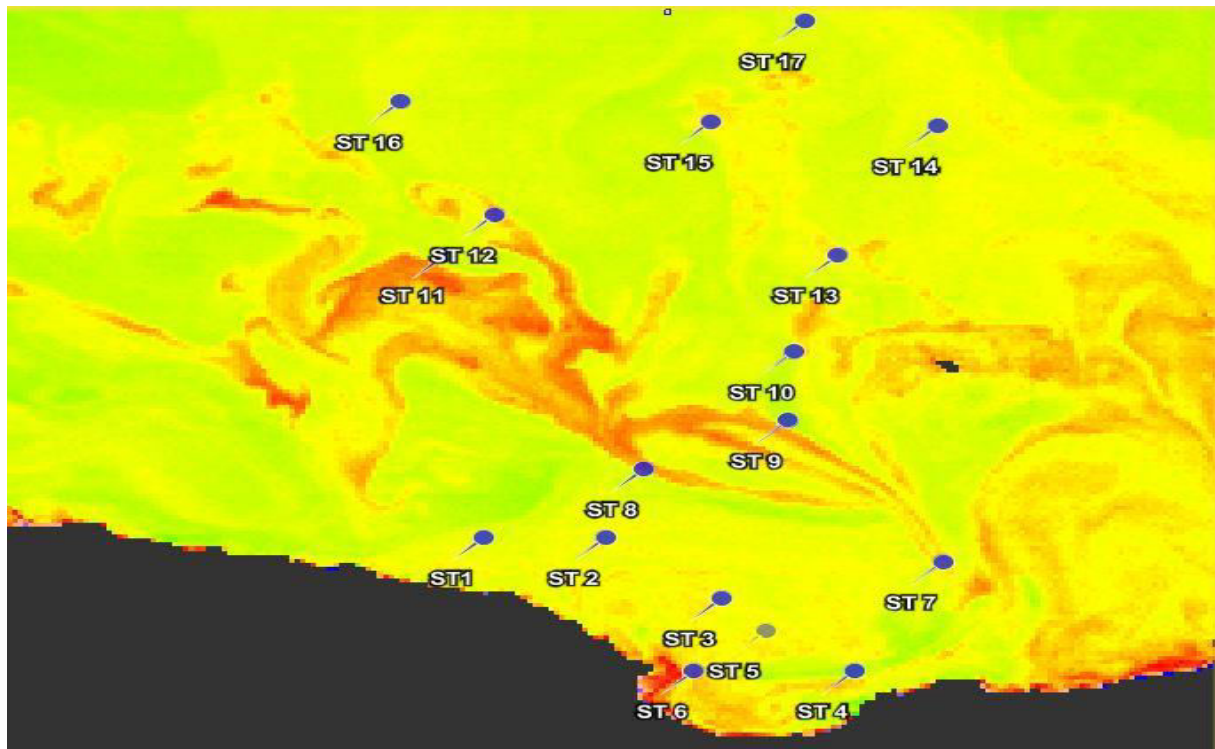


Figure 66. Carte de distribution de la Chlorophylle-a au niveau des stations de notre étude sur le littoral de Bejaia le 03/02/2020

*Extraire la légende du produit sous forme d'image (**Figure 67**)

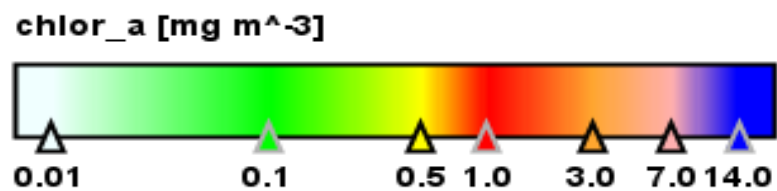


Figure 67. La légende de l'image précédente concernant la distribution de la Chlorophylle-a sur le littoral de Bejaia le 03/02/2020

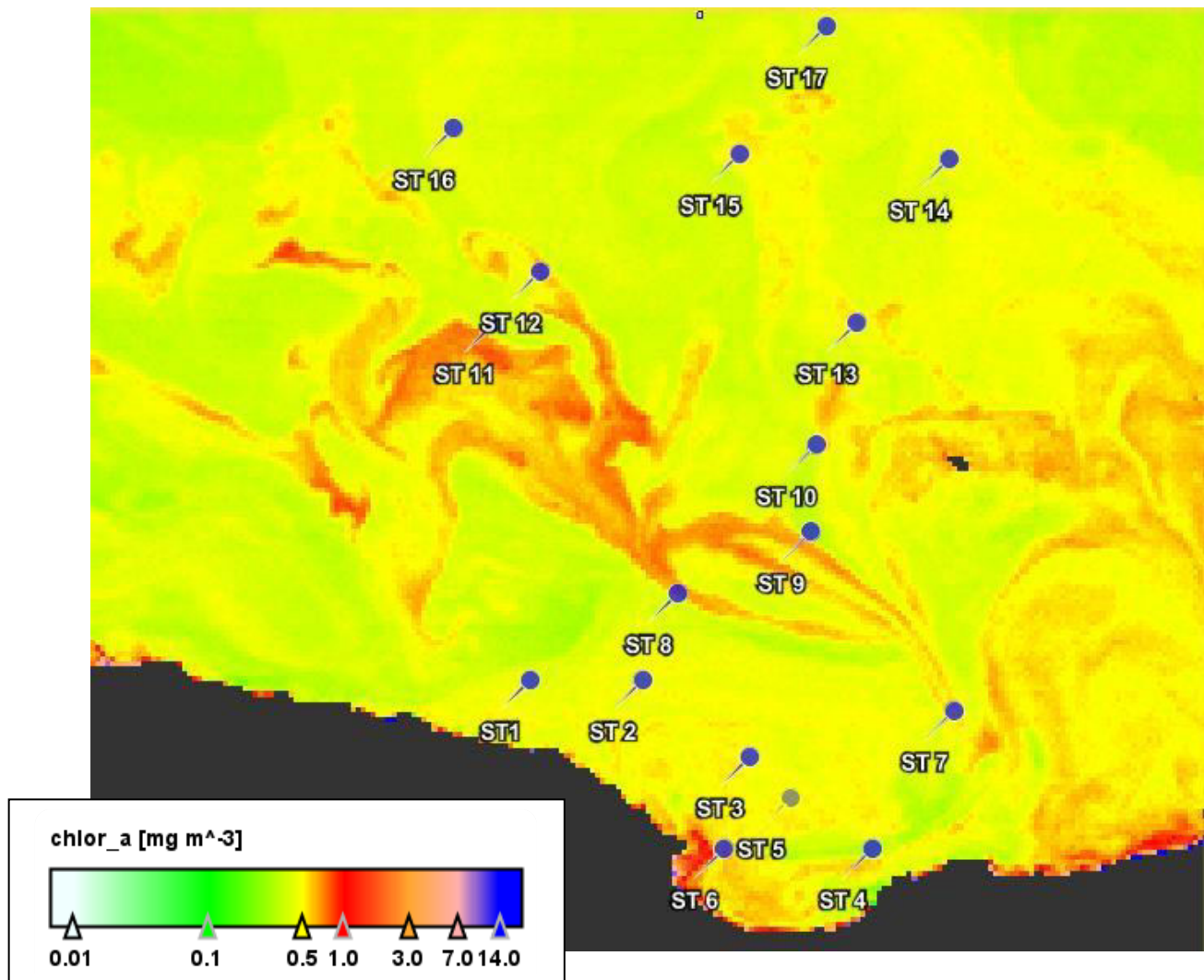


Figure 68 .Carte de distribution de la Chlorophylle-a au niveau du littoral de Bejaia sur l'image satellitaire aqua/modis le 03/02/2020

Après observations des résultats on remarque une variabilité dans la concentration de la chlorophylle-a, elle varie de 0.1 à 3 mg.m^{-3} au large et de 0.5 à 7 mg.m^{-3} au niveau de la côte, quant à la station 6 c'est la station la plus concentré en CHL-a avec une valeur de 14 mg.m^{-3} (**Figure 68**)

*Étude comparatif entre les données model issues de Copernicus concernant les concentrations en Chlorophylle a prise le 17/07/2021 et les données satellitaires concernant la Chlorophylle a capté par le satellite Aqua/modis le 03/02/2020

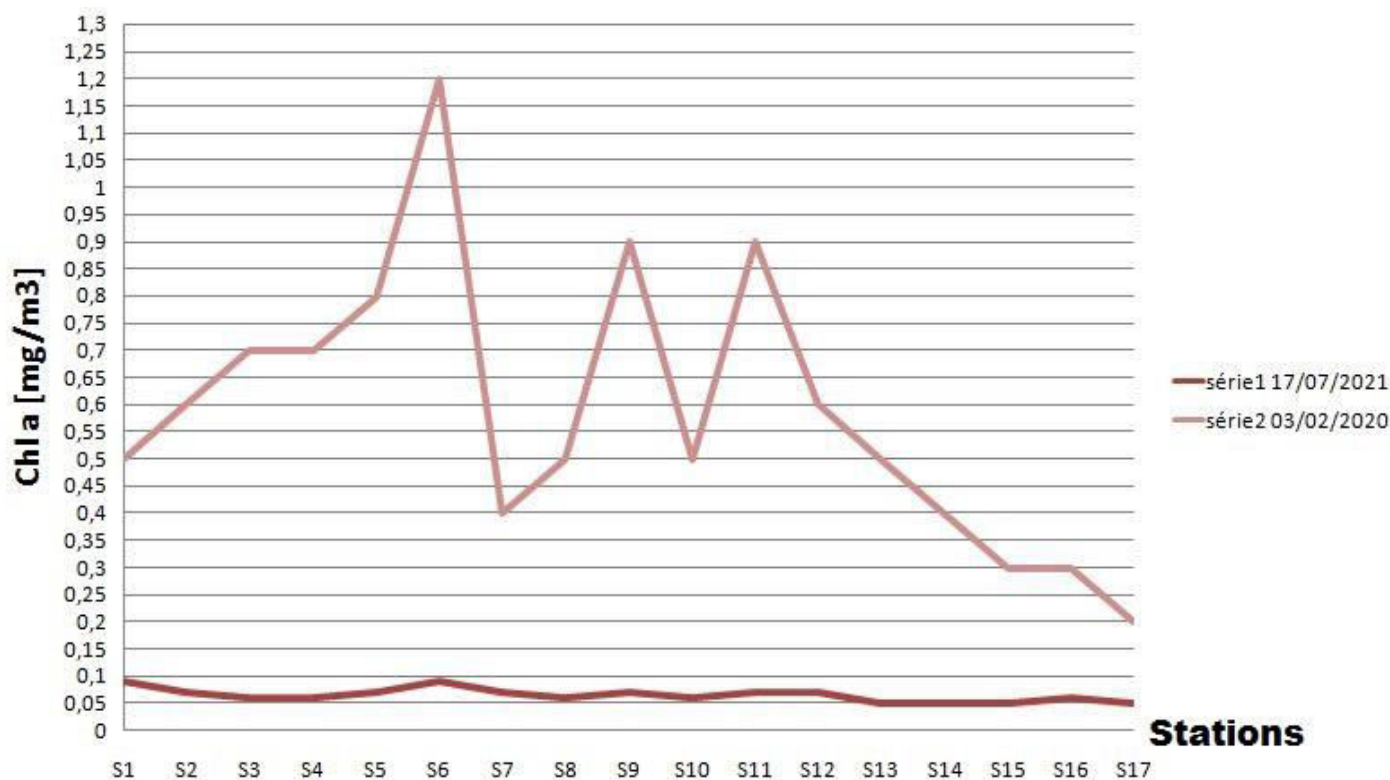


Figure 69 . Graphe comparatif entre les concentrations de la Chlorophylle a en 17/07/2021 et 03/02/2020

D'après le graphe si dessus on remarque une faible variation des concentrations en Chlorophylle a dans le littoral de Bejaia en juillet 2021 qui varient entre 0.05 et 0.09 mg/m3 , une grande différence par rapport au valeurs enregistrer à l'aide du capteur Modis embarquer dans le satellite Aqua en février 2020 qui varient entre 0.2 et 1.2 mg/m3 . cette grande variation et différence des concentrations est probablement expliquer par la différence de saisons celles de 2020 pris en hiver et l'autre en été ,mais aussi par rapport à l'écart d'une année .et cela nous amènent à dire que probablement l'eau en février 2020 était plus concentrer en nutriments qui mène à l'abondance de la Chlorophylle-a à ce niveau que l'eau en juillet 2021 donc une baisse remarquable de nutriments comme le phosphore et l'azote les paramètre major pour déterminer la qualité des eaux .

VI. Conclusion :

L'utilisation de l'approche de la télédétection et l'étude comparative de chlorophylle a et la température de surface de la mer (SST) tandis que les teneurs enregistrées a permis de constater la différence de variations de ses dernier par rapport à l'espace temporelle et aussi de juger sur l'état de la pollution du littoral de Bejaia.

Conclusion Générale

Cette étude a eu pour objectif d'évaluer la qualité des eaux du golf de Bejaia .Pour ce faire nous avons utilisé les paramètres Physicochimiques, Biologiques, les sels nutritifs et le traitement de données satellitaires.

Pour effectuer nos analyses, 17 stations ont été choisies dont 8 au niveau de la côte et 9 au large de notre zone d'étude.

L'analyse des paramètres physico-chimiques a permis de constater que la zone d'étude présente :

- une température normale qui varie entre 25.2°C et 26.3 °C en surface et entre 13.8 °C et 14.4 °C à 150m de profondeur.
- une Salinité dans l'intervalle des normes méditerranéennes, avec des valeurs comprises entre 36.8 et 38.09 PSU
- des valeurs de Ph conformes aux normes, non affectées par les apports d'eau continentales à Ph acide, ces valeurs varient entre 7.95 et 8.04.
- des fortes teneurs en DBO5 au niveau des stations localisées auprès des oueds et le port qui sont à l'origine de la charge organique polluante par les microorganismes reçues en mer.
- des teneurs faibles en CO2 inorganique dissous ceci revient au processus de la photosynthèse.
- des teneurs moyennement fortes en O2 dissous, et des fortes teneurs dans les stations près de la côte expliquer par forte la présence des phytoplanctons qui à leurs rôles produit de l'oxygène à partir de la chlorophylle-a.

Selon les résultats obtenus des sels nutritifs, il se trouve qu'il y'a une pollution plus au moins importantes et surtout au niveau de la côte provoquée par les rejets urbains et les ramenée des oueds.

Une pollution considérable par la matière en suspension est observée aussi dans la zone d'étude avec une turbidité élevée au niveau de la côte due à la remise en suspension des particules sédimentées et à la poussée de la biomasse phytoplanctonique par les sels nutritifs et les rejets domestiques.

Concernant la Chlorophylle-a, on a obtenu des concentrations plus au moins importante en côte et surtout au niveau des stations 6 (proximité de rejet de l'oued Soummam), et 1 (proximité de rejet de l'oued Dass et le port de Bejaïa) due essentiellement à l'abondance des sels nutritifs dans le milieu qui favorise le développement des algues, et une faible concentration au large qui suggèrent a une consommation rapide par le zooplancton.

L'analyse par télédétection nous a permis non seulement d'établir un traitement pour les images satellitaire capter au niveau de notre zone d'étude mais aussi avoir des résultats de différent résolution temporelle pour comparer les résultats des données model et des donnée traiter dans l'image satellitaire.

L'image Aqua/Modis avec des Métadonnées sur la Chlorophylle-a en 2020 nous a laissé constater une présence très importante de se dernier dans notre zone d'étude par rapport à l'été 2021 du probablement à l'abondance des sels nutritifs fortement élevée que celles présente dans la période de notre étude.

L'étude d'évaluation des qualités de littoral Est de Bejaia à travers l'étude paramétrique par rapport à la température salinité et ph aussi les paramètres biologique et indicateurs de pollution entre la côte et le large et à différente profondeurs, aussi l'utilisation de l'approche de la télédétection et l'étude comparative de chlorophylle a et la température de surface de la mer (SST) tandis que les teneurs enregistrées a permis de constater l'état de pollution au niveau de notre zone d'étude donc on déduit que il existe une probabilité de baisse de pollution au niveau de notre zone d'étude.

Il reste évident que cette modeste recherche, comme toute recherche de ce niveau, comporte certaines limites de tout genre .il n'en demeure pas moins que les résultats obtenus permettent d'envisager d'autres études du même genre en prenant le temps que cela exige et surtout en y mettant les moyens matériels conséquents.

Référence

Bibliographique

- **AFANOR.** (1999).pollution marine.document non publié.france : Normes nationales et documents normatifs nationaux
- **Ali Loukkas et al.** (2006). Atlas des parcs nationaux algériens. *Parc national de Théniet El Had*
- **Aminot A et Kérouel R.** (2004). *Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses*.france : Editions Quae,p.335
- **Aminot et Chaussepied .**(1983). *Manuel des analyses chimique en milieu marin*. france : Centre National pour l'Exploitation des Océans CNEXO,p 395
- **Aminot, A., & Keroual, R.** (2004). *Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses*. France: Ifremer,p368
- **Andréfouët, S. M.** (2000). Un bilan de la télédétection appliquée aux milieux coralliens. *Oceanis* , 311.
- **ANRH by Hamana & Mazouz, A.** (1994).rapport de l'état de la mer algérienne *agence nationale des ressources hydraulique,p26*
- **Arcgis story maps, a.** (2018). *béjaia, perle de la méditerranée*. Consulté le 16 octobre 2021, sur <https://www.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=42773ce8524c4677817e34658b0fee8d> map:
- **Bachir et al, 2.** (2011). *impact de la pollution marine par les hydrocarbures sur la qualité de l'eau et des sédiments de la baie d'Alger .mémoire d'ingénieur .environnement*. Dely Brahim ,Alger: ENSSMAL., p.80
- **Bonn, F. R.** (1992). Précis de télédétection. Volume 1. Principes et méthodes. *Presses de l'Université du Québec*, p., 360
- **Bougis.** (1974). *Ecologie du plancton marin*. France : ifemer,p.,298
- **Boulahdid.M, B.** (1987). analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude du mélange des masses d'eau et de l'occidation de la matière organique dans l'océan. p 266. université de paris, France.
- **BOUTARCHA Fahima.** (2011). MEMOIRE sur l'Essai d'analyse de l'impact économique de la pollution des zones côtières sur l'activité de la pêche en Algérie cas : de la wilaya de Bejaia. UNIVERSITÉ ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA, Algérie/Bejaia.
- **BOUTIBA, D.** (2017). Evaluation du risque de submersion marine sur le littoral de Bejaia. mémoire master 2 .aménagement du littoral .Algérie, Bejaia.p.,76
- **Bricaud A., B. E.** (2002). *Algal biomass and sea surface temperature in the Mediterranean basin. Intercomparison of data from various satellite sensors, and implications for primary production estimates*. p.103
- **Bukata, e. a.** (1995). *Optical Properties and Remote Sensing of Inland and Coastal Waters*. Angleterre:1st edition,p384
- **Centre canadien de télédétection.** (s.d.). Notions fondamentales de télédétection. *un cours tutorial du centre de télédétection canadien* . canada.
- **Centre canadien.** *Notions fondamentales de la télédetection*. Centre canadien de la télédetection.
- **Clark. (1989).** *Managing Planet Earth*. Scientific American,p261
- **CNL.** (2018). *commisariatlittoral.dz*.consulté le 10 octobre 2021 .disponible sur [cni :www.commisariatlittoral.dz](http://www.commisariatlittoral.dz)
- **Copin-Montegut.G.** (1996). *chimie de l'eau de mer*. paris: institut océanographique, p 280

- **COYNE et BELLIER, E. d.** (1973). *Etude de la régularisation de la Soummam*. (B. d. Paris, Éd.) Université Louis Pasteur Centre de géographie appliqué Strasbourg, p350
- **DJOUDE & BOUTIBA, D.** (2017). Evaluation du risque de submersion marine sur le littoral de Béjaïa, algérie . *Mediterranean rocky coasts: Features, processes, evolution and problems*,161-166.
- **Durand, D.** (2000). *Suivi et simulation de la qualité de l'eau en milieu*. mémoire master 2. environnement. France :paris 3.HAL,p68
- **Emran, A.** (2005, juillet). Données Landsat mises à disposition pour le développement durable en Afrique. Institut scientifique UMVA Rabat.
- **EPB.** (2015). *entreprise portuaire de bejaia* . Consulté le 2021, sur <https://portdebejaia.dz>
- **Esside, H.** (2012, decembre). 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. Informatique, France: UNIVERSITE BLAISE PASCAL - Clermont-Ferrand II.
- **Eugenio, F., Javier, M., Marqués, F.,** ULPGC, & UPC. (2013). Manuel de Télédétection Spatiale TELECAN. iles des Canaries: Universités des iles Canaries - Université du Maroc - Université de la Mauritanie - Université du Sénégal - Université du Cap-Vert.
- **Fahima Fellah et Redha Djenidi, F.** (2009). Contribution A L'étude De La Dynamique Sedimentaire De La Plage De Saket (Bejaia) Dans Le Nord-Est Algerien. *ProfesseurEuropean Scientific Journal* .
- **Futura.science.** (2020). Récupéré sur www.futura-science.com
- **GESAMP.** (1989). *rapport de la 19 éme session*. rapport de la session athènes , groupe mixte d'experts OMI/FAO/UNESCO/OMM/OMS/AIEA/ONU/PNUe chargé d'étudier les aspects scientifiques de la pollution .
- **Gohin, e. O.-J.** (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.
- **Golterman H.L, C. R.** (1978). *methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. (B. S. Oxford, Éd.) Ohstad IBP manual n°8 .
- **Hoareau, A.** (2005). *typologie et dynamique des panaches chlorophylliens en Méditerranée orientale*. Université de Genève.
- **Houma Bachari Fouzia, e. a.** (2019). *Monitoring of marine pollution*. alger, algérie: IntechOpen.
- **Ifremer .** (2003). *Guide des microalgues toxiques*. France: Ifremer.
- **Institut de géographie de l'université d'alger.** (1966). *Annales algériennes de géographie* .
- **Ivanoff A, I.** (1972). *Paramètres physico-chimiques des eaux de mer*. Librairie Vuibert.
- **J Bruslé, Q.** (2004). *Les poissons et leur environnement : écophysiologie et comportements adaptatifs*.
- **KAMBALE, L.** (2013). pollution de l'eau. (L. E. 2013, Éd.) Institut supérieur de développement rural de Goma,p 331
- **Keraghel.** (2019). note prise durant les travaux dirigés du module télédétection . 4ème année IEMC / école nationale des sciences de la mer et du littoral, algérie .
- **Kessar, R.** (2011). *The structure of blocks with a Klein four defect group*.environnement.algerie,p80
- **Kirk J T O, K.** (1983). *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*. Uk: Cambridge University.p236

- **laborantin, I. (s.d.).** *multiparamètre* . Consulté le 2021, sur le laborantin spécialité des matériel de laboratoire : <https://www.laborantin.com/produits/mesure-chimique-et-biochimique/multiparametres.html>
- **Lacaze J.C, L. (1996).** *La pollution des mers*. France : DOMINOS Flammarion.
- **Lacombe, J.-p., & SHEEREN, d. (2007).** *Téledétection Principes et Applications*. Toulouse, Agronomie et environnement.France .,p. 86
- **LAQ, E. (2005).** *laboratoire etude qualité sur l'environnement*.doctorat .environnement :Paris6,p.115
- **Leclaire L. (1972).** *La sédimentation holocène sur le versant Méridional du bassin AlgéroBaléares (Précontinent Algérien) (Vol. Tome XXIV)*. France/Paris: Edition de Muséum,p.360
- **Ledireach, L. (2013).** Indicateurs biologiques et physico-chimiques: Pollutions marines.p263
- **Lefebvre et al, 1. (1993).** *Circuits eau de mer traitements et matériaux*. TECHNIP,Chambre syndicale de la recherche et de la production du gaz naturel, Comité des techniciens,p.222
- **LEM by Hmana et Mazouz, L. (1994).** Récupéré sur laboratoire d'études maritimes.
- **Leveque.C. (1996).** *Ecosystèmes aquatiques , les fondamentaux* :Hachette ,p.255
- **M Robin. (2002).** *Étude des risques côtiers sous l'angle de la géomatique/Coastal hazards: a GIS approach to the men/nature interaction.*, p.102
- **Mahamat, Y. A. (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. 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.100
- **Meyer, R. . (2004).** *Botanique,Biologie et physiologie végétale*. Paris, France/Paris: editions Malouine.,p352
- **Mokhtar Kheladi. (1993).** *Urbanisme et systèmes sociaux : la planification urbaine en Algérie*. Office des publications universitaires.
- **Morel, P. L. (1977).** *Analysis of variations in ocean color. Limnology and Oceanograph vol 22*.
- **Mouni.I. (2003/2004).** Etude et caractérisation physico- chimique des rejets d Mémoire de Magistère en génie des procédés. génie chimique, algérie/bejaia.,p,97
- **MULLIN J. B et J. P RILEY, M. (1955).** *The spectrophotometric determination of nitrate in natural waters with particular reference to sea water*. anal chim.Acta.,p129
- **Murray .Brown. (1998).** *Ocean Data View 4.0, Oceanography*.
- **NASA. (2013).** *Landsat Missions*. Récupéré sur USGS science for a changing world : https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con
- **NASA.Earth.data. (s.d.).** *aqua/modis*. Récupéré sur oceancolor.gsfc.nasa.gov/data/aqua/
- **National Geographic Society . (2019).** Récupéré sur <https://www.nationalgeographic.org/>
- **Paterson, E. e. (1979).** *Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean*. ,p.425
- **Petterson L H, P. (1995).** *Remote sensing of Coccolithophorid blooms: The European Emiliana huxleyi programme-EHUX*. Final report to CEC under contract MASTCT92-0038, Brussels.p.150

- **Programme.Copernicus.** (2020). Récupéré sur https://infosessionfrance.eventsite.be/file/4/Introduction_acces_donnees
- **Ramade, F.** (2000). Dictionnaire Encyclopédique Des Pollutions In Premier Rapport De Conseil Sur La Qualité De l'Environnement De La Maison Blanche (1965). France: Ediscience International.,p .320
- **Ramade, F.** (2000). *Dictionnaire encyclopédique des pollutions.* France: Ediscience International.p.500
- **Raven.** (2007). *Biologie végétale.* :De Boeck.,P.190
- **Robinson I S, R.** (1985). *Satellite Oceanography: an introduction for oceanographers and remote-sensing scientists:*John Wiley & sons.,p.410
- **Rodier, J.** (2005). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer.* Paris (éd. DUNOD, 8ème), p. 331
- **Sathyendranath S, a. M.** (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.*:Dordrech, NATO ASI Series: Reidel Publish.,p. 256
- **Secchi, A. 1.** (1866). *Recherche sur les taches solaires et leurs mouvements :ifemer .,p140*
- **sKaLar.** (2007). Récupéré sur <https://fr.skalar.com/actualites/article/skalar-san-analyzer-for-sea-water-analysis-optimum-accuracy-and-performance>
- **Source World Port, S.** (2012). « *Port of Bejaia* ». Récupéré sur http://www.worldportsource.com/ports/localViews/DZA_Port_of_Bejaia_1418.php
- **Stickney, H., Hood, R., & Stoecker, D.** (2000). *The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems.* Ecol. Model.,p102
- UNESCO. (2017). *la pollution marine à l'échelle mondiale.* consulté le 10 octobre 2021.disponible sur UNESCO : (www.UNESCO.lapollutionmarineàl'échellemondiale.com)
- USGS. (2015). Récupéré sur (<http://landsat.usgs.gov>).
- **wood et al .** (1967). *Methods of wood chemistry:*l. P. New York.,p. 360
- **Zeitzschel, B.** (1978). *Phytoplankton manual ,Why study phytoplankton ? In: Sournia A.* Monographs on oceanographic methodology- UNESCO.,p. 420
- **Zouggaghe et Mouni et Taffer.** (2014). Qualité biologique du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam. (Nord de l'Algérie). *Larhyss Journal* , p. 21-33 .
- **Zourez.OH, e. F.** (2003). étude physico-chimique et biologique d'un écosystème aquatique :barrage de Boukourdane (Wilaya de Tipaza).mémoire d'ingénieur.environnement.Alger : ismal.,p87

Annexes

Annexe 1

- Les coordonnées géographiques des stations de la zone d'étude (**Tableau 1**) :

station	latitude	longitude
S1	36,9	4,7
S2	36,92	4,9
S3	36,845	5,158
S4	36,694	5,357
S5	36,748	5,22
S6	36,71	5,1
S7	36,802	5,47
S8	36,98	5
S9	37,126	5,24
S10	37,277	5,24
S11	37,34	4,7
S12	37,46	4,8
S13	37,461	5,302
S14	37,7	5,4
S15	37,71	5,083
S16	37,71	4,7
S17	37,87	5,282

Stations de côte 


Stations de large 

Tableau1

- Les concentrations des paramètres physico-chimiques pour chaque station à la surface de la mer le 17/07/2021 (**Tableau 2**)

Station	SST [Kelvin]	Salinité [PSU]	Ph	CO ₂ Dissous [mol/m ⁻³]	DBO ₅ [mg/l]	MES [g.m ⁻³]	Chl-a [mg.m ⁻³]
S1	296	38,09	7,98	2,27	50	0,16	0,09
S2	296	38,03	7,96	2,28	79	0,18	0,07
S3	297	38,02	7,95	2,28	90,9	0,23	0,06
S4	297	38,02	7,95	2,28	88	0,11	0,06
S5	297	38	7,95	2,27	90	0,16	0,07
S6	297	37,96	7,95	2,27	90,2	0,86	0,09
S7	296	37,98	7,95	2,29	91	0,21	0,07
S8	297,3	38,01	7,95	2,29	90,6	0,18	0,06
S9	298	38,17	7,95	2,29	93	0,11	0,07
S10	298	38,22	7,96	2,29	92	0,12	0,06
S11	297,5	37,94	7,96	2,29	80	0,14	0,07
S12	297,8	38,13	7,97	2,29	85	0,10	0,07
S13	298	38,38	7,97	2,30	110	0,07	0,05
S14	297	38,52	7,96	2,30	123	0,06	0,05
S15	298	38,44	7,96	2,30	117,3	0,07	0,05
S16	297,5	38,33	7,96	2,30	91,6	0,05	0,06
S17	298	38,39	7,96	2,30	124,5	0,04	0,05

- Les teneurs en sels nutritifs en surface de mer le 17/07/2021 (**Tableau3**)

Station	NO ₃ ⁻ [mmol/m ³]	NH ₄ ⁺ [mmol/m ³]	PO ₄ ³⁻ [mmol/m ³]	SiO ₂ ⁻ [mmol/m ³]
S1	0,12	0,07	0,02	2,35
S2	0,09	0,05	0,013	2,38
S3	0,10	0,05	0,011	2,39
S4	0,08	0,04	0,011	2,39
S5	0,08	0,04	0,012	2,38
S6	0,08	0,04	0,011	2,38
S7	0,11	0,06	0,01	2,39
S8	0,09	0,06	0,013	2,39
S9	0,10	0,07	0,013	2,41
S10	0,09	0,06	0,013	2,40
S11	0,08	0,06	0,013	2,39
S12	0,10	0,06	0,014	2,40
S13	0,11	0,07	0,013	2,41
S14	0,12	0,07	0,014	2,43
S15	0,14	0,08	0,013	2,43
S16	0,12	0,07	0,013	2,43
S17	0,11	0,07	0,011	2,43

Tableau 3

Annexe 2 (Étude comparatif)

- Les concentrations des paramètres physico-chimiques pour chaque station à la surface de la mer le 17/07/2016 (**Tableau 4**)

Station	SST[Kelvin]	Salinité [PSU]	Ph	CO ₂ Dissous [mol/m ³]	DBO ₅ [mg/l]	MES [g.m ⁻³]	Chl-a [mg.m ⁻³]
S1	297	37,2	8,02	2,23	45,7	0,17	0,29
S2	298	37	8	2,22	70	0,29	0,07
S3	298	37,3	8	2,21	98,3	0,25	0,07
S4	295	36,98	8	2,21	90	0,17	0,13
S5	298	36,96	8	2,21	93,6	0,14	0,10
S6	299	36,86	8	2,18	110	1,11	0,13
S7	295	36,92	7,99	2,22	91	0,16	0,10
S8	298	36,98	7,99	2,25	89,6	0,30	0,06
S9	298	37,07	8	2,29	91	0,15	0,07
S10	299	37,07	8	2,29	93	0,16	0,06
S11	297,3	37,08	8	2,28	79	0,16	0,06
S12	297,5	37,07	8	2,29	80	0,14	0,05
S13	298	37,1	8	2,30	112	0,13	0,06
S14	298,2	37,23	8	2,29	120	0,10	0,05
S15	298	37,19	8	2,29	116	0,10	0,05
S16	298,2	37,19	8	2,29	115	0,10	0,06
S17	298,2	37,14	8	2,29	119	0,05	0,05

Tableau 4

- Les teneurs en sels nutritifs en surface de mer le 17/07/2016 (**Tableau5**)

Station	NO ₃ ⁻ [mmol/m ³]	NH ₄ ⁺ [mmol/m ³]	PO ₄ ³⁻ [mmol/m ³]	SiO ₂ [mmol/m ³]
S1	0,89	0,24	0,02	1,93
S2	0,88	0,23	0,02	1,91
S3	0,90	0,22	0,02	2,05
S4	0,91	0,22	0,02	2,13
S5	0,92	0,22	0,02	2,13
S6	0,89	0,21	0,02	2,04
S7	0,91	0,21	0,02	2,10
S8	0,90	0,23	0,02	1,99
S9	0,74	0,22	0,02	1,74
S10	0,77	0,21	0,02	1,80
S11	0,58	0,16	0,01	1,57
S12	0,68	0,17	0,01	1,75
S13	0,63	0,14	0,01	1,68
S14	0,70	0,16	0,01	1,88
S15	0,69	0,16	0,01	1,86
S16	0,58	0,14	0,01	1,61
S17	0,63	0,15	0,01	1,74

Tableau5

- Les concentrations de la Chlorophylle a le (03/02/2020) et la SST le (31/07/2021) capter par le satellite Aqua/modis dans nos stations au littoral de Bejaia (**Tableau 6**)

Station	SST (°c)	Chl-a [mg.m ⁻³]
S1	19	0,5
S2	20	0,6
S3	25	0,7
S4	27	0,7
S5	20	0,8
S6	27	1,2
S7	18	0,4
S8	18	0,5
S9	23	0,9
S10	20	0,5
S11	16	0,9
S12	19	0,6
S13	15	0,5
S14	15	0,4
S15	14	0,3
S16	14	0,3
S17	12	0,2

Tableau 6

Résumé

La combinaison des données de sortie modèles et de télédétection est le sujet qui se présente dans ce travail a pour but d'évaluer et caractériser la chlorophylle a les paramètres physico chimique et quelques indicateurs de pollution de l'eau de mer, l'étude a permis de réaliser des modèles basée sur des mesure satellitaire et de détecter la distribution et les concentrations des différentes paramètres choisi et leurs variation dans la profondeur dans la zone d'étude ,cette technique établies, confirme une nouvelles possibilités d'analyse des eaux de mer et démontrent l'intérêt que comporte ce genre d'études et la facilité qu'elle donne pour connaitre la nature de l'eau de mer sans intervenir sur le terrain et investir des moyens prodigieux pour les analyses chimiques et les moyens logistiques. à fin d'atteindre notre objectif nous avons suivi une démarche pour extraction des données de sortie modèles et satellitaires à partir du programme international Copernicus et un traitement des images satellitaire avec des logiciels spécifiques au traitement des couleur des eaux marine .

Mots clés : données de sortie modèles, télédétection, paramètres physicochimique, indicateurs de pollutions, chlorophylle a, couleur des eaux marines.

The combination of model output data and remote sensing is the subject that arises in this work aims to assess and characterize the chlorophyll has physico-chemical parameters and some indicators of seawater pollution, the study has allowed to produce models based on satellite measurements and to detect the distribution and concentrations of the various parameters chosen and their variation in depth in the study area, this established technique confirms a new possibility of seawater analysis and demonstrate the interest that this type of study entails and the ease it provides for knowing the nature of seawater without intervening in the field and investing prodigious resources for chemical analyzes and logistical resources. to achieve our objective we followed a process for extracting model and satellite output data from the international Copernicus program and processing satellite images with software specific to the color processing of marine waters

Key words: model output data, remote sensing, physicochemical parameters, pollution indicators, chlorophyll a, and color of marine waters.

إن الجمع بين بيانات مخرجات النموذج والاستشعار عن بعد هو الموضوع الذي ينشأ في هذا العمل يهدف إلى تقييم وتوصيف الكلوروفيل له معايير فيزيائية كيميائية وبعض مؤشرات تلوث مياه البحر ، وقد سمحت الدراسة بإنتاج نماذج تعتمد على قياسات الأقمار الصناعية والكثف عن توزيع وتركيزات العوامل المختلفة المختارة وتباينها في العمق في منطقة الدراسة ، تؤكد هذه التقنية الراسخة إمكانية جديدة لتحليل مياه البحر وتوضح الاهتمام الذي ينطوي عليه هذا النوع من الدراسة والسهولة التي توفرها لمعرفة طبيعة مياه البحر دون التدخل في المجال واستثمار موارد هائلة للتحليلات الكيميائية والموارد اللوجستية. لتحقيق هدفنا ، اتبعنا عملية لاستخراج بيانات المخرجات النموذجية والأقمار الصناعية من برنامج كوبرنيكوس الدولي ومعالجة صور الأقمار الصناعية ببرنامج خاص بمعالجة الألوان للمياه البحرية

الكلمات المفتاحية: بيانات مخرجات النموذج ، الاستشعار عن بعد ، البارامترات الفيزيائية والكيميائية ، مؤشرات التلوث ، الكلوروفيل أ ، لون المياه البحرية