

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de Jijel

Faculté des sciences exactes
et sciences de la nature et de
la vie

Département biologie
végétale et animale



جامعة جيجل
كلية العلوم الدقيقة
و علوم الطبيعة و الحياة
قسم البيولوجيا
النباتية و الحيوانية

جامعة محمد الصديق بن يحيى
كلية علوم الطبيعة و الحياة
المكتبة
رقم الجرد : 1.949

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme : Master 2

Option : Toxicologie de l'environnement

Thème

Estimation des matières en suspension dans la zone marine côtière
de Jijel à partir des images satellitaires.

Président : Sabti M.

Examineur : Belbacha S.

Encadreur: Boudejral F.



Préparé par:

*Arzim Leila.

*Bousfat Ridha.

Session: Juin 2012

REMERCIEMENTS

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

Nos sincères remerciements et gratitude vont à Monsieur « Boudjelal Ferhat » pour nous avoir donné une telle occasion pour faire cette recherche et qui à été un test à notre culture scientifique et nos connaissances personnelles et dont, sans ses directives on ne pourrait faire réaliser cette recherche ni s'introduire profondément dans le monde de biologie.

Nous tenons à remercier également les membres de jury « Sebti Mohammed » et « Belbacha Saïd » pour avoir juger de la qualité de ce travail et nous honorer de leur présence .

En fin nous offrons nos remerciements et respects à tous ceux qui ont contribué même partiellement à la réalisation de ce travail.

Merci à dieu ,qui nous a donner la force de ce travail dans les bonne conditions .

« Merci à tous »

Ridha et Leila

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A mes très chers parents pour leurs dévouements,
leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements.
Que ce travail soit, pour eux, un faible témoignage de
ma profonde affection et tendresse.*

A mes frères

A ma sœur

*A toute ma famille et à tous mes chers amis
Chacun par son nom.*

*Je tiens également à associer à cette œuvre tous
mes collègues de toxicologie de l'environnement
promotion 2012 que j'ai eu le plaisir de côtoyer
pendant cette période de formation.*

RIDHA

Dédicace

Dédier ce humble travail

***A ma signifiante chère "NADJAH", dont je reconnais à ces grands efforts déployés durant tout le long de son accompagnement dans ma carrière d'éducation ainsi qu'à son poussin "Rouba".**

***A ma chère mère, ma chère sœur et chers frères.**

***Aux maris de mes sœurs et femmes de mes frères.**

***A mes amies du prés et ceux lointains.**

***A mes enseignants du département de Biologie.**

Leila

TABLE DES MATIÈRES

Introduction.....	1
Chapitre I: Propriétés de l'eau de mer	
I.1. Les propriétés biologiques de l'eau de mer.....	4
I.1.1. Le plancton	4
I.1.2. Le necton	5
I.1.3. Le benthos	5
I.2. Les propriétés physico-chimiques de l'eau de mer.....	5
I.2.1. Les sels et les gaz dissous	5
I.2.2. La salinité.....	6
I.2.3. La température	6
I.2.4. La conductivité	6
I.2.5. Le potentiel d'hydrogène (pH)	6
I.2.6. La densité	7
I.3. Les propriétés optiques des eaux de mer.....	7
I.3.1. Les propriétés optiques de l'eau de mer pure	7
I.3.1.1. L'indice de réfraction	7
I.3.1.2. L'absorption et diffusion	7
I.3.1.3. L'atténuation	8
I.3.2. Les propriétés optiques des eaux côtières contenant des matières en suspension	8
I.3.3. Impact de la pollution par les MES	10

Chapitre II: Observation de la mer par la télédétection

II.1. Définition	11
II.2. Les étapes de la télédétection	11
II.3. Le spectre visible	12
II.4. Les capteurs de la couleur de l'eau	13
II.4.1. Le capteur SeaWiFS.....	13
II.4.2. Le capteur MODIS	14

Chapitre III: Présentation de la zone D'étude

III.1. Localisation de la zone d'étude.....	16
III.1.1. Les caractéristiques climatiques de la wilaya	16
III.1.1.1. La pluviométrie	16
III.1.1.2. La direction des vents dominants.....	17
III.1.1.3. L'hydrographie de Jijel	18

Chapitre IV: Matériels et Méthodes

IV.1. Matériels.....	19
IV.1.1. Les images MODIS	19
IV.1.2. Logiciel SeaDAS (Sea Data Analysis System)	19
IV.2. Méthodes	19
IV.2.1. Méthode de téléchargement des images MODIS.....	19
IV.2.2. Méthode de traitement des images MODIS par SeaDAS.....	23

Chapitre V: Résultats et Interprétation

V.1. Dynamique interannuelle des matières en suspension et de la chlorophylle	28
V.2. Dynamique annuelle des matières en suspension et de la chlorophylle.....	30
V.3. Variation temporelle de la concentration des MES et de la chla en fonction des précipitations	35

Conclusion.....	38
Références bibliographiques.....	39

LISTES DES ABRÉVIATIONS

CCT : Centre Canadien de la Télédétection.

CDOM : Matière organique dissoute colorée.

Chl a : Chlorophylle *a*.

DHW : Direction de l'Hydraulique de la Wilaya.

HDF : Hierarchic Data Format.

IDL : Interactive Data Language.

MES : Matière en suspension.

MERIS : Medium Resolution Imaging Spectrometer.

MOD : Matières organiques dissoutes.

MODIS : Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

MPS : Matières particulaires en suspension.

NASA : National Aeronautics and Space Administration.

NTU : Nephelometric Turbidity Unit.

ONM : Office National de la Météorologie.

R : Coefficient de détermination.

r : Coefficient de corrélation.

SDAT : Schéma Directeur de l'Aménagement Touristique.

Sea DAS : Sea Data Analysis System.

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

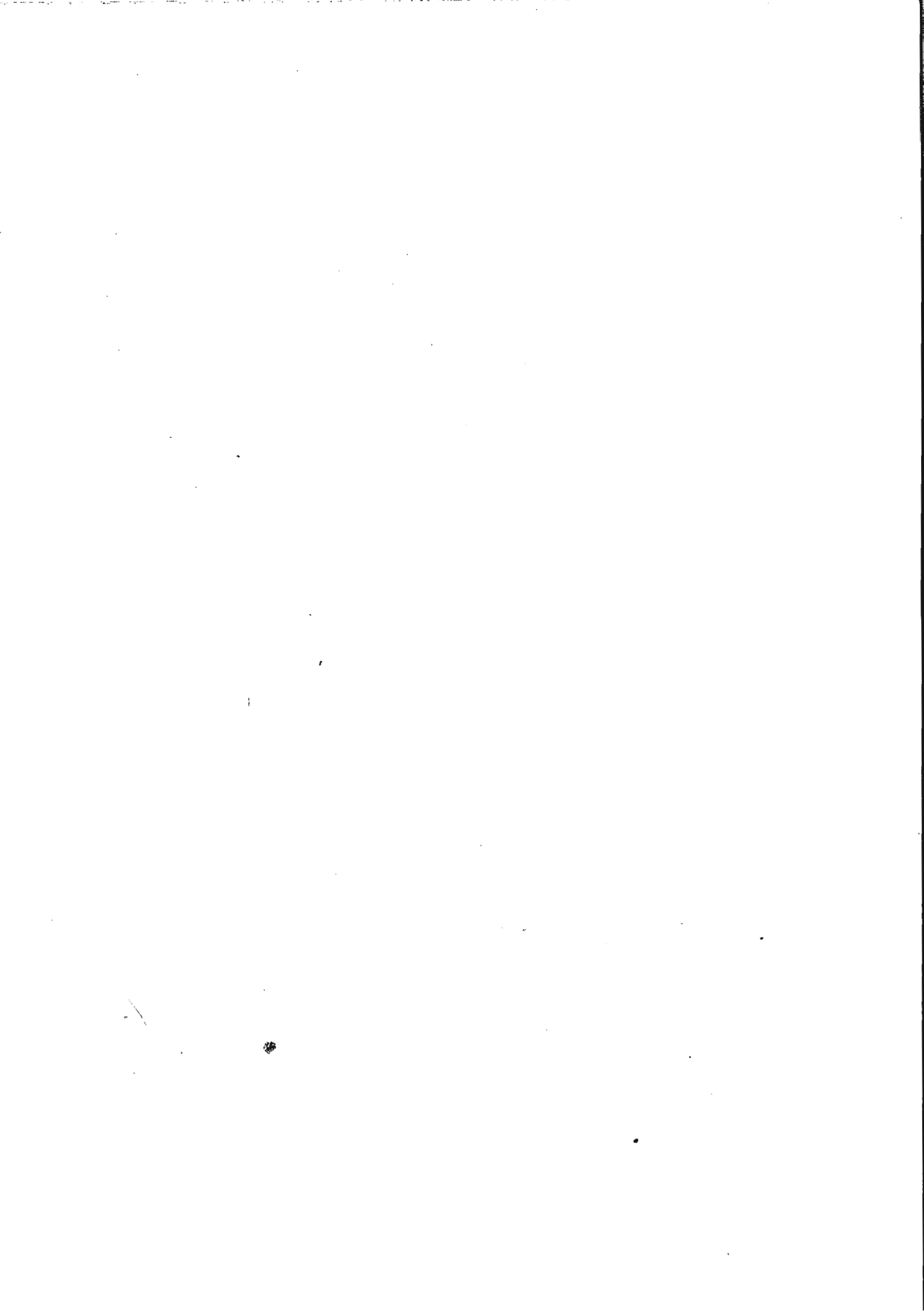
T C : Table de couleur.

UV : Ultraviolet.

(λ) : Longueur d'onde.

LISTE DES TABLEAUX

N° du tableau	Titre	Page
Tableau 01	Composants majeurs de l'eau de la mer	05
Tableau 02	Couleur de l'eau en fonction des particules présentes	13
Tableau 03	Bandes de Sea WIFS et leur utilisation	14
Tableau 04	Bandes spectrales du capteur MODIS	15
Tableau 05	Cumul mensuel des précipitations	17
Tableau 06	Concentration moyenne des MES (série interannuelle)	29
Tableau 07	Concentration moyenne du chl a (série interannuelle)	30
Tableau 08	Concentration moyenne des MES (série annuelle)	31
Tableau 09	Concentration moyenne du chl a (série annuelle)	34
Tableau 10	Pourcentage des précipitations, MES et chl a	34



Introduction

L'eau de la zone côtière est la partie de la mer la plus importante du point de vue ressources nutritives et une partie majeure des ressources économiques (tourisme, pêche, activités portuaires), en provient. C'est aussi un lieu où se concentre une large partie des activités humaines liées à la mer. De plus, la zone côtière est la plus soumise aux agressions de pollutions de différentes natures car la majorité de la population des pays riverains de la Méditerranée est située près des côtes, notamment les grandes villes. C'est aussi le réceptacle des rejets urbains, industriels et agricoles transportés vers leur destination ultime par des émissaires ou les fleuves ou encore, de façon diffuse par percolation dans les sols de la frange littorale. Par ailleurs, les eaux douces ou saumâtres apportées par les fleuves sont riches en éléments nutritifs et favorisent la productivité primaire bactérienne et algale (phytoplancton), qui a un effet sur la productivité du zooplancton et les espèces commerciales (poissons et crustacées). La plupart des eaux côtières constitue ainsi une ressource importante pour la pêche (**Froidefond et Doxaran, 2004**). En même temps, l'humanité a pris conscience de la fragilité de cet environnement, d'autant plus que les ressources biologiques sont souvent menacées.

Le contrôle de la qualité des eaux côtières est fondé naturellement et traditionnellement sur des mesures et des prélèvements in situ, et la quantification de la pollution de la zone côtière, qui était effectuée il y'a une dizaine d'années par des méthodes physico chimiques, est orientée, ces derniers temps, vers des méthodes optiques fondées sur la mesure de la couleur de la mer (**Wong et al., 2008**). Cette "Couleur de l'Océan" prend en compte les variations spectrales de la lumière diffusée par la couche supérieure de la surface des mers, et donc varie d'un bleu profond en eaux pures, à des verts sombres dans les eaux riches en phytoplancton ou à des verts "laiteux" dans les eaux riches en sédiments.

Des images satellitaires étalonnées à partir des données mesurées in situ fournissent une information quantitative et continue sur la couleur de l'océan et l'écosystème aquatique et peuvent être employées pour estimer, avec approximation raisonnable, les facteurs affectant la qualité des eaux côtières. L'utilisation des méthodes optiques et de la télédétection peut avantageusement remplacer les méthodes traditionnelles longues et coûteuses pour la surveillance de la qualité des eaux (**Bonn et Rochon, 1996**). Cet avantage des images de télédétection a fortement incité les scientifiques à opter pour ces techniques. La couleur de la mer dépend essentiellement des propriétés optiques des eaux elles-mêmes mais aussi de leur

Chapitre I: Propriétés de l'eau de mer

Le terme des mers désigne les étendues salées, on distingue habituellement les mers ouvertes, les mers fermées et les mers intérieures, une mer intérieure est intracontinentale, une mer fermée est en communication avec l'océan comme la Méditerranée, une mer ouverte communique largement avec l'océan. La mer représente 70% de la surface du globe terrestre, elle joue un rôle très important dans la régulation de la température, les échanges atmosphériques (O₂, CO₂), origine de précipitations (évaporation). L'homme utilise les mers pour la pêche, le transport maritime, le tourisme et l'exploitation pétrolière. La mer est enfin l'exutoire de la majorité des cours d'eau (fleuves) et donc des résidus de l'activité humaine (**Lacaz, 1993**). Les propriétés de l'eau de mer dépendent de ses caractéristiques biologiques, physicochimiques et optiques que nous devons présenter brièvement ici afin de faciliter plus tard l'interprétation des résultats.

I.1. Propriétés biologiques de l'eau de mer

La mer est peuplée par de nombreuses espèces animales et végétales et qui peuvent mener, selon l'espèce, une vie planctonique, nectonique ou benthique.

I.1.1. Le plancton

C'est des organismes vivants qui flottent passivement au sein des eaux et dont les mouvements sont insuffisants pour s'opposer aux mouvements propres de la masse liquide (**Balvay, 1994**).

Le plancton est l'ensemble des organismes vivant en pleine eau et se laissant porter par les courants, ses organismes sont généralement transparents, mais ils peuvent aussi paraître d'un bleu intense, qui les rend indiscernables des eaux où ils évoluent, ou encore se fondent dans les couleurs des grandes profondeurs, optant alors pour un brun ou une teinte de rouge, rassemblant 90% des organismes vivants dans les mers, les organismes planctoniques sont répartis en deux grandes catégories : le phytoplancton et le zooplancton (**Léfèvere-Balleydier, 2006**).

Selon **Kunzig (1999)**, le phytoplancton est l'ensemble des végétaux unicellulaires, leur milieu naturel est la zone infralittorale ; la partie supérieure des mers où pénètre la lumière solaire. Il a besoin, comme tous les végétaux, de certaines substances comme les nitrates, le phosphore et le fer pour se développer et pour fabriquer la chlorophylle.

Les organismes phytoplanctoniques, sont des autotrophes qui produisent leur propre matière organique par photosynthèse. Par ce mécanisme, le phytoplancton capte l'énergie lumineuse, le CO₂ dissous et les éléments nutritifs, présents dans l'eau de mer, afin de fabriquer la matière organique carbonée. Le phytoplancton est constitué d'un ensemble hétérogène de micro algues, les cellules peuvent être solitaires ou groupées en colonies (**Bachari, 2009**).

Le zooplancton représente l'ensemble des organismes animaux ou assimilés qui se déplacent aux grés des courants, on trouve dans ce plancton, les groupes d'animaux depuis les protozoaires jusqu'aux larves de crustacés et de poissons, ces organismes se nourrissent du phytoplancton ou d'autres organismes du zooplancton, ils ne sont pas tributaires de la lumière, on les trouve à toutes les profondeurs. Il comprend des organismes adultes de très petite taille (copépodes) et des larves d'animaux de plus grande taille (les petits des crabes) (Van, 2002).

I.1.2. Le necton

Selon Léfèvere-Balleydier (2006), ce sont des organismes capables de s'opposer aux courants en nageant activement, ils vivent dans les eaux libres et les couches intermédiaires de la colonne de l'eau. Les grands nageurs pélagiques (comme les poissons) font partie de cette catégorie.

I.1.3. Le benthos

Sont des organismes (algues et animaux) qui évoluent près du fond ou y vivent fixés, plus abondants à proximité des cotes qu'au large, ils doivent alors faire face à l'agitation de la houle et des marées, comme par exemple les oursins et les poulpes. Le benthos se répartit en deux types ; les organismes vivant à la surface des fonds et ceux qui se logent dans les fonds (Léfèvere-Balleydier, 2006).

I.2. Propriétés physico-chimiques de l'eau de mer

I.2.1. Les sels et les gaz dissous

Selon (Lefèvre-Balleydier, 2006), l'eau de mer est un mélange complexe de sels et de gaz dissous en solution, certains éléments y sont plus abondants que les autres, et déterminent sa salinité, les éléments les plus abondants se sont les constituants majeurs représentés dans le tableau (01).

Tableau 01 : Composants majeurs de l'eau de mer (Le calvé, 2002).

Anions (g) /Kg		Cations (g) /Kg	
Chlore	18,9799	Sodium	10,5561
Sulfate	2,6486	Magnésium	1,2720
Bicarbonate	0,1397	Calcium	0,4001
Brome	0,0646	Potassium	0,3800
Fluor	0,013	Strontium	0,0135

Les éléments les moins abondants (constituants mineurs) sont les sels qui présentent des concentrations très faibles et variables dans le temps et dans l'espace comme les composées azotés (Nitrate, Nitrite, sel ammoniacque) et phosphorés (Phosphate), ils participent en effet à la

photosynthèse, il y a aussi la Silice, Fluor, Iode, Arsenic, Fer, Zinc, Cuivre, Plomb...etc (**Léfèvere-Balleydier, 2006**).

Les gaz dissous sont constitués à 64% d'azote et 34% d'oxygène. Les concentrations diminuent quand la température et la salinité augmentent. La proportion de CO₂ est 60 fois plus forte dans la mer que dans l'air (1,8% au lieu de 0,03%). L'océan apparaît donc comme un régulateur de la teneur en CO₂ de l'atmosphère (**Le calvé, 2002**).

I.2.2. La salinité

La salinité est une propriété fondamentale des eaux de mer, la composition de l'eau de mer est étonnamment stable, si les concentrations de ses constituants majeurs peuvent changer leur proportion relative restent partout constantes. Les premières mers formées auraient été remplies d'eau douce, avec le temps, les terres lessivées par les ruissellements et les fleuves auraient apporté des sels et des autres matières, leur salinité serait accrue par évaporation (**Léfèvere-Balleydier, 2006**).

Selon **Bachari (2009)**, La salinité moyenne des océans est de 34,71 milligrammes de sel par gramme d'eau.

I.2.3. La température

La température des eaux de mer varie considérablement tant dans l'espace que dans le temps, ses distributions en surface reflètent fidèlement les climats des diverses latitudes. Aussi elle a une relation inversée avec la profondeur, donc la température diminue lorsque la profondeur augmente. La température des océans varie de -1,9°C (la température de congélation de l'eau de mer à 30°C (**Le Calvé, 2002**).

I.2.4. La conductivité

La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (**Aminot et Kérouel, 2004**).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20° ou 25°C. Mesuré sur le terrain, ce paramètre permet de caractériser l'eau. La conductivité d'un échantillon peut être déterminée par comparaison avec la conductivité d'une eau de mer standard (eau de mer normale) dont la salinité est de 35 pour mille (**Bachari, 2009**).

I.2.5. Le potentiel Hydrogène (pH)

C'est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il résulte de la composition ionique de l'eau, et essentiellement de la présence des carbonates issus de

l'échange de dioxyde de carbone (CO₂) à l'interface air-mer, ainsi que de la dissolution du calcaire (**Aminot et Kérouel, 2004**).

D'après Le Calvé (2002), Le potentiel hydrogène (pH) de l'eau de mer est voisin de 8,2 (légèrement alcalin).

I.2.6. La densité

La densité de l'eau de mer dépend de la température, de la salinité et de la pression ; elle décroît quand la température s'élève, mais augmente avec la salinité et la pression. Les eaux froides comme les eaux salées sont denses et, de ce fait, tendent à glisser sous les eaux chaudes ou peu salées, qui demeurent en surface. Ce phénomène permet de comprendre le mouvement des eaux marines. À la surface des océans, la densité croît de l'équateur jusqu'aux cercles polaires pour décroître ensuite du fait de la baisse de la salinité. En profondeur, l'augmentation de la pression s'ajoute aux effets de la température et de la salinité : la densité croît rapidement (**Encarta, 2007**).

I.3. Les propriétés optiques des eaux de mer

L'eau présente certaines propriétés qui vont influencer de façon significative sur le transfert du rayonnement électromagnétique en son milieu (**Bachari, 2009**).

On cite les propriétés optiques de l'eau de mer puisqu'elles sont des outils pour étudier la propagation de la lumière dans le milieu marin, aussi elles fournissent des informations sur l'abondance et la nature des substances et particules microscopiques en suspension dans l'eau. On distingue des propriétés optiques inhérentes et des propriétés optiques apparentes (**Gernez, 2009**).

I.3.1. Propriétés optiques de l'eau de mer pure

I.3.1.1. L'indice de réfraction

L'indice de réfraction d'eau de mer est une caractéristique optique au même titre que le coefficient d'absorption, de diffusion et d'atténuation

I.3.1.2. L'absorption et diffusion

Lorsque la lumière solaire illumine la surface des océans, elle est sujette à plusieurs effets optiques, tels que la réflexion et l'absorption de la lumière. Une partie est directement réfléchie, mais la majeure partie pénètre sous la surface de l'océan et interfère avec les molécules d'eau et la matière en suspension rencontrées.

L'absorption de l'eau élimine en premier lieu les longueurs d'ondes les plus courtes du visible (bleu) mais permet la transmission des longueurs d'ondes les plus longues (rouge), ce qui explique la couleur généralement bleue des océans. Cette couleur est toutefois altérée par la

présence de matières en suspension organiques, telles que le phytoplancton vivant, de matières en suspension minérales, telles que les sédiments et les détritiques, et de matière organique dissoute. Les eaux chargées fortement de matières en suspension variées apparaissent brunes (**Weber, 2002**).

La couleur de l'eau dépend de sa teneur en particules et en certaines substances dissoutes, donc ses propriétés sont l'absorption (coefficient d'absorption), diffusion (coefficient de diffusion), rétrodiffusion et l'atténuation. (**Froidefond et Doxaran, 2004**).

Trois propriétés inhérentes fondamentales caractérisent le milieu de propagation : l'indice de réfraction, le coefficient d'absorption, et l'indicatrice de diffusion. L'indice de réfraction du milieu est le rapport entre la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide et la vitesse de propagation dans le milieu lui-même. Quand un flux de lumière rencontre un volume d'eau, une fraction est absorbée et l'autre fraction diffusée. (**Gernez, 2009**). La diffusion augmente très rapidement quand la longueur d'ondes (λ) diminue (**Antoine, 1998**).

I.3.1.3. L'atténuation

L'atténuation de la lumière est due à l'ensemble des phénomènes d'absorption et de diffusion, elle dépend de la longueur d'onde de la lumière incidente et des caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer. On distingue ainsi deux types d'eau :

- Les eaux littorales : les propriétés optiques sont influencées par la matière jaune, les sédiments en suspension, les détritiques et bactéries.
- Les eaux océaniques (au large) : les caractéristiques optiques sont dominées par la chlorophylle et les pigments associés (**Froidefond et Doxaran, 2004**).

L'atténuation de la lumière sous l'eau est due à l'absorption, la diffusion ayant une moindre importance, cette atténuation est fonction de la longueur d'onde et des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau de mer, cette propriété optique apparente permet de caractériser et donner des informations sur la densité, les concentrations des matières en suspensions et de la productivité biologique (**Le Calvé, 2002**).

I.3.2. Propriétés optiques des eaux côtières contenant des matières en suspension

Les sources de MES dans l'eau de mer sont (**Antoine, 1998**):

- Le phytoplancton et ses pigments
- La matière organique dissoute qui comprend de la matière organique dissoute colorée (CDOM), ou de la matière jaune (ou gelbstoff) qui est dérivée de matières végétales en décomposition (provenant des terres) et le phytoplancton dégradée par le pâturage ou par photolyse.

- Les particules en suspension qui comprennent des particules organiques (détritus) se composent de phytoplancton et de zooplancton et de fragments de cellules et des particules inorganiques qui sont constitués de sable et de poussière créé par l'érosion des terres. Celles-ci entrent dans l'océan par: les eaux de ruissellement de la rivière, le dépôt de la poussière soufflée par le vent et la remise en suspension des sédiments de fond par les vagues.

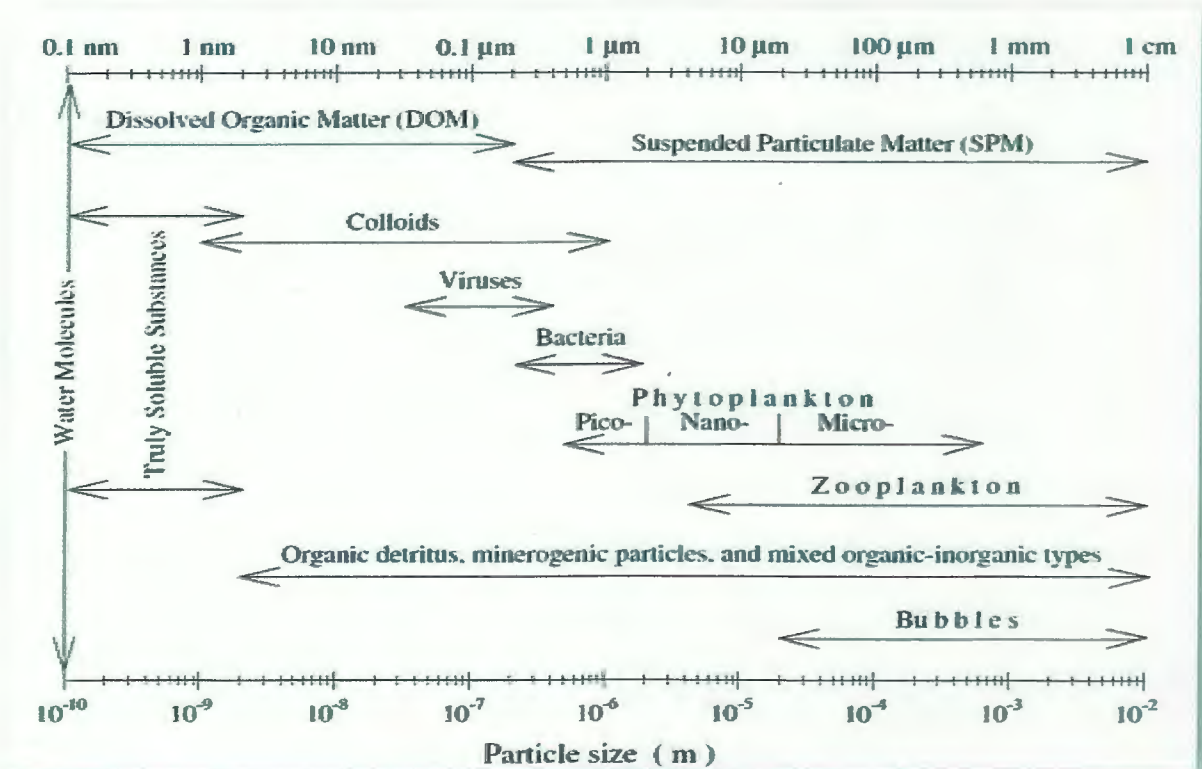


Fig. 01 : Gamme de taille des divers constituants optiquement significatifs présents dans la mer (Stramski et Wozniak, 2005).

La réflectance est le taux de luminance renvoyé par l'objet (Fargion et Mueller, 2000).

La réflectance varie selon le contenu des eaux côtières. Si l'eau de mer contient uniquement du phytoplancton, la réflectance diminue dans le bleu vert lorsque la concentration de phytoplancton augmente (Bricaud et Stramsky, 1990). Pour le cas des eaux côtières présentant seulement des particules minérales, la concentration en matières terrigènes augmente au fur et à mesure que la réflectance augmente dans toutes les longueurs d'onde, particulièrement dans le jaune, puis le rouge et proche infrarouge. Dans les eaux comportant uniquement des matières organiques dissoutes (MOD), la réflectance diminue dans les courtes longueurs d'ondes, de l'ultra-violet

(UV) jusqu'au bleu vert. Si les substances humiques sont très concentrées elles donnent une couleur jaune à l'eau (**Froidefond et Doxaran, 2004**).

L'absorption de la matière organique dissoute augmente exponentiellement vers les courtes longueurs d'onde. Le spectre d'absorption du phytoplancton résulte de la superposition des spectres d'absorption des différents pigments présents dans les cellules. Les principaux pigments sont les chlorophylles (chlorophylle a) et les caroténoïdes, chacun ayant des bandes d'absorption bien précises, la chlorophylle présente deux principales régions d'absorption, dans le bleu autour de 440 nm et dans le rouge vers 675 nm, les caroténoïdes, qui comprennent de très nombreux pigments, absorbent en générale dans les domaines du bleu et bleu vert (**Antoine, 1998**).

I.4. Impact de la pollution par les MES

La pollution par les MES se traduit par une diminution de lumière donc un effet sur la production primaire des eaux, une modification du pouvoir absorbant et une augmentation du pouvoir de colmatage lorsqu'il s'agit des particules fines.

D'après **Bonn et Rochon (1996)**, 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.

La turbidité est une mesure réalisée in situ qui nous donne une idée sur la quantité des MES présentes dans l'eau de mer, elle est exprimée en unités NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

La formule suivante permet de convertir les unités NTU en mg/l :

$$\text{MES produites (mg/l)} = (\text{NTU} + 0,81) / 80 + (0,2 \times 0,168\text{NTU} - 0,04) / 1000$$

NTU <5 : Eaux claires

5 < NTU <30 : Eaux légèrement troubles

NTU > 50 : Eaux troubles

Chapitre II:
Observation de la mer
par télédétection

II.1. Définition

La télédétection (en anglais « remote sensing ») désigne l'ensemble des techniques qui permettent, à l'aide d'un capteur, d'observer et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci (Kergomard, 1988 ; Soudani, 2005). Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle, phytomasse..).

II.2. Les étapes de la télédétection

- Une source d'énergie ou d'illumination (**A**) ; le soleil est la source principale d'énergie pour la télédétection dite passive. En télédétection dite active, la source d'énergie est fabriquée par l'homme.
- Interaction entre le rayonnement et l'atmosphère tout au long du trajet source cible et cible capteur(**B**).
- Interaction avec la cible(**C**) ; ces interactions sont de trois types : la transmission, la réflexion et l'absorption.
- Enregistrement du signal par le capteur(**D**) ; le capteur enregistre le signal reçu.
- Transmission, réception et traitement (**E**) ; le satellite transmet les signaux vers des stations de réception. Au niveau de ces stations, les informations sont décodées et enregistrées sous forme d'image ou de photographie.
- Traitement, analyse, interprétation et application (**F et G**) ; les traitements se basent sur des théories et des techniques peu complexes et souvent à extraire les informations utiles. Ces informations sont ensuite utilisées pour caractériser la cible étudiée. Comme elle montre la figure d'après le Centre de Télédétection Canadien (CCT, 2003).

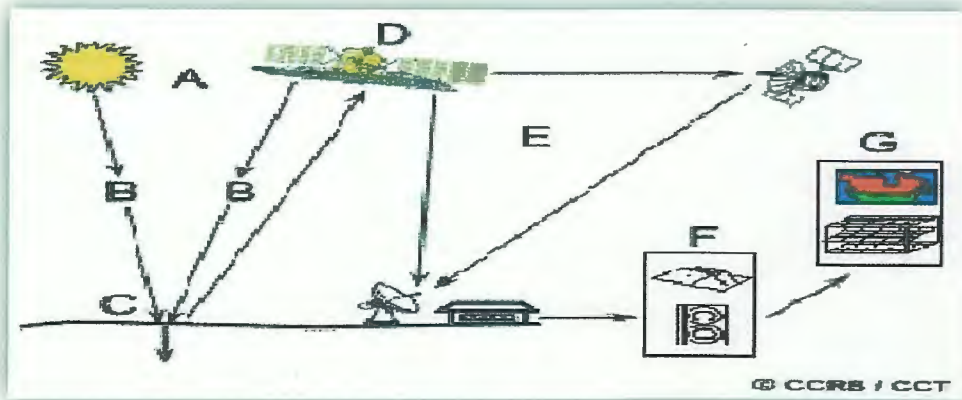


Fig. 02 : Etapes de la télédétection d'après le Centre Canadien de la Télédétection (CCT, 2003).

II.3. Le spectre visible

La lumière que nos yeux peuvent déceler se trouve dans ce qui s'appelle ; le spectre visible. Il est important de constater que le spectre visible présente une petite partie de l'ensemble du spectre. Une grande partie du rayonnement électromagnétique qui nous entoure est invisible à l'œil nu, mais il peut être capté par des dispositifs de la télédétection, les longueurs d'onde visible s'étendent de 0,4 et 0,7 μm , la couleur qui possède la plus grande longueur d'onde est le rouge, alors que le violet a la plus courte longueur d'onde (Fig. 03).

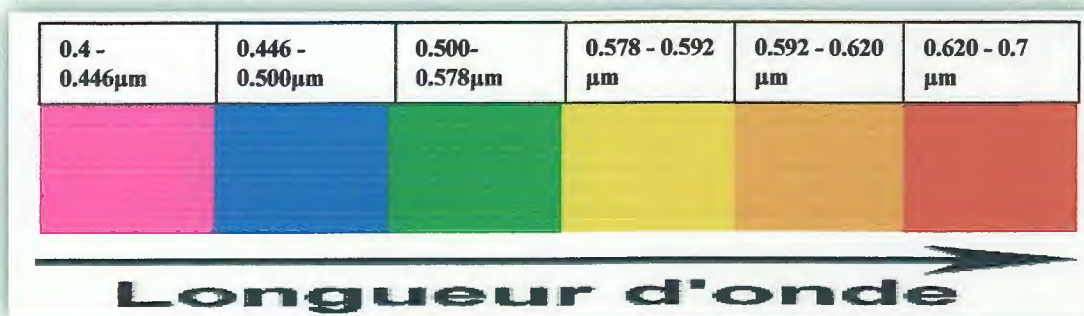


Fig. 03 : Couleurs du spectre visible d'après centre de télédétection canadien (CCT, 2003).

La turbidité des eaux et des blooms phytoplanctoniques sont nettement visibles sur les images satellitaires. Pour surveiller les zones côtières, la télédétection joue un rôle essentiel car elle fournit des données spatiales. En outre, elle permet de quantifier et cartographier les particules en suspension et les substances dissoutes (Allenbach, 2005).

La mesure optique de la couleur de l'eau est basée sur le fait que les constituants de l'eau, qu'ils soient de la matière organique ou inorganique particulaire ou des substances dissoutes, affectent sa couleur (Bachari, 2009).

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, l'eau paraît bleue (Hoareau, 2005).

Tableau 02 : Couleur de l'eau en fonction des particules présentes (Hoareau, 2005).

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

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

II.4. Les capteurs de la couleur de l'eau

Actuellement, trois capteurs dits de la couleur de l'eau embarqués sur satellite sont simultanément opérationnels. Le plus ancien est le capteur SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field of view Sensor) de la Nasa, lancé par la société Orbimage, et les plus récents sont MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) /AQUA (Nasa) et MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) de l'Agence Spatiale Européenne lancé en 2003 (**Gohin, 2010**).

II.4.1. Le capteur SeaWIFS

Depuis septembre 1997, les données de la radiance sont fournies par le capteur SEAWIFS, ce capteur embarqué sur un satellite à orbite polaire qui effectue 14 fois le tour du

globe par jour et procure des observations sur des pixels dont la largeur est de 1 Km sous la trace du satellite Le capteur SeaWIFS dispose de 8 bandes (Allenbach, 2005).

Tableau 03: Bandes de SeaWIFS et leur utilisation (Allenbach, 2005).

Bandes	Longueur d'onde	Couleur	Utilisation
1	402-422 nm	Violet	Matière organique dissoute (matière jaune)
2	433-453 nm	Bleu	Absorption de la chlorophylle
3	480-500 nm	Bleu-vert	Absorption des pigments
4	500-520 nm	Bleu-vert	Absorption de la chlorophylle
5	545-565 nm	vert	Propriétés optiques des sédiments
6	660-680 nm	rouge	Correction atmosphérique
7	745-785 nm	proche IR	Correction atmosphérique, radiance des aérosols
8	845-885 nm	proche IR	Correction atmosphérique, radiance des aérosols

De nombreuses données sur la répartition spatiotemporelle des concentrations en divers composants de l'eau, dérivées des capteurs satellitaires sont maintenant disponibles pour la Méditerranée. En particulier, les cartes basées sur les images obtenues par le capteur SeaWIFS fournissent une bonne information sur les processus physico-biologiques du système marin, avant tout dans sa zone pélagique (Weber et al, 2004).

II.4.2. Le capteur MODIS

MODIS est un capteur qui a été lancé en 1999 pour le satellite Terra. Ses caractéristiques spécifiques permettent l'observation de différents compartiments du système terrestre (atmosphère, surface terrestre, océans, ...) (Brun, 2004).

Le satellite Aqua, lancé en 2002, est caractérisé par 36 bandes (Tableau 04), il survole la terre à 705 Km d'altitude, avec une fauché 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 vers 13:00h, 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). Les images MODIS du satellite AQUA sont utilisées pour l'estimation des matières en suspension et de la concentration en chlorophylle, les courants de surface des mers et la température des eaux (Mobio et al, 2009).

Tableau 04: Bandes spectrales du capteur MODIS (<http://Oceanclor.gsfc.nasa.gov/>).

Bande	Longueur d'onde (nanomètre)	Résolution (m)	Utilisation primaire
1	620-670	250m	Terre/nuage/aérosols Frontières
2	841-876	250m	
3	459-479	500m	Propriétés Terre/nuage/aérosols
4	545-565	500m	
5	1230-1250	500m	
6	1628-1652	500m	
7	2105-2155	500m	
8	405-420	1000m	Couleur d'océan Phytoplancton Bio géochimie
9	438-448	1000m	
10	483-493	1000m	
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	
18	931-941	1000m	
19	915-965	1000m	Surface/nuage La température
20	3.660-3.840	1000m	
21	3.929-3.989	1000m	
22	3.929-3.989	1000m	
23	4.020-4.080	1000m	
24	4.433-4.498	1000m	Atmosphérique La température
25	4.482-4.549	1000m	
26	1.360-1.390	1000m	Nuages de Cirrus Vapeur d'eau
27	6.535-6.895	1000m	
28	7.175-7.475	1000m	
29	8.400-8.700	1000m	Propriétés des nuages
30	9.580-9.880	1000m	L'ozone
31	10.780-11.280	1000m	Surface/nuage, température
32	11.770-12.270	1000m	
33	13.185-13.485	1000m	Dessus des nuages Altitude
34	13.485-13.785	1000m	
35	13.785-14.085	1000m	
36	14.085-14.385	1000m	

Chapitre III:

Présentation de la

zone d'étude

III.I. Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude est comprise entre la latitude 36.6° et 37.0° Nord et longitudes 5.3° et 6.3° Est (Fig. 04). Elle correspond à la zone côtière de la wilaya de Jijel longue de 123,90km.

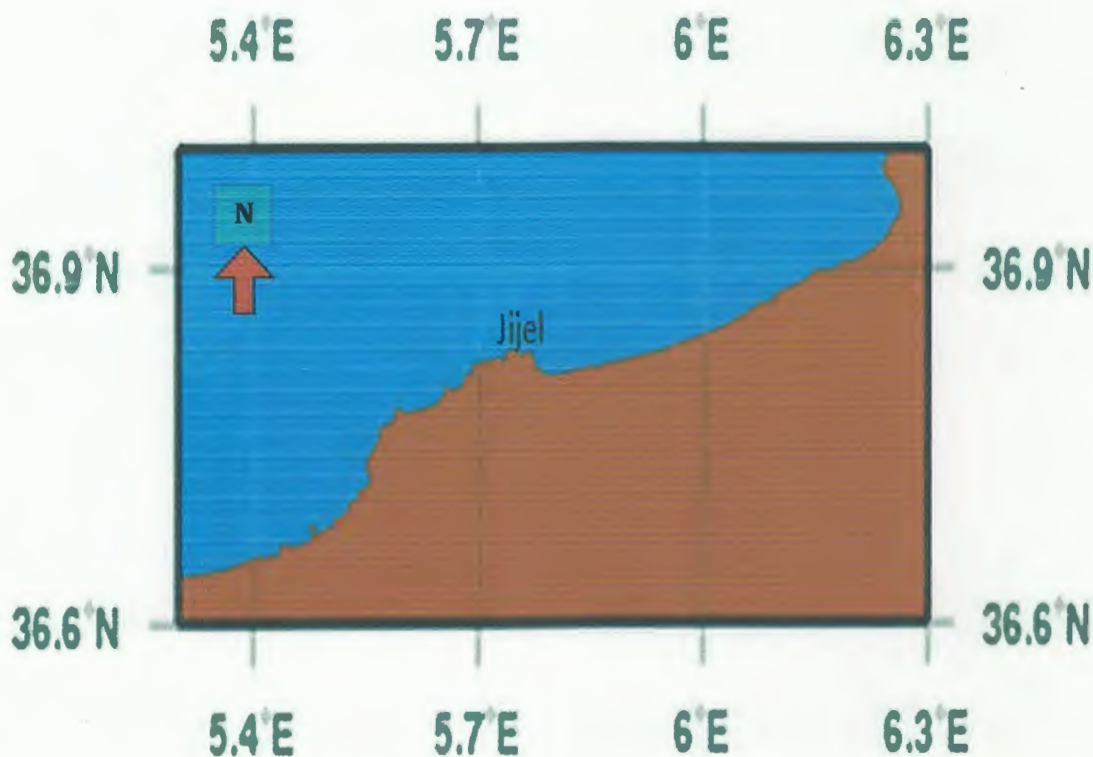


Fig. 04 : Localisation de la zone d'étude

III.2. Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude

Pour cette étude climatique nous nous sommes basés sur les deux paramètres principaux ; la pluviométrie et la direction des vents dominants.

III.2.1. La pluviométrie

La zone d'étude est parmi les régions les plus pluvieuses de l'Algérie et le tableau (05) représente le cumul mensuel des précipitations dans la wilaya de Jijel (2008-2011).

Tableau 05 : cumul mensuel de précipitation en [mm] dans la wilaya de Jijel (source : Office National de Météorologie de Jijel(OMN de Jijel ,2011).

Mois \ Années	Mois											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
2008	34,3	027,4	172,1	18,8	144,7	3,7	0,0	1,3	86,7	30,8	109,8	145,9
2009	207,9	85,9	78,2	183,8	014,4	0,3	0,5	10,8	172,3	68,2	154,9	139,6
2010	121,4	60,2	105,4	52,5	81,0	49,5	2,1	1,4	53,0	218,5	195,9	110,3
2011	78,9	143,5	89,9	69,7	33,4	27,0	8,1	0,0	14,7	273,8	234,0	159,9
MOYE	110,62	105,66	111,4	081,2	68,37	20,12	2,67	3,37	81,67	147,82	173,65	138,92

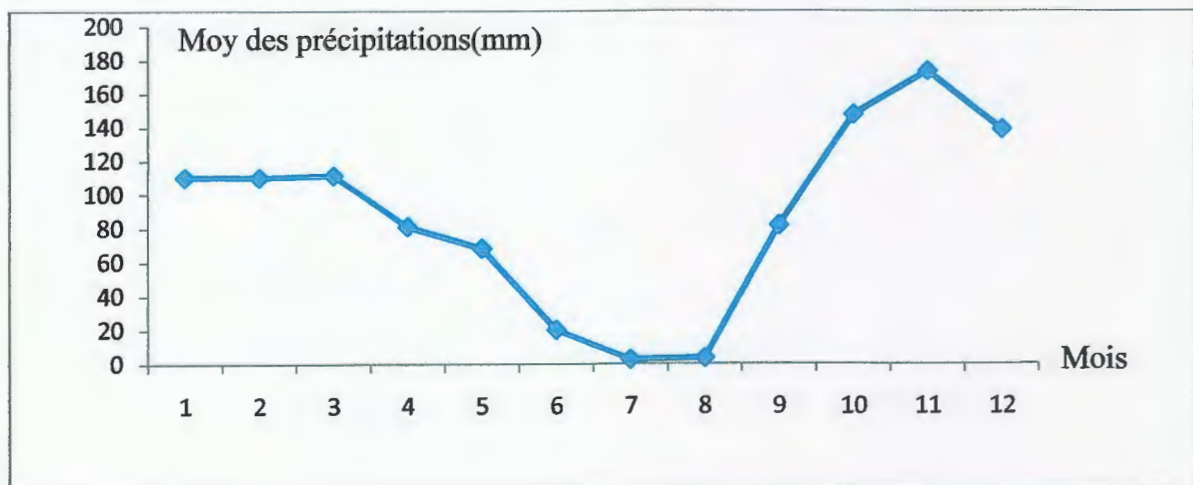


Fig. 05: Variation du cumul mensuel de précipitation en [mm] dans la wilaya de Jijel (2008-2011)

III.2.2. Le vent

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 en mer et contribuent ainsi au bouleversement de l'écosystème côtier d'après (Office National de Météorologie de Jijel,2011).

III.2.3. Hydrographie de Jijel

L'importance de la pluviométrie permet l'existence d'un réseau hydrologique dense (Fig. 06). Les potentialités en eau reconnues sont de 704 millions m³ dont 74 millions m³ souterrains et un écoulement moyen annuel de 434,3 Hm³/An résulte des oueds suivants Zhor, Kebir, Nil, Djendjen, Mencha, Kessir, Bourchaid, Taza et Ziama Mansoria. Voir annexe 01 (Direction d'hydraulique de la wilaya(DHW), 2005).

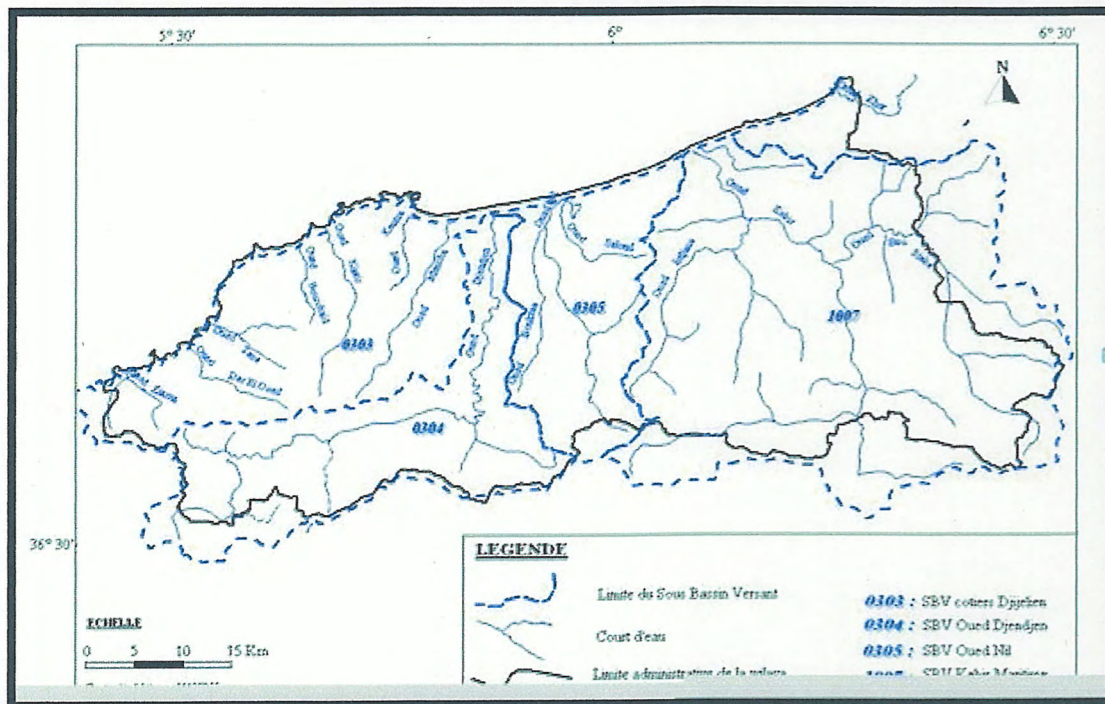


Fig. 06: Carte représentant l'hydrographie de la wilaya de Jijel (Source : Schéma directrice d'aménagement et de tourisme de Jijel (SDAT), 2005).



Chapitre IV:

Matériel et méthodes

IV.1. Matériel

IV.1.1. Les images MODIS

Nous avons utilisé pour notre travail des images MODIS 250 mètres de résolution. Cette résolution permet de cartographier une même étendue que la zone côtière de Jijel. Ces images sont au format HDF (Hierarchic Data Format) compressé. Le Format HDF est une structure qui contient des ensembles multiples de données scientifiques, images et données subordonnées.

IV.1.2. Logiciel Sea DAS (Sea Data Analysis System)

Le SeaDAS, Sea Data Analysis System, (Système de l'Analyse des Données de la mer) est un logiciel développé par l'Agence Nationale Spatiale Américaine (NASA) conçu spécialement pour l'analyse des données des satellites de la couleur de l'océan. SeaDAS est construit sur un système IDL et il fonctionne avec une version autorisée d'IDL (Interactive Data Language). Après téléchargement, les images sont d'abord décompressées avant d'être traitées par ce logiciel. Le logiciel Sea DAS fonctionne sur un système d'exploitation Linux pour cela l'utilisation de la machine virtuelle VMware Player est nécessaire pour faire tourner Sea DAS sur un système Windows.

IV.2. Méthodes

IV.2.1. Méthode de téléchargement des images MODIS

Les images ont été téléchargées à partir du site web <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov> de la NASA, dans la page d'accueil de ce site affichée (**Fig. 07**) on clique sur la zone **Level 1 and 2 Browser** pour accéder à la page suivante (**Fig. 08**) qui nous permet de choisir le type de capteur **MODIS AQUA** et la date désirée et d'entrer les coordonnées de la zone d'étude. En cliquant sur la zone **Find swaths**, on obtient une série d'images de la huitaine contenant le jour sélectionné (**Fig. 09**). Pour commander l'image choisie on clique sur **Order Data** pour pouvoir consulter le site en accédant à la page suivante (**Fig.10**) dans laquelle on écrit notre adresse e-mail, on corrige les coordonnées de la zone d'étude, coche **Do** puis **Level 0** pour choisir les données de niveau L0. et envoyer la commande (**Review order**) via un message électronique à l'agence qui va nous donner accès aux fichiers contenant les données souhaitées pendant quelques heures (**Fig.11**).



Fig.07: Page d'accueil du site web <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>.

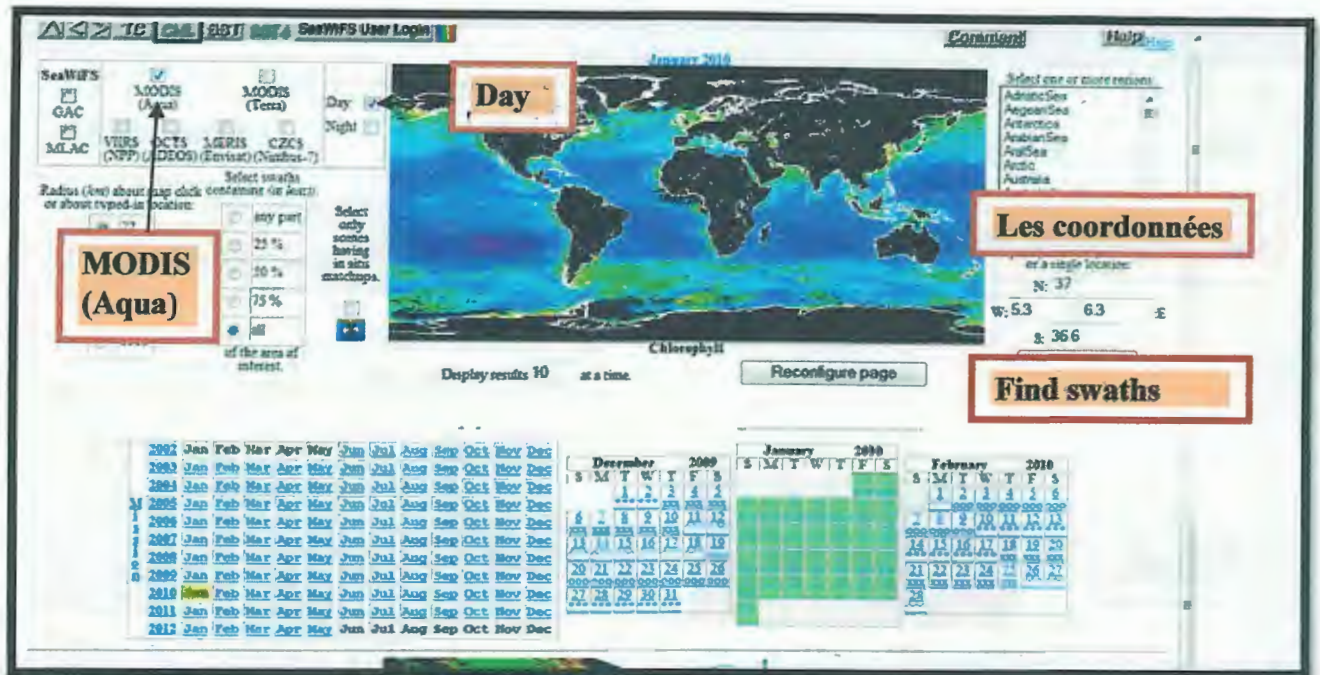


Fig.08: Choix du jour et visualisation des imagerie.

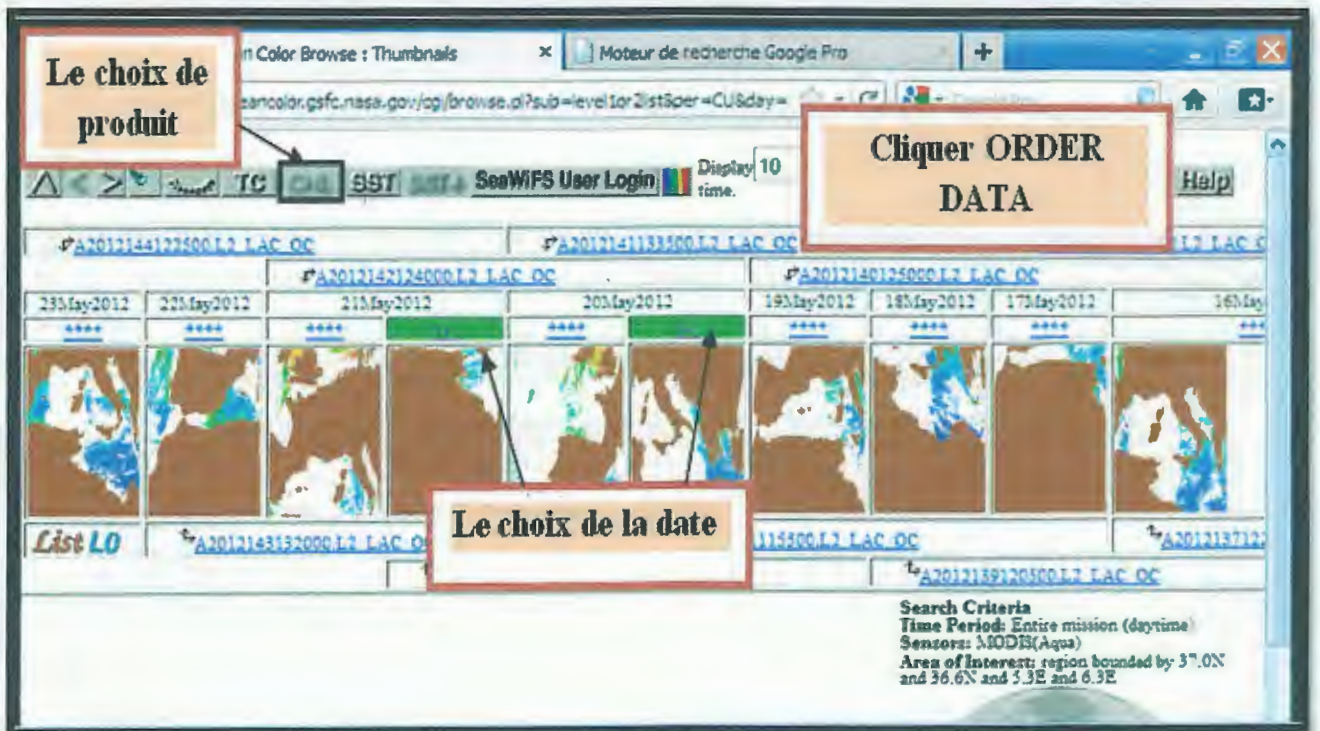


Fig.09 : Choix et commande des données.

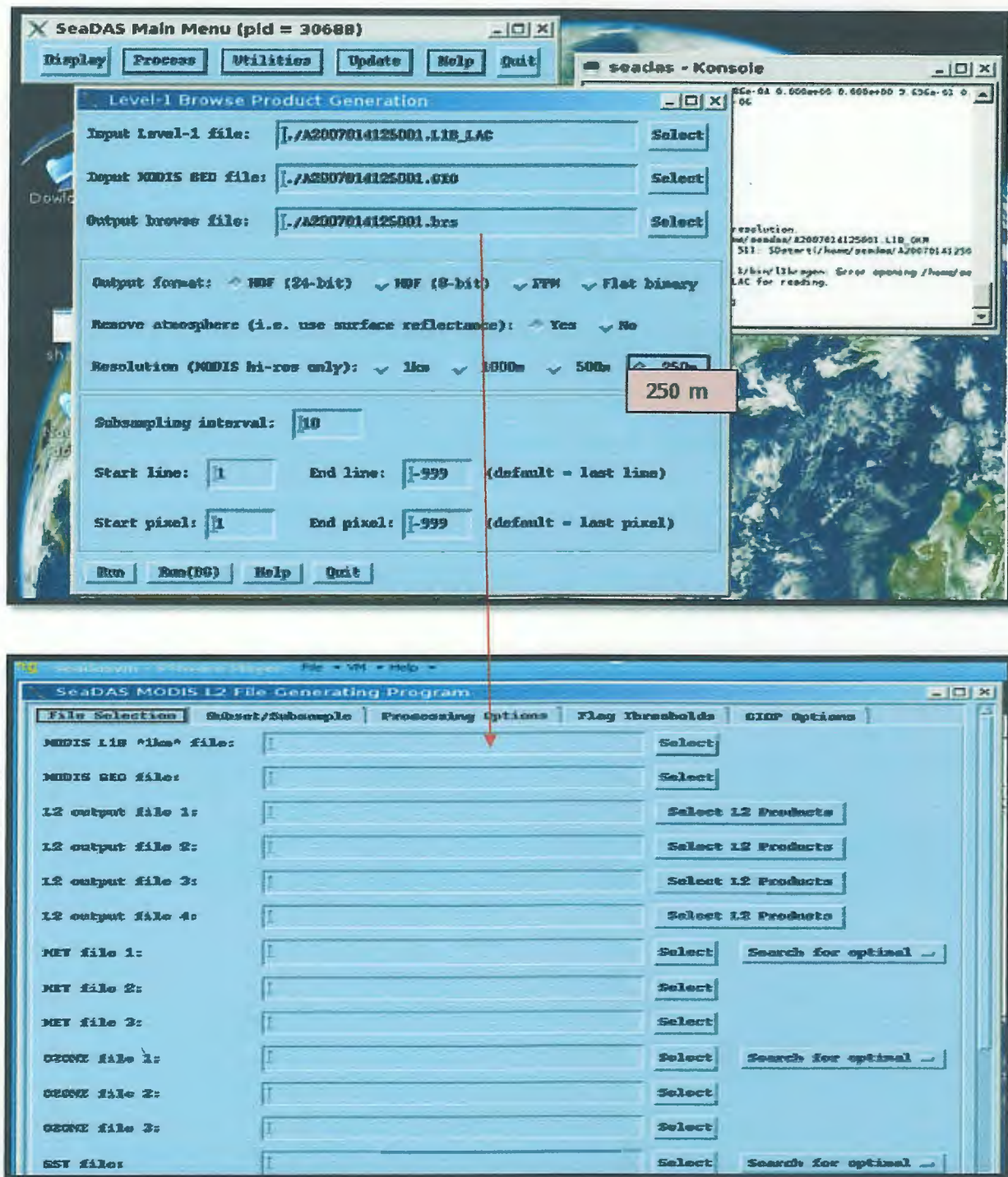


Fig.15: Traitement de L1A à L1B puis en L2.

Chaque image L2 contient un code montrant le type de capteur, l'année, le jour julien, l'heure et le niveau de traitement par exemple : (A2003219130700.L2_LAC) dont ;

- ✓ A : Est le nom du satellite (AQUA MODIS).
- ✓ 2003 : Année de capture de l'image.

- ✓ 219 : Le jour de l'année.
- ✓ 130700 : Heure, minute et seconde de capture de l'image.
- ✓ L2 : niveau d'information (level DATA).
- ✓ LAC : type de couverture.

La chlorophylle est calculée automatiquement par le logiciel SeaDAS par un algorithme *OC4* (fig.16), tandis que les matières en suspension sont calculées par un algorithme qui modélise les matières en suspension à partir de la bande 645 (Triskati, 2005).

$$MES = 12450*(b1)^2+661.1*(b1) +0.48$$

MES = matières en suspension en mg/l

Avec (b1) = réflectance pour la bande 645 nm.

Le Menu Utilities et la fonction User Defined Operations sont utilisées, comme la montre la figure ci-dessous, pour transformer les réflectances de la bande 645 en matière en suspension (fig.17).

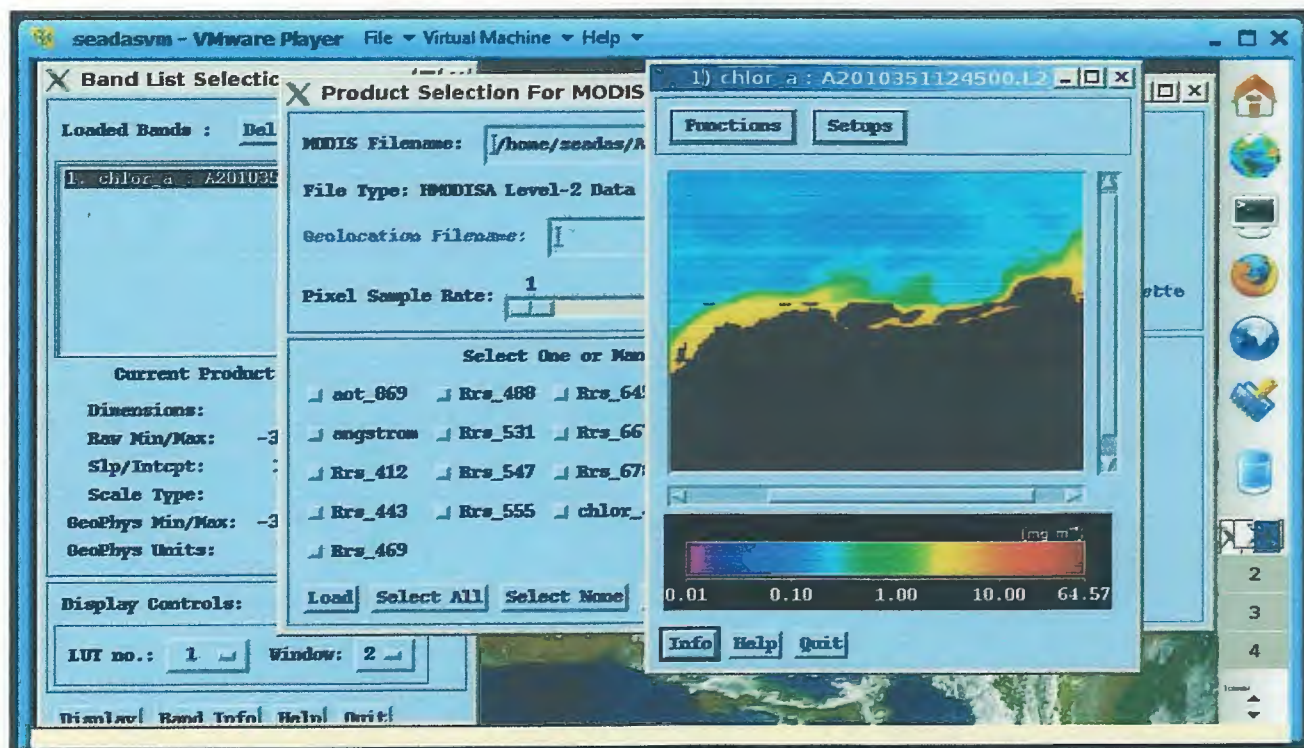


Fig.17: Affichage des cartes de la chlorophylle.

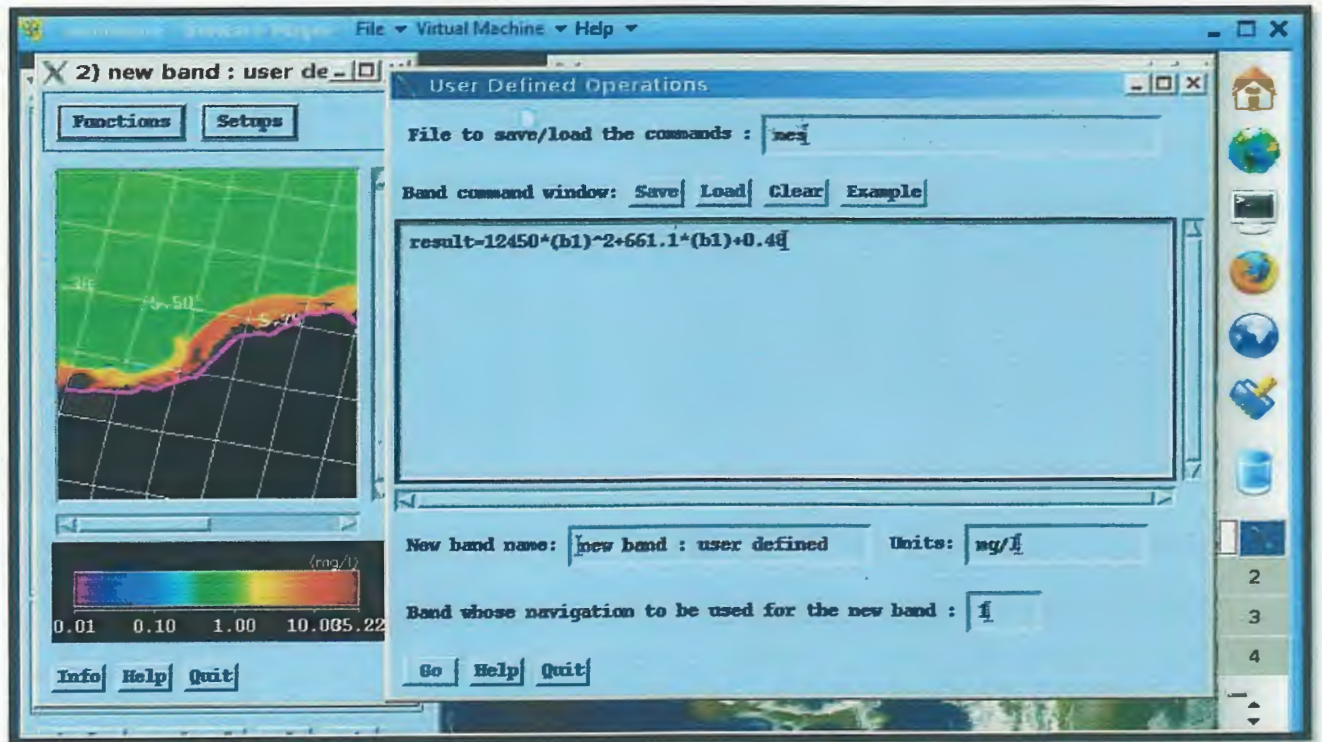


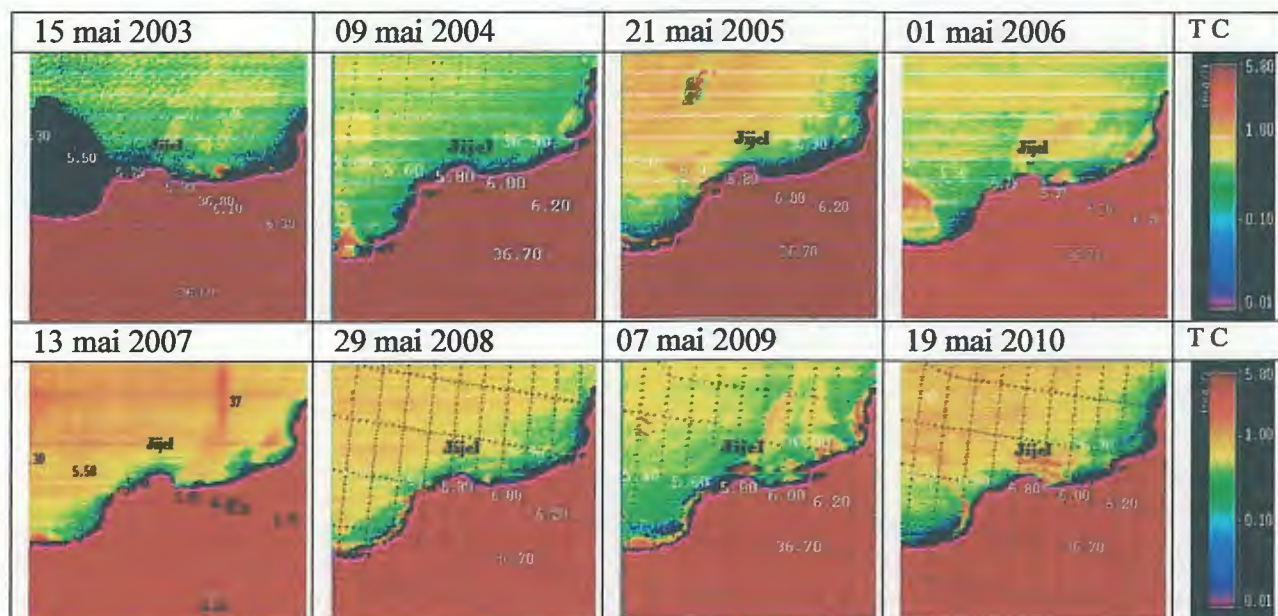
Fig.18 : Affichage des cartes des MES.

Chapitre V:

Résultats et discussion

V.1. Dynamique interannuelle des matières en suspension et de la chlorophylle

V.1.1. Dynamique interannuelle des MES



La carte du 15 mai 2003 montre une concentration moyenne de 0,3357 mg/l, avec une dispersion des panaches de faible concentration dans les eaux de larges.

Pendant l'année de 2004 (09 mai 2004), on remarque une concentration moyenne de 0,4380 mg/l, les panaches de fortes concentrations en matières en suspension sont localisés sur la partie Ouest de la zone d'étude avec une répartition homogène dans les eaux du large. On peut observer la même pour l'année de 2005 (21 mai 2005), avec une concentration moyenne de 0,4029 mg/l.

La carte du 01 mai 2006, montre une augmentation successive de la concentration des MES, et une valeur moyenne de 0,5184 mg/l. Une distribution hétérogène des panaches de l'Est vers l'Ouest et de la côte vers le large.

On enregistré une valeur moyenne pendant le mois mai de 2007, de 0,5217 mg/l. Les panaches de forte concentration dispersée vers les eaux du large, plus concentrées sur la région Ouest que la région Est.

Pour la carte du 29 mai 2008 présente une diminution de la concentration des MES (0,4650 mg/l). Par contre pendant le mois de mai 2009, on remarque une concentration moyenne

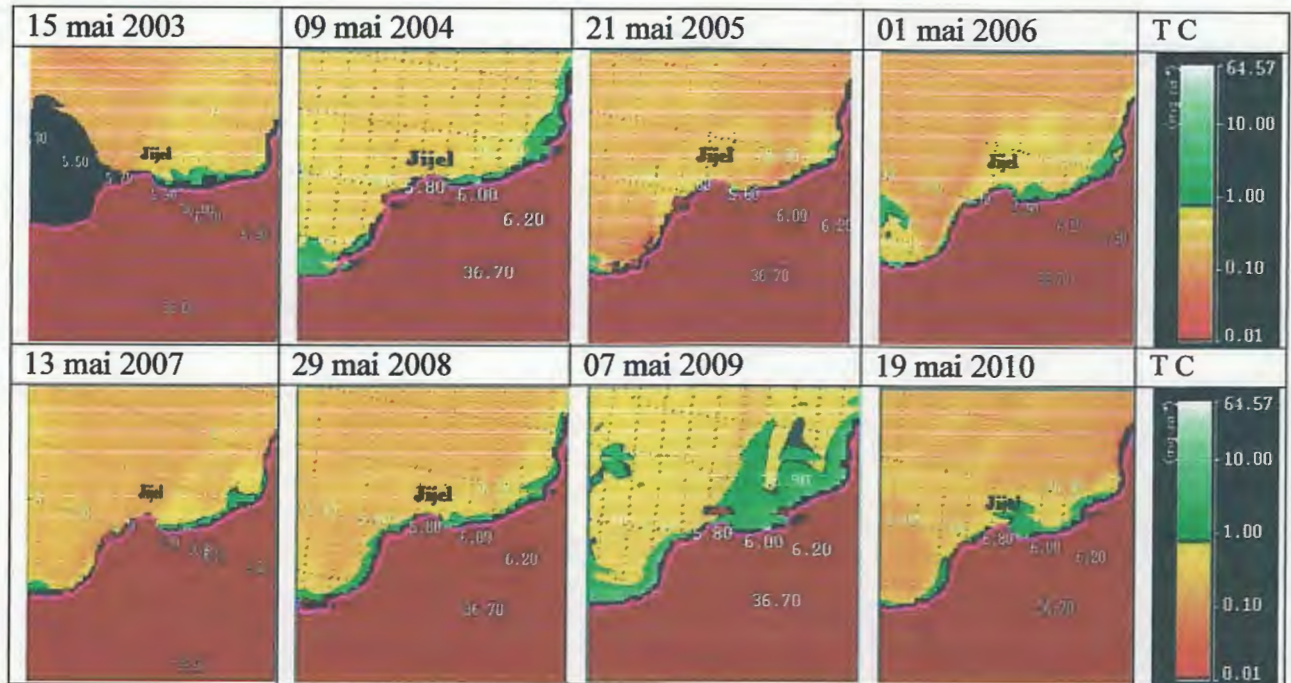
de 0,5587 mg/l qui est la plus forte valeur de cette série. Les panaches concentrées sont localisées sur la région Est avec une distribution irrégulière vers les eaux de large.

La carte du 19 mai 2010, représente une répartition irrégulière des panaches des MES avec une concentration moyenne de 0,4466 mg/l. Toutes ces concentrations moyennes sont enregistrées dans le tableau suivant.

Tableau 06 : Concentration moyenne des MES (mg/l) pour la série interannuelle.

Date	[] moyenne des MES (mg/l).
15/05/2003	0,3357
09/05/2004	0,4380
21/05/2005	0,4029
01/05/2006	0,5184
13/05/2007	0,5217
29/05/2008	0,4650
07/05/2009	0,5587
19/05/2010	0,4466

V.1.2. Dynamique interannuelle de la chlorophylle



Pour la série inter annuelle, on prend les images du mois de mai durant les années (2003-2010), dans l'image de mai 2003 on remarque que les panaches chlorophylliens sont plus regroupés dans la région Est que sur la région Ouest de la zone d'étude.

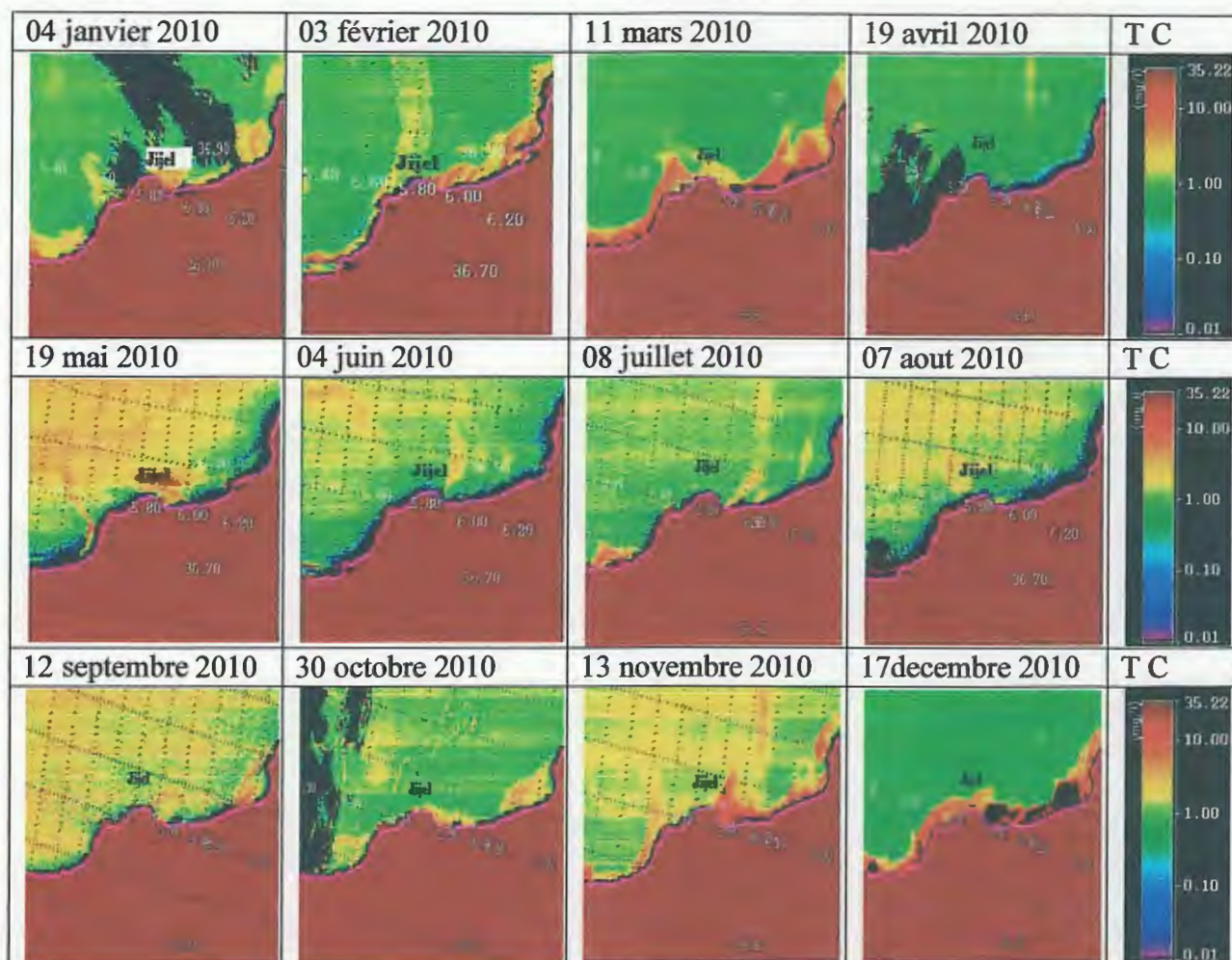
Les résultats obtenus à partir de la fonction histogramme sont enregistrés dans le tableau suivant (Tableau 07).

Tableau 07 : Concentration moyenne de la chlorophylle (mg. m^{-3}) pour la série interannuelle.

Date	[] moyenne de Chl a (mg. m^{-3})
15/05/2003	0,2416
09/05/2004	0,4318
21/05/2005	0,2073
01/05/2006	0,2703
13/05/2007	0,2447
29/05/2008	0,2962
07/05/2009	1,0020
19/05/2010	0,2556

V.2. Dynamique annuelle des matières en suspension et de la chlorophylle

V.2.1. Dynamique annuelle des MES



Les concentrations moyennes sont enregistrées dans le tableau(08).

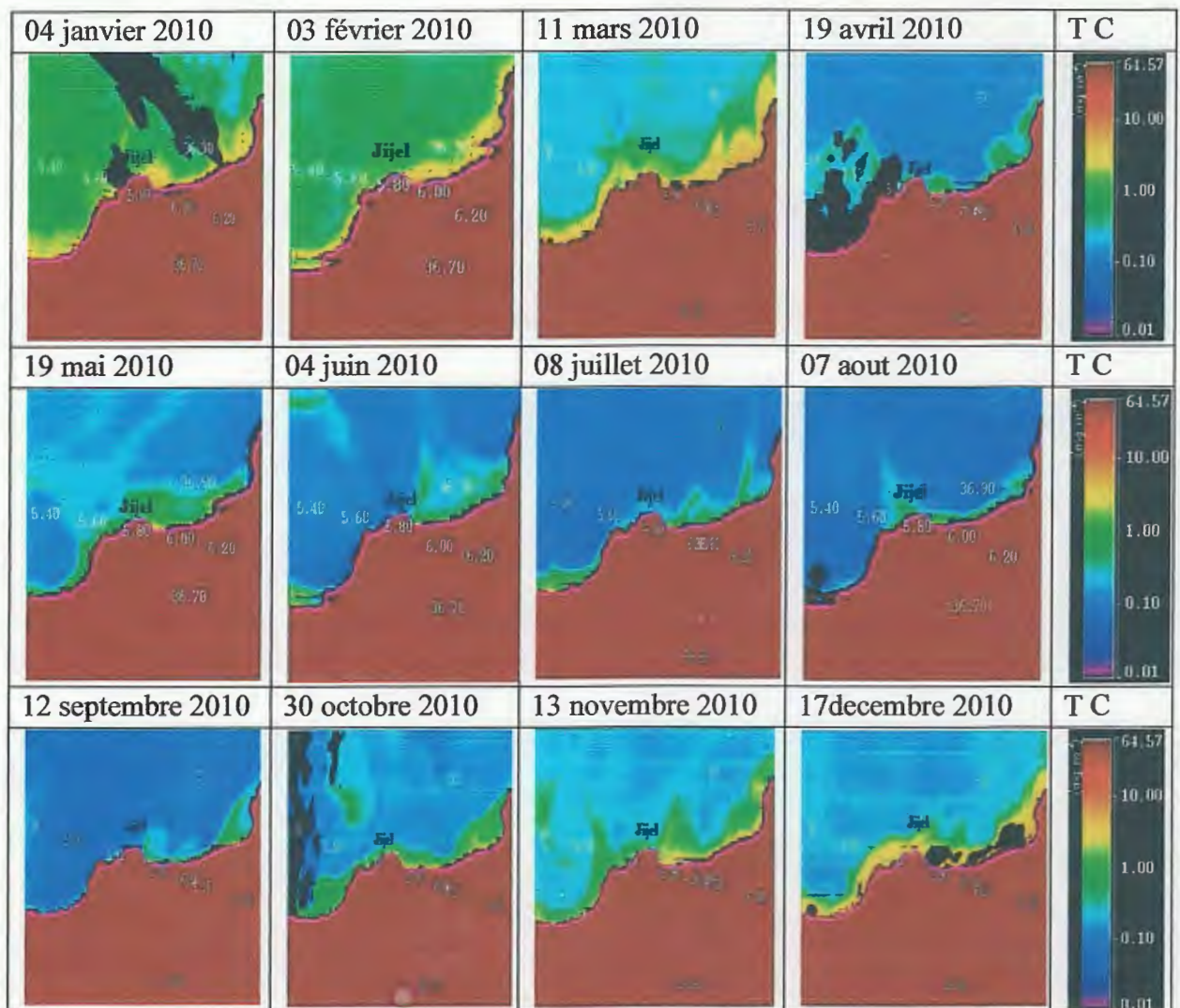
Tableau 08: Concentrations moyennes des MES (mg/l) pour la série annuelle.

La date	[] moyenne des MES (mg/l)
04/01/2010	0,6837
03/02/2010	0,7970
11/03/2010	1,5119
19/04/2010	0,5469
19/05/2010	0,4466
04/06/2010	0,4530
08/07/2010	0,4631
07/08/2010	0,3702
12/09/2010	0,4800
30/10/2010	0,6008
13/11/2010	0,7818
17/12/2010	1,4463

L'analyse des cartes de la série saisonnière montre de que les deux mois mars et décembre ont les plus fortes concentrations en MES avec valeur moyenne respective de 1,5119 mg/l et 1,4463 mg/l.

La concentration la plus faible enregistré pendant le mois d'aout est de 0,3702 mg/l. On note aussi que les panaches les plus concentrés des MES sont localisées autour des estuaires et les autres apparaissent dans les eaux du large, qui sont peut être le résultat des effets combinés des vents et des courants marins.

V.2.2. Dynamique annuelle de la Chla



Les cartes ci-dessus montrent que la concentration en chlorophylle varie d'un mois à l'autre. On remarque des concentrations élevés à travers la zone d'étude, plus importante dans la région Est à proximité des côtes et des estuaires des cours d'eaux de la zone côtière marine

pendant le mois du janvier, avec une répartition stable des panaches chlorophylliens sur la région Ouest.

Pour le mois de février, on observe le même aspect où les fortes concentrations de la chlorophylle se trouve dans la partie Est, toujours tout près de la côte. Une répartition aléatoire des panaches chlorophylliens dans les eaux du large est observée avec des faibles concentrations.

La carte du mois de mars indique des concentrations importantes situées sur la bande côtière où se situe les estuaires des principaux cours d'eau qui sillonnent la wilaya, élevées dans la région Est que Ouest.

La carte du mois d'avril montre une chute de concentration de la chlorophylle, elle représente quelque panache chlorophyllien de faibles concentrations avec une répartition aléatoire.

Pour le mois de mai, on remarque des faibles concentrations de la chlorophylle avec une répartition aléatoire des panaches surtout sur la partie Est de la zone.

Pour la saison d'été les concentrations de la chlorophylle seront plus faibles par apport aux autres saisons de l'année. La carte du mois de juin, montre des faibles concentrations de la chlorophylle, et une répartition des panaches identique à celle du mois précédent.

Le mois d'août, comme la carte l'indique est caractérisée par une modeste concentration de la chlorophylle, ses panaches couvrent seulement la région Est de la zone côtière marine et les eaux du large ont de faibles concentrations.

La chute de la concentration de la chlorophylle continue jusqu'au mois de septembre où l'on note la plus faible concentration pendant l'année 2010. On note toujours la présence des fortes concentrations près des embouchures des cours d'eaux et les faibles concentrations au large.

Pour le mois d'octobre, on remarque que la concentration de la chlorophylle augmente de nouveau. La répartition des panaches chlorophylliens n'est pas homogène, de fortes concentrations sur la bande côtière et de faible concentration dans les eaux du large.

La carte du mois de novembre montre que la concentration de la chlorophylle est peu importante par apport au mois d'octobre, élevé dans la région Est et faible sur la partie Ouest.

La carte du mois de décembre indique que la concentration de la chlorophylle est plus élevée sur la bande côtière marine et faible dans les eaux de large.

A partir de la fonction histogramme du logiciel SeaDAS, on a enregistré les concentrations moyennes de la chlorophylle dans le tableau 09

Tableau 09 : Concentration moyenne de la chlorophylle (mg. m^{-3}) pour la série annuelle.

Date	[] moyenne de chl a (mg. m^{-3})
04/01/2010	0,9989
03/02/2010	0,9452
11/03/2010	0,8247
19/04/2010	0,1877
19/05/2010	0,2556
04/06/2010	0,1747
08/07/2010	0,1399
07/08/2010	0,1098
12/09/2010	0,1048
30/10/2010	0,3101
13/11/2010	0,4465
17/12/2010	0,6149

V. 3. Variation temporelle de la concentration des MES et de la chl a en fonction des précipitations

Les unités des ces variables ne sont pas les mêmes, pour les standardiser on les a transformées en pourcentage. Les résultats sont présentés dans le tableau 10.

Tableau 10: Pourcentages des précipitations, MES et Chl a de la série saisonnière 2010.

	Précipitation(%)	MES (%)	Chl a (%)
04 janvier	11,77	7,97	19,53
03 février	5,84	9,29	18,48
11 mars	10,22	17,62	16,13
19 avril	5,06	6,37	3,67
11 mai	7,86	5,20	4,99
04 juin	4,80	5,28	3,41
08 juillet.	0,20	5,40	2,73
07 aout	0,14	4,31	2,14
12 septembre	5,14	5,60	2,05
30 octobre	21,2	7,00	6,06
13 novembre	19,0	9,11	8,73
17 décembre	10,7	16,85	12,02

Les résultats montrés du tableau précédent, conduisent au graphe (Fig. 19).

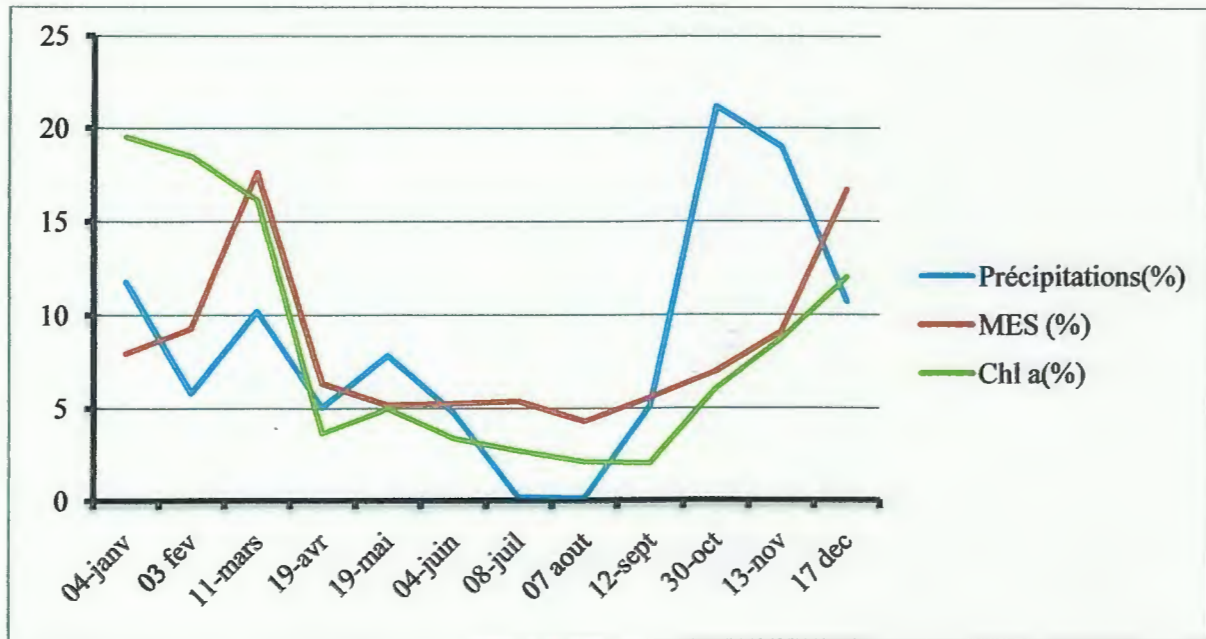


Fig. 18 : Variation saisonnière des MES, de Chl a et des précipitations.

La discussion de ces résultats est basée sur une étude statistique, par le calcul du coefficient de corrélation (r)

Le coefficient de corrélation r est limité dans l'intervalle $[-1, +1]$, donc $R^2 \in [0,1]$. L'analyse statistique de moyennes de concentrations des MES et de la chl a pour la série interannuelle montre que le R^2 (coefficient de détermination) est de 0,306 ($r = 0,553$). Selon le graphe suivant, il y a une relation positive entre ces deux paramètres. Existe aussi une forte corrélation entre les MES et la chlorophylle, puisque r est supérieur à 0,5.

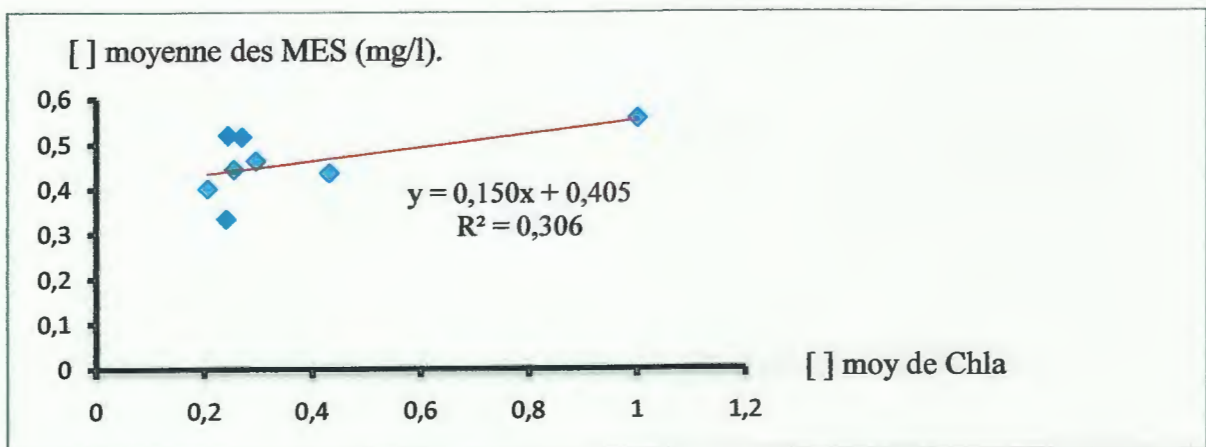


Fig. 19 : Corrélation entre les MES et la chlorophylle a pour la série interannuelle.

La même analyse est appliquée sur les deux paramètres pour la série annuelle, elle indique que R^2 est de 0,411 ($r = 0,664$). Donc il y a une corrélation positive et forte entre les matières en suspension et la chlorophylle.

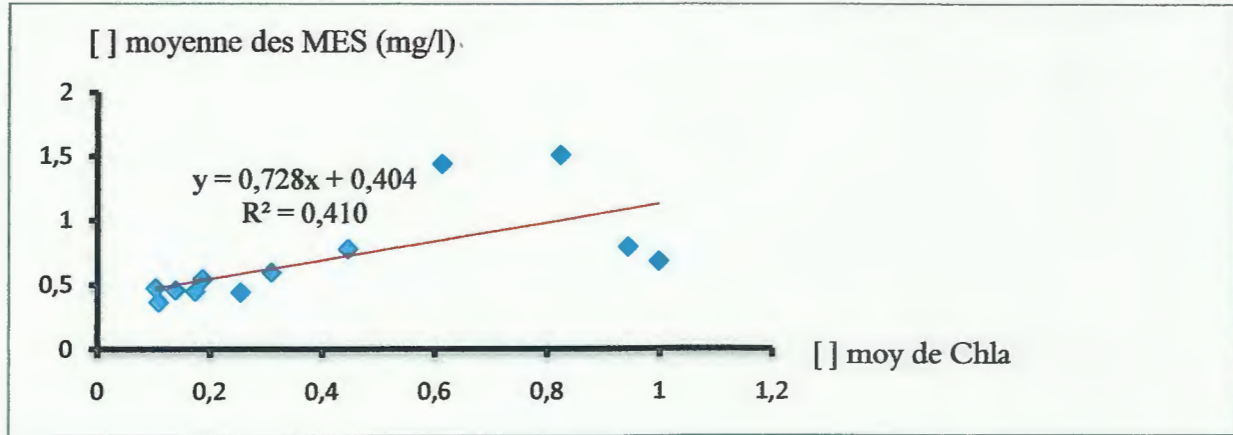


Fig. 20 : Corrélation entre les MES et la chlorophylle pour la série annuelle.

Après on passant à l'étude de corrélation entre les précipitations et MES. L'étude statistique montre que $R^2 = 0,116$. ($r = 0,34$) La corrélation est positive entre ces deux paramètres et le graphe représente ça. Mai le coefficient de corrélation signalé que cette relation est faible ($r < 0,5$).

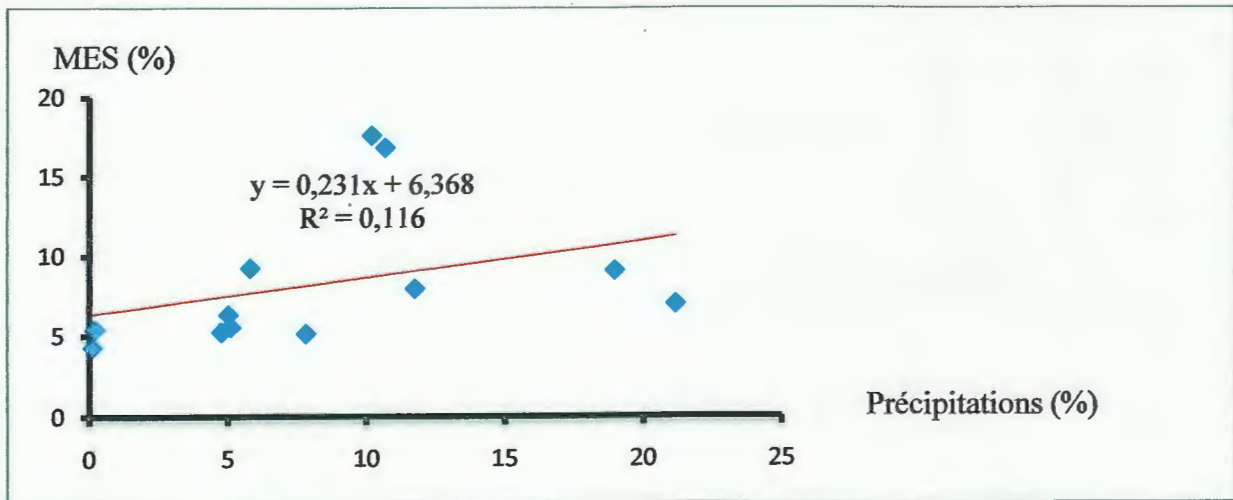


Fig. 21 : Corrélation entre les MES et les précipitations.

Aussi pour la chlorophylle et précipitation, $R^2 = 0,117$ ($r = 0,342$). Donc la relation est positive et faible.

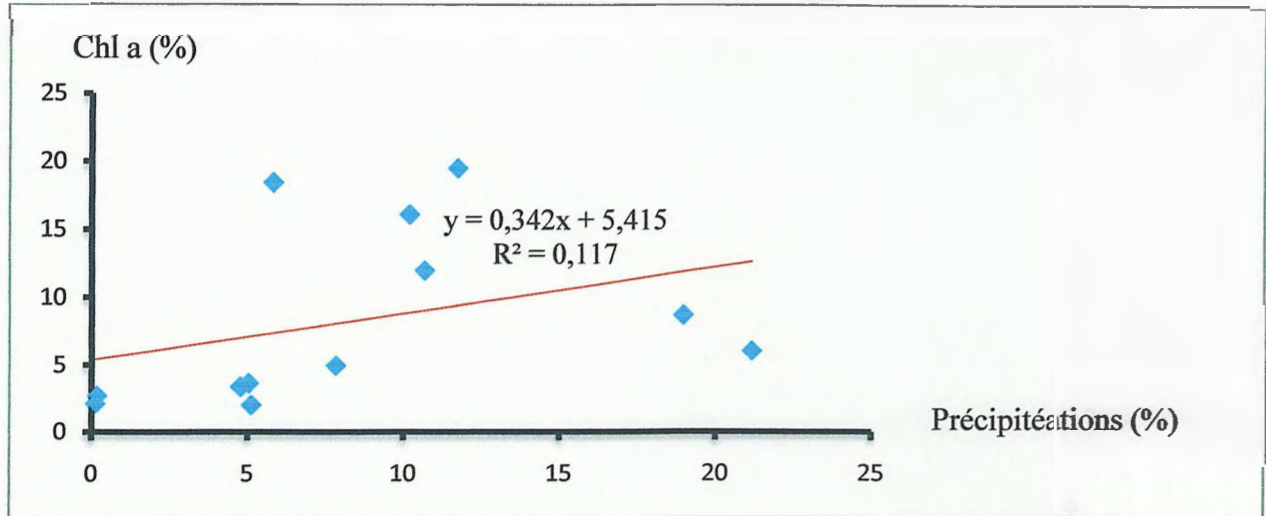


Fig. 22 : Corrélation entre les précipitations et la chlorophylle a.

En fin. Il existe un lien positif entre matières en suspension, chlorophylle et précipitations, ce résultat a été montré par l'analyse statistique précédente.

La corrélation est forte entre les matières en suspension et la chlorophylle, faible pour ces derniers avec les précipitations.

Donc. Les matières en suspension dans la zone côtière marine de Jijel est en cheval avec la chlorophylle et les précipitations comme déjà montré les études statistiques et les tableaux précédentes. L'augmentation des concentrations des MES durant la saison humide par contre pour la saison sèche.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de cette étude était l'estimation de la concentration des matières en suspension et de la chlorophylle dans la zone côtière marine 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 les matières en suspension ou la chlorophylle 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

Références bibliographiques

Allenbach K., (2005). Traçage des apports terrigènes par imagerie satellitaire dans les eaux oligotrophes du bassin Levantin(Méditerranée). *Écologie humaine*. Genève. 80P.

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

Antoine D., (1998). Apport de la télédétection spatial de la couleur de l'océan à l'océanographie, Ed. Laboratoire de physique et chimie marine (LPCM). Paris. PP 81-150.

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.

Balvay G., (1994). Le plancton ; terminologie. Ed. INRA. Station d'hydrobiologie lacustre. Paris. PP 4-8.

Bonn F et Rochon G., (1996). "Précis de télédétection", volume 2, Applications Thématiques, Presses de l'Université du Québec, AUF, 633 P.

Brando V., Dekker A., Marks A., Qin Y et Oubelkheir K., (2006). Chlorophyll and suspended sediment assessment in a macrotidal tropical estuary adjacent to the Great Barrier Reef: spatial and temporal assessment using remote sensing.

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

Bricaud, A., Morel A., and L. Prieur (1983). Optical efficiency factors of some phytoplankters, *Limnology and Oceanography*, 28. PP 816-832.

Bricaud A et Stramsky D., (1990). Réflectance des eaux côtières. In. *Télédétection optique appliquée à l'étude des eaux côtières*. Bordeaux. France. PP 588.

Brun J., (2004). Etude du potentiel des indices de végétation de l'imagerie MODIS pour l'observation de l'évaluation, intra et interannuelle de la couverture du sol. *Science naturelle de l'environnement*, université de Genève. 23P.

- Centre de la télédétection canadien., (2003).** Notions fondamentales de télédétection, secteur science de la terre, Ed. Centre de télédétection canadienne, Ottawa, canada, 266 P.
- Doxaran D et Froidefond J-M., (2002).** Imagerie satellitale et numérique pour l'étude des flux sédimentaires en suspension dans les eaux côtières : exemple de la Gironde. J.Rech.Océanographique, 2002, vol. 27, n°2. PP 1-11.
- Direction d'Hydraulique de la Wilaya., (2005).**
- Encarta., (2007).** Océan, Ed. Microsoft corporation. (DVD).
- Fargion G et Mueller J., (2000).** Ocean optics protocols for satellite ocean color sensor validation, Ed. NASA. Maryland.184 P.
- Froidefond J-M et Doxaran D., (2004).** Télédétection optique appliquée à l'étude des eaux côtières. IN, Télédétection, volume 4, n° 2. Bordeaux. France, PP 579-597.
- Gernez P., (2009).** Analyse de la variabilité temporelle des propriétés optiques en mer ligure depuis un mouillage instrumenté. Océan, atmosphère, climat et observation spatiale, Ed. UPMC. France. PP 22-43.
- Gohin F., (2010).** Atlas de la température, de la concentration en chlorophylle, et de la turbidité de surface du plateau continental Français et de ses abords de l'Ouest européen, département dynamique de l'environnement côtier, Ed. IFREMER, France, 46 P.
- Gohin F et Oger-Jeanneret H., (2006).** Intégration dans un SIG de données issues de capteurs satellites en comparaison de données in situ pour le suivi de la qualité des eaux côtières. Rapport de contrat Ifremer-Agence de l'Eau Loire-Bretagne, Brest, France, 66 P.
- Gordon H-R and Morel A., (1983).** Remote assessment of ocean color for interpretation of satellite visible imagery. A review, Springer-Verlag, New York (USA).
- Hoareau A., (2005).** Origine, typologie et dynamique des panaches chlorophylliens en Méditerranée orientale. Université de Genève. 102 P.
- Kergomard C., (1988).** La télédétection aérospatiale. Ed. Ecole normale supérieur. Paris. 34P.
- Kunzig R., (1999).** L'océan,Ed. Campany. New york. PP 93-206.

Lacaz J., (1993). La dégradation de l'environnement côtière et conséquences écologiques, Ed. Masson. Paris. Milon. Barcelone. PP 196-200.

Le calvé O., (2002). Propriétés physiques du milieu marin. Toulon. Var. PP 10-19.

Lefèvre-Balleydier A., (2006) . Petit atlas des mers et océans, Ed. Broché. PP 28-69.

Mobio B-A., Affian K., Djagoua E-V., Robin E-M et Kouame K-A., (2009). Estimation par l'imagerie satellitaire des courants de surface des eaux du plateau continental Ivoirien : Approche de la méthode du maximum de corrélation croisée, Ed. Université de Cocody. Abidjan. Cote d'Ivoire. PP112-118.

Morin D., (1998). Cartographie des zones urbaines à l'aide des images aéroportées MEIS-II. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 19, n° 5. PP 883-894.

Office National de la Météorologie., (2011).

Shéma Directeur de l'Aménagement Touristique.,(2005).

Soudani K., (2005). Rôle potentiel de la télédétection pour des applications environnementales, Ed. Laboratoire d'écophysiologie végétale. PP 2-10.

Stramski D et Wozniak B., (2005). On the role of colloidal particles in light scattering in the ocean. *Limnol*, Ed. *Oceanogr*. PP 1581-1591.

Triskati B., (2005). Study of MODIS Aqua for mapping total suspended matter in coastal waters. *Remote sensing and Earth sciences*. Septembre 2005.

Van E., (2002). Le phytoplancton et le zooplancton, Ed. Science. Rescof. 50 P.

Weber B., (2002). Suivi multi-temporel de la concentration de la chlorophylle en Méditerranée Orientale à l'aide de SeaWiFS et de Landsat ETM, Rapport de stage au GRID.

Weber B., Jaquet J-M et Faour G., (2004). Cartographie et origine des panaches chlorophylliens côtiers en Méditerranée orientale à partir des images de SeaWiFS et d'ETM+ de LANDSAT-7, *Télédétection*, vol.4, n°2, PP 175-195.

Wong M-S., Nichol J-E., Lee K-H et Emerson N. (2008). Modeling water quality using Terra/MODIS 500m satellite images. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing 2008.

Sites web :

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

(<http://seadas.gsfc.nasa.gov/>).

Annexes

Annexe I : Potentialité en eaux superficielle de la zone littorale de Jijel**Tableau 04** : 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	-

Présenté par : Arzim Leila

Encadreur : M. Boudjelal Ferhat

Bousfat Ridha

Date de soutenance : 02/07/2012

Thème :

Estimation des matières en suspension dans la zone marine côtière de Jijel à partir d'images satellitaires

Résumé

La présente étude montre que l'estimation de la pollution des eaux côtières de Jijel, à partir d'images satellitaires MODIS, donnent des résultats satisfaisants. L'analyse des cartes des matières en suspension et de chlorophylle, extraites à partir de ce type d'images, montre que la concentration des deux paramètres est plus élevée à proximité des estuaires qu'au large et qu'il existe une corrélation positive entre matières en suspension et chlorophylle d'une part et entre matières en suspension et précipitations d'autre part.

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

الملخص

هذه الدراسة تبين أن هذا التقدير لتلوث المياه الساحلية لولاية جيجل، من صور الأقمار الصناعية موديس يعطي نتائج مرضية. تحليل الخرائط من المواد العالقة والكلوروفيل، المستخرجة من هذه الصور يظهر أن تركيز العاملين أعلى قرب مصبات الأنهار منه في وسط البحر، وهناك علاقة طردية بين المواد العالقة و الكلوروفيل من جهة، وبين المواد العالقة ومتوسط الأمطار من جهة أخرى.

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

Abstract

This study shows that the estimate of the pollution of coastal waters of Jijel, from MODIS satellite imagery, gives satisfactory results.