

Evaluation Saisonniere Des Constituants Et De La Couleur Approximative De L'eau A L'embouchure Du Fleuve Sassandra (Ouest De La Cote D'ivoire)

Kassi A. Jean-Baptiste¹, Kouadio M. Jeanne¹, Tiémélé Jacques André¹,
Djagoua M. Eric Valère¹

¹Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT),
Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire
22 BP 801 Abidjan 22

Resume: Les propriétés optiques apparentes de l'eau des images Seawifs du satellite Obview 2, notamment les réflectances télédéteectées, ont été utilisées pour évaluer les constituants de l'eau (les concentrations de la chlorophylle (CHL), des Matières Organiques Dissoutes Colorées (CDOM en anglais) et les détritius) à l'embouchure du fleuve Sassandra de 2003 à 2007. Venant des longueurs d'onde (443, 555 et 670 nm) propices, elles ont été utilisées pour calculer les pourcentages de la contribution des constituants de l'eau par saison marine. En couplant les proportions relatives des différents constituants avec les débits du fleuve, on note deux origines possibles de ces constituants, à savoir le phénomène d'upwelling pour la plupart de la CHL mais aussi pour les détritius et les apports terrigènes pour les CDOM, la CHL et les Détritius. Les couleurs approximatives des eaux en différentes saisons marines selon la prévalence du constituant ont été déterminées grâce à la méthode de chromaticité. Ainsi, les eaux passent d'une couleur verdâtre à orange-jaunâtre et orangero-rougeâtre en fonction des saisons. Par ailleurs, la typologie de l'eau qui se classe en deux en combinant les données géomorphologiques, la concentration des différents constituants ainsi que la couleur de l'eau a été déterminée.

Mots Clés: Couleurs approximatives des eaux, Matières Organiques Dissoutes Colorées, Propriétés Optiques Apparentes, Sassandra, Télédétection

Abstract: Apparent optical properties of water from Seawifs images of the Obview 2 satellite, including remotely sensed reflectances, were used to evaluate the constituents of water (concentrations of chlorophyll (CHL), dissolved organic matter (CDOM) and detritus) at the mouth of the Sassandra River from 2003 to 2007. Coming from favorable wavelengths (443, 555 and 670 nm), they were used to calculate the percentages of the contribution of constituents of water by marine season. By coupling the relative proportions of the different constituents with the flow rates of the river, we note two possible origins of these constituents, namely the upwelling phenomenon for most of the CHL but also for the detritus and the terrigenous inputs for CDOM. CHL and detritus. Approximate colors of waters in different marine seasons according to the prevalence of the constituent were determined thanks to the method of chromaticity. As a result, water changes from greenish to orange-yellowish and orange-reddish depending on the season. In addition, the typology of water that is divided into two by combining geomorphological data, concentration of the different constituents as well as the color of the water was determined.

Keywords: Apparent Optical Properties, Approximate colors of waters, Coloured Dissolved Organic Matter, Remote Sensing, Sassandra

Date of Submission: 23-11-2017

Date of acceptance: 14-12-2017

I. Introduction

La pollution des eaux côtières apparait de plus en plus comme un problème majeur de l'environnement, surtout à cause de l'accélération de l'urbanisation, du développement de l'industrie, des activités portuaires, de la pêche, des aménagements touristiques qui existent sur cet espace et de l'emploi des produits chimiques dans l'agriculture. Ceci peut conduire à une dégradation de la qualité du milieu marin récepteur et à un déséquilibre de ses écosystèmes. Ainsi le milieu marin qui représente un enjeu considérable en termes de développement socio-économique car pourvoyeur de ressources naturelles est fragilisé. Les zones côtières qui sont les réceptacles de la pollution, sont influencées par de grands fleuves qui constituent une importante source de matières dissoutes et particulaires océaniques et aux flux biogéochimiques globaux. Cependant, une grande variabilité dans les flux des matières particulaires en suspension (matières organique et inorganique) dans ces zones, avec plusieurs rivières, conduisent à des incertitudes dans leur contribution aux flux globaux.

Le milieu marin ivoirien qui reçoit les décharges liquides et solides de quatre grands fleuves n'est pas exempté des risques naturels et accidents majeurs que connaissent les eaux marines. Le fleuve Sassandra qui constitue l'un des deux fleuves en contact direct avec la mer, avec un débit de plus de $500\text{m}^3/\text{s}$, est une source de décharge d'eau douce, de sédiments en suspension, de matières organiques dissoutes et particulaires ainsi que des nutriments dans l'ouest du littoral ivoirien [1]. Ainsi, l'évaluation des propriétés biophysiques marines dans les zones côtières, particulièrement aux embouchures des fleuves, est importante non seulement pour une gestion efficace et durable des ressources marines, mais aussi pour assurer la qualité des eaux de baignade et prévenir les risques environnementaux et la pollution. Une charge turbide élevée de l'eau peut entraîner une baisse voire l'arrêt de l'activité photosynthétique des phytoplanctons qui constitue le premier maillon de la chaîne alimentaire. C'est donc pour apporter une contribution à la compréhension de la variation des constituants de l'eau par les réflectances télédéteectées que cette étude sur l'évaluation saisonnière des constituants et de la couleur approximative de l'eau à l'embouchure du fleuve Sassandra est menée dans la zone côtière ivoirienne. En effet, la télédétection des caractéristiques optiques marines est basée sur l'étude des propriétés réfléchissantes des principaux constituants des eau marines optiquement détectables: le Phytoplancton (PH), dont la concentration est généralement estimée par la chlorophylle-a (CHL); les particules non-algues (en anglais Non-algale Particle, NAP), qui dans les eaux côtières sont principalement représentées par les sédiments ou Matières en Suspension (MES) et les Substances Jaunes (SJ), également appelées Matière Organique Dissoute Colorée (ou CDOM en anglais) [2].

II. Zone D'étude

Le fleuve Sassandra fait partie des plus grands fleuves de la Côte-d'Ivoire. Long de 650 km, il draine du Nord au Sud un bassin versant de 75000 km^2 . Situé à l'ouest de la Côte d'Ivoire, il est limité au Nord par le bassin versant du Niger, à l'Est par celui du Bandama, au sud par l'Océan Atlantique et à l'ouest par le bassin du Cavally. L'estuaire du fleuve, situé au niveau du littoral Sud-ouest de la Côte d'Ivoire, constitue l'interface entre le milieu fluvial et le milieu marin. Son embouchure est située à environ $4^{\circ}9'0''\text{N}$ de latitude et $6^{\circ}10'0''\text{W}$ de longitude. Le fleuve Sassandra se jette directement dans l'océan atlantique sans transiter par un système lagunaire.

La zone d'étude est située entre les latitudes $5^{\circ}10'\text{N}$ et $4^{\circ}80'\text{N}$ et les longitudes $6^{\circ}30'\text{W}$ et $5^{\circ}80'\text{W}$. Longue de 26,5 km et large de 16 km elle s'étend sur une côte d'environ 200 km orientée de 70° . Les principales villes qui longent la côte d'Ouest en Est sont les villes de San-Pédro, Sassandra, et Fresco (Fig.1).



Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude [3]

III. Données

Les données comprennent les réflectances extraites des images satellitaires, les plages de températures de surface et de débits à l'embouchure du fleuve Sassandra.

Les propriétés optiques des eaux côtières à l'embouchure du fleuve été explorés au moyen d'une série de données d'image générée par le capteur the Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) sur une période de 5 ans [4]. Les produits du niveau 3, avec une résolution spatiale de 4 km, ont été obtenus à partir du portail de données GIOVANNI de la US National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Ce sont des données de réflectances télédéteectées (R_{RS}), à 443, 555 et 670 nm, dans la zone côtière à l'embouchure du fleuve Sassandra. Ces données ont été acquises sur les douze (12) mois durant cinq (5) années, à savoir de Janvier 2003 à Décembre 2007.

IV. Methode

4.1. Contribution des constituants à l'embouchure du fleuve Sassandra

Les réflectances télédéteectées de chacune des longueurs d'onde sélectionnées (à 443, 555 et 670 nm) ont été moyennées pixel par pixel (selon des points de latitude et de longitude constante) de 2003-2007 selon l'équation $R_{RS\text{ MOY}}(\lambda, i, j) = 1/n \sum_{t=1, 2, 3 \dots n} R_{RS}(\lambda, i, j, t)$ (1)

$R_{RS\text{ MOY}}(\lambda, i, j)$ est la moyenne (mensuelle ou annuelle) des réflectances à longueur d'onde λ et à la latitude i et longitude $j = 1/n, t = 1, 2, 3 \dots n, R_{RS}(\lambda, i, j, t)$

$R_{RS}(\lambda, i, j)$ sont les valeurs de réflectances, à la longueur d'onde λ et à la position du pixel i (latitude), j (longitude), qui sont additionnées au fil du temps $t = 1, 2, 3 \dots n$

- $t=1,2,3,\dots,n$ étant le paramètre temps et $i*j$ la dimension de l'image;
- n =le nombre de pixels valides utilisés pour faire les moyennes.

La contribution de chaque constituant de l'eau à la réflexion totale observée dans les eaux côtières (approximée par la somme des facteurs de réflexion à 443, 555 et 670 nm) a été calculée selon les équations suivantes

$$\% [\text{CDOM}]_{ij} = (R_{443}^{-}(ij) / \sum R_{ij}^{-}(\lambda)) * 100 \quad (2)$$

$$\% [\text{CHL}]_{ij} = (R_{555}^{-}(ij) / \sum R_{ij}^{-}(\lambda)) * 100 \quad (3)$$

$$\% [\text{DETRITUS}]_{ij} = (R_{670}^{-}(ij) / \sum R_{ij}^{-}(\lambda)) * 100 \quad (4)$$

où:

- $\% [\text{CDOM}]_{ij}, \% [\text{CHL}]_{ij}$ et $\% [\text{DET}]_{ij}$ représente la contribution pour cent en raison de matières organiques dissoutes, le phytoplancton et les détritrus, respectivement, soit à l'annuel ou l'échelle mensuelle ;
- R_{RS} moyenne (443, i, j), R_{RS} moyenne (555, i, j) et R_{RS} moyenne (670, i, j) sont respectivement les moyennes des réflectances à 443, 555 et 670 nm, pour le pixel (i, j), à l'échelle annuelle et mensuelle, telle que définie dans (2);
- $\sum \lambda = 443, 555, 670$ R_{RS} moyenne (λ, i, j) est la somme des moyennes de toutes les réflectances à 443, 555 et 670 nm, toujours pour le pixel (i, j) et à l'échelle annuelle et mensuelle.

La même approche a été utilisée pour mettre en évidence également des statistiques saisonnières, en divisant les données par 5, correspondant aux 5 années d'étude en fonction des saisons marines pour chacune des longueurs d'onde sélectionnées. Le pourcentage de la contribution de chaque composante de la réflexion totale a été calculée pour chaque saison, en utilisant à nouveau (2), (3) et (4). Le TABLEAU 1 montre un exemple du calcul du pourcentage de CDOM, CHL et Détritrus pour la petite saison froide.

Tableau 1: Exemple de procédés de calcul de pourcentage

LAT.(i)	LONG.(j)	\bar{R}_{443}	% [CDOM]	\bar{R}_{555}	%[CHL]	\bar{R}_{670}	%[DET]
4,46	-6,54	0,00053	0,92258	0,00082	1,41881	0,00008	0,14406
4,46	-6,46	0,00021	0,36575	0,00055	0,94070	0,00006	0,10589
4,46	-6,38	0,00011	0,19517	0,00067	1,15312	0,00016	0,26979
		$\sum R_{ij}(\lambda) = 0,05796$	% [CDOM]=(0,00053/ $\sum R_{ij}(\lambda)$)*100 = 0,92258				

4.2.Mise en évidence de la couleur de l'eau par la méthode de chromaticité

4.2.1. Chromaticité

Bien que la perception des couleurs varie d'un individu à l'autre, elle dépend également de la position du soleil, de la localisation et l'orientation de l'observateur, de l'état des eaux de surface ainsi que des conditions atmosphériques. La chromaticité permet de déterminer la couleur de l'eau en fonction de sa nature propre tout en supprimant ses caractéristiques subjectives liées à l'observation directe. Elle se base sur la vision trichromatique(rouge, vert, bleu) d'un individu. Il est possible de déterminer les coordonnées chromatiques du spectre de réflectance où X est rouge, Y est vert et Z est bleu [5]. L'utilisation de la chromaticité dans cette étude a permis de mettre en évidence la tendance générale de la couleur des eaux de la côte de Sassandra.

4.2.2. Principe de la méthode de chromaticité

L'espace de couleur XYZ défini par la CIE (Industrie des couleurs et de la vision) permet de caractériser toute couleur visible par trois composantes X, Y et Z (homogènes à une luminance). La division de ces trois nombres par leur somme fait apparaître les coordonnées x, y, z qui sont indépendantes des luminances et reliés par $x + y + z = 1$. Ce système CIE xyY est dérivé du CIE XYZ en normalisant les composantes X et Y pour obtenir les deux des coordonnées x et y qui définissent la chrominance, tout en gardant aussi la valeur Y non normalisée qui caractérise l'intensité lumineuse subjective, indépendante de la teinte et de la saturation [6].

4.2.3. Calcul des coordonnées X, Y et Z [6]

Les coordonnées X, Y et Z correspondent respectivement aux valeurs des réflectances 443, 555 et 670 nm. On détermine d'abord les Moyennes (M) des longueurs d'onde ($M_{443} - M_{555} - M_{670}$)

Selon l'équation $M = \sum \text{longueurs d'onde} / \text{Nombre de données}$.

Par la suite, on calcule la Moyenne des Moyennes des longueurs d'onde (M_M) selon la relation

$M_M = (M_{555} + M_{443} + M_{670}) / 3$. Enfin les coordonnées X, Y et Z sont obtenues par :

- $X = \text{Moyenne des longueurs d'onde 443} (M_{443}) / M_M$
- $Y = \text{Moyenne des longueurs d'onde 555} (M_{555}) / M_M$
- $Z = \text{Moyenne des longueurs d'onde 670} (M_{670}) / M_M$

4.2.4. Représentation des coordonnées et détermination des couleurs

Le diagramme de chromaticité représente la cartographie des couleurs perceptibles en fonction de deux paramètres de la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) X et Y. Les couleurs spectrales sont réparties sur le pourtour de « l'espace couleur ». Sur le diagramme de chromaticité CIE, une annotation est faite sur la signification des différentes parties du diagramme. La limite maximale représente la saturation des couleurs spectrales, et le schéma qui constitue la limite de l'ensemble des teintes perceptibles. En effet, les points X sont en abscisses et Y en ordonnée (Fig. 2). La représentation du couple de point (X,Y) sur le diagramme détermine donc une couleur bien définie qui donne une idée de la couleur de l'eau. Pour déterminer les couleurs approximatives de l'eau, nous avons utilisé le diagramme de chromaticité de la figure 2 B.

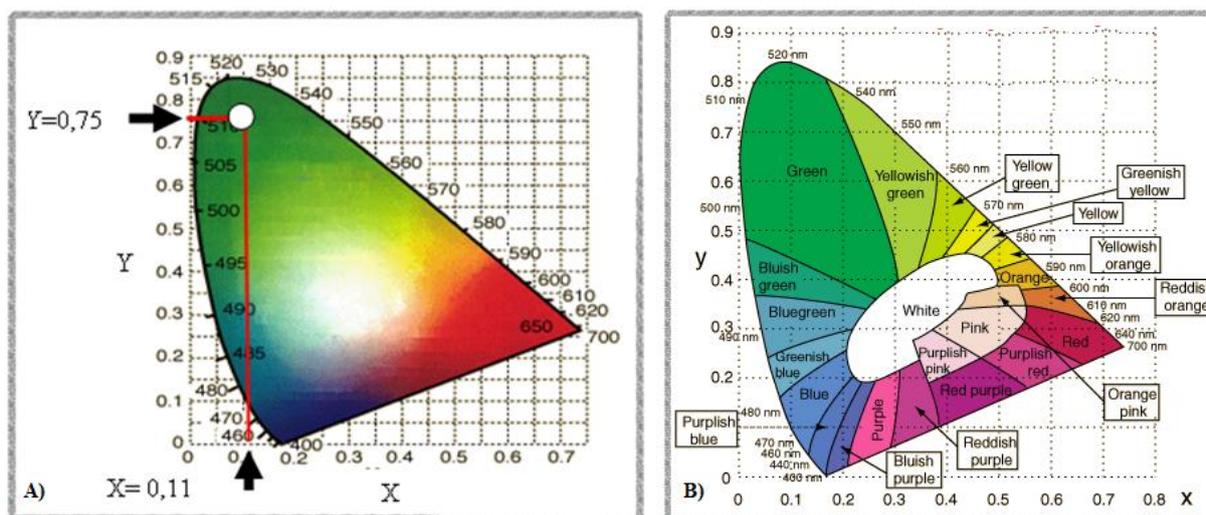


Figure 2: Diagramme de chromaticité [6] : A) Exemple de positionnement des coordonnées x et y ; B) Différentes régions de couleurs approximatives

En outre, l'analyse des données portera aussi sur les saisons marines locales à savoir:

- Une petite saison froide (PSF), de Janvier à Février;
- Une grande saison chaude (GSF), de Mars à Mai;
- Une grande saison froide (GSF), de Juillet à Septembre;
- Une petite saison chaude (PSC) de Novembre à Décembre.

Cette subdivision est relative à la récurrence des événements d'upwelling dans les saisons froides, et principalement dans la grande saison froide [7] en raison des effets complémentaires du Courant de Guinée [8]; son interaction avec la morphologie côtière [9], le régime d'onde équatorial [10] et les vents du sud-ouest dominants [11].

V. Resultats

5-1. Origine des différents constituants de l'eau à l'embouchure du fleuve Sassandra

L'analyse des profils d'évolution des concentrations couplées aux paramètres de température et de débit du fleuve permet de définir l'origine potentielle de chaque constituant. Afin de mieux repérer les variations, les concentrations seront représentées selon les mois de l'année (Fig.3).

➤ Chlorophylle (CHL)

La concentration en chlorophylle varie nettement en fonction des mois (Fig.3). L'activité du phytoplancton qui lui est liée est donc fortement saisonnière. Deux constats se dégagent:

- **Forte concentration au cours des saisons froides (PSF- GSF)**

Les périodes de petite saison froide (Janvier-Fevrier) et de grande saison froide (Juillet à Septembre) présentent de fortes concentrations en chlorophylle (>50%). Ces périodes sont entrecoupées par des saisons chaudes affichant de faibles concentrations. Les périodes de baisses de températures de surface de l'eau sont donc propices à la génération du phytoplancton. Le maximum annuel se situe en petite saison froide avec un pic de concentration de 76,04% au mois de Fevrier. Le mois d'Aout qui se situe dans la grande saison froide (Juillet à Septembre) affiche également un pic de concentration de 69,9% .

- **Faible probabilité d'un apport extérieur mais pas négligeable**

Au cours des saisons chaudes, en dépit de l'augmentation du débit du fleuve, ce qui sous entend croissance des apports d'éléments organiques et minéraux provenant du continent, la concentration en chlorophylle reste faible mais pas négligeable. A contrario, au cours des saisons froides, notamment de Janvier à Février, la concentration en chlorophylle a tendance à augmenter malgré une baisse du débit du fleuve. Par ailleurs, la période de crue qui débute à partir de la fin de Juillet ne garantit pas un maximum de concentration comme c'est le cas pour les mois de juillet et Aout. Il résulte de cette analyse que l'augmentation de la concentration de la chlorophylle est liée aux périodes de remontée d'eau du fond ou upwelling, marquée par une baisse des températures de surface de l'eau. Cette remontée étant caractérisée par la prolifération du phytoplancton, principale source de la chlorophylle. L'upwelling serait intense au cours des mois de Février pour la petite saison froide et d'Août pour la grande saison froide.

- **Matières Organiques dissoutes Colorées (CDOM)**

L'hypothèse d'une double origine des CDOM semble se vérifier à l'analyse du comportement du profil d'évolution de la concentration des CDOM au cours des crues et pendant les périodes qui suivent l'upwelling.

- **Mobilisation des sources terrigènes de CDOM pendant les crues**

Les profils d'évolution de la concentration des CDOM et du débit présentent les mêmes tendances (Fig.3). En effet, de Janvier à Février, on note une baisse simultanée de la concentration des CDOM et du débit du fleuve. Ensuite, de Février à Avril, l'augmentation progressive de la concentration des CDOM qui coïncide avec une légère hausse du débit du fleuve. A partir du mois de Mai, la concentration des CDOM amorce une chute brutale au cours de la diminution du débit. La reprise de la prolifération des CDOM au mois d'Aout correspond bien au début de la période de la grande crue. Néanmoins, malgré la décrue entamée au mois d'Octobre la concentration des CDOM continue d'augmenter pour atteindre son maximum au mois de Décembre (63,33%). Ce dernier élément nous indique la présence d'une autre source de génération des CDOM.

- **Origine phytoplanctonique des Matières Organiques Dissoutes Colorées**

A priori, les périodes de saisons chaudes (PSC – GSC) sont favorables à l'augmentation de la concentration des CDOM (Fig.3). Mais la remontée de la concentration au mois de Septembre, situé en saison froide laisse penser qu'il s'agit plutôt d'une augmentation pendant les périodes post-upwelling. En effet, les minima de concentration des CDOM ont lieu au cours des maxima d'intensité de upwelling à savoir pendant les mois de Février et Août. On pourrait supposer qu'il y a une origine planctonique pour la Matière Organique. En définitive, une partie des CDOM serait issue de la décomposition du phytoplancton associée à la remontée d'eau.

- **Détritus (DET)**

La concentration des détritits est faible pendant les saisons chaudes (moyenne de 2,60%) et elle est plus importante pendant les saisons froides avec respectivement des moyennes de 20,62% pour la petite saison froide et 14,37% pour la grande saison froide (Fig.3). L'augmentation de la concentration en détritits a lieu à partir du mois de Juin (transition). Elle atteint un pic au cours du mois d'Août (18,1%). Cette période correspond au début de la grande crue et est située en saison froide. Cette phase est suivie d'une période de chute progressive de la concentration en détritits bien que le débit continue d'augmenter pour atteindre son maximum en Octobre (515 m³/s). Les périodes favorables à la présence des détritits sont les débuts de crue qui assurent un maximum de transport d'éléments par écoulement turbulent et de décharges en amont à l'embouchure du fleuve ainsi que les périodes de remontée d'eau froide, qui font remonter probablement en plus des éléments nutritifs, des débris de matières organiques.

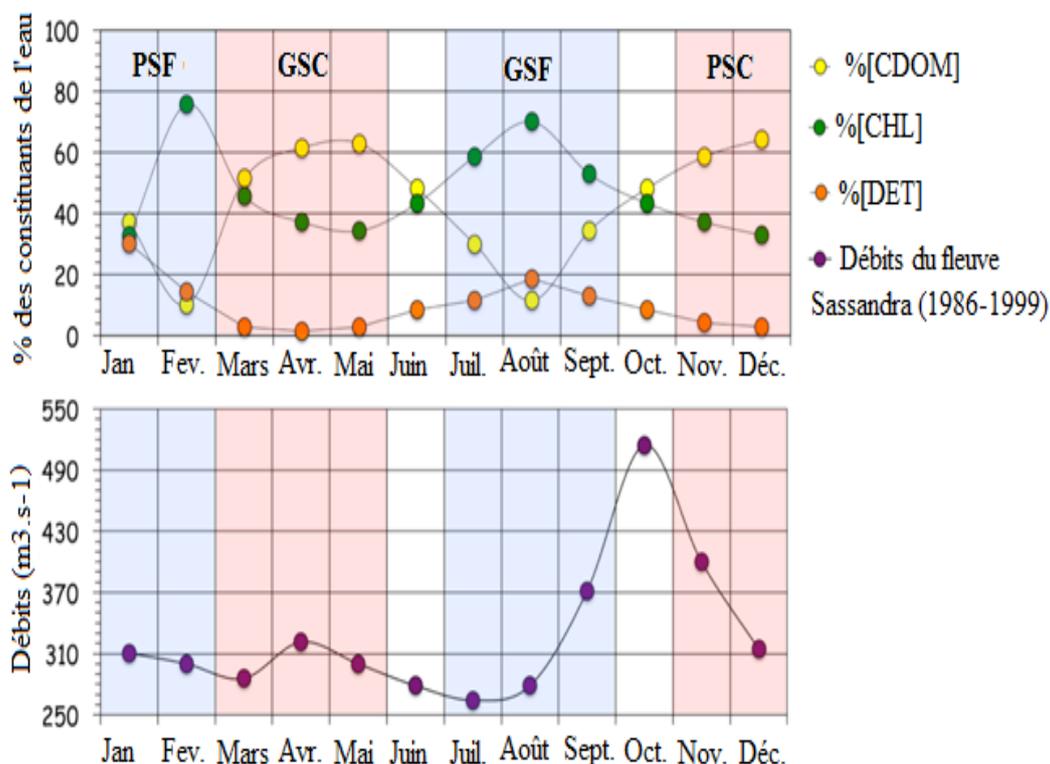


Figure 3: La variabilité saisonnière des débits du fleuve Sassandra (moyennes mensuelles, 1986-1999) (panneau inférieur), et de la contribution des réflectances totales attribuées aux CDOM, CHL et DET, moyennes mensuelles de 2003 à 2007 (panneau supérieur). Les différentes couleurs représentent les saisons marines de la région côtière ivoirienne[3] modifiée

5-2. Variabilité saisonnière de la couleur de l'eau à l'embouchure du fleuve Sassandra par la méthode de chromaticité

Le TABLEAU 2 présente les résultats du calcul des coordonnées X et Y définissant la teinte visible de l'eau et représentées en fonction des saisons marines. Les différentes saisons marines représentées par les points numérotés 1 à 6 ont été reportées sur le diagramme de chromaticité CIE à partir des coordonnées du tableau.

Tableau 2: Coordonnées des couleurs en fonction des saisons marines

Coordonnées	Saisons Marines					
	PSF (1)	GSC (2)	TRANSITION-JUIN (3)	GSF (4)	TRANSITION-OCT (5)	PSC (6)
X	0,11	0,61	0,48	0,28	0,48	0,59
Y	0,75	0,37	0,44	0,58	0,44	0,37

La Fig. 4 révèle trois couleurs majeures, le vert, l'orange et le rouge en fonction des saisons. L'eau a une teinte verdâtre pendant les saisons froides avec une teinte foncée pour la PSF et une teinte un peu jaunâtre pour la GSF. Cette situation correspond à une abondance de Chlorophylle. Les saisons chaudes présentent une couleur rouge orangé avec une prépondérance des CDOM. Par contre, pour les périodes de transition, l'eau de mer est marquée par la couleur jaune-orangée. La CHL et le CDOM ont une quantité quasi identique dans l'eau. La correspondance de ces couleurs avec les différentes concentrations des constituants de l'eau est indiquée dans le TABLEAU 3.

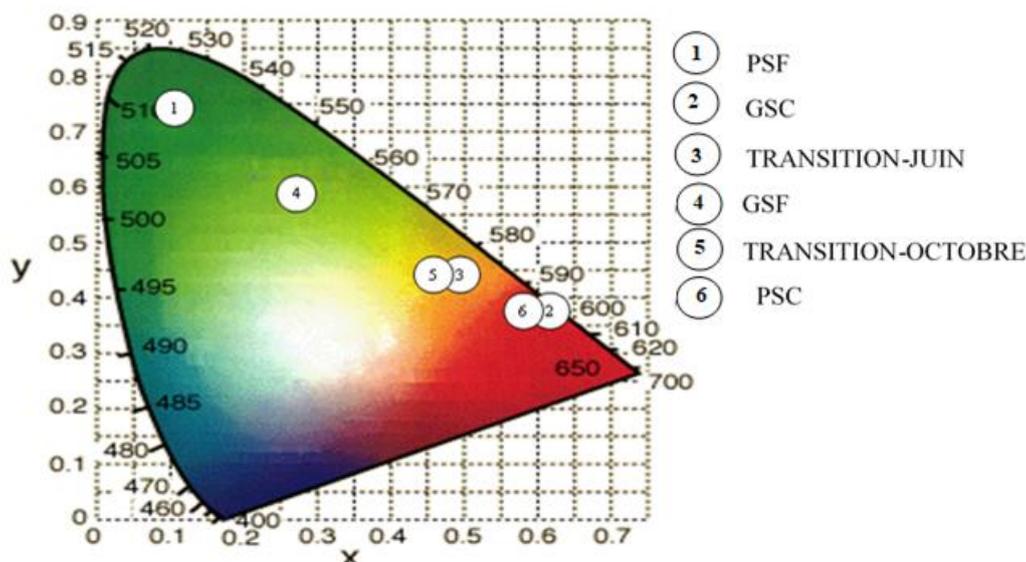


Figure 4 : Couleur de l'eau à l'embouchure du fleuve Sassandra selon les saisons marines

Tableau 3: Récapitulatif des couleurs de l'eau à l'embouchure du fleuve par saison marines

	SAISONS MARINES					
	PSF	GSC	TRANSITION JUN	GSF	TRANSITION OCT	PSC
CHL	68	43	45	59	47,5	41
CDOM	24	51	45	25	42,5	54
DET	10	6	10	16	10	5
Couleur approximative	Vert	Orange Rougeâtre	Jaune-Orangée	Vert Jaunâtre	Jaune-Orangée	Orange Rougeâtre

VI. Discussions

La corrélation entre la concentration des constituants et les paramètres que sont la température de surface de l'eau et le débit du fleuve Sassandra a permis de faire une discrimination entre les différentes sources d'apports initialement répertoriées. Les remontées d'eau froide (upwelling) et les apports extérieurs sont bien à l'origine des variations saisonnières des concentrations observées aussi bien entre les saisons marines qu'à l'intérieur d'une même saison marine. En fonction de l'interaction des différentes sources, trois cas de figures se présentent. Le cas où les apports sont d'origine naturelle avec des zones de forte concentration variables au cours des saisons et coïncidant avec des périodes de basses températures. Ensuite, le cas de contamination d'origine anthropique dans lesquels les zones de fortes concentrations ne varient pas au fil des saisons et ne sont pas corrélables avec la température de surface de l'eau. Et enfin, le cas mixte avec interaction des apports venant des deux sources.

Concernant la chlorophylle présente à l'embouchure du fleuve Sassandra, elle semble avoir prioritairement une origine naturelle donc étroitement liée au phénomène d'upwelling au cours des saisons froides, périodes de grande productivité biologique [12][13]. Le régime hydrique et l'environnement côtier du fleuve conduit à admettre que le fleuve Sassandra qui draine du Nord au Sud un bassin versant de 75000 km² charrie une certaine quantité de substances polluantes résultant du lessivage de fertilisants agricoles, des eaux usées et de décharges lors de son parcours terrestres. On note également que le fleuve se jette directement dans l'océan atlantique sans transiter par un système lagunaire, donc une source potentielle de pollution.

Au niveau des matières organiques dissoutes carbonées, les résultats ont montré le rôle conjugué des deux origines avec des proportions d'apport relativement différentes. La CDOM a une origine extérieure d'une part car sa concentration fluctue lors d'évènement de crues avec la mobilisation du Carbone Organique Dissoute (COD). Les COD liés au carbone extractible à l'eau (contenue dans le sol et le lessivât de litière) alimentent le fleuve lors des périodes de crues. D'autre part, les CDOM proviendrait de la décomposition du phytoplancton remontée par phénomène d'upwelling.

S'agissant des détritiques, ils ont une origine terrigène. Les processus de mobilisation (érosion-dissolution-lessivage), transport et dépôt sont accentués lors des périodes de crues. Les apports extérieurs particuliers minérales et organiques d'un fleuve peuvent être notablement amplifiées si des pluies abondantes affectent simultanément les bassins de réception des cours d'eau et de leurs affluents.

Ces résultats corroborent ceux de Le Loeff [14] qui lors d'une étude sur l'environnement et ressources aquatiques en Côte D'Ivoire décrivent la prévalence de l'un ou de l'autre constituant de l'eau pendant les saisons marines soit par le décalage entre la disponibilité des éléments nutritifs avant ou après les périodes froides et chaudes, soit par l'apport fluvial.

L'utilisation des données de réflectances télédéteectées dans cette étude montre que l'augmentation à la fois des proportions de CHL et de DET semble correspondre assez bien avec les périodes de faibles températures (périodes d'upwelling, PSF GSF). Par compte la tendance des CDOM semble être mieux en corrélation avec celle des périodes plus chaudes (GSC, PSC). La relation avec l'écoulement du fleuve Sassandra n'est pas aussi évidente et mérite plus d'attention. Pendant la période marquant la fin des remontées d'eaux profondes, Herbland [15] font remarquer que les eaux de ruissellement de la rivière Sassandra augmentent considérablement atteignant un pic en Octobre. Ils soulignent également que cette période de forte décharge fluviale correspond également à la fin de la période d'upwelling principale, lorsque la prolifération de CHL a déjà commencé à diminuer. Aussi, ces variations saisonnières sont-elles en accord avec la présence d'une augmentation de CDOM et d'une diminution de CHL dans cette période transition entre les GSF et PSC.

Dans le cas des matières organiques dissoutes colorées, en plus des apports d'origine terrestre dont le taux de mobilisation et de transfert en domaine marin est lié au régime hydro-climatique (période de crue), nous avons pu mettre en évidence le lien entre les concentrations en phytoplancton (chlorophylle) et les matières organiques dissoutes colorées (CDOM). Plusieurs études ont également abordé dans ce sens et ont montré que l'origine phytoplanctonique de la matière organique dissoute contenue dans l'eau proviendrait d'une boucle microbienne. Dans de cas d'espèce, la matière organique dissoute est produite par l'excrétion du phytoplancton. En effet, dans l'océan, les sources majeures de matière organique dissoute sont les organismes planctoniques. Il est admis que lors du développement des populations phytoplanctoniques 10 à 20 % du carbone fixé par photosynthèse sont libérés sous forme organique dissoute [16]. La matière organique dissoute peut aussi rentrer directement dans le cycle et matière vivante par assimilation hétérotrophe du phytoplancton ou surtout des bactéries. Sorokin [17]; Ryther [18] notent que l'association de la matière organique dissoute à la chlorophylle, correspond à la libération de produits extracellulaires au cours de l'assimilation chlorophyllienne. Etant donné que les matières en suspension issues de l'érosion des continents ou des pollutions humaines absorbent la lumière dans des longueurs d'ondes proches de celles absorbées par la chlorophylle [19], une marge d'erreur de reconnaissance de la chlorophylle et de sa confusion avec les matières en suspensions a été admise. Nous pouvons donc affirmer que l'embouchure du fleuve Sassandra constitue une zone de vulnérabilité du fait des apports terrigènes qui sont sources de pollution.

VII. Conclusion

L'identification et la détermination des origines des constituants a été effectuée grâce à une image SeaWiFS et aux données hydrologiques du fleuve Sassandra. Le traitement et l'interprétation des données a permis de circonscrire les périodes de fortes productions biologiques, de cerner les modes de transport et les interactions entre les différentes sources. Ainsi dans cette eau, on distingue trois configurations en fonction de la nature des constituants, des saisons ainsi que du type de sources. Les détritiques ont une origine principalement terrigène, et la période de concentration correspond aux périodes de crue. Quant à la chlorophylle dont les forts taux coïncident avec les périodes froides, la résurgence d'eau froide (upwelling) riche en nutriment est le facteur déterminant. Les apports extérieurs observables à travers les valeurs faibles traduisent néanmoins l'existence d'un apport (pollution) venu du fleuve Sassandra. Au niveau de la matière organique dissoute, une fraction est générée par biodégradation du phytoplancton pendant les périodes post-prolifération de phytoplancton et l'autre partie provient des sols et des végétations lors des périodes de crues.

Toutefois, ces processus environnementaux qui restent complexes, irréguliers et difficiles à appréhender ont une grande influence sur l'écosystème qui reste instable et changeant.

References

- [1]. J.P.DROUX, *Hydrologie et flux de matières particulaires et dissoutes sur petits bassins versants du bassin du fleuve Niger au Mali*. Bassins du Dounfing, de Djitiko et de Belekoni. Thèse de doctorat de l'Université Louis Pasteur- STRASBOURG I- Mention géographique, soutenance le 1/07/1999.
- [2]. IOCCG, Remote sensing of ocean colour in coastal, and other optically-complex, waters in S. Sathyendranath, (Ed), *Reports of the International Ocean-Colour Coordinating Group*, 3 (IOCCG, Dartmouth, Canada, 2000) 145 p.
- [3]. E. V. Djagoua, M. J. Kouadio, C. Dro, M. Bella, J-B. Kassi, A. B. Mobio, K. Affian, B. Belanger, and P. Larouche, Water Constituents Assessment at the Sassandra River Mouth (Côte d'Ivoire) in Vittorio Barale and Martin Gade (Eds). *Remote Sensing of the African Seas*, Outline Based on Remote Sensing Reflectances, 2014, 135-148. ISBN 978-94-017-8007-0 ; ISBN 978-94-017-8008-7 (2014)
- [4]. C. R. McClain, G. C. Feldman, S. B. Hooker, An overview of the SeaWiFS project and strategies for producing a climate research quality global ocean bio-optical time series. *Deep-Sea Res II* 51, 2004, 5-42
- [5]. R.P. Bukata, J.H. Jerome, K.Y. Kondratyev, and D.V. Pozdnyakov, Optical Properties and Remote Sensing of Inland and Coastal Waters, *CRC Press, Boca Raton, FL*. 1995
- [6]. CIE, Le modèle colorimétrique de la CIE, 1931, online, <http://modele-cie-1931.blogspot.com/>

- [7]. A. Morlière, (1970) Les saisons marines devant Abidjan. *Doc Scient Centre Rech Océanogr Abidjan* 1(2), 1970, 1–15
- [8]. M. C. Ingham, Coastal upwelling in the northwestern Gulf of Guinea. *Bulletin Marine Sci* 20, 1970, 2–34
- [9]. E. Marchal, J. Picaut, Répartition et abondance évaluées par écho-intégration des poissons du plateau ivoiro-ghanéen en relation avec les upwellings locaux. *J de Recherche Oceanographique* 2, 1977, 39–57
- [10]. J. Picaut, Propagation of the seasonal upwelling in the eastern equatorial Atlantic. *J Phys Oceanogr* 13, 1983, 18–37
- [11]. C. Colin, Y. Gallardo, R. Chuchla, S. Cissoko, Environnements climatique et océanographique sur le plateau continental de la Côte d'Ivoire. In: LeLoeuf P, Marshal E, Kothias JBA (Eds) *Environnement et Ressources Aquatiques de la Côte d'Ivoire, I—Le milieu marin. ORSTOM, Paris*, 1993, 75–110
- [12]. H. Demarcq, A. Aman, A multi-data approach for assessing the spatio-temporal variability of the Ivoirian-Ghanaian coastal upwelling: understanding pelagic fish stock dynamics. In: McGlade JM, Cury P, Koranteng KA, Hardmann-Mountford NJ (eds) *The Gulf of Guinea large marine ecosystem. Elsevier Science, Amsterdam*, 2002, 83–92
- [13]. E. V. Djagoua, *Contribution de l'imagerie satellitaire visible et infra à rouge et l'étude de la variabilité spatio-temporelle des phénomènes physiques de surface du littoral marin ivoirien et implication dans la variabilité du phytoplancton et des prises de Sardinella aurita.*, Université de Cocody-Abidjan Thèse de Doctorat Unique, N° d'ordre 383, 2003, p 136
- [14]. P. Le Loeuff, E. Marchal, Géographie littorale. In: LeLoeuf P, Marshal E, Kothias JBA (Eds) *Environnement et ressources aquatiques en Côte D'Ivoire:I—Le milieu marin. ORSTOM, Paris*, 1993, 15–22
- [15]. A. Herbland, P. Le Loeuff, Les sels nutritifs au large de la Côte d'Ivoire. In: LeLoeuf P, Marshal E, Kothias JBA (eds) *Environnement et Ressources Aquatiques de la Côte d'Ivoire,I—Le milieu marin. ORSTOM, Paris*, 1993, 123–148
- [16]. J. P. THOMAS, Release OC dissolved organic matter from natural populations of marine phytoplankton. *Mar. Rio/.*, vol. 11, 1971, 311-323.
- [17]. Y. I. Sohokin et D. I. Wyskkwarzew, Feeding on dissolved organic matter by some marine animals. *Aquaculture*, vol. '2, 1973, 141-148.
- [18]. J. H. Ryther, D. W. Menzel, E. M. Holburt, C. D. Lorentzen, N. Corwin, The production and utilization of organic multer in the Peru coastal current. *Inu. Pesq.*, vol. 35, 1971, 43-59.
- [19]. O'reilly E., Maritorena S., Mitchell B. G., Siegel D. A., Carder K. L., Kahru M. and McClain C. Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS. *J. of Geophysical Research*, vol.103, n°C11, 1998, 24937-24953.

Kassi A. Jean-Baptiste "Evaluation Saisonniere Des Constituants Et De La Couleur Approximative De L'eau A L'embouchure Du Fleuve Sassandra (Ouest De La Cote D'ivoire)." *International Journal of Engineering Science Invention(IJESI)*, vol. 6, no. 12, 2017, pp. 66-74.