



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de JIJEL
Faculté des Sciences
Exactes et des Sciences
de la Nature et de la Vie
Département de Biologie
Animale et Végétale



جامعة جيجل
كلية العلوم الدقيقة
وعلوم الطبيعة والحياة
قسم: البيولوجيا
الحيوانية والنباتية

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme: Master2
Option: Toxicologie de l'environnement

Theme :

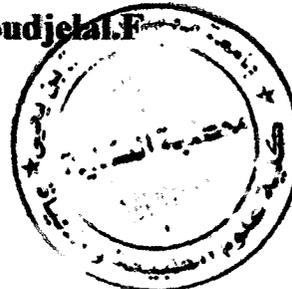
**Estimation de la concentration en
chlorophylle et en matières en
suspension de la zone côtière de Jijel à
partir d'images satellitaires**

Jury:

- Président: M^{elle}. Khennouf. H
- Examineur: M. Chahreddine. S
- Encadreur : M. Boudjelal.F

Présenté par:

Boutaghou Lamia
Djeha Mohamed Ettaher



Session : Juillet 2011

REMERCIEMENTS

Nous remercions tout d'abord ALLAH qui nous a donné la volonté et le courage à fin d'accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier nos parents, nos frères et sœurs les plus chères proches de nous qui n'ont jamais cessé de nous soutenir.

Nous tenons aussi à remercier sincèrement notre encadreur M. **Boudjelal Ferhat** qui nous a permis de découvrir un domaine intéressant de la télédétection, nous le remercions d'avoir proposé ce sujet et de nous encadré durant cette saison de ses conseils et sa disponibilité.

Nous exprimons notre gratitude aux membres du jury M^{me} Khennouf Hanane et Mr. Chahreddine Sadek pour avoir accepté de lire ce mémoire.

Nous tenons à remercier tout ceux qui nous ont entouré pendant toute notre durée d'études pour leur bonne humeur et surtout les collègues de la promotion bien sur. En fin nous remercions tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant les cinq années.

« Grand merci à tous »

MOHAMED ET LAMIA

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail :

A nos très chers parents en témoignage de leurs soutiens et leurs aides et encouragement durant nos années d'étude.

A nos très chers frères.

A nos très chères sœurs.

A toutes nos familles.

A tous nos amis du pré ou du loin.

A tout les collègues de la promotion.

A tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation durant les cinq années d'étude.

A tous les gens qui nous aidaient à accomplir ce travail.

Mohamed et Lamia

Sommaire :

I. Introduction.....	1
II. Chapitre I : l'eau de mer.	
1-Généralités	3
2-Rôle et intérêt des mers.....	3
3-Propriétés de l'eau de mer.....	3
3-1- Propriétés physicochimiques de l'eau de mer.....	3
3-1-1- Température.....	4
3-1-2-Salinité.....	5
3-1-3-Turbidité.....	6
3-1-4- Les gaz dissous.....	7
3-1-5-Transparence de l'eau.....	7
3-1-6-Apports en nutriments.....	8
3-1-7-La chlorophylle.....	8
3-1-8- Les Matières en suspension.....	9
3-1-9-Autres propriétés.....	10
3-2- propriétés optiques de l'eau de mer.....	10

3-2-1- Propriétés optiques inhérentes.....	10
3-2-2- Propriétés optiques apparentes.....	11
3-3- la couleur de l'eau de mer.....	11
4- La pollution des mers.....	12
5- Télédétection et la couleur de l'eau de mer.....	17
5-1-Intérêt de la télédétection pour l'étude de la mer.....	17
5-2- Télédétection de la qualité de l'eau.....	18
5-3-L'imagerie satellitaire MODIS.....	18
5-3-1- Généralités sur les capteurs MODIS.....	18
5-4- Les paramètres variables de la qualité de l'eau de mer.....	20
III. Chapitre II : présentation de la zone d'étude.	
1- Localisation géographique de la zone d'étude.....	23
2- La description de la zone d'étude.....	23
IV. Chapitre III : Matériel et méthodes.	
1- Méthode d'acquisition des images.....	26
2- Les images MODIS-Aqua et le logiciel SeaDAS.....	28
3- Procédure du traitement des images.....	29
V. Chapitre IV : Résultats et discussion.....	35
VI. Conclusion.....	50
VII. Bibliographie.....	51

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation.

CCT : Centre Canadien de la Télédétection.

Chl a : Chlorophylle a.

CZCS : Coastal Zone Color Scanner.

DBO : demande biologique en oxygène.

DCO : la demande chimique en oxygène.

DHW : Direction Hydraulique de la Willaya.

EOS: Earth Observing System.

FTP: File Transfert Protocol.

HDF: Hierarchal Data Format.

IDL: Interactive Data Langage.

ISO: International Standards Organization.

LAC: Local Area Coverage.

Mb : Mega byte.

MES : Matières En Suspension.

MERIS: Medium Resolution Imaging Spectrometer.

MODIS : Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (Spectroradiomètre imageur à résolution moyenne).

MSS: Multi Spectral Scanner.

NASA : National Aeronautics and Space Administration. NOAA : Administration nationale océanique et atmosphérique.

NTU : Nephelometric Turbidity Unit.

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

PDS: Product Data Satellite.

SeaWiFS: Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor.

SeaDAS: SeaWiFS Data Analysis System.

SPOT: Satellite Pour l'Observation de la Terre.

SLR: Side-Looking Radar.

SAR: Synthetic Aperture Radar.

SBGD : Système de Gestion de Base de Données.

TM: Thematic Mapper.

Liste des tableaux

Tableau	Page
Tableau N° 01: Constituants majeurs de l'eau de mer.....	6
Tableau N° 02: Principaux types de pollution des eaux.....	12
Tableau N° 03 : Déchets générés par les installations classées au niveau de la wilaya de Jijel 2009.....	14
Tableau N° 04 : Quantité des eaux usées déversés au niveau du littoral de la wilaya de Jijel 2003.....	16
Tableau N° 05 : Effort portuaire (de pêche et de plaisance) dans la wilaya de Jijel 2009.....	17
Tableau N° 06 : Les bandes spectrales du capteur MODIS.....	19
Tableau N° 07 : Potentialité en eaux superficielle de la zone littorale de la wilaya de Jijel.....	24
Tableau N° 08: Moyennes de précipitations, MES et Chl a.....	48

Liste des figures

Figure	Page
Figure 01 : Localisation de la zone d'étude.....	23
Figure 02 : carte représentant l'hydrographie de la wilaya de Jijel (source : Agence nationale d'hydraulique de la wilaya de Jijel).....	24
Figure 03 : Page d'accueil du site http://oceancolor.gsfc.nasa.gov.....	26
Figure 04 : Choix du jour et visualisation des imagettes.....	27
Figure 05 : Choix de la scène et commande des données.....	27
Figure 06 : Entrer les coordonnées de la zone d'étude et son adresse e-mail puis choisir le type de produits.....	28
Figure 07 : Evolution mensuelle de la chlorophylle, des matières en suspension et des précipitations dans la zone côtière marine de Jijel.....	49

introduction

INTRODUCTION :

Au sein du système solaire, la terre occupe une place très particulière. On l'appelle souvent la planète bleue, et les images rapportées par les satellites ou les astronautes à bord de la navette n'ont fait que conforter cette appellation. En effet, notre globe est recouvert à plus de 71% par des étendues d'eaux salées: les mers et océans. **(Biju-Duval et Savoye, 2001)**

La planète terre est recouverte d'une immense surface d'eau représentée en sa totale majorité par les océans et les mers, ils occupent environ les $\frac{3}{4}$ de la surface du globe (**Vilaginès, 2003**).

Les océans et les mers sont au cœur des préoccupations d'une grande partie de l'humanité, sur notre planète, la moitié de la population vit au moins de 150 km du littoral, et plus de 200 millions d'hommes et de femmes tirent leur subsistance de la mer **(Lefèvre-Balleydier, 2006)**. Le rôle majeur qu'elle joue dans la vie de la population mondiale a fait de la mer un enjeu très important en termes du développement socioéconomique de cette dernière car beaucoup d'activités lui sont liées.

Ces dernières décennies, la pollution des océans à travers le monde est devenue un sujet de préoccupation croissante à l'échelle internationale **(Bachari Houma, 2009)**. Parmi les régions touchées, la mer méditerranée est l'une des zones les plus marquées par la pollution due à l'accroissement des apports anthropogéniques, dans ce cas là, la côte algérienne, se trouve parmi les sites côtiers qui souffrent de la pollution produite par la civilisation moderne et l'industrialisation qui constitue la principale cause de la contamination de l'hydrosphère.

La côte algérienne, qui s'étend à environ 1200 km, est exposée aux divers types de rejets d'origine urbaine ou industrielle. La côte de Jijel est, en effet, très exposée à différents types de polluants provenant surtout de la ville de Jijel ainsi que des villages voisins, elle connaît de nombreuses activités portuaires et de pêche ainsi que des activités agricoles qui pourraient perturber considérablement le milieu marin et sa composition d'une manière générale. Donc il est devenu nécessaire de suivre l'état de santé de la mer pour mieux l'exploiter, dans cette optique, il y a plusieurs méthodes qui peuvent être utilisées pour évaluer l'état de santé de la mer comme les méthodes physicochimiques, les méthodes biologiques et les méthodes optiques. Dans ce contexte, la démarche suivie par plusieurs chercheurs se base sur le concept des mesures *in situ* et interpolation des résultats trouvés par similitudes ou par des modèles mathématiques. **(Bachari Houma, 2009)**. Les méthodes *in situ* sont fiables mais limitées à une échelle spatiotemporelle, car la couverture d'un espace marin vaste n'est pas facile par ces méthodes, et donc la réalisation d'une étude fiable et permanente n'est pas aisée, dans ce cas, la télédétection constitue un élément très

efficace pour une étude vaste et des informations fiables qui peuvent être corrélées avec les méthodes *in situ* par des techniques variées.

Notre travail s'intitule "estimation de la concentration en chlorophylle et en matière en suspension de la zone côtière de Jijel à partir d'images satellitaires" dont l'objectif est l'évaluation de l'état de santé de la côte Jijelienne par l'analyse des images satellitaires qui aident à la cartographie de la zone pour repérer les sites qui peuvent représenter des situations de dégradation du milieu marin ou des sources de pollution. Donc, le présent document est constitué de quatre chapitres en plus de l'introduction et la conclusion. Après une introduction générale, le premier chapitre s'intéresse à une étude bibliographique dans laquelle sont évoqués les principaux éléments qui ont la relation avec le sujet, dans le deuxième chapitre nous avons abordé l'étude de la zone d'étude, sa situation et ses caractéristiques. Le troisième chapitre est consacré à la présentation des matériels et méthodes appliqués dans le traitement des images satellitaires et dans le quatrième chapitre nous allons présenter les résultats obtenus dans notre étude puis l'interprétation et la discussion de ces résultats. En fin nous terminerons notre recherche par une conclusion générale.

Chapitre I :
L'eau de mer

1-Généralités

Une mer n'a pas de définition claire, si non qu'elle est plus petite et qu'elle se limite à une seule zone climatique. On distingue habituellement des mers ouvertes, des mers fermées et des mers intérieures, en fonction de critères hydrologiques. Une mer intérieure est intracontinentale, c'est une sorte de lac salé. Au plus, elle ne communique qu'avec une autre mer, par un détroit : par exemple, la mer d'Azov, qui débouche dans la mer Noire, la mer Noire qui s'ouvre sur la méditerranée, la Baltique sur la mer du Nord. Une mer fermée est en communication avec l'océan, par l'intermédiaire d'un détroit peu profond (*un seuil*) qui, le plus souvent, ne laisse passer que les eaux de surface. La méditerranée en est un exemple. Une mer ouverte communique largement avec l'océan, et ses eaux en diffèrent peu : mer d'Okhotsk, mer de Ross, mer d'Iroise, Manche. **(Hervé et Tabeaud, 1999)**

2-Rôle et intérêt des mers :

La vie est apparue dans les océans il y a plus de trois milliards d'années. Et les océans contribuent, dans une très large mesure, à la maintenir aujourd'hui. Constituant à la fois la principale source d'oxygène de l'atmosphère, une formidable pompe à gaz carbonique et un réservoir d'eau universel (ils contiennent 99% de toute l'eau présente sur la surface du globe), les océans interviennent de façon prépondérante sur le devenir de toutes les espèces, et par conséquent sur le notre. Capables d'emmagasiner mille fois plus de chaleur que l'atmosphère, ils jouent un rôle essentiel dans la régulation des climats. Et sur le plan socioéconomique de l'homme, la mer a contribué depuis long temps à une multitude d'activités humaines que se soit dans les transports ou dans les activités de pêche ainsi que le rôle touristique considérable des mers. Donc les mers constituent des milieux à enjeu considérable pour les populations mondiales à cause de leur richesse en ressources et qu'il faut les mieux exploiter, à cette fin, les scientifiques doivent leur fournir des renseignements fiables sur l'environnement. Les observations obtenues par télédétection sur la surface des océans peuvent apporter une bonne part des renseignements nécessaires pour évaluer l'état de santé de ses milieux et améliorer leur exploitation. Jusque là, on s'est surtout servi de la télédétection pour aider à suivre l'environnement marin et à récolter efficacement les ressources naturelles. Aujourd'hui, la télédétection de la couleur de la mer est devenue un élément très efficace pour la prise de décisions concernant le milieu marin. **(Lefèvre-Balleydier, 2006)**

3-Propriétés de l'eau de mer :

3-1- Propriétés physicochimiques de l'eau de mer :

L'océan est un fluide en perpétuel mouvement, dont la dynamique est régie par des paramètres physiques, qui dépendent pour beaucoup des climats, et par la morphologie de son enveloppe, donc par sa physiographie ainsi que des paramètres chimiques. L'ensemble de ces paramètres peut déterminer la dynamique et les changements dans l'état des milieux marins. **(Biju-Duval et Savoye, 2001)**

Les propriétés de l'eau de mer que ce soit physiques, chimiques ou biologiques ou même optiques interviennent de façon décisive dans la régulation des mouvements de cette eau vis-à-vis de l'atmosphère ou l'environnement tout entier ou encore vis-à-vis la vie des êtres vivants qu'elle inclut. Les principales propriétés physicochimiques répandues dans le domaine de l'océanographie sont en général la température, la Salinité, la turbidité, la transparence de l'eau que nous allons évoquer ainsi que d'autres paramètres. Ces paramètres peuvent être dépendant les uns des autres et la variabilité de chaque paramètre influe sur une caractéristique déterminée de l'eau de la mer.

L'eau de mer contient de nombreux composées chimiques en solution, parmi lesquels les chlorures, notamment le chlorure de sodium-le sel de cuisine-, et les sulfates sont particulièrement abondants. La teneur globale en tous ses éléments détermine la salinité. Celle-ci varie peu dans les océans, étant en moyenne de 35‰ (35 grammes par kilogramme d'eau). A l'inverse, la température peut aller, de la surface vers le fond et des tropiques aux pôles, de 28-30 °C à moins de 0 °C. Ensemble, température et salinité déterminent la densité de l'eau et contrôlent en partie sa circulation. **(Lefèvre-Balleydier, 2006)**

En fait, même si notre vision de la mer s'attache dans un premier temps à sa surface, la mer est un volume d'eau. Ce volume entre l'atmosphère et le fond de la mer est un véritable système chimique et physique où s'effectuent des réactions et des transferts. **(Biju-Duval et Savoye, 1994)**

3-1-1- Température :

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde **(Hervé et Tabeaud, 1999)**.

Par sa contribution à la détermination de la densité des eaux, sa mesure est nécessaire à la détermination de la stratification verticale, la valeur de saturation des gaz dissous (en particulier l'oxygène) et la circulation océanique **(Hervé et Tabeaud, 1999)**.

Si une partie du rayonnement solaire est réfléchi par l'océan, une autre y pénètre. Elle va alors soit diffuser, soit être absorbée. Les infrarouges, que les algues et autres organismes photosynthétiques n'utilisent pas, vont ainsi être piégés dans les premiers mètres, et contribuer à échauffer cette couche superficielle. **(Bachari Houma, 2009)**.

La température est exprimée en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Le domaine des températures océaniques s'étend de -2°C , qui est, à peu près, la température de congélation des eaux de mer, jusqu'à un peu plus de 30°C . La température moyenne de l'océan mondiale est de 4°C . Les eaux tièdes sont confinées sur une faible épaisseur et, à toutes les latitudes, les eaux sous-jacentes sont froides. Il y a deux exceptions, la Méditerranée où la température des eaux profondes n'est jamais inférieure à 13°C et la mer Rouge où elle ne descend pas sous $21,5^{\circ}\text{C}$. **(Lefèvre-Balleydier, 2006)**

3-1-2-Salinité :

La salinité est importante dans le milieu marin, par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires. La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin, elle forme avec la température deux descripteurs de base des masses d'eaux (bon traceur du mélange des eaux). Elle correspond à la teneur en sels dissous de l'eau de mer, elle peut être mesurée et exprimée de différentes manières suivant que l'on considère l'ensemble des corps, ou seulement les sels dominants. **(Bachari Houma, 2009)**.

La salinité moyenne des océans est de 34,71 milligrammes de sel par gramme d'eau. L'eau océanique est une solution chimique comportant de l'eau (H_2O) et un certain nombre de sels dissous, éléments majeurs et mineurs, de nutriments organiques et d'éléments en trace. Six éléments chimiques, dits majeurs, représentent 99% des sels dissous (voir tableau 1) : le Chlore, le Sodium, le Sulfate, le Magnésium, le Calcium, le potassium. Ces éléments majeurs sont en proportions relatives remarquablement constantes. **(Bachari Houma, 2009)**.

Tableau 01: Constituants majeurs de l'eau de mer (Biju-Duval et Savoye, 1994).

Élément	Concentration dans l'eau de mer (g/kg)	Apports	Pertes
Chlore	19	Volcanisme, rivières	Sédimentation sous forme de sel (NaCl)
Sodium	10,6	Rivières	Sédimentation sous forme de sel (NaCl)
Sulfates	2,7	Volcanisme	Dépôt sur le fond des océans
Magnésium	1,3	Rivières	Absorption par les boues argileuses
Calcium	0,4	Volcanisme, rivières	Incorporation au squelette des microorganismes marins; Sédimentation sous forme de calcite
Potassium	0,4	Rivières	Absorption par les boues argileuses

Les variations de salinité sont beaucoup plus faibles que les variations de température : 90% des eaux ont une salinité comprise entre 34‰ et 35‰ et près de la moitié ont une salinité comprise entre 34,6‰ et 34,7‰. Mais, il y a des bassins caractérisés par des salinités extrêmes. (Biju-Duval et Savoye, 1994)

3-1-3-Turbidité :

Selon (Aminot et Kerouel, 2004) : la turbidité n'est pas une grandeur physique intrinsèque du milieu car elle décrit son opacité (ou sa transparence) par comparaison à des étalons artificiels. La norme ISO7027 (Afnor, 1996) définit la turbidité comme la «réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes». Pour des raisons plus techniques et opérationnelles, Wezernak et Polcyn (1975) se référaient au manuel de l'American Public Health Association de 1965 : «la turbidité traduit la propriété optique responsable de la dispersion et de l'absorption de la lumière plutôt que sa transmission en ligne droite à travers l'échantillon». De ces définitions il découle :

- 1) Que lorsque l'on mesure la turbidité on s'intéresse implicitement à la dispersion et l'absorption de lumière, abstraction faite de l'eau pure (il s'agit donc de l'effet des particules en suspension),
- 2) Que les instruments mesureront la dispersion plutôt que la transmission de lumière.

La turbidité varie inversement avec la limpidité, elle croît et décroît selon que la concentration de solides en suspension augmente et diminue.

Cependant, la quantité et la couleur de la lumière dispersée par chaque particule dépendent de la taille, de la forme, de la composition et de l'indice de réfraction de ces dernières. Des solutions de concentrations égales de solides en suspension, mais de composition différente, ne dispersent pas forcément la même quantité de lumière. De ce fait, la turbidité est liée aux solides en suspension. La mesure s'effectue à l'aide d'un turbidimètre terrain qui donne la turbidité ou la NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). (Bachari Houma, 2009).

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matière organiques, etc. La description d'une masse d'eau ne saurait être satisfaisante sans une référence à la transparence du milieu, c'est à dire à la pénétration de la lumière. La connaissance de ce facteur a une double importance :

- Il détermine l'intensité lumineuse pénétrant sous la surface.
- Il permet également une approche de la quantité de particules en suspension.

3-1-4- Les gaz dissous

Les gaz en mer se trouvent en état de solution. L'utilisation des sels et de certains nutriments par les organismes vivants des milieux marins peut engendrer d'autres composants et tout ça en présence de certains gaz comme l'oxygène (O₂) et le dioxyde de carbone (CO₂), qui sont indispensables à la vie des organismes aquatiques. Tout ces gaz se trouvent dans l'atmosphère et peuvent rejoindre l'océan en devenant dissous dans l'eau de mer, donc sans ces gaz il n'y a pas d'activité photosynthétique ou respiratoire, dans ce cas là, le rôle de l'océan est évidemment fondamental dans la régulation des taux de ces gaz dans l'atmosphère par le biais de processus géochimiques.

3-1-5-Transparence de l'eau

La transparence de l'eau est l'une des caractéristiques importantes à prendre en compte lorsqu'on veut une description complète et satisfaisante d'une masse d'eau, elle correspond à la mesure du taux de pénétration de la lumière dans l'eau. Donc, selon cette approche, la transparence de l'eau dépend nécessairement de différentes particules présentes dans l'eau, que ce soit des matières en

suspension ou des éléments dissous dans l'eau (comme les éléments photosynthétiques). Ainsi, on peut définir à partir de la transparence de l'eau la turbidité du milieu. **(Bachari Houma, 2009)**.

3-1-6-Appports en nutriments

Le milieu marin est riche en éléments dits nutritifs qui sont essentiels pour la vie et l'activité des organismes qui y vivent. Les éléments nutritifs, dans l'eau de mer ont plusieurs origines qu'on peut regrouper en deux types de sources (externes et internes).

- Source externe : elle regroupe tous les apports continentaux déversant en mer, qu'ils soient par voie éolienne ou par voie fluviale
- Source interne : elle représente l'origine la plus importante, elle est assurée par des flux verticaux et leur régénération à partir de la matière organique issue de la photosynthèse effectuée par les organismes autotrophes dans la couche euphotique. **(Bachari Houma, 2009)**. Donc tous ces éléments sont essentiels dans l'opération de la photosynthèse qui se trouve à la base de la chaîne trophique marine.

Les nutriments : C, O, N, P sont des éléments dont on doit signaler leur rôle particulier dans le milieu marin. Présents sous des formes variées (en particulier bicarbonates, nitrates, phosphates), ils sont extraits de l'eau de mer dans les réactions métaboliques, participent à la photosynthèse et rentrent ainsi dans la chaîne alimentaire. **(Biju-Duval et Savoye, 2001)**.

La production primaire des eaux de surface est basée sur les sels nutritifs et la lumière, ainsi ils reflètent la richesse et la fertilité des eaux marines. Ce sont donc des traceurs chimiques non conservatifs et leur variation est gouvernée par les facteurs physiques, chimiques et biologiques. Pour cela, ils forment un outil très important pour la caractérisation et l'identification des masses d'eau et la compréhension de certains phénomènes océaniques : circulation des eaux, production primaire marine, diffusion des sédiments marins.

3-1-7-La chlorophylle

La chlorophylle est un pigment végétal vert d'une composition chimique plus ou moins complexe, qui confère aux végétaux le possédant la fonction de photosynthèse, dont le rôle est de transformer l'énergie lumineuse en énergie chimique à partir de deux molécules (dioxyde de carbone et H₂O), ce qui permet aux végétaux de synthétiser leurs propres matières organiques carbonées sous forme de glucides (substances organiques riches en énergie) grâce à l'énergie lumineuse absorbée par la chlorophylle. **(Bachari Houma, 2009)**.

Dans les milieux aquatiques, les algues possèdent une diversité de pigments dont les plus importants sont les chlorophylles *a*, *b*, *c*₁, *c*₂ et *d*. La chlorophylle *a* est le pigment photosynthétique principal du phytoplancton qui est considéré comme étant un bon indicateur de la santé des océans et des mers et de leur niveau de productivité et de la biomasse phytoplanctonique. La concentration de chlorophylle est utilisée pour l'estimation de la production primaire (**Bachari Houma, 2009**).

3-1-8- Les Matières en suspension

Sont des particules minérales ou organiques en suspension dans les eaux naturelles ; continentales ou marines. (**Ramade, 2008**).

Il est courant en hydrologie de distinguer «le matériel en suspension» («matériel particulaire») des «substances dissoutes».

Ainsi, selon **Ivanoff (1972) in Bachari Houma (2009)** : en plus des substances dissoutes, les eaux de mer contiennent des matières en suspension, de toutes tailles et de toutes formes, minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature, soit biogénique (bactéries, phytoplancton, zooplancton, poissons), soit terrigène (apports fluviaux, produits de l'érosion des côtes, débris déversés par l'homme), soit éolienne (particules transportées par les courants atmosphériques et tombant dans la mer), soit en fin météoriques.

Les matières en suspension dans les eaux de mer sont donc de dimensions très variables. Elles comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.45 µm et elles peuvent être un indice de pollution. Elles sont transportées au sein de la masse d'eau qu'elle soit douce, marine ou résiduaire.

Mais, en fait, il n'y a pas de discontinuité dans la gamme de taille du matériel contenu dans l'eau. La distinction entre le matériel dissous et le matériel particulaire est arbitraire : elle dépend en pratique des moyens utilisés pour les séparer. (**Aminot et Kérouel, 2004**)

La présence des matières en suspension par des teneurs élevées dans les eaux peut affecter la vie marine par la diminution de la transparence de l'eau, la diminution de l'oxygénation par dégradation du taux d'oxygène dissous et donc les aspects biologiques des organismes aquatiques, aussi, les matières en suspension peuvent contribuer à l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies. Par des phénomènes d'adsorption, les matières en suspension peuvent faciliter le transport des polluants dans le biotope marin et donc vers les organismes qui y vivent.

Terminologie spécifique au matériel particulaire : (Aminot et Kérouel, 2004)

-**Seston** : particules en suspension, vivantes et non vivantes, entraînées par les mouvements des eaux.

-**Trypton** : partie non vivante du seston (détritiques organiques, particules minérales).

-**Plancton** : partie vivante du seston, dérivant passivement.

-**Pleuston** : plancton superficiel poussé par le vent.

-**Necton** : animaux ayant des déplacements autonomes par rapport au milieu. **3-1-9- Autres propriétés**

L'eau de mer peut être caractérisée par d'autres paramètres qui peuvent lui donner des caractéristiques particulières et refléter des phénomènes importants dans la dynamique et la biologie du milieu marin. Donc, plusieurs autres paramètres qu'on peut évoquer dans ce point et qui peuvent gouverner des processus biologiques importants dans les milieux aquatiques, par exemple l'oxygène dissous joue un rôle primordiale dans le maintien de la vie et dans les processus d'autoépuration des eaux, le pH de l'eau de mer est aussi un paramètre à prendre en considération dans l'analyse de la composition des eaux côtières pour son rôle dans la caractérisation de l'acidité du milieu, et autres paramètres sont disponibles dans la caractérisation des eaux marines comme la conductivité électrique, la demande biologique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO),...etc. Mais il reste à signaler que tous ces paramètres sont dépendants les uns des autres, et la variation de quelques paramètres peut affecter d'autres paramètres.

3-6- Propriétés optiques de l'eau de mer.

L'eau présente un certain nombre de propriétés qui vont influencer de façon significative sur le transfert du rayonnement électromagnétique en son milieu. En effet il existe des interactions complexes entre le rayonnement électromagnétique et la masse d'eau où l'éclairement solaire incident (E_S) et le rayonnement diffus (E_C) provenant du ciel pénètrent la masse d'eau à un angle zénithal solaire (θ_0), une partie est réfléchiée de façon spéculaire (θ_0) et une autre est transmise à la masse d'eau. La partie transmise dans l'eau, avec un angle de réfraction (θ_w), est diffusée selon un angle de diffusion (θ_s) ou absorbée par ses composantes. Le signal retourné au capteur est donc fonction des propriétés optiques apparentes qui sont influencées par des propriétés optiques inhérentes à la masse d'eau. (Bonn et al., 1996).

3-6-1-Propriétés optiques inhérentes

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

3-6-2-Propriétés optiques apparentes

Les propriétés optiques apparentes sont dépendantes des propriétés optiques inhérentes et de l'éclairement ambiant. Les propriétés optiques apparentes de la masse d'eau sont les différentes mesures d'éclairement, de luminance, de réflectance et d'atténuation diffuse. Les deux coefficients que l'on retrouve généralement dans les écrits sur le sujet sont la réflectance volumique (R) et le coefficient d'atténuation diffuse (Kd).

3-7- Couleur de l'eau de mer

L'eau de mer a généralement une couleur bleue, mais dans certaines circonstances sa couleur peut tirer sur le vert en présence du phytoplancton. La couleur de la mer n'est pas seulement déterminée par l'interaction de la lumière avec la surface de l'eau mais, la présence de différents composants dans l'eau affecte sa couleur, via des processus d'absorption, de diffusion et de réflexion. Donc la théorie de la mesure de la couleur de la mer repose sur les effets de différents constituants de l'eau par leurs interactions vis-à-vis la lumière.

La couleur de la mer s'étend du bleu au vert. Le bleu indigo caractérise les mers tropicales et équatoriales, lorsqu'il y a peu de production biologique. A des latitudes plus grandes, la mer est bleu-vert voire verte dans les régions polaires. Les eaux côtières sont en général verdâtres. Il y a deux facteurs contribuant à la couleur bleue de l'océan aux faibles latitudes, lorsqu'il y a peu de production biologique. En eau profonde, lorsque l'on regarde sous l'eau, la lumière que l'on voit est celle diffusée par les molécules d'eau. La diffusion étant plus importante pour les petites longueurs d'onde que pour les grandes longueurs d'onde (principe de Rayleigh), l'eau paraît bleue.

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

L'analyse de cette couleur de l'eau se fait à l'aide de capteurs placés sur des plateformes satellitaires en orbite autour de la Terre. Ces capteurs mesurent l'intensité des rayonnements par la

surface des océans (water-leaving radiance) dans différentes gammes de longueurs d'onde (bandes). La radiance de l'eau ainsi mesurée tient compte des interactions avec la colonne d'eau et les particules. Chaque composant ayant une signature spectrale qui lui est propre, il est possible, à partir de ces mesures, d'en déterminer la concentration.

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

4- La pollution des mers

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement. En effet, le problème de la pollution marine constitue un sujet de préoccupation importante à l'échelle mondiale car le milieu marin est le réceptacle final de tous les cours d'eaux et d'effluents, soit naturels ou anthropiques.

Cette pollution des eaux se traduit par des effets très spécifiques dus aux particularités écologiques propres aux milieux aquatiques (Ramade, 2000).

Tableau 02: Principaux types de pollution des eaux (Ramade, 2000)

Type de pollution	Nature physicochimique	Source ou agent causal
<i>I. Physique</i> Pollution thermique, pollution radioactive	Rejet d'eau chaude Radio-isotope	Centrales électriques Installations nucléaires
<i>II. Chimique</i> Pollution par les engrais Pollution par des éléments toxiques Pollution par les pesticides Pollution par les détersifs Pollution par les hydrocarbures	Nitrates Phosphates Cadmium, mercure, plomb, aluminium, arsenic, etc. Insecticides, herbicides, fongicides, etc. Agents tensioactifs Pétrole brut et ses dérivés (carburants et autres produits raffinés) PCB, insecticides, solvants chlorés	Agriculture Lessives Industrie, agriculture, combustions (pluies acides) Agriculture (industries, transport) Effluents domestiques (industriels) Industrie pétrolière, transports, chaufferies industrielles

Pollution par les composés organochlorés	Très nombreuses molécules > 120000	Industrie, agriculture
Pollution par les divers autres composés organiques de synthèse		Industries, usages dispersifs en particulier domestiques pour certains
III. Matières organiques fermentescibles	Glucides, lipides, protides, acides nucléiques	Effluents domestiques, agricoles, industries agroalimentaires, industries du bois (papeteries)
IV. Pollution microbiologique	Bactéries, virus entériques, champignons	Effluents urbains, élevage, abattoir, secteur agroalimentaire en général

Selon (Ramade, 2003), la zone méditerranéenne a été classée par le PNUE comme l'une des cinq régions du monde où les problèmes environnementaux sont les plus graves. Donc la mer méditerranée est l'une des mers les plus menacées par la pollution, cette pollution, qui ne cesse de perturber les paramètres physiques et chimiques et biologiques des eaux du bassin méditerranéen, est due principalement aux activités économiques intenses dans la région, cette dernière constitue un carrefour commercial important, car elle représente environ 30% du trafic pétrolier mondial.

A ce titre, les côtes algériennes sont concernées par ce problème. La côte jijelienne est l'une des régions concernées par les problèmes de dégradation de l'état de qualité des eaux marines, car elle est atteinte par les cours d'eaux et les apports telluriques directs dus au ruissellement et au lessivage des terres émergées, ce qui apporte de nombreux polluants dans le littoral de Jijel. Ces différents apports peuvent être la cause d'une augmentation de la teneur en nutriments des eaux marines côtières, ce qui provoque des proliférations, peut-être intenses, de diverses espèces phytoplanctoniques («marées» vertes, jaunes, rouges, ...etc.), conséquences d'eutrophisation des eaux littorales.

En plus des éléments apportés par le ruissellement et les cours d'eau, on doit mettre ici l'accent sur les activités économiques et d'aménagement, qui ne cessent de s'intensifier dans la wilaya, qui peuvent être aussi une cause de dégradation de l'état de l'écosystème marin dans la région de Jijel surtout l'activité liée au port de Djen-Djen et les travaux de dédoublement de la route nationale 43, que se soit à l'Est ou l'Ouest de la wilaya.

Les sources de pollution côtière dans la wilaya de Jijel
 La position de la wilaya de Jijel a fait d'elle une zone préférée d'activités économiques et sociales, ce qui a provoqué de multiples sources de pollutions qui rejoindront toujours la mer et les cours d'eaux comme récepteur final, donc la dégradation de la côte est devenue une menace à affronter. Les sources de pollution dans la région de Jijel peuvent être regroupées sous l'activité portuaire et celle des installations classées sans oublier les effluents urbains de tous types et le secteur touristique, ces différents domaines ont abouti fortement à la dégradation de la côte de la wilaya.

Les installations classées

Tableau 03 : Déchets générés par les installations classées au niveau de la wilaya de Jijel 2009 (Direction de l'environnement de la wilaya de Jijel).

Unité industrielle	Déchets solides en tonne/an	Effluents liquides en m ³ /an	Rejets atmosphériques	localisation
EPE Jijel liège étanchéité	Poussière 900 T	2600 m ³	Vapeur d'eau contenant la résine 28800 T	Jijel
EPA Jijel liège SPA	Poussière 120 T, Rebus de liège 900 T	/	/	Jijel
Tannerie de Jijel	Cuir tanné contenant chrome 20T Boues contenant chrome 10 T Graisse contenant Ch. 10 T	Rejets liquides contenant Ch. 114400m ³	/	Jijel
Abattoir de Jijel	NQ	Rejets liquides contenant sang 15000 m ³	/	Jijel
IGILAIT	Sac en plastique 1T	15000m ³	/	Tassoust

Centrale thermique	Huiles 27 T	525600 m ³	NO _x : 410.83MG/NM ³ CO ₃ : 339.6MG/NM ³ CO ₂ : 8%	Achouat
EL wéam transformation de liège	Poussières et rebus de liège 200T	1200m ³	Vapeur d'eau contenant	El Ancer
Tannerie khenifar	Cuir tanné contenant chrome 10 T Boues contenant chrome 1.5 T	Rejets liquides contenant chrome 2000m ³	/	El Milia
SOALKA kaola	Sable 71400 T	12000 m ³	Vapeur d'acide 100 T	El Milia
Djendjen marbre	Rebus de marbre 9600T Boues 13200T	/	/	Zone industrielle Ouled Salah
Société africaine du verre	Sable 1919T Calcin 3000T	300 m ³	CO ₂ : 8T	Zone industrielle Ouled Salah
SARL Rimouche transformation du verre	Déchets de verre 7500 m ²	/	/	Zone industrielle Ouled Salah
SIBL liège	Rebus de liège 288T	/	/	Zone industrielle Ouled Salah
MOULINS Djendjen	Poussières (sons gros) 1123.4T	/	/	Zone industrielle

				Ouled Salah
AYACHI carrelage	Rebus de carrelage 1400T Boues 2300T	/	/	Zone industrielle Ouled Salah
Briqueterie Taher	Rebus de brique 780T	/	/	Achouat
EURL de production de jus et conserve	Déchets des fruits et liquides 32T	NQ	/	Achouat
Céramique El Milia	Moule en plâtre 100T rebus des pièces cuites 16908T béton réfractaire 1T boues 1500T	2100 m ³	/	El Milia

Les eaux usées urbaines :

Tableau 04 : Quantité des eaux usées déversés au niveau du littoral de la willaya de Jijel 2003 (direction des ressources hydriques, service d'assainissement)

Commune	agglomération	Type	débit moyen en 2003	Lieu de rejet
Jijel	Jijel	Urbaine	999.44	Station de relevage
	Haratene	Rurale	19.52	
	Ouled bounar	Rurale	5.62	Mer
	Éparse	Rurale	12.94	
	El Aouana	Sub. Urbaine	26.44	Station de relevage

	Éparse	Rurale	3.64	Mer
Ziama	Ziama	Sub. Urbaine	27.59	
	Mansouriah	Taza	Rurale	
	Boblatene	Rurale	15.39	
	Éparse	Rurale	5.88	

Infrastructures portuaires :

Tableau 05 : Effort portuaire (de pêche et de plaisance) dans la wilaya de Jijel 2009 (direction de la pêche de la wilaya de Jijel)

Le genre d'activité	Port de Jijel	Port de ziama- Mansouriah	La somme
Chalutiers	11	00	11
Senneurs ou sardiniers	29	05	34
Petits métiers	80	18	98
Plaisanciers	133	/	133
La somme	253	65	276

5- Télédétection et la couleur de l'eau de mer :

5-1-Intérêt de la télédétection pour l'étude de la mer

De grands progrès dans la connaissance des océans ont été accomplis lorsque des satellites ont pu enregistrer des informations en continu sur l'ensemble des océans. Jusqu'alors seuls les navires pouvaient mesurer les températures, les courants...et entre leurs routes et leurs passages, il fallait interpoler (Hervé et Tabeaud, 1999).

La télédétection permet d'effectuer des études fiables et vastes dans les milieux marins qui ne peuvent être établis sur de grandes étendues par d'autres méthodes que la télédétection. (Bonn et al, 1996).

5-2-Téledétection de la qualité de l'eau :

L'utilisation de la télédétection comme un outil pour évaluer la qualité des eaux est très prometteuse car elle permet de couvrir une superficie importante et à peu de frais, et les images apportées par la télédétection révèlent l'état du milieu marin à un moment précis avec la dynamique de ce dernier, ce qui va permettre des études à long terme, et donc des informations continues sur la variation de la qualité des eaux et donc l'état de santé de la mer, ainsi ces informations peuvent compléter et confirmer les travaux réalisés sur le terrain.

De nos jours, les problèmes de pollution rendent nécessaire l'étude du milieu marin, ces pollutions sont venues des sources extérieures de la mer et de multiples formes, donc, dans un cadre de suivi environnemental, la couverture d'une superficie importante de la mer est réalisable par une approche synoptique de la télédétection, ce qui va contribuer efficacement à la réalisation d'études fiables et l'obtention de résultats pouvant aider à la prise de décisions.

Dans cette optique, la télédétection intéresse le traitement de variables indicatrices de la qualité des eaux marines, ces variables doivent répondre à deux critères (**Bonn et al, 1996**) :

- Etre un indicateur de la qualité des eaux.
- Posséder des propriétés optiques.

Dans notre travail qui concerne la côte jjielienne, nous allons utiliser deux variables pour évaluer l'état de santé de la côte qui sont : la chlorophylle et les matières en suspension.

5-3- L'imagerie satellitaire MODIS

L'observation de l'ensemble du globe implique l'utilisation de capteurs, les capteurs doivent être doués de caractéristiques importantes telles que la résolution, l'altitude, et la fauchée.

5-3-1-Généralités sur les capteurs MODIS:

Concernant les images MODIS, MODIS est un capteur qui a été lancé en 1999 pour le satellite Terra et en 2002 pour le satellite Aqua, il est caractérisé par 36 bandes, il survole la terre à 705 Km d'altitude, avec une fauchée de 2330 Km.

Le MODIS terra observe tous les jours à 10:00h alors que l'observation de MODIS Aqua s'effectue tous les jours à 14:00h, il possède trois types de résolutions : 250m pour les bandes 1 et 2, 500m pour les bandes 3 à 7, et 1000m pour le reste des bandes (8 à 36).

Tableau 07: les bandes spectrales du capteur MODIS (URL : <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>)

bande	Longueur d'onde (nanomètre)	Résolution (m)	Utilisation primaire
1	620-670	250m	Terre/nuage/aérosols
2	841-876	250m	Frontières
3	459-479	500m	Terre/nuage/aérosols
4	545-565	500m	Propriétés
5	1230-1250	500m	
6	1628-1652	500m	
7	2105-2155	500m	
8	405-420	1000m	Couleur d'océan
9	438-448	1000m	Phytoplancton
10	483-493	1000m	Bio géochimie
11	526-536	1000m	
12	546-556	1000m	
13	662-672	1000m	
14	673-683	1000m	
15	743-753	1000m	
16	862-877	1000m	
17	890-920	1000m	Atmosphérique
18	931-941	1000m	Vapeur d'eau
19	915-965	1000m	
bande	Longueur d'onde (nanomètre)	Résolution (m)	Utilisation primaire
20	3.660-3.840	1000m	Surface/nuage
21	3.929-3.989	1000m	La température
22	3.929-3.989	1000m	
23	4.020-4.080	1000m	
24	4.433-4.498	1000m	Atmosphérique
25	4.482-4.549	1000m	La température
26	1.360-1.390	1000m	Nuages de Cirrus

24	4.433-4.498	1000m	Atmosphérique
25	4.482-4.549	1000m	La température
26	1.360-1.390	1000m	Nuages de Cirrus
27	6.535-6.895	1000m	Vapeur d'eau
28	7.175-7.475	1000m	
29	8.400-8.700	1000m	Propriétés de nuage
30	9.580-9.880	1000m	L'ozone
31	10.780-11.280	1000m	Surface/nuage
32	11.770-12.270	1000m	La température
33	13.185-13.485	1000m	Dessus de nuage
34	13.485-13.785	1000m	Altitude
35	13.785-14.085	1000m	
36	14.085-14.385	1000m	

Dans notre travail qui concerne l'estimation de la concentration en chlorophylle et en matières en suspension de la zone marine côtière de Jijel on a utilisé des images provenant du capteur MODIS-Aqua.

5-4- Les paramètres de l'étude de la qualité de l'eau de mer

A. La chlorophylle

Les biocénoses végétales aquatiques contiennent de nombreux pigments, dont celui qui nous intéresse, la chlorophylle, qui constitue leur photorécepteur principal.

La présence de la chlorophylle dans les différents groupements de végétaux aquatiques peut aider à l'estimation de plusieurs phénomènes dans le milieu marin, donc la concentration en chlorophylle peut être utilisée comme indice de l'état de santé d'un écosystème marin.

En télédétection, les analyses portant sur la chlorophylle sont souvent appelée «couleur de l'océan» (BONN et ROCHON, 1996).

Les études portant sur la chlorophylle au niveau océanique visent généralement à faire ressortir la productivité du milieu, dans notre cas, la chlorophylle sert d'indicateur de la qualité des eaux.

Cependant, comme le précisent Gallie et Murtha (1992) in BONN et ROCHON (1996), les propriétés optiques du phytoplancton sont spécifiques de l'espèce et dépendent de ses différents stades de vie. La réponse spectrale d'une algue en pleine croissance est fort différente de celle d'une algue en sénescence. De plus, la présence d'herbiers submergés peut interférer avec le signal et amener une surestimation de la concentration en chlorophylle dans la masse d'eau libre.

La signature spectrale de la chlorophylle peut varier avec le contenu de l'eau. Dans les fortes longueurs d'onde, elle peut être impossible à identifier si la concentration de matière en suspension est trop élevée. Les effets de diffusion de la matière en suspension masqueront les effets d'absorption de la chlorophylle, les deux composés agissant dans le même domaine spectral (BONN et ROCHON, 1996).

B. Les matières en suspension

Les matières en suspension consistent en matières organiques et inorganiques, leurs proportions peuvent être mesurées par différentes méthodes. Une forte teneur en matières en suspension peut être un indice de pollution des estuaires ou des zones côtières dans la mesure où celles-ci peuvent recevoir de grandes quantités de matières en suspension empêchent la pénétration de la lumière dans l'eau, nuisant ainsi à la photosynthèse et la prolifération des organismes marins. (BONN et ROCHON, 1996).

L'estimation de la teneur en matières en suspension par télédétection repose sur l'interaction du rayonnement incident avec la matière contenue dans l'eau, d'où une augmentation du signal (effet de diffusion) reçu au capteur en comparaison avec celui d'une masse d'eau pure. Sur une image cette augmentation donne une apparence plus claire (niveau de gris plus élevé).

Les études menées par Jerlov(1976) in BONN et ROCHON (1996), ont montré que le coefficient d'absorption est faible et dépendant de la longueur d'onde pour une eau distillée et qu'il devient fort indépendant de la longueur d'onde en milieu naturel. La diffusion dans une eau distillée est causée par l'interaction moléculaire, ce qui donne une diffusion maximale aux courtes longueurs d'ondes. En milieu naturel c'est la présence de matières en suspension qui détermine la diffusion. L'effet combiné de l'absorption et de la diffusion dans l'eau réduit le signal de retour ; ce phénomène est mesuré par le coefficient d'atténuation qui est minimal dans la région verte du spectre et qui augmente rapidement avec la longueur d'onde.

La mesure des caractéristiques des éléments solides transportés par l'eau dépend de plusieurs facteurs, dont les bruits ajoutés par l'atmosphère, la réflexion à la surface d'eau ainsi que les variations verticales et latérales des propriétés optiques de l'eau et la réflectance du fond. La majorité des études supposent que la masse d'eau est homogène verticalement, ce qui n'est pas toujours le cas. Philpot (1981) in BONN et ROCHON(1996), a fait état des problèmes reliés à la détection des masses d'eau et il suggère un modèle pour mesurer les matières en suspension par couches. Nanu et Robertson(1990) in BONN et ROCHON (1996), font également état d'une méthode pour estimer la concentration de matières en suspension en fonction de la profondeur. Cependant, il est impossible de faire la différence entre une couche épaisse avec peu de matières en

suspension et une couche mince avec une forte teneur (**Gordon, 1975**) in **BONN et ROCHON (1996)**. La réponse spectrale de l'eau étant très faible, la précision quantitative recherchée doit se faire en éliminant les bruits ajoutés au signal de l'eau, soit ceux dus à la radiométrie et l'atmosphère.

Suivant une approche plus analytique, certains chercheurs ont décidé d'obtenir plus d'information à partir de l'optique de l'eau. Ainsi, avec une cuillette de mesures optiques inhérentes et apparentes de plusieurs masses d'eau, il est possible d'obtenir des modèles qui permettent l'extraction des valeurs de concentration de chacune des variables de la qualité des eaux (**BONN et ROCHON, 1996**).

Chapitre II :

Présentation de la zone d'étude

1-Localisation géographique de la zone d'étude

Située au Nord-est de l'Algérie la zone d'étude correspond à une zone marine côtière, elle est comprise entre les méridiens 5.3° et 6.3° Est de Greenwich et entre les parallèles 36.6° et 37.0° Nord (Fig. 1).

La wilaya de Jijel est caractérisée par une bande côtière de 123,90 km, soit 10,32 % de la ligne côtière algérienne. Cette zone marine limitée au sud par l'interface terre-mer s'étend sur une distance de 123km de Oued Zhour à l'Est jusqu'à Ziama Mansouria à l'Ouest et elle couvre donc toute la zone côtière de la wilaya de Jijel. (Kratbi, 2009).

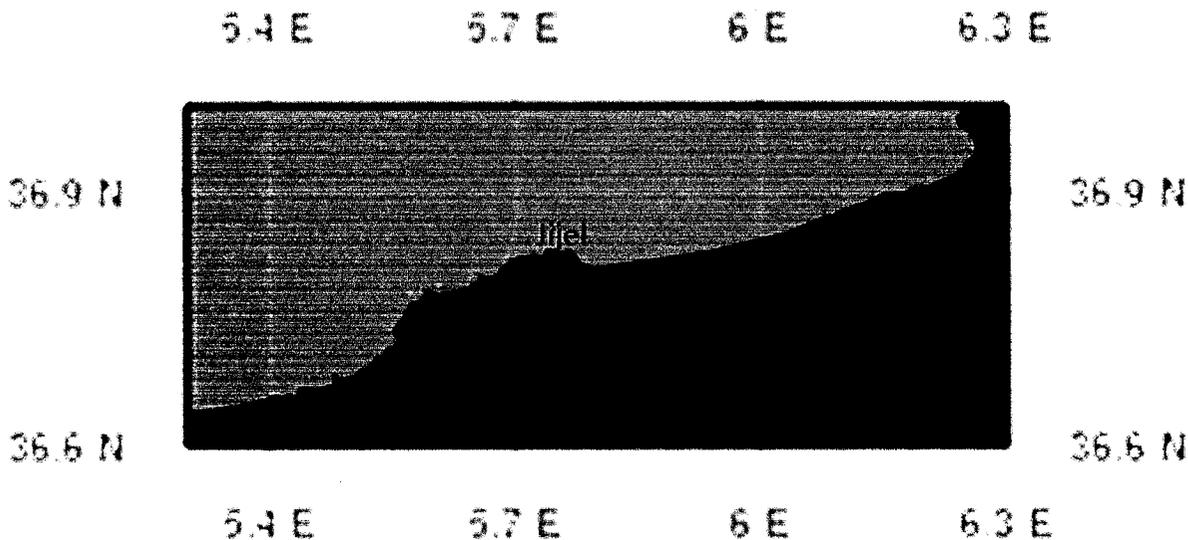


Fig. 01 : localisation de la zone d'étude

2- Description de la zone d'étude

La côte de Jijel reçoit les débits de plusieurs cours d'eau qui sillonnent la wilaya. Les matières en suspension (MES) rejetées par ces cours d'eau sont visualisées par la présence d'un panache turbide de surface. Ces matières en suspension peuvent être associées à des contaminants d'origine organique ou métallique. (Chenniti, 2010).

Dans notre travail nous allons essayer de cartographier les zones qui peuvent constituer des régions polluées au niveau de la côte de Jijel à partir des images satellitaires en estimant les concentrations en chlorophylle et en matières en suspension.

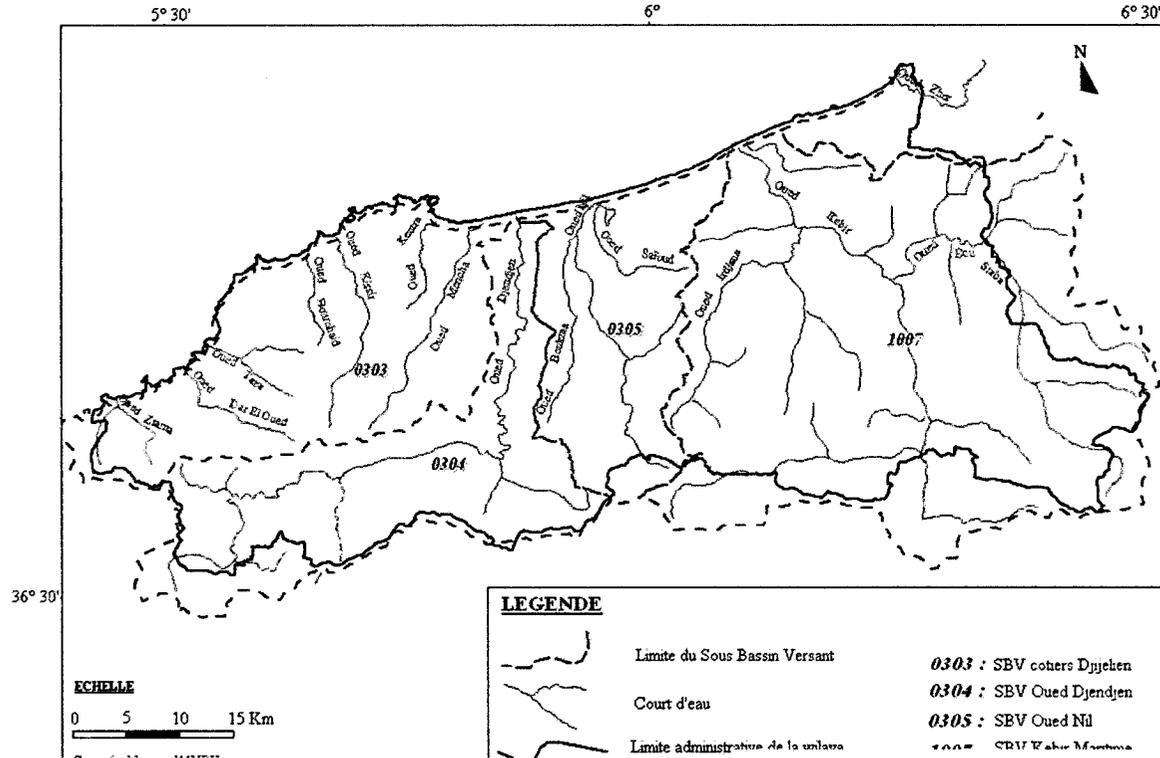


Fig. 02 : carte représentant l'hydrographie de la wilaya de Jijel (source : Agence nationale d'hydraulique de la wilaya de Jijel).

Tableau 07 : Potentialité en eaux superficielle de la zone littorale de la wilaya de Jijel. (Source: DHW, 2005).

Nom de l'oued	Bassin versant en km ²	Longueur km	Écoulement moyen Annuel Hm ³ /An	Situation par rapport aux agglomérations
Nil	200	40	26.1	2,5Km Est agglomération Taher
Kebir	1880	200	310	4Km Est agglomération Sidi A/Aziz
Djendjen	528	63	51,6	1,5Km Est Agglomération A.E.Kader
Mencha	135	26	19,3	3Km Est Agglomération Jijel

Zhor	172,8	-	-	-
Kissir	868	-	27,3	8Km Ouest Agglomération Jijel
Bourchaid	26,8	-	-	-
Taza	68,4	-	-	7Km Est Agglomération Ziama
Ziama	49,2	60	-	3Km Ouest Agglomération Ziama
TOTAL	3.928,2	389	434,3	-

Caractéristiques climatiques

La wilaya de Jijel est caractérisée par un climat méditerranéen tempéré avec un hiver doux et un été chaud, la pluviométrie est considérable, la zone d'étude est parmi les régions les plus arrosées de l'Algérie.

Les vents dominants soufflant sur les côtes de la wilaya de Jijel, ont un régime irrégulier, et proviennent soit de l'Est ou de l'Ouest de la wilaya. Ils peuvent contribuer considérablement à l'entraînement des matières polluantes vers la mer ou les cours d'eaux qui y atteignent, contribuant ainsi au bouleversement de l'écosystème côtier.

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1-Méthode d'acquisition des images

Les images ont été téléchargées auprès du site web <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov> de l'Agence Spatiale Américaine (NASA), dans la page d'accueil de ce site on clique sur la zone Level 1 and 2 Browser (Fig. 03), qui indique le niveau de l'image recherchée, pour accéder à la page suivante dans laquelle nous aurons une page contenant une carte globale (Fig. 04) avec une table périodique pour permettre de sélectionner le moment des images et d'entrer les coordonnées de la zone d'étude pour limiter la zone et le capteur utilisé et le paramètre souhaité puis en cliquant sur la zone Find swaths nous obtenons une série d'images de la huitaine incluant le jour sélectionné, dans cette page (Fig.05) et pour commander l'image on clique sur Order Data pour pouvoir consulter le site en accédant à une page suivante (Fig 06) dans laquelle on entre notre adresse e-mail et envoyer la commande via un message électronique à l'agence qui va nous donner accès aux fichiers contenant les données souhaitées.



Fig. 03 : Page d'accueil du site <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>.

The screenshot shows the SeaWiFS User Login interface. On the left, there are options for sensors: SeaWiFS (GAC, MLAC), MODIS (Aqua, Terra), OCTS (ADEOS), MERIS (Eurasat), and CZCS (Nimbus-7). Below these are radius selection options (72, 400, 800, 1200, 1500 km) and swath selection criteria (any part, 25%, 50%, 75%, all). A world map is displayed in the center, showing the search area. On the right, there is a 'Find swaths' button and a list of regions. At the bottom, a calendar for February 2003 is shown, with the 10th and 11th highlighted. The interface also includes a 'Reconfigure page' button and a 'Display results 10 at a time' option.

Fig. 04 : Choix du jour et visualisation des imagerie

The screenshot shows the Ocean Color Browse web application. At the top, there is a browser window with the URL 'http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/browse.pl?sub=level1or2list&per=MO&day=12053&pm=CHL&set=10&nc'. Below the browser window, there is a search criteria section with a 'List LO' button. The search criteria include: Search Criteria, Time Period: January 2003 (daytime), Sensors: MODIS(Aqua), and Area of Interest: region bounded by 37.0N and 36.6N and 5.3E and 6.3E. A globe is shown with the search area highlighted. Below the globe, there is a grid of satellite images for various dates in January 2003. The interface also includes a 'Comment' button and a 'Help' button.

Fig. 05 : Choix de la scène et commande des données

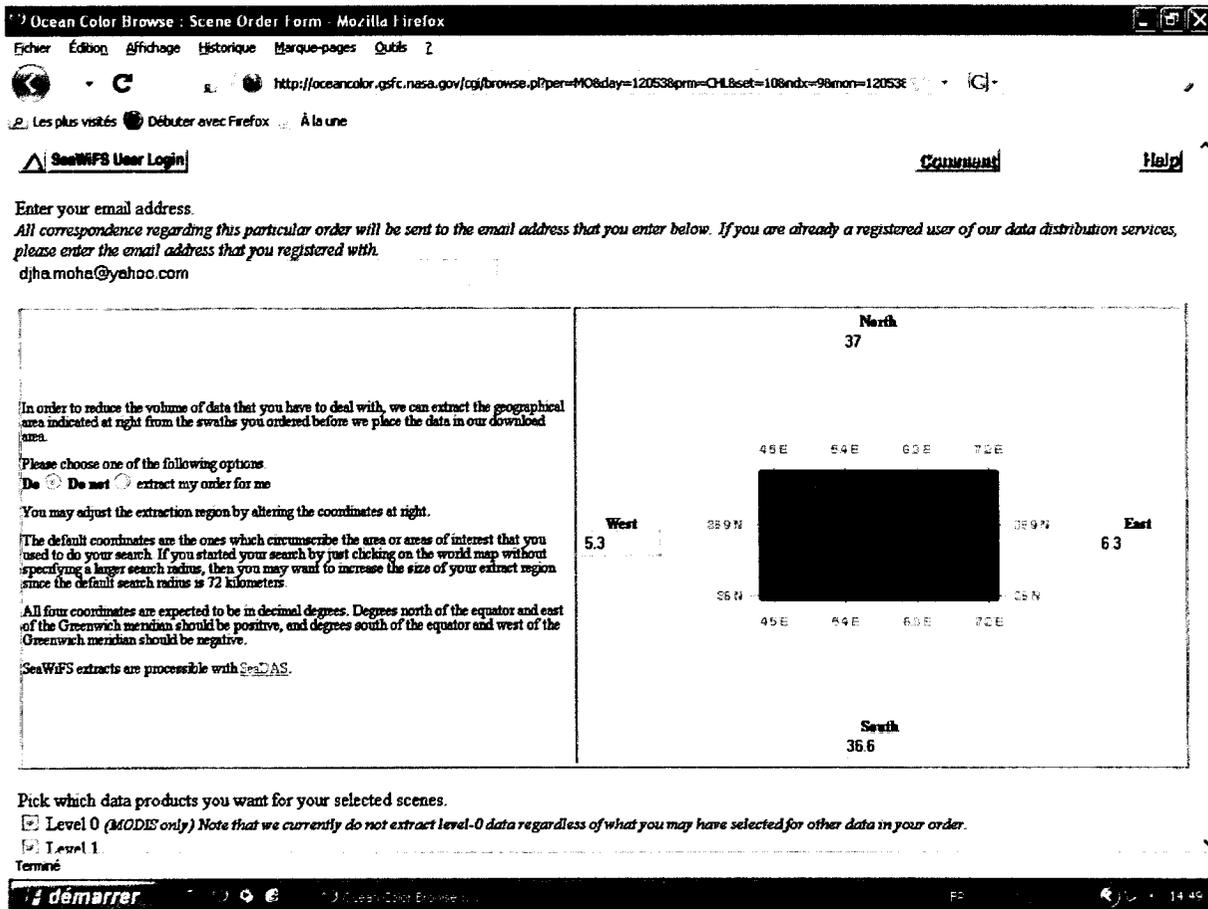


Fig. 06 : Entrer les coordonnées de la zone d'étude et son adresse e-mail puis choisir le type de produits.

2- Les images MODIS-Aqua et le logiciel SeaDAS :

Le SeaDAS, SeaWiFS Data Analysis System, (Système de l'Analyse des Données de SeaWiFS) est un logiciel développé et supporté par la NASA qui est projeté d'être utilisé avec les données du satellite de la couleur de l'océan. SeaDAS est construit sur un système IDL et il fonctionne avec une version autorisée d'IDL (un langage de programmation : Interactive Data Language). Après téléchargement les images vont être traitées par ce logiciel: le SeaDAS, ces images sont sous forme compressée, donc il faut les décompresser avant le traitement. Le logiciel SeaDAS fonctionne sur un système d'exploitation Linux pour cela l'utilisation de la machine virtuelle est nécessaire pour faire tourner SeaDAS sur un système Windows.

Les images utilisées dans ce travail sont des images MODIS de format HDF (Hierarchic Data Format). Le Format HDF est une structure qui contient des ensembles multiples de données scientifiques, images et données subordonnées, dans un seul fichier.

3-Procédure de traitement des images :

La méthode est basée sur l'analyse d'une série de produits de niveau L0 qui couvre la zone d'étude pour l'année 2007, afin de générer des produits L2 de 250m de résolution.

Ce processus comporte cinq étapes :

- Génération des produits L1 à partir de L0.
- Procédure de géo référencement des produits L1A.
- Extraction de fichiers L1A.
- Génération des produits L1B à partir de L1A.
- Génération des produits L2 à partir de L1B.

Les figures ci-dessous résument les étapes précédentes.

Terminal de programmation SeaDAS

La procédure de la première étape du traitement.

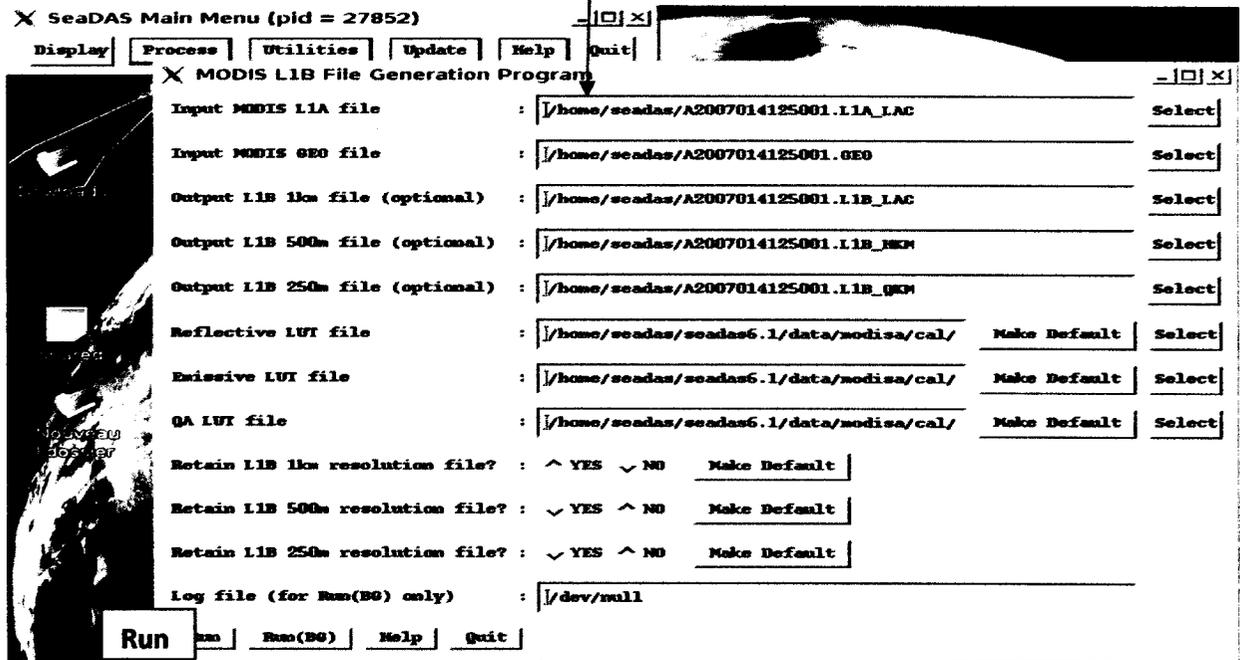
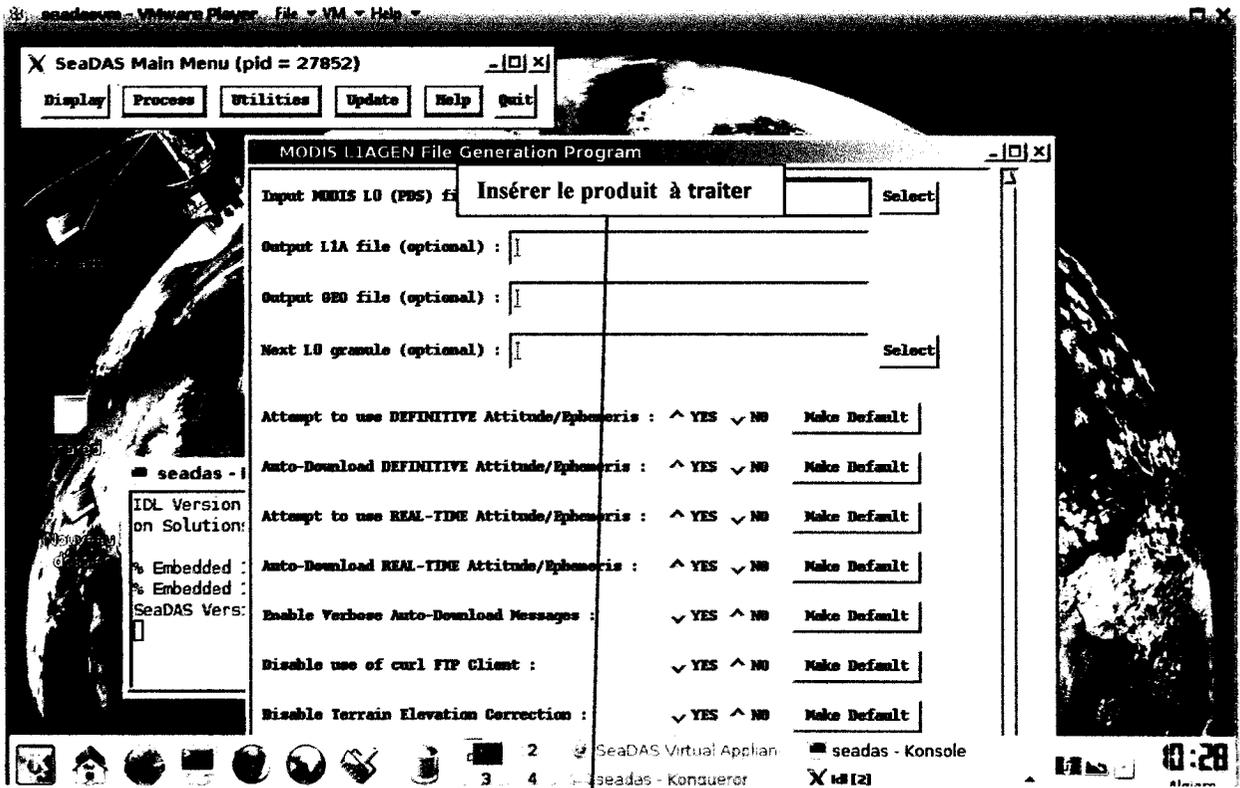
The screenshot shows a VMware Player window titled 'seadasvm - VMware Player'. Inside, the 'SeaDAS Main Menu (pid = 23852)' is displayed. The menu has several tabs: 'Display', 'process', 'MODIS', and 'ring'. The 'process' tab is active, showing a list of processing steps:

- SeaWiFS - geogen_modis - L1A to GEO processing
- MERIS - 11aextract_modis - L1A file extraction
- OCTS - 11bgen_modis - L1A to L1B processing
- CZCS - 11bragen,4 - L1B browse file generation
- 12gen,4 - L1B to L2 processing
- 12extract,4 - L2 file extraction
- 12bin - L2 to L3 binning
- 13bin - L3 time-binning
- smigen - L3 SMI generation
- b12map - L2 batch file projection
- b13map - L3 batch file projection

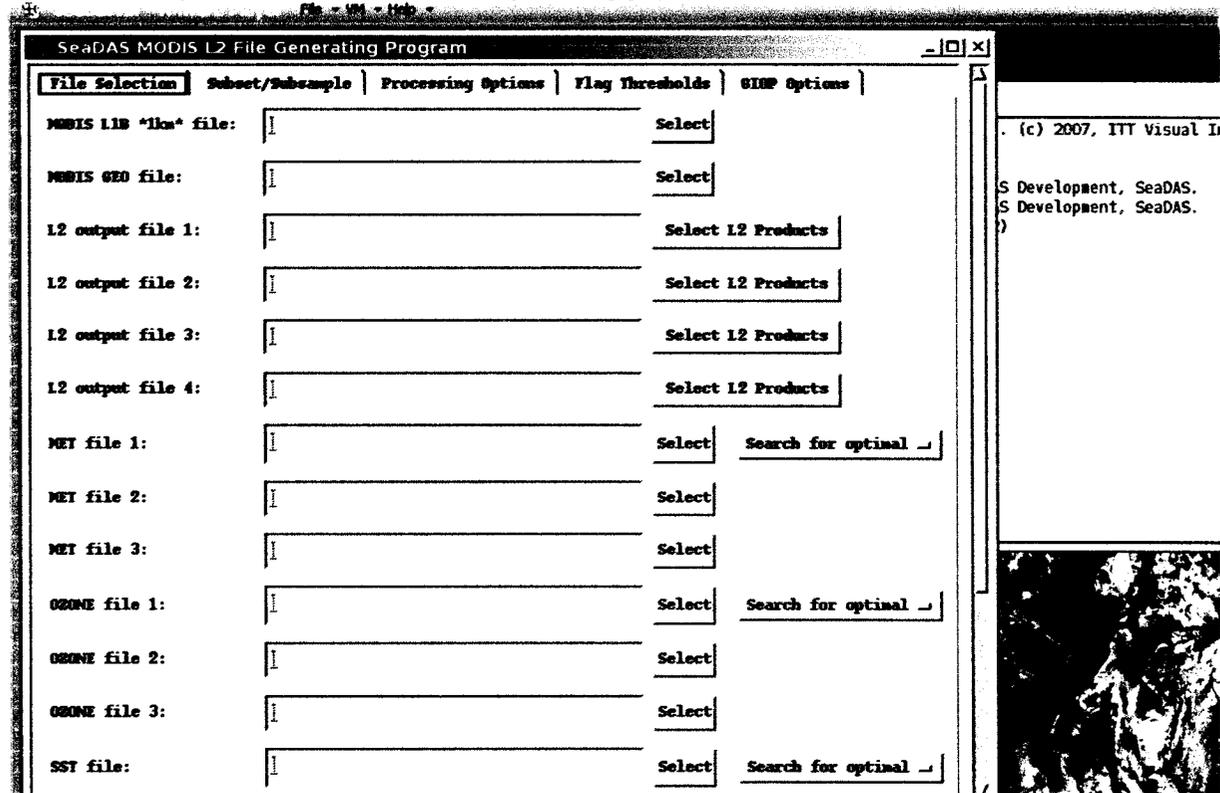
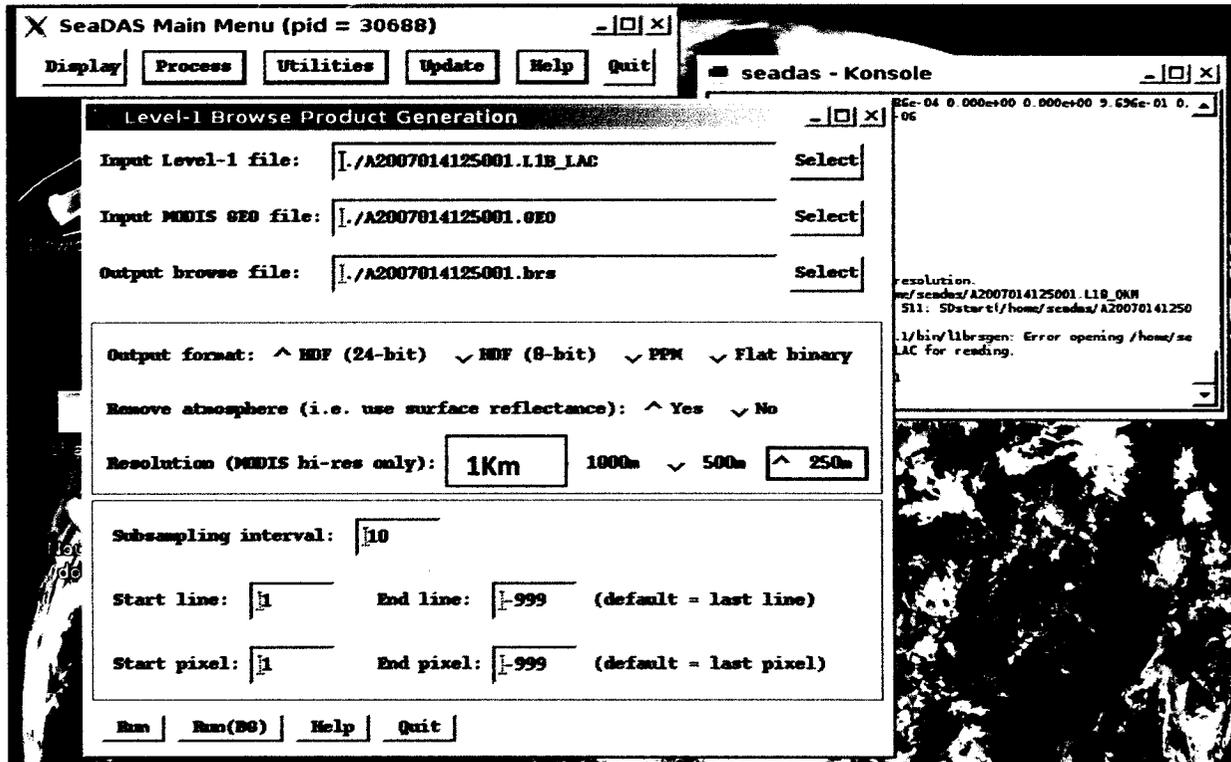
Below the menu, a terminal window titled 'seadas - Konsole' is open, showing the following text:

```
IDL Version 7.0  
on Solutions  
% Embedded IDL:  
% Embedded IDL: NASA GSFC S  
SeaDAS Version 6.1 (pid = 2
```

The VMware interface includes a taskbar at the bottom with icons for SeaDAS and seadas, and a status bar at the very bottom that reads 'To direct input to this virtual machine, press Ctrl+G.'



Traitement de L0 à L1A



Traitement de L1A à L1B puis en L2

Après obtention des images du niveau L2, la deuxième session du traitement des images MODIS Aqua repose sur une manipulation sur le SeaDAS qui conduit à la génération des cartes des deux paramètres

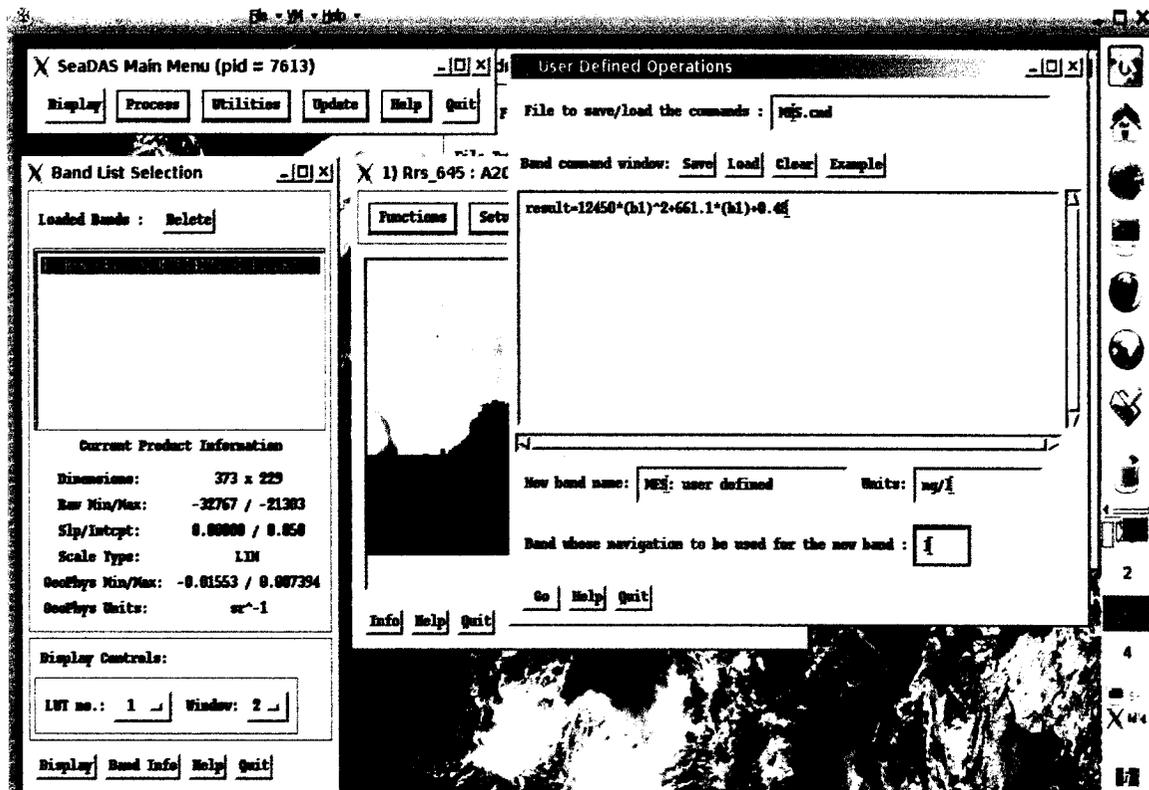
étudiés qui sont la chlorophylle et les matières en suspension. Cela se fait par affichage des produits L2 250 m contenant les réflectances et la chlorophylle. La chlorophylle est calculée automatiquement par le logiciel SeaDAS, tandis que les matières en suspension sont calculées par un algorithme qui modélise les matières en suspension à partir de la bande 645 (Triskati et al. 2005).

$$\text{MES} = 12450 \cdot (b)^2 + 661.1 \cdot (b) + 0.48.$$

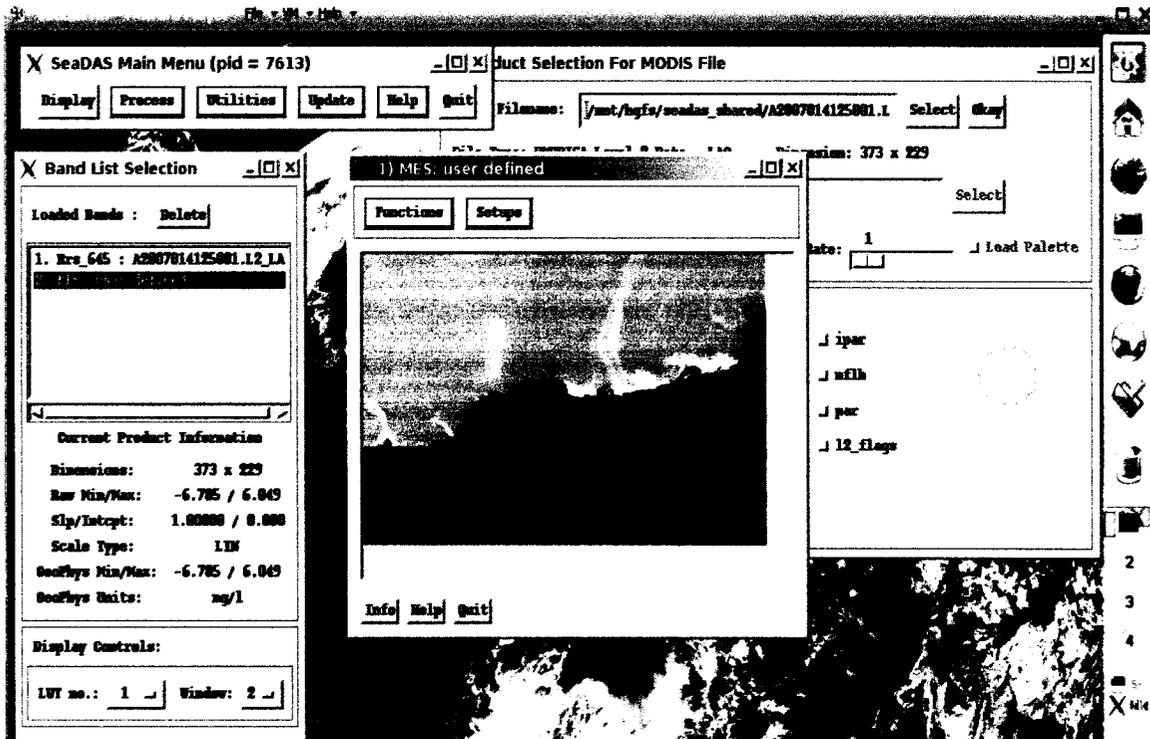
MES = matières en suspension en mg/l

Avec (b) = réflectance pour la bande 645 nm.

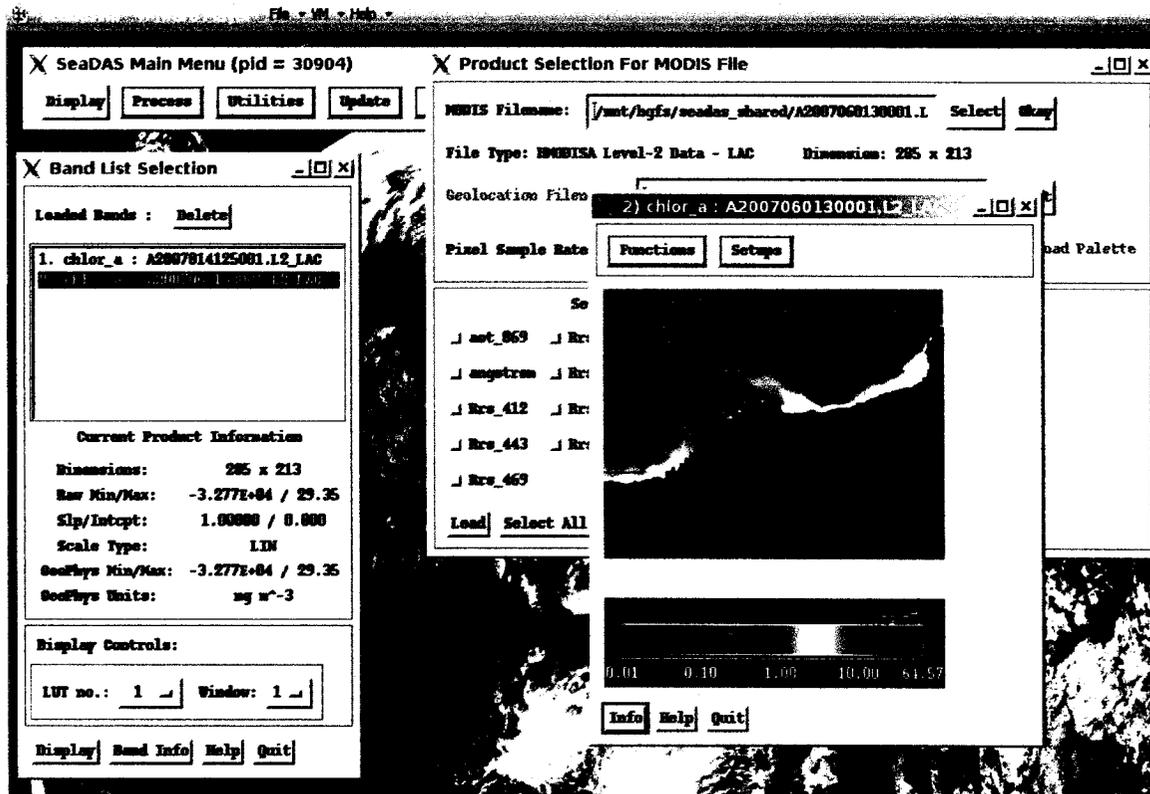
Le Menu Utilities et la fonction User Defined Operations sont utilisées, comme le montre la figure ci-dessous, pour transformer les réflectances de la bande 645 en MES.



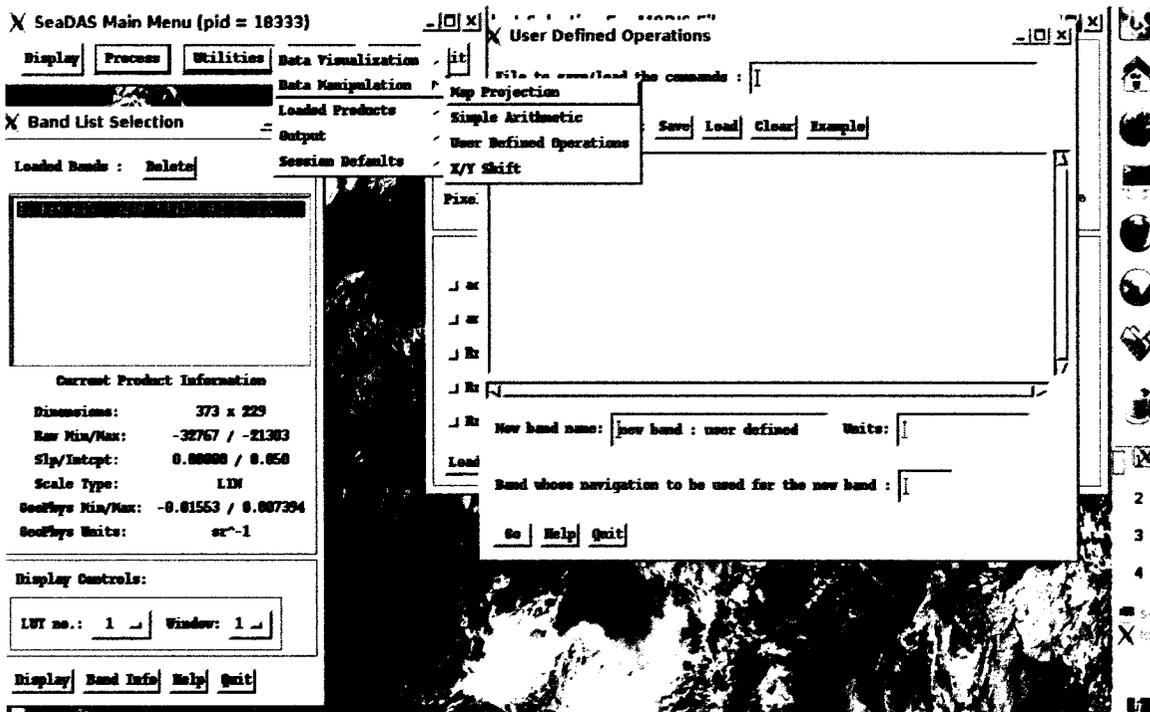
Les images Chl a et MES sont ensuite affichées par la fonction Display et cartographiées par la fonction Utilities / MAP Projection comme le montre les figures ci-dessous :



Affichage des matières en suspension



Affichage de la chlorophylle



Cartographie de la chlorophylle et des matières en suspension par la Fonction MAP Projection

Les cartes de chlorophylle et matières en suspension, obtenues après traitement, seront l'objet d'une interprétation dans le chapitre suivant.

Chapitre IV : ***Résultats et Interprétation***

Les résultats obtenus à la suite de l'analyse par SeaDAS sont les suivants :

A-Pour ce qui concerne la chlorophylle :

Les cartes suivantes, issue du traitement des images satellitaires par le SeaDAS, montrent la concentration de la chlorophylle correspondante à la zone marine côtière de Jijel.

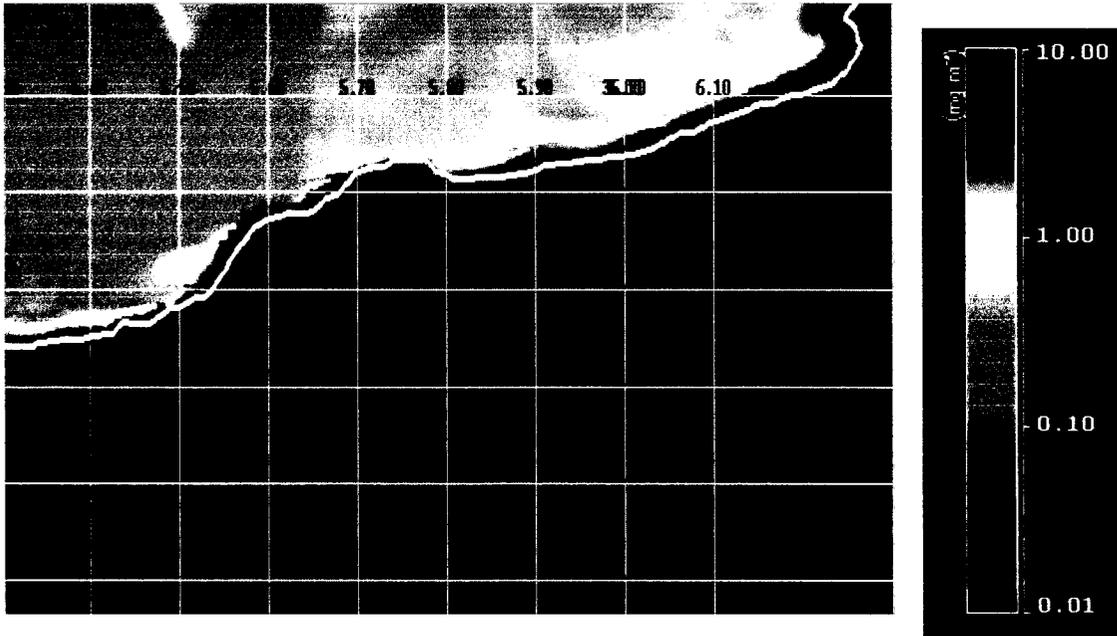
Ces cartes montrent des variations dans la concentration et la répartition de la chlorophylle à travers la zone d'étude durant la période de 12 mois de l'année 2007.

Selon les cartes, la concentration de la chlorophylle varie d'un mois à un autre, donc on observe des concentrations élevées à travers la zone côtière marine plus importantes dans la partie Est de la wilaya pendant les mois de janvier avec une répartition stable du panache chlorophyllien. La valeur minimale est égale à $0,1101 \text{ mg/m}^3$, la valeur maximale est de l'ordre de $61,1823 \text{ mg/m}^3$ et la moyenne est de $0,6926 \text{ mg/m}^3$.



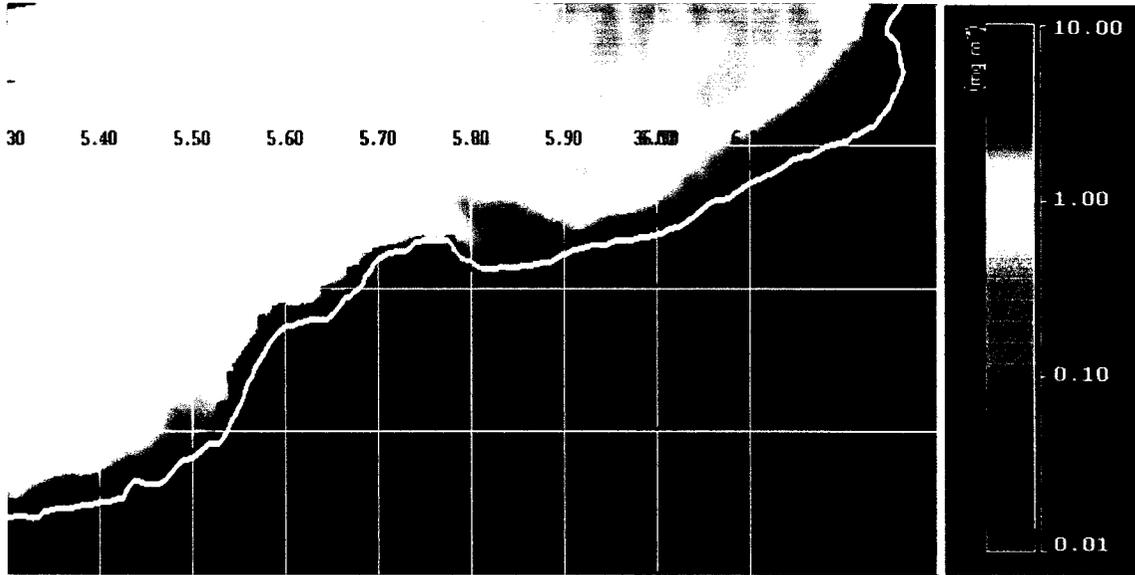
Carte de la concentration de la chlorophylle pour le mois de janvier (14 janvier)

Pour le mois de février on observe le même aspect où les fortes concentrations se trouvent plus fortement dans la partie Est et elles se limitent à la côte avec un aspect homogène dans le large par correspondant à des concentrations faibles. Dans ce mois là on remarque une valeur minimale de $0,1744 \text{ mg/m}^3$ alors que la valeur maximale est de $45,4731 \text{ mg/m}^3$ et dont la moyenne est à $0,5363 \text{ mg/m}^3$.



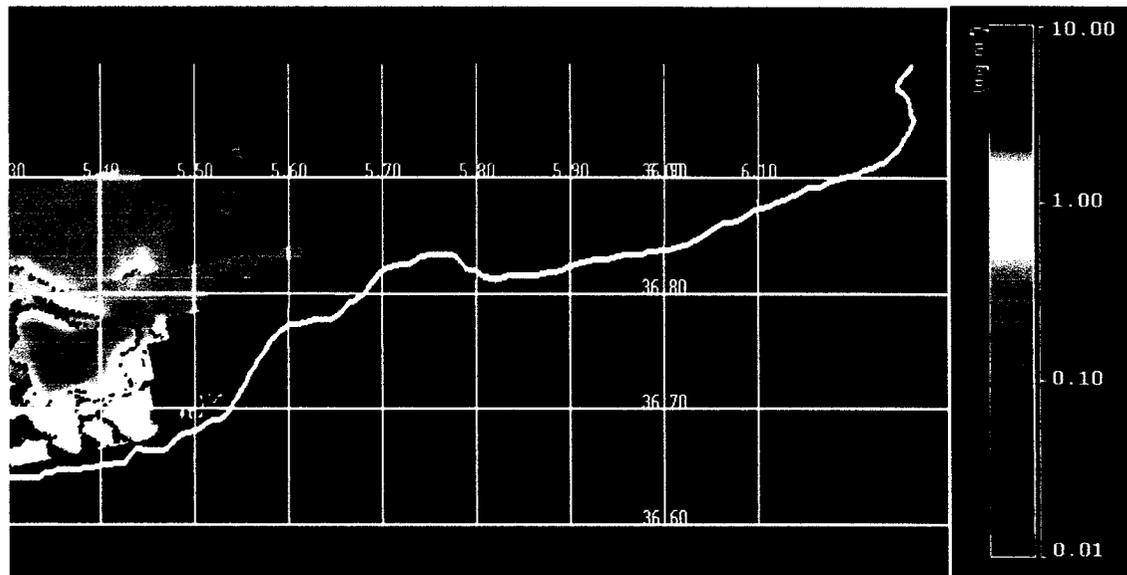
Carte de la concentration de la chlorophylle pour le mois de février (15 Février)

La carte correspondant au mois de mars indique des concentrations importantes sur la côte où on a enregistré une valeur maximale de $0,2718 \text{ mg/m}^3$ et une valeur minimale de $29,3509 \text{ mg/m}^3$ et la moyenne de $0,8380 \text{ mg/m}^3$. Les fortes concentrations sont sur la cote toujours près des estuaires des principaux cours d'eau qui sillonnent la terre de la wilaya.



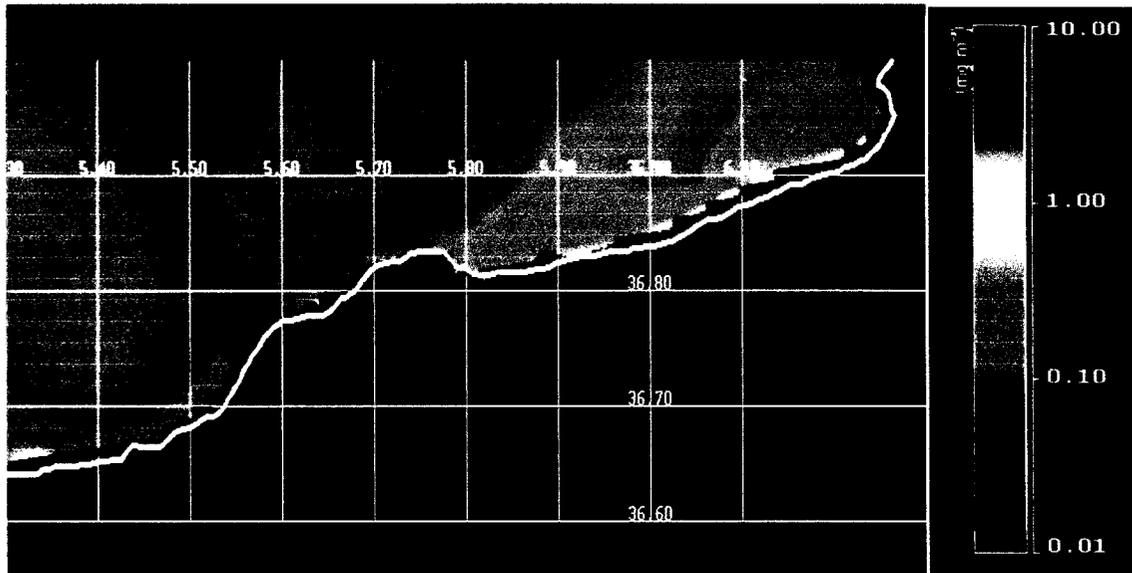
Carte de la concentration de la chlorophylle pour le mois de mars (1 mars)

Le mois d'avril est caractérisé par la focalisation de la concentration dans la zone Ouest de la région côtière de Jijel. Une moyenne de la concentration de $1,4804 \text{ mg/m}^3$, qui est la plus importante pendant toute l'année 2007, avec une valeur minimale de $0,7117 \text{ mg/m}^3$ et maximale de $55,1873 \text{ mg/m}^3$.



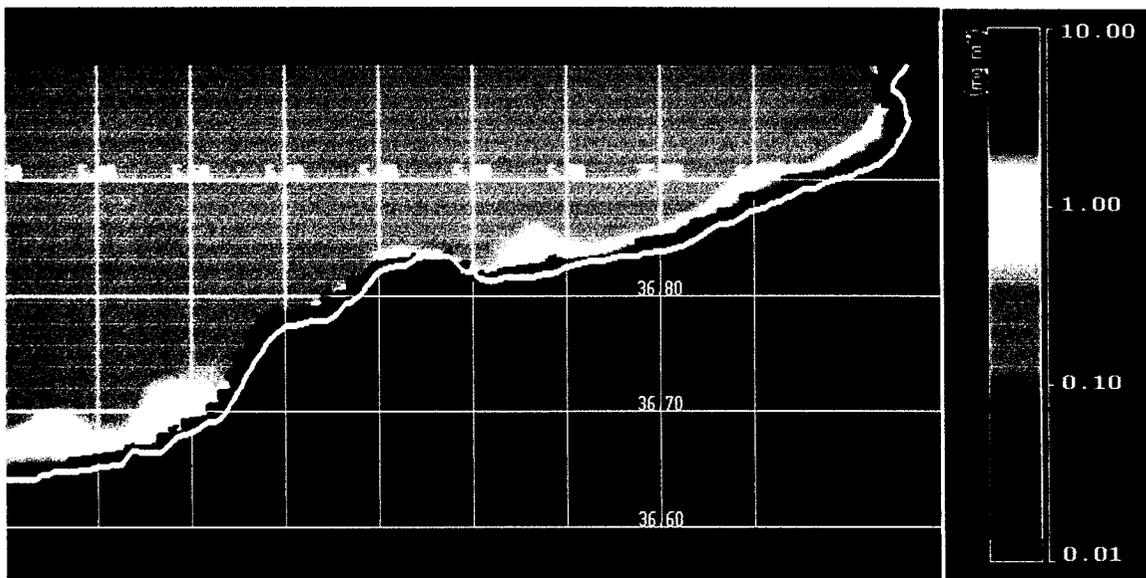
Carte de la concentration de la chlorophylle pour le mois d'avril (22 avril)

Puis pour le mois de mai on remarque des concentrations faibles de la chlorophylle et une répartition aléatoire que ce soit dans le large ou dans la côte, on a enregistré un minimum de 0,0188 mg/m³ et un maximum de 15,4411 mg/m³ et la moyenne était de 0,2447 mg/m³.



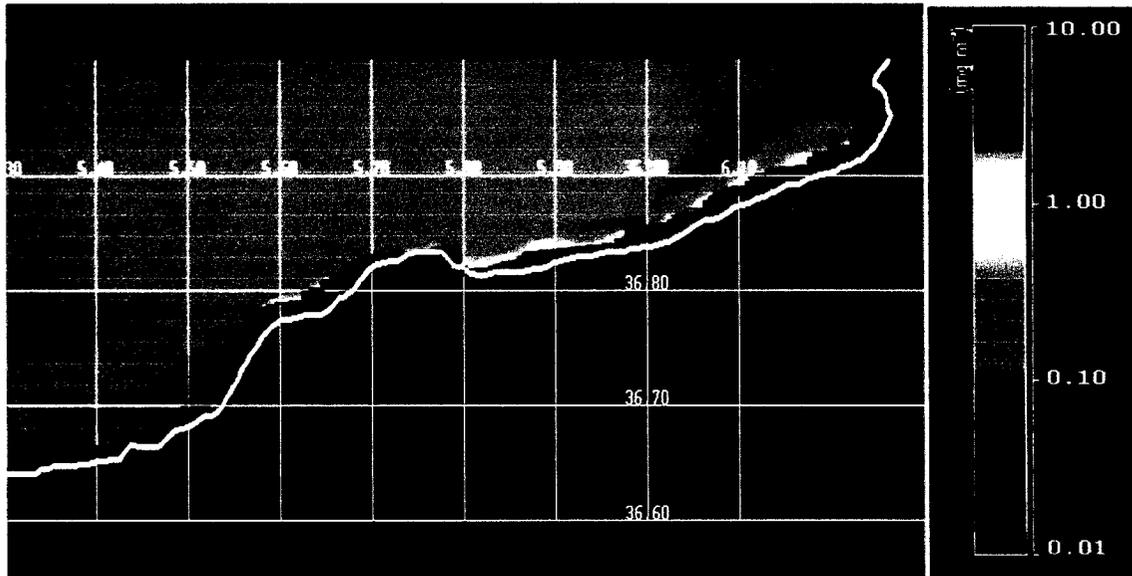
Carte de la concentration de la chlorophylle pour le mois de mai (13 mai)

La carte du mois de juin nous renseigne sur des concentrations moins importantes de la chlorophylle, la valeur minimale est 0,0141 mg/m³ et la valeur maximale est 9,8611 mg/m³ alors que la moyenne enregistrée est de 0,2249 mg/m³.



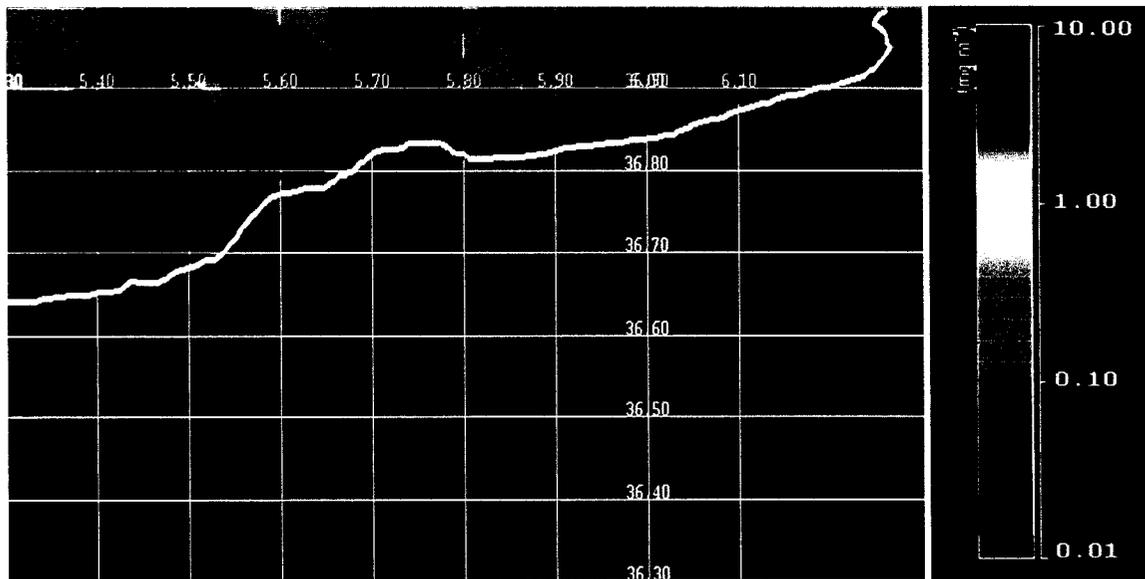
Carte de la concentration de la chlorophylle pour le mois de juin (5 juin)

En mois de juillet on enregistre une faible concentration de la chlorophylle par une moyenne de $0,1328 \text{ mg/m}^3$ dont la valeur minimale est $0,0105 \text{ mg/m}^3$ et la valeur maximale est $4,1985 \text{ mg/m}^3$ et la carte montre un aspect homogène de faibles concentrations dans toute la zone.



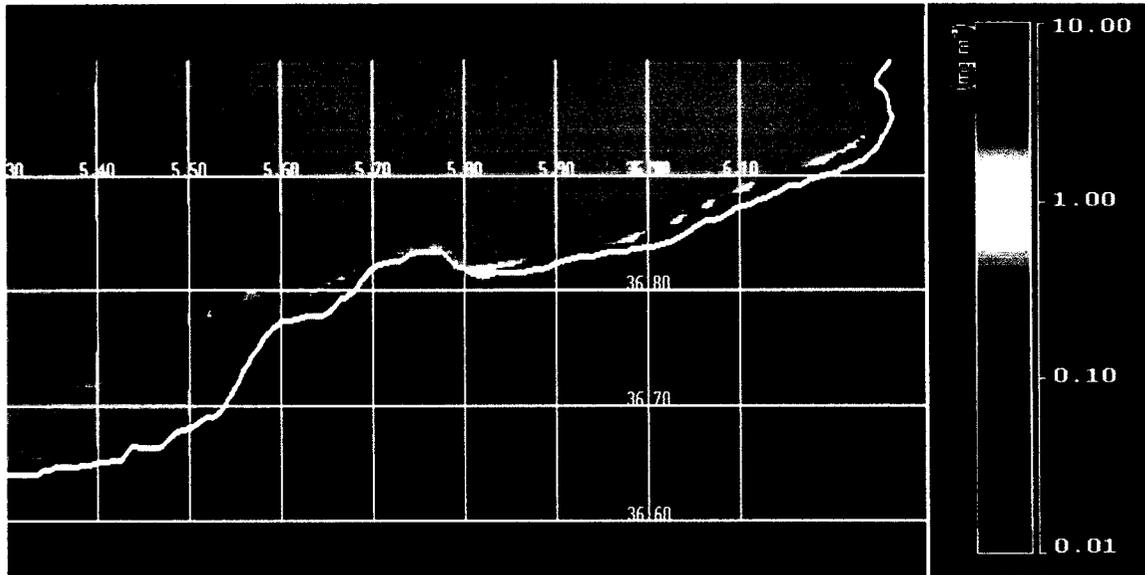
Carte de la concentration de la chlorophylle pour le mois de juillet (5juillet)

Le mois d'août selon la carte est caractérisé par de modestes concentrations de la chlorophylle où la moyenne est de $0,1477 \text{ mg/m}^3$ avec un minimum de $0,0888 \text{ mg/m}^3$ et un maximum de $0,3193 \text{ mg/m}^3$ avec des concentrations moyennes dispersées dans le large.



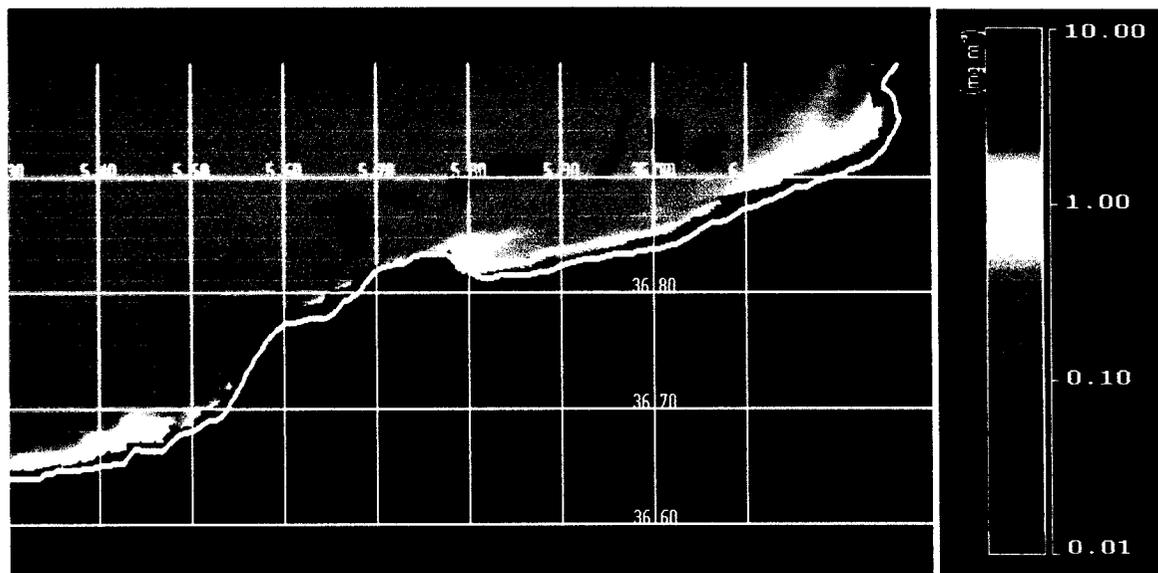
Carte de la concentration de la chlorophylle pour le mois d'août (26 août)

Pendant le mois de septembre on remarque une zone de très faible concentration dans le côté Ouest et un aspect homogène sur le côté Est. La concentration minimale enregistrée est de 0,0101 mg/m³ et celle maximale est 7,1161 mg/m³, dont la moyenne est de 0,1184 mg/m³, qui constitue la plus faible concentration de la chlorophylle pendant l'année 2007.



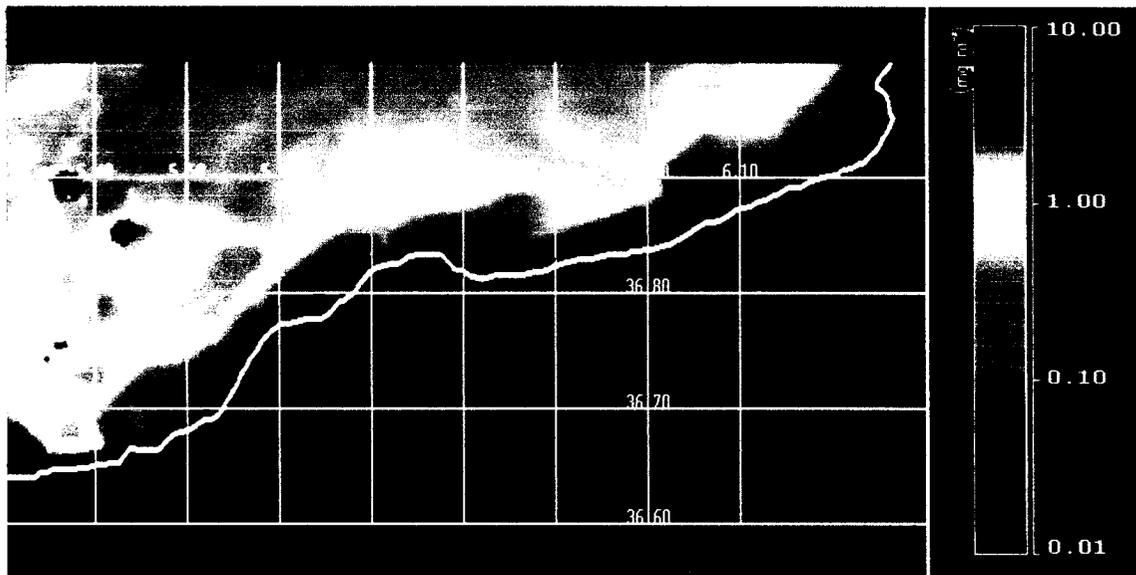
Carte de la concentration de la chlorophylle pour le mois de septembre (18 septembre)

En octobre on remarque que les concentrations redeviennent considérables à l'Est qu'à l'Ouest avec des régions de faible concentration dans les eaux du large. La moyenne enregistrée est 0,1924 mg/m³ avec un maximum de 17,2705 mg/m³ et un minimum de 0,0106 mg/m³.



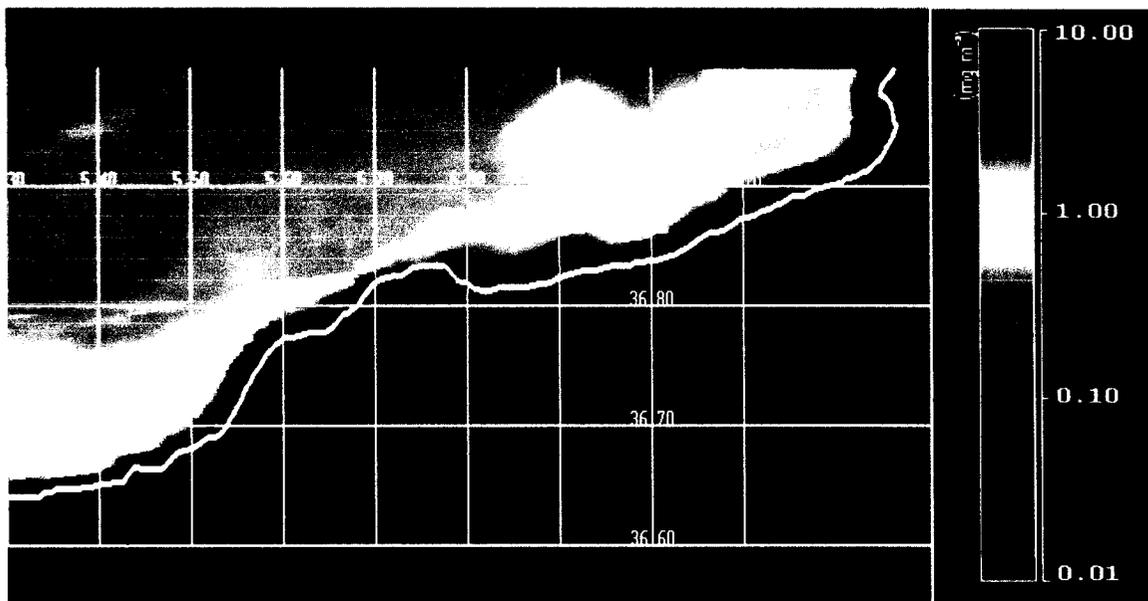
Carte de la concentration de la chlorophylle pour le mois d'octobre (15 octobre)

En novembre la concentration de la chlorophylle est importante dans toute la région marine côtière avec une répartition stable. On a enregistré un maximum de $32,0955 \text{ mg/m}^3$ et un minimum de $0,0625 \text{ mg/m}^3$ avec une moyenne de $1,0303 \text{ mg/m}^3$.



Carte de la concentration de la chlorophylle pour le mois de novembre (19 novembre)

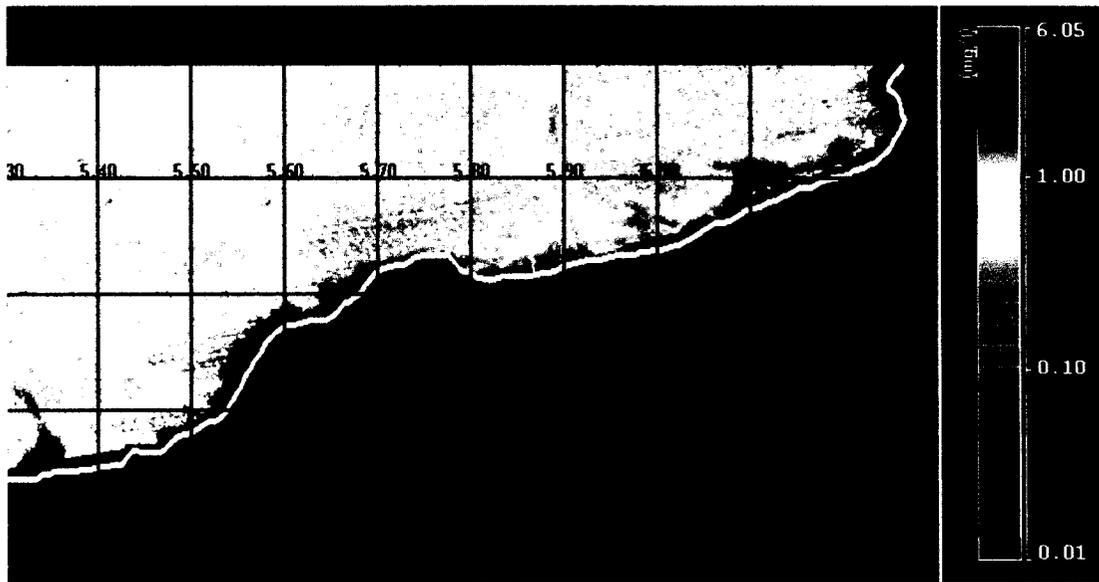
Selon la carte du mois de décembre on voit le même aspect que le mois de novembre mais avec des concentrations moins importantes. La concentration minimale est de $0,0287$ alors que la concentration maximale est de $43,6523$ où la moyenne enregistrée est de $0,7504$.



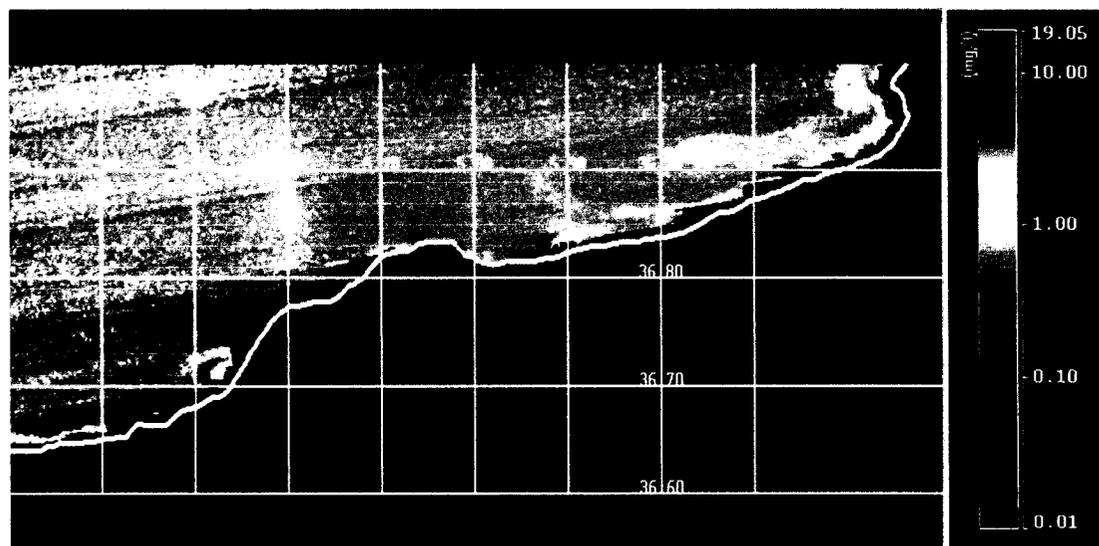
Carte de la concentration de la chlorophylle pour le mois de décembre (5 décembre)

B- Pour ce qui concerne les matières en suspension

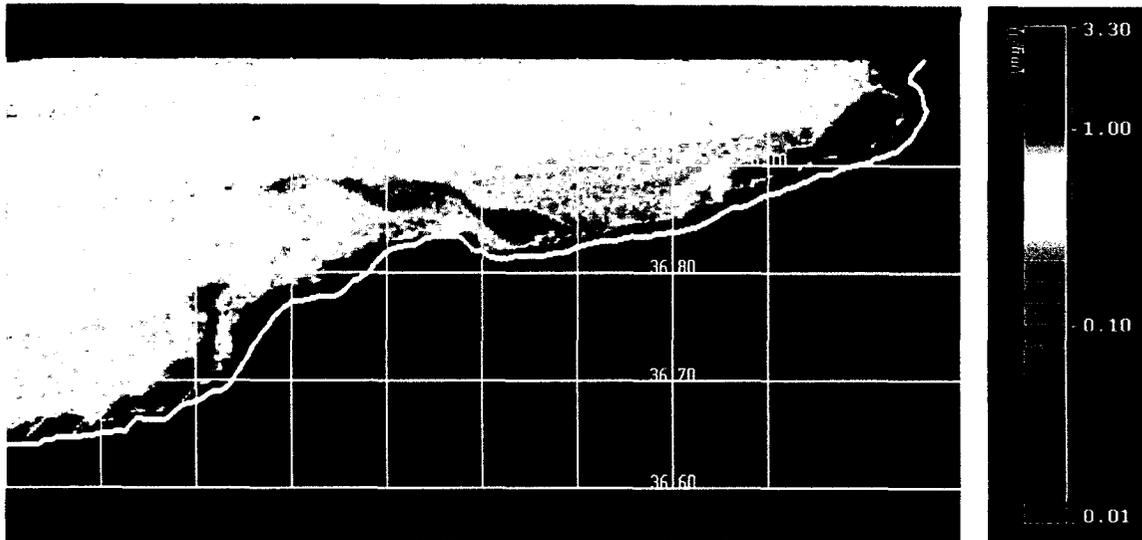
IL ressort de l'analyse temporelle pour les 12 mois de l'année 2007 que les cartes de la concentration des MES issues du traitement des images MODIS montrent une ressemblance à celles obtenues pour la chlorophylle. Le mois de janvier est caractérisé par des valeurs remarquables de la concentration des matières en suspension et le panache apparait stable et les concentrations sont localisées généralement autour des estuaires avec des panaches considérables dans le large qui sont peut être le résultat des effets combinés des vents et des courants marins et en mois de février on remarque des taux faibles dans la densité de la concentration sur la carte avec des concentrations dispersées surtout à l'Est de la zone d'étude concernée. On enregistre pour le mois de mars le retour de l'apparition des panaches des matières en suspension sur les cotés Est et Ouest de la baie de Jijel et un panache régulier dans le large avec une déviation vers l'Ouest due à l'effet éolien ou des courants marins. La concentration en mois d'avril est focalisée sur la partie Ouest de la zone d'étude avec des taux élevés et pour le mois de mai et juin, les cartes des matières en suspension montrent une répartition homogène dans le large avec des concentrations élevées et des concentrations moins fortes sur la cote avec des points de forte concentration dispersés aléatoirement. Le mois de juillet montre de faibles concentrations surtout sur la cote et une répartition homogène et stable. Les mois d'aout, septembre et octobre montrent une diminution dans les taux de matières en suspension, avec un panache de concentrations relativement faibles dans le large qui est le résultat de l'effet des vents et des courants marins, alors qu'en mois de septembre une zone de très faible concentration se localise à l'Ouest et en octobre c'est dans le coté Est qu'on l'enregistre les concentrations les plus élevées avec une répartition homogène pour le reste de la zone. En mois de novembre et décembre, les concentrations des matières en suspension réapparaissent fortement surtout à proximité de la ligne côtière et qui sont localisées plus exactement à l'Est de la zone d'étude au voisinage des estuaires qui constituent toujours la source principale des différentes particules terrigènes.



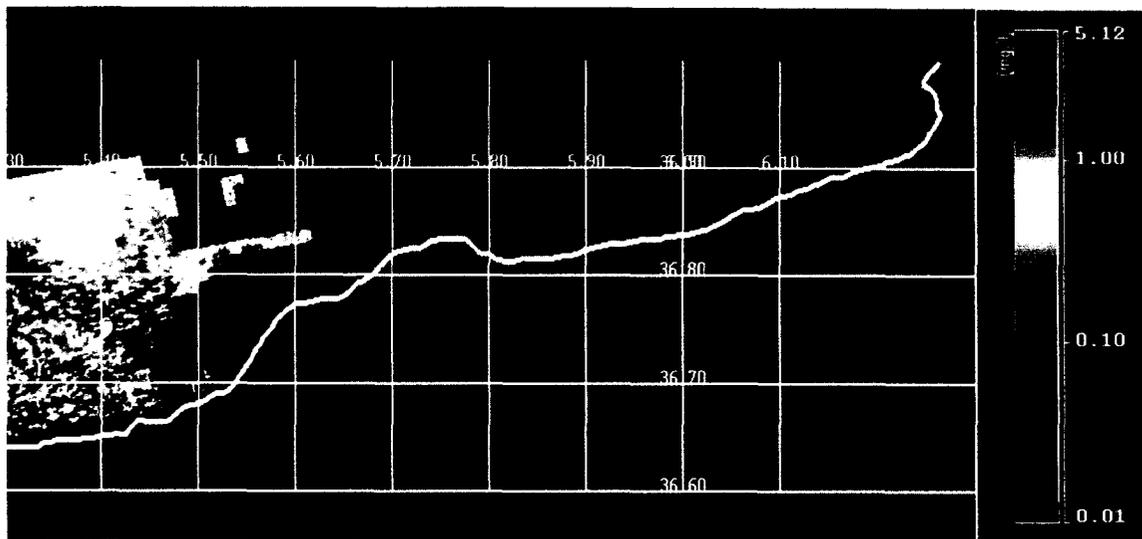
Carte MES établie pour le 14 janvier.



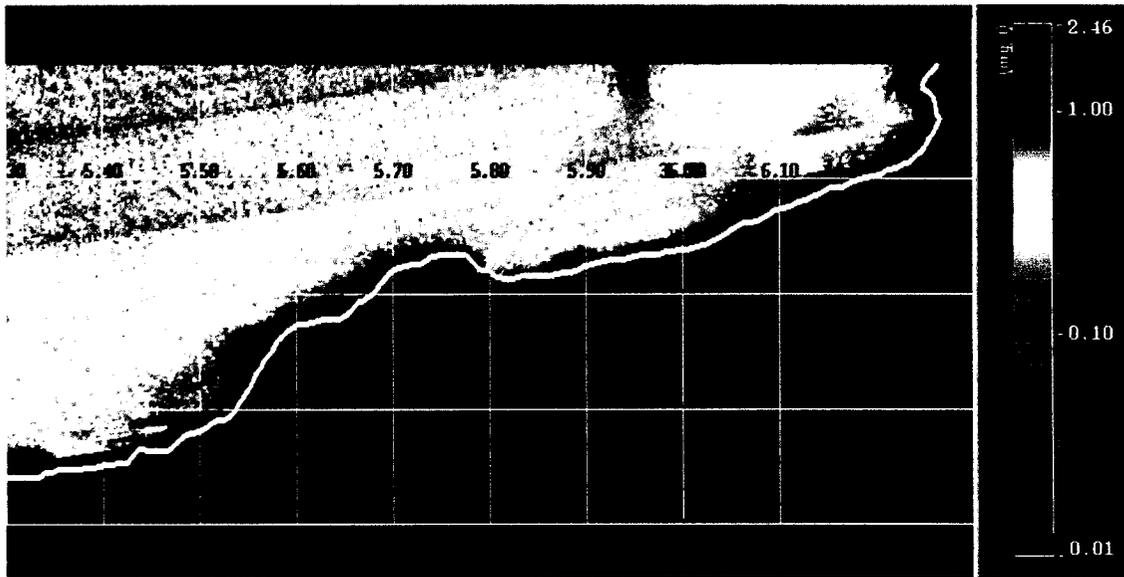
Carte MES établie pour le 15 février.



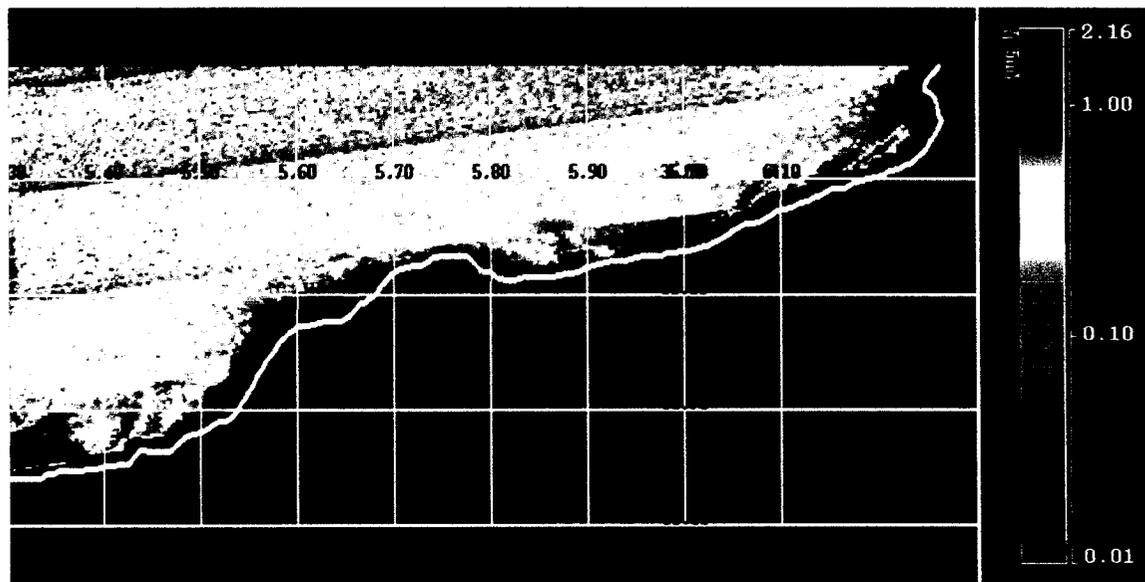
Carte MES établie pour le 1 mars.



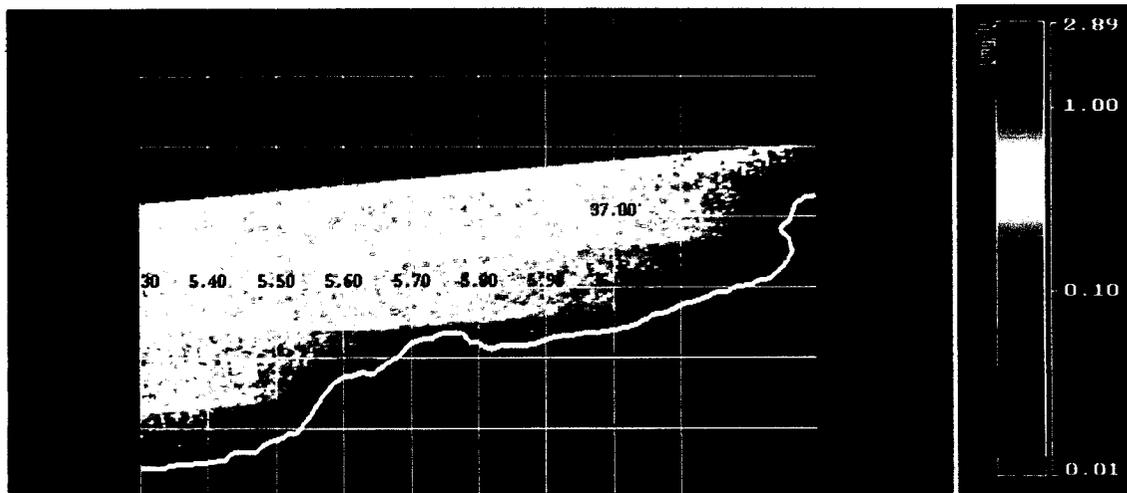
Carte MES établie pour le 22 avril.



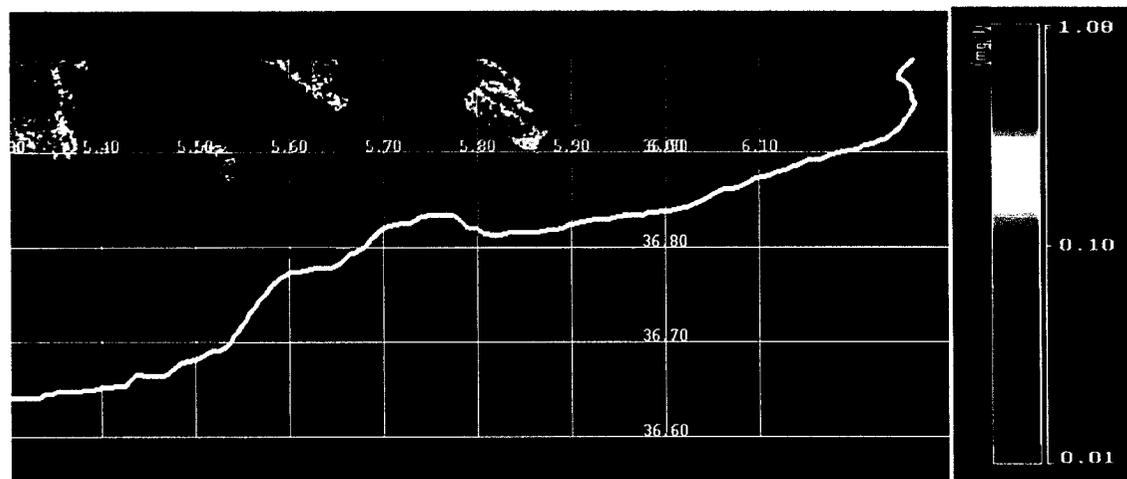
Carte MES établie pour le 13 mai.



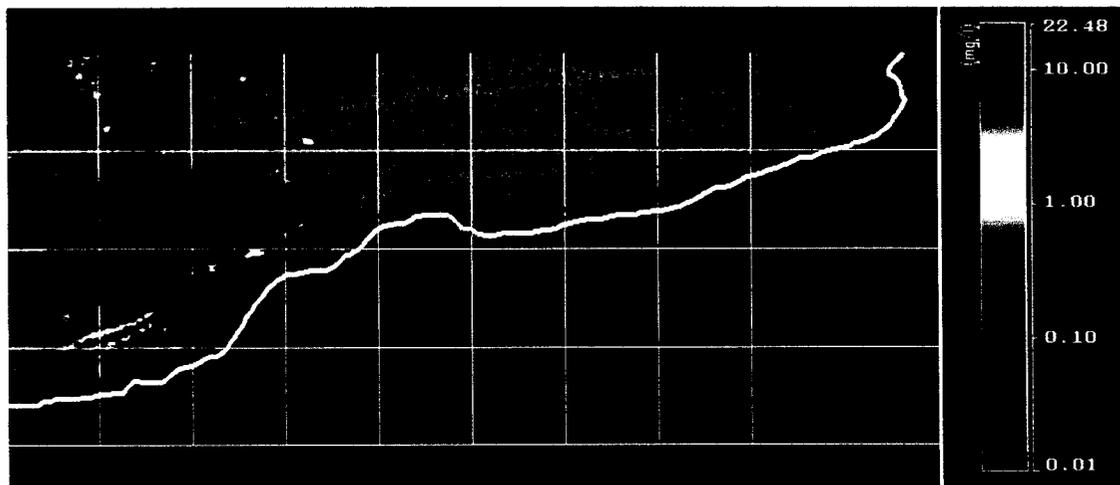
Carte MES établie pour le 5 juin.



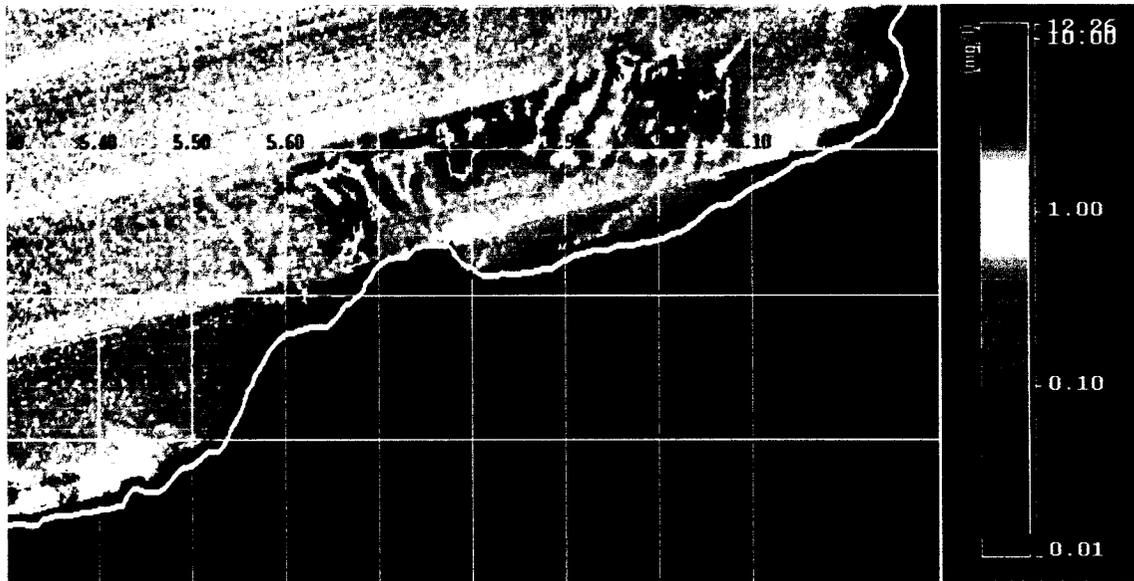
Carte MES établie pour le 5 juillet.



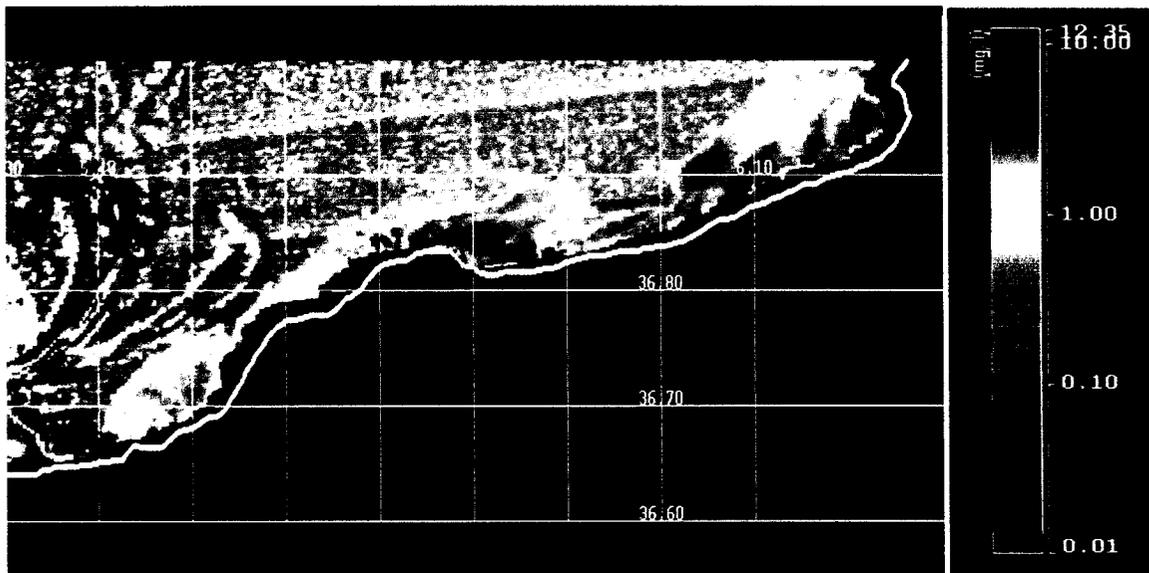
Carte MES établie pour le 26 août.



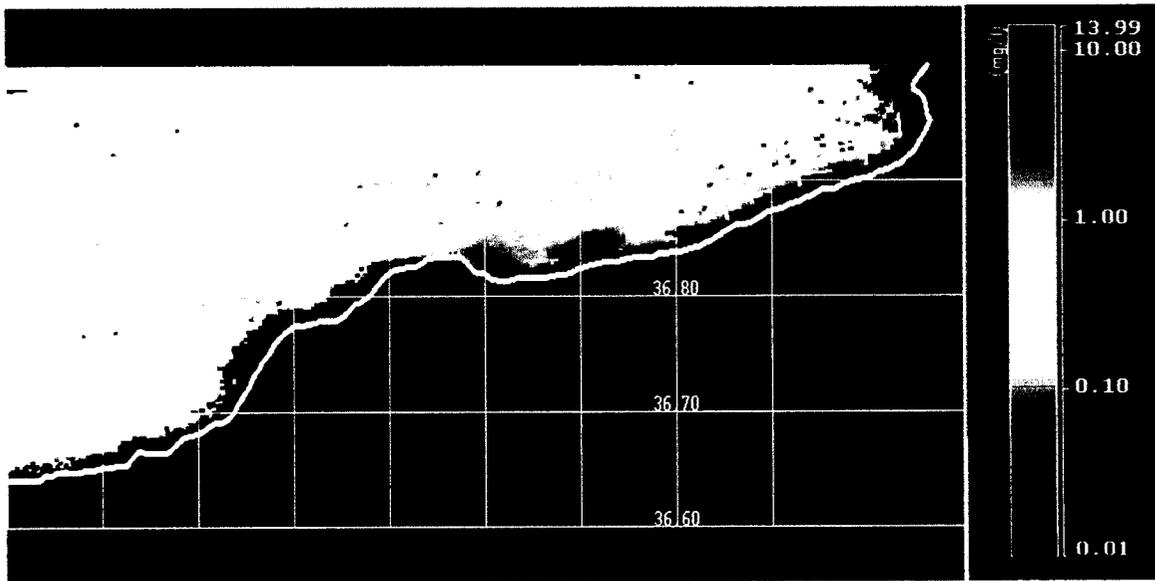
Carte MES établie pour le 18 septembre.



Carte MES établie pour le 15 octobre.



Carte MES établie pour le 19 novembre.



Carte MES établie pour le 5 décembre.

C- Pour ce qui concerne la relation chlorophylle et matières en suspension MES, à partir des moyennes des précipitations, MES et chl a (tableau 08), on a pu établir le diagramme qui montre l'évolution des trois paramètres (figure 07).

Tableau N° 08: Moyennes de précipitations, MES et Chl a

Mois	précipitations en [mm] (%)	Moyenne MES (mg /l)	Moyenne chl a (mg/m ³)
14 Janvier	0,1 23	0,6331	0,6926
15 Février	0,745	0,6224	0,5363
1 Mars	2,685	0,5744	0,8380
22 Avril	0,706	0,8589	1,4804
13 Mai	0,144	0,5217	0,2447
5 Juin	0,264	0,4965	0,2249
5 Juillet	0,033	0,3312	0,1328
26 Aout	0,048	0,4327	0,1477
18 sept	0,708	0,4285	0,1184
15 Octobre	1,429	0,5532	0,1924
19 Novembre	2,914	0,7770	1,0303
5 Décembre	2,113	0,6733	0,7504

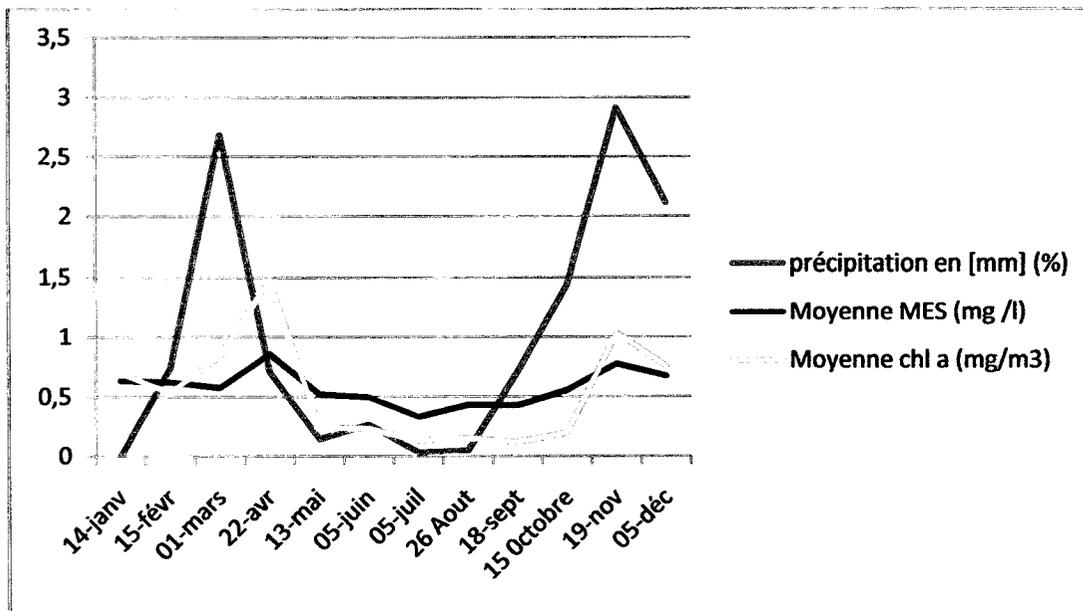


Fig. 07: Evolution mensuelle de la chlorophylle, des matières en suspension et des précipitations dans la zone côtière marine de Jijel.

Ce diagramme montre une concordance dans l'évolution des trois paramètres qui évoluent de la même manière.

conclusion

Conclusion

L'objectif de cette étude était l'estimation de la concentration de la chlorophylle et des matières en suspension dans la zone marine côtière de Jijel à partir des images satellitaires.

Les résultats obtenus montrent des valeurs normales pour une région faisant partie de la Méditerranée étant donné que les valeurs observées que ce soit pour la chlorophylle ou les matières en suspension sont équivalentes à celles observées par des travaux précédents pour la région méditerranéenne. Le présent travail montre donc qu'il n'y a pas de raison de s'inquiéter quant à l'état de salubrité de la Baie de Jijel et les organismes qui y vivent puisque les concentrations moyennes des matières en suspension qui constituent un bon indice de la turbidité et de la pollution marine ne dépassent pas les normes pour la mer. Par ailleurs certaines valeurs enregistrées notamment pour la période hivernales sont paraissent être relativement élevées et qui peuvent être dues à un apport fluvial important en matières en suspension, mais ceci ne se pourrait pas se généraliser pour le reste des saisons où les précipitations sont moins intenses.

Cette étude montre également un lien direct et une corrélation positive entre les précipitations, matières en suspension et chlorophylle. Ceci paraît entièrement normal étant donné qu'un apport de nutriments par les rivières pourrait provoquer une prolifération du phytoplancton. Cette étude reste quand même comme sommaire puisqu'elle nécessite d'être complétée par un autre travail qui pourrait aboutir à une détermination des différents types de matières en suspension (organique, minérales, substances jaunes ou matières colorées ou plancton vivant). Les concentrations de la chlorophylle et des matières en suspension ne sont pas dans la hauteur où elles indiquent une pollution évidente de la zone marine côtière de Jijel mais elles peuvent constituer un indice de prévention et de surveillance de la zone contre toute forme de pollution à travers le suivi de paramètres qui servent comme des indicateurs de l'état de santé de la mer comme la chlorophylle et d'autres indicateurs.

Et enfin on ne doit pas oublier de signaler le rôle important et l'intérêt de la télédétection dans cette étude, car elle constitue un élément très utile pour l'acquisition des informations concernant des études de suivi sur une échelle spatiotemporelle vaste et sa particularité d'être à cheval sur plusieurs domaines, en effet l'utilisation de cette discipline qui s'appuie sur l'utilisation d'un système d'information géographique, aide au suivi permanent des écosystèmes et à la prise de décision en vue de les prévenir et de les conserver du phénomène de pollution.

Références

Bibliographiques

Aminot A et Kérouel R. (2004), Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Edition Ifremer, France, 336 P.

Bachari Houma F. (2009). Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Université du VAL DE MARNE PARIS XII. 274p.

Biju-Duval B et Savoye B. (2001). Océanologie, DUNOD, 2^{ème} Ed, Paris. 232p.

BONN, F. et G. ROCHON (1996). "Précis de télédétection", volume 2, Applications Thématiques, Presses de l'Université du Québec, AUPELF, 633 pages.

Chenniti R. (2010). Utilisation des bioindicateurs dans l'évaluation de pollution dans le littoral jijelien, Thèse de Master, université de Jijel. Pp 29-39.

Hervé R et Tabeaud M. (1999). Océanographie, ARMAND COLIN, Paris. 96p.

Ivanoff A.(1975). Introduction à l'océanographie : Propriétés physiques et chimiques des eaux de mer, Librairie Vuibert, Tome 2, Paris. 338 p.

Kratbi A. (2009). Mise en place de réseaux de surveillance Environnementaux de la zone marine côtière de Taza (wilaya de Jijel), Thèse d'ingénieur, Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral. Algérie. Pp 02.

Lefèvre-Balleydier. (2006). Petit Atlas des mers et océans, LAROUSSE, 2^{ème} Ed, France. 128p.

Ramade F. (2008). Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité, DUNOD, Paris. Pp 362.

Ramade F. (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions, EDISCIENCE International, Paris. Pp 431-432.

Ramade F. (2003). Pollution: les principales causes de pollution. In: Encyclopedia Universalis, France.

Roland Vilaginès, (2003). EAU, Environnement et Santé publique, 2^{ème}Ed, Tec et Doc, 2003 - 198 p.

Steinber J. (2003). Cartographie (système d'information géographique et télédétection), ARMAND COLIN, paris. 160p.

Triskati B, Budhiman P and Budhiman S.(2005). Study of MODIS-Aqua data for mapping total suspended matter in coastal waters. Remote sensing and Earth Sciences. Septembre 2005. Vol 2.

Verger F. (1996). La télédétection des domaines littoraux, In Précis de télédétection, Bonn, F. AUPELF, Canada. Pp 327-328.

Les sites internet

(URL: http://nteap.nilebasin.org/nrak/F_NRAK/EO/html/1_remote_sensing_basics.html)

URL : <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>)

(URL: <http://aqua.nasa.gov/index.php>).

Présenté par : Boutaghou Lamia

Encadreur : M. Boudjelal Ferhat

Djeha Mohamed Ettaher

Date de soutenance : 04/07/2010

Thème :

Estimation de la concentration en chlorophylle et en matières en suspension de la zone côtière de Jijel à partir d'images satellitaires

Résumé

La télédétection est considérée parmi les technologies récentes et avantageuses utilisées dans la surveillance de divers écosystèmes naturels car elle offre des informations à haute fréquence dans le temps et dans l'espace à de bas frais.

Notre étude vise à contrôler le niveau de santé de la zone marine côtière de Jijel vis-à-vis des pollutions éventuelles qui peuvent toucher l'écosystème marin par estimation de la concentration de la chlorophylle et des matières en suspension dans les eaux qui peuvent nous aider à reconnaître l'état de santé de la bande côtière Jijelienne via l'analyse d'images satellitaires.

Mots clés : télédétection, la zone marine côtière de Jijel, la chlorophylle, les matières en suspension, les images satellitaires.

ملخص

تعتبر تقنية الاستشعار عن بعد من التكنولوجيات الحديثة المفيدة و المستعملة في مراقبة الأنظمة الطبيعية على اختلاف أنواعها و ذلك لكم المعبر من المعلومات التي توفرها زيادة على الوقت و التكاليف.

و تهدف هذه الدراسة إلى مراقبة مدى سلامة المنطقة الساحلية لولاية جيجل من أنواع التلوث التي قد تمس بالنظام البيئي البحري و ذلك من خلال تقييم نسبة تركيز مادة اليخضور و المواد العالقة في المياه و التي تساعدنا في معرفة الحالة الصحية للشريط الساحلي لولاية جيجل و ذلك من خلال تحليلنا لصور الأقمار الصناعية.

الكلمات المفتاحية: تقنية الاستشعار عن بعد، المنطقة الساحلية لولاية جيجل، مادة اليخضور، المواد العالقة، صور الأقمار الصناعية.

Abstract

The remote sensing is considered among the recent and advantageous technologies used in the surveillance of various natural ecosystems because it offers some information to high frequency in the time and in the space at low cost.

Our survey aims to control the level of health of the inshore marine zone of the wilaya of Jijel opposite the possible pollutions that can touch the marine ecosystem by evaluation of the chlorophyll concentration and matters in suspension in the waters that can help us to recognize the state of health of the strip inshore Jijelienne via the analysis of satellite pictures.

Key words: remote sensing, the inshore marine zone of Jijel, the chlorophyll, matters in suspension, the satellite pictures.