

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole nationale supérieur des sciences de la mer et de l'aménagement du littorales



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

Spécialité : Environnement marin et côtier

**Apport de la télédétection multi spectrale des eaux littorales
turbides Pour l'étude de la chlorophylle et la qualité des
eaux marines Le long de la cote algérienne (Ouest)**

Encadré par :

• Mme Houma BACHARI Fouzia

Réalisé par :

• DRICI Mohamed Anis

Soutenu le 08 juillet devant l'ensemble de jury composé de :

• Mr Kadaa Mohamed

• Mr Firad Benyahia

2024/2025

Remerciement

الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي لَهُ مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَلَهُ الْحَمْدُ فِي الْآخِرَةِ وَهُوَ الْحَكِيمُ
الْخَبِيرُ

On remercie Allah le tout puissant de nous avoir donnée la santé et la volonté s'entamer et de terminer ce mémoire.

-nos remerciement les plus sincères s'adressent à toute personne ayant eu la bonté et la patience de satisfaire notre curiosité et de nous aider dans notre travail par leurs précieux conseils, orientations et recommandations.

-Nous tenons à remercier Mme le professeur Botkrabt Lynda, la directrice de l'Enssmal, une personne qui nous inspire le plus grand respect-Notre attention se portera plus particulièrement sur Mme et Mr bachari mes chers encadreurs, des personnes qui nous ont offert l'opportunité d'effectuer.

Ce travail dans les meilleures conditions et nous ont formés avec précision grâce à leur grande expérience et leur contribution au bon déroulement de cet œuvre. Ainsi nous leur adressons notre plus profonde reconnaissance pour leur bon encadrement et pour conseils fructueux qu'ils n'ont cessé de nous prodiguer qui n'ont épargné ni temps, ni effort pour nous aider et répondre à nos questions

Nous devons notre connaissance à nos enseignants de l'Enssmal, nous les remercions non seulement pour le savoir qu'ils nous ont transmis, mais aussi pour fierté et l'ambition que leurs personnes nous inspirent

Que les membres de jury trouvent ici l'expression de nos vives gratitude d'avoir accepté d'évaluer notre travail et de nous enrichir par leurs inspirations intellectuelles

Nos respectueuses reconnaissances à tous les membres de ma famille (grand mère- mère ancêtres et mes sœurs pour leur soutien omniprésent

Enfin à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail.



DEDICACES

Avec l'expression de ma reconnaissance gratitude, je dédie cet humble et modeste ouvrage à ceux qui ; quels que soient les termes embrassés, je n'arriverai jamais à leur exprimer mon amour sincère.

au dieu le tout puissant ; très Mésicordieux qui ne m'a jamais abandonné.

-à ma chère grand-mère source de sagesse et de tendresse que dieu lui donne une longue et joyeuse vie.

-à la femme qui a souffert sans me laisser souffrir ; qui n'a jamais dit non à mes exigences et n'a épargné aucun effort pour me rendre heureux à ma très chère mère source d'affection et de tendresse

-à mes chères tantes et oncles maternels sources de noblesse et de courages spécialement ma tante Naima qui n'a cessé de m'orienter et me guider pour la perfection optimale de ce travail.

-à mes adorables sœurs qui savent procurer la joie et le bonheur pour toute la famille. En témoignage de fraternité avec mes souhaits de bonheur ; santé et succès.

-à tous les membres de ma famille

-à tous mes amis ; mes professeurs et mes encadreurs.

-Et à tous ceux qui compulse ce modeste travail

Résumé

La télédétection spatiale multi bande la télédétection multispectrale de SST et Chl-a est un outil indirect de prospection de la surface de la terre et puissant pour surveiller et comprendre les processus océaniques et lacustres à différentes échelles spatiales et temporelles, contribuant ainsi à la gestion durable des ressources naturelles et une avancée majeure dans notre capacité à comprendre et à surveiller les écosystèmes aquatiques à l'échelle globale. a nécessite une méthodologie d'un traitement d'image approprié à l'utilisation de ces données. 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 continuer à développer et à améliorer les techniques de traitement des données ainsi que les modèles prédictifs basés sur ces données

Dans ce travail nous avons mis en œuvre une application de traitement des images satellites fournissant des données précieuses pour la gestion des ressources aquacoles. en utilisant les méthodes suivantes :

- **Analyse des données multispectrales** : Exploration des techniques de traitement d'image et de classification spectrale pour extraire avec précision la SST et le Chl-a à partir de données satellitaires.
- **Modélisation des variations** : Développement de modèles statistiques et spatio-temporels pour quantifier les variations et prédire les tendances à long terme, évaluation de l'incidence des variations de la SST et du Chl-a sur les écosystèmes aquacoles, en mettant l'accent sur les espèces marines
- **Interactions SST-Chl-a** : Étude des relations complexes entre la SST et le Chl-a, en tenant compte des facteurs environnementaux et des cycles saisonniers Application de techniques de régression et de modélisation spatio-temporelle pour quantifier les variations et prédire les tendances à long terme
- **Utilisation des résultats** pour optimiser la gestion des fermes aquacoles, en tenant compte des conditions environnementales changeantes pour surveiller ces écosystèmes marines à large échelle et à intervalles réguliers,

Abstract

Multiband spatial remote sensing the multispectral remote sensing of SST and Chl-a is an indirect tool for surveying the earth's surface and powerful for monitoring and understanding oceanic and lacustrine processes at different spatial and temporal scales, contributing to the sustainable management of natural resources and a major advance in our ability to understand and monitor aquatic ecosystems on a global scale. This has enabled us not only to establish a processing methodology for the satellite images captured in our study area, but also to obtain results of different resolution. Continue to develop and improve data processing techniques and predictive models based on these data.

In this work we have implemented a satellite image processing application providing valuable data for aquaculture resource management. using the following methods:

Multispectral data analysis: Exploring image processing and spectral classification techniques to accurately extract SST and Chl-a from satellite data.

- **Variation modeling** : Development of statistical and spatio-temporal models to quantify variations and predict long-term trends, assessment of the impact of SST and Chl-a variations on aquaculture ecosystems, with a focus on marine species.

SST-Chl-a interactions : Study of the complex relationships between SST and Chl-a, taking into account environmental factors and seasonal cycles Application of regression and spatio-temporal modeling techniques to quantify variations and predict long-term trends.

- **Use of results to optimize farm management**, taking into account changing environmental conditions, and to monitor these marine ecosystems on a large scale and at regular intervals,

ملخص

يعد الاستشعار عن بعد الفضائي متعدد النطاقات لدرجة الحرارة والكلوروفيل-أ

أداة غير مباشرة لمسح سطح الأرض وقوية لرصد وفهم عمليات المحيطات والبحيرات على نطاقات مكانية وزمنية مختلفة، وبالتالي المساهمة في الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية وتقديم كبير في قدرتنا على فهم ورصد النظم الإيكولوجية المائية على نطاق عالمي. (أ) يتطلب منهجية لمعالجة الصور مناسبة لاستخدام هذه البيانات. سمح لنا ليس فقط بإنشاء معالجة لصور الأقمار الصناعية الملتقطة على مستوى منطقة دراستنا، ولكن أيضا للحصول على نتائج ذات دقة مختلفة، لمواصلة تطوير وتحسين تقنيات معالجة البيانات بالإضافة إلى النماذج التنبؤية القائمة على هذه البيانات

.في هذا العمل، قمنا بتنفيذ تطبيق معالجة صور الأقمار الصناعية الذي يوفر بيانات قيمة تحليل البيانات متعددة الأطياف: استكشاف تقنيات معالجة الصور والتصنيف الطيفي لاستخراج درجة الحرارة والكلوروفيل-أ بدقة من بيانات الأقمار الصناعية.

نمذجة الاختلافات: وضع نماذج إحصائية ومكانية - زمانية لتحديد التغيرات والتنبؤ بالاتجاهات الطويلة الأجل، وتقييم أثر التغيرات في لدرجة الحرارة والكلوروفيل-أ على النظم الإيكولوجية لتربية الأحياء المائية، مع التركيز على الأنواع البحرية

دراسة العلاقات المعقدة بين تفاعلات لدرجة الحرارة والكلوروفيل-أ

مع مراعاة العوامل البيئية والدورات الموسمية تطبيق تقنيات الانحدار والنمذجة المكانية والزمانية لتحديد الاختلافات والتنبؤ بالاتجاهات طويلة الأجل.

. استخدام النتائج لتحقيق الإدارة المثلى لمزارع تربية المائيات، مع مراعاة الظروف البيئية المتغيرة لرصد هذه النظم الإيكولوجية البحرية على نطاق واسع وعلى فترات منتظمة،

Table des matières

Résumé.....	5
Abstract	6
Listes des tableaux.....	13
Liste des abréviations.....	14
Introduction générale	15
Chapitre 1 : Acquisition et pré-traitement de données.....	19
1. Introduction	19
1.1 Définition de La télédétection :.....	19
1.2 Types des capteurs	19
1.2.1 Les paramètres physiques de la télédétection	22
1.2.2 Intérêt de l'estimation de la TSM.....	23
1.2.3 Programme copernicus	25
1.3 Satellite d'observation Sentinel 2	27
Presentation	27
.....	27
1.3.1 Caractéristiques.....	27
1.4 Satellites d'observation sentinelle 3.....	28
Présentation	28
1.4.1 Caractéristiques.....	29
1.4.2 Types de produits sentinelle 3.....	29
1.5 Accès et téléchargement des clichés sentinelle 2	30
.....	31
1.5.1 Procédures de téléchargement des Images Sentinelle 2LIC	31
1.5.2 Types de produits sentinelle 2	32
.....	33
.....	35
1.5.3 Spécification des produits sentinelle 2.....	35
1.6 Accès et téléchargement des clichés sentinelle 3	36
1.6.1 Téléchargement des produits sentinelle 3 OLI WFR couleur de l'océan.....	36
.....	36
1.6.2 Téléchargement des produits sentinel 3 SLSTR SST	36
.....	37
1.7 Lecture et manipulation des produits de sentinelle 2 et sentinelle 3	37
.....	38

1.7.1	La plateforme SNAP.....	38
	39
	Chapitre.....	39
	39
2	39
	Chapitre 2 : traitements des images sentinelle 2 et sentinelle 3.....	40
2.1	Le prétraitement des images :	40
2.2	Pré-traitement des images sentinelle 2.....	40
2.3	Les étapes de traitement comprennent.....	41
2.4	L'ouverture d'un cliché sentinelle 2.....	41
2.5	Visualisation du produit en RGB ou par bandes	41
2.6	L'importation des données vecteur sur la zone d'étude.....	43
2.7	Le rééchantillonnage (Resampling) à une résolution de 60 m	44
2.8	Extraction de la zone d'étude (Subset)	46
2.8.1	Batch processing traitement par lots.....	47
2.8.2	Connexion des opérateurs de graphes	49
2.8.3	Exécution du graphique.....	49
2.8.4	Le Processeur C2RCC	50
2.8.5	Profil plot.....	55
2.8.6	Données corrélatives	56
2.8.7	Masque ROI.....	56
2.8.8	Plot de corrélation	57
2.9	Ouverture d'un cliché sentinelle 3	58
2.9.1	Traitement des clichés sentinelle 3 OLI WFR et WST	58
2.9.2	Ouvrir cliché sentinelle 3.....	59
2.9.3	Traitement un cliché sentinell 3 WST	60
2.9.5	Importation des données vecteur sur cliché.....	61
2.9.6	Le sous-échantillonnage (Subsetting) pour notre zone d'étude	61
2.9.7	Calculer les statistiques et Profil plot et corrélatif plot	62
2.9.8	Traitement de l'images Sentinell 3 couleur de la mer WFR.....	63
2.9.9	importations des données vectrices sur l'images WFR.....	64
2.9.9	extractions de la zone d'étude.....	65
	Tracer des grides sur l'image.....	65
	Chapitre 3 : Zone d'étude	68
3.	Introduction	68
3.1	Situation géographique	68

3.2	Limites géographiques	68
3.3	Voies maritimes	70
3.4	Le climat et l'hydrographie	70
3.9	Potentialités de développement de la wilaya	72
3.9.3	Le réseau portuaire	72
	Chapitre 4 : Résultats et discussions.....	78
4.	Introduction	78
4.1	Les paramètres d'influence des espèces aquacoles	78
4.2	Tracer des histogrammes des paramètres physiques pour Années 2017 et 2018.....	80
4.4	Interprétation	85
	Chapitre 5 : Partie modélisation	88
5.	Introduction.....	88
5.1	La création des modèles de TSM/CHL-A de chaque mois et avoir le modèle le plus Corrélé :	88 88
5.1	Discussion.....	90
5.2	Création des modèles représentatif selon chaque 3 mois :	90
5.3	Tracer la matrice de corrélation pour la période de l'aquaculture pour distance de 1km et 5 Km	96
5.4	Interprétation	96
5.5	Rapport détaillée	97
5.6	Conclusion.....	97
5.7	Conclusion générale	99

Listes des figures

Figure 1: Capteur Infrarouge Thermique	20
Figure 2: Capteur Réflectance Active	20
Figure 3: Spectre électromagnétiques	21
Figure 4: La composition coloré de l'images multispectral	22
Figure 5: Schéma de profils de température dans la couche superficielle de l'océan	23
Figure 6: Spectre d'absorption de la chlorophylle	24
Figure 7: Schéma générale d'un satellite sentinel 2	27
Figure 8: Bandes spectrales et résolutions spatiales des images Sentinel-2.....	28
Figure 9: Schéma générale d'un satellite sentinelle 3	28
Figure 10: Visualisation de la carte interactive d'Open Access Hub	30
Figure 11: Volet de filtrage des données	31
Figure 12: Sélection de la zone d'intérêt	32
Figure 13: Affichage des résultats de la requête	34
Figure 14: Téléchargement de l'image	35
Figure 15: Téléchargement de l'image sentinelle 3 WFR.....	36
Figure 16: Téléchargements des images SLSTR sentinelle 3	37
Figure 17: Téléchargement de logiciel SNAP	38
Figure 18: Interface de logiciel SNAP Software	38
Figure 19: Prétraitement des images sentinelle 2	40
Figure 20: L'ouverture du produit	41
Figure 21: L'ouverture du produit	42
Figure 22: chargement d'image RGB	43
Figure 23 : L'importation des données vecteur sur la zone c	43
Figure 24: L'importation des données vecteur sur la zone	44
Figure 25 : Les différents étapes de rééchantillonnages resampling d'image5.....	46
Figure 26: Les différents étapes de rééchantillonnages resampling d'image	46
Figure 27: Extraction d'une zone d'étude	46
Figure 28: Constructeur de graphique et paramètres de rééchantillonnage.....	47
Figure 29 : Utilisation de l'outil Wicket pour modifier un opérateur de sous-ensemble51.....	48
Figure 30: Utilisation de l'outil Wicket pour modifier un opérateur de sous-ensemble	48
Figure 31: Connexion des opérateurs de graphes	49
Figure 32: chargement d'un graphique	49
Figure 33: Chargement des produits pour le traitement par lots	50
Figure 34: Le processus C2RCC	51
Figure 35: Image de chargement de la bande TSM	52
Figure 36: Application d'une palette de couleurs à un produit TSM	53
Figure 37: Image de chargement de la bande chl	54
Figure 38: Application d'une palette de couleurs à un produit chl.....	55
Figure 39: Tracer un polygone.....	55
Figure 40: Calcul des statistiques de tsm et chl.....	56
Figure 41: profil plot de Tsm et chl	57
Figure 42: corrélatif plot des paramètres	57
Figure 43: Tables attribue des données	58
Figure 44: Images sentinelle 2A MSIL1C traité par processeur C2RCC	58

Figure 45: Produit téléchargé avant et après l'extraction.....	59
Figure 46 : ouvrir un produit sentinell-32	59
Figure 47: ouvrir un produit sentinell-3	59
Figure 48: chargement d'une image Sentinell 3 WST	60
Figure 49: les étapes de projection.....	60
Figure 50: chargement de l'image projeté SLSTR WST (SST).....	61
Figure 51: Importation des données shapefile sur l'image projeté.....	61
Figure 52: Le sous-échantillonnage (Subsetting) de la zone d'étude	62
Figure 53: les différentes plot de la SST	62
Figure 54: chargements et colorisation des images chl-ROA -TSM par ordre.....	64
Figure 55: Importation des données shapefile.....	64
Figure 56: l'extraction de la zone d'étude de produit WFR	65
Figure 57: Tracer les grides lines	66
Figure 58: Littoral de Chlef (Ténès).....	69
Figure 59 : Carte des limites administratives et stations de wilaya de Chlef	69
Figure 60: Carte N°2 de localisation de la Wilaya	Figure 61: Carte N°3 géographique.....
Figure 62: Accès Maritimes	Figure 63: Morphologie de Ténès
.....	70
Figure 64: Carte N°4 D'hydraulique source carte d'aménagement.....	70
Figure 65: La pluviométrie de la wilaya de Chlef.....	71
Figure 66: Les vents dominants de la wilaya de Chlef.....	72
Figure 67: Carte N°5 de localisation de	Figure 68: Carte N°6 géographique de la commune
Béni houa (Map Carta)	73
Figure 69: La baie de béni houa.....	74
Figure 70: Vue panoramiques de la baie de béni houa	74
Figure 71: Carte de localisation de commune d'oued Ghousine (Map Carta)	75
Figure 72: Carte géographique de la commune d'oued Ghousine	75
Figure 73 Carte géographiques des fermes aquacoles d'oued ghousine	76
Figure 74: Vue panoramique de commune de Chlef « Oued Ghousine »	76
Figure 75: Histogramme de la Variabilité temporelle de la SST en 2017	80
Figure 76: Histogramme de la Variabilité temporelle de la SSS en 2017	81
Figure 77: Histogramme de la Variabilité temporelle de la CHL-A en 2017	81
Figure 78: Histogramme de la Variabilité temporelle de la OD en 2017	82
Figure 79 Histogramme de la Variabilité temporelle de la FC en 2017	82
Figure 80: Histogramme de la Variabilité temporelle de la SST en 2018.....	83
Figure 81: Histogramme de la Variabilité temporelle de la SSS en 2018.....	83
Figure 82: Histogramme de la Variabilité temporelle de la CHL-A en 2018.....	84
Figure 83: Histogramme de la Variabilité temporelle de la OD en 2018	84
Figure 84: Histogramme de la Variabilité temporelle de la FC en 2018	85
Figure 85: Variation de TSM avec concentration en chlorophylle En fonction de mois en	89
Figure 86: Variation de TSM avec concentration en chlorophylle en fonction de 3 mois	91
Figure 87: Variation saisonnière de la profondeur de la thermocline	92
Figure 88: Variation dès la SST et chlorophylle en distance 1Km ,5Km	96
Figure 89: Matrice de corrélation pour distance 1km et 5km.....	96

Listes des tableaux

Tableau 1: Les caractéristiques des imageries multispectral	22
Tableau 2: Types de produits Sentinel	33
Tableau 3: Tableau de pluviométrie de la wilaya de chlef	71
Tableau 4: Compositions de la flottille de la wilaya de Chlef Source (DPRH)	72
Tableau 5: Les paramètres de calcul des zones aquacoles	75
Tableau 6: étude globale des différentes paramètres physiques	80
Tableau 7: Tableau de corrélation des variables SST/CHL-A	93

Liste des abréviations

RGB	Red, Green, Blue
TSM	Température surface marine
Chl-a	Chlorophylle-a
SST	Sea surface temperature
CDOM	Colored Dissolved Organic Matter
FC	Facteur de courant
S	Salinité
OD	Oxygène dissous

Introduction générale

Les utilisations scientifiques des données d'observation de la terre depuis l'espace ont en plein développement, principalement dans l'espoir d'améliorer la prévision météorologique et océanographiques qui a débuté il y a environ 30ans. Comme le montre très vaste champ d'applications que ces techniques ont ouvert ou ont contribué à développer, en permettant l'accès aux mesures de nombreux « paramètres géophysiques » (vent, température de l'océan, hauteur dynamique, houles, marées, paramètres atmosphériques bilans radiatifs, concentration en chlorophylle de l'océan)

Le système terre repose sur une série d'équilibres mettant en relation les surfaces émergées, les Océans, l'atmosphère et le Cryo sphère. Au seins de ces interrelations, L'océan globale recèle plus de 60% des phénomènes géophysiques et écosystémiques qui joue un rôle primordiales et importants dans la régulations et l'établissement de notre climat à l'échelle planétaire (absorption de 93 % de la chaleur maintenue dans l'atmosphère produite par les gaz à effet de serre) conjointement l'ensemble des phénomènes climatiques est sous-tendu par la biosphère des principaux éléments naturels carbone, azote ou phosphore, Comme le corps humain est composé, En moyenne, de 70% d'eau.

Approximativement 71% de la surface du globe est couverte par les océans et mers soit 361 millions de km, L'océan cet univers fascinant occupe environ les 3/4 de la surface de notre planète (**Vilaginès, 2003**).Et contient 97 % de l'eau sur Terre offrant ainsi un volume de 1,3 milliards de km³ aux êtres vivants.

Soit plus de 99% de l'espace habitable sur terre océans et mers sont au cœur des pré *occupation d'une grande partie de l'humanité qui fournit le stockage du CO₂, production d'oxygène, ressource alimentaires, pharmaceutiques, minérales et énergétiques, voies de transports et de communications, de multiples ressources et reste un lieu unique d'activités, d'expériences et de loisirs et aussi le siège d'une énorme production primaire due au phytoplancton* : Sur notre planète, la moitié de la population vit à moins de 150 km du littoral. Avec un volume global est estimé à 1370 millions de km il'y'a 2.45 fois plus de mer que de terre.

Le milieu marin est considéré comme un véritable compartiment de la terre, caractérisé par l'interaction des différents écosystèmes parmi eux on note les écosystèmes côtiers. Le fonctionnement du milieu marin est un processus complexe vu les différents facteurs intervenant. Les côtes Algériennes s'étend sur une superficie de 2381741km², constituée d'une façade maritime de l'Est en Ouest de la méditerranée sont exposées aux différentes altérations Entropiques à cause de l'action humaine et terrestre. La côte Algérienne est de longueur 1300 km ce qui rend la connaissance de son environnement un défi non facile à réaliser. Suivre l'évolution spatiotemporelle du fonctionnement biologique des eaux côtières servent comme habitat à une variété très important de flore et faune, cette dernière nécessite des mesures de certains paramètres de base à savoir la température de surface de la mer (TSM) et le chlorophylle (Chl).

L'écosystème marin est principalement contrôlé par les communautés d'algues unicellulaires appelées phytoplancton qui constitue le premier maillon de la chaîne alimentaire leur dynamique de l'écosystème marin est alors dépendante de l'afflux constant d'énergie en provenance du soleil. (David Antoine, 1998). Son abondance dans les écosystèmes océaniques est essentielle à l'équilibre terrestre.

La problématique

Peut-on réaliser un suivi spatiotemporel de la TSM et la concentration de la Chl ?

Quelle est le principe de télédétection de la couleur de l'océan et la température de la surface de la mer et comment le phytoplancton et ses éléments associés la modifient et quel est le degré de confiance de la mesure et Quelle est intérêt de température de surface de la mer sur la concentration la chlorophylle et Comment varie les paramètres physico-chimiques de l'eau de mer avec la concentration de la chlorophylle et avec le taux de la pollution de milieux marins et leur impact en aquaculture ?

Pour répondre à cette problématique nous serons ramenés à évaluer et analyser la qualité des côtes ouest algéroises de la wilaya de chlef Nous allons nous munir d'une approche en double et un sens de critique pour établir le diagnostic combiné à des paramètres physico-chimiques du milieu marin pour tirer nos résultats. Nous déterminons ces deux approches pour vérifier leurs efficacités :

La première est une approche quantitative et l'autre une approche qualitative

Cette approche est purement quantitative sert à :

L'analyse du phytoplancton par le suivi de la qualité des zones littorales dans les eaux intertidales les plus turbides. On cherche à quantifier une variables géophysiques, à savoir la concentration de la chlorophylle. Pour minimiser le taux de pollutions des algues et végétaux marines.

D'améliorer la précision de l'évaluation de la concentration de la chlorophylle a Cartographier-modéliser : L'objectif de ce mémoire est d'explorer en profondeur application de la télédétection multispectrale dans l'évaluation de la concentration en chlorophylle et dans l'analyse de la qualité des eaux le long de la côte algérienne. Nous chercherons à comprendre comment cette technologie peut contribuer à une meilleure compréhension des écosystèmes côtiers, identification des variations spatiales et temporelles de la chlorophylle,

. Approche qualitative (échelle de couleur) analyses de mesures aéroportées ont montré la faisabilité de l'observation spatiales.

Ce document est structuré de la manière suivante : après cette introduction, le chapitre suivant présente une revue de littérature détaillée sur la télédétection multispectrale et les concepts liés à la chlorophylle et à la qualité des eaux marines Ce chapitre présente une vue d'ensemble de Sentinel-2, ses caractéristiques techniques et les produits disponibles. Nous explorerons également les méthodes d'accès et de téléchargement des images Sentinel-2, ainsi que les spécificités du pré-traitement nécessaire pour optimiser l'analyse des données. Ensuite, nous détaillerons la méthodologie utilisée pour la collecte des données, l'analyse et l'interprétation des résultats. Les résultats obtenus seront présentés dans un chapitre dédié, suivi une discussion

approfondie sur leur signification et leurs implications. Enfin, nous concluons en mettant en avant les principales conclusions et recommandations découlant de cette étude²

Chapitre

1

ACQUISITION ET PRÉ-TRAITEMENT DE DONNÉES

Chapitre 1 : Acquisition et pré-traitement de données

1. Introduction

"L'homme ne peut observer les phénomènes qui l'entourent que dans des limites très restreintes ; le plus grand nombre échappe naturellement à ses sens, et l'observation simple ne lui suffit pas. Pour étendre ses connaissances, il a dû amplifier, à l'aide d'appareils spéciaux plus récente regroupe l'ensemble des techniques liées à l'analyse et à l'utilisation des données satellitaires contribue dans une large mesure au suivi la qualité des eaux marine par l'acquisition d'images sous le nom de « Télédétection ».

Les satellites de la télédétection offrent aujourd'hui une cartographie zonale (Météosat) à l'échelle de 1/1 000 000 et une cartographie régionale (Landsat) à l'échelle du 1/50 000 (**claud bardinet,1981**).

1.1 Définition de La télédétection :

La télédétection spatiale multibande est un outil indirect de prospection de la surface terrestre. Elle est très performante s

Le mot télédétection La télédétection (détection à distance, Remote Sensing (RS) en anglais) La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre (y compris l'atmosphère et les océans), sans contact direct avec celle-ci et fournit des données d'observation de la Terre en effet L'utilisation de la télédétection spatiale permet d'étendre, d'uniformiser et d'accélérer la couverture spatiale et temporelle de certains paramètres océaniques qui peuvent être particulièrement utiles pour la cartographie et la modélisation en milieu marin est une technique aérospatiale qui utilise l'énergie électromagnétique.

La télédétection occupe une place essentielle au sein des moyens d'investigation du milieu marin. Son premier a tout est l'apport d'une vision répétitif et synoptique sur certains processus impossible à appréhender par les moyens d'échantillonnage conventionnels de plus, la répétitivité des observations à partir de l'espace, l'évolution spatio-temporelle, souvent rapide ainsi englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information,) d'une façon distincte dans les diverses parties du spectre, en fonction du temps et de sa localisation dans l'univers.

Le processus de la télédétection nécessite 4 composants : une source de lumière (soleil) le rayonnement électromagnétique qui véhicule l'information, une cible (surface de la terre et un capteur. Un capteur peut être « passif » ou « active » Schéma suivant :

1.2 Types des capteurs

Le capteur passif fournit la lumière ou la chaleur, qu'il soit émis, réfléchi ou réfracté (ex : photographies aériennes du paysage éclairé par la lumière du soleil ainsi que certaines images satellitaires comme SENTINEL-2, LANDSAT, IKONOS, SPOT,...) peut seulement percevoir l'énergie réfléchie et dispersée lorsque le Soleil illumine la Terre. Il n'y a donc pas d'énergie solaire réfléchie le soir, tandis que l'énergie dégagée naturellement (l'infrarouge thermique) peut être perçue le jour ou la nuit.

Le capteur actif produit sa propre énergie pour illuminer la cible : il dégage un rayonnement électromagnétique qui est dirigé vers la cible. Le rayonnement réfléchi par la cible est alors perçu et mesuré par le capteur. Le capteur actif a l'avantage de pouvoir prendre des mesures à n'importe quel moment de la journée ou de la saison. Les capteurs actifs utilisent les longueurs d'onde qui ne sont pas produites en quantité suffisante par le Soleil telles que les hyperfréquences ou pour mieux contrôler la façon dont une cible est illuminée. (ex : images radar (SENTINEL-1,...)) schéma suivant :

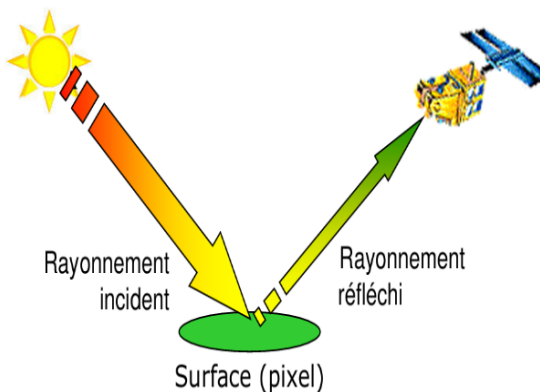


Figure 2: Capteur Réflectance Active

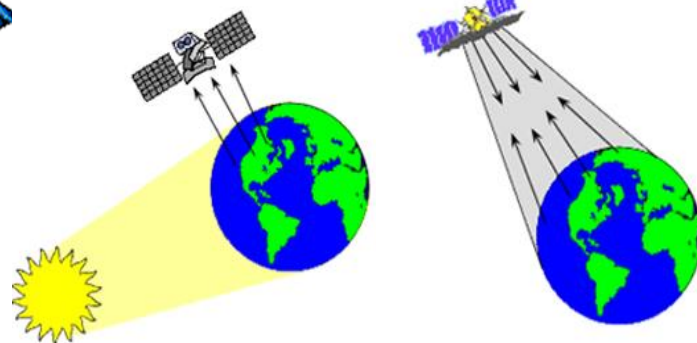


Figure 1: Capteur Infrarouge Thermique

De nos jours, les capteurs imageurs satellitaires (passifs ou actifs) exploitent différents domaines du spectre électromagnétique, allant de l'optique aux hyperfréquences selon le spectre électromagnétique.

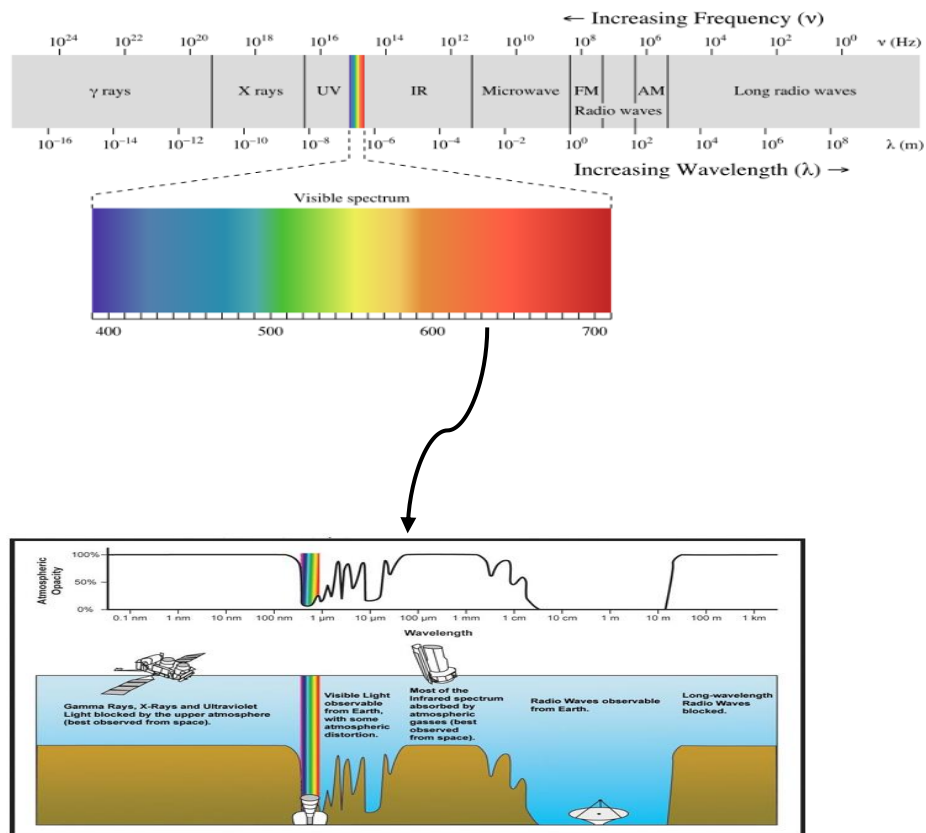


Figure 3: Spectre électromagnétiques

(Source : http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum)

Les capteurs satellitaires permettent une analyse plus efficace repose sur la distribution multi temporelle et l'utilisation du spectre de la lumière visible, de l'infrarouge (analyse multispectrale) Qui peut être mesurée depuis l'espace et fournissent une couverture de la TSM et de la Chl- α à haute résolution spatiale et temporelle dans l'eau de mer de surface. (**Lamia Ali et al ,2021**) ainsi Les données d'imagerie multispectrale contenant l'énergie réfléchie produites par des capteurs multispectraux tels que ASTER, OLI, TM et ETM + consiste à l'acquisition simultanée d'images en quelques bandes spectrales (presque de 5 à 20 bandes), de largeur relativement large (presque 50 nm) occupant des gammes de longueurs d'ondes spécifiques du spectre électromagnétique (visible, proche infrarouge, moyen infrarouge, infrarouge thermique) (Figure 1). Par conséquent, ces caractéristiques en plein essor permettent une bonne identification des cibles (**Ducart et al., 2016**). Au final, les 3 bandes d'information numérique sont représentées par combinaison des trois couleurs primaires (rouge, vert, bleu,RVB) dans le spectre visible sont combinées. Chaque bande est visualisée selon une échelle monochromatique correspondant à la couleur appropriée. Ces images sont

alors mixées de manière à produire l'intervalle entier des couleurs du visible **pour obtenir des images en couleur** (Multispectrales).

Visualisation simultanée de 3 bandes spectrales : **compositions colorées** => Synthèse additive **R, V, B** sur un écran

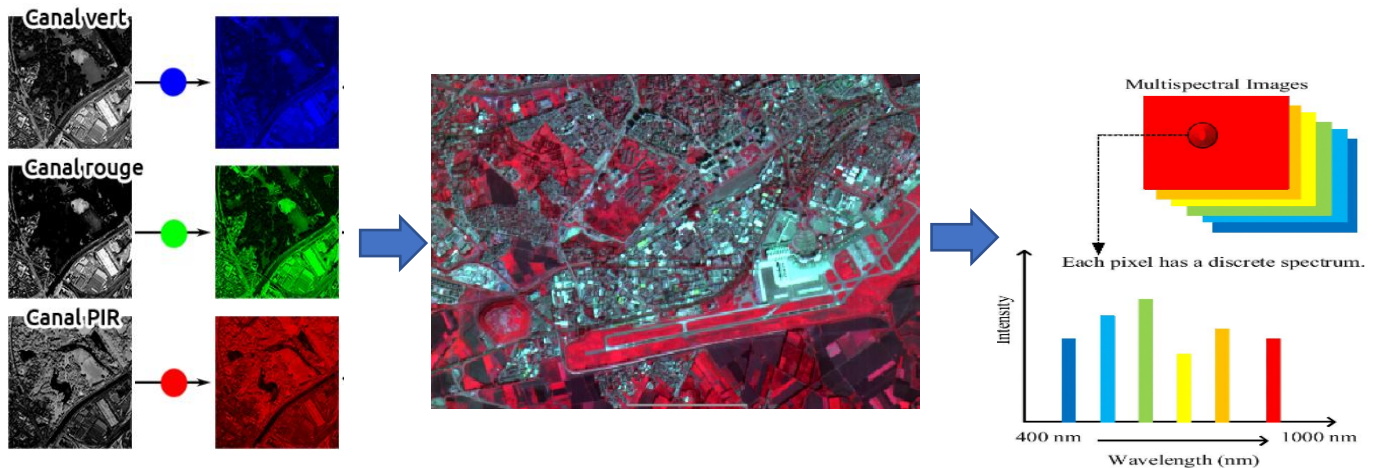


Figure 4: La composition coloré de l'images multispectral

Imagerie multispectrale
3-10 Bandes spectrales discrètes et séparées
Résolution spectrale limitée et traitement plus simple
Pas aussi flexible
Instrumentation et configuration moins chères
Vitesse de production plus rapide

Tableau 1: Les caractéristiques des imageries multispectral

1.2.1 Les paramètres physiques de la télédétection

➤ La couleur de l'eau :

La couleur de l'eau est déterminée par les interactions de la lumière solaire incidente avec les substances et les particules présentes dans l'eau. On peut voir les différents couleurs de l'eau à partir de la réflexion des rayons lumineux par les objets, dépend des différentes particules en suspension (phytoplancton et sédiment), ainsi que de certaines substances dissoutes colorées (substances jaunes ou CDOM (Colored Dissolved Organic Matter)) sont composées de matières organiques dégradées produisant des tanins. Ils absorbent les courtes longueurs d'onde jusqu'au bleu et réfléchissent les longueurs d'onde entre 500 nm et 700 nm (vert-jaune-orange). Ainsi Les substances dans l'eau de mer qui affectent la couleur réfléchi sont le phytoplancton.

La lumière blanche est composée d'une combinaison (ou « spectre ») de couleurs, que les gouttes d'eau séparent en un arc en ciel. Quand la lumière atteint la surface d'un objet, les différentes couleurs peuvent être absorbées, transmises, dispersées ou réfléchies selon différentes intensités cette dernière est la mesure du rayonnement spectrale obtenu à partir de la réflectance dans la bande visible.

La TSM et le Chl- α sont les paramètres océanographiques essentiels pour l'étude des processus physiques et biologiques. Paramètres océanographiques essentiels pour l'étude des conditions biologiques et des changements environnementaux. (Ali Lamia et al, 2021).

➤ Température de la surface de la mer SST :

C'est la température de l'eau dans la couche superficielle mélangée de 10 m ou « couche mixte ». De la mer (TSM) est une importante variable océanographique comprenant la Radiométrie infrarouge thermique et la radiométrie hyperfréquence passive. ; C'est un paramètre difficile à définir précisément car dans cette couche supérieure de l'océan, la structure thermique verticale est relativement complexe et variable vu qu'elle est influencée par l'échange air-mer, l'humidité, la quantité de mouvement et la turbulence de l'océan (Minnett et al., 2019)). L'océan émet un rayonnement dans l'infrarouge thermique et dans la bande des micro-ondes. Les capteurs infrarouges ont une meilleure résolution (1 km) que les micro-ondes (25 km), présenté 5 t types de température de surface : (schéma suivant)



Figure 5: Schéma de profils de température dans la couche superficielle de l'océan

Le principe de mesure se base sur les propriétés de la surface océanique à émettre Un rayonnement dans l'infrarouge thermique et dans le domaine des micro-ondes, Dont l'intensité varie en fonction de sa température. Est un paramètre clé qui influence le transfert de chaleur entre l'océan et l'atmosphère. Et joue donc un rôle important dans la régulation du climat et de sa variabilité, à l'échelle régionale et mondiale. Les TSM ont également une influence majeure sur la fonction de l'écosystème marin.

1.2.2 Intérêt de l'estimation de la TSM

70% environ de la surface de la Terre est recouverte par les océans. Connaître en permanence la température de l'océan mondial permet de :

Suivre l'évolution des courants marins.

Localiser les zones d'upwellings (remontées d'eaux profondes en surface).

Etablir des cartes de fronts thermiques.

Détecter les phénomènes de type El Nino.

Suivre son évolution à l'échelle spatio-temporelle

➤ La chlorophylle CHL a :

Pigment photosynthétique principal du phytoplancton, qui est utilisé comme indicateur de la biomasse de phytoplancton. Unités: mg m⁻³ qui absorbe le rouge (620-700 nm) et le bleu (446-500 nm) et réfléchit le vert (500-578 nm). Les particules peuvent réfléchir et absorber de la lumière, ce qui réduit la clarté (transmission de la lumière) de l'eau.

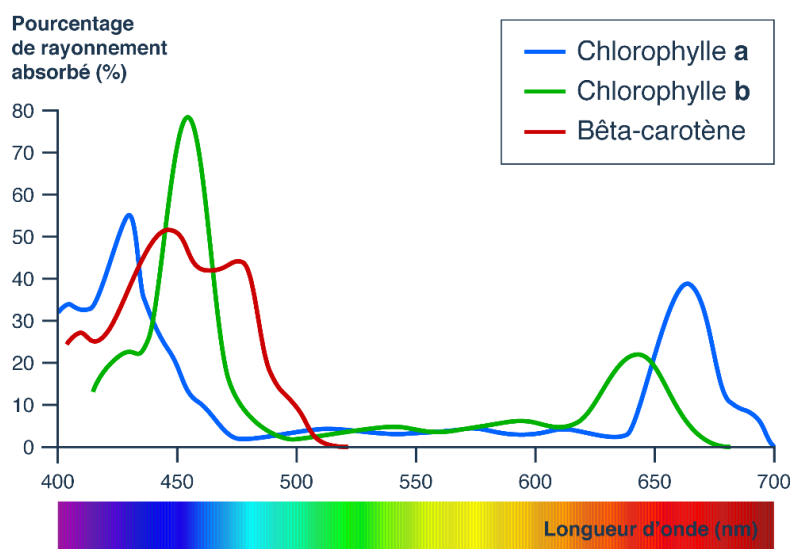


Figure 6: Spectre d'absorption de la chlorophylle

➤ Matière de suspension :

La matière en suspension ;

La présence de matière en suspension dans l'eau de mer peut avoir diverses répercussions sur les écosystèmes marins, notamment en altérant la qualité de l'eau, en réduisant la pénétration de la lumière nécessaire à la photosynthèse des organismes marins, et en contaminant les habitats et les espèces marines. Par conséquent, il est crucial de surveiller ces particules pour évaluer et minimiser leur impact sur les océans et les écosystèmes côtiers.

1.2.3 Programme copernicus

✚ Définition :

Copernicus est le programme d'observation de la Terre de l'Union européenne Il fournit des données, des informations et des services basés sur des données d'observation de la Terre par satellite et sur des données in situ (non spatiales)

Copernicus s'appuie sur la technologie spatiale et les moyens au sol des pays membres du programme et développe une constellation de familles de satellites appelés Sentinel. Les images acquises par ces satellites sont en accès total, ouvert et gratuit.

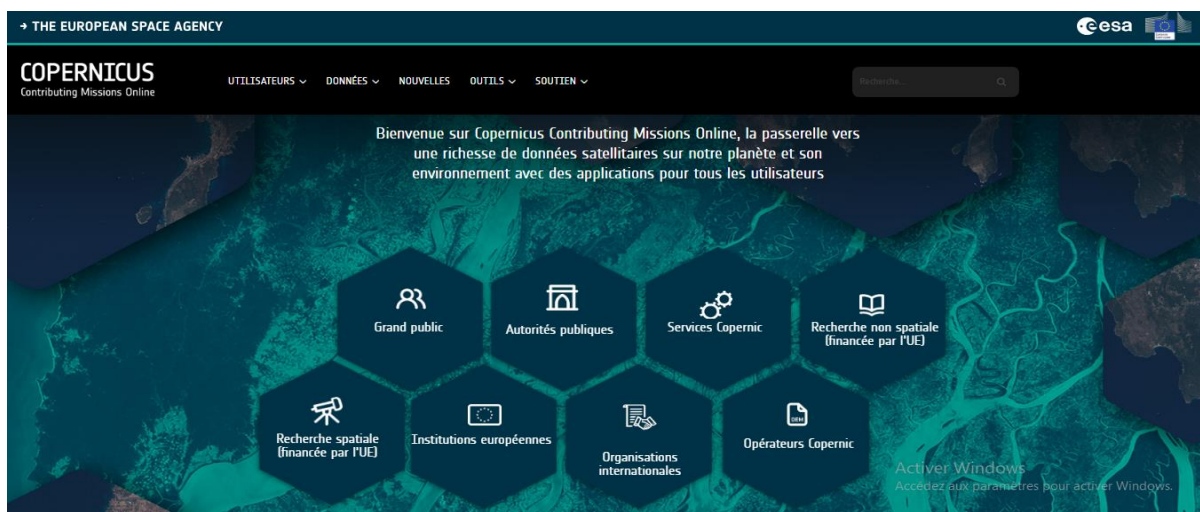
- ✚ Sentinel-1A Radar à synthèse d'ouverture
- ✚ Sentinel-1B Radar à synthèse d'ouverture
- ✚ Sentinel-2A Capteur optique multispectral
- ✚ Sentinel-2B Capteur optique multispectral
- ✚ Sentinel-4 Capteur de chimie atmosphérique
- ✚ Sentinel-5 Capteur de chimie atmosphérique
- ✚ Sentinel-6 Radioaltimètre
- ✚ Sentinel-3A Capteur optique moyenne résolution et altimètre
- ✚ Sentinel-3B Capteur optique moyenne résolution et altimètre
- ✚ Sentinel-5P Capteur de chimie atmosphérique

Le programme Copernicus : Lien du programme : [Accueil | Le CMEMS \(copernicus.eu\)](https://www.copernicus.eu/)

✚ Les services de copernicus

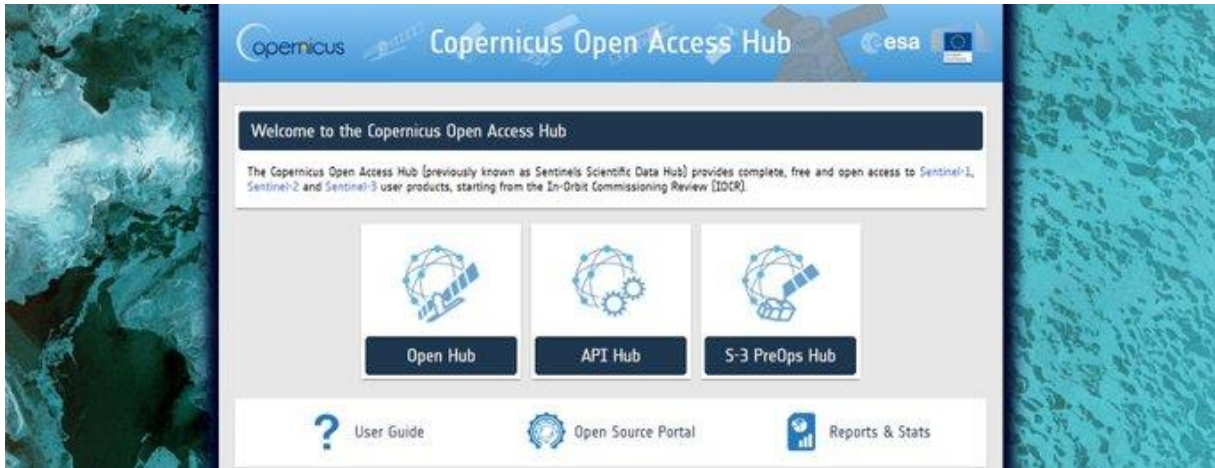
- ✚ **Copernicus Space Component Data Access system (CSCDA)** est un portail d'accès aux produits issus des images Sentinel.

Lien : <https://spacedata.copernicus.eu/web/cscda/datasets>



- ✚ **Copernicus Open Access Hub** est un portail d'accès aux images Sentinel via une interface utilisateur graphique interactive. Le portail donnera également accès aux données produites par les futures missions Sentinel lorsqu'elles seront disponibles.

Lien : <https://scihub.copernicus.eu/>



Les services Copernicus transforment cette multitude de données satellitaires et in situ en informations actualisées et exploitables grâce au traitement et à l'analyse de ces données

- ✚ **copernicus service marine**

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



Copernicus propose des images et des produits dérivés de ces images. Sur le Copernicus Open Access Hub, 3 types d'images sont disponibles en téléchargement :

- ✚ Sentinel-1 : observation radar, jour et nuit, de la terre et des océans
- ✚ Sentinel-2 : observation optique moyenne résolution des terres émergées

- ✚ Sentinel-3 : observation des océans et surfaces terrestres par optique multispectrale, infrarouge et altimétrie.

1.3 Satellite d'observation Sentinel 2

Présentation

La mission GMES Sentinel-2 contribuera à une variété de services qui reposent sur des d'acquisition d'imagerie multispectrale à large bande et à haute résolution spatiale soutient de applications opérationnelles principalement pour les surfaces terrestres mondiales Ils ont été développés par l'Agence Spatiale Européenne(ESA)Dédiée au programme européen Copernicus, , y compris la surveillance de la végétation, du sol et de la couverture des eaux, ainsi que l'observation des voies navigables intérieures et des zones côtières.

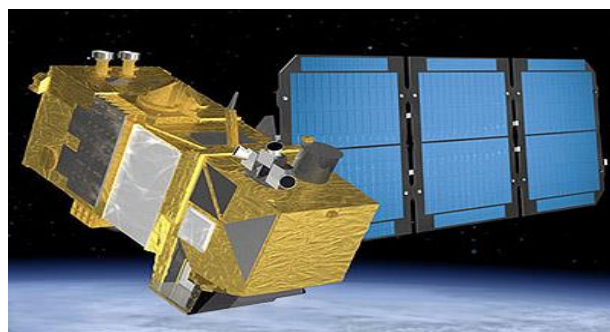


Figure 7: Schéma générale d'un satellite sentinel 2

1.3.1 Caractéristiques

Sentinel-2 se compose de deux satellites jumeaux :

Sentinel-2A (lancé le 23 juin 2015)

Sentinel-2B (lancé le 7 mars 2017).

Les deux satellites ont la même orbite, mais sont séparés de 180° pour une couverture et une transmission des données optimales sur une orbite héliosynchrone à une altitude moyenne de 786km avec un large champ de vue ; toutes les terres, 290km de fauchée et une revisitabilité élevée avec une fréquence de revisite de 5 jours à l'équateur avec deux satellites, La Durée de vie du chaque satellite : 14 ans (7 ans pour S2A, S2B, remplacés par S2C et S2D) => Investissements rentables sur le long terme

La mission vise à couvrir systématiquement à l'échelle mondiale toutes les surfaces continentales de 56°S à 84°N, les eaux intérieures, les zones côtières jusqu'à 20 km du rivage, les îles de plus de 100km², la mer Méditerranée, les masses d'eau intérieures et les mers fermées. Les satellites sont équipés de l'instrument MSI (Multispectral imager) qui permet une imagerie à haute résolution spatiale de 10m. Le MSI mesure la radiance réfléchie à travers l'atmosphère dans 13 bandes spectrales dans le visible, le proche infrarouge et le court rouge partie du spectre

En 60m :443nm, 940nm, 1375nm

En 20m :705nm, 740nm, 783nm, 865nm, 1610nm, 2190nm

En 10m: 490nm, 560nm, 665nm, 842nm.

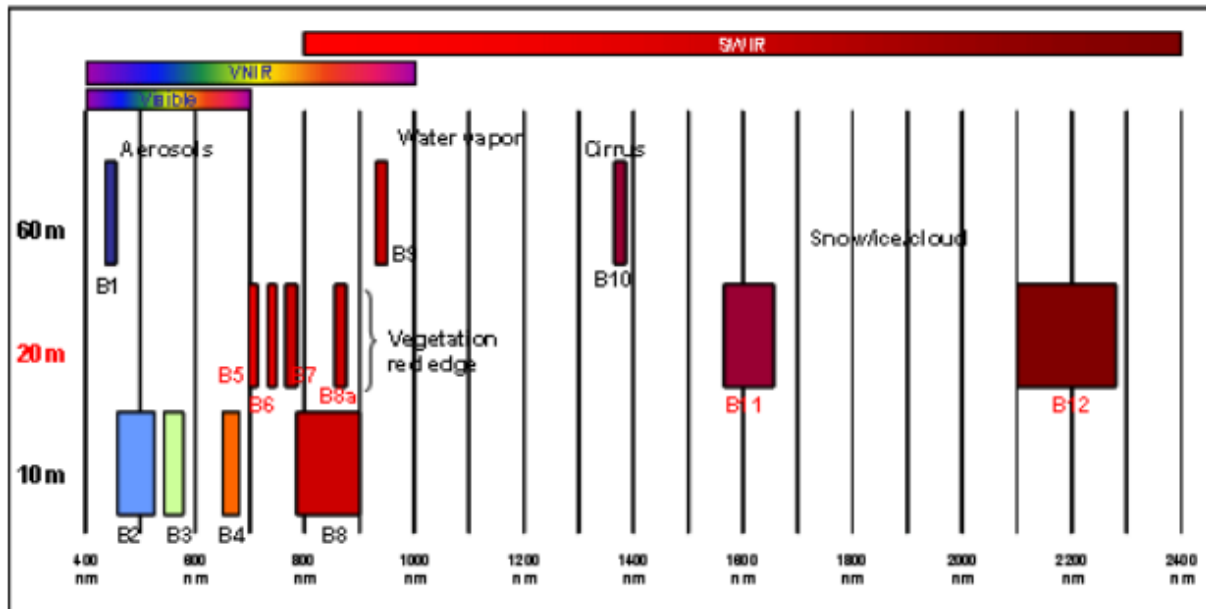


Figure 8: Bandes spectrales et résolutions spatiales des images Sentinel-2

1.4 Satellites d'observation sentinelle 3

Présentation

Sentinel-3 est une série de satellites d'observation de la Terre développés par l'Agence spatiale européenne (ESA) dans le cadre du programme Copernicus. La mission est conçue pour soutenir

Les applications relatives aux océans, aux terres, à l'atmosphère, aux situations d'urgence, à la sécurité et à la cryosphère.

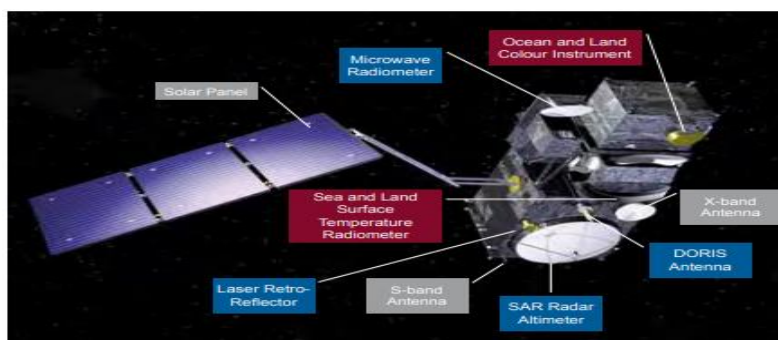


Figure 9: Schéma générale d'un satellite sentinelle 3

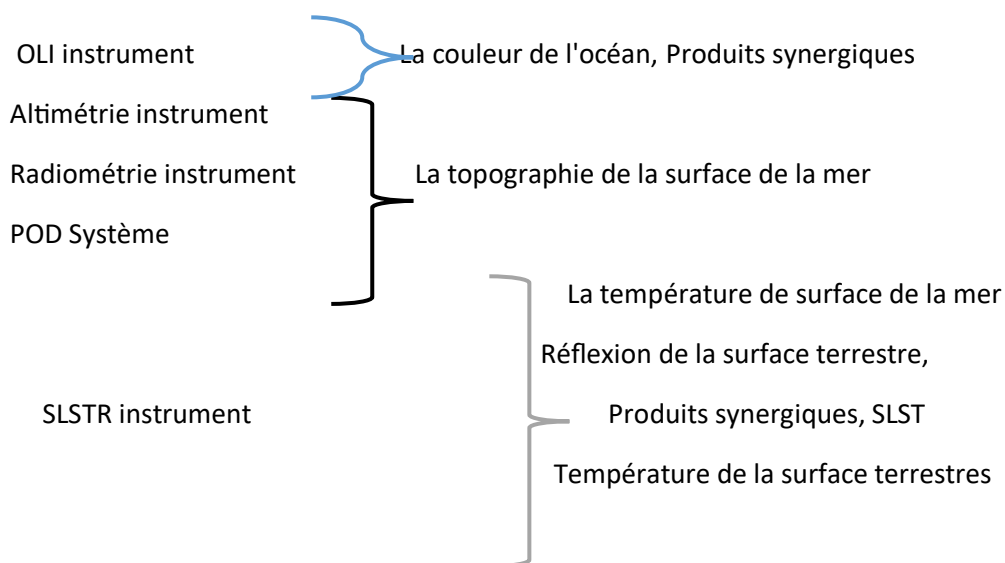
1.4.1 Caractéristiques

Deux satellites Sentinel-3 sont actuellement en service :

Sentinel-3A a été lancé en février 2016.

Sentinel-3B a été lancé en avril 2018.

Les deux satellites transportent une série d'instruments assure la continuité d'une capacité de mesure océanique de type ENVISAT avec une qualité constante, un niveau de disponibilité très élevé (> 95 %), une précision et une fiabilité élevées, et de manière opérationnelle soutenue, de Mesure les paramètres suivants :



1.4.2 Types de produits sentinelle 3

SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer) et OLI (Operational Land Imager) sont deux instruments embarqués sur les satellites Sentinel-3. Ils mesurent tous deux la température de la surface de la **terre, Mais** ils se font de manière différente at avec des résolutions spatiales différentes (SLSTR) couvrant 9 bandes spectrales (550-12 000 nm), balayage à double vue.

SLSTR est un instrument infrarouge thermique qui mesure la température de la surface de la terre **et de la mer** dans trois 3 bandes **VNIR ,3bande SWIR ,5bande IR thermique**

9 μm : Cette bande est sensible à la température de la surface terrestre.

11 μm : Cette bande est sensible à la température de la surface de la mer.

12 μm : Cette bande est utilisée pour corriger la vapeur d'eau atmosphérique.

Le SLSTR a une résolution spatiale de 500 mètres pour les bandes 11 μm et 12 μm , et de 1 km pour la bande 9 μm . Cela signifie qu'il peut mesurer la température de petits éléments tels que les lacs, les rivières et les zones urbaines. La couverture de la fauchée de l'instrument.

Bande de vue oblique : ~ 740 km

Bande de vue Nadir : $\sim 1\,400$ km.

SLSTR Présente une résistibilité de 0.9jour à l'Equateur avec 2 satellites

OLI est un instrument dans le visible et le proche infrarouge qui mesure la réflectance de la surface de la Terre dans neuf bandes. Les données d'OLI peuvent être utilisées pour cartographier la couverture terrestre, le type de végétation et d'autres caractéristiques de la surface. est basé sur l'héritage de l'instrument MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) d'Envisat.

OLI couvrant 21 bandes distinctes dans le domaine spectral de 0,4–1,02 μm (400-1020 nm) 16 bandes visible 5 bandes dans le proche infrarouge 30 mètres pour huit des bandes et de 10 mètres pour la bande panchromatique. Cela signifie qu'il peut fournir des images très détaillées de la surface de la mer.

Ainsi offre un temps de passage de 27 jours (385 orbites). Le champ de vision champ de vision d'OLCI et sa largeur de fauchée de 1270 km, permet une couverture globale à l'équateur peut être assurée en 2 à 4 jours avec un et en moins de deux jours avec deux satellites.

Altimètre à radar à synthèse d'ouverture (SRAL) Bande Ku (300 m après traitement SAR) et bande C.

Radiomètre à micro-ondes (MWR) à double fréquence à 23,8 et 36,5 GHz.

1.5 Accès et téléchargement des clichés sentinelle 2

Les données produites par Sentinel 2 sont accessibles gratuitement sur le site web Copernicus OpenAccessHub. Lien : <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

Le volet « Open Access Hub » permet d'accéder à toutes les données des missions Sentinel, via l'interface graphique montré



Figure 10: Visualisation de la carte interactive d'Open Access Hub

Pour télécharger les images, Il existe plusieurs sites internet qui permettent le téléchargement des images sentinelle, Mais nous avons retenu le site web permettant l'accès à la base de données le point d'accès est le Copernicus Access Hub qui propose une interface graphique interactive. L'utilisateur doit créer un compte (gratuit et ouvert à tous). Une fois identifié, L'utilisateur peut télécharger les données via le portail en sélectionnant des données par date, par Type de satellite, en fonction du couverture pourcentage %de couverture nuageuse selon une emprise sur la carte.



Figure 11: Volet de filtrage des données

1.5.1 Procédures de téléchargement des Images Sentinelle 2L1C

Afin de trouver et de télécharger les données nécessaires, nous devons suivre les étapes suivantes

- 1- Sélection de la zone d'intérêt.
- 2- Choix des critères de sélection.
- 3- Ajout de produits au panier.
- 4- Téléchargement des produits.

Sélection de la zone d'intérêt :

- 1- Nous faisons un zoom avant sur la zone d'intérêt.
- 2- On passe en « Mode navigation » en cliquant sur l'icône Passer en mode navigation.
- 3- On sélectionne la zone en dessinant une boîte qui est un filtre spatial, qui s'active en cliquant sur la carte avec le bouton droit de la souris, ou en activant le bouton « Switch to mode area » à droite de la carte. Un carré bleu s'affiche pour montrer la sélection choisie.

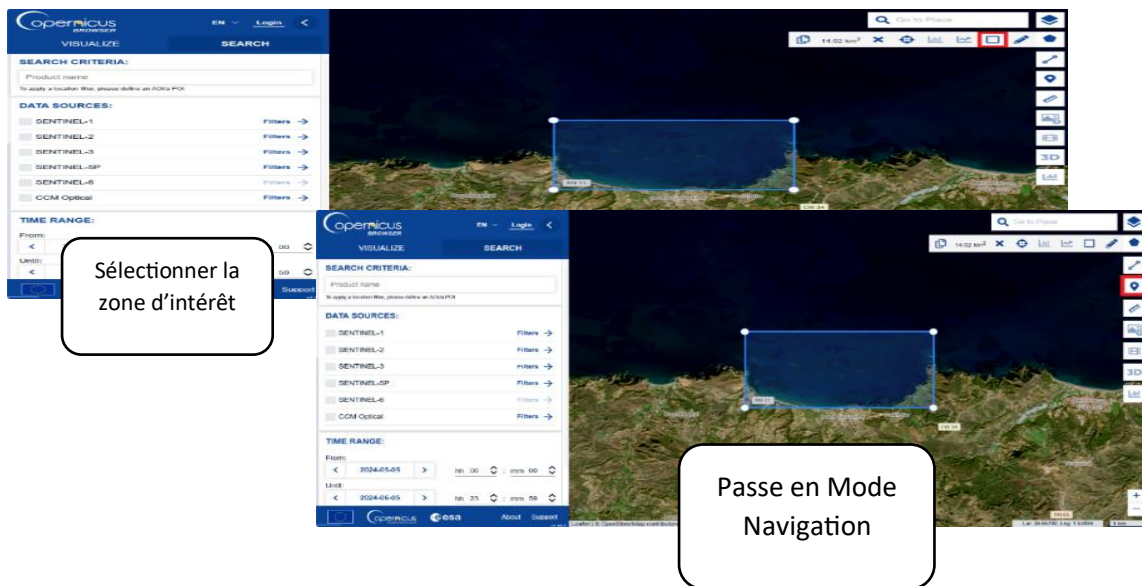


Figure 12: Sélection de la zone d'intérêt

1.5.2 Types de produits sentinelle 2

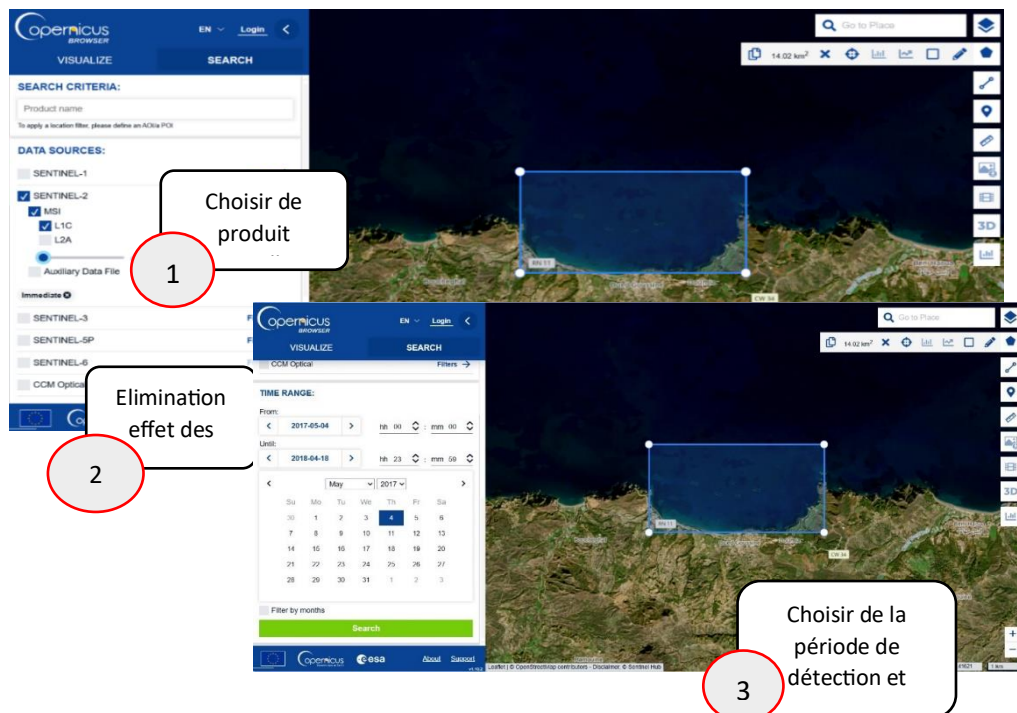
Une fois sélectionner la zone d'intérêt vous pouvez choisir votre type de produit ainsi les critères de recherche nous donnent la possibilité d'affiner notre recherche et de trier nos résultats en fonction de la mission (Sentinel 1, 2 ou 3), de la période de détection et d'ingestion, ainsi que du type de produit recherché. Elimination d'effet des nuages est important pour une vision claire.

Deux types de produits sont proposés aux utilisateurs pour la mission Sentinel 2,

Level-1C et Level-2A. Les tuiles dans les deux produits sont des ortho-images de 100x100 km² en projection UTM/WGS84.

Types et Niveau de mission	Description de haut niveau	Production and Distribution	Data Volume	Nature de images
Level-1C	Réflexions au sommet de l'atmosphère en géométrie cartographique	Génération systématique et distribution en ligne	600 MB (each 100x100 km ²)	1C est une image ortho-rectifiée en réflectance TOA (Top-of-Atmosphere) avec un masque nuage
Level-2A	Réflectance du fond de l'atmosphère en géométrie cartographique	Génération systématique et distribution en ligne et génération du côté de l'utilisateur (à l'aide de la boîte à outils Sentinel-2)	800 MB (chacun 100x100 km ²)	2A une image ortho-rectifiée en réflectance BOA (Bottom-of-Atmosphere)

Tableau 2: Types de produits Sentinel



Les résultats sont affichés en liste, avec des informations pour chaque image sont aussi disposées sur la carte. La requête est ensuite exécutée, et les résultats sont affichés à la fois sur la carte et sur le tableau, concernant les informations affichées dans la Figure 5, on peut lire le nom de l'image, qui définit précisément l'image :

- **S2B : Acquisition par le satellite Sentinel 2 B**
- **MSIL1C : Acquis par l'instrument MSI, avec traitement 1C pour enlever les effets de l'atmosphère.**
- **20171224T104429 : La photo a été prise le 24 Décembre 2017 à 10 heures 44minutes et 29 secondes • Et comme le montre la Figure**

The screenshot displays the Copernicus Browser interface. On the left, a search results list shows several Sentinel-2 products. The third result, with ID S2B_MSIL1C_20171224T104429_N0500_R008_T31SCA_20171224T124728_SÜR, is highlighted with a red box around its download icon. A callout box with the text "Consulter les critères de l'images" points to this icon. The main area shows a satellite image of a landscape, with a large blue rectangle overlaid on it. A "PRODUCT INFO" window is open, displaying the following details:

ATTRIBUTES	
Summary	
Name:	S2B_MSIL1C_20171224T104429_N0500_R008_T31SCA_20171224T124728_SAFE
Size:	< 1MB
Sending time:	2017-12-24T10:44:29.027Z
Platform short name:	SENTINEL-2
Instrument short name:	MSI
Product	
Instrument	
Platform	
Download single files	

The "PREVIEW" section shows a small thumbnail of the satellite image, and the "FOOTPRINT" section shows a map with a blue rectangle indicating the area of interest. The interface includes a search bar at the top right, navigation icons on the right side, and a footer with logos for Copernicus and ESA.

Figure 13: Affichage des résultats de la requête

Une fois le téléchargement est terminé l'images sera ajouter au panier et prête à ouvrir sur le logiciel.

1.6 Accès et téléchargement des clichés sentinelle 3

1.6.1 Téléchargement des produits sentinelle 3 OLCI WFR couleur de l’océan

De la même manière concernant le téléchargement des images sentinelle 3 :

✚ Pour la couleur de la mer

SELECT ➡ OLCI ➡ LEVEL 02 WFR



Figure 15: Téléchargement de l’image sentinelle 3 WFR

1.6.2 Téléchargement des produits sentinel 3 SLSTR SST

✚ Pour la température de surface

SELECT ➡ SLSTR ➡ LEVEL 02 WST

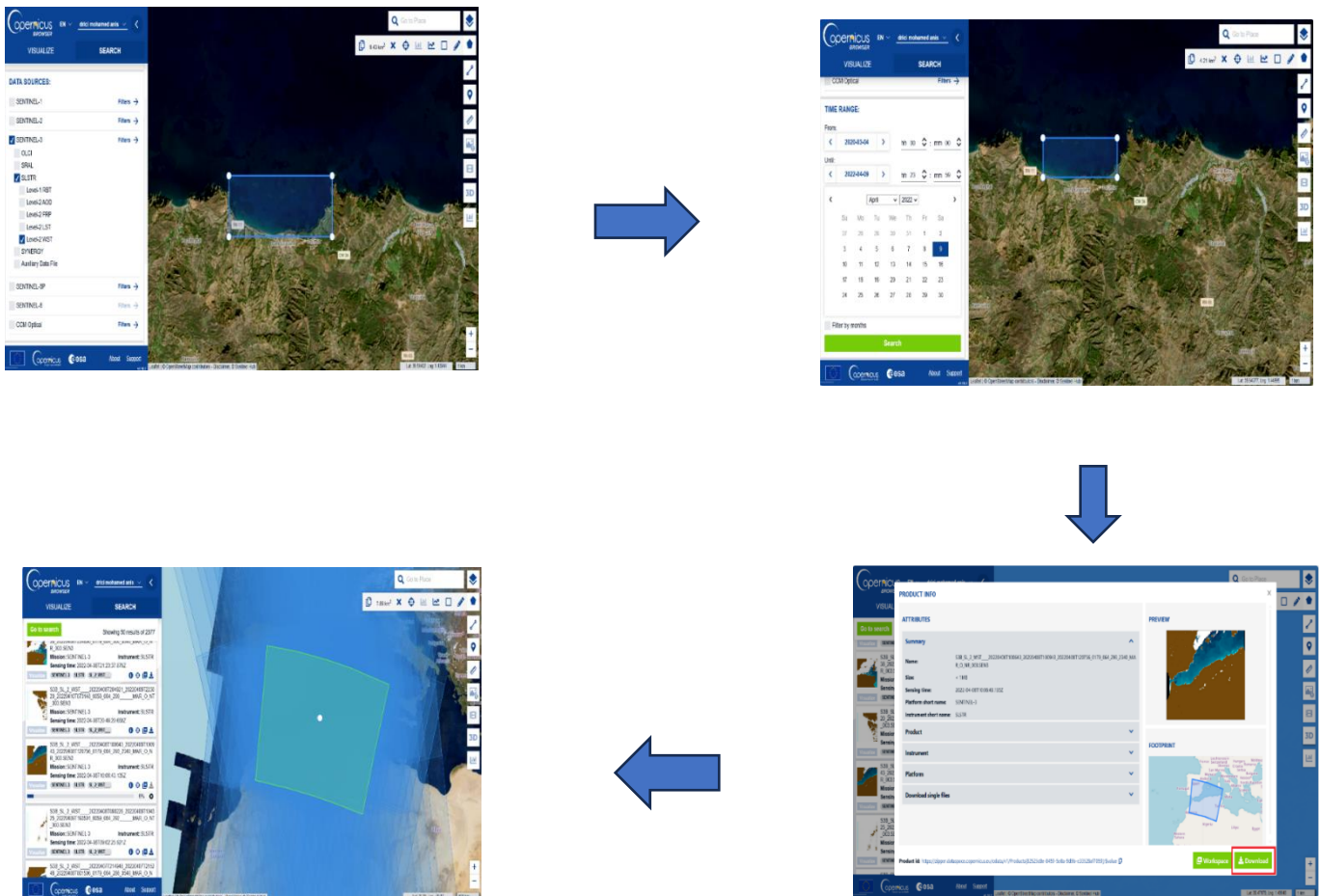


Figure 16: Téléchargements des images SLSTR sentinelle 3

1.7 Lecture et manipulation des produits de sentinelle 2 et sentinelle 3

Pour faire un traitement lire et manipuler d'image satellitaire on a utilisé logiciel SNAP
 La Sentinel Application Platform -Le logiciel SNAP (SeNtinel Applications Platform) avec l'option « Sentinel Toolboxes » de l'agence spatiale européenne (ESA) devra être préalablement installé sur l'ordinateur de Travail. SNAP est téléchargeable gratuitement sur le site suivant : <https://step.esa.int/main/download/snap-download/>,

	Windows 64 bits	Mac OS X	Linux 64 bits
	Ces installateurs contiennent les boîtes à outils micro-ondes et optiques , la taille du téléchargement est proche de 1 Go.		
Boîtes à outils Sentinelles	Téléchargement principal Téléchargement miroir	Téléchargement principal Téléchargement miroir	Téléchargement principal Téléchargement miroir
	Ces installateurs contiennent uniquement la boîte à outils SMOS , la taille du téléchargement est proche de 800 Mo. Téléchargez également l' outil de conversion de format (Earth Explorer vers NetCDF) et le manuel d'utilisation .		
Boîte à outils SMOS	Téléchargement principal Téléchargement miroir	Téléchargement principal Téléchargement miroir	Téléchargement principal Téléchargement miroir
	Ces installateurs contiennent la boîte à outils Microwave , Optical et SMOS , la taille de téléchargement est proche de 1 Go.		
Toutes les boîtes à outils	Téléchargement principal Téléchargement miroir	Téléchargement principal Téléchargement miroir	Téléchargement principal Téléchargement miroir

Figure 17: Téléchargement de logiciel SNAP

1.7.1 La plateforme SNAP

Présentation de logiciel Snap :



Sentinel Application Platform (SNAP) est une architecture commune open source d'outils exécutables et d'interfaces de programmation d'application (API) qui ont été développés pour faciliter l'utilisation pour les boîtes à outils de l'ESA, idéale pour l'exploitation des données l'observation de la Terre, la visualisation et le traitement d'une variété de données et d'images sentinel. Elle est dotée d'une interface utilisateur claire et intuitive.



Figure 18: Interface de logiciel SNAP Software

Chapitre

2

Traitement des images sentinelle 2 et sentinelle 3

Chapitre 2 : traitements des images Sentinel 2 et Sentinel 3

2.1 Le prétraitement des images :

Les prétraitements sont des opérations effectuées sur les images de façon à les corriger ou les améliorer thématiquement et géométriquement.

Pour effectuer le prétraitement et l'estimation de la température de surface SST et variation de la CHL-a il faut ouvrir images Sentinel 2 et Sentinel 3 **de la région d'Alger ouest**

2.2 Pré-traitement des images Sentinel 2

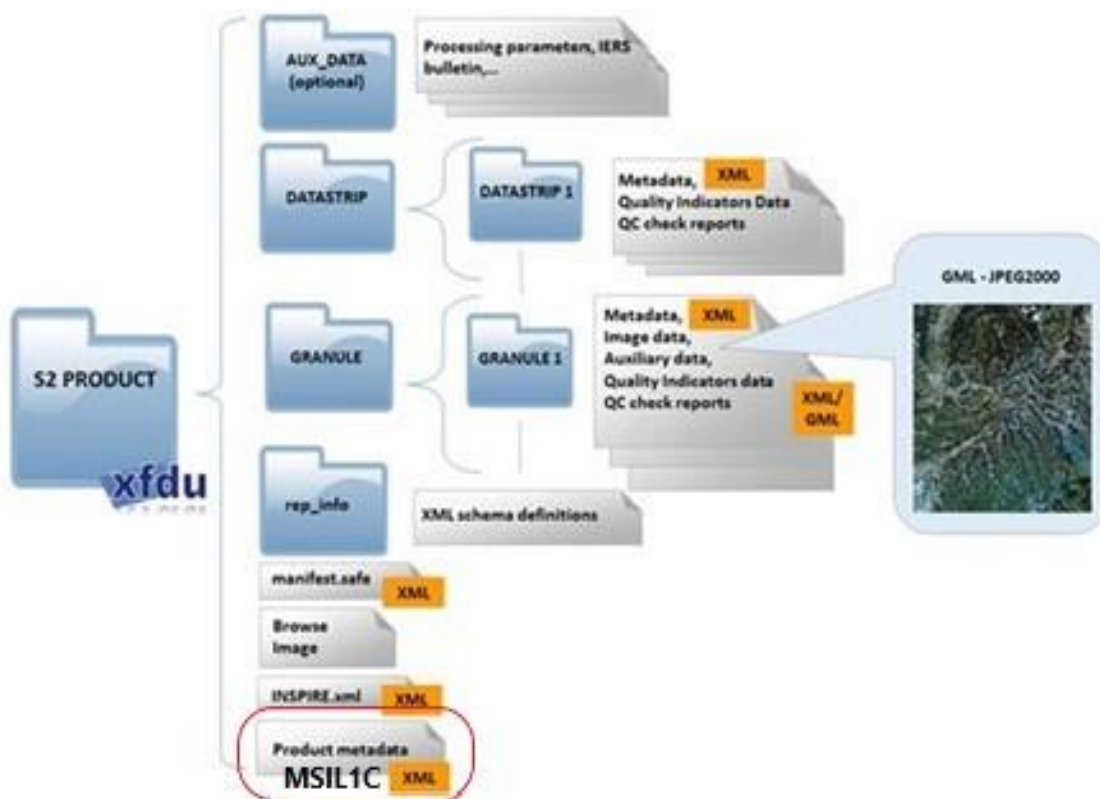


Figure 19: Prétraitement des images Sentinel 2

Le traitement des produits a été effectué à l'aide de l'application SNAP (Sentinel Application Platform) de l'ESA, en utilisant le plugin Case-2 Regional / Coast Colour (C2RCC) pour extraire les valeurs de TSM (Total Suspended Matter) des produits de niveau 1C de Sentinel 2. Le plugin C2RCC est un processeur qui permet d'extraire les constituants de l'eau dans les zones côtières en utilisant différents capteurs tels que Sentinel-3 OLCI, Sentinel-2 MSI, Landsat-8 OLI, MERIS, MODIS, VIIRS et SeaWiFS. Cependant, pour utiliser ce plugin avec les produits Sentinel 2, il est nécessaire que le produit soit de niveau 1C et qu'il soit rééchantillonné. Par conséquent, un prétraitement est nécessaire avant d'utiliser le plugin.

2.3 Les étapes de traitement comprennent

- ✚ L'ouverture du produit
- ✚ L'importation des données Excel sur la zone d'étude
- ✚ Le rééchantillonnage (Resampling) à une résolution de 60 m
- ✚ Le sous-échantillonnage (Subsetting) pour notre zone d'étude
- ✚ L'utilisation du plugin C2RCC
- ✚ Le placement des épingles,
- ✚ L'exportation des données de pixels sur le gestionnaire de broches.

2.4 L'ouverture d'un cliché sentinelle 2

Afin d'ouvrir un produit, nous nous rendons dans le menu

Sélectionner ➡ File ➡ Open Product

Nous localisons le produit et cliquons dessus (au format.zip ou sur le fichier MTD_MSIL1C.xml dans le dossier s'il a été extrait). Le produit s'ouvrira comme illustré dans la figure ci-dessous.

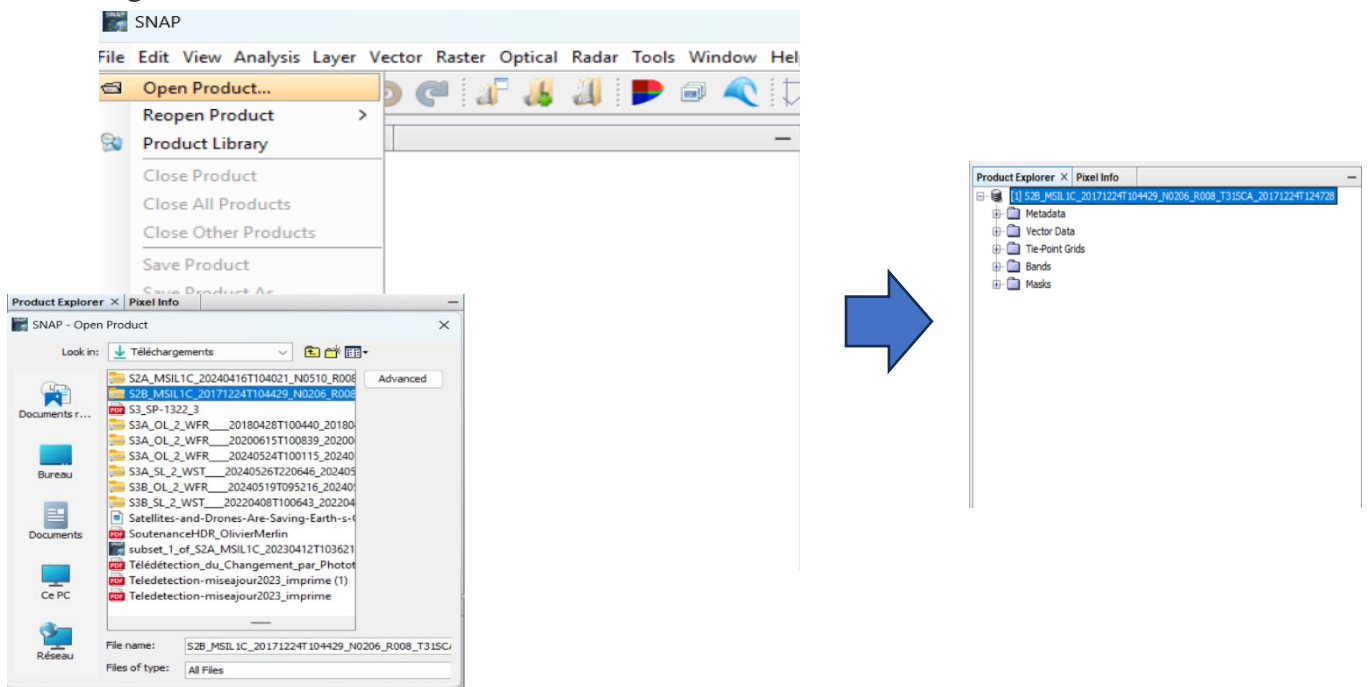


Figure 20: L'ouverture du produit

2.5 Visualisation du produit en RGB ou par bandes

Sélectionner ➡ Bands ➡ Nous choisissons la bande que nous souhaitons visionner.

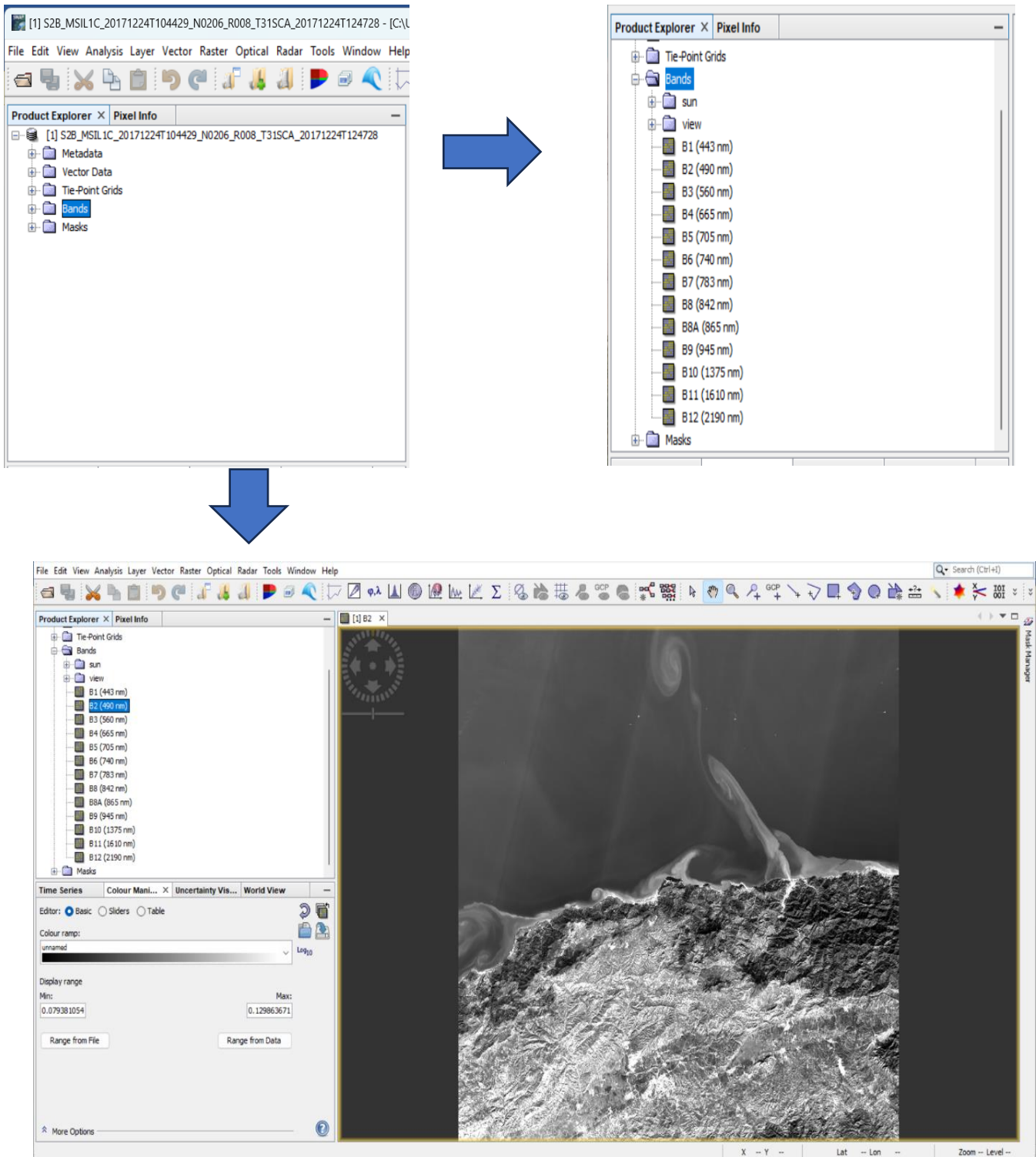


Figure 21: L'ouverture du produit

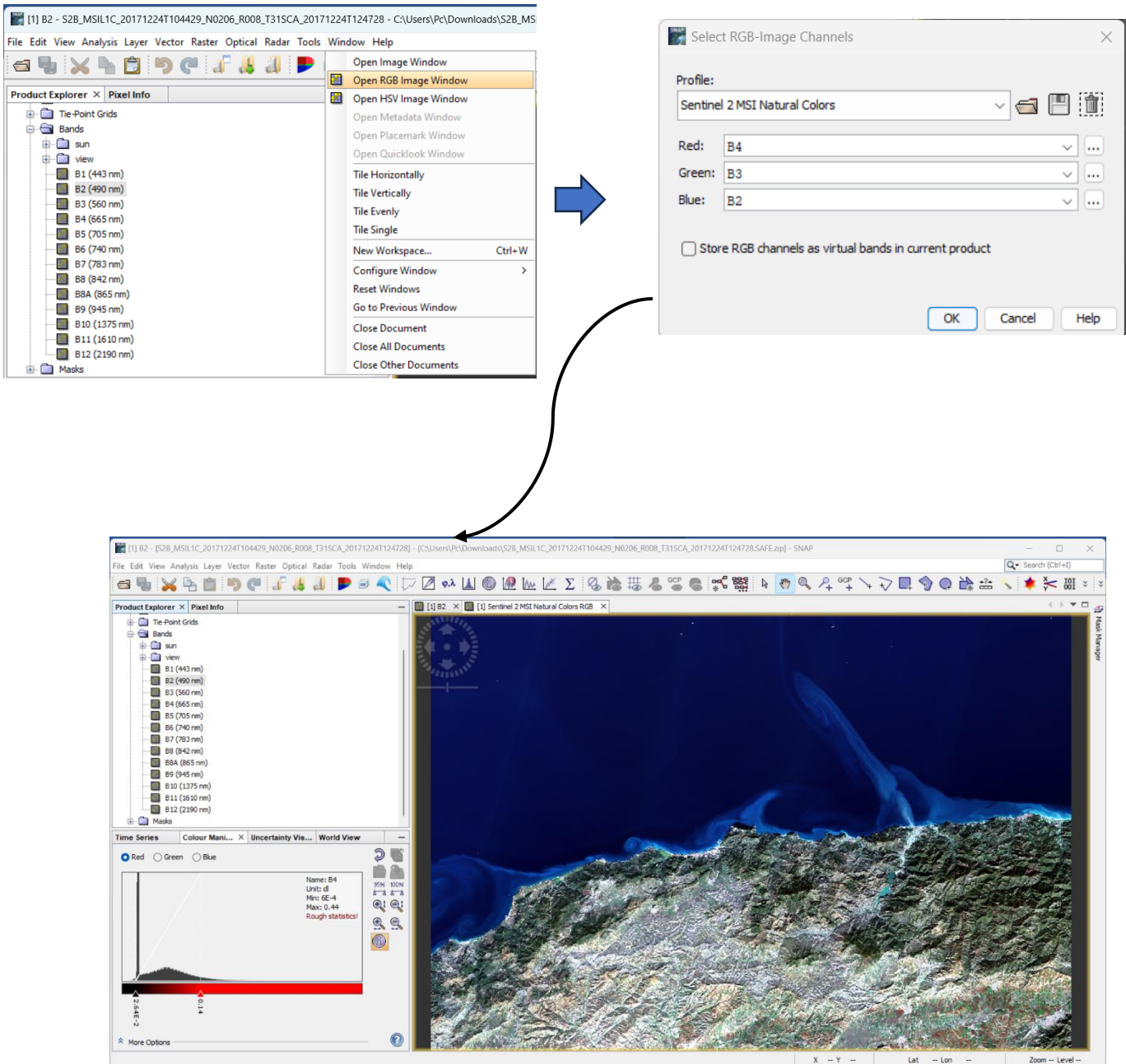


Figure 22: chargement d'image RGB

2.6 L'importation des données vecteur sur la zone d'étude

Avant d'importer les données vectorielles sur la zone d'étude il est nécessaire de les enregistrer sous forme CSV et ouvrir sur SNAP sous forme Shapefile

SELECT → VECTOR → Import → ESRI Shapefile

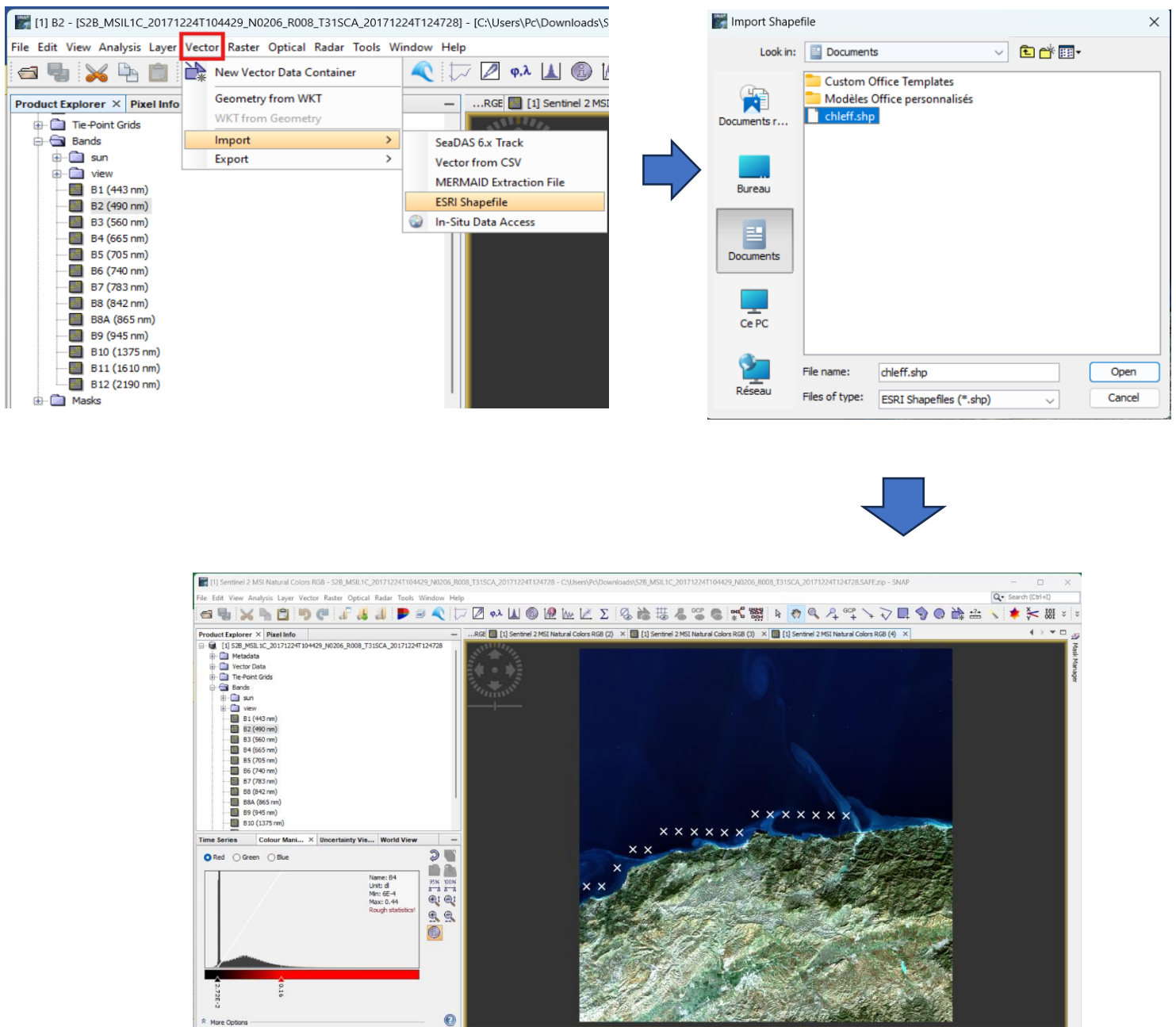


Figure 24: L'importation des données vecteur sur la zone

2.7 Le rééchantillonnage (Resampling) à une résolution de 60 m

Cette option permet de rééchantillonner les produits Sentinel-2 (au format SAFE ou MUSCATE) en tenant compte des particularités des bandes angulaires.

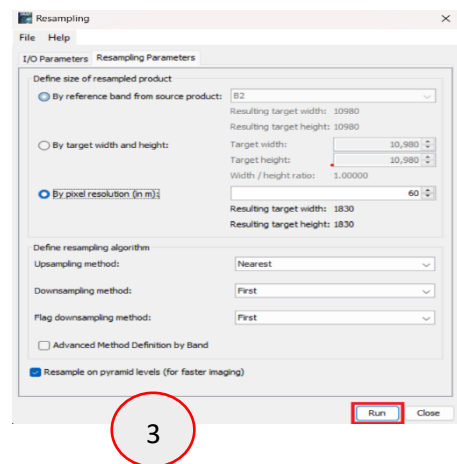
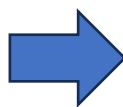
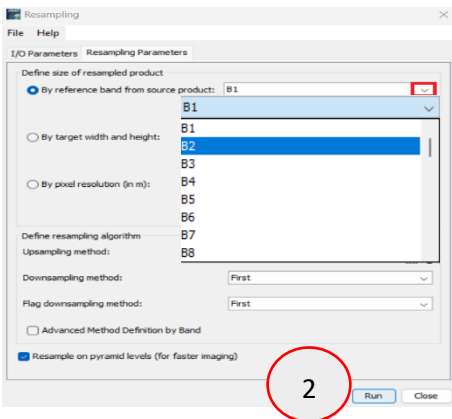
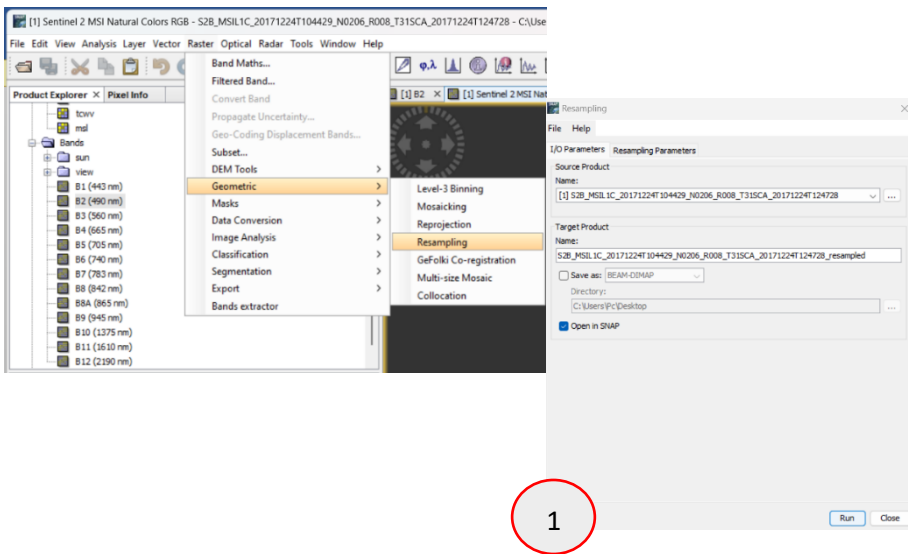
Vous pouvez ici rééchantillonner un produit multi-tailles en un produit à taille unique. Un produit multi-taille est un produit dans lequel les bandes ont des tailles et/ou des résolutions différentes. Le rééchantillonnage dans SNAP fait référence au processus de modification de la résolution spatiale d'un ensemble de données d'images. Cela signifie que vous changez essentiellement la taille des pixels de votre image. Il y a deux raisons principales pour rééchantillonner une image dans SNAP :

Faire correspondre les résolutions des images : Si vous avez plusieurs images avec des tailles de pixels différentes, le rééchantillonnage vous permet de leur donner la même résolution. Ceci est utile pour des tâches telles que la superposition d'images ou une analyse plus poussée où une résolution constante est nécessaire.

Augmenter ou diminuer les détails : Le rééchantillonnage permet d'augmenter la résolution de l'image (en diminuant la taille des pixels) afin de voir des détails plus fins ou diminuer la résolution (en augmentant la taille des pixels) pour réduire la taille des fichiers

sélectionner ➡ Raster ➡ Geometric Operations ➡ Resampling ➡ Run

Ouvrez l'onglet Paramètres de rééchantillonnage. Définir la taille du produit rééchantillonné : vérifier par bande de référence à partir du produit source. Sélectionnez B2 dans la liste déroulante.



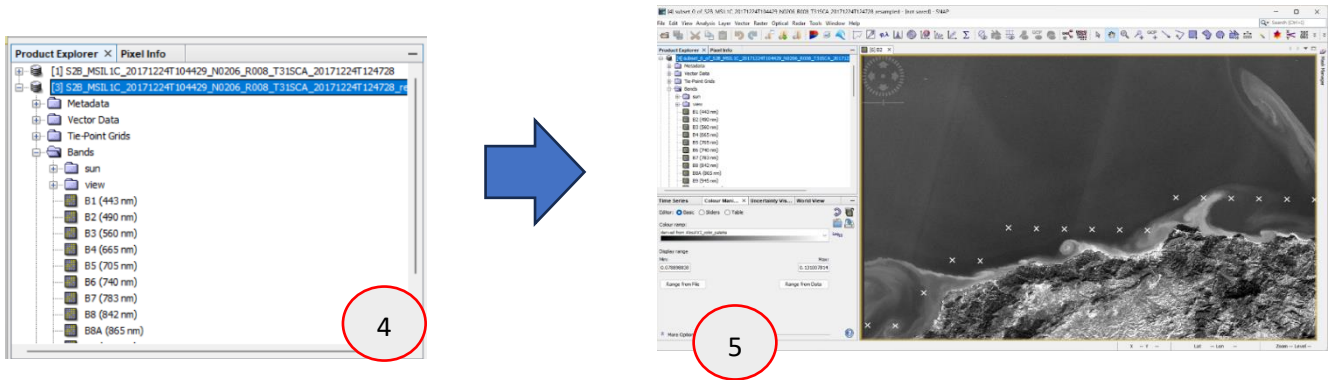


Figure 26: Les différents étapes de rééchantillonnages resampling d'image

2.8 Extraction de la zone d'étude (Subset)

Pour faciliter notre traitement, nous devons sous-dimensionner le produit à notre zone d'intérêt. Pour ce faire, nous devons d'abord zoomer sur la zone souhaitée, puis aller dans Raster \rightarrow Subset, et la zone sera sélectionnée automatiquement (Figure 15). Nous pouvons également sélectionner manuellement la zone souhaitée à l'aide du rectangle bleu dans l'aperçu, ou nous pouvons réduire le rectangle bleu afin de l'ajuster sur la zone d'étude qui est représentée par les cotes algériennes

Spécifier aussi sur les bandes spectrales pour extraire uniquement les bandes spectrales ou des coordonnées géographiques.

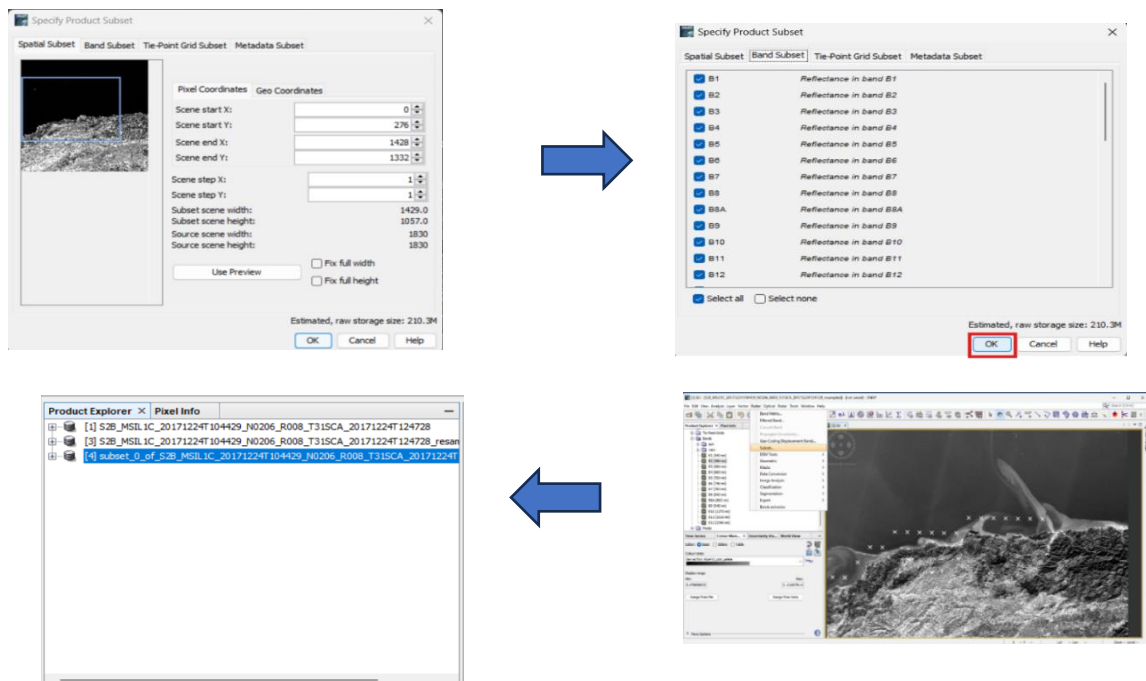


Figure 27: Extraction d'une zone d'étude

2.8.1 Batch processing traitement par lots

Un traitement automatisé. Ceci est facilité par le Graph Builder qui permet de définir une série d'opérations consécutives qui sont nécessaires pour préparer les produits S2 pour cette étude multi-temporelle et permet de traiter un ensemble de produits à l'aide d'un simple graphique de lecture/écriture.

Dans une deuxième étape, ce graphe est appliqué aux 12 produits d'entrée avec le traitement par lots afin de les préparer tous.


Ouvrez maintenant le Graph Builder via l'icône dans la barre d'outils ou via le Menu > Outils > Graph Builder Dans un premier temps

il ne contient que les opérateurs de lecture et d'écriture, qui sont toujours nécessaires pour créer un graphique complet. Dans ce qui suit, nous ajouterons les différentes étapes de la construction d'un graphe.

Dans la suite, nous ajouterons les différentes étapes en tant que parties de la chaîne de traitement et nous les relierons dans un ordre approprié. Il est donc recommandé d'ajouter tous les opérateurs et de les connecter avant d'ajuster les paramètres ; Le graphique final ressemblera à celui de la figure 16 :

Notre graphique devrait avoir les opérateurs suivants :

Read ➔ add ➔ Resample ➔ Subset ➔ Write

 Pour ajouter l'étape resample Sélectionner

Add ➔ Raster ➔ Geometric ➔ Resample.

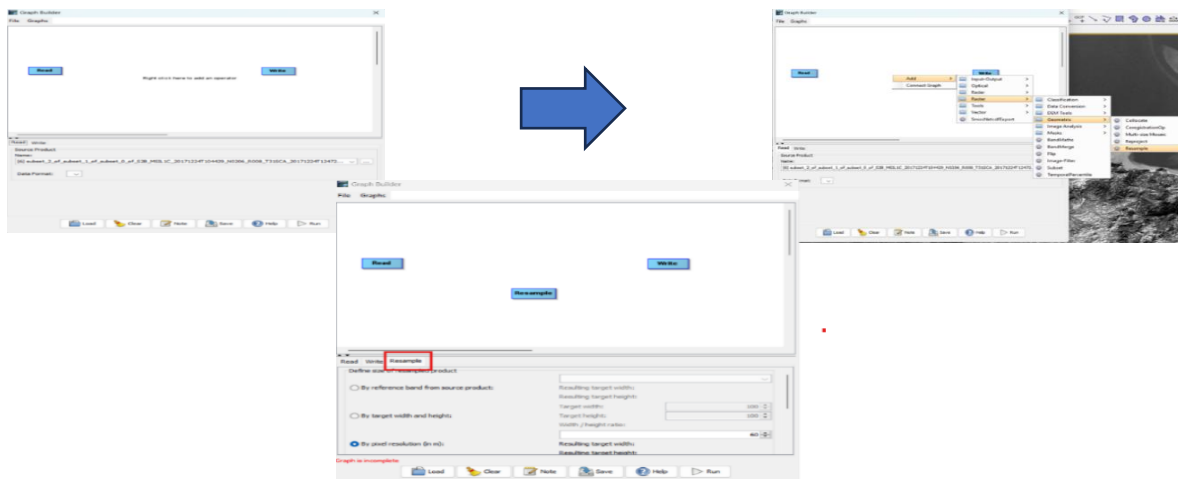


Figure 28: Constructeur de graphique et paramètres de rééchantillonnage

Pour ajouter l'étape subset :

Sélectionner ➔ Add ➔ Raster ➔ Geometric ➔ Subset

Nous changerons de Pixel Coordinates à Geographic Coordinates Ou le système Geographic coordinates est plus simple et plus facile pour appliquer. Ensuite, nous utiliserons un outil en ligne pour obtenir un WKT (Well-Known Text) de notre zone d'intérêt. Ci-dessous est le lien de l'outil en ligne appelé Wicket:



Figure 30: Utilisation de l'outil Wicket pour modifier un opérateur de sous-ensemble

2.8.2 Connexion des opérateurs de graphes

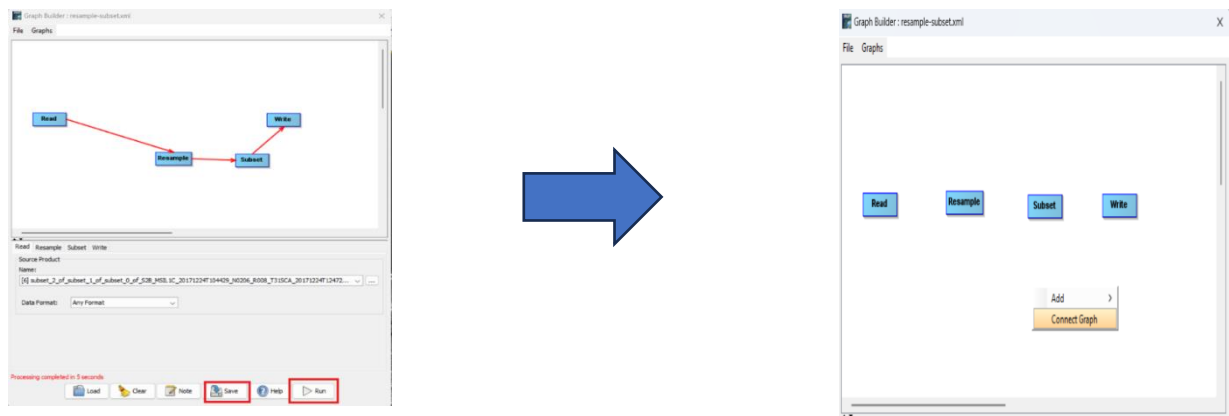



Figure 31: Connexion des opérateurs de graphes

Lorsque les graphes sont connectés cliquer sur Run pour enregistrer et appliquer le traitement

2.8.3 Exécution du graphique

Ouvrez le traitement par lots en utilisant l'icône dans la barre d'outils  ou en utilisant le menu **Tools** **Batch Processing**.

Pour charger tous les produits de la liste, sélectionnez l'icône plus, naviguez jusqu'au répertoire où vous avez téléchargé les produits Sentinel-2B et sélectionnez tous les produits.

Sentinel-2B et sélectionnez les 12 fichiers zip. Ils apparaissent dans la liste comme le montre la figure 17. Ensuite, chargez le fichier graphique en cliquant sur Load Graph et sélectionnez S1.xml que vous avez créé à l'étape précédente. Les Les différents onglets sont maintenant visibles dans la fenêtre (peut-être disposés de manière légèrement différente).

Enfin, entrez un répertoire cible valide au bas de l'onglet I/O Parameters et assurez-vous que l'option mémoriser le nom du produit source est coché. Lancez le traitement en cliquant sur Run. L'outil exécute maintenant le graphique pour chaque produit en entrée,

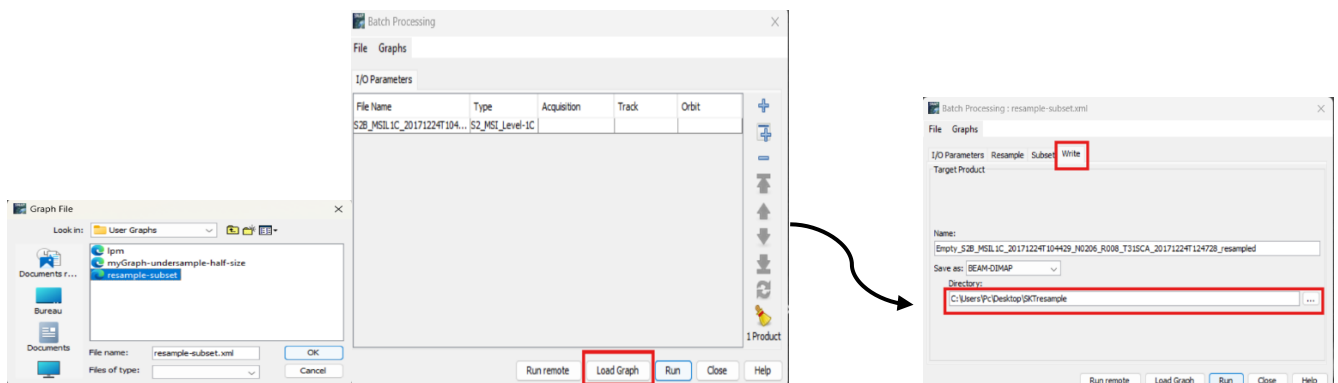


Figure 32: chargement d'un graphique

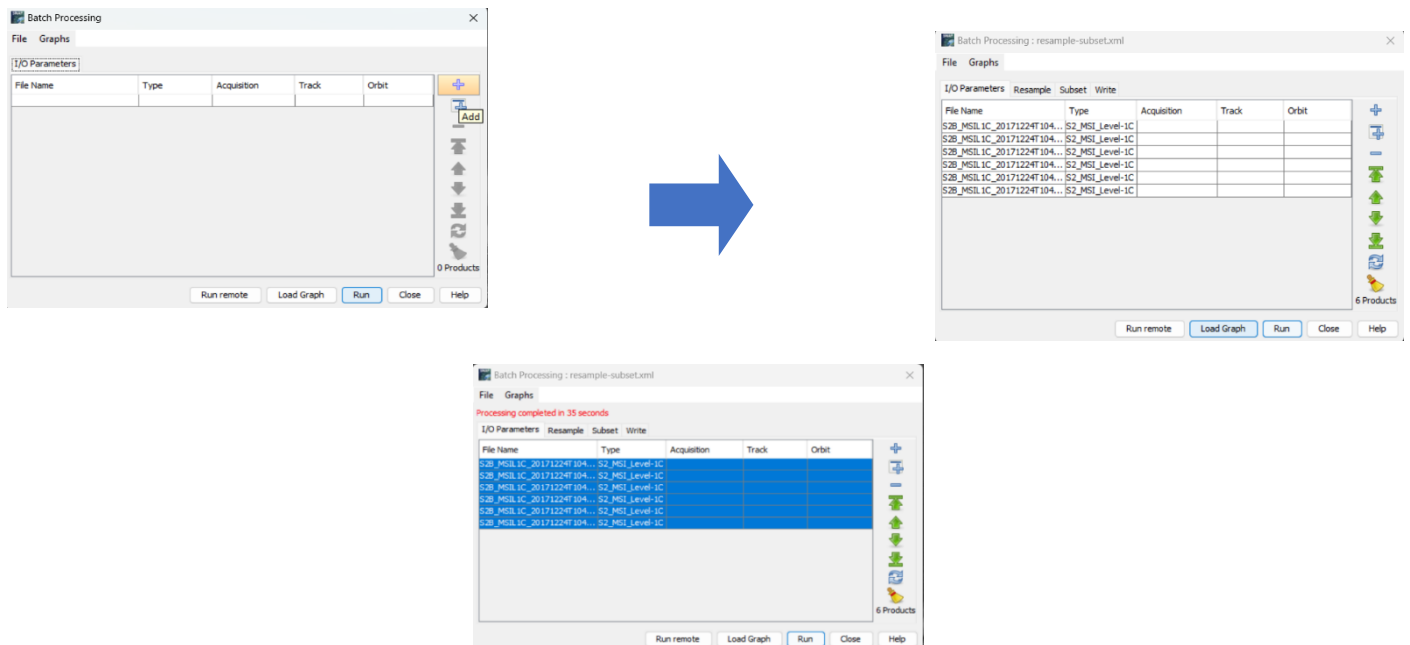


Figure 33: Chargement des produits pour le traitement par lots

2.8.4 Le Processeur C2RCC

Le processeur C2RCC se décompose en deux parties principales : la partie de correction atmosphérique et la partie dans l'eau tel que TSM et chl

Les radiations/reflectances du sensor sont les principaux éléments d'entrée dans la partie atmosphérique. Nous supportons actuellement les instruments suivants en tant qu'entrées : MERIS, OLCI, MODIS, VIIRS, SeaWiFS et Sentinel 2 MSI.

- ✚ Les étapes ci-dessous fonctionnent pour la configuration du plugin C2RCC :
- ✚ Assurer de suivre exactement comme suit pour obtenir un produit final généré
- ✚ Choisir le sous-ensemble rééchantillonné

Sélectionner Optical ➡ Thematic Water Processing ➡ C2RCC plugin ➡ S2 MSI.

- ✚ Dans la fenêtre de dialogue enregistrer le produit
- ✚ Dans la fenêtre de dialogue et dans la section I/O Parameters, Sélectionner le produit source comme un produit MSIL1C.
- ✚ Conserver toutes les valeurs dans la section Paramètres de traitement par défaut, en définissant les réseaux de neurones sur C2RCC-Nets.
- ✚ Appuyez sur Run et attendez la sortie

✚ Ce processus prendra du temps selon la taille du produit

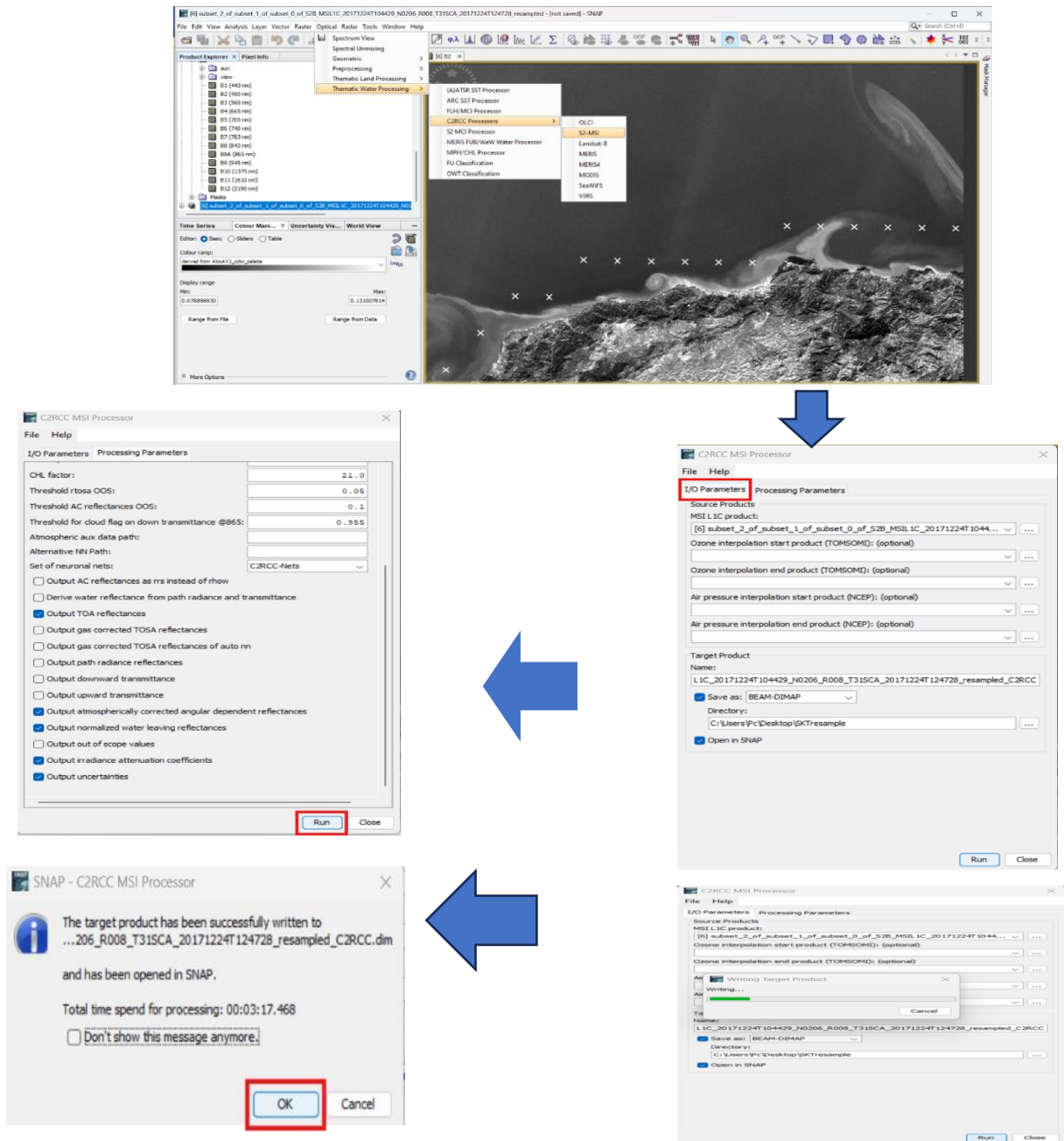


Figure 34: Le processus C2RCC

Après avoir terminé le traitement, le produit sera affiché dans SNAP. Pour visualiser la bande TSM, nous cliquons sur le produit deux fois et procédons ensuite à Bands > conc > conc tsm pour les valeurs TSM

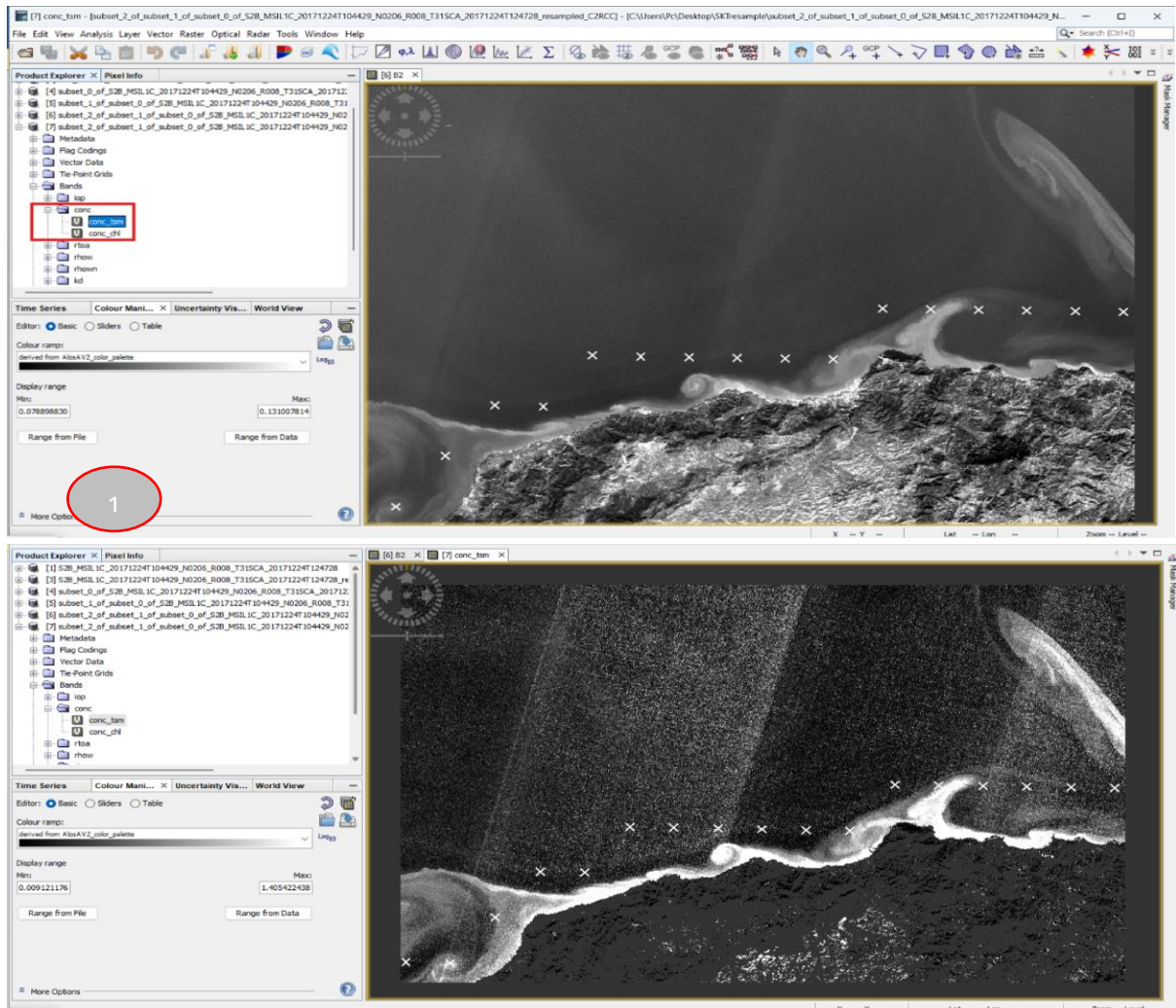
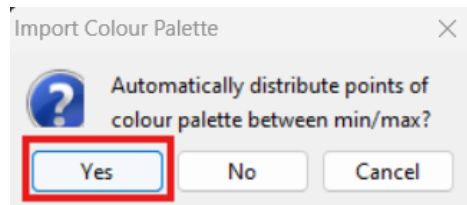
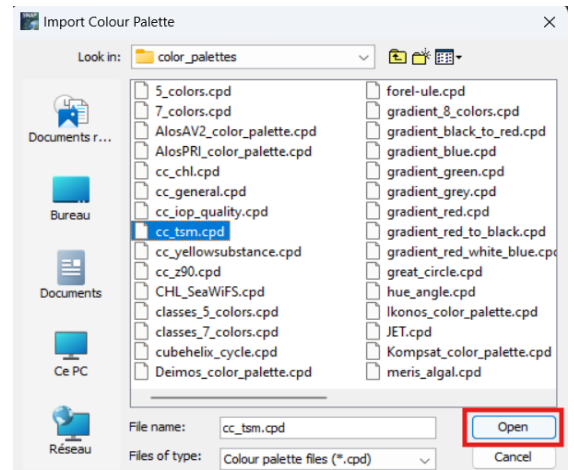
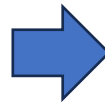
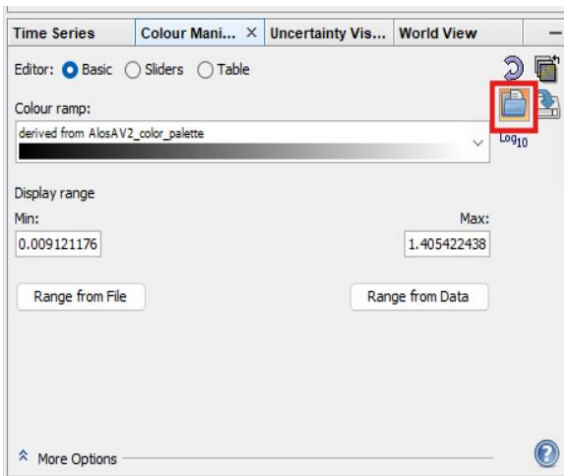


Figure 35: Image de chargement de la bande TSM

Pour mieux visualiser notre produit, nous pouvons choisir une palette de couleurs à partir de la couche de manipulation des couleurs, dans le coin inférieur gauche de l'écran, nous pouvons le faire en cliquant simplement sur l'icône Importer une palette de couleurs à partir d'un fichier texte, une fenêtre avec une liste de palettes de couleurs s'affiche, à partir de là nous sélectionnons la palette que nous voulons (pour notre étude, nous avons choisi la palette cc_tsm.cpd). Après avoir fait notre sélection,



nous cliquons sur le bouton OK. Après cela, l'image sera colorisée avec les couleurs de la palette que nous avons choisie.

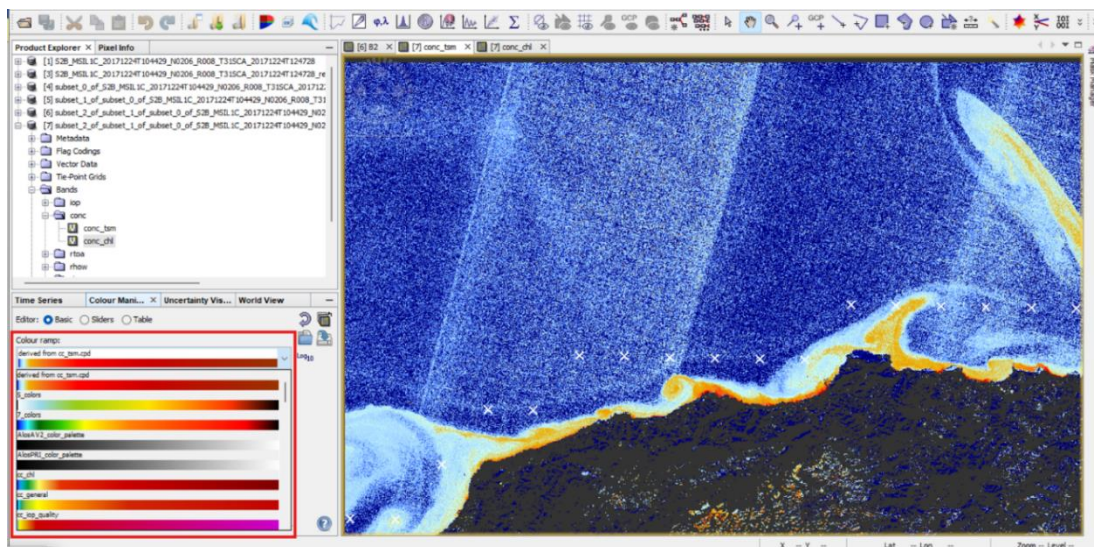


Figure 36: Application d'une palette de couleurs à un produit TSM

Pour visualiser la bande nous cliquons sur le produit deux fois et procédons ensuite à
Bands > conc > conc chl pour les valeurs chl.

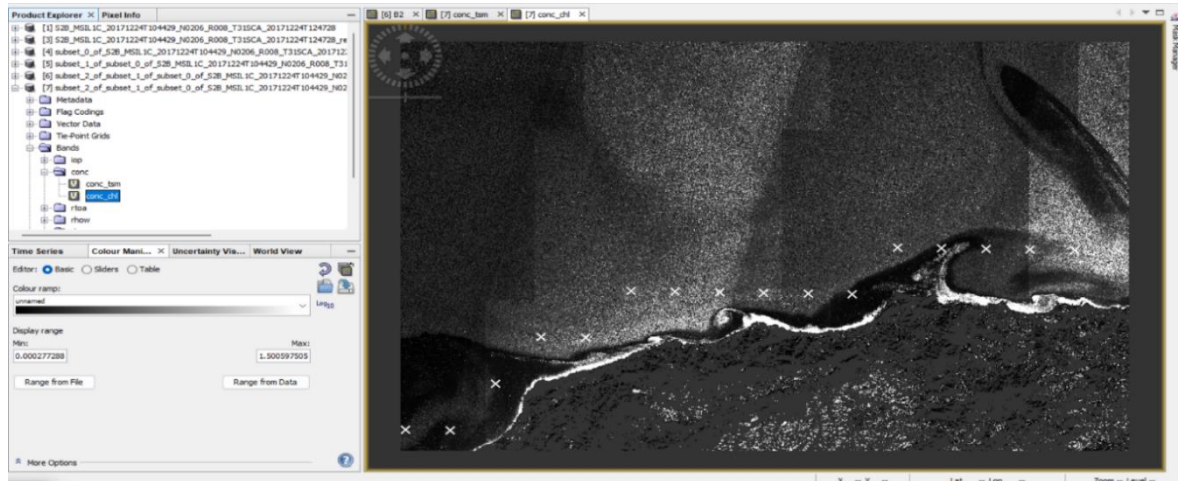
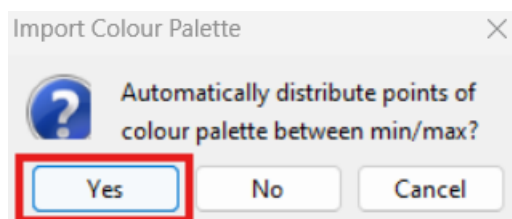
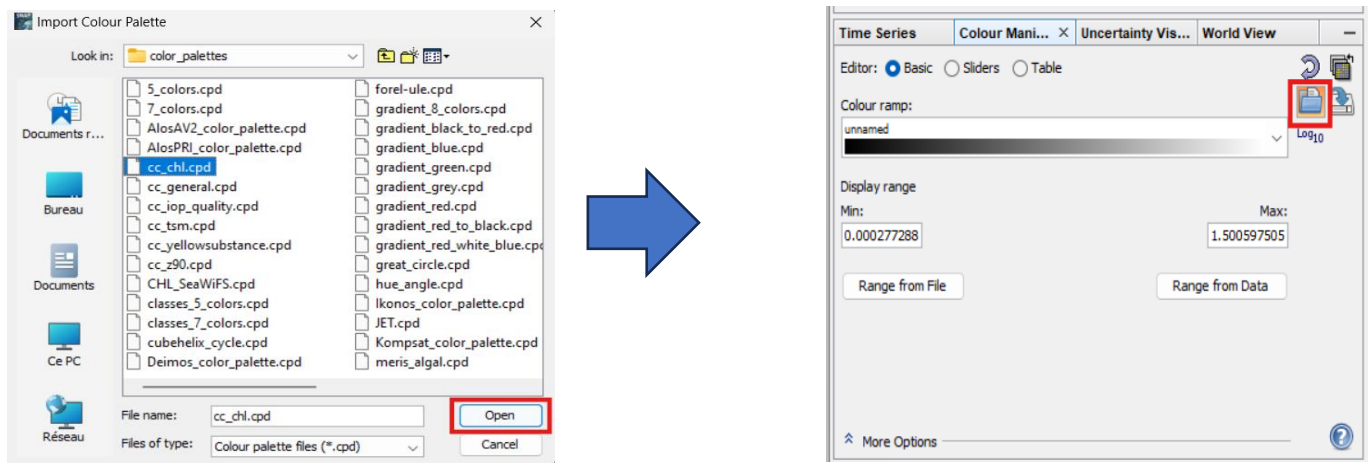


Figure 37: Image de chargement de la bande chl

Pour mieux visualiser notre produit, nous avons choisi la palette cc_chl.cpd). Après avoir fait notre sélection, nous cliquons sur le bouton OK. Après cela, l'image sera colorisée avec les couleurs de la palette que nous avons choisie,



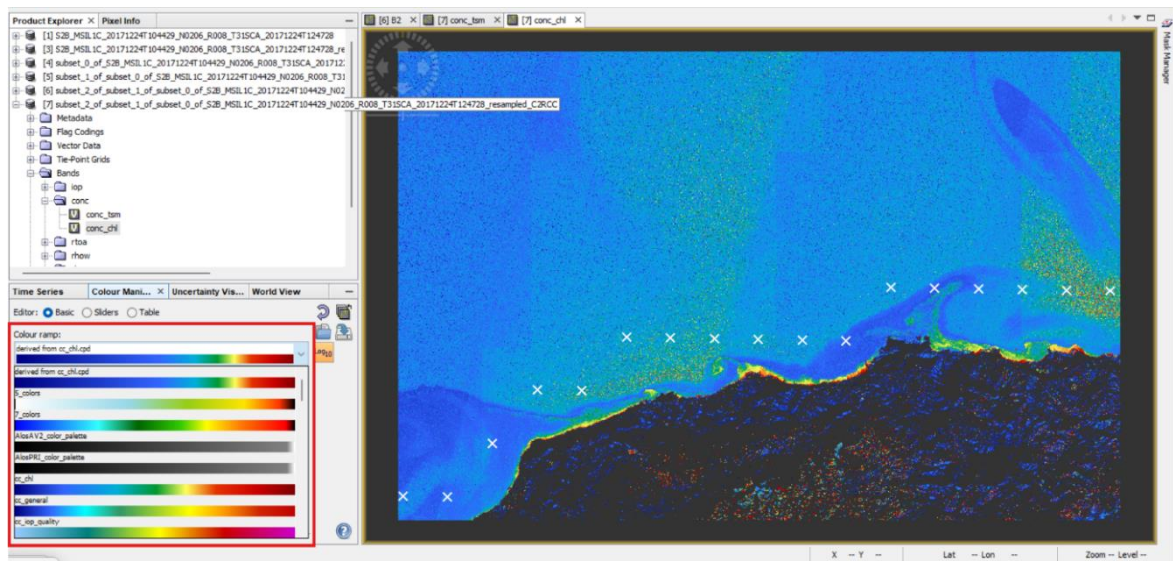


Figure 38: Application d'une palette de couleurs à un produit chl

2.8.5 Profil plot

Cet outil n'est disponible que si des données vectorielles sont présentes dans le produit. Ensuite, le tracé de profil peut fonctionner selon deux modes, le mode classique qui s'appuie sur une forme géométrique, et le mode corrélatif qui permet à l'utilisateur de comparer des données satellitaires à des données in-situ. Ces deux modes sont décrits en détail ci-dessous

Tout d'abord il est important de tracer un profil linéaire (étapes en rouge 1 et 2) Puis tracer un roi (région off interest) puis calculer les statistiques du profil (étape rouge 3)

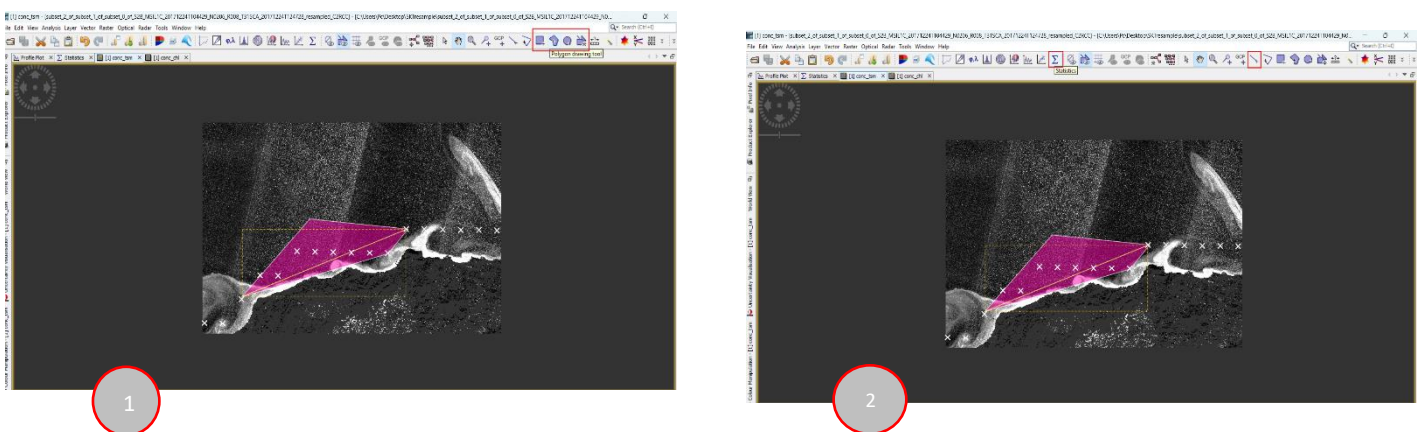



Figure 39: Tracer un polygone

2.8.6 Données corrélatives

L'utilisation de données corrélatives signifie que des données vectorielles peuvent être affichées dans la parcelle afin de rendre les données satellitaires comparables aux données externes. Lorsque l'option est choisie, une source de données vectorielles peut être sélectionnée dans la liste déroulante "Source de données ponctuelles" et, si elle contient des données numériques, la source des données numériques peut être sélectionnée dans la liste déroulante "Champ de données". Ensuite, deux tracés sont affichés dans le graphique : le premier (dans la capture d'écran du bas, c'est le bleu) affiche les valeurs de la bande sélectionnée à chaque pixel donné par les données vectorielles, tandis que le second (capture d'écran : le rouge) affiche les valeurs du champ de données sélectionné.

2.8.7 Masque ROI

Un masque de retour sur investissement peut être utilisé pour masquer des valeurs du profil. Toutes les valeurs qui ne correspondent pas au masque ne sont pas prises en compte. Dans l'exemple de la capture d'écran du bas, seuls les pixels qui correspondent à l'eau du masque sont pris en compte. Pour plus de commodité, le gestionnaire de masque peut être ouvert à partir de la fenêtre de tracé du profil à l'aide du bouton  comme monte la figure suivante.

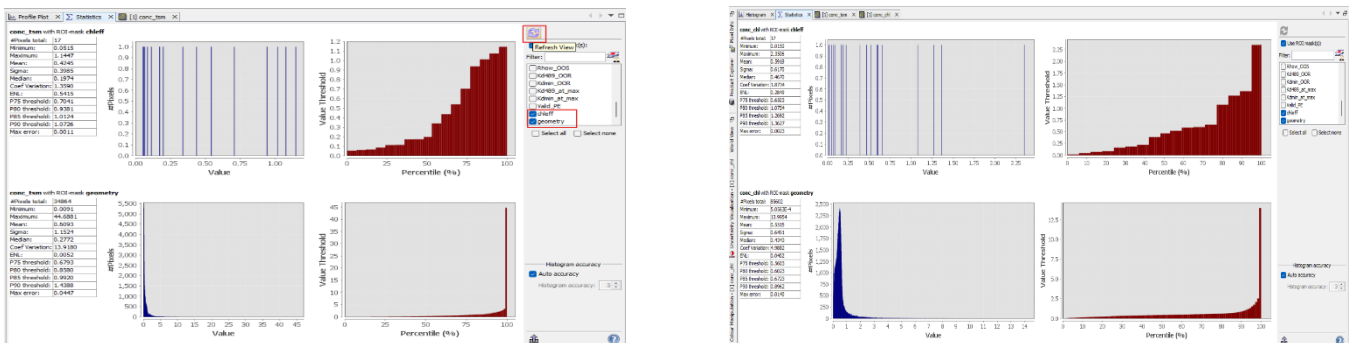



Figure 40: Calcul des statistiques de tsm et chl

 La teinte bleue autour de la ligne de tracé indique l'écart-type du pixel de la bande sélectionnée à l'intérieur d'une boîte carrée :

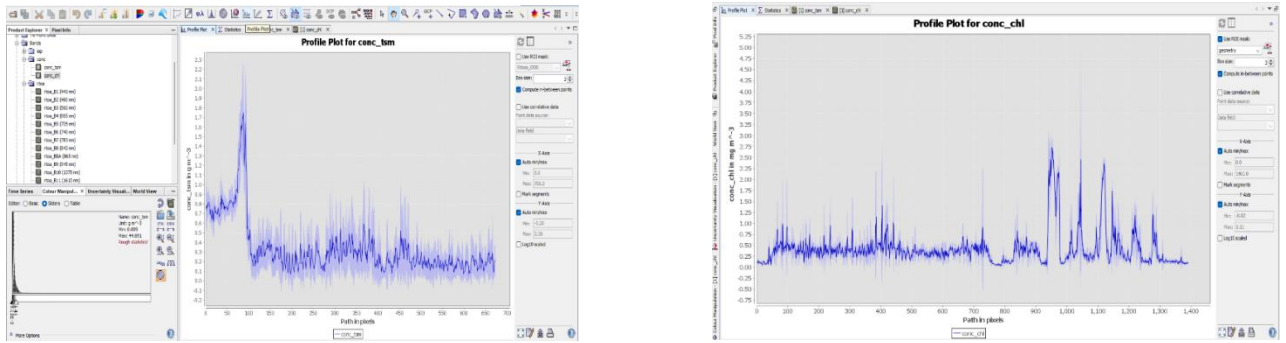



Figure 41: profil plot de Tsm et chl

2.8.8 Plot de corrélation

Pour tracer un plot de corrélation il suffit de cliquer  sur puis Roi Mask pour soi choisir chleff ou géometry ensuite pour les points data choisir Chleff notre zone d'étude.

Concernant les data Field choisir le paramètre étudié selon les étapes suivantes :

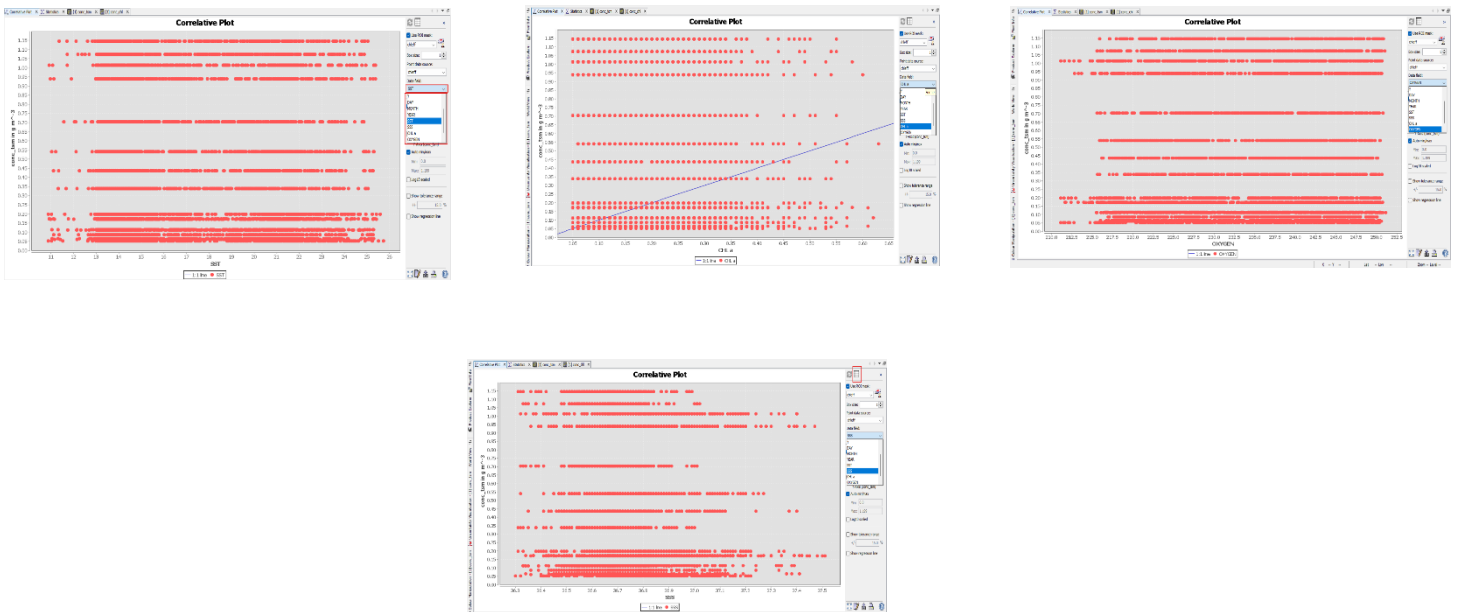




Figure 42: corrélatif plot des paramètres

 Il est possible de consulter les données par  cliquer sur table attribue :

Line	Y	X	Value	Processing	...
1	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
2	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
3	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
4	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
5	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
6	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
7	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
8	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
9	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
10	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
11	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
12	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
13	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
14	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
15	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
16	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
17	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
18	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
19	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
20	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
21	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
22	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
23	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
24	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
25	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
26	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
27	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
28	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
29	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
30	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
31	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
32	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
33	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
34	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
35	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
36	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
37	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
38	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
39	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
40	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
41	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
42	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
43	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
44	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
45	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
46	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
47	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
48	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
49	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...
50	52.274	482.050	0.000000	0.000000	...

Figure 43: Tables attribue des données

Exemples des Images sentinelle 2A MSIL1C Traité selon processeur C2RCC S2-MSI

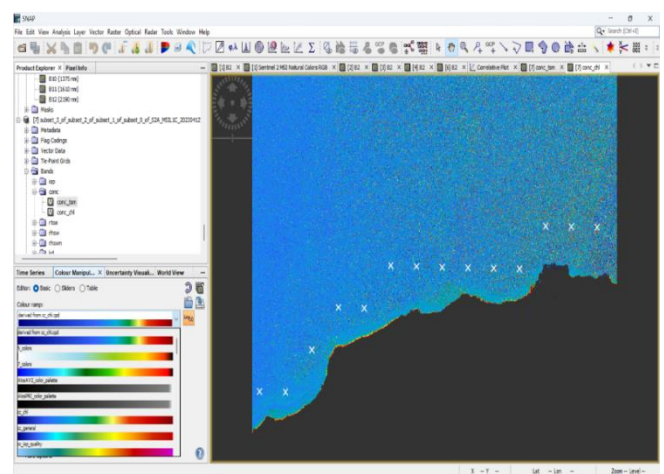
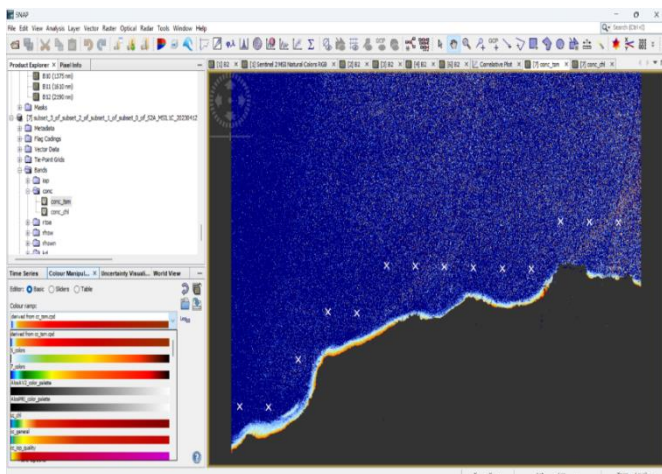


Figure 44: Images sentinelle 2A MSIL1C traité par processeur C2RCC

2.9 Ouverture d'un cliché sentinelle 3

2.9.1 Traitement des clichés sentinelle 3 OLI WFR et WST

Le traitement des Images sentinel-3 sera sur le même logiciel Snap Les produits téléchargés sont au format .zip lors du téléchargement et au format. SAFE il suffit d'extraire ces images et sont nommés selon la convention d'appellation suivante ; après extraction, les produit est prête pour traiter sur SNAP software :

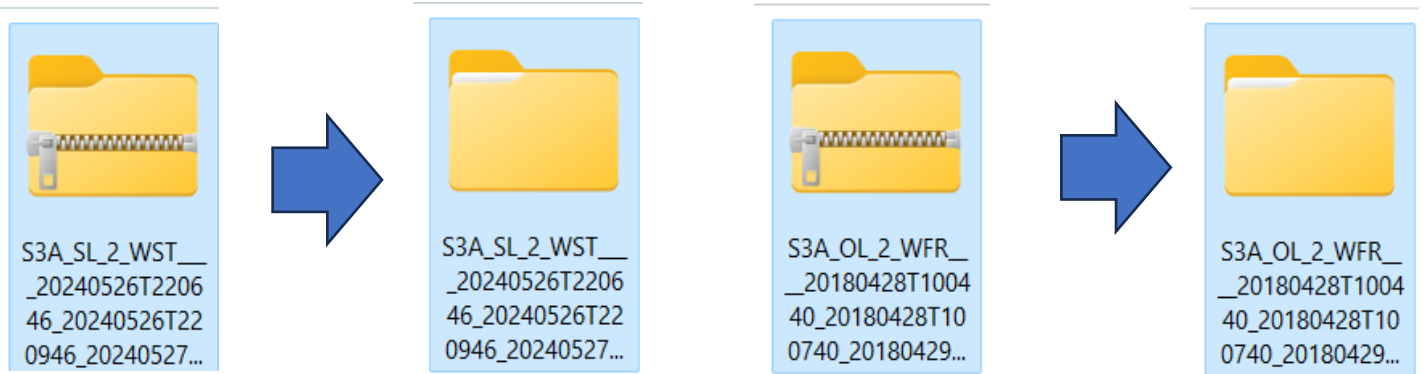


Figure 45: Produit téléchargé avant et après l'extraction

2.9.2 Ouvrir cliché sentinelle 3

Sélectionner ➡ File ➡ Open product ➡ xfdumanifest

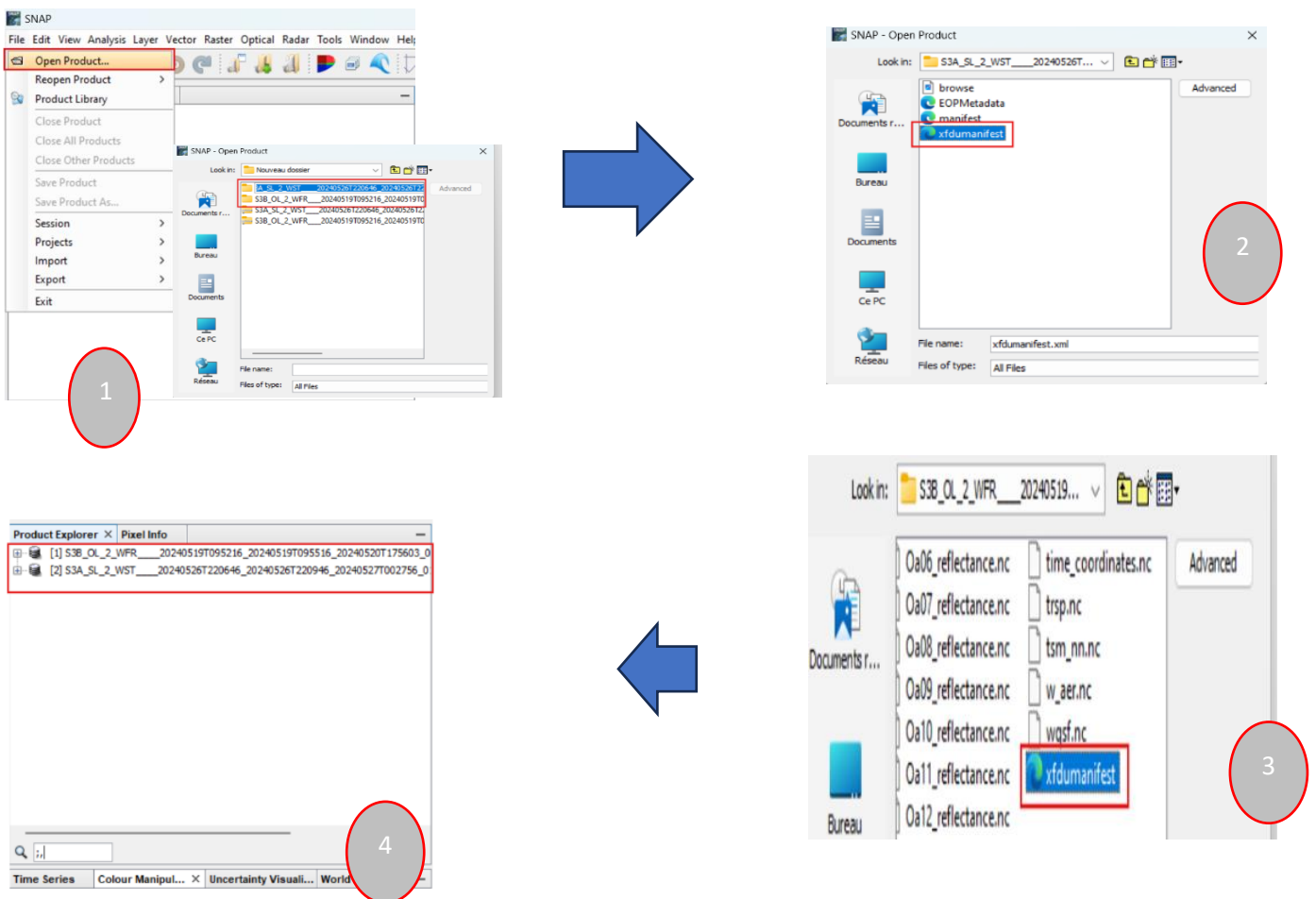


Figure 47: ouvrir un produit sentinell-3

2.9.3 Traitement un cliché sentinell 3 WST :

Pour visualiser le produit WST sélectionner **bandes** → Sea surface temperature
 Sélectionner couleur manipulation → Basic → choisir la couleur et l'image sera colorisée avec les couleurs de la palette que nous avons choisie

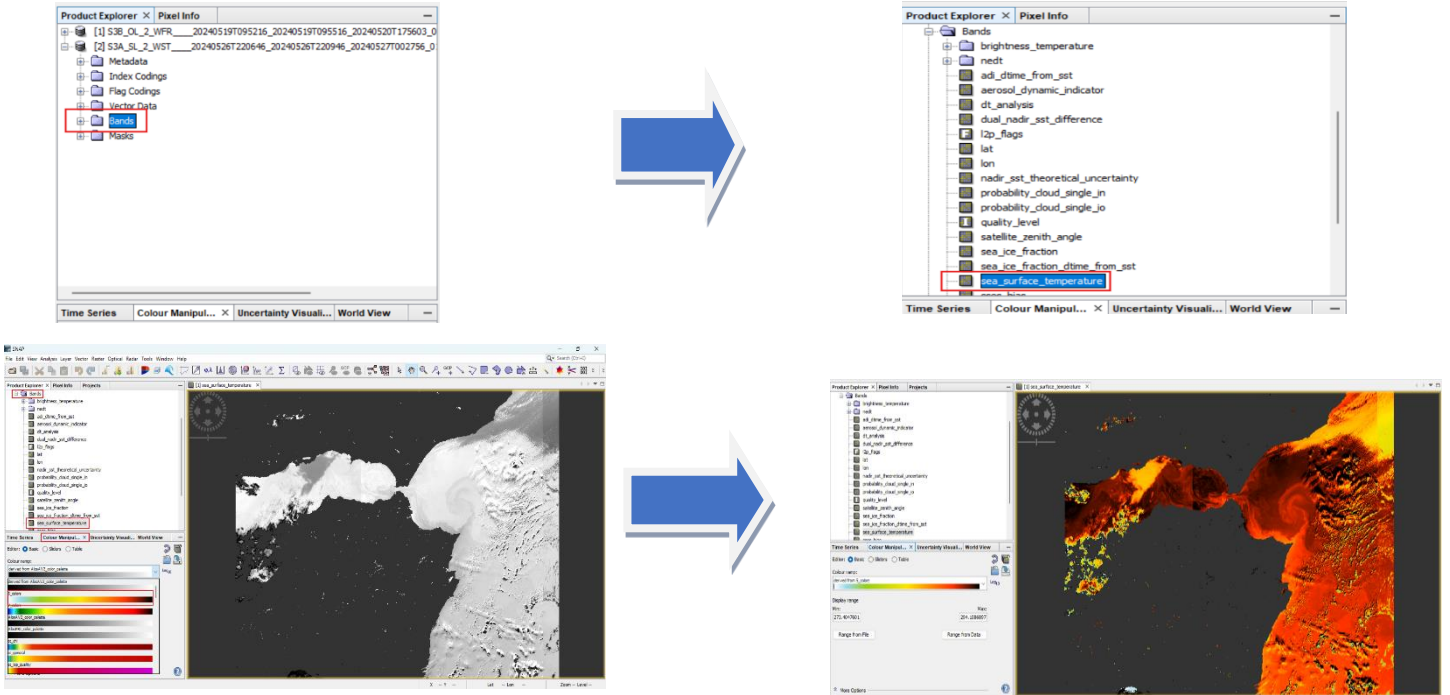


Figure 48: chargement d'une image Sentinell 3 WST

2.9.4 la Reprojection de la carte par le système de projection « WGS 84 ».

On sélectionne Raster → Géométrique → Reprojection on choisit le système de projection (Figure montrant) :

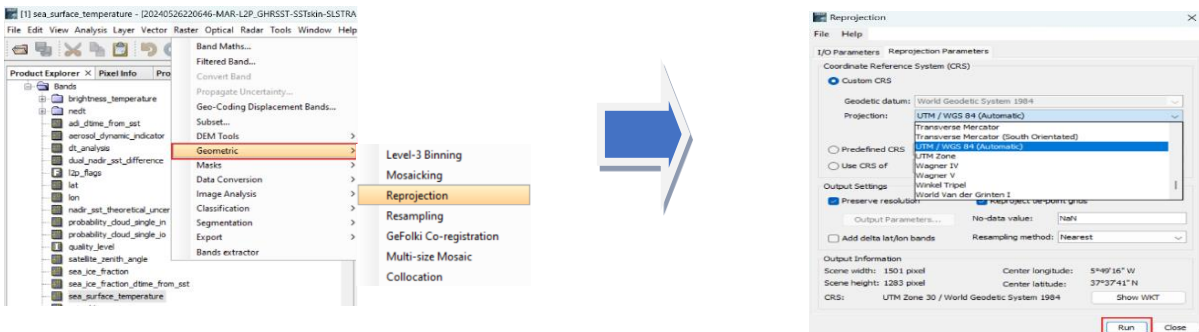


Figure 49: les étapes de projection

L'image projetée sera affichée une fois le téléchargement est terminé

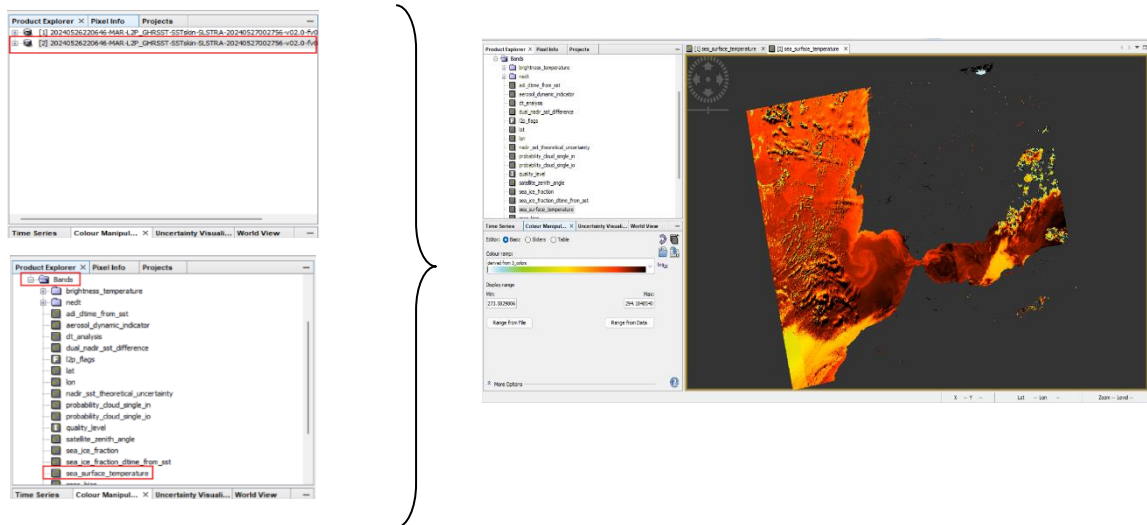


Figure 50: chargement de l'image projeté SLSTR WST (SST)

2.9.5 Importation des données vecteur sur cliché

La quatrième étape est d'importer les données vectrices sur notre image

Les données ouvrir sous forme shapefile :

Sélectionner vector ➡ Import ➡ Esri shapfile

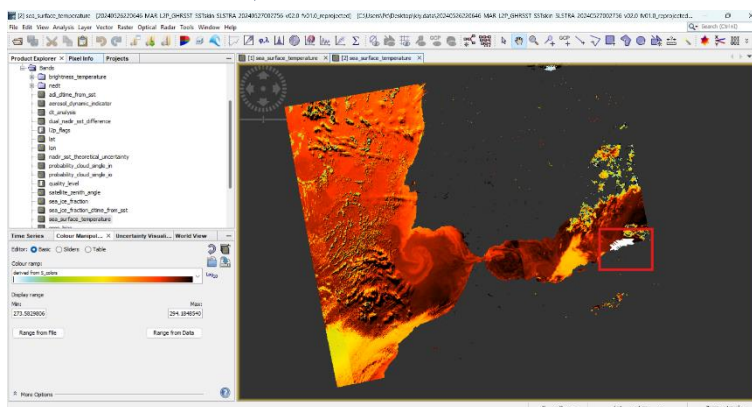


Figure 51: Importation des données shapefile sur l'image projeté

2.9.6 Le sous-échantillonnage (Subsetting) pour notre zone d'étude

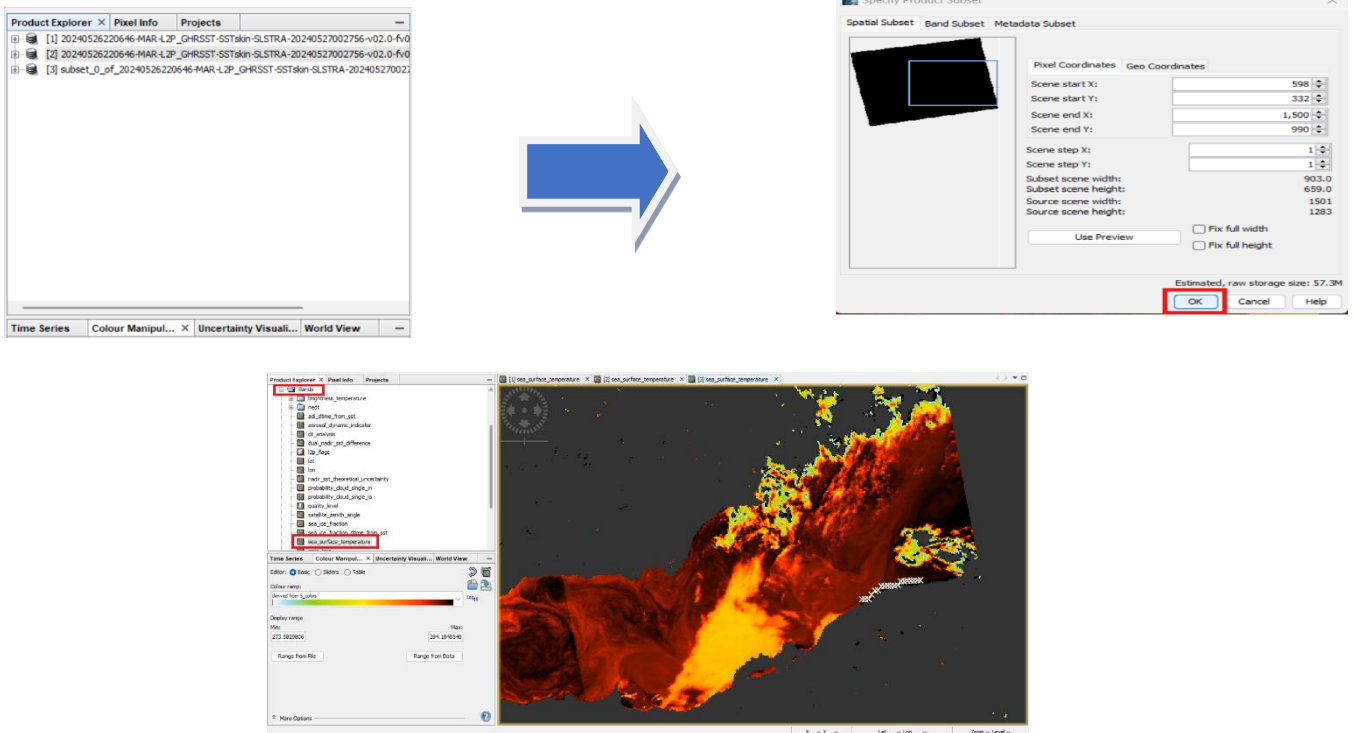


Figure 52: Le sous-échantillonnage (Subsetting) de la zone d'étude

2.9.7 Calculer les statistiques et Profil plot et corrélative plot

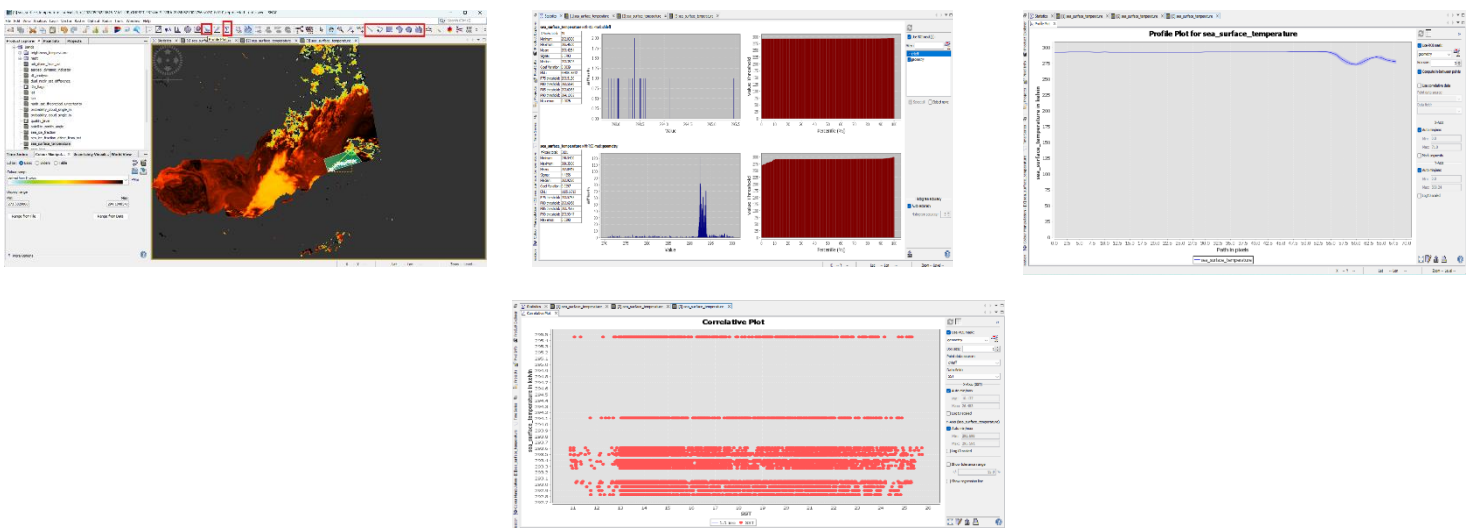


Figure 53: les différentes plot de la SST

2.9.8 Traitement de l'images Sentinel 3 couleur de la mer WFR

Les mêmes étapes de chargement d'une image WST la seule différence que le produit WRF est automatiquement projeté donc élimination de cette étape est obligatoire :

- Etapes 1 : ouvrir l'images WFR 3A 2018 : pour la couleur de la mer nous intéresse à 3 bandes importants celui de chl et celui la réflectance de l'océan et celui de TSM

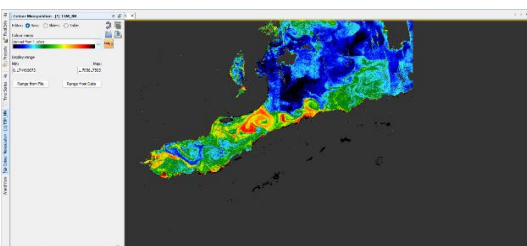
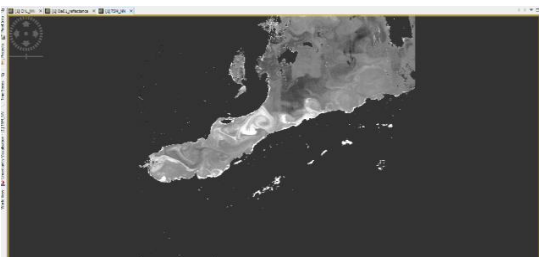
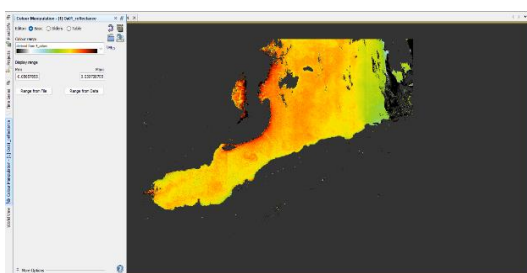
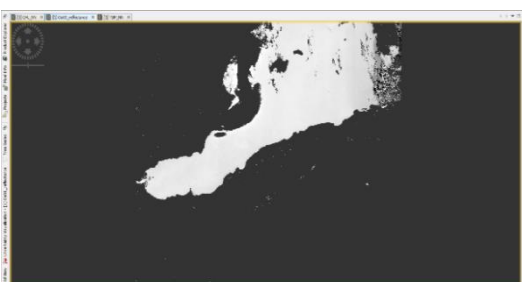
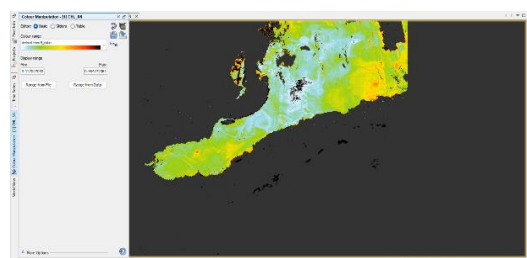
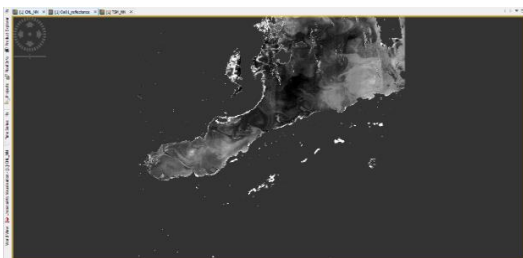
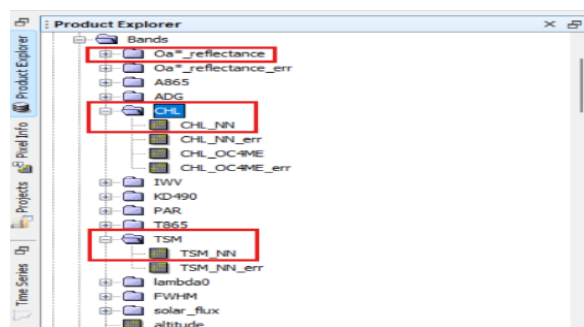


Figure 54: chargements et colorisation des images chl-ROA -TSM par ordre

2.9.9 importations des données vectrices sur l'images WFR

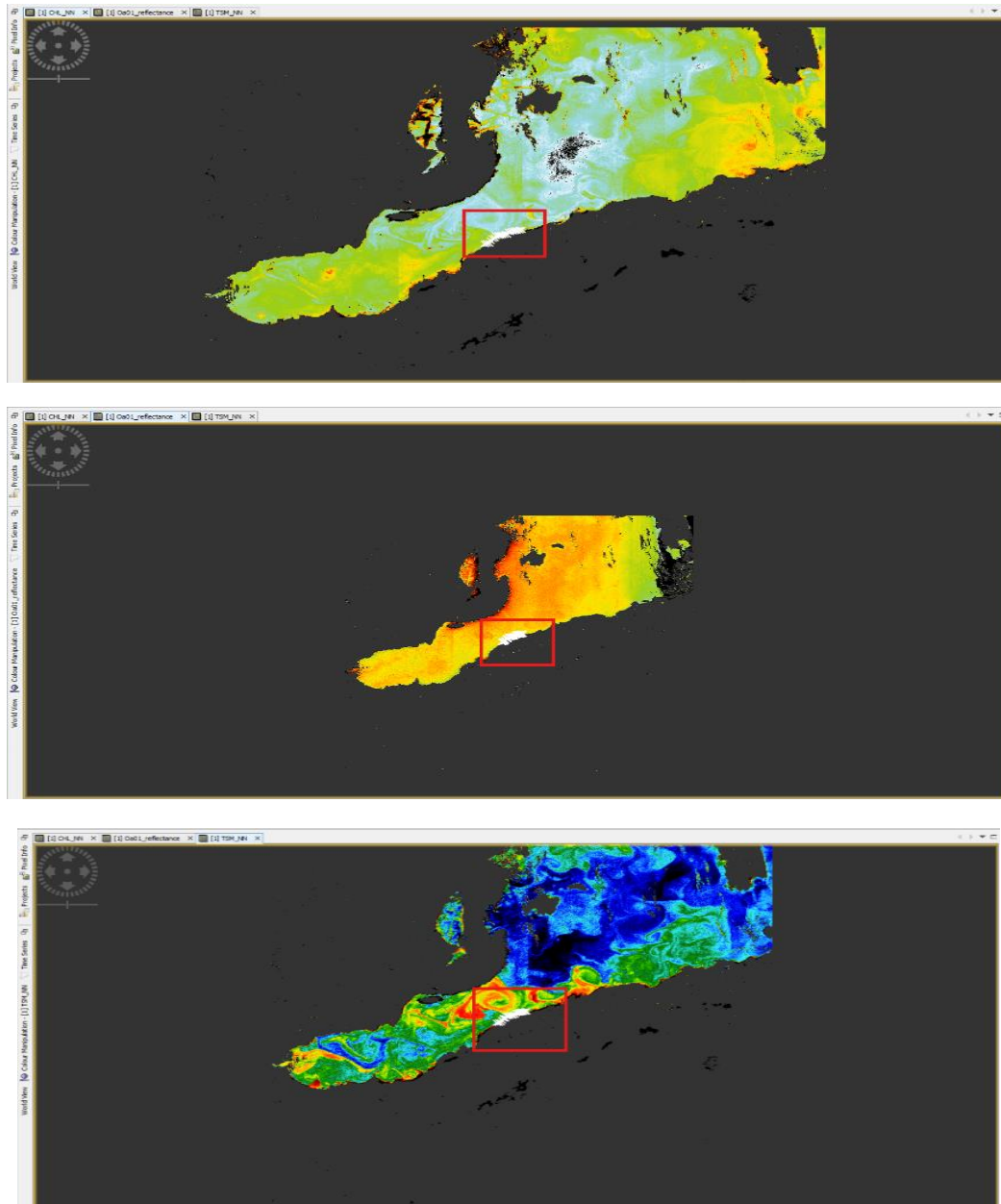


Figure 55: Importation des données shapefile

2.9.9 extractions de la zone d'étude

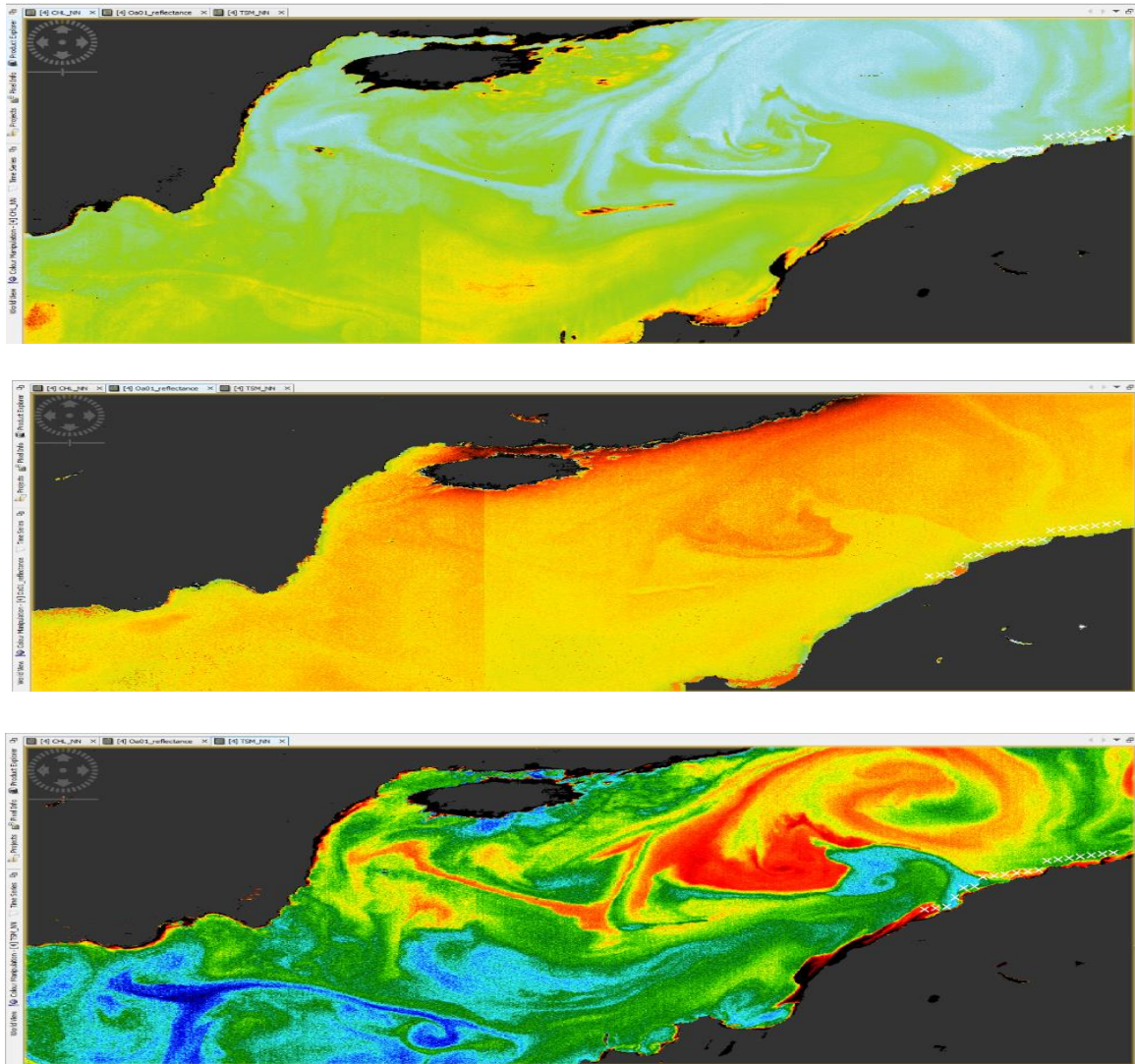


Figure 56: l'extraction de la zone d'étude de produit WFR

Tracer des grides sur l'image

Pour tracer les grides sélectionner on cliquons sur



:

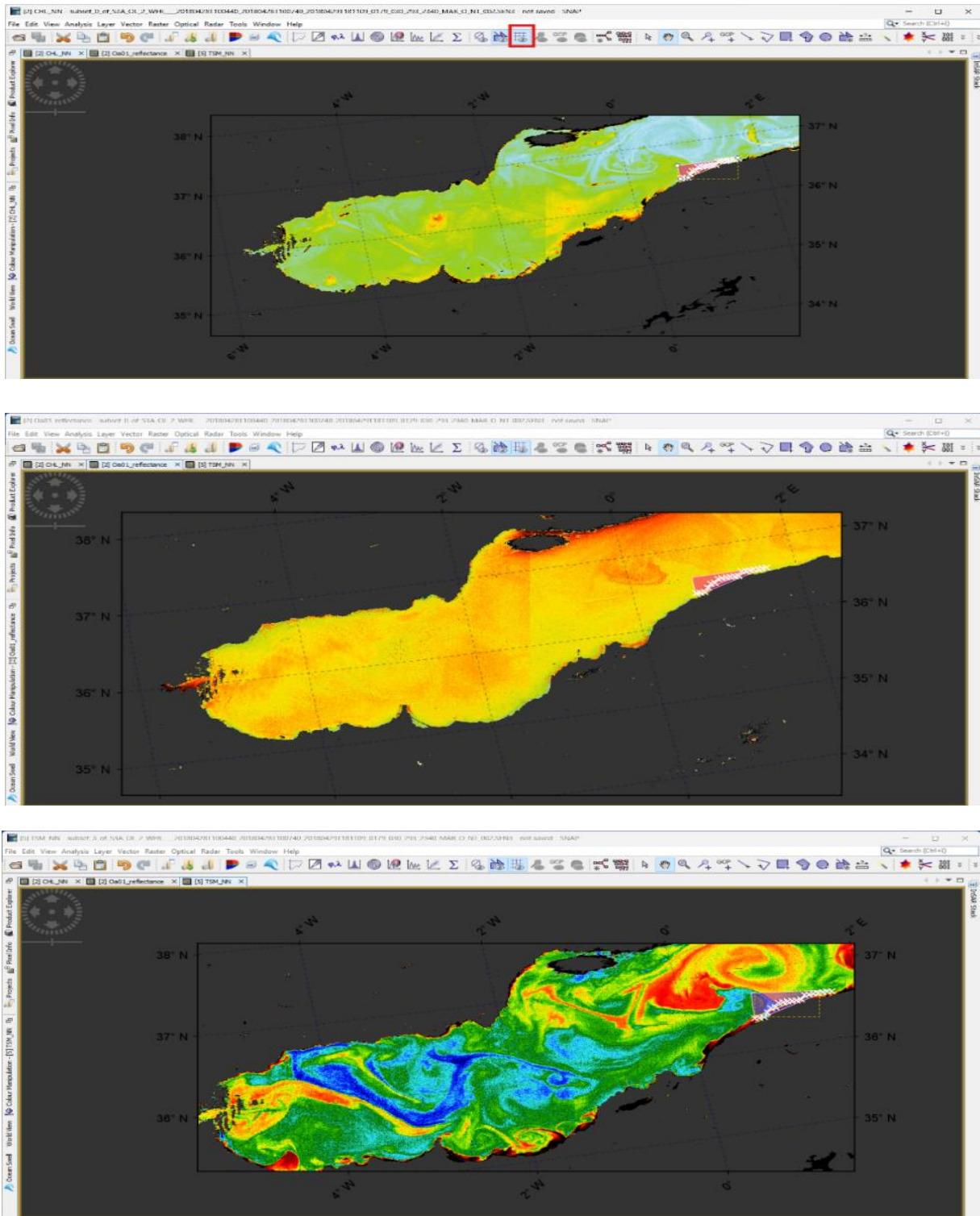


Figure 57: Tracer les grides lines

Chapitre

3

Zone d'étude

Chapitre 3 : Zone d'étude

3. Introduction

Avant toute étude efficace, il est essentiel d'acquérir une connaissance approfondie du milieu naturel dans divers domaines tels que la topographie, la géologie, la climatologie, l'hydrologie et la biogéographie. À savoir la qualité d'eau de mer, à travers des analyses physico-chimiques et bactériologiques, afin d'identifier et localiser les éventuelles sources de pollution.

3.1 Situation géographique

La côte linéaire algérienne s'étend sur 1622.48 km, avec une superficie marine de 27 998 km², et une superficie totale de 31 927,41 km², dont la superficie terrestre est de 3929,41 km². avec des frontières naturelles comme l'Oued Kiss situé à l'Ouest de la Wilaya de Tlemcen et l'Oued Souani Es Sebaa situé à l'Est de la Wilaya d'El Tarf.

Le Littoral de la wilaya de Chlef partie du plus long littoral de l'Algérie. Il parcourt une distance de 120 km environs de côtes est et Ouest sur la méditerranée, La wilaya de Chlef est située à l'extrémité nord de l'Algérie à environ 200 km et couvre la partie Ouest du Tell central jusqu'à 300 km pour les communes du nord-ouest) à l'ouest d'Alger avec une population de 1 095 160 habitants Elle compte 13 daïras : Chlef, Abou El Hassan, El Karimia, Beni Haoua, El Marsa, Taougrite, Oued Fodda, Ténès, Ouled Ben Abdelkader, Ain Merane, Boukadir, Zeboudja. La superficie totale de la wilaya est de 4791 km².

3.2 Limites géographiques

La commune de la wilaya de Chlef Ténès est située à 170km au bord de la mer l'ouest de la capitale Alger et 52 km au nord de Chlef, chef-lieu de la wilaya sur un plateau escarpé plateau légèrement incliné de 30 à 40 m au-dessus de la mer. Avec un rivage de 129 KM ou plusieurs plages sont incrustées, à l'ouest d'Alger et 95 km au nord-est de Chlef s'étend sur une superficie de 92,28 km² dont 5,70 km² en zones urbaines et 86,58 Km² en zones rurales. Elle est limitée par :

- ✚ Le nord : la mer Méditerranée ;
- ✚ Le sud : Sidi Akkacha et Abou El-Hassen ;
- ✚ L'Est : Oued Goussine ;
- ✚ L'Ouest : Sidi Abderahmane.

A l'échelle régionale Ténès se situe à 55 km au nord du chef-lieu de la wilaya de Cheliff et à 108 km à l'ouest de la ville de Cherrhelle limitée par : béni houa, zeboudja, El marsa et la mer méditerranée, ainsi Ténès se trouve dans une position stratégique dans la wilaya de Chlef, car elle est la seule porte d'accès à la mer. Ténès est une ville côtière qui se trouve à mi-chemin entre les deux métropoles, Alger et Oran. Elle abrite un port sur sa porte Est.



Figure 58: Littoral de Chlef (Ténès)

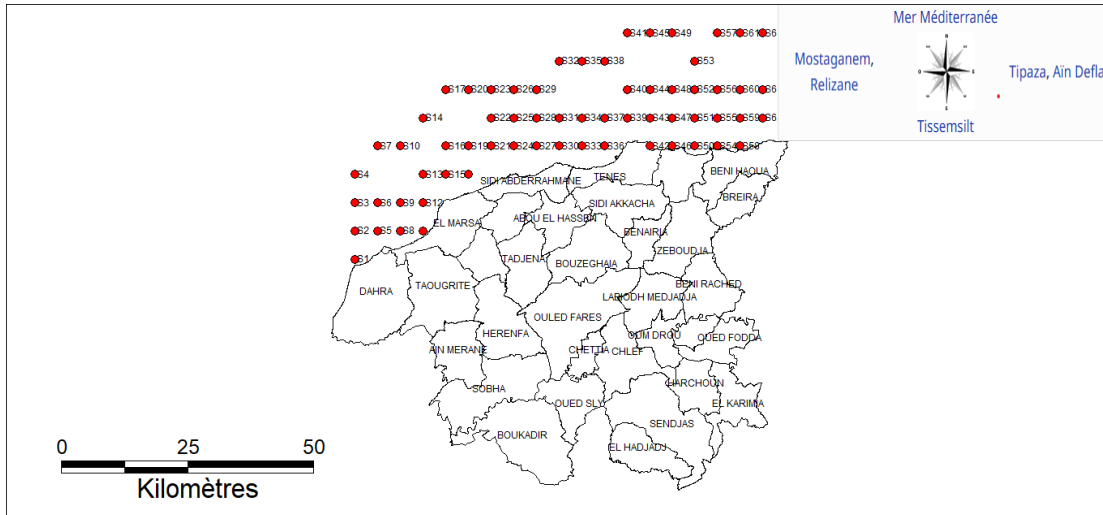


Figure 59 : Carte des limites administratives et stations de wilaya de Chlef

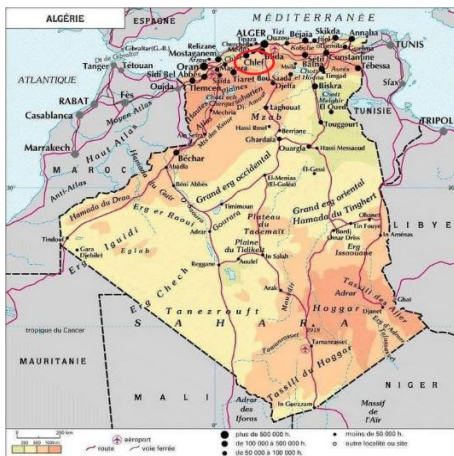


Figure 60: Carte N°2 de localisation de la Wilaya De chlef

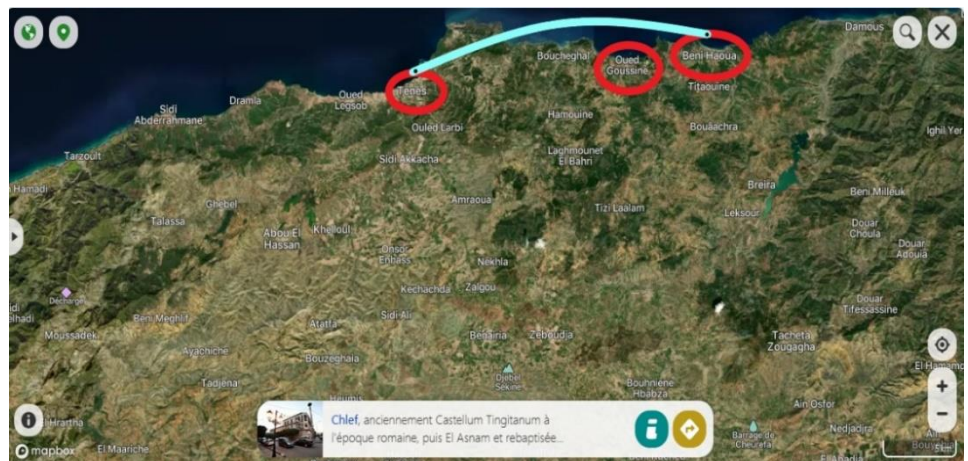


Figure 61: Carte N°3 géographique de la wilaya de Chlef

3.3 Voies maritimes

Un accès clés maritimes tel que Le port de Ténès est un port de pêche et de commerce spécialement conçu pour le transport de marchandises. Le port offre des connexions maritimes vers les ports de l'ouest algérien, tels que l'Oran et Mostaganem, ainsi que vers le port d'Alger



Figure 62: Accès Maritimes



Figure 63: Morphologie de Ténès

3.4 Le climat et l'hydrographie

Un climat aux températures extrêmes : Le climat de la wilaya de Chleff est de type méditerranéen doux subhumide dans la partie nord ; De type continental vers le sud (types de climat tempéré). Incluant une saison sèche et chaude de juin jusqu'à septembre et une saison humide et fraîche période hivernale pour le reste de l'année.

3.3 Une hydrographie moyenne Avec notamment l'Oued "Cheliff" dont le cours d'eau est le plus important d'Algérie il traverse la wilaya d'est en ouest y est traversé par deux importants barrages sur un trajet de 60 km : oued Fodda et Sidi Yakoub. Un réseau hydrographique important : oued allala, oued chaarir, oued boumezoued, oued bouffessoussa. (Secondaire).



Figure 64: Carte N°4 D'hydraulique source carte d'aménagement

3.5 La pluviométrie

La moyenne annuelle des précipitations est de 420 mm (40,06 mm par mois), avec des pics de précipitations en automne et en hiver, notamment en novembre (70mm), décembre (52mm) et janvier (59mm) soit entre les mois d'octobre (40mm) et avril (54 mm), La différence de précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide Ets de 58 mm. Selon le diagramme :

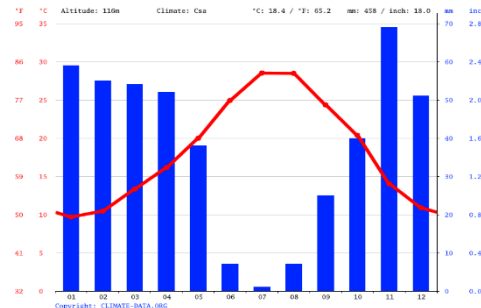


Figure 65: La pluviométrie de la wilaya de Chlef

mois	janvier	Février	Mars	Avril	Mai	juin	juillet	Août	septembre	octobre	novembre	décembre
Précipitation (mm)	59	55	54	52	38	7	1	7	25	40	69	51
Humidité (%)	76%	73%	69%	64%	59%	48%	43%	46%	57%	63%	72%	76%

Tableau 3: Tableau de pluviométrie de la wilaya de chlef

3.6 L'humidité

La proportion oscille entre 70 et 80 %, ce qui constitue une moyenne agréable, avec un air léger et facile à respirer.

Précipitations (mm), Humidité, Jours de pluie. Data :1999 – 2019 : Heures de soleil0

3.7 La température

Au cours de l'hiver, la température oscille entre 7.9et 28.5c°, La saison hivernale est douce et humide avec le mois de janvier qui est considéré comme le plus froid avec un minimum de (7.2c°-10c°), Pendant cette période, les précipitations sont généralement plus nombreuses. Les journées sont souvent ensoleillées, avec peu de précipitations. La température atteint son maximum au mois d'Août avec une température moyenne de 32c° en été. Pendant cette période, les précipitations sont généralement plus nombreuses,

3.8 Les vents

Les vents dominants pendant l'année sont :

- Vents de l'Est en été.

- Les vents de l'Ouest et Sud-ouest en hiver, et parfois des vents de désert en été (sirocco).



Figure 66: Les vents dominants de la wilaya de Chlef

3.9 Potentialités de développement de la wilaya

3.9.1 Les potentialités naturelles

- ✚ Potentialités hydrauliques : La wilaya de Chlef est traversée par l'oued Cheliff d'est en ouest. Le débit de cet oued est très irrégulier et il est souvent sec en été. La région du Cheliff est une région semi-aride. Les précipitations sont irrégulières dans le temps et dans l'espace avec des zones extrêmes, le littoral et l'Ouarsenis avec une moyenne annuelle d'environ 600 mm et la plaine incluse entre ces deux (02) zones présente une moyenne annuelle d'environ 400 mm.

3.9.2 Les Potentialités halieutiques

La côte de la wilaya est riche en ressources halieutiques. La flottille compte 349 embarcations. 5 685,9 tonnes de diverses espèces sont pêchées dont 5 250,4 tonnes de petits pélagiques, 193,8 tonnes de poissons, 68 tonnes de gros pélagiques, 95 tonnes de crustacés et 78,7 tonnes de mollusques.

Embarcations	Port de Ténés	Port d'El Marsa	Abri de pêche de béni houa	Total
Sardiniers	13	45	80	138
Chalutiers	12	50	/	62
Petits métiers	120	91	55	266
Total Wilaya	145	186	135	466

Tableau 4: Compositions de la flottille de la wilaya de Chlef Source (DPRH)

3.9.3 Le réseau portuaire

La wilaya dispose de quatre ports :

- Le port de Ténés : port de commerce (matériaux de construction et céréales).il est

Aussi un port de pêche maritime. Il occupe une superficie de 7 ha et dispose d'un quai de 135 mètres linéaires.

- Le port de pêche d'El Marsa : spécialisé, essentiellement, dans la pêche maritime,

Occupe une superficie de 5 ha avec un quai de 508 mètres linéaires.

- L'abri de pêche de Beni Houa : occupe une superficie maritime de 3 ha avec un quai

De 135 mètres linéaires. Elle compte, aussi, un débarcadère : Le débarcadère de Sidi Abderrahmane : spécialisé, essentiellement, dans la pêche maritime, il occupe une superficie de 0.83 ha et possède un quai de 108 mètres linéaires.

Avant Ténès, on peut observer une région côtière. Un territoire montagneux et forestier habité par une communauté berbère, la tribu des **Beni Haoua Elle est située à 95 km au nord-est de Chlef**. C'est une zone naturelle qui se limite à l'est par Oued Damous, également connu sous le nom d'Oued Lekbir ou Ighzer Amokrane, car c'est le plus grand oued après celui du Cheliff plus au sud. Aux alentours de l'Oued Lethnin, se trouve le territoire de la tribu de Tacheta.

Une ligne de crête se trouve à l'ouest, allant de la mer jusqu'à Kef Houas, un peu à l'est de Doumia (au kilomètre 170). Elle prend le long de la crête, descend vers l'oued Menterache, remonte vers Tamazguida et redescend finalement pour rejoindre l'Oued Lethnine.

La commune d'Oued Ghaussine, Daïra de Béni Haoua, wilaya de Chlef. Située à environ 180 km à l'ouest de la capitale Alger, La baie couvre environ 5 kilomètres de large, allant de l'ilot Kef Doumia à l'est jusqu'à Kef Souari à l'ouest



Figure 67: Carte N°5 de localisation de la Commune Béni houa

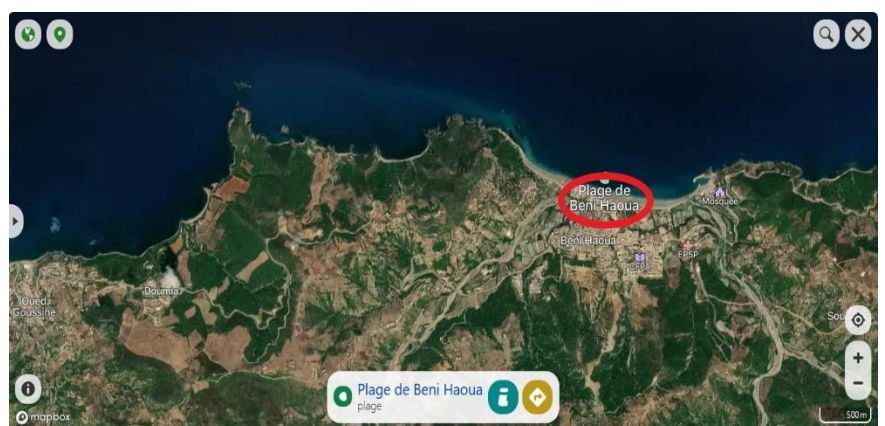


Figure 68: Carte N°6 géographique de la commune Béni houa (Map Carta)

Le climat de la commune de Beni Houa est typiquement méditerranéen, avec des étés chauds et secs ainsi que des hivers doux et pluvieux.

Il est célèbre à Beni Haoua pour sa plage, son port et le sanctuaire de Yemma Binette. Sa population s'élève à 25 000.



Figure 69: La baie de béni houa

Beni Haoua, une extension orientale de Ténès, fait partie du Tell septentrional, une zone située entre la vallée de Cheliff, la limite occidentale de la Mitidja et la Méditerranée au nord. Elle comprend également les deux massifs littoraux de Ténès à l'ouest et celui du Chenoua à l'est.

Il existe une grande quantité de cours d'eau qui s'écoulent même pendant l'été. Il y en a environ dix (principaux et affluents), parmi lesquels se trouvent l'Oued Lekbir (Oued lethine) avec plusieurs affluents importants tels que l'Oued Hamla et l'Oued Legseb ; l'Oued Menterache, l'Oued Outar, l'Oued Goussine et l'Oued Bouchghal. Chacun des cours d'eau possède ses propres affluents qui restreignent les versants et les lignes de crêtes, ce qui confère à cette région une morphologie montagnaise typique.

Cette baie est située à proximité de Port Breïra et Douar Souamar.



Figure 70: Vue panoramiques de la baie de béni houa

Oued Goussine, est une commune cotière de la wilaya de Chlef en Algérie, située à 75 km au nord-est de la ville de Chlef par Ténès (en Algérie), appelée jadis Taourira -qui signifie colline en berbère- traversée par la route littorale ou corniche de la Dahra.

Ville côtière, elle est connue par ses plages, notamment Boucheghal et Doumia et très près de plage de kiwane, dominées par des montagnes très boisée. La population locale est berbérophone. La commune d'oued ghousine est considéré par l'une des plus zones d'aquaculture caractérisé par la vie l'aquacole (8 fermes aquacoles) avec une zone de pêche une source d'halieutiques entouré entre deux ports :

- ✚ Port de pêche de Ténès
- ✚ Port de béni houa

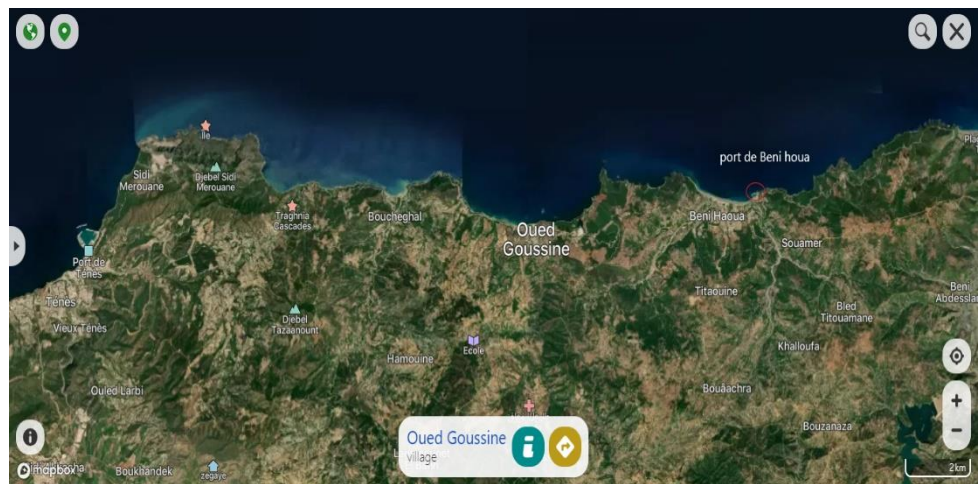


Figure 72: Carte géographique de la commune d'oued Ghousine

Figure 71: Carte de localisation de commune d'oued Ghousine (Map Carta)

➤ Ces 4 zones aquacoles chaque zone contient 8 cages globales par zones :

Nombre de cage		Cage N°1	Cage N° 2	Cage N°3	Cage N°4
Latitude		36.5363888	36..533861111	36.53944444	36.54158884
Longitude		1.4966667	1.49	1.488611	1.4827772
Distance entre Les cages	Verticale	0.034	0.037	0.03	0.029
	Horizontales	0.184	0.0176	0.170	0.2
Diamètre d'une cage		0.0108	0.0108	0.0108	0.0109
Distance d'une cage par rapport à la cote		0.543	0.583	0.4429	0.585
Périmètre		0.570	0.570	0.570	0.570

Tableau 5: Les paramètres de calcul des zones aquacoles

Nous avons choisi 4 cages pour mesurer leurs propriétés :



Figure 73 : Carte géographiques des fermes aquacoles d'oued ghossine



Figure 74: Vue panoramique de commune de Chlef « Oued Ghossine »

Chapitre

4

Résultat et discussion

Chapitre 4 : Résultats et discussions

4. Introduction

L'importance de la qualité de l'eau dans le domaine exigeant de l'aquaculture ne peut être sous-estimée. Une multitude de paramètres influence la rentabilité en et le développement optimal des espèces aquatiques :

4.1 Les paramètres d'influence des espèces aquacoles

4.1.1 La température de surface

La gestion de la température est un aspect fondamental en aquaculture, impactant significativement le bien-être et le développement des espèces aquatiques agit sur la croissance des espèces aquacoles de façon directe et indirecte. De manière directe, elle influence leur taux métabolique global y compris la réponse au stress et donc leur bilan énergétique et leur comportement le comportement locomoteur sur la vitesse de croissance et sur le rendement final et alimentaire Leur digestion, leur système immunitaire et leurs processus de reproduction et leur saisonnalité ainsi que sur le rythme des pontes et la fécondité rentabilité de l'exploitation aquacole, sur la sensibilité aux pathogènes et aux substances toxiques.(action sur la vitesse des réactions enzymatiques). De façon indirecte, la température va déterminer les conditions de milieu, en particulier l'épaisseur de la couche mélangée de surface par l'intermédiaire de la thermocline. Elle conditionnera ainsi partiellement le déclenchement des blooms (Sverdrup, 1953).

- Des températures trop élevées d'eau chaude favorise une croissance excessive et un métabolisme plus rapide, ce qui entraîne une consommation d'oxygène accrue et une production de déchets l'eau peuvent réduire la solubilité et la disponibilité de l'oxygène (hypoxie), affectant ainsi la production d'ATP ce qui peut entraîner un stress et même la mort (**Dalla Via, Villani, Gasteiger et Niederstätter, 1998 ; Dong, Dong, Tian, Wang et Zhang, 2006 ; Siikavuopio, Mortensen et Christiansen, 2008**).
- Des températures d'eau froides peuvent ralentir le métabolisme des poissons, ce qui peut entraîner une baisse de l'appétit et de la croissance les rendant plus sujets aux maladies et au stress. De même froide peut ralentir la croissance des plantes et affecte leur croissance et leur reproduction.
- Altération de l'oxygène dissous : Les températures élevées peuvent réduire le la capacité des poissons à absorber l'oxygène dissous dans l'eau, ce qui peut nuire aux organismes aquatiques.
- Augmentation des niveaux de CO₂ : Les températures élevées peuvent entraîner une augmentation des niveaux de CO₂ dans l'eau, ce qui peut avoir un impact négatif sur la santé des poissons et des plantes aquatiques.
- Promotion de la croissance de bactéries nocives : Les températures élevées peuvent favoriser la croissance de bactéries nocives dans l'eau, ce qui peut entraîner une détérioration de la qualité de l'eau.

- Diminution de la capacité de rétention des nutriments : Les températures élevées peuvent entraîner une diminution de la capacité de l'eau à retenir les nutriments, ce qui peut affecter la croissance des plantes aquatiques.

4.1.2 La salinité

La salinité, qui se réfère à la concentration totale d'ions dissous dans l'eau, est un facteur déterminant pour la santé et le bien-être des espèces aquacoles. Ces ions incluent notamment le calcium, le sodium, le potassium, le bicarbonate, le chlorure et le sulfate. La salinité, souvent exprimée en parties par millier (PPT) ou unité de salinité (PSU), varie selon les espèces : les poissons d'eau douce favorisent les environnements à faible salinité, tandis que les espèces marines prospèrent dans des conditions de salinité élevée. Une salinité inappropriée peut obliger les organismes à dépenser une énergie considérable en osmorégulation, affectant leur croissance et, dans des cas extrêmes, pouvant entraîner la mort.

4.1.3 L'oxygène dissous

Le taux d'oxygène dissous (OD) dans l'eau est un indicateur essentiel en aquaculture, sujet à d'importantes variations quotidiennes et saisonnières. Influencé par la température de l'eau et les caractéristiques des espèces de poissons, l'OD varie notamment en fonction de l'intensité lumineuse qui affecte la production d'oxygène par les plantes via la photosynthèse. Durant la journée, les niveaux d'OD augmentent grâce à la photosynthèse des plantes aquatiques, tandis que la nuit, ils diminuent en raison de la respiration des organismes vivants.

Une gestion attentive de l'OD est cruciale, car des niveaux inadéquats peuvent causer un stress chronique chez les poissons, réduisant leur appétit, leur efficacité alimentaire et augmentant leur susceptibilité aux maladies. Dans les systèmes d'aquaculture intensifs, le maintien d'un niveau adéquat d'oxygène dissous est souvent réalisé par aération ou oxygénation, assurant un environnement sain pour une production optimale.

4.1.4 Chlorophylle chl-a

La chlorophylle est un composant biochimique important de l'appareil moléculaire pigmentaire des microalgues, de part, Les chlorophylles sont des pigments verts liposolubles, contenu dans toutes les algues, plantes supérieures et cyanobactéries, Un composé chimique qui réalisent la photosynthèse C'est l'indicateur de biomasse le plus utilisé pour les algues microscopiques permettant aux végétaux de produire de l'énergie et de propre matière organique à partir de la lumière et d'éléments nutritifs (azote et phosphore) et la production de propre matières organiques ainsi ces microalgues présentes des applications en aquaculture les extraites des algues vertes sont utilisables en tant que facteurs d'appétence pour alimentation et respiration et un réservoirs des sels nutritifs qui sont des constituants minéraux dissous dans l'eau de mer et qui sont impliqués dans le métabolisme des espèces aquacoles leur diminution ce qui peut affecter la croissance des espèces marines.

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 et médiane des paramètres physico-chimiques dans la zone de Chlef pour 4 distances 0km,5km,15km,20km entre les années (2017-2018) :

Paramètre	SST	SSS	Chl	Oxygen	Courant
Moyenne	17,91231	36,73245	0,164114	233,891	0,205299
Erreur-type	0,020951	0,001062	0,000612	0,058461	0,000866
Mediane	17,17999	36,72311	0,11756	234,8303	0,167705
Mode	13,69	36,70433	0,06977	234,639	0,070553
Écart-type	3,646633	0,184848	0,106519	10,17538	0,150818
Variance de l'échantillon	13,29793	0,034169	0,011346	103,5383	0,022746
stosis (Coefficient d'aplatissement)	-1,23854	2,541837	0,202078	-1,01231	2,397235
Coefficient d'asymétrie	0,299796	0,75848	0,984648	-0,20926	1,363621
Plage	16,23999	1,60392	0,58411	46,80661	1,180838
Minimum	10,39001	36,17405	0,04188	206,1295	0,00083
Maximum	26,63	37,77797	0,62599	252,9361	1,181669
Somme	542653,5	1112810	4971,848	7085728	6219,538
Nombre d'échantillons	30295	30295	30295	30295	30295
Niveau de confiance (95,0%)	0,041065	0,002082	0,0012	0,114586	0,001698

Tableau 6: étude globale des différentes paramètres physiques

Les résultats de la mesure de ces paramètres permettent de mieux apprécier la variabilité de la SST, SSS, OD, CHL-a, FC entre les stations. Pour bien comprendre le tableau on est créé des garaphe à partir les résultats de tableau 6. Selon 2 ans 2017/2018 :

4.2 Tracer des histogrammes des paramètres physiques pour Années 2017 et 2018

4.2.1 Selon Année 2017

📊 Température de surface de la mer

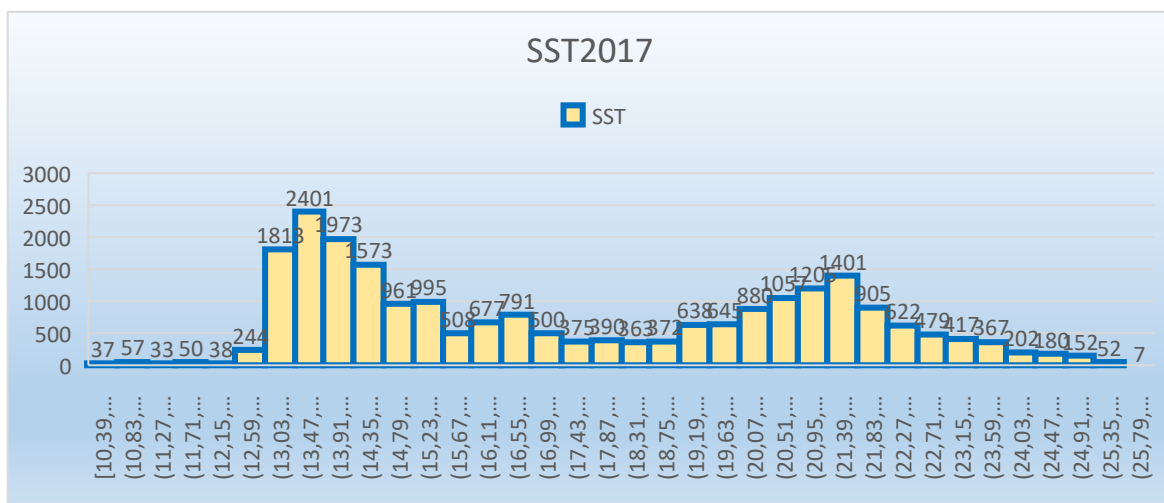


Figure 75: Histogramme de la Variabilité temporelle de la SST en 2017

4.2.2 Salinité (S)

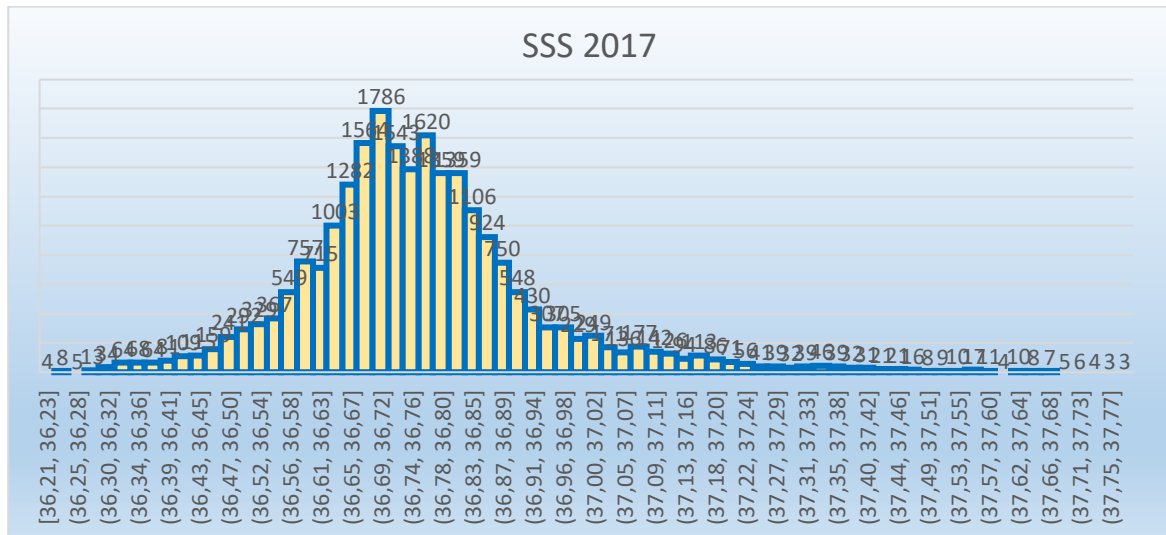


Figure 76: Histogramme de la Variabilité temporelle de la SSS en 2017

4.2.3 La chlorophylle (CHL-a)

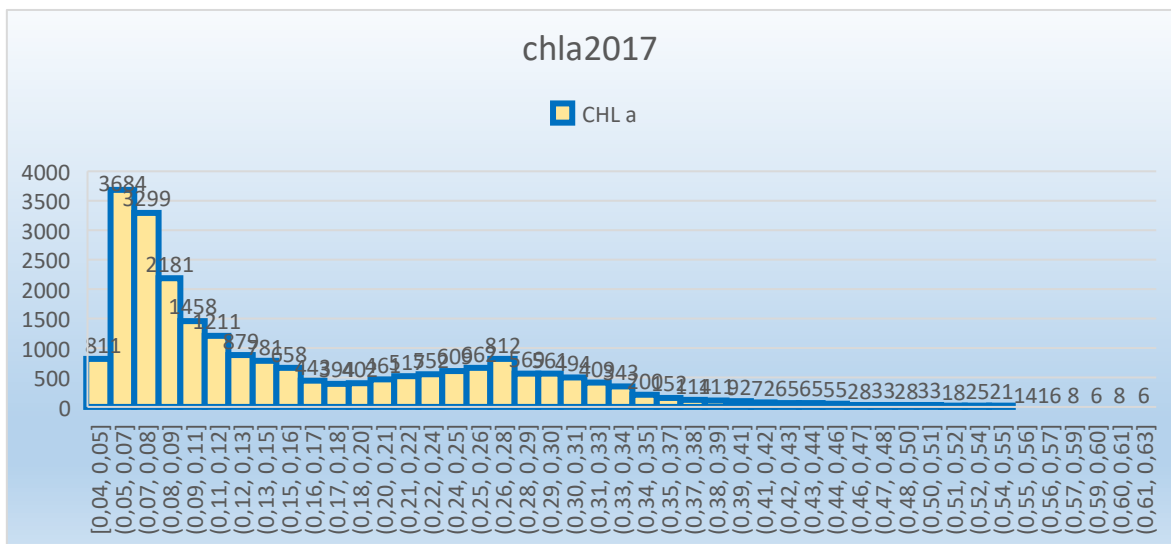


Figure 77: Histogramme de la Variabilité temporelle de la CHL-A en 2017

4.2.4 Oxygène dissous (O2 dessous)

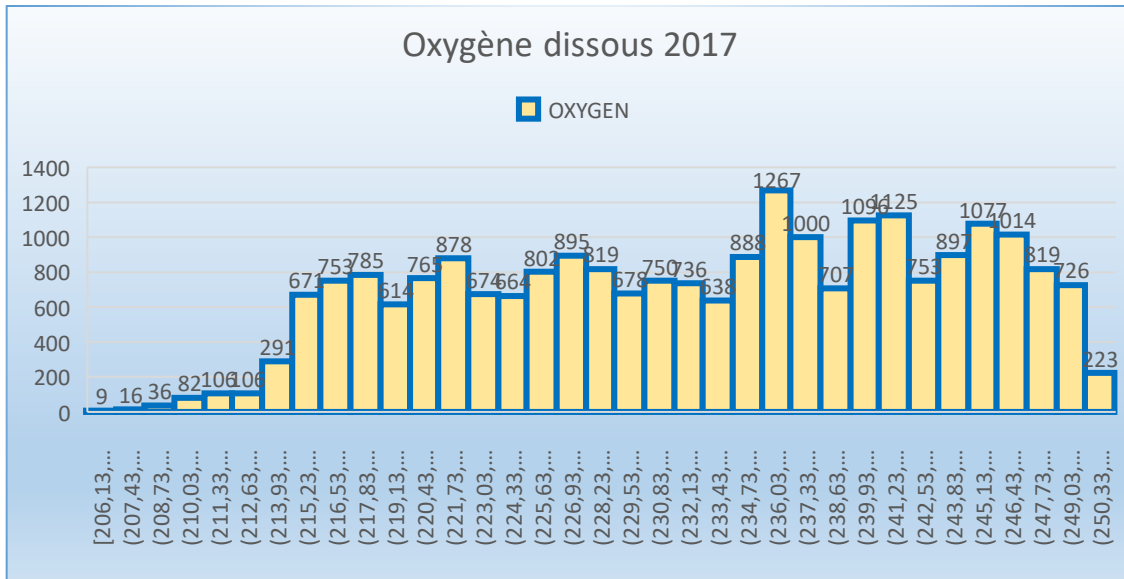


Figure 78: Histogramme de la Variabilité temporelle de la OD en 2017

4.2.5 Facteur de courant (FC)

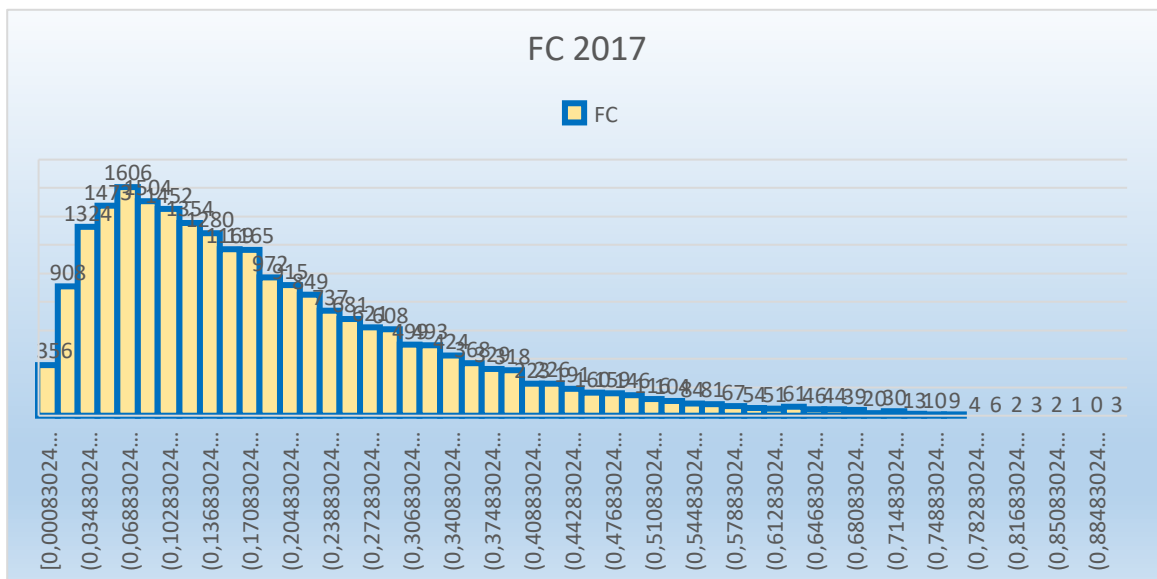


Figure 79 : Histogramme de la Variabilité temporelle de la FC en 2017

4.3 Selon Année 2018

4.3.1 Température de surface de la mer

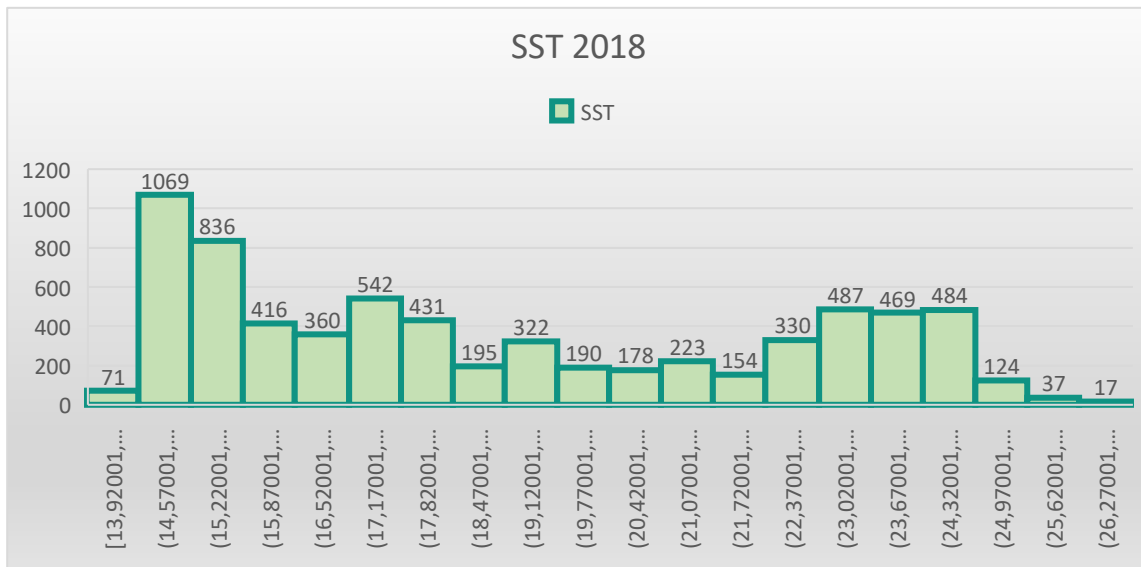


Figure 80: Histogramme de la Variabilité temporelle de la SST en 2018

4.3.2 Salinité (S)

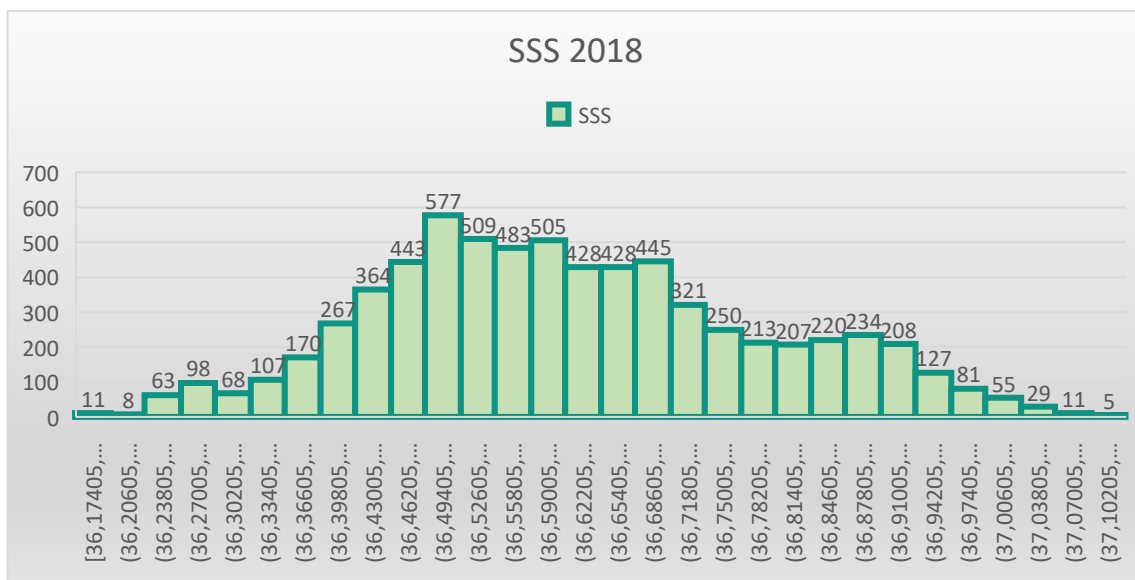


Figure 81: Histogramme de la Variabilité temporelle de la SSS en 2018

4.3.3 La Chlorophylle (CHL a)

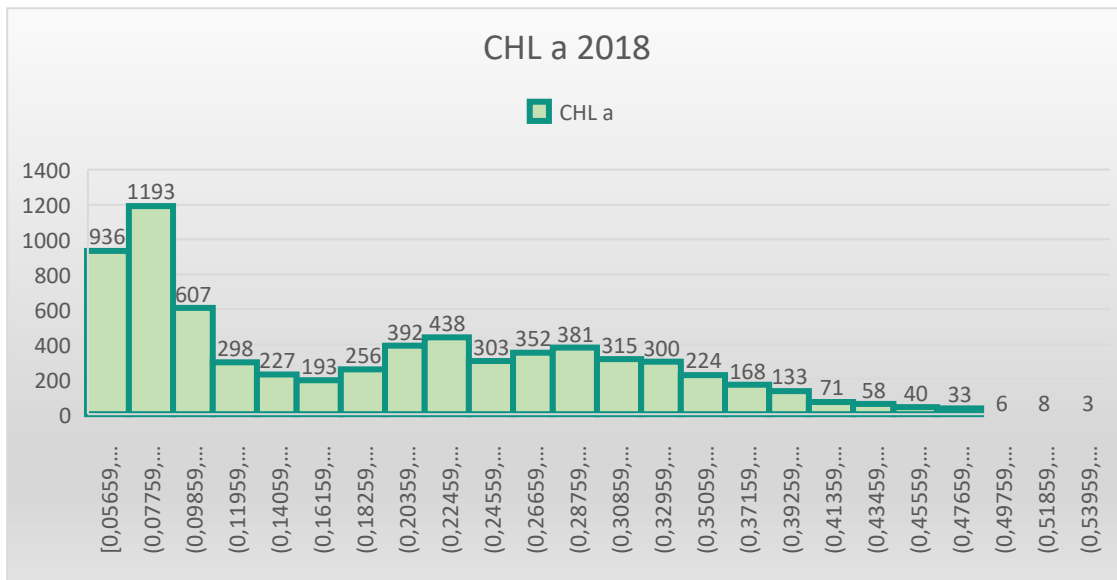


Figure 82: Histogramme de la Variabilité temporelle de la CHL-A en 2018

4.3.4 Oxygène dissous (O2 dissous)

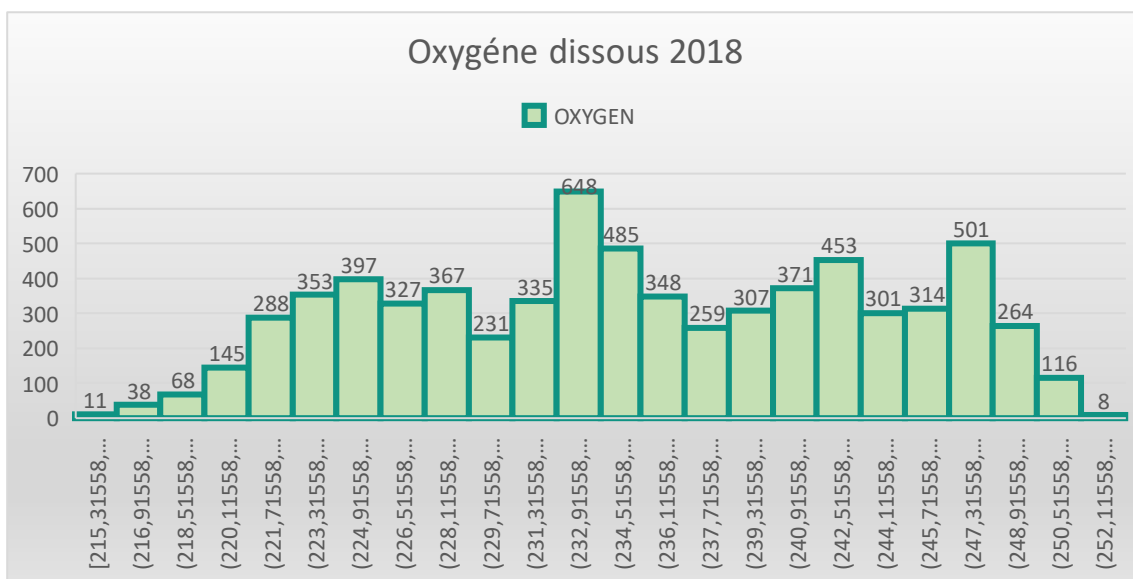


Figure 83: Histogramme de la Variabilité temporelle de la OD en 2018

4.3.5 Facteur de courant (FC)

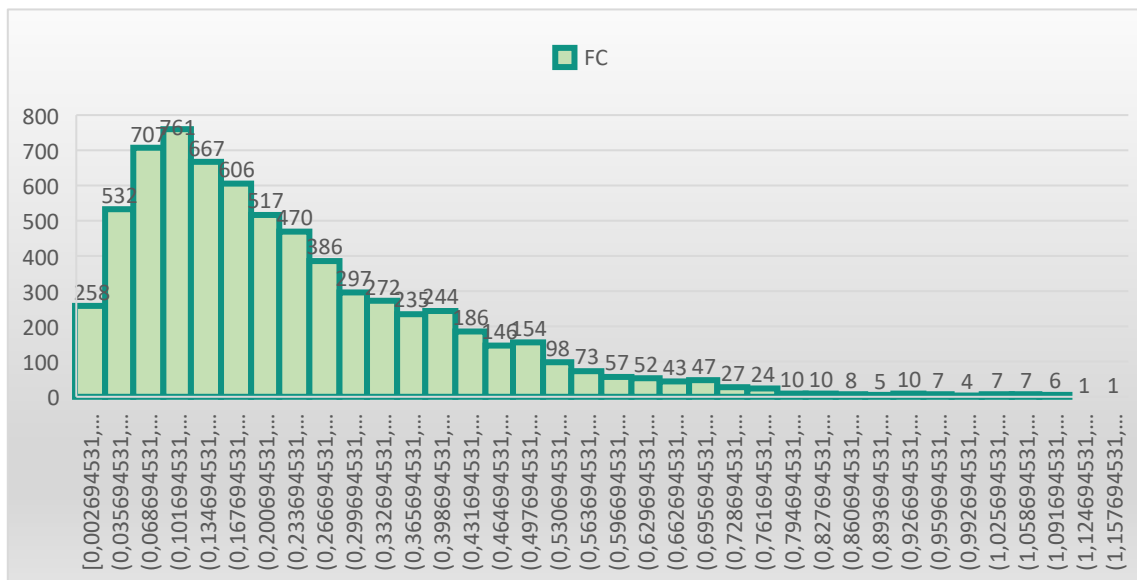


Figure 84: Histogramme de la Variabilité temporelle de la FC en 2018

4.4 Interprétation

La distribution de la température selon les histogrammes presque égale à la moyenne = 17,91 considérer comme une distribution normale avec une grande variabilité de température 15°C de variabilité.

Selon les graphes et des variation temporelle de la SST, SSS, CHL-a, ODissous, et FC en 2017, 2018 présente une forte variabilité, L'étude de la variabilité spatiotemporelle des paramètres physicochimiques reflète les caractéristiques hydrologiques de la baie. Une température saisonnière Les valeurs de température s'échelonnent **autour** entre 13.24°C à 15.26°C au mois de février et mars, et elle augmente pour atteindre 23 °C (juin et juillet). **L'évolution temporelle est marquée par un rythme saisonnier**

La salinité enregistrée est typique à la salinité des eaux méditerranéennes. Elle varie entre 36.14 PSU et 37.78 PSU. Des teneurs en oxygène dissous varient entre 263 mg/l et 250 mg/l en mois de février.

La distribution de la chlorophylle est relativement hétérogène cependant il existe un gradient trophique d'Ouest à l'est La concentration de la chlorophylle éteint leur maximum varie avec 0.6 mg/m³ et 0.63 mg/m³ dans la fin de mois de février et la fin de mois d'avril.

Par ailleurs la vitesse du courant orbitale ne dépasse pas 2 m/s durant la saison hivernale en mois de février et mois de mars.

La concentration d'oxygène dissous varie entre 206.13mg/l en été avec un maximum 252,74mg/l en période hivernale.

En surface 10.8 < SST < 25.73 Une température assez faible selon la période d'été et la période hivernales varie perpendiculairement avec la concentration de salinité qui varie 36.74psu < S < 36.83psu par ailleurs la concentration de La chlorophylle et oxygène décroît rapidement à la fois avec une

variation qui confinés entre deux valeurs 0.05 et 0.36 avec un taux d'oxygène varie entre 216mg/l et 244 mg/l. ces résultats sont très net à 15 km.

La température est enregistré un minimum de température en sub-surface de 10.76°C en mois février la température éteint un maximum en mois d'aout de 26.63 °C avec un taux maximale d'oxygène dissous de 252mg/l en mois d'avril en sub-surface par conséquent On notera que les pics de minimum de salinité observés au niveau de sub-surface diminue de façon beaucoup plus modérée de 36psu en période automnale suivi par une vitesse maximale de masse d'eau de 1.18 m/s en mois de mars avec une concentration très faible de 0.04 mg/m³ de chlorophylle en mois de mai.

Au large une température diminue très légèrement de 10.39 °C jusqu'à 26.12°C en période estivale avec un maximum de salinité en période automnale de 37.77 psu

Une concentration saisonnière homogène de chlorophylle de 0.04 mg/m³ en profondeur éteint un maximum en période hivernale de 0.63mg/m³ en mois de février.

Un minimum d'oxygène dissous à été observé en profondeur qui ne dépasse pas 207mg/l en période estivale.

Une vitesse de courant varie entre 0.002m/s et 0.78m/s entre mois d'octobre et mois de mars.

Chapitre

5

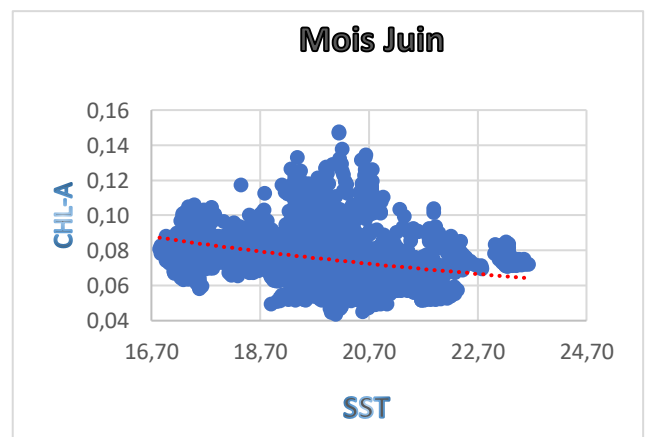
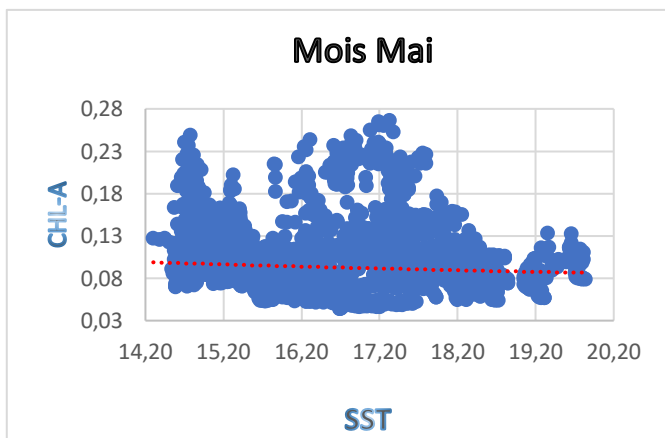
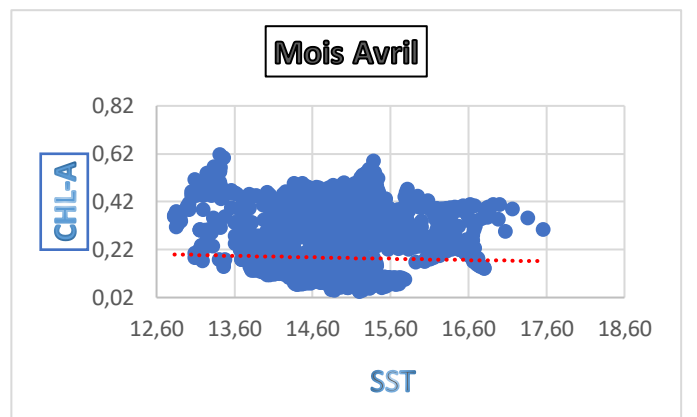
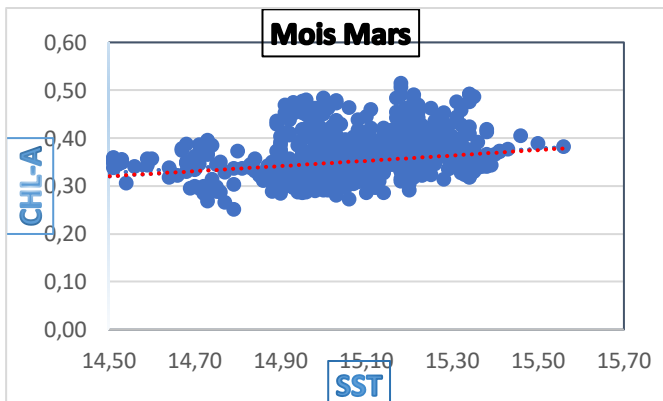
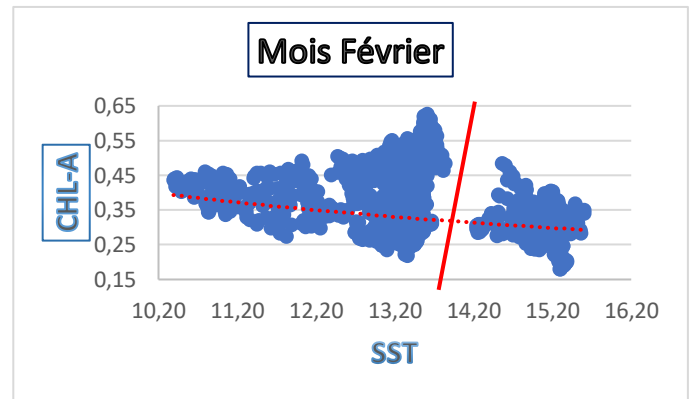
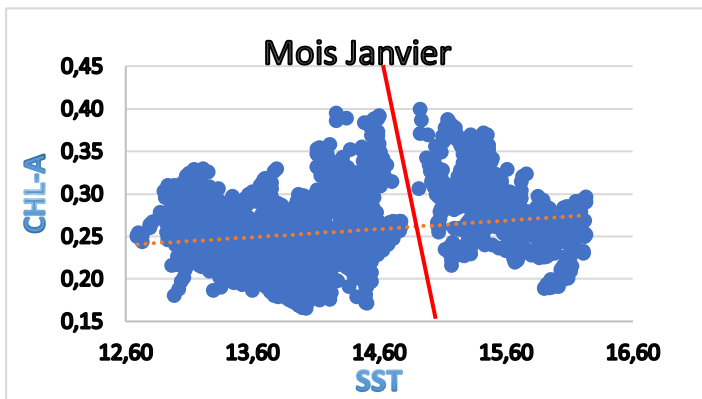
Partie Modélisation

Chapitre 5 : Partie modélisation

5. Introduction

- Les deux paramètres TSM et CHL chaque un appart, nous allons procédés dans ce chapitre a une étude combinée entre TSM et CHl. Le but est de voir s'il existe une relation entre la TSM et le CHl et quelle est leur conséquence sur le fonctionnement du milieu marin au niveau de la côte algérienne ouest.

5.1 La création des modèles de TSM/CHL-A de chaque mois et avoir le modèle le plus Corrélé :



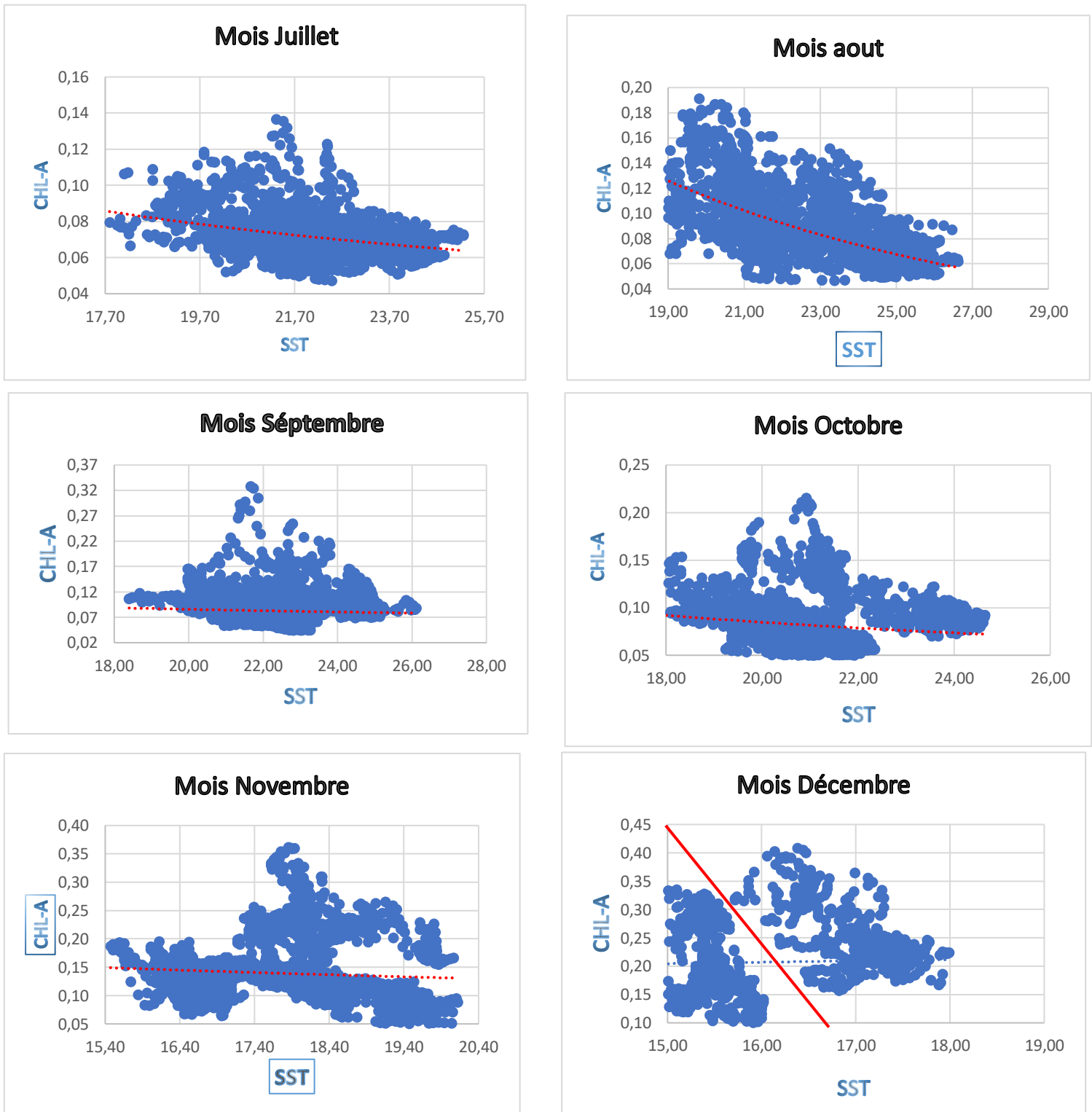


Figure 85: Variation de TSM avec concentration en chlorophylle En fonction de mois en

5.1 Discussion

Cette analyse nous a permis de remarquer les jours qui ont une température élevée qui est très dangereux pour le poisson (Asfixier le poissons) surtout pour les jours consécutifs.

Selon Mois janvier février Décembre 2 partie observée :

- ✚ **Une partie de masse d'eau Froide ;**
- ✚ **Une partie de masse d'eau Chaude :**

Ces résultats sont expliqués par l'existence d'une corrélation entre **la présence d'eau froide (TSM faible)** une température potentielle de 10°C, 12°C ce refroidissement des eaux salées de surface accroît la densité jusqu'à des eaux plus profondes un maximum de production de chlorophylle avec un minimum de température particulièrement en mois de février le déplacement des masses d'air résulte un courant froid plus rapide créé un déplacement des masses d'eau riche en éléments nutritifs notamment en ammonium, nitrate et phosphate provenant de différentes formes de pollution (domestique ou industrielle) très marquée dans la zone côtière (1 et 5 km) avec un maximum d'oxygène dissous et provoque une croissance en production primaire du phytoplancton. Une salinité de surface est légèrement élevée en hiver à cause des vents froids évaporant l'eau et augmentant la salinité. Des températures d'eau froides peuvent ralentir le métabolisme des poissons ce qui affecte leur croissance.

Une partie chaude favorise une température élevée de 14°C jusqu'à mois décembre à une température de 18°C crée des masses d'eau chaude pauvre en nutriment qui ralentit la production primaire de phytoplancton suivi à une concentration très faible en chlorophylle avec un taux faible d'oxygène dissous. Les températures élevées peuvent réduire la capacité des poissons à absorber l'oxygène dissous dans l'eau et provoquent l'augmentation du niveau de CO₂ dans la colonne d'eau on précise le mois d'août et septembre une température de 27°C le milieu oligotrophe avec une décroissance de la production. Une seule partie observée pour les autres mois la période chaude enregistrée une température élevée provoque une décroissance rapide en chlorophylle de 0.22mg/m³ à 0.4mg/m³. donc T° ↑ O₂ ↓ CHL-A ↓ Pauvre en oxygène et chlorophylle considéré comme une eau morte.

5.2 Création des modèles représentatif selon chaque 3 mois :

Variation temporelle des mesures moyennes mensuelles de SST et de Chl- α de toutes les régions, et la variation spatiale des mesures régionales moyennes de SST et de Chl- α pour chaque mois :

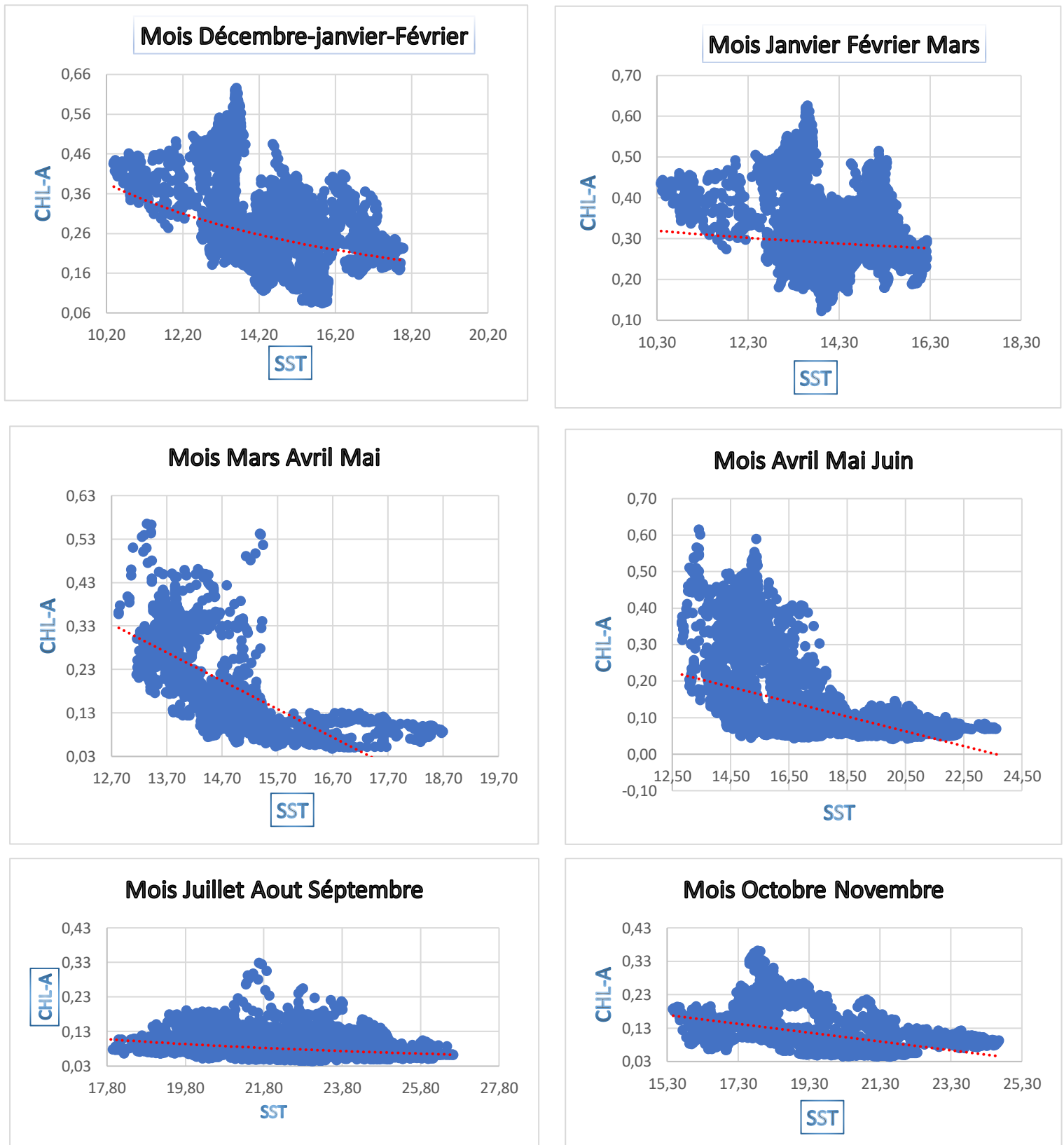


Figure 86: Variation de TSM avec concentration en chlorophylle en fonction de 3 mois

A partir de la figure 86 on a pu trouver une relation entre la TSM et la variabilité de la couche de mélange par l'intermédiaire de la thermocline

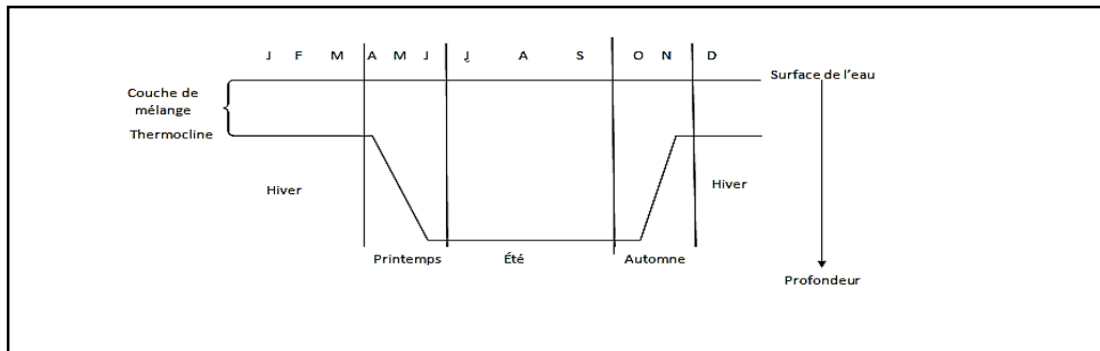


Figure 87: Variation saisonnière de la profondeur de la thermocline

D'après la figure, on constate que la colonne d'eau au niveau des cotes algériennes est caractérisée par une thermocline saisonnière. Pendant l'hiver, Elle est très proche de la surface ou parfois elle n'existe pas, ce qui créer un mélange des eaux profondes froides et riches en éléments minéraux avec les eaux de surface favorisera le développement des peuplements phytoplanctoniques ce qui expliquera les fortes concentrations de chl enregistrées dans cette saison. A la suite, au début du printemps la TSM commencera à augmenter et l'irradiation solaire réchauffe progressivement les eaux de surfaces ce qui crée des Stratification ainsi les cellules algales subissent alors moins de mouvements de déplacements dans la colonne d'eau et une photosynthèse efficace peut s'établir le résultats est une forte production et biomasse ce que l'on appelle floraison printanière (spring bloom en anglais) ou les concentration de chlorophylle peuvent atteindre 0.8mg/m³, ce qui traduit la descente de cette barrière de thermocline vers les profondeurs au cours de la saison printanière jusqu'à ce qu'atteignent les 400 mètres au début d'été (Levitus et al, 1994) au fur à mesure que la TSM augmente . Au niveau de l'été la thermocline reste stable on a remarqué l'apparition de quelques fluctuations de la TSM implique l'existence de d'autres phénomènes, parmi eux on cite le phénomène d'Upwelling côtier décrit par un décroissance thermique la TSM environs 12.50°C de moyenne, dus à une remontée d'eaux profondes riche en éléments nutritifs une situation totalement oligotrophe qui va plonger tout l'été qui favorisera la croissance des organismes phytoplanctonique au pleine de saison estival jusqu'au mois de septembre, où la TSM commencera à s'affaiblisse et se diminuer au début d'octobre suivi par une remontée de la thermocline vers la surface les concentration sont alors de nouveaux inférieurs à 0.4mg/m³ avec une intensité toutefois moindre qu'en hiver jusqu'à ce qu'elle atteinte les dizaines de mètres au mois de décembre. C'est le profile vertical de la thermocline qui se répète chaque année. D'un point de vue temporel, la variation est plus importante durant les périodes de printemps et été, beaucoup plus au mois d'Avril ou la température est fortement hétérogène du au passage de valeurs basses vers une forte température L'étude corrélatrice entre SST et Chl- α a été réalisée à l'aide des données utilisées dans l'illustration précédente, à savoir le Tableau suivant :

Tableau 7: Tableau de corrélation des variables SST/CHL-A

Mois	y	R ²	R
Janvier	$Y=0,149\exp^{0,0378X}$	0.04	0.2
	$Y=0,0099x+0,1176$	0.04	0.2
	$y=0,1433\ln(x)-0,122$	0.04	0.2
	$y=0,0009x^2+(0,036x)-0,0713$	0.04	0.2
	$y=0,06x^{0,5453}$	0.04	0.2
Février	$y=0,6698\exp^{-0,053x}$	0.06	0.24495
	$y=-0,0185x+0,5827$	0.06	0.24495
	$y=-0,249\ln(x)+0,9822$	0.06	0.24495
	$y=0,0026x^2-(0,0888x)+1,0533$	0.06	0.24495
	$y=2,1445x^{-0,725}$	0.06	0.24995
Mars	$y=0,0288\exp^{0,1661x}$	0.26	0.5099
	$y=0,0527x-0,4378$	0.25	0.5
	$y=0,7508\ln(x)-1,6803$	0.25	0.5
	$y=0,0313x^2-0,8456x+5,9885$	0.27	0.51962
	$y=0,0006x^2,3642$	0.25	0.5
Avril	$y=0,2587\exp^{-0,023x}$	0.00	0
	$y=-0,0012x+0,2356$	5exp-5	0.18355
	$y=-0,045\ln(x)+0,3391$	0.00	0
	$y=0,0432x^2-1,2925x+9,8653$	0.07	0.26458
	$y=0,6712x^{-0,479}$	0.00	0
Mai	$y=0,1343\exp^{-0,022x}$	0.01	0.1
	$y=-0,0025x+0,1416$	0.01	0.1
	$y=-0,045\ln(x)+0,2272$	0.01	0.1
	$y=0,0028x^2-0,096x+0,9272$	0.02	0.14142
	$y=0,296x^{-0,412}$	0.01	0.1
Juin	$y=0,1869e^{-0,047x}$	0.10	0.31623
	$y=-0,0035x+0,1434$	0.10	0.31623
	$y=0,068\ln(x)+0,2777$	0.10	0.31623
	$y=0,0003x^2+0,0076x+0,0341$	0.10	0.31623
	$y=1,1735x^{-0,928}$	0.09	0.3
Juillet	$y=0,163\exp^{-0,037x}$	0.13	0.36056
	$y=-0,003x+0,139$	0.12	0.34641
	$y=-0,067\ln(x)+0,28$	0.13	0.36056
	$y=0,0006x^2-(0,0296x)+0,4313$	0.14	0.37417
	$y=0,938x^{-0,832}$	0.13	0.36056
Aout	$y=0,9065\exp^{-0,104x}$	0.41	0.64031
	$y=0,0095x+0,3043$	0.41	0.64031
	$y=-0,213\ln(x)+0,7544$	0.41	0.64031
	$0,0001x^2-(0,0159x)+0,3769$	0.41	0.64031
	$y=124,19x^{-2,333}$	0.40	0.63246
Septembre	$y=0,1079\exp^{-0,012x}$	0.00	0
	$y=-0,0014x+0,1192$	0.00	0
	$y=0,038\ln(x)+0,2052$	0.00	0
	$y=0,0038x^2-0,1751x+2,0765$	0.08	0.28284

Septembre	$y=0,2403x^{-0,344}$	0.01	0.1
Octobre	$y=0,1659\exp^{-0,034x}$	0.02	0.1414 2
	$y=-0,0029x+0,1463$	0.02	0.1414 2
	$y=-0,066\ln(x)+0,2856$	0.02	0.1414 2
	$y=0,0024x^2-(0,1073)+1,2538$	0.07	0.2645 8
	$y=0,8646x^{-0,775}$	0.02	0.1414 2
Novembre	$y=-0,2432\exp^{-0,031x}$	4exp- 5	0.1641 7
	$y=-0,0137x^2+(0,4862x)-4,1662$	0.086 5	0.2941 1
	$y=0,0091\ln(x)+0,1223$	1exp- 4	0.1353 4
	$y=6\exp^{-05x}+(0,1474)$	1exp- 6	0.0497 9
	$y=-0,0137x^2+(0,4862x)-4,1662$	0.086 5	0.2941 1
	$y=0,5884x^{-0,501}$	0.01	0.1
decembre	$y=0,1634e^{0,0149x}$	0.01	0.1
	$y=0,0042x+0,1485$	0.01	0.1
	$y=0,0589\ln(x)+0,052$	0.01	0.1
	$y=0,007x^2-(0,2141x)+1,8269$	0.04	0.2
	$y=0,1208x^{0,1941}$	0.01	0.1
Decembre- Janvier- Février	$y = 0,8313\exp^{-0,082x}$	0.13	0.3605 6
	$y = -0,0222x + 0,5836$	0,122 3	0.3497 1
	$y = -0,332\ln(x) + 1,1496$	0.131 6	0.3627 7
	$y = 6,755x-1,232$	0.14	0.3771 4
Janvier- Février- Mars	$Y=0,3812\exp^{-0,019x}$	0.01	0.1
	$y = -0,0072x + 0,398$	0.01	0.1
	$y = -0,113\ln(x) + 0,5961$	0.01	0.1
	$y = 0,666x-0,315$	0.01	0.1
Mars-Avril- Mai	$y = 53,786\exp^{-0,39x}$	0.57	0.7549 8
	$y = -0,065x + 1,1595$	0.50	0.7071 1
	$y = -1,011\ln(x) + 2,92$	0.52	0.7211 1
	$y = 2E+06x^{-6,056}$	0.57	0.7549 8
Avril-Mai- juin	$y = 1,133\exp^{-0,137x}$	0,275 3	0.5246 9
	$y = -0,0202x + 0,4778$	0.25	0.5
	$y = -0,364\ln(x) + 1,1608$	0.26	0.5099
	$y = 111,38x^{-2,45}$	0,285 5	0.5343 2
Juillet- Aout- Sempptebre	$y = 0,2932\exp^{-0,058x}$	0.10	0.3162 3
	$y = -0,0053x + 0,2011$	0.10	0.3162 3
	$y = -0,12\ln(x) + 0,4549$	0.10	0.3162 3
	$y = 4,8393x^{-1,321}$	0.10	0.3162 3
Octobre- Novembre	$y = 1,052\exp^{-0,119x}$	0.27	0.5196 2
	$y = -0,0132x + 0,3715$	0.27	0.5196 2
	$y = -0,257\ln(x) + 0,8745$	0.272 1	0.5216 3
	$y = 98,936x-2,313$	0.26	0.5099

La corrélation linéaire entre la variation temporelle par mois de SST et Chl- α (Fig.86) a montré une forte corrélation positive entre ces paramètres ($r= 0.75$).pour les mois Mars-Avril-Mai en particulier le Mois de Mars Dans le même temps SST est dépendant à la concentration de CHL-A, une corrélation null pas de corrélation)en Mois de Septembre montre la relation entre les deux paramétrés est null,pour les autres mois une corrélation positive faible $0.1 < r < 0.534$ montre que lorsqu' l'un des variables augmenter l'autre augmente par une faible variation, en Mois d'Aout également une forte corrélation positive entre les deux paramètres ($r = 0.64$).

5.3 Tracer la matrice de corrélation pour la période de l'aquaculture pour distance de 1km et 5 Km

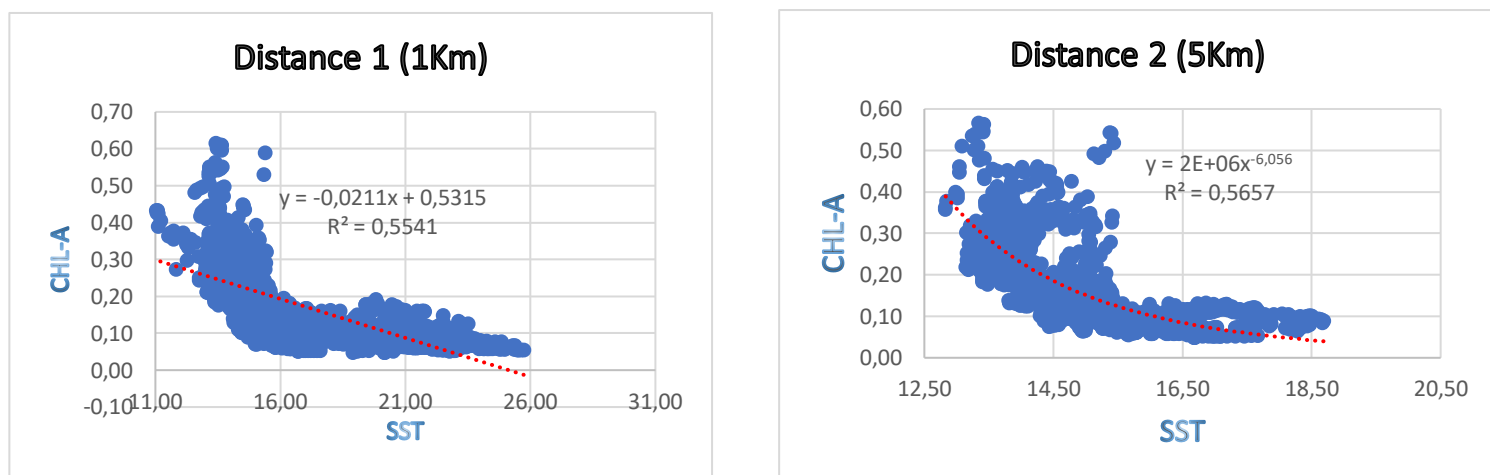


Figure 88:Variation dès la SST et chlorophylle en distance 1Km ,5Km

	<i>SST</i>	<i>SSS</i>	<i>CHL a</i>	<i>OXYGEN</i>	<i>FC</i>
<i>SST</i>	1				
<i>SSS</i>	0,08567623	1			
<i>CHL a</i>	0,74809916	0,23911643	1		
<i>OXYGEN</i>	0,74938707	0,28244081	0,58623421	1	
<i>FC</i>	0,02766271	0,04613563	0,01241616	0,09197104	1

Figure 89: Matrice de corrélation pour distance 1km et 5km

5.4 Interprétation

Selon la matrice de corrélation linéaire et cette régression saisonnière entre la variation temporelle par mois de SST et Chl- α montre une forte corrélation positive en distance 2 et distance 1 ($r=0.75$), La SST et dépend de la chlorophylle et l'oxygène dissous SST diminue montre forte production avec un taux élevée d'oxygène dissous grâce à la photosynthèse des microalgues en présence de l'intensité

lumineuse diminue avec la respiration des espèces aquacoles SST augmente une faible production avec un faible taux d'oxygène dissous (absence de photosynthèse) affecte le métabolisme des espèces aquacoles (respiration faible) dégrader les ressources marine d'aquaculture .

✚ **Nous avons développé** un modèle global de température corrélée avec salinité, chlorophylle, oxygène dissous, facteur de courant

5.5 Rapport détaillée

<i>Statistiques de la régression</i>	
Coefficient de détermination multiple	0,77070937
Coefficient de détermination R ²	0,59399293
Coefficient de détermination R ²	0,59375859
Erreur-type	0,06475431
Observations	6935

Chl=4,142-0,023 SST-0,093 SSS -0,0007 O2+0,043 FC R²=0,77 R=0,87749644

5.6 Conclusion

En conclusion, ce chapitre offre une description détaillée de notre application en utilisant diverses méthodes. De plus, nous explorons un cas d'utilisation spécifique de cette application dans un environnement de développement défini et il est Important d'éviter élevage de poissons en été avec l'absence de la production biologique et d'oxygène (paramètres importants pour la survie des poissons).

CONCLUSION GÉNÉRALE

5.7 Conclusion générale

En conclusion Les résultats obtenus ont clairement montré l'efficacité de la télédétection multispectrale pour suivre les variations saisonnières de la SST, identifier les zones à forte concentration de chlorophylle-a associées aux blooms de phytoplanctons, et surveiller les changements à long terme dans les environnements aquatiques. Ces données sont essentielles pour évaluer les impacts des changements climatiques, améliorer la gestion des ressources marines et lacustres, et soutenir les efforts de conservation des écosystèmes fragiles.

L'analyse de la variabilité spatio-temporelle des paramètres considérés dans cette étude suggère que Chla est le paramètre qui est le plus fortement et positivement corrélé avec SST dans les eaux de surface de chlef. La modélisation de la variabilité mensuelle a montré que la variabilité SST dépend des saisons sèches et des saisons des pluies dont la durée peut être estimée en comparant les trois paramètres SST, Chla et OD. L'analyse de la variabilité spatiale a révélé que les paramètres SST et Chla présentaient une variabilité similaire dans les eaux de surface.

L'utilisation des images satellitaires Sentinel-2 marque une avancée significative dans la surveillance et la gestion des ressources aquatiques. Ces données fournissent une couverture globale régulière avec une résolution spatiale et spectrale élevée, permettant une analyse détaillée et précise des variations saisonnières et interannuelles de ces paramètres cruciaux l'intérêt de la sélection de bandes pour la détection dans les images multispectrales.

Cette étude a démontré que les espèces aquacoles exercent une influence significative sur la température de surface de la mer et la concentration en chlorophylle et surtout oxygène dissous, des paramètres cruciaux pour la santé des écosystèmes marins. Les variations observées révèlent des interactions complexes entre ces différents paramètres, les conditions environnementales locales et les processus biogéochimiques marins. Ces résultats soulignent l'importance d'une gestion attentive et adaptative offrent une perspective détaillée et exhaustive des changements environnementaux.

Cependant, notre travail ne se limite pas à l'utilisation actuelle des images satellitaires. Pour une exploration encore plus approfondie, il est impératif d'intégrer une évaluation continue du milieu marin et précise de l'évolution des ressources dans ces environnements hostiles, offrant ainsi une base solide et des perspectives nouvelles et indispensables pour une gestion stratégique et durable des ressources naturelles

Ce travail représente ainsi une étape cruciale vers une utilisation plus efficace et éclairée des technologies spatiales pour soutenir le développement environnemental et contrôler de la qualité des eaux sur le littoral ouest algérois ».

Référence bibliographie

Océans et milieux marins - Ressources du CNRS | CNRS Écologie & Environnement. (s. d.). CNRS Écologie & Environnement. <https://www.inee.cnrs.fr/fr/oceans-et-milieux-marins-ressources-du-cnrs>

Le milieu marin. (S. d.). <https://www.ofb.gouv.fr/le-milieu-marin>

René, M. [En ligne]. [Consulté le 2021, 18 avril]. *Le milieu marin - environnement.* Encyclopédie de L'environnement. Disponible sur le web : <https://www.encyclopedie-environnement.org/eau/le-milieu-marin/>

Yang, K., Meyer, A., Strutton, P. G., & Fischer, A. M. (2023). Tendances mondiales des fronts et de la chlorophylle dans un océan qui se réchauffe. *Communications Earth & Environment*, 4. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01160-2>

Zhang, K., Zhao, X., Xue, J., Mo, D., Zhang, D., Xiao, Z., Yang, W., Wu, Y., & Chen, Y. (2023). La variation temporelle et spatiale de la concentration de chlorophylle a dans les mers de Chine et son impact sur les pêches marines. *Frontiers In Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1212992>

Kuhn, A. M., Mazloff, M., Dutkiewicz, S., Jahn, O., Clayton, S., Rynearson, T., & Barton, A. D. (2023). Une comparaison globale de la variabilité de la chlorophylle marine observée dans les perspectives eulérienne et lagrangienne. *Journal Of Geophysical Research. Oceans*, 128(7). <https://doi.org/10.1029/2023jc019801>

Xi, H., Losa, S. N., Mangin, A., Garnesson, P., Bretagnon, M., Demaria, J., Soppa, M. A., D'Andon, O. H. F., & Bracher, A. (2021). Concentrations mondiales de chlorophylle A des types fonctionnels de phytoplancton avec évaluation détaillée de l'incertitude à l'aide de produits satellitaires multicapteurs sur la couleur de l'océan et la température de surface de la mer. *Journal Of Geophysical Research. Oceans*, 126(5). <https://doi.org/10.1029/2020jc017127>

Cen, H., Jiang, J., Han, G., Lin, X., Liu, Y., Jia, X., Ji, Q., & Li, B. (2022). Application de l'apprentissage profond à la prédiction de la chlorophylle-a en mer de Chine orientale. *Remote Sensing*, 14(21), 5461. <https://doi.org/10.3390/rs14215461>

Types de chlorophylle présents dans les algues.[En ligne].[Consulté le 2019, 1 juillet]. Sciencing. Disponible sur le Web : <https://sciencing.com/types-chlorophyll-present-algae-8433014.html>

NASA Ocean Color.[En ligne].Disponible sur le Web : <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/resources/atbd/sst/>

Emetere, M. E. (2022). Production de données environnementales : Progrès et lacunes. Dans *Elsevier eBooks* (p. 53-77). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818971-9.00010-7>

Kusuma, D. W., Murdimanto, A., Aden, L. Y., Sukresno, B., Jatisworo, D., & Hanintyo, R. (2017). Sea Surface Temperature Dynamics in Indonesia. *IOP Conference Series. Earth And Environmental Science*, 98, 012038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/98/1/012038>

Les satellites à moyenne et basse résolutions spatiales ou satellites « grand champ » . (s. d.). <https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/ued/envcal/html/vegetation/role-teledetection/basse-resolution.html>

Références bibliographiques

Horta, P. A., Röhrig, L. R., Costa, G. B., Baruffi, J. B., Bastos, E., Rocha, L. S., Destri, G., & Fonseca, A. L. (2021). Marine Eutrophication : Overview from Now to the Future. Dans *Springer eBooks* (p. 157-180). https://doi.org/10.1007/978-3-030-75602-4_8

Eutrophication : Causes, Consequences, and Controls in Aquatic Ecosystems | Learn Science at Scitable. [En ligne]. Disponible sur le Web : <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/eutrophication-causes-consequences-and-controls-in-aquatic-102364466/>

De Raús Maúre, E., Terauchi, G., Ishizaka, J., Clinton, N., & DeWitt, M. (2021). Globally consistent assessment of coastal eutrophication. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26391-9>

Smith, V., Tilman, G., & Nekola, J. (1999). Eutrophication : impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1-3), p.p.179-196. [https://doi.org/10.1016/s0269-7491\(99\)00091-3](https://doi.org/10.1016/s0269-7491(99)00091-3)

Océans et milieux marins - Ressources du CNRS | CNRS Écologie & Environnement. (s. d.-b). CNRS Écologie & Environnement. [En ligne]. Disponible sur le Web : <https://www.inee.cnrs.fr/fr/oceans-et-milieux-marins-ressources-du-cnrs>

Kumar, P. S., & Yaashikaa, P. (2019). Introduction—Water. Dans *Elsevier eBooks* (p. 1-20). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102633-5.00001-4>

(Bascle, 2020). S). Caractérisation et stabilité de la matière organique des sédiments de grandes. Thèse de doctorat Chimie, Environnement, Géosciences, Agrosociétés Université de Limoges, France <https://hal.science/tel-03550153>

Liu, Q., Tian, Y., Liu, Y., Yu, M., Hou, Z., He, K., Xu, H., Cui, B., & Jiang, Y. (2021). Relationship between dissolved organic matter and phytoplankton community dynamics in a human-impacted subtropical river. *Journal Of Cleaner Production*, p.289, p.p.125-144. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125144>

Thornton, D. C. (2014). Dissolved organic matter (DOM) release by phytoplankton in the contemporary and future ocean. *European Journal Of Phycology*, 49(1), 20-46. <https://doi.org/10.1080/09670262.2013.875596>

Ayaz, M., Namazi, M., Uddin, M. A., Ershath, M. M., Mansour, A., & Aggoune, E. (2022). Sustainable seawater desalination : Current status, environmental implications and future expectations. *Desalination*, 540, 116022. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2022.116022>

Kettab, A., Mitiche, R., & Bennaçar, N. (2008). De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies. *Revue des Sciences de L'eau*, 21(2), p.p.247-256. <https://doi.org/10.7202/018469ar>

Balasubramanian, A. (2011). University of Mysore. Properties of Sea Water-Documentary. *Revue des Sciences de L'eau*, 21. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14014.48969>

Hancock, N. (2020, 8 septembre). Contaminants d'eau régulés par l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis et leurs effets sur la santé — Safe Drinking Water Foundation. Safe Drinking Water Foundation. <https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2017/3/21/contaminants-r>

Bhakare, S. (2023). Analysis of Physico-Chemical Properties of Sea water sample. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/373989293_Analysis_of_Physico_Chemical_Properties_of_Sea_water_sample

Abbott et Al-2019. A water cycle for the anthropocene. <https://insu.hal.science/insu-02170548/>. https://insu.hal.science/insu-02170548/file/Abbott_et_al-2019_Hydrological_Processes.pdf

Références bibliographiques

(https://www.oieau.fr/REFEA/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGen.pdf, s.d.)

Measuring Salinity | manoa.hawaii.edu/ExploringOurFluidEarth. (s. d.).

<https://manoa.hawaii.edu/exploringourfluידearth/physical/density-effects/measuring-salinity>

Propriétés physiques du milieu marin. (2002, mai). Un Cours D'introduction À L'océanographie Physique. <http://isitv.univ-tln.fr/~lecalve/oceano/>

Tyler, R. H., Boyer, T. P., Minami, T., Zweng, M. M., & Reagan, J. R. (2017b). Electrical conductivity of the global ocean. *Earth, Planets And Space*, 69(1). <https://doi.org/10.1186/s40623-017-0739-7>

Donald Kukwa Durban. (2020). Biomass : Microalgae : the multifaceted biomass of the 21st century. <https://doi.org/10.5772/intechopen.94090>

Donald Kukwa Durban. (2003). *Color of water fact sheet : State Water Resources Control Board* <https://doi.org/10.5772/intechopen.94090>.

Chartier, M. M. (1974). Les types de pollutions de l'eau. *Noroi*, 82(1), p.p.183-193. <https://doi.org/10.3406/noroi.1974.3367>

Zaghloul, A., Saber, M., Gadow, S., & Awad, F. (2020). Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems. *Bulletin Of The National Research Centre/Bulletin Of The National Research Center*, 44(1). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00385-x>

Rédaction, L. [En ligne]. [Consulté le 2017, 2 avril]. *Pollution de l'eau : quels sont les indicateurs ?* Futura. Disponible sur le Web : <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/eau-pollution-eau-sont-indicateurs-1414/>

Samiyappan, M. (2019). Bioindicators in Aquatic Environment and their significance. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.32381/JAT.2019.34.01.6>

Pisanti, A., Magrì, S., Ferrando, I., & Federici, B. (2022). SEA WATER TURBIDITY ANALYSIS FROM SENTINEL-2 IMAGES : ATMOSPHERIC CORRECTION AND BANDS CORRELATION/*International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences*, XLVIII-4/W1-2022, p.p.371-378. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xxviii-4-w1-2022-371-2022>

Turbidity and Water | U.S. Geological Survey. (2019, 22 octobre). <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/turbidity-and-water>

Eaux industrielles contaminées. (2017). Dans Presses universitaires de Franche-Comté eBooks. <https://doi.org/10.4000/books.pufc.10857>

Du, Y., Song, K., Liu, G., Wen, Z., Fang, C., Shang, Y., Zhao, F., Wang, Q., Du, J., & Zhang, B. (2020). Quantifying total suspended matter (TSM) in waters using Landsat images during 1984–2018 across the Songnen Plain, Northeast China. *Journal Of Environmental Management*, 262, 110334. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110334>

Chapalain, M. (2019, 28 janvier). Dynamique des matières en suspension en mer côtière : caractérisation, quantification et interactions sédiments/matière organique. <https://theses.hal.science/tel-02282179>

Matières en suspension. FranceEnvironnement. <https://www.franceenvironnement.com/sous-rubrique/instruments-de-mesures-des-mes--matieres-en-suspension->

Références bibliographie

Mettler-Toledo International Inc. all rights reserved. (2022, 4 octobre). *Guide théorique sur l'oxygène dissous*. Mettler-Toledo International Inc. All Rights Reserved.

<https://www.mt.com/fr/fr/home/library/guides/lab-analytical-instruments/dissolved-oxygen-theory-guide.html>

Villeneuve, V., Légaré, S., Painchaud, J., & Vincent, W. (2007). Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. *Revue des Sciences de L'eau*, 19(4), p.p.259-274.

<https://doi.org/10.7202/014414ar>

Université de Bordeaux. (2016, 6 décembre). *Modélisation de la dynamique de l'oxygène dissous dans l'estuaire de la Gironde*. <https://hal.science/tel-01975335/>

Carstensen, J., Dahl, K., Henriksen, P., Hjorth, M., Josefson, A., & Krause-Jensen, D. (2011). Coastal monitoring programs. Dans *Elsevier eBooks* (p. 175-206). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374711-2.00712-9>

What are phytoplankton ? <https://oceanservice.noaa.gov/facts/phyto.html>

Biology Dictionary. (2018, 22 janvier). *Phytoplankton*. <https://biologydictionary.net/phytoplankton/>

Woods Hole Oceanographic Institution. *Phytoplankton*. <https://www.whoi.edu/know-your-ocean/ocean-topics/ocean-life/ocean-plants/phytoplankton/>

Phytoplankton | MIT Climate Portal. MIT Climate Portal.

<https://climate.mit.edu/explainers/phytoplankton>

Phytoplankton. [En ligne]. Disponible sur le Web :

<https://www.biologieseite.de/Biologie/Phytoplankton>

Importance of Phytoplankton. (2019, 22 novembre). Sciencing. <https://sciencing.com/importance-phytoplankton-5414740.html>

Von Dassow, P., & Montresor, M. (2010). Unveiling the mysteries of phytoplankton life cycles : patterns and opportunities behind complexity. *Journal Of Plankton Research*, 33(1), 3-12.

<https://doi.org/10.1093/plankt/fbq137>

Phytoplankton. (2022, 10 octobre). <https://encyclopedia.pub/entry/28593>

Simon, N., Cras, A., Foulon, E., & Lemée, R. (2008). Diversity and evolution of marine phytoplankton. *Comptes Rendus Biologies/Comptes Rendus. Biologies*, 332(2-3), p.p.159-170.

<https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.09.009>

Righetti, D., Vogt, M., Gruber, N., Psomas, A., & Zimmermann, N. E. (2019). Global pattern of phytoplankton diversity driven by temperature and environmental variability. *Science Advances*, 5(5).

<https://doi.org/10.1126/sciadv.aau6253>

Le littoral de Chlef : De multiples atouts naturels en quête de valorisation. (s. d.). El Watan.

<https://elwatan-dz.com/le-littoral-de-chlef-de-multiples-atouts-naturels-en-quete-de-valorisation>

Benfodil, M. (2018, 4 septembre). *Ténès, Béni Haoua, Damous, Boucheghal : coins de paradis en jachère*. WordPress.com. <https://benfodilreportages.wordpress.com/2018/09/04/tenes-beni-haoua-damous-boucheghal-coins-de-paradis-en-jachere/>

Contributeurs aux projets Wikimedia. (2024, 6 juin). *Beni haoua*.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Beni_Haoua

Références bibliographiques

- (Benamour & Benrali, 2016/2017). Renouveau urbain dans la vie de Ténés. (mémoire de master), architecture et d'urbanisme. Université Saad-Dahlab, Blida 01 <https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/6366/2/4.720.832%20projet.pdf>
- Contributeurs aux projets Wikimedia. (2024, 6 juin). Beni Haoua. https://fr.wikipedia.org/wiki/Beni_Haoua
- (BACHI & GUENDOUIZ, 2016). MARINA LA BAIE DE TENES. (MEMOIRE DE Master. Habitat et projet urbain. Mostaganem : Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem faculté des Sciences et de la Technologie <http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/123456789/7401/marina%20la%20baie%20de%20tenes%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Simulation de données climatiques et météorologiques historiques pour Beni Haoua*. Meteoblue. https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/beni-haoua_alg%C3%A9rie_2504674
- Nawel.D. (2017, 1 novembre). Ténès : Une ville historique enclavée et ignorée. *Algerie360*. https://www.algerie360.com/tenes-une-ville-historique-enclavee-et-ignoree/#google_vignette
- Infrastructure stratégique au centre-ouest : Le port de Ténès dans l'attente de sa modernisation*. El Watan. <https://elwatan-dz.com/infrastructure-strategique-au-centre-ouest-le-port-de-tenes-dans-lattente-de-sa-modernisation>
- Site de TENES - Algérie*. [En ligne]. Disponible sur le Web : <https://www.tenes.info/>
- Fromant, G., 10/11/2015. (2015). *Mesure de matières en suspension (MES) dans la colonne d'eau par combinaison de méthodes acoustiques et optiques* [Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale]. <https://theses.hal.science/tel-01560956v2>.
- Marion, C., le 28 janvier 2019. (2019). *Dynamique des matières en suspension en mer côtière : caractérisation, quantification et interactions sédiments/matière organique* [Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale]. [Spécialité : Océanographie Physique et Environnement]. <https://theses.hal.science/tel-02282179v2>
- Keran, Z.,. (2015). *Surveillance des sels nutritifs dans les rivières du Finistère*. (Rapport de Stage), (Spécialité : Génie de l'Environnement). Université de Bretagne Occidentale. Consulté le 17 juin 2016, <https://www-ium.univ-brest.fr/ecoflux/productions-scientifiques/bilans-annuels-ecoflux/rapport-2002-ecoflux>
- Justine, L., (2015). *Comportement des éléments biogéochimiques en Méditerranée à l'interface air-mer dans un contexte de changement climatique*, [océanographie]. [Université Pierre et Marie Curie]. <https://theses.hal.science/tel-01316537>
- Importance des apports nutritifs par les fleuves - Moose Network*. (2019, 30 juillet). Moose Network. <https://www.moose-network.fr/fr/apports-par-les-fleuves/apportsnutritifs/>
- B. M. et al. (2012). LES RÉSEAUX TROPHIQUES MICROBIENS DES MILIEUX AQUATIQUES ET TERRESTRES. pp.28. Dans <https://hal.science/tel-03550153>. <https://hal.science/hal-00848692>
- Government of Canada, Public Services and Procurement Canada, Integrated Services Branch, Government Information Services, Publishing and Depository Services. (s. d.). *Information archivée dans le Web*. Information Archived On The Web. <https://publications.gc.ca/site/archivee-archived.html?url=https://publications.gc.ca/Collection/EN1-11-97F.pdf>

Références bibliographie

Mohamed Salim HAMDY et Malik AIT KACI. Memoire Online - Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued _Béni-Messous
<https://www.memoireonline.com/08/09/2463/Contribution--letude-des-parametres-physico-chimiques-et-bacteriologiques-de-lembouchure-de-l.html>

Froidefond, J., & Doxaran, D. (2004). Télédétection optique appliquée à l'étude des eaux côtières. *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/292697553_Teledetection_optique_appliquee_a_l'etude_des_eaux_cotieres

Dominique ,D. (21 Novembre 2000). Suivi et simulation de la qualité de l'eau en milieu littoral par modélisation et télédétection [l'Université de Nice - Sophia Antipolis], Spécialité "Electronique <https://pastel.hal.science/pastel-00956574>

Halieutique et environnement océanique. (2006). Dans *IRD Éditions eBooks*.
<https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.10003>

Wikiwand - Oued Goussine. (s. d.). Wikiwand. https://www.wikiwand.com/fr/Oued_Goussine

Oued Goussine - Chlef Province : Heures d'ouverture, Activités, Avis des visiteurs, - Safarway (2024). - العالم بين يدك - <https://www.safarway.com/fr/property/oued-goussine>

Contributeurs aux projets Wikimedia. (2024b, juin 6). *Oued Goussine*.
https://fr.wikipedia.org/wiki/Oued_Goussine

[Salim Aymane]. (2018). Apport de la télédétection dans l'évolution de la couverture végétale sur le versant nord du Haut Atlas de Marrakech au cours de ces 30 dernières années. *FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DEPARTEMENT DE GEOLOGIE*. « EAU ET ENVIRONNEMENT »
<http://sai.ma/memoires/Salim-2018.pdf>

Les images de télédétection | Belgian Platform on Earth Observation. <https://eo.belspo.be/fr/les-images-de-teledetection>

JELLOULI, A., (13 Juillet 2021). UTILISATION DE LA TELEDETECTION MULTISPECTRALE, HYPERSPECTRALE ET RADAR POUR LA CARTOGRAPHIE LITHOLOGIQUE, MINERALOGIQUE ET LINEAMENTAIRE : CAS DE LA BOUTONNIERE DE KERDOUS, ANTI ATLAS, MAROC. [UNIVERSITÉ SULTAN MOULAY SLIMANE, SCIENCES ET TECHNIQUES
<https://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/25695/36521%20Amine%20JELLOULI.pdf?sequence=1>

L'eau à découvert. (2015). Dans *CNRS Éditions eBooks*.
<https://doi.org/10.4000/books.editions-cnrs.9746>

HERVE.D. 16 janvier 1985. Applications de la télédétection infrarouge et visible en océanographie. Etude de la zone de dilution rhodanienne, observations des zones de production dans le Golfe du Lion, et estimation de l'éclairement solaire global en Méditerranée Occidentale. L'UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE II, <https://pastel.hal.science/pastel-00955845>

SNAP Download – STEP. <https://step.esa.int/main/download/snap-download/>

SNAP - ESA Charter Mapper. <https://docs.disasterscharter.org/toolbox/SNAP/>

Sentinel-3 | CNES. <https://cnes.fr/projets/sentinel-3>

Références bibliographiques

- Sinergise. (2018, 21 mai). Open-source Python package for downloading Sentinel-2 products from AWS. *Medium*. <https://medium.com/sentinel-hub/open-source-python-package-for-downloading-sentinel-2-products-from-aws-a738d9706f6c>
- Preprocessing Sentinel-2 with SNAP - AWF-Wiki*. (s. d.). http://wiki.awf.forst.uni-goettingen.de/wiki/index.php/Preprocessing_Sentinel-2_with_SNAP
- Lee, J., & Balasubramanian, B. (2023). Impacts of Temperature on the Growth, Feed Utilization, Stress, and Hemato-Immune Responses of Cherry Salmon (*Oncorhynchus masou*). *Animals*, 13(24), 3870. <https://doi.org/10.3390/ani13243870>
- Volkoff, H., & Rønnestad, I. (2020). Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish. *Temperature*, 7(4), p.p.307-320. <https://doi.org/10.1080/23328940.2020.1765950>
- Lazard, J. (2017). Les systèmes aquacoles face au changement climatique. *Agricultures/Cahiers Agricultures*, 26(3), 34001. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017018>
- Ferlin, P. (s. d.). *Rapport V. 1 Utilisation des eaux de refroidissement pour la production aquacole*. Persée. https://www.persee.fr/doc/jhydr_0000-0001_1980_act_16_2_4720
- Goldie, J. (2023, 24 novembre). *Les meilleures pratiques pour contrôler la température de l'eau en aquaculture – Poissons aqua*. <https://poissons aqua.com/les-meilleures-pratiques-pour-controler-la-temperature-de-leau-en-aquaculture/>
- Caviar de Neuvic. *Parlons Caviar - Les effets du réchauffement climatique sur notre ferme de caviar*. <https://caviar-de-neuvic.com/parlons-caviar?p=6179-les-effets-du-rechauffement-climatique-sur-notre-ferme-de-caviar>
- Mugwanya, M., Dawood, M. A., Kimera, F., & Sewilam, H. (2022). Anthropogenic temperature fluctuations and their effect on aquaculture : A comprehensive review. *Aquaculture And Fisheries*, 7(3), p.p.223-243. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.12.005>
- Ennouri, R., & Mili, S. (2017). Impacts des fermes aquacoles sur la qualité de la colonne d'eau dans le golfe de Hammamet (Est de la Méditerranée *ResearchGate*.) https://www.researchgate.net/publication/320566495_Impacts_des_fermes_aquacoles_sur_la_qualite_de_la_colonne_d%27eau_dans_le_golfe_de_Hammamet_Est_de_la_Mediterranee.

Fin

