

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique  
جامعة محمد الصديق بن يحيى- جيجل  
Université Mohammed Seddik Ben Yahia-Jijel



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences de l'environnement  
et des sciences Agronomiques

كلية علوم الطبيعة و الحياة  
قسم: علوم المحيط و العلوم الفلاحية

## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Biologie**

Option : **Monitoring des hydro systèmes continentaux**

### **Thème**

**Suivi de la dynamique intrannuelle de la chlorophylle  
dans les eaux côtières Est de Jijel à partir d'images  
satellitaires**

#### Membres de Jury

**Président** : M. <sup>elle</sup> Khennouf H.

**Examineur** : Mr. Younsi S.

**Encadreur**: Mr. Boudjelal F.

#### Présenté par :

<sup>elle</sup>  
M. Houli Zineb

<sup>elle</sup>  
M. Merrouche Donia

*Session : juin 2017*

Numéro d'ordre (bibliothèque) : .....

## **Remerciements**

*On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Les cinq années de maîtrise nous ont permis de bien comprendre la signification de cette phase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les r nécessitent de longues heures de travail.*

*Avant de commencer la présentation du travail de ce mémoire. Et en tout premier lieu Nous remercions **DIEU** le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté d'achever ce travail et sans lequel il n'aurait jamais été Accompli.*

*C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre encadrant **Mr Boudjelal Ferhat** pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail, pour son esprit d'encadrement, sa volonté et ses précieuses orientations combien bénéfique et instructives et que nous tenons remercier vivement pour tout ce qu'il nous a appris.*

*Nous adressons me également nos sincères remerciements à l'ensemble des membres du jury pour avoir accepté d'examiner et de juger ce modeste travail*

*à savoir **Mr Younsi Salah Eddine** et M<sup>elle</sup> **Khennouf Hanane***

*Nos remerciements vont également à mes collègues de l'université. Un grand merci à tous ceux qui ont rendu l'ambiance agréable au sein de notre promotion nous avons remercié pour les excellents moments passés ensemble.*

*Très nombreux les gens qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail, tous en nous excusant auprès de ne pas les citer, nous leur notre vive reconnaissance.*

**Donia et Zineb**

# ***DEDICACES***

*A ma mère , A mon père...*

*Pour leurs sacrifices et leurs efforts consentis, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde affection .*

*A mes frères et sœurs...*

*Pour leurs compréhensions et leurs encouragements ,  
Qu'ils trouvent ici l'expression de ma sincère amitié.*

*Donia*

## *Sommaire*

<b>Liste des figures.....</b>	<b>i</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>ii</b>
<b>Liste des abréviations.....</b>	<b>iii</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : synthèse bibliographique</b>	
<b>Téledétection et propriétés de l'eau de mer</b>	
I.1. propriétés de l'eau de mer.....	3
I.1.1 Les propriétés physico-chimiques de l'eau de mer.....	3
I.1.1.1. Température.....	3
I.1.1.2. Salinité.....	3
I.1.1.3. Oxygène dissous.....	3
I.1.1.4. La turbidité.....	4
I.1.1.5. Transparence.....	4
I.1.1.6. Matières en suspension.....	4
I.1.1.7. Chlorophylle.....	4
I.1.2. Les propriétés biologiques de l'eau de mer.....	5
I.1.3. Propriétés optiques des eaux.....	6
I.1.3.1. Propriétés optiques inhérente.....	6
I.1.3.2. Propriétés optiques apparentes.....	7
I.1.4. Couleur de l'eau.....	8
I.1.5. La pollution des eaux de mer.....	8
I.1.5.1. Définition.....	8
I.1.5.2. Les principaux types de la pollution des eaux.....	8
I.2. La téledétection.....	10
I.2.1. Définition.....	10
I.2.2. Les étapes de la téledétection.....	10
I.2.3. Les avantages de la téledétection.....	11

I.2.4. Les images satellitaires .....	11
I.2.5. Exemple d'images satellitaire .....	12
I.2.6. Cartographie de la chl <sub>a</sub> et de la qualité de l'eau de mer à partir des images Landsat .....	12

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

II.1. Présentation de la zone d'étude .....	14
II.1.2. Les caractéristiques climatiques .....	14
II.1.2.1. La pluviométrie .....	14
II.1.2.2. Le vent .....	15
II.2. Matériel .....	16
II.2.1. Les images satellitaires utilisées .....	16
II.2.2. Les logiciels utilisés .....	16
II.2.2.1. Logiciel de MultiSpec .....	16
II.2.2.2. Logiciel de Beam .....	16
II.3. Méthodes .....	16
II.3.1. Méthodes de téléchargement des images Landsat 8 .....	16
II.3.1.1. Procédure d'acquisition des images satellitaires .....	17
II.3.2. Méthodes de traitement des images .....	17
II.3.2.1. Délimitation de la zone d'étude .....	17
II.3.2.2. Création d'un fichier multispectral .....	19
II.3.3. Méthodes de traitement par Beam .....	19
II.3.3.1. Cartographie de la chl <sub>a</sub> sous Beam .....	21

## **Chapitre III : Résultats et discussion**

III.1. Dynamique spatiale de la chlorophylle a .....	24
III.2. Dynamique saisonnière de la chlorophylle a .....	28
<b>Conclusion</b> .....	<b>30</b>

## **Références bibliographiques**

Liste des figures

<b>N° de Figures</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 01</b>	Etapas de la télédétection	<b>11</b>
<b>Figure 02</b>	Vue générale de la zone d'étude	<b>14</b>
<b>Figure 03</b>	La page d'accueil du site de téléchargement des images Landsat.	<b>17</b>
<b>Figure 04</b>	Délimitation de la zone d'étude sous Multispec	<b>18</b>
<b>Figure 05</b>	Etapas de création d'un fichier multispectralc	<b>19</b>
<b>Figure 06</b>	Affichage des fichiers multispectraux sous Beam	<b>20</b>
<b>Figure 07</b>	Affichage de la bande 2 nécessaire pour les images de chla	<b>20</b>
<b>Figure 08</b>	Affichage de la bande 4 nécessaire pour les images de chla	<b>21</b>
<b>Figure 09</b>	Application de l'algorithme sous Beam	<b>22</b>
<b>Figure 10</b>	affichage des images de chlorophylles sous Beam	<b>22</b>
<b>Figure 11</b>	Affichage des histogrammes statistique pour la concentration de la chlorophylle	<b>23</b>
<b>Figure 12</b>	Répartition de la Chla dans la zone d'étude pour le 11 -1-2015	<b>24</b>
<b>Figure 13</b>	Répartition de la Chla dans la zone d'étude pour le 03 -05-2015	<b>25</b>
<b>Figure 14</b>	Répartition de la Chla dans la zone d'étude pour le 07-08-2015	<b>26</b>
<b>Figure 15</b>	Répartition de la Chla dans la zone d'étude pour le 11 -11-2015	<b>27</b>
<b>Figure 16</b>	Variabilité saisonnière de la chla dans la côte Est de Jijel	<b>28</b>

## Liste des tableaux

<b>N° de Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I</b>	Couleur de l'eau en fonction des particules présentes	<b>08</b>
<b>Tableau II</b>	Principaux types de pollution des eaux	<b>08</b>
<b>Tableau III</b>	les bandes spectrales de landsat 8	<b>12</b>
<b>Tableau IV</b>	cumul annuelle des précipitations en (mm) dans la zone d'étude	<b>14</b>
<b>Tableau V</b>	vitesses moyennes annuelles du vent (Km /H ) pendant le période d'étude	<b>15</b>
<b>Tableau VI</b>	Concentration de la chlorophylle ( $\mu\text{g/L}$ ) pour le 11 janvier 2015	<b>24</b>
<b>Tableau VII</b>	Concentration de la chlorophylle ( $\mu\text{g/L}$ ) pour le 03 mai 2015	<b>25</b>
<b>Tableau VIII</b>	Concentration de la chlorophylle ( $\mu\text{g/L}$ ) pour le 07 août 2015	<b>26</b>
<b>Tableau IX</b>	Concentration de la chlorophylle ( $\mu\text{g/L}$ ) pour le 11 novembre 2015	<b>27</b>
<b>Tableau X</b>	Concentration de la chlorophylle ( $\mu\text{g/L}$ ) pour les séries saisonnières	<b>28</b>

**Liste des abréviations**

<b>Abréviation</b>	<b>Désignation</b>
<b>OD</b>	Oxygène dissous
<b>CCT</b>	Centre Canadien de Télédétection
<b>Chl. a</b>	Chlorophylle a
<b>MES</b>	Matière en suspension
<b>MOD</b>	Matière organique dissoute
<b>MOP</b>	Matière organique particulaire
<b>NASA</b>	National Aeronautics and Space Administration
<b>pH</b>	Potentiel hydrogène
<b>SARAS</b>	Servise de Recherche et Application Spatiales
<b>TIF</b>	Tagged Image File
<b>TC</b>	Table couleur
<b>UV</b>	Ultraviolet

## **Introduction**

Les définitions relatives au domaine côtier sont nombreuses et souvent contradictoires.

D'un point de vue fonctionnel, c'est à dire basé sur une vision systémique du monde, la zone côtière est généralement définie comme l'espace dans lequel l'environnement terrestre influence l'environnement marin (ou lacustre) et vice versa, le domaine côtier étant la réunion de ces deux environnements (**Durand,2000**).

Les eaux côtières, interfaces entre le continent et l'océan ouvert, sont des écosystèmes particulièrement importants et fragiles. Elles occupent 15% de la surface du globe, fournissent 90% des produits de la pêche, supportent 25 % de la productivité biologique globale et près de 80% de la biodiversité marine (**Petus, 2009**).

Les écosystèmes côtiers et estuariens devraient être au cœur des politiques environnementales de développement à cause des énormes bénéfices économiques et écologiques que ces régions apportent aux pays (**Durand, 2000**). De plus, la zone côtière est la plus soumise aux agressions de pollutions de différente nature à cause du développement des activités anthropiques qui occasionnent des effets directs ou indirects sur cet environnement et les activités qui y prennent place: (industries, pêche, agriculture, etc.) . Ces contraintes engendrent de plus en plus souvent des perturbations et une modification rapide des caractéristiques du milieu.

La surveillance de la qualité des eaux côtière est fondée 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**).

L'eau de mer peut contenir plusieurs constituants tels que le phytoplancton, constitué d'organismes unicellulaires riches en pigments chlorophylliens. Ainsi, les eaux riches en phytoplancton ont une couleur verdâtre car la chlorophylle contenue dans le phytoplancton absorbe la composante bleue. D'autres constituants sont également contenus dans l'eau de mer, telles des particules en suspension et de la matière organique dissoute. Ces constituants vont aussi modifier la couleur de l'eau, surtout dans les eaux côtières. Tous ces éléments engendrent des variations spectrales de la lumière réfléchiée par les eaux de surface. L'étude de la mesure du signal optique rétrodiffusé par la couche superficielle de l'eau de mer (intensité, variation spectrale, etc.) a pour but d'estimer la concentration des différents constituants qu'elle renferme.

La télédétection de la couleur de l'océan est l'étude de ce signal mesuré à l'aide de capteurs optiques par opposition aux techniques de prélèvement d'échantillons d'eau de mer (**Ben Mustapha, 2014**).

Le présent travail qui s'intitule suivi de la dynamique intrannuelle de la chlorophylle dans les eaux côtières Est de Jijel à partir des images satellitaires a pour objet d'étudier la dynamique de la chlorophylle (Chl.a) entre les différentes saisons et répondre à la question suivante :

Y a-t-il des différences importantes dans la répartition spatiale et saisonnière de la chlorophylle dans la zone d'étude ? Pour cela, on a organisé notre travail en trois chapitres :

Après une introduction générale, le premier chapitre s'intéresse à une étude bibliographique dans laquelle sont évoquées les notions fondamentales sur les caractéristiques des eaux , des rappels concernant la notion de télédétection et les images satellitaires . Dans le deuxième chapitre nous avons abordé description de la zone d'étude sa situation et ses caractéristiques et la présentation des matériels et méthodes. Dans le troisième chapitre nous allons présenter les résultats obtenus dans notre étude et l'interprétation et la discussion de ces résultats et .en fin nous terminerons par une conclusion générale.

## **I.1. Propriétés de l'eau de mer**

L'océan côtier représente un environnement critique soumis à de nombreuses contraintes. Il est l'interface entre les continents, l'atmosphère et l'océan. Les zones côtières sont, par ailleurs, au carrefour de nombreux enjeux socio-économiques et écologiques et représentent une fraction significative de la productivité de l'océan global. Cette Productivité est le résultat de l'eutrophisation, elle-même provoquée par les apports de Nutriments terrigènes et les cycles saisonniers de mélange vertical et de stratification. Ces Phénomènes engendrent des eaux de surface riches en nutriments favorables à la croissance du phytoplancton et à la photosynthèse (**Lorthiois, 2012**).

### **I.1.1. Les propriétés physico-chimiques de l'eau de mer**

#### **I.1.1.1. Température**

Les variations spatiales de la température sont horizontales, liées aux échanges entre les eaux douces et les eaux marines. Le mélange de ces eaux associé à l'ensoleillement engendre également une variation de la température verticalement dans la colonne d'eau, en général de faible importance. La température de l'eau est un paramètre qui conditionne la présence des espèces selon leur thermo résistance (**Foussard et Etcheber, 2011**).

#### **I.1.1.2. 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 (**Bachari Houma, 2009**).

#### **I.1.1.3. Oxygène dissous (OD)**

L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre important du milieu qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. La concentration en oxygène dissous est liée aux facteurs physiques (température, échange air-mer et la salinité), chimiques (oxydation chimique) et biologiques (photosynthèse, respiration et régénération). La teneur en oxygène dissous peut subir des variations importantes. (**Bachari Houma, 2009**). La teneur en oxygène dissous des eaux estuariennes est très dépendante de la température de l'eau, de sa salinité (à moindre échelle) mais aussi de l'hydrodynamisme des masses d'eau. (**Makhoukh et al., 2011**).

#### **I.1.1.4 La turbidité**

La turbidité des eaux est directement liée à la charge particulaire du fleuve. Elle est également gouvernée par la rencontre des eaux douces et marines qui provoque une floculation de particules colloïdales à l'origine d'un bouchon vaseux ou la charge particulaire varie selon diverses échelles de temps. **(Carlos et al., 2000).**

#### **I.1.1.5. Transparence**

Pour une description complète et satisfaisante d'une masse d'eau, la mesure de la transparence du milieu est indispensable, c'est-à-dire la pénétration de la lumière la connaissance de ce facteur a une double importance, il détermine l'intensité lumineuse pénétrant sous la surface, donc l'épaisseur de la couche photosynthétique productive, où s'élabore la matière vivante grâce à la photosynthèse. Il permet également une approche de la quantité de particules en suspension **(Bachari Houma, 2009).**

#### **I.1.1.6.Matières en suspension**

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc . Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution.

Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide **(Makhoukh et al., 2011).**

#### **I.1.1.7.Chlorophylle**

La chlorophylle est un composé chimique indispensable à la photosynthèse. Sa présence dans tous les organismes végétaux, associée à l'énergie solaire, leur permet de synthétiser ses propres matières organiques carbonées à partir du carbone minéral.

Dans les milieux aquatiques, les algues possèdent une diversité de pigments dont les plus importants sont les chlorophylles a, b, c1, c2 et d. La chlorophylle a est le pigment photosynthétique principal du phytoplancton qui est considéré comme étant un bon indicateur de la santé de l'océan et de son niveau de productivité et de la biomasse phytoplanctonique La concentration de chlorophylle est utilisée pour l'estimation de la production primaire **(Bachari Houma, 2009).**

## I.1.2. Les propriétés biologiques de l'eau de mer

### ❖ Le plancton

D'après (Balvay, (1994) in Bouchefifa et Aouifer (2007). Le plancton c'est des organismes vivants qui flottent passivement au sein des eaux. ces organismes sont généralement transparents, mais ils peuvent aussi paraître d'un bleu intense, qui les rend indiscernables des eaux ou ils évoluent, ou encore se fondre dans les couleurs des grande profondeurs, optant alors pour un brun ou une teinte de rouge, rassemblant 90% des organismes vivants dans les mers qui sont réparties en deux grandes catégories : le plancton végétal (phytoplancton) et le plancton animal (zooplancton) (Léfèvere-Balleydier, 2006 in Bouchefifa et Aouifer (2007).

#### A- Le plancton animal

Le zooplancton représente l'ensemble des organismes animaux ou assimilés qui se déplacent au grés des courants, on trouve dans ce plancton, les groupes d'animaux depuis les protozoaires jusqu'aux larves des crustacés et des poissons, ces organismes consomment du phytoplancton ou d'autres organismes de zooplancton, ils ne sont pas tributaires de la lumière, et de ce fait, on le trouve à toutes les profondeurs.

Il comprend des animaux adultes de très petite taille (copépodes) et des larves d'animaux de plus grande taille qui eux, ne vivent pas dans le plancton (par exemple les petits des crabes Van (2002) in Bouchefifa et Aouifer (2007).

#### B – le plancton végétal

Le phytoplancton constitue le premier maillon de la chaîne alimentaire dont va dépendre le reste des organismes vivants supérieurs.

Il est également à la base de la production en oxygène dissous la plus importante dans les milieux aquatiques grâce à la photosynthèse. La quantité de phytoplancton à proprement dite étant difficile à mesurer, il est possible de quantifier leur biomasse à travers leur activité chlorophyllienne. La chlorophylle a est un pigment photosynthétique permettant de quantifier la biomasse totale de phytoplancton actif (proportion à la matière végétale morte quantifiée par les phéopigments).

En effet, en cas de prolifération algale facilitée entre autre par des apports en sels nutritifs importants, la teneur en chlorophylle a est bien supérieure aux valeurs attendues en raison d'une activité biologique croissante. On parle alors de blooms phytoplanctoniques pouvant engendrer une désoxygénation importante des eaux lors de la dégradation de la matière organique produite.

On parle alors de processus d'eutrophisation des eaux. Le suivi de la chlorophylle a paraît important pour juger :

- (1) si les ressources trophiques sont Suffisantes dès ce premier maillon de la chaîne alimentaire.
- (2) si le phytoplancton est suffisamment productif pour favoriser l'oxygénation des eaux .
- (3) à l'inverse, si les biomasses observées ne sont pas excédentaires, au risque d'entraîner des surconsommations d'oxygène lors de la dégradation de ces populations phytoplanctoniques.

**Foussard et Etcheber ., (2011).**

### **Le necton**

Selon **Léfèvre-Balleydier (2006) in Bouchefifa et Aouifer (2007)**. 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 d'eau.

### **Le benthos**

Ce sont des plantes et des organismes évoluent près du fond ou y vivent fixés , plus abondants à proximité des côtes qu'au large , ils doivent alors faire a l'agitation de la houle et des marées comme par exemple les oursins et la poulpe . En définitive, le benthos se répartit en deux types : les organismes vivants a la surface du fond (vie épigée ) et ceux qui se logent dans les fonds (vie endogée) (**Léfèvre-Balleydier( 2006) in Bouchefifa et Aouifer (2007)**).

### **I.1.3. Propriétés optiques des eaux**

Les constituants de l'eau de mer optiquement significatifs, comme le matériel en suspension minéral, la chlorophylle, la le Matière organique dissoute colorée (CDOM) et les molécules d'eau, déterminent les propriétés optiques inhérentes (IOPs) de l'eau de mer telle que les coefficients spectraux d'absorption, de diffusion et de rétrodiffusion. Les substances optiquement actives influencent également les propriétés optiques apparentes (AOPs), qui expliquent le devenir d'un rayonnement lumineux dans l'eau. (**Petus, 2009**).

#### **I.1.3.1. Propriétés optiques inhérentes**

Les propriétés optiques inhérentes ou IOPs (Inherent Optical Properties) d'une eau naturelle définissent son comportement optique, c'est à dire ses propriétés d'interaction avec un rayonnement incident, indépendamment des conditions d'éclairement. 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 l'albédo de diffusion. Tous ces coefficients varient de façon significative en fonction de la longueur d'onde d'observation (**Doxaran, 2001**).

#### **➤ L'absorption**

Est une dissipation de la lumière sous forme de chaleur ou d'une autre énergie rayonnante. Le rayonnement absorbé se transforme en chaleur, le reste est réfléchi avec des caractéristiques modifiées.

Ainsi , un objet frappée par la lumière solaire absorbe certaines longueurs d'onde et réfléchit d'autre, (**Antoine , 1998**).

### ➤ Diffusion et rétrodiffusion

Selon **Antoine (1998)**, la diffusion est possible grâce aux fluctuations de densité du milieu. Sans ces fluctuations, il y aurait annihilation par interférence des rayonnements émis par les molécules (qui agissent comme dipôles rayonnants, suivant la théorie de Rayleigh). Le phénomène est en outre accentué dans l'eau de mer, par rapport à l'eau pure, par les fluctuations de concentration des différents ions.

La réflectance est le taux de lumière renvoyé vers le ciel par l'objet. Ainsi, la neige à une réflectance proche de 90 %, c'est-à-dire qu'elle renvoie 90 % de la lumière qu'elle reçoit (**Froidfond et Doxaran, 2004**).

Selon **Morel (1973)**, la réflectance diffuse de l'eau est le rapport entre l'éclairement ascendant à la longueur d'onde juste à la surface de l'eau et l'éclairement descendant à la longueur d'onde juste à la surface de l'eau ; ce facteur de réflectance varie de 0 à 1 ou de 0 à 100% .

### ➤ Atténuation

Selon **Foidfond et Doxaran (2004)**, les deux phénomènes, l'absorption et la diffusion, coexistent.

Leur somme constitue l'atténuation de la lumière. On distingue deux types de l'eau de mer :

Les eaux littorales (type 2) : les propriétés optiques sont influencées par la lumière jaune, les sédiments en suspension, les détritiques et les bactéries.

Les eaux océanique (au large ; type 1) : les caractéristique optiques de ces eaux sont dominées par la chlorophylle et les pigments détritiques associés.

#### I.1.3.2. Propriétés optiques apparentes

Les propriétés optiques apparentes ou AOPs (Apparent Optical Properties) interviennent dès lors que l'on utilise des quantités spectro radiométriques pour décrire le devenir d'un rayonnement lumineux dans un milieu aqueux. Elles dépendent du milieu de propagation de l'onde lumineuse (donc des IOPs) et de la structure directionnelle du champ de rayonnement ambiant. Nous définirons ici les AOPs les plus couramment employées, à savoir :

- la réflectance (réflectance diffuse ou « irradiance reflectance », la réflectance de télédétection ou « remote sensing réflectance », la réflectance de luminance).
- le coefficient d'atténuation diffuse pour l'éclairement spectral descendant (**Doxaran, 2001**).

### I.1.4. Couleur de l'eau

D'après **Ivanoff (1975)** la sensation de couleur dépend de la répartition spectrale du rayonnement considéré dans le domaine des radiations visibles, par suite d'une remarquable propriété de la vision humaine ; alors que la couleur de la mer est déterminée par la répartition spectrale de l'éclairement rétrodiffusé, et par celle de l'éclairement réfléchi, plus exactement par celle de l'éclairement diffus et réfléchi. La couleur de l'eau de mer est liée essentiellement à la nature très absorbante dans le proche infrarouge et très diffusant dans l'ultraviolet de l'eau, mais également aux propriétés optiques des constituants qu'elle renferme (**Thilieux (1997) in Bouchefifa et Aouifer, (2007)**).

**Tableau I : Couleur de l'eau en fonction des particules présentes (Bachari Houma, 2009).**

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

### I.1.5. La pollution des eaux de mer

#### I.1.5.1. Définition

Le problème de la pollution des eaux de mer 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 anthropique.

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

#### I.1.5.2. Les Principaux types de pollution des eaux

**Tableau II : Principaux types de pollution des eaux (Ramade, 2000).**

Type de pollution	Nature physicochimique	Source ou agent causal
<b>1- Physique</b> Pollution thermique , pollution radioactive	Rejet d'eau chaude	Centrales électriques
	Radio-isotope	Installations nucléaires
<b>2-Chimique</b> Pollution par les engrais	Nitrates,	Agriculture
	Phosphates	Lessives
	Cadmium, mercure, plomb,	Industrie, agriculture,

-Pollution par des éléments toxiques	aluminium, arsenic, etc.	combustion (pluies acides)
Pollution par les pesticides	Insecticides , herbicides , fongicides , etc.	Agriculture (industries, Transport)
Pollution par les détersifs	Agents tensioactifs	Effluents domestiques (industriels )
Pollution par les hydrocarbures	Pétrole brut et ses dérivés (carburants et autres produits raffinés )	industrie pétrolière, Transports, chaufferies industrielles
Pollution par les composés organochlorés	PCB , insecticides , solvants chlorés	Industrie , agriculture
Pollution par les divers autres composés organiques de synthèse	Très nombreuses molécules 120000	Industrie, usages dispersifs en particulier domestiques pour certains
<b>3-Matières organiques fermentescibles</b>	Glucides , lipides, protides ; acides nucléiques	Effluent domestiques, agricoles, industries agroalimentaires , industries du bois (papeteries)
<b>4-Pollution microbiologique</b>	Bactéries, virus entériques champignons	Effluents urbains , élevage ; abattoir, secteur agroalimentaire en général

❖ **Impact de la pollution par les MES sur la chlorophylle**

La pollution par les MES se traduit par une diminution de la lumière donc elle a 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 Rochons , (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.

Les effets majeurs de l'eutrophisation en milieu marin côtier reportés sont généralement liés à l'accroissement de la biomasse phytoplanctonique et blooms nuisibles, la réduction de la transparence de l'eau, l'élévation du pH et la diminution de l'oxygène dissous dans la colonne d'eau (Bachari Houma, 2009).

## I. 2. Télédétection et images satellitaires

### I.2.1. Définition

La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la terre (y compris l'atmosphère et les océans), sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'une information qu'il représente, pour ensuite mettre en application cette information (Kergomard, 1988) .

### I.2.2. Les étapes de la télédétection

- **Source d'énergie** : Il nous faut avoir une source d'énergie pour illuminer la cible. Cette énergie peut être les rayons du soleil eux-mêmes ou elle peut être émise par le dispositif de télédétection (par exemple, dans le cas du radar). On appelle cette énergie «le rayonnement ».
- **Interaction avec l'atmosphère** : Durant son parcours à travers l'atmosphère, l'énergie utilisée pour illuminer la cible interagit avec l'atmosphère, et ce, dans l'aller et le retour. Selon les conditions atmosphériques, il faudra plus tard faire une correction pour compenser les altérations introduites par l'interaction avec l'atmosphère.
- **Interaction avec la cible** : Une fois l'énergie arrivée à la cible, elle interagit avec celle-là. L'énergie peut être reflétée vers le capteur (satellite) ou pourrait être réfractée (dans le cas des lacs et rivières). Cela dépend toujours de la nature de la cible ainsi que de l'angle d'incidence du rayonnement.
- **Télédétection** : Le rayonnement de retour émis par la cible revient aux capteurs à distance et est enregistré.
- **Transmission des données** : Les données enregistrées par les capteurs sont transmises à des stations de réception où l'information est transformée en images.
- **Interprétation et analyse** : Une interprétation visuelle ou numérique de l'image est faite pour obtenir des informations que l'on désire obtenir de la cible. Dans cette partie du processus, on fait aussi des corrections aux images – par exemple, des corrections atmosphériques ou par rapport à l'angle du satellite.

- **Application** : Une fois les images obtenues, on utilise cette information pour mieux comprendre la cible ou pour résoudre un problème particulier **CCT (2003) in Bouhdjila et Bourouis (2008)**.

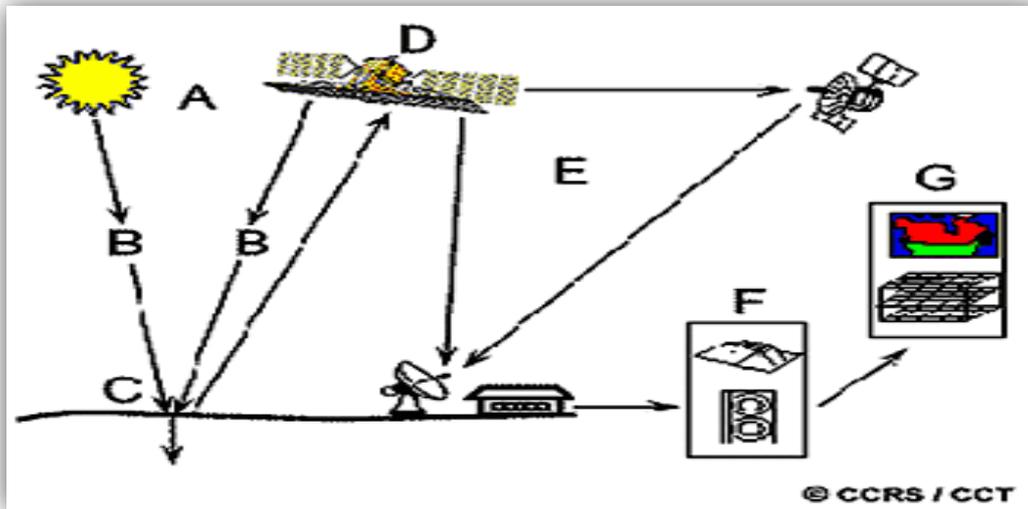


Fig 01 : Etapes de la télédétection d'après (CCT, 2003)

### I.2.3. Les avantages de la télédétection

Actuellement l'application de la télédétection dans l'étude de la couleur de la mer permet selon **Riom (1983) in Khenfri , (2008)**.

- De réaliser pour un faible cout des enquêtes rapides sur grandes surfaces.
- D'avoir accès à des renseignements impossibles à obtenir par d'autres méthodes.
- De suivre l'évolution des phénomènes biologiques grâce à la possibilité d'utiliser des données multi temporelles, fournies en particulier, par les satellites d'observation de la terre à orbites héliosynchrones.

### I.2.4. Les images satellitaires

Les images satellitaire ou images de télédétection sont des images prises a partir d'une lune artificielle (un satellite) qui orbite bien au-dessus de la terre. **S.A.R.A.S (2003) in Bouhdjila et Bourouis (2008)**.

### I.2.5.Exemple d'images satellitaires : Image Landsat 8

Landsat est un satellite héliosynchrone qui enregistre l'énergie solaire réfléchie, et dont l'orbite repasse tous les 18 jours à la verticale d'un même lieu .les données sont transférées sur bandes analogiques dont on obtient des images photographie. Ces mêmes données sont transférées sur bandes numérique utilisables par l'intermédiaire de calculateurs électroniques (**Bardinet, 1981**).

Le satellite landsat 8 portant le capteur OLI (Opérational land Imager) lancé en février 2013 offre une radiométrie améliorée (16-bits) qui est adaptée à l'étude des lacs.

L'image landsat est utilisée pour caractériser de manière qualitative la turbidité et définir de grandes classes de profondeur d'eau et ce, par analyse spatiale sous système d'information géographiques (SIG) (**Hostache, 2006**).

Chaque bande spectrale de l'image Landsat 8 possède une information qui lui est propre et donc complémentaire avec les autres bandes (**Germain et al, 2001**).

**Tableau 03 : les bandes spectrales de landsat 8 .( Peng et al., 2014).**

Nombre de bandes	Région EM	La range spectral Micromètres	Résolution (mètre)
<b>Bande1</b>	<b>Aérosol</b>	<b>0.43-0.45</b>	<b>30</b>
<b>Bande 2</b>	<b>Bleu</b>	<b>0.45-0.51</b>	<b>30</b>
<b>Bande 3</b>	<b>Vert</b>	<b>0.53-0.59</b>	<b>30</b>
<b>Bande 4</b>	<b>Rouge</b>	<b>0.60-0.67</b>	<b>30</b>
<b>Bande 5</b>	<b>Proche infrarouge</b>	<b>0.64-0.67</b>	<b>30</b>
<b>Bande 6</b>	<b>Moyen infrarouge 1</b>	<b>0.85-0.88</b>	<b>30</b>
<b>Bande 7</b>	<b>Moyen infrarouge -1</b>	<b>1.57-1.65</b>	<b>30</b>
<b>Bande 8</b>	<b>panchromatique</b>	<b>2.11-2.29</b>	<b>15</b>
<b>Bande 9</b>	<b>Cirrus</b>	<b>0.50-0.68</b>	<b>30</b>
<b>Bande 10</b>	<b>Infrarouge thermique (tirs-1)</b>	<b>10.60-11.19</b>	<b>TIRS/ETM</b>
<b>Bande 11</b>	<b>Infrarouge thermique (Tirs-2)</b>	<b>11.50-12.51</b>	<b>100/60*30</b>

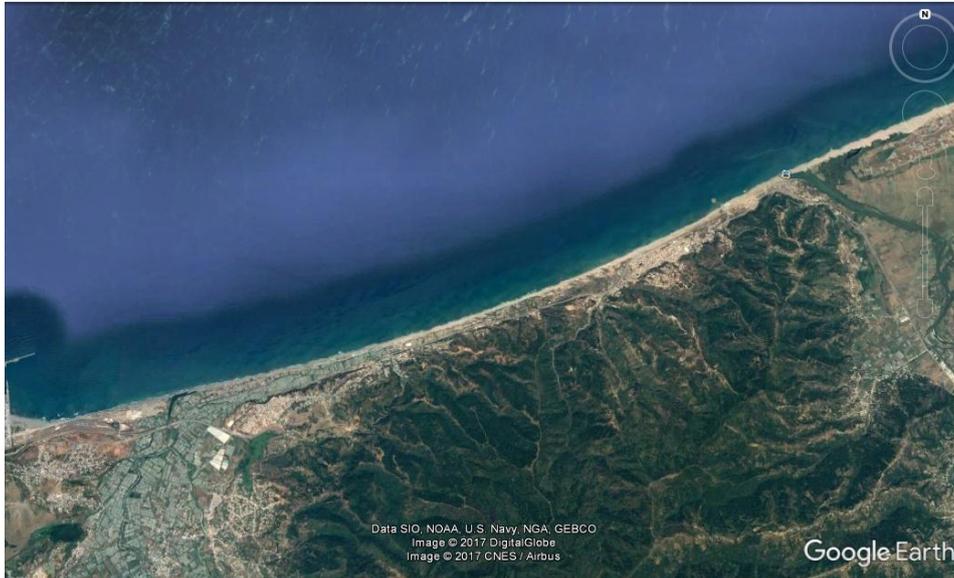
### I.2.6.Cartographie de la Chl. a et de la qualité de l'eau de mer à partir des images Landsat

L'élaboration d'algorithmes d'inversion des données satellites pour la cartographie des paramètres physiques du milieu naturel a permis de fournir de nouvelles possibilités d'analyse. Les multiples

combinaisons possibles entre les propriétés optiques de l'eau et les particules en suspension dans l'eau permettent d'estimer les concentrations des diverses composantes de l'eau et d'identifier la nature de la pollution. Ainsi l'utilisation des images satellites de Landsat a permet une cartographie relative de la chlorophylle, la turbidité, les matières en suspension, la salinité, et de la température de l'eau dans l'eau. **(Bachari Houma et al., 2011).**

## II.1.Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude fait partie des eaux de la côte Est de la wilaya de Jijel. Elle est comprise entre les latitudes 36.800 et 36.885° et les longitudes 5.900 et 6.125°.



**Fig 02 : Vue générale de la zone d'étude (Google Earth.2017).**

### II.1.2. Les caractéristiques climatiques

Cette zone est caractérisée par un climat méditerranéen à hiver doux et à été sec et chaud avec une température moyenne en aout de 30°C.

#### II.1.2.1.La Pluviométrie

La zone d'étude est caractérisée par une pluviométrie considérable et le tableau 01 représente le cumul annuelle (2011-2015).

**Tableau IV: cumul annuelle des précipitations en (mm) dans la zone d'étude (ANRH, 2015).**

Mois Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annuel
<b>2011</b>	80,1	352,3	78,6	178,4	0,0	0,0	2,5	48,5	10,7	193,9	109,1	178,5	<b>1232,6</b>
<b>2012</b>	242,2	270,5	97,8	49,8	89,3	0,0	0,0	31,8	95,7	251,2	124,4	86,0	<b>1338,7</b>
<b>2013</b>	91,9	59,3	228,2	15,5	12,2	17,1	1,2	2,4	85,3	60,4	336,6	122,0	<b>1032,1</b>
<b>2014</b>	198,8	283,3	179,4	1,5	29,3	1,5	0,0	7,0	9,2	61,4	127,5	366,1	<b>1265,0</b>
<b>2015</b>	90,3	101,5	208,2	44,8	45,0	1,0	0,0	0,0	31,9	185,1	157,7	0,0	<b>865,5</b>

**II.1.2.2.Le vent**

Les vents dominants 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 (ANRH, 2015).

**Tableau V: vitesses moyennes annuelles du vent (Km /H ) pendant la période d'étude (ANRH, 2015) .**

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Moy annuelle
------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--------------

**2011**

Moy	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,59	2,00	2,00	
Max	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	2,00	3,00	3,00	6,00	6,06	6,00	5,00	6,06
Min	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,33	0,00	1,00	0,00

**2012**

Moy	3,00	2,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	4,16	1,00	2,00	
Max	6,00	4,00	6,00	3,00	5,00	0,00	0,00	2,00	2,00	0,46	5,00	4,00	6,00
Min	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,06	0,00	0,00	0,00

**2013**

Moy	3,34	3,59	2,76	2,48		1,35		1,58	1,32	1,56	1,68	2,90	
Max	5,86	6,24	10,0	8,11		2,60		2,73	3,04	2,96	4,09	10,02	
Min	1,04	1,56	0,18	0,25		0,19		0,61	0,19	0,55	0,25	0,04	

**2014**

Moy	2,00	3,00	1,00		0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	2,00	2,00	
Max	6,00	11,00	4,00		2,00	1,00	1,00	1,00	4,00	4,00	8,00	5,00	
Min	1,00	1,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	

## II.2. Matériel

Pour notre travail nous avons utilisé des images satellitaires les mieux adaptées au but de ce travail ainsi que des logiciels spécialisés pour le traitement et l'analyse des images.

### II.2.1. Les images satellitaires utilisées

Les images utilisées dans ce travail sont du type Landsat 8, elles ont été téléchargées auprès du site Earth Explorer de l'Agence Spatiale Américaine (NASA). Les quatre images relatives aux dates : 11 janvier, 3 mai, 7 août et 11 novembre 2015 sont destinées à l'observation spatiale et saisonnière de la dynamique de chlorophylle.

### II.2.2. Les logiciels utilisés

#### II.2.2.1. MultiSpec

Le logiciel MultiSpec (Multispectral Image) est un logiciel gratuit de traitement et de visualisation d'images satellites, en particulier pour les images multi-spectrales et hyper-spectrales.

L'utilisation du logiciel MultiSpec permet d'évaluer et d'enquêter sur les changements qui sont apparus sur les types de couverture du sol mais servant surtout à l'extraction de la zone d'étude (Matt, 2005).

#### II.2.2.2. BEAM

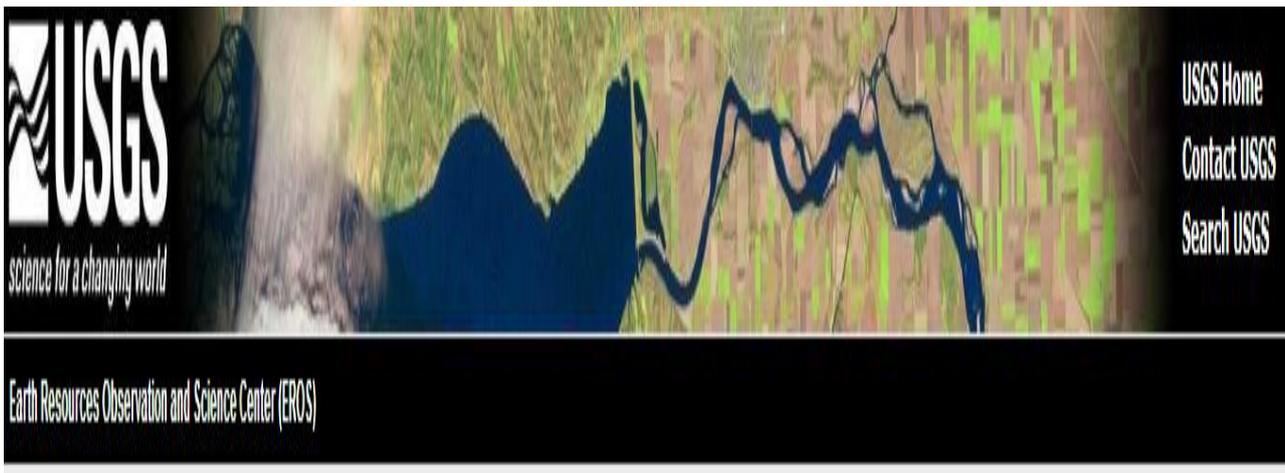
BEAM est un programme open source qui peut être téléchargé gratuitement et qui est conçu en tant que plateforme de développement pour la visualisation, l'analyse et le traitement d'images satellitaires ou d'images de modèles de la surface de la terre.

Dans un premier temps, BEAM a été créé comme un outil pour faciliter le traitement des images, mais aujourd'hui, BEAM est prêt à travailler avec d'autres formats d'images tels que GeoTIFF ou NetCDF.

## II.3. Méthodes

### II.3.1. Méthodes de téléchargement des images Landsat 8

Les images ont été téléchargées à partir du site : <http://earthexplorer.usgs.gov> de l'Agence Spatiale Américaine (NASA) (Fig.03).



**Fig 03 : la page d'accueil du site de téléchargement des images Landsat**

### **II.3.1.1. Procédure d'acquisition des images satellitaires**

Les images satellitaires sont obtenues sous forme de fichiers compressés. Une image Landsat ; même compressée est un fichier volumineux.

Après avoir été téléchargées, les images sont mises dans un répertoire du micro-ordinateur, elles sont par suite décompressées à l'aide du logiciel de décompression (7-Zip).elle deviennent par conséquent de plus en plus volumineuses.

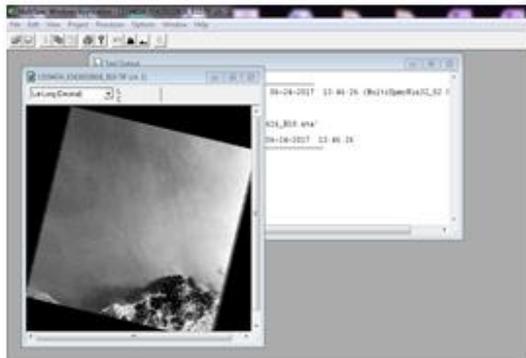
Les images Landsat sont alors au format TIF, ce format peut être traité par un logiciel spécialisé d'analyse et de traitement des images satellitaires.

### **II.3.2.Méthodes de traitement des images**

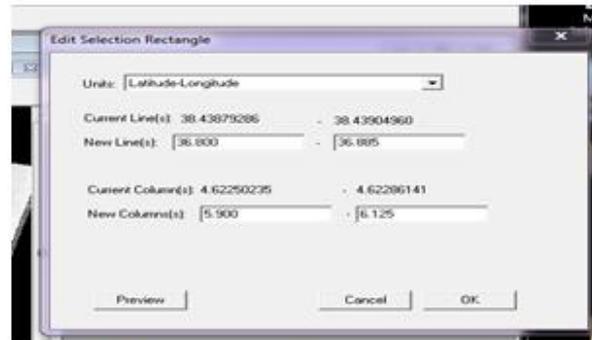
L'analyse des images Landsat comporte plusieurs étapes.

#### **II.3.2.1.Délimitation de la zone d'étude :**

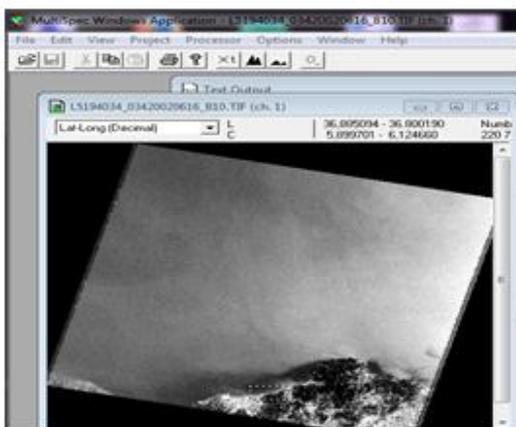
Les images téléchargées couvrent une zone très large allant de Jijel à Skikda. On utilise le logiciel multiSpec pour l'extraction de notre zone d'étude allant du port de Djendjen jusqu'à Beni\_Belaid et qui est limitée par les latitudes 36.800 et 36.885° Nord et longitudes 5.900 et 6.125° Est (**Fig.04**).



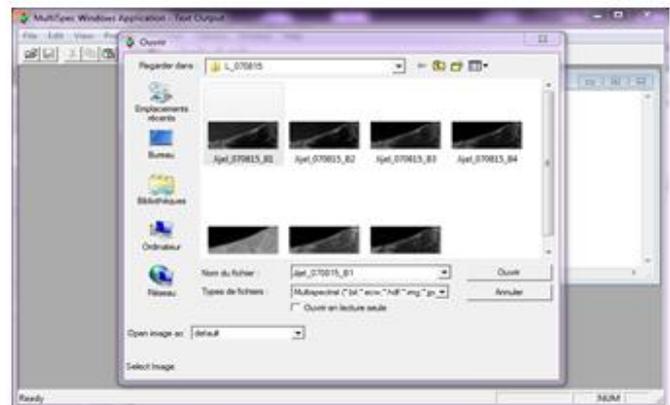
1-Ouvrir l'image sous logiciel multispectral



2-Clique Edit et choisir Edit sélection rectangle  
Et ensuite tapée les coordonnées et clique sur ok



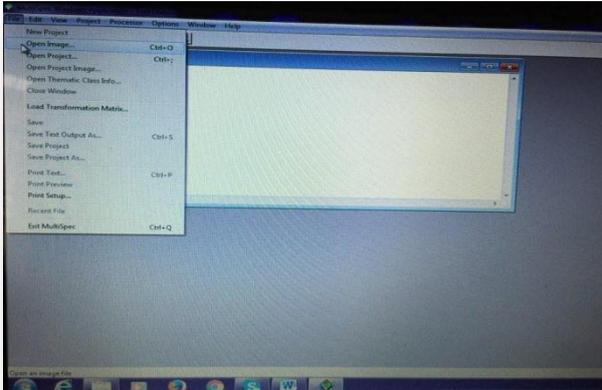
3-Délimitation de la zone d'étude



4-Puis cliquer File/save Image sélection To Geo TIFF As, puis renommer le fichier Jijel B1

Fig04 : Délimitation de la zone d'étude sous Multispec

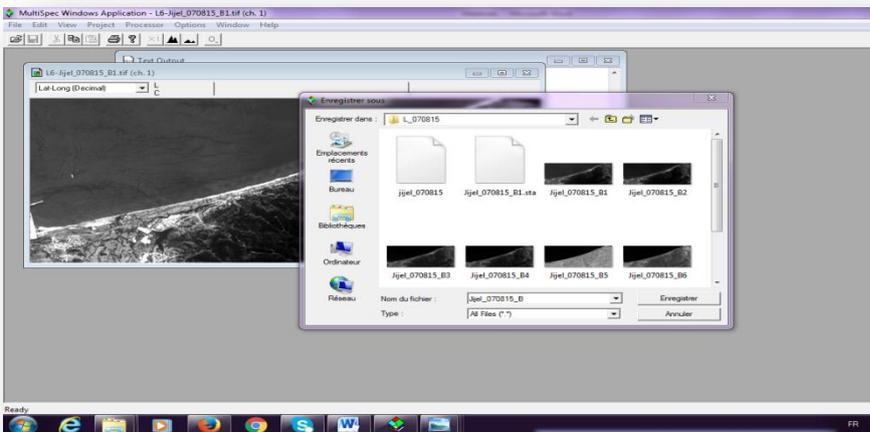
### II.3.2.2. Création d'un fichier multispectral



1- Après l'extraction de la zone d'étude on essaie de mettre les bandes de l'image sur le même fichier pour créer un fichier multispectral.



2- Après l'affichage des 7 bandes d'entrée dans multispec, on la première sous image dans le fichier multispectral.

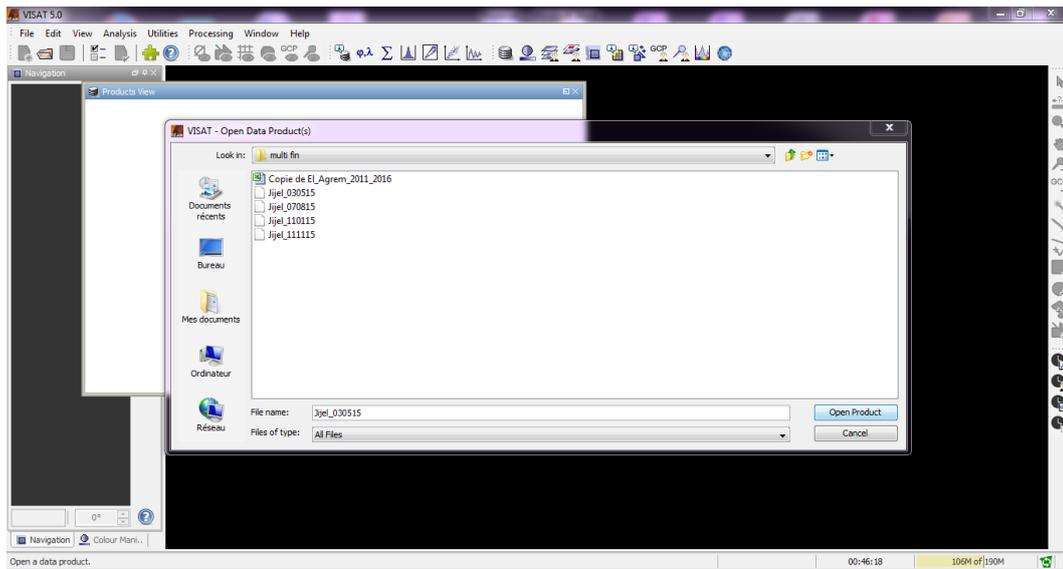


3- Une fois le fichier multispectral est disponible, il sera sauvegardé en format tif en lui donnant un nom associé à une date par exemple ( Jijel- 07-08-15).

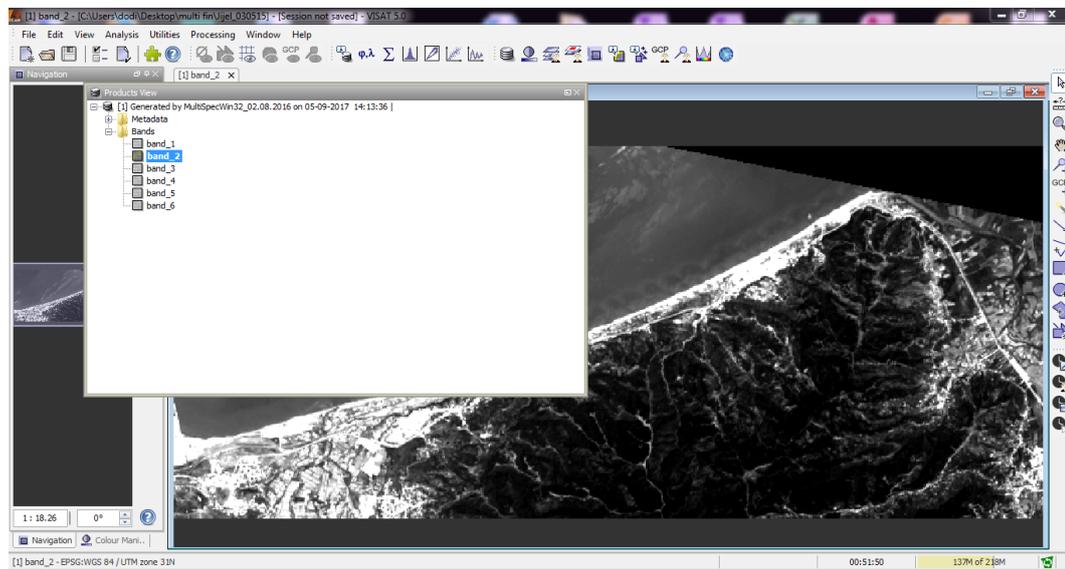
Fig 05 : Etapes de création d'un fichier multispectral

### II.3.3. Méthodes de traitement par BEAM

Le traitement par Beam consiste à ouvrir chacun des fichier multispectraux et en afficher les bandes 2 et 4 requises pour le calcul des images Chl.a ( **Fi 06**).



**Fig 06 : Affichage des fichiers multispectraux sous Beam**



**Fig 07 : Affichage de la bande 2 nécessaire pour les images de chla**

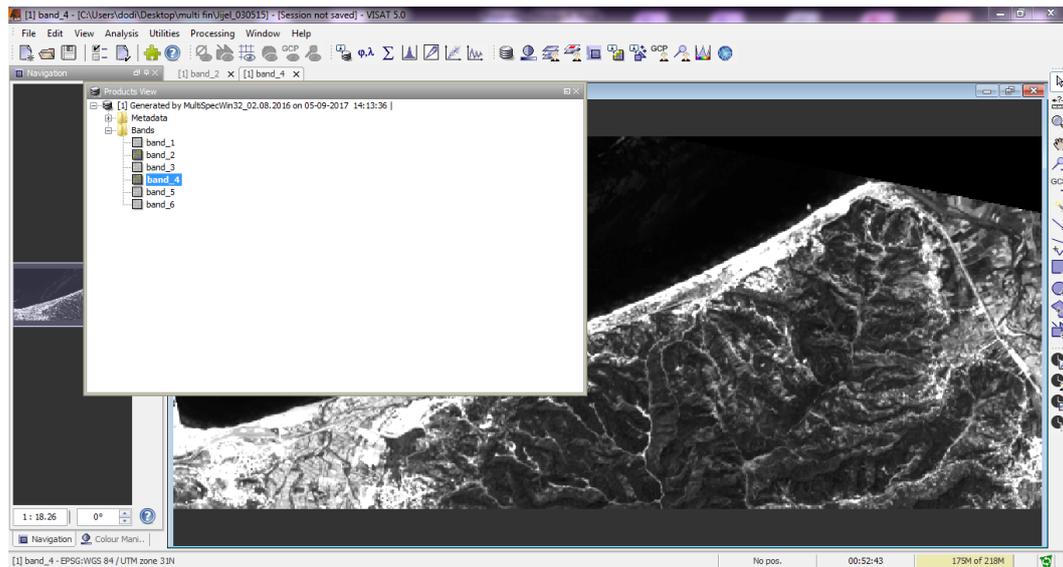


Fig 08 : Affichage de la bande 4 nécessaire pour les images de chla

### II.3.3.1. Calcul de la chlorophylle a sous Beam

La concentration en chlorophylle est ensuite calculée par un algorithme (Han et Jordan, 2005), à partir des bandes 2 et 4 des images Landsat 8.

$$\text{Log( Chla )} = -9.5126 + 12.8315 * [\log(b2) / \log(b4)]$$

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/L}) = 10^{[-9.5126 + 12.8315(\log(b2) / \log(b4))]}$$

Avec :

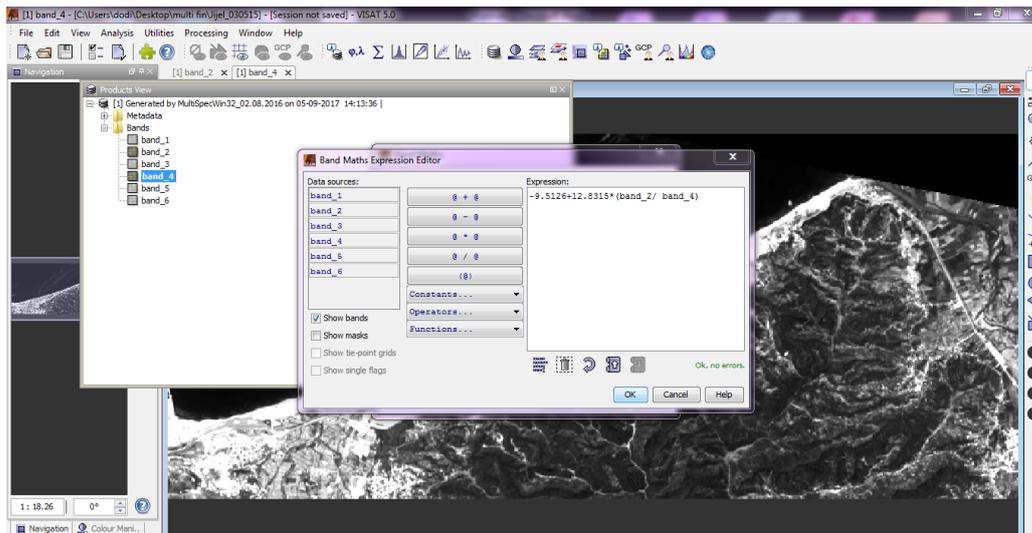
**Chl.a** : la concentration de la chlorophylle en  $\mu\text{g/L}$ .

**b2** : c'est la bande 2 de l'image Landsat 8.

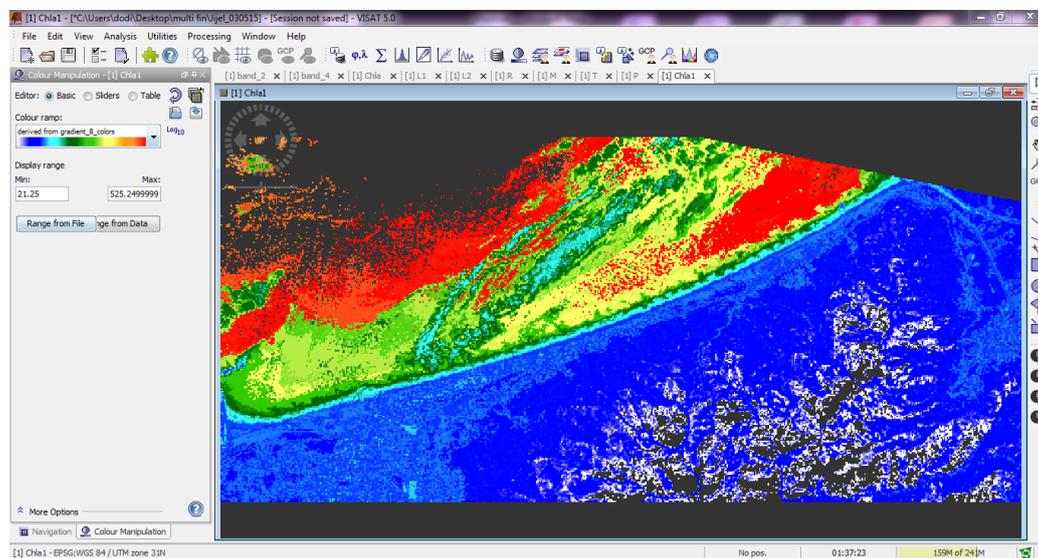
**b4** : c'est la bande 4 de l'image Landsat 8.

À l'aide de ce modèle, une carte de concentration en chlorophylle a été produite en utilisant le logiciel Beam

Le menu **Utilities** et la fonction **create Band form Math Expression** sont utilisées comme le montre la **figure 09**



**Fig 09 : Application de l’algorithme sous Beam**



**Fig 10 : affichage des images de chlorophylles sous Beam**

Ensuite les valeurs caractéristiques des différentes zones de la même image sont extraites à partir de l’histogramme et de la fonction Statistiques ( $\Sigma$ ). (Fig 11)

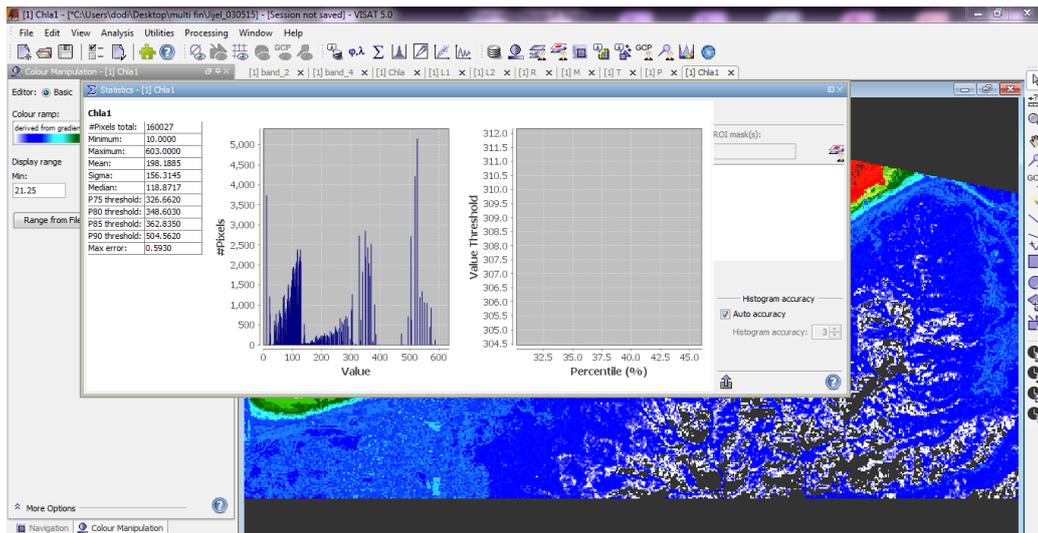


Fig 11 : Affichage des histogrammes et statistiques pour la concentration de la chlorophylle

### III. Résultats et discussion

Les résultats obtenus sont les suivants

#### III.1. Variabilité spatiale de la concentration de la chlorophylle a

- Image du 11 janvier 2015

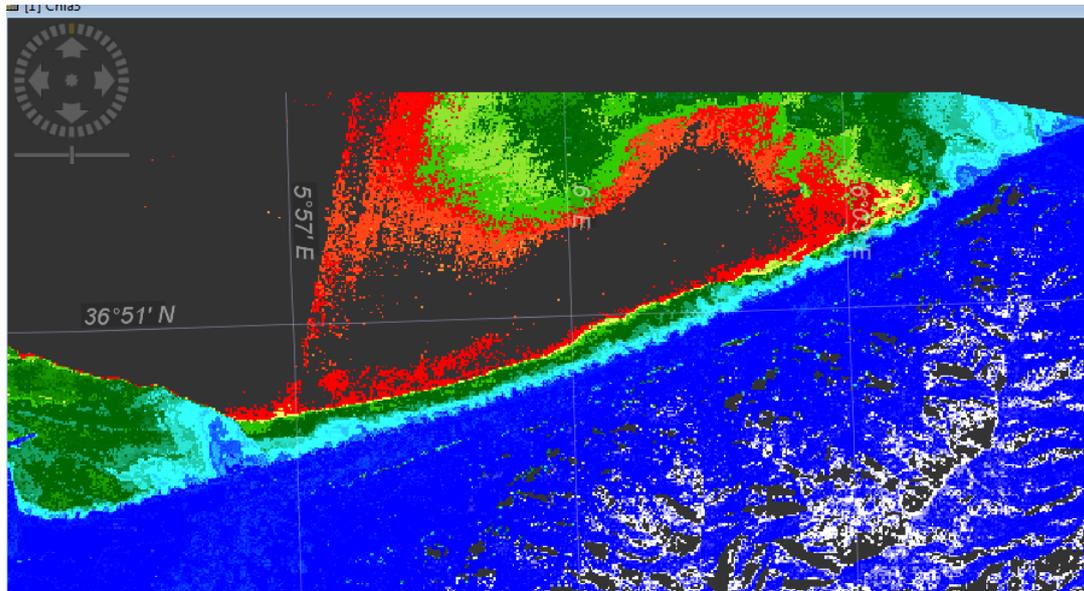


Fig. 12 : Répartition de la Chla dans la zone d'étude pour le 11 janvier 2015

Tableau VI : Concentration de la chlorophylle ( $\mu\text{g/L}$ ) pour le 11 janvier 2015.

	Zone côtière	Zone intermédiaire	Zone du large
<b>Minimum</b>	194	194	194
<b>Maximum</b>	331	<b>475</b>	331
<b>Moyenne</b>	216.46	<b>287.64</b>	222

D'après les valeurs statistiques présentées dans le tableau VI, on observe une concentration moyenne de 216.46  $\mu\text{g/L}$  dans les eaux côtières, 287.64  $\mu\text{g/L}$  dans les eaux intermédiaires et une concentration de 222  $\mu\text{g/L}$  dans les eaux du large. Ces valeurs indiquent une répartition hétérogène des panaches chlorophylliens entre les différentes zones, cette hétérogénéité peut être due à l'influence du vent, au mouvement des masses d'eau et au débit des rivières débouchant dans la zone d'étude. On observe également que la valeur maximale (475  $\mu\text{g/L}$ ) et la moyenne maximale (287.64  $\mu\text{g/L}$ ) sont obtenues pour la zone intermédiaire, ce qui signifie que les concentrations les plus élevées sont plus fréquentes dans cette zone de brassage.

## - Image du 03 mai 2015

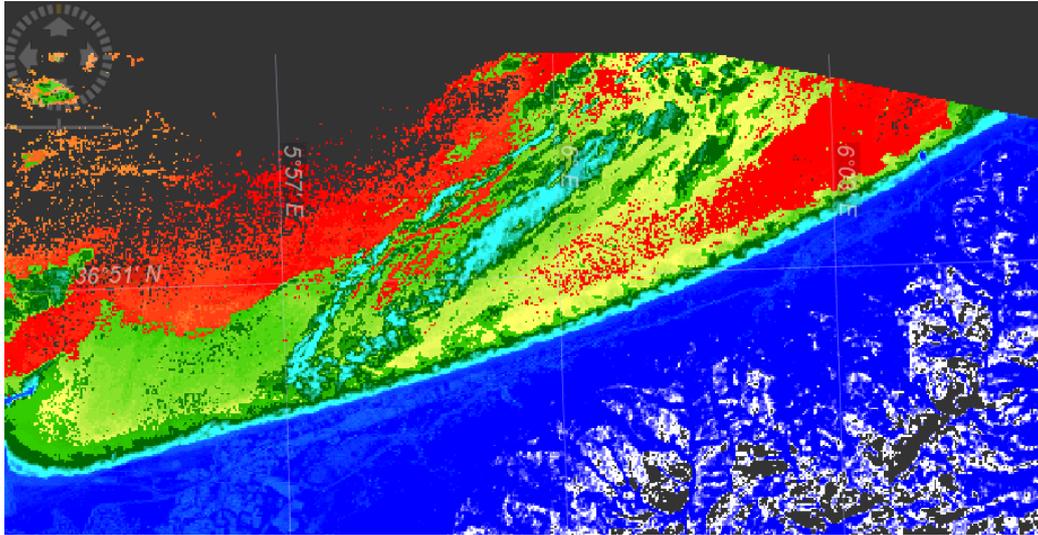


Fig13 : Répartition de la Chla dans la zone d'étude pour le 03mai 2015

Tableau VII : Concentration de la chlorophylle ( $\mu\text{g/L}$ ) pour le 03 mai 2015.

	Zone côtière	Zone intermédiaire	Zone du large
<b>Minimum</b>	161	161	161
<b>Maximum</b>	586	542	542
<b>Moyenne</b>	<b>367.08</b>	336.56	<b>370.14</b>

Selon les valeurs caractéristiques de l'image de la figure 13 présentées dans le tableau VII, nous pouvons remarquer que les concentrations moyennes les plus élevées (367.08 et 370.14 $\mu\text{g/L}$ ) sont respectivement obtenues pour la zone côtière et la zone du large, tandis que la moyenne la plus faible (336.56  $\mu\text{g/L}$ ) a été obtenue pour la zone intermédiaire. Quant à la valeur maximale, elle a été obtenue pour la zone côtière. Cela signifie que les concentrations de Chl.a les plus élevées sont plus fréquentes dans la zone côtière. Ceci pourrait être attribué aux apports de nutriments par les rivières qui sillonnent la région qui pourraient favoriser le développement du phytoplancton responsable de la photosynthèse marine, ce qui s'explique par des concentrations élevées de Chl.a dans la zone côtière.

## - Image du 08 août 2015

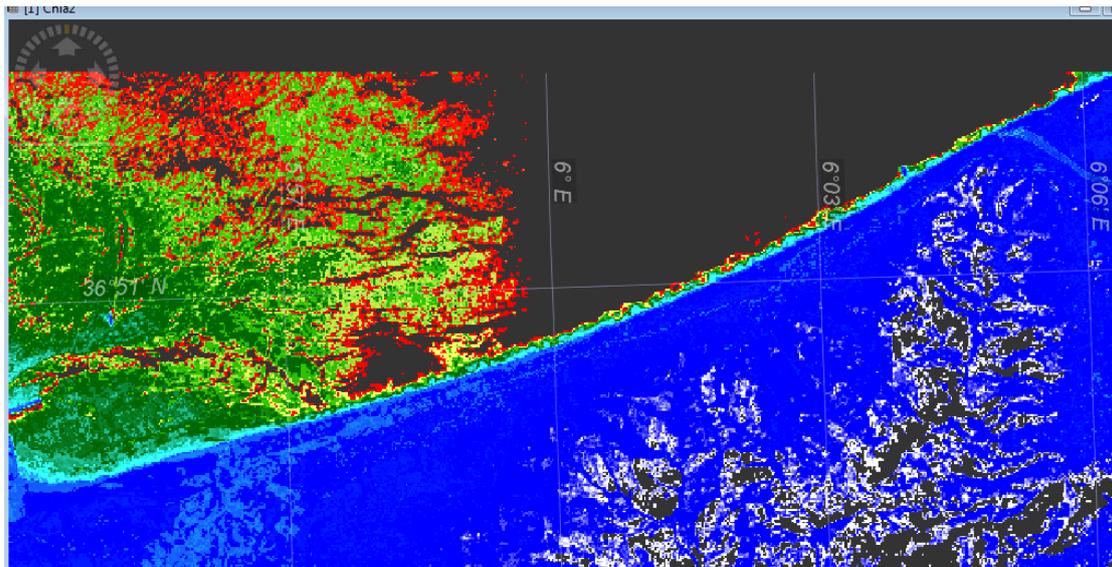


Fig 14: Répartition de la Chla dans la zone d'étude pour le 07 août 2015

Tableau VIII : Concentration de la chlorophylle ( $\mu\text{g/L}$ ) pour le 07 août 2015.

	Zone côtière	Zone intermédiaire	Zone du large
<b>Minimum</b>	193	193	193
<b>Maximum</b>	256	558	558
<b>Moyenne</b>	227.22	264.85	<b>342.84</b>

Les valeurs caractéristiques du tableau VIII correspondant à la figure 14, présentent bien la différence entre les concentrations moyennes de la chlorophylle dans les différentes zones, telle que la concentration la plus forte se trouve dans les eaux du large  $342.84 \mu\text{g/L}$ . De même, la concentration maximale ( $558 \mu\text{g/L}$ ) a été observée, à la fois, pour les eaux intermédiaires et les eaux du large, ce indique que les concentrations les plus élevées sont plus fréquentes dans les eaux du large en été et qu'il y a une répartition hétérogène des panaches chlorophylliens dans le sens côte-large à cause du remplacement des eaux méditerranéennes de surface par des eaux d'origine atlantique qui sont alors très fréquentes dans les eaux du large pendant la saison printanière. **Millot et Toupier- Letage , (2005).**

- Image du 11 novembre 2015

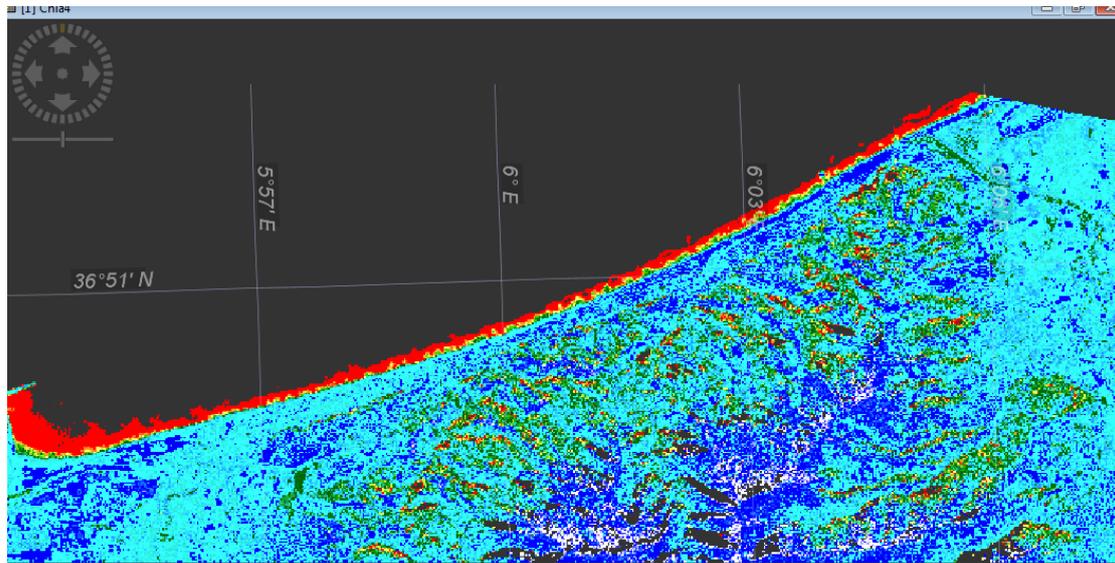


Fig15 : Répartition de la chl a dans la zone d'étude pour le 11 novembre 2015

Tableau IX : Concentration de la chlorophylle ( $\mu\text{g/L}$ ) pour le 11 novembre 2015.

	Zone côtière	Zone intermédiaire	Zone du large
<b>Minimum</b>	172		
<b>Maximum</b>	435		
<b>Moyenne</b>	303.21		

Suite à un manque de valeurs des pixels couvrant les deux zones (intermédiaire et du large) sur l'image du 11 novembre 2015 (Fig. 15). Les valeurs caractéristiques de l'image du 11 novembre 2015 sont obtenues uniquement pour la zone côtière. Par conséquent l'évolution spatiale ne peut être observée. La concentration moyenne est de 303.21  $\mu\text{g/L}$  pour la zone côtière.

III.2. Variabilité saisonnière de concentration de la chlorophylle

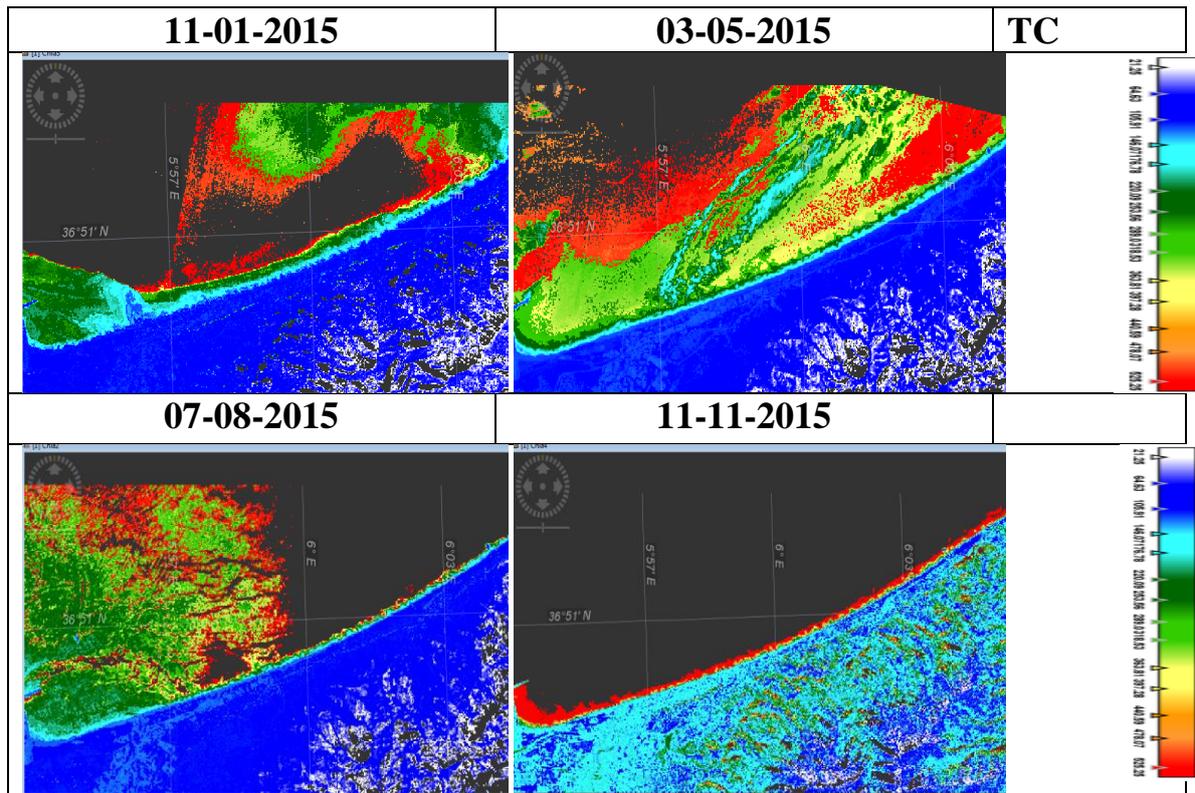


Fig. 16 : Variabilité saisonnière de la Chla dans la côte Est de Jijel.

Tableau X : Concentration de la chlorophylle ( $\mu\text{g/L}$ ) pour les séries saisonnières.

Image	11-01-2015	03-05-2015	07-08-2015	11-11-2015
Les eaux côtières	216.46	<b>367</b>	227.22	<b>303</b>
Les eaux intermédiaires	287.64	<b>336.56</b>	264.85	
Les eaux du large	222	<b>370.14</b>	342.84	

L'analyse des images de la série saisonnière montre que c'est la période printanière (moi de mai) qui connaît les concentrations les plus élevées par rapport aux autres saisons et ce pour les trois types d'eaux. Quant aux saisons hivernales et estivales, elles présentent des concentrations très proches à l'exception pour les eaux du large où la concentration en Chla est plus élevée en été qu'en hiver (342.84 contre 222  $\mu\text{g/L}$ ). Cette réalité s'explique par le fait que les eaux du large sont

dominées en surface par les eaux d'origine atlantique très riches en nutriments favorisant la prolifération du phytoplancton. **Millot et Toupier- Letage , (2005).**

## **Conclusion**

Ce travail avait pour objectif d'étudier la répartition de la chlorophylle dans la zone côtière Est de Jijel à partir des images satellitaires Landsat.

La méthodologie basée sur l'analyse des images et les résultats issus des différents traitements montrent une variabilité spatiale et saisonnière significative de la concentration de la chlorophylle entre les différentes zones et d'une saison à l'autre.

Pour ce qui concerne l'évolution spatiale, les résultats obtenus indiquent une répartition hétérogène de la concentration de chlorophylle entre les eaux côtière, intermédiaire et les eaux du large, cette variabilité peut être attribuée à la vitesse et à la direction de vents dominants ainsi qu'aux mouvements des masses d'eaux.

Pour ce qu'est de l'évolution temporelle, la saison du printemps ( image du 03-05-15) semble représenter la période où la concentration de la chlorophylle est la plus forte par rapport aux autres saisons et ce pour les différentes zones. Cette forte concentration peut s'expliquer par un enrichissement des eaux par les nutriments qui y sont apportés par les oueds qui sillonnent la région mais aussi par des conditions climatiques favorables comme les précipitations, la température et la lumière.

L'utilisation de la technique de télédétection pour estimer la concentration de chlorophylle comme indicateur de la qualité des eaux de mer est une bonne méthode pour améliorer le suivi et l'évaluation de la qualité de l'eau dans les estuaires et les eaux côtières en général.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### **-A-**

**Antoine D.,(1998)** .Apports de la télédétection spatiale de la couleur de l'océans à l'océanographie.Océanis.Vol 24, no 2 .Pp 81-150.

**Agence National des Ressource Hydraulique(ANRH) de Jijel ., (2015).**

### **-B-**

**Bachari Houma F.,(2009).** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Univers et Environnement.Université du VALDE MARNE PARIS .P 39

**Bachari Houma F., Bachari NEI., Bachouch S., Kassar A.,Belkessa R., (2011)** Contribution à l'évaluation de la pollution des eaux marines sur la cote Ouest d'Alger en utilisant l'imagerie satellitaire. Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime .EDITION2 ,TANGER ,MAROC . P344

**Bardinet C., (1981).**Télédétection des paysages africains par Landsat et Météosat : les zones d'afrique Central, de N'Djamina (Tchad) et d'annaba(Algérie). Annales de Géographi. Vol 90, no499.Pp 354-380

**Bouhdjila T et Bourouise K ., (2008).** Cartographie des panaches chlorophylliens de la zone côtière Est de Jijel à partir d'une image satellitaire Landsat. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie végétal et environnement. Université de Jijel. P47

**Bouchefifa M et Aouifer N., (2007).** Evaluation du degré de salubrité de la baie Est de Jijel par analyse de la couleur de la mer sur des images satellitaire. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie végétal et environnement. Université de Jijel. P 54

**BonnF., Rochons., (1996).** Précis de télédétection, volume 2, Ed .Marquis Montamagny (Québec). Pp 363-367.

**Ben Mustapha S.,(2014).** Etude de la variabilité Spatio-temporelle des processus physique et biologique dans la mer de Beaufort par télédétection et dans un contexte de changements climatique dans l'océans Arctique .Thèse de doctoraten géomatique appliquée .Université de Sherbrooke .P15.

### **-C-**

**Carlos J., Maia de Oliveira et Clavier J .,(2000).** Variation spatiotemporelle des matières en suspension dans l'estuaire du Sinnamary, Guyane Française. Influence du barrage hydroélectrique de petit Saut. Rev.bras.oceanogr., 48(1) .Pp 29-39.

**-D-**

**Durand D.,(2000).**Suivi et simulation de la qualité de l'eau en milieu littoral par modélisation et télédétection. Thèse de doctorat en électronique.Université de Nice. Sophia. Antipolis .Pp19-20.

**Doxaran D., (2001).** Télédétection et modélisation numérique des flux sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde. Thèse de doctorat en Océanographie physique .Université Bordeaux I. P 14.

**-F-**

**Froid fond JM., DoxaranD., (2004).** Télédétection optique appliquée à l'étude des eaux côtières .Télédétection , vol4, no 2 .Pp157-174.

**Foussard V et Etcheber H .,(2011).** Rapport : proposition d'une stratégie de surveillance des paramètres physico-chimiques pour les estuaires de Seine, de la Loire et de la Gironde. Université Bordeaux I.P6

**-G-**

**GermainM.,Allard Y.,BoucherJM., BertineBenie G.,(2001).**Fusion non –supervisée d'images multi bandes : Application à l'imagerie forestière. ENST Bretagne, Département , S.C .Technopole Brest Iroise, B. P832

**-H-**

**Han L ., Jordan K., (2005) .** Estimating and mapping chlorophyll –a concentration in Pensacola Bay,Florida using Landsat ETM+ Data. International Journal of Remote Sensing . Vol.26 ,no23.Pp5245-5254

**HostacheR.,(2006).**Analyse d'images satellitaires d'inondation pour la caractérisation tridimensionnelle de l'alea et l'aide à la modélisation hydraulique. Thèse de doctorat en science de l'eau. Ecole nationale du génie rural, des eaux et forêts, Montpellier. P216

**-I-**

**Ivanoff A.,(1975).**propriété physique et chimique de l'eau de mer .Ed . Librairie Vuibert .Paris .Pp123-330

**-K-**

**Kergomard C., (1988)** .la télédétection aérospatiale.Ed.Ecole Normale Supérieure Paris. P 1  
**KhenfriA ,(2008)**. Application de la télédétection à la caractérisation de la zone de Bni – Belaid wilaya de Jijel.Mémoire d'ingénieur d'état en écologie végétal et environnement. Université de Jijel. P 53

**-L-**

**Lorthioise T.,(2012)**.dynamique des matières en suspension dans la panache de Rhône par télédétection spatiale « couleur de l'océans » .Thèse de doctorat en science de l'environnement .Université Pierre et Marie curie .Pp 1-4.

**-M-**

**Makhoukh M., Sbaa M., BerrahouA., Clooster V.,(2011)**.Contribution a l'étudephysico-chimique des eauxsuperficielles de l'ouedMoulouya (Maroc Oriental).Larhyss Journal, ISSN111263680 n°09 .Pp149-169.

**Morel A.,(1973)** . Diffusion de la lumière par les eaux de mer, résultats expérimentaux et approche théorique. Université de Paris .P76

**Millot C.,Taupier – Letage I., (2005)** .Circulation in the Mediterranean Sea.HdbEnvchem .Vol.5,Part K.Pp29-66

**-P-**

**Petus C.,(2009)**. Qualité des eaux Côtières du sud du golfe de Gascogne par télédétection spatiale.Thèse de doctorat en physique de l'environnement.Université Bordeaux 1.P 63.

**Peng L., Jiang L.,Zhiming F ., (2014)**.Cross –Comparison of Vegetation Indices Derived from Landsat -7 Enhanced Thematic Mapper plus (ETM+) and Landsat -8 Operational Land Imager (OLI) Sensors.RemoteSens,6.Pp 310-329

**-R-**

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

-W-

**Wong –M-S., Nichol J-E., Lee K-H et Emerson N., (2008).**Modéling 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 .P684

### **Site internet**

<https://MultiSpec.com>.

<https://beam.programmes.com/>.

Google Earth.2017

Préparer par :

Houli Zineb

Merrouche Donia

Encadreur : Mr. Boudjelal Ferhat

Date de soutenance : 01/07/2017

### Thème

Suivi de la dynamique intrannuelle de la chlorophylle dans les eaux côtières Est de Jijel à partir d'images satellitaires.

### Résumé

Afin de contrôler l'état de santé des écosystèmes marins côtiers de la côte Est de Jijel, nous nous sommes basés sur la technique de télédétection pour évaluer le niveau de chlorophylle a et suivre sa dynamique saisonnière à partir des images Landsat.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de la chlorophylle a varient dans l'espace et en fonction de la saison où l'on peut distinguer trois zones spatiales dans lesquelles la concentration en chlorophylle est la plus forte pendant la saison printanière. Ceci pourrait être expliqué par la possibilité d'existence de floraisons algales et d'un phénomène d'eutrophisation.

**Mots clés :** Télédétection, chlorophylle, la région côtière Est de Jijel, les images Landsat.

### Abstract

In order to the health status of the marine ecosystem in the eastern coast of Jijel, our study was based on the technique of Remote Sensing to evaluate the level of chlorophyll and to follow its seasonal dynamics using Landsat images.

The obtained results show that the chlorophyll's values vary in space and also in function of the season in which we can distinguish three spatial areas characterized by the highest chlorophyll's concentration during the first season. This can be explained by the existence of Algal blooms and also by the phenomenon of eutrophication

**Key words:** remote sensing, chlorophyll, eastern coastal of Jijel , satellites images

### ملخص

من اجل مراقبة الحالة الصحية للأنظمة البحرية الساحلية للجهة الشرقية لولاية جيجل اعتمدنا على تقنية الاستشعار عن بعد بهدف تقدير مستوى مادة اليخضور و تتبع الديناميكية الموسمية من خلال صور لاندسات. النتائج المتحصل عليها تبين ان قيم اليخضور تختلف بدلالة المكان و الزمان اين نميز ثلاث مناطق مكانية حيث يكون تركيز مادة اليخضور جد مرتفع خلال فصل الربيع ويمكن تفسير ذلك من خلال إمكانية وجود الطحالب والإثراء الغذائي

**الكلمات المفتاحية:** تقنية الاستشعار عن بعد - مادة اليخضور - المنطقة الساحلية الشرقية لولاية جيجل - صور الأقمار لصناعية

