Télédétection, 2006, vol. 6, n° 2, p. 143-151
© 2006 CONTEMPORARY PUBLISHING INTERNATIONAL
Publié sous l'enseigne *Éditions Scientifiques GB*

VARIABILITÉ SAISONNIÈRE ET INTERANNUELLE DE LA CHLOROPHYLLE EN SURFACE DE LA MER SUR LE PLATEAU CONTINENTAL DE LA CÔTE D'IVOIRE À L'AIDE DES IMAGES DE SEAWIFS, DE 1997 À 2004

Éric Valère DJAGOUA[1], Kouadio AFFIAN[1], Pierre LAROUCHE[2] et Mahaman Bachir SALEY[1]

[1] Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT),
22 B.P. 801, Abidjan 22, Côte d'Ivoire ;
téléphone : (225) 44 52 70 / 05 47 44 80 ;
télécopieur : (225) 22 44 52 70 ;
courriel : vdjagoua@yahoo.fr ;
k_affian@yahoo.fr ; basaley@yahoo.fr

[2] Laboratoire de télédétection de l'Institut Maurice Lamontagne (I.M.L.),
850, route de la Mer, B.P. 1000, Mont-Joli, Québec, Canada G5H 3Z4 ;
téléphone : (1) 418 775-0569 ;
courriel : larouchep@dfo-mpo.gc.ca

Soumis le 25 avril 2006 ; révisé le 15 août 2006 ; accepté le 1er novembre 2006

La télédétection a constitué l'outil principal de cette étude où l'on tente de mettre en relation les caractéristiques de l'eau de mer et les prises de poissons. L'analyse de la biomasse phytoplanctonique a été effectuée dans l'écosystème marin de la Côte d'Ivoire durant la période de septembre 1997 à décembre 2004. La procédure adoptée est l'analyse temporelle des images satellitaires, afin d'avoir des informations à la fois saisonnières et interannuelles. Ainsi, l'utilisation harmonieuse des données provenant de l'analyse multidate opérée sur les différentes images du visible (SeaWiFS d'Obview-2) et les images de l'infrarouge thermique (AVHRR de NOAA) ont montré que :

- lorsque la température de surface est basse (< 24° C), la concentration en chlorophylle est à son maximum (> 1,5 mg/m^3) ;
- à l'échelle de l'année, la concentration en chlorophylle présente une variation saisonnière accentuée entre le mois de juillet et le mois de septembre ;
- à l'échelle interannuelle, une forte concentration est observée en juillet et septembre des années 2002 et 2004 ;
- la forte prise de sardines (*Sardinelle aurita*) coïncide avec la présence d'une résurgence d'eau froide, caractérisée par la baisse de la température de surface et une augmentation de la concentration en chlorophylle de surface.

Mots clés : Biomasse phytoplanctonique, température de surface de la mer, résurgence d'eau froide, Côte d'Ivoire, SeaWiFS, AVHRR, *Sardinelle aurita.*

SEASONAL AND INTERANNUAL VARIABILITY OF THE SEA SURFACE CHLOROPHYLL ON THE CONTINENTAL SHELF OF THE IVORY COAST : AN INVESTIGATION USING SEAWIFS AND AVHRR DATA FROM 1997 TO 2004

Remote sensing is the principal tool used in this study. This study tries to show how to connect the characteristics of sea water and fish catches. The analysis of the phytoplankton biomass was carried out in the marine ecosystem of the Ivory Coast from September, 1997 to December, 2004. The adopted procedure is to analyze the remote sensing data in order to have the same seasonal and interannual informations. Thus, the harmonious use of the data resulting from the analysis of the time series data derived from the visible channel (SeaWiFS/Obview-2) and thermal infrared images (AVHRR/NOAA) showed that :

- When the sea surface temperature is low (< 24° C), the chlorophyll concentration is maximum (> 1,5 mg/m^3) ;
- Yearly, the chlorophyll concentration presents an accentuated seasonal variation between July and September ;
- Annually, strong concentrations are observed from July to September 2002 and 2004 ;
- The large fish catches coincide with the presence of upwelling, characterized by the fall of the sea surface temperature and an increase in the sea surface chlorophyll concentration.

Key words: phytoplankton biomass, sea surface temperature, upwelling, Côte d'Ivoire, SeaWiFS, AVHRR, *Sardinella aurita.*

1. INTRODUCTION

La couleur de l'océan, à partir de l'espace, est étudiée depuis le lancement du satellite Nimbus-7 équipé du capteur CZCS (Fargion *et al*., 1993 ; Barnard *et al*., 1997 ; Peliz and Fiuza, 1999). Ces études se sont poursuivies avec l'exploitation des images de SeaWiFS (Arnone and Gould, 1998 ; McClain *et al*. 1998 ; Perez *et al*., 2005 ; Campillo-Campbell and Gordoa, 2004 ; Brickley and Thomas, 2004 ; Cokacar *et al*., 2004).

Au niveau de l'écosystème marin de la Côte d'Ivoire en particulier et du golfe de Guinée en général, les études de la concentration en pigments chlorophylliens ont été, pour la plupart, menées à partir de données *in situ* (Binet, 1983 ; Arfi *et al*., 2002 ; John *et al*., 2002).

Face au défi de la baisse de la pêche, des méthodes de connaissance des ressources halieutiques plus modernes et plus efficaces méritent d'être expérimentées. En effet, il s'agit d'instaurer la pratique d'une pêche qui s'inscrit dans une perspective de développement durable exigeant que les paramètres qui favorisent la prolifération des poissons en une zone donnée soient connus. La concentration de la biomasse chlorophyllienne fait partie de ces paramètres dont la connaissance est nécessaire mais qui, malheureusement, fait l'objet de peu d'étude dans le golfe de Guinée. C'est dans cette perspective que le CURAT (Centre universitaire de recherche et d'application en télédétection) a entrepris l'étude de la couleur de l'eau de mer en se referant à la biomasse chlorophyllienne dans ce golfe.

Aussi, cette étude vise-t-elle à déterminer la variabilité spatiale et temporelle de la concentration des pigments chlorophylliens dans l'écosystème marin de la Côte d'Ivoire. Les analyses ont porté sur les images du visible du (SeaWiFS d'Obview-2) alors que celles de la température de surface de la mer ont porté sur les images de l'infrarouge thermique (AVHRR de NOAA).

2. DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

La zone d'étude fait partie du grand écosystème marin du golfe de Guinée, qui s'étend du Sénégal à l'Angola (figure 1). Le golfe de Guinée est délimité par la façade maritime de plus de quatorze pays dont un pays insulaire (Sao Tomé et Principe). Ces pays sont subdivisés en trois régions, à savoir la région de Sierra Leone–Guinea Plateau (SGLP), la région Central West African Upwelling (CWAU) et la région Eastern Gulf of Guinea (EGOG) (Hardmann-Mountford and McGlade, 2002). Le littoral ivoirien, qui ne représente qu'une petite partie de ce grand écosystème, s'étend entre les longitudes 3° E et 7° O (figure 1). Il s'étend ainsi sur près de 600 km. Il est sous l'influence du phénomène de remontée (résurgence) d'eau froide périodique (Varlet, 1958 ; Molière, 1970). Comme tous les écosystèmes de résurgences côtières du monde, ce milieu marin est favorable au développement de populations d'espèces pélagiques, parmi lesquelles dominent les sardines, notamment l'espèce *Sardinella aurita*. Ces espèces connues pour l'importance de leur réserve, sont aussi connues pour leur instabilité liée aux fluctuations environnementales, notamment à la température et au phytoplancton (Cury and Roy, 1987 ; Pezennec *et al*., 1993) car la composition alimentaire de ces espèces comprend essentiellement le zooplancton et le phytoplancton (Nieland, 1982 ; Medina-Gaertner, 1985).

3. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les données de SeaWiFS utilisées dans cette étude ont été fournies par le Goddard Space Flight Center (GSFC) de la NASA. Ce sont des données de résolution spatiale de 4 x 4 km de niveau 2 (L2 GAC, *Global Area Coverage*). Les concentrations en chlorophylle ont été calculées au moyen de l'algorithme bio-optique OC4 proposé par O'Reilly *et al.* (1998) avec une révision des coefficients numériques (OC4v4) (Bosc *et al*., 2004). Toutes les images acquises, de format HDF-SD (*Hierachical Data Format-Scientist Data*), ont été transférées dans le logiciel SeaDAS de la NASA, où elles sont corrigées géométriquement par application de la projection azimutale.

Les moyennes mensuelles des images de la concentration en chlorophylle de la période d'étude (1997-2004) sont effectuées en utilisant l'ensemble des images du mois considéré pour analyser la dynamique spatiale des patrons des concentrations. Les moyennes des valeurs spatiales de la concentration en chlorophylle entre 1997 et 2004, extraite de chaque image mensuelle, sont calculées entre 2° et 9° de longitude ouest et entre 3° et 5,30° de latitude nord (figure 1) pour montrer la variabilité interannuelle de la chlorophylle sur le plateau continental de la Côte d'Ivoire.

Pour aider à la compréhension de la variabilité de la concentration en chlorophylle, les moyennes spatiales de la température de surface de la mer ont été utilisées. Ces moyennes spatiales des images des séries temporelles sont extraites des fichiers de PO DAAC (*Physical Oceanography Distributed Archives Active Center*) du JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) et proviennent des images de niveau 3 et de 4 km x 4 km de résolution spatiale. La série temporelle se situe entre septembre 1997 et décembre 2004 pour garder la même période que la concentration en chlorophylle de surface.

Les données de prises de sardines entre 1997 et 2003, extraites des fichiers de la Direction des pêches de la Côte d'Ivoire, sont aussi utilisées afin de montrer l'effet des variations des conditions environnementales, qui se produisent sur le plateau continental de la Côte d'Ivoire, sur la disponibilité de ces espèces.

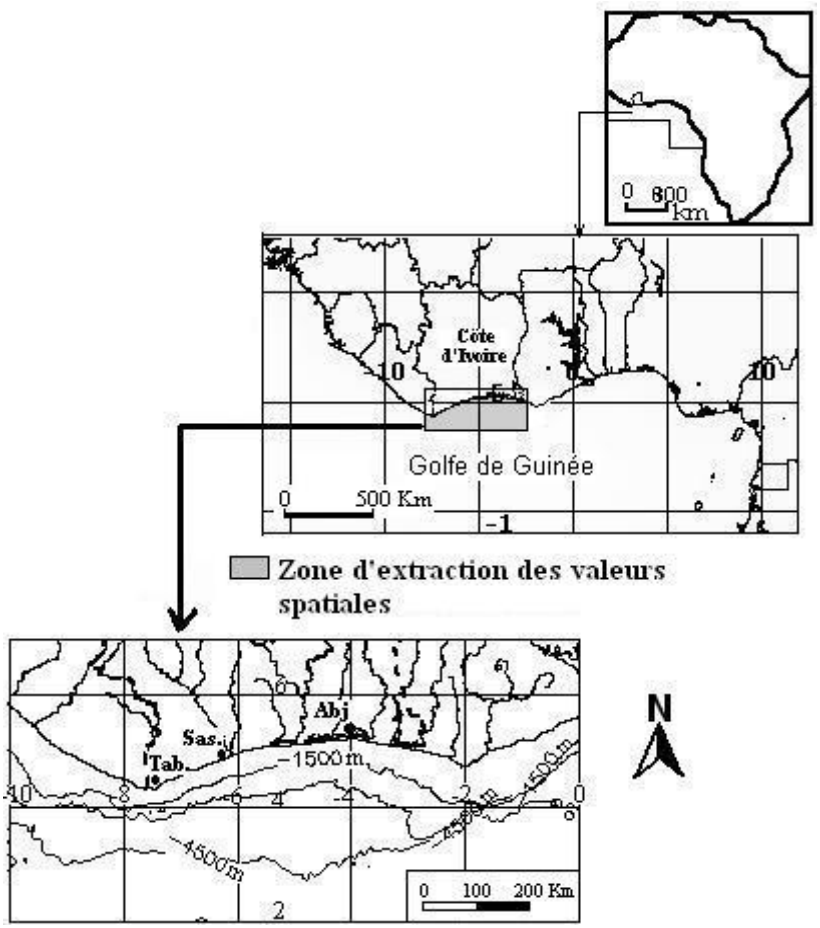


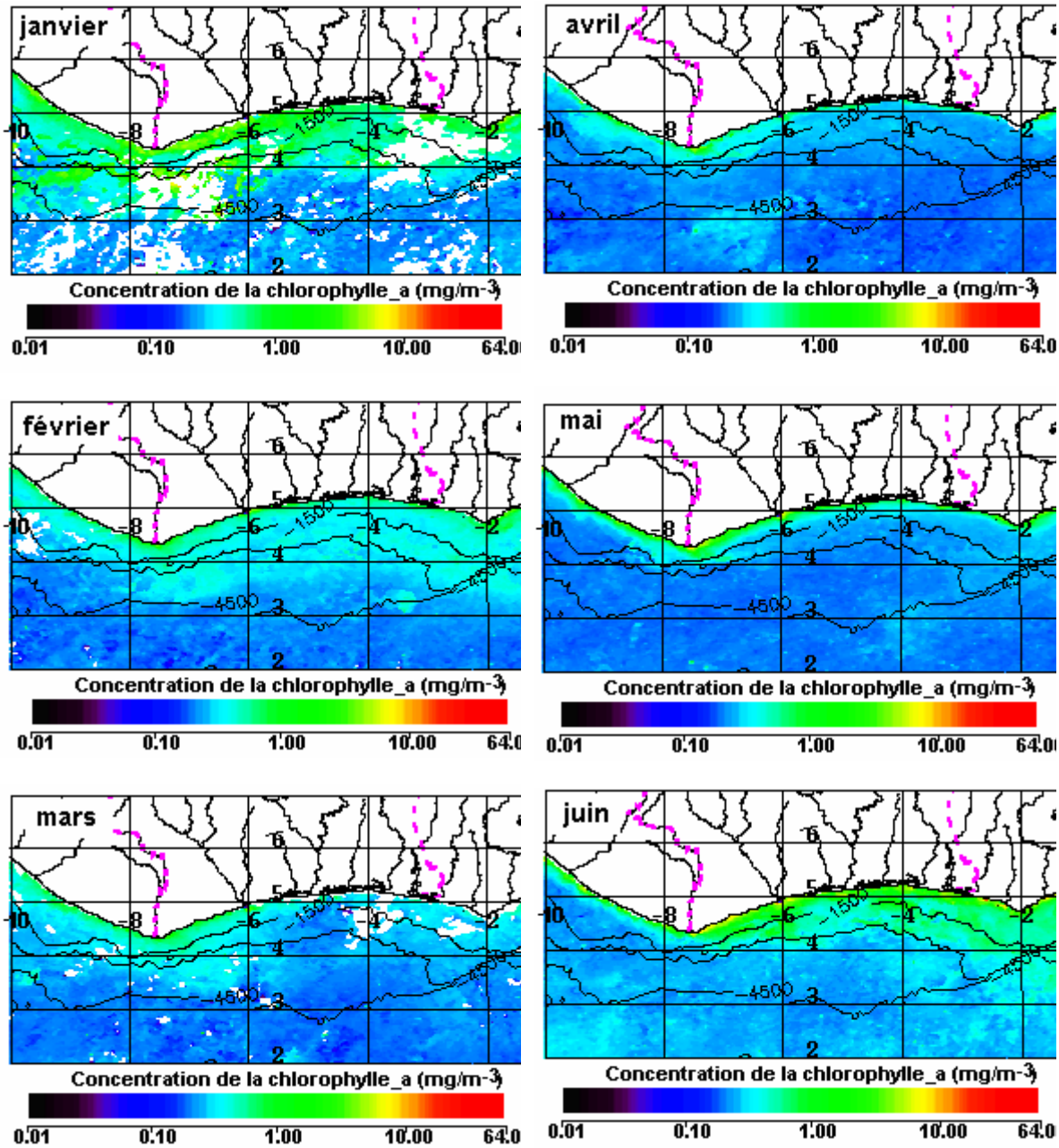
FIGURE 1 : Configuration du littoral de la Côte d'Ivoire. Tab = Tabou, Sas. = Sassandra, Abj = Abidjan. *Configuration of the coasts of Ivory Coast. Tab = Tabou, Sas. = Sassandra, Abj = Abidjan.*

4. RÉSULTATS

4.1. Variabilités spatiale et saisonnière de la concentration de la chlorophylle

L'observation générale de la répartition des patrons de concentration en chlorophylle entre 1997 et 2004 (figure 2) montre une grande disparité mensuelle dans cette répartition.

Le mois de janvier enregistre une concentration d'un niveau moyen, soit entre 1 mg/m^3 et 1,5 mg/m^3, qui se trouve le long du littoral immédiat. À partir de février, la teneur de la concentration décroît pour atteindre son minimum (< 0,1 mg/m^3) aux mois de mars, avril et mai. À partir du mois de juin, la concentration croît à nouveau. La teneur élevée (> 1,5 mg/m^3) envahit tout le plateau continental au cours des mois de juillet, août et septembre. La concentration baisse à nouveau pendant la période de novembre à décembre.


janvier
avril
février
mai
mars
juin
Concentration de la chlorophylle_a (mg/m-3)
0.01
0.10
1.00
10.00
64.0

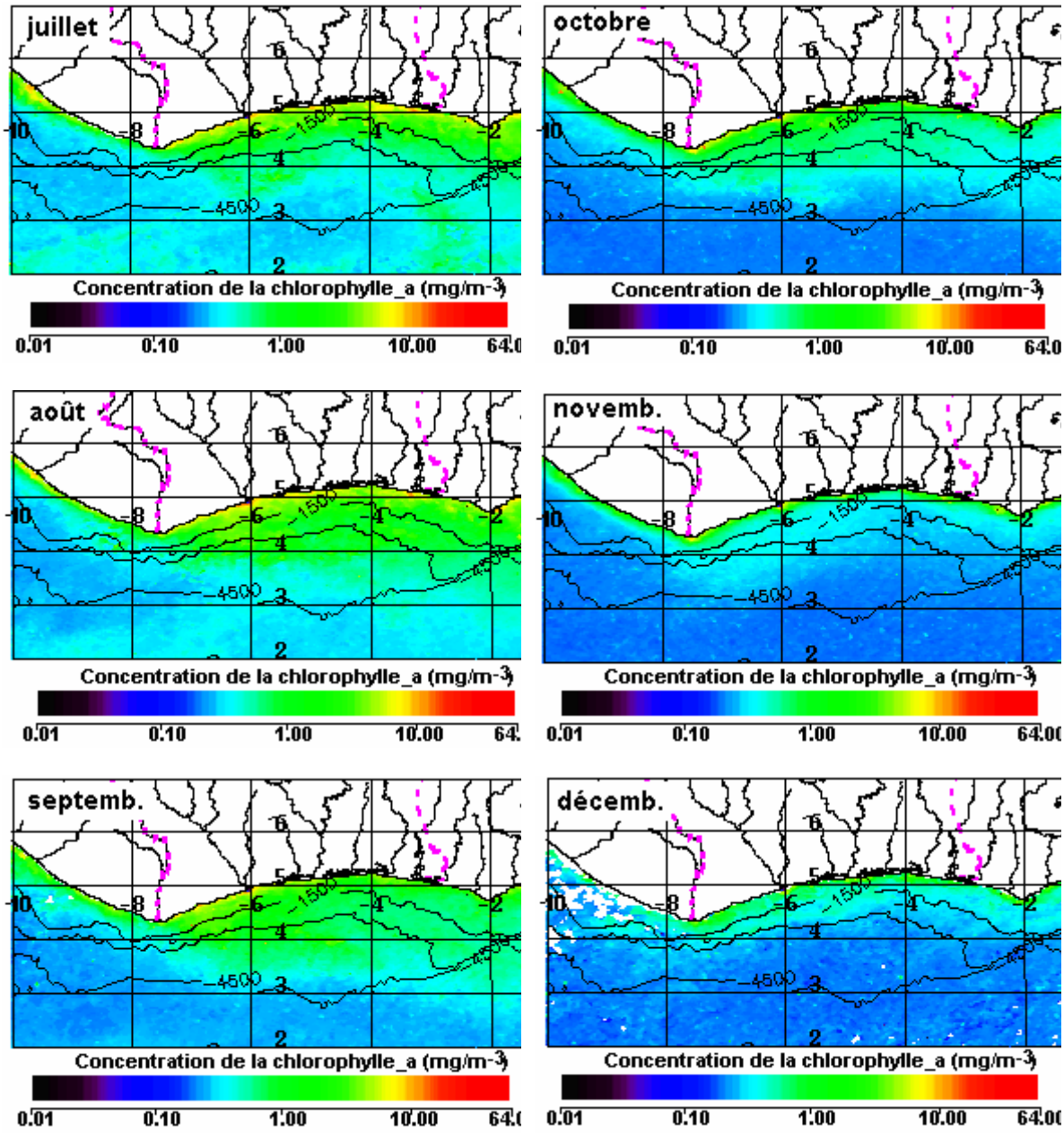


FIGURE 2 :. Variabilité saisonnière de la concentration en chlorophylle de janvier à décembre (1997 à 2004) à partir d'images de SeaWiFs. *Seasonal variability of chlorophyll concentrations over the period January to December (1997 to 2004) using SeaWiFs imagery.*

4.2. Variabilité interannuelle de la concentration de la chlorophylle, de la température de surface et des prises de sardines

Les courbes de variation mensuelle de concentration en chlorophylle, auxquelles ont été associées celles de la température de surface, ont été calculées dans la zone indiquée sur la figure 1 et établies avec des valeurs enregistrées entre 1997 et 2004 (figure 3). Elles montrent la concordance entre les périodes de concentration élevées en chlorophylle et les périodes de basse température de surface. En effet, en 1998, on remarque que la période allant de juin à septembre (figure 3a) est celle qui enregistre des concentrations élevées en chlorophylle (> 1 mg/m^3). Dans cette même période (figure 3b), on remarque la chute de la température de surface de la mer (< 25 °C). En 1999, la forte concentration en chlorophylle (> 1 mg/m^3) qui se remarque sur la figure 3a survient entre août et septembre. Cette période est également caractérisée par des faibles températures de l'ordre de 24 °C (figure 3b). En 2000, la concentra-

tion en chlorophylle montre deux pics centrés, respectivement, en juillet et en octobre (figure 3a). Sur la figure 3b, bien qu'on n'observe pas deux minima de température, on remarque toutefois une baisse générale de la température durant cette période de l'année. En 2001, la concentration élevée en chlorophylle (1,2 mg/m^3) est centrée sur le mois de juillet (figure 3a). La faible température de surface (25 °C) de cette année (figure 3b) s'étale sur une plus grande période qui inclut le mois de juillet. En 2002, la concentration en chlorophylle montre un pic de 1,5 mg/m^3 en juillet (figure 3a), alors que de basses températures de surface (< 25 °C) s'étalent de juillet à septembre. En 2003, le pic de forte concentration en chlorophylle, de l'ordre de 1,5 mg/m^3, s'observe en juillet et en août (figure 3a). Au cours de cette même période (figure 3b), on observe des basses températures (< 25 °C). En 2004 enfin, alors que la concentration en chlorophylle est plus élevée (> 1,5 mg/m^3) en septembre (figure 3a), on observe de façon concomitante une basse température (< 25 °C) (figure 3b).

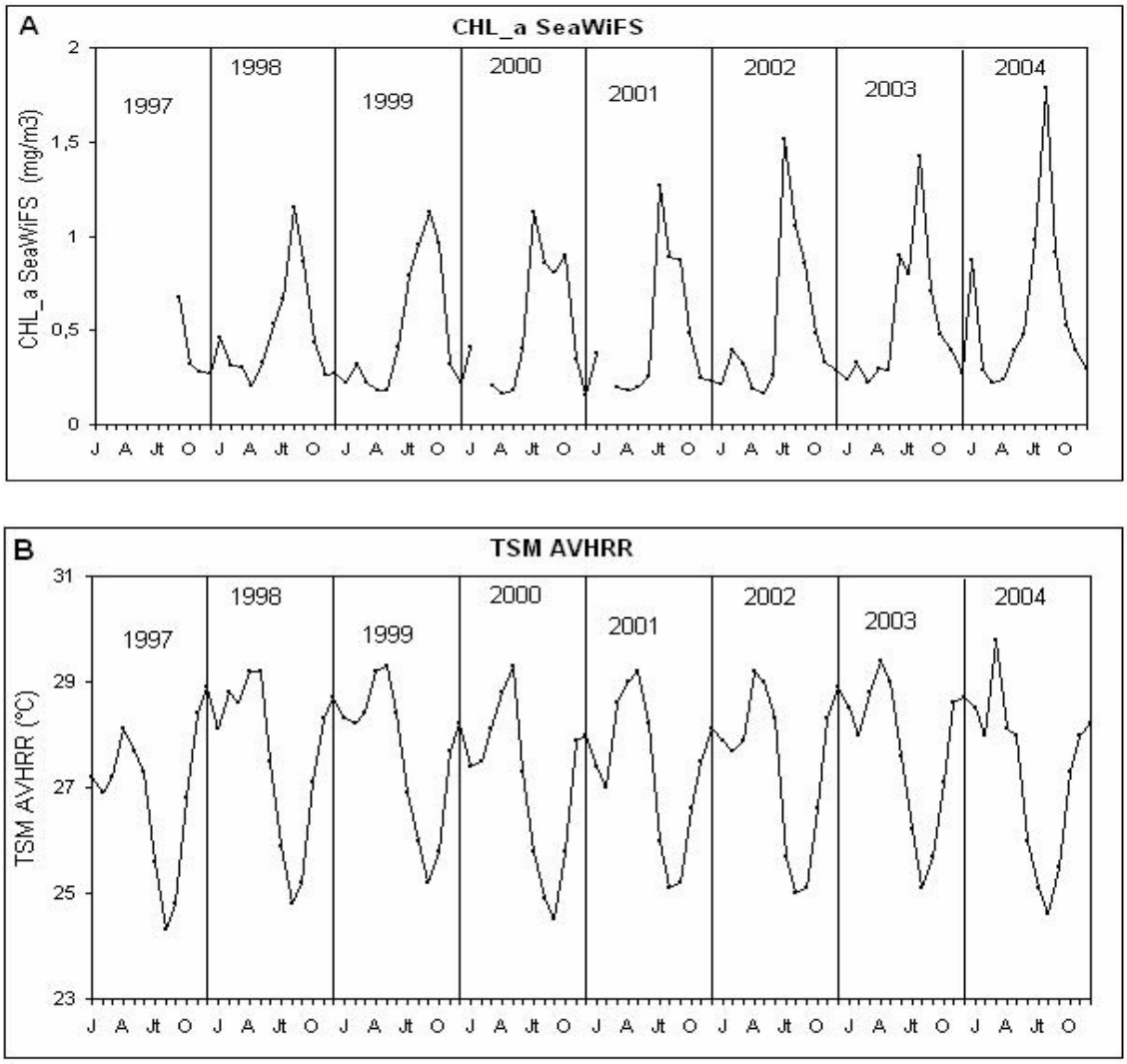


FIGURE 3 : Variabilité des séries temporelles : (A) de la concentration en chlorophylle (CHL, mg/m3) ; (B) de la température de surface de la mer (TSM, °C) extraite des fichiers de PO DAAC. Chaque moyenne mensuelle est la moyenne spatiale des valeurs de la CHL ou de la TSM de l'image mensuelle de chaque année de la série temporelle de septembre 1997 à décembre 2004. *Time series variability : (A) of the chlorophyll concentration (CHL, mg/m3) ; (B) of the sea surface temperature (SST, °C) extracted from Po DAAC files. Each monthly mean is the averaged from the monthly chlorophyll concentration or SST composite image for each year of the time series September 1997 to December 2004.*

Les prises de sardines (figure 4) montrent la même variation que celle de la concentration en chlorophylle. En effet, le pic des prises est observé entre juillet et septembre. Cependant, c'est en juillet que les fortes prises sont remarquables, notamment en 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 et 2003. Pourtant ce mois est le moins productif et le plus chaud de la période allant de juillet à septembre appelée « grande saison froide marine ». Ces périodes correspondent aux périodes de la manifestation des phénomènes de résurgences (faible température), qui s'accompagnent de fortes concentrations en chlorophylle.

Cette étude comparative montre que les concentrations en chlorophylle élevées et les faibles températures de surface de la mer surviennent de façon simultanée dans le courant des mois de juillet à octobre et ce, chaque année, ce qui favorise la disponibilité et le recrutement des petite espèces pélagiques telles que les sardines.

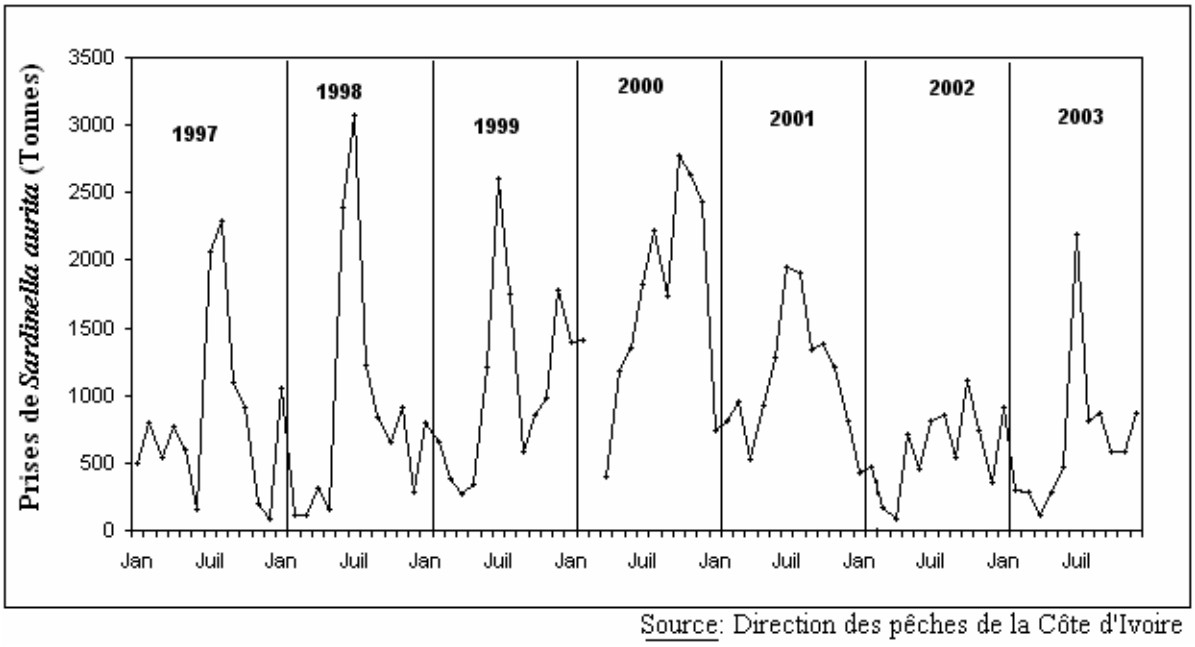


FIGURE 4 : Variabilité saisonnière des prises de sardines (1993 à 2003). *Seasonal variability of sardine catches (1993 to 2003)*

5. DISCUSSION

5.1. Biomasse phytoplanctonique et température de surface sur le plateau continental ivoirien

Au cours de cette étude, il a été démontré que les pics de forte concentration en chlorophylle coïncident en général avec les basses températures de surface. Cette observation a été faite par Varlet (1958), Morlière (1970), Morlière et Rebert (1972), Colin et Bakayoko (1984) ainsi que Colin et Cissoko (1984), pour qui les variations saisonnières de la température de surface sont des indicateurs du développement d'un phénomène physique saisonnier, la résurgence d'eau froide du golfe de Guinée en général et près du littoral ivoirien en particulier. La plus forte intensité de cette résurgence est observée lorsque les températures de surface sont basses, notamment en juillet, août et septembre (Arfi *et al*, 1993). Pendant cette période, la résurgence va donc enrichir la zone néritique de l'océan des sels nutritifs qui vont exercer une influence immédiate sur la production biologique, le phytoplancton (Herbland et Le Loeuff, 1993 ; Arfi *et al*., 2002 ; Koranteng and McGlade, 2002).

Bien que la résurgence soit la principale source d'enrichissement de la zone euphotique du littoral, l'apport des décharges des principaux fleuves n'est pas à ignorer (Sevrin-Reyssac, 1993). En effet, d'après Binet (1983) et Herbland et Le Loeuff (1993), la forte concentration en chlorophylle observée pendant les saisons marines chaudes indique que les apports terrigènes contribuent à l'enrichissement de la zone côtière ivoirienne. Les apports enrichissants proviennent des eaux de ruissellement qui lessivent des terres défrichées entourant les lagunes côtières.

D'après Dandonneau (1973), les lagunes du littoral est de la Côte d'Ivoire, qui sont dans une zone plus défrichée qu'à l'ouest, jouent mieux ce rôle de transfert des eaux de ruissellement. Par conséquent, les apports terrigènes sont surtout importants dans la partie est du littoral et entraîneraient une forte concentration en phytoplancton.

Cependant, la concentration en chlorophylle déduite du signal de SeaWiFS le long du littoral, précisément aux embouchures des principaux fleuves, où les eaux peuvent être classées en type II, doit être interprétée avec précaution (Djagoua *et al*., 2006). En effet, du fait de leurs constitutions très variées (matières en suspension minérales et en substances dissoutes), les eaux de type II ont des propriétés optiques complexes (Gohin *et al*., 2005).

5.2. Biomasse phytoplanctonique et pêche dans l'écosystème marin de la Côte d'Ivoire

Les images et les séries temporelles de la chlorophylle de surface de la zone côtière de la Côte d'Ivoire ont montré des variations spatiale et saisonnière des caractéristiques biologiques, à travers les aires et les saisons de concentrations en phytoplancton. L'analyse intra-annuelle des réserves de sardines, espèce pélagique dominante dans les débarquements de la pêche industrielle, montre que les prises les plus élevées surviennent de juillet à septembre. ORSTOM / PRU (1976 cité dans Pezennec and Koranteng, 1998)**,** à partir des indices gonado-somatiques des sardines débarquées à Abidjan, a révélé que la ponte et le recrutement ont lieu principalement au cours de la période de forte concentration en chlorophylle et de basse température de surface, à savoir la période entre juillet et octobre.

Ce résultat montre la vulnérabilité des réserves de poissons vis-à-vis des activités de pêche menées pendant la saison de la résurgence d'eau froide (Cury and Roy, 1987 ; Faure and Cury, 1998 **;** Cury and Roy, 2002 ; Roy *et al*., 2002).

6. CONCLUSION

Les images de SeaWiFS d'Obview-2 et d'AVHRR de NOAA de l'écosystème marin de la Côte d'Ivoire, obtenues durant la période entre 1998 et 2004, ont permis d'étudier, dans le temps et dans l'espace, les variabilités spatiale et saisonnière de la concentration en chlorophylle des eaux de surface. L'investigation basée sur l'utilisation de ces images a révélé que la plus forte concentration en phytoplancton est observée pendant la période de juillet à septembre.

Un lien étroit a été établi entre la température de surface de la mer et la concentration en chlorophylle dans les eaux du plateau continental de la Côte d'Ivoire. Cette étude montre que l'utilisation concomitante de la température de surface et de la concentration en chlorophylle peut aider à comprendre et à mieux gérer la pêche. C'est pourquoi une observation prolongée des activités biologiques dans l'écosystème marin du golfe de Guinée à partir du capteur SeaWiFS s'avère être une nécessité.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le « Project SeaWiFS » (code 970.2) et le DAAC (Distributed Archives Actives Center, code 902) du GSFC (Goddard Space Flight Center), à Greenbelt, pour la production et la distribution des données de SeaWiFS. Nos sincères remerciements vont aussi à l'endroit du PO DAAC (Physical Oceanography DAAC du JPL (Jet Propulsion Laboratory) pour la distribution des données de AVHRR Pathfinder du niveau 3 des températures de surface de la mer (produit n° 216). Les auteurs expriment toute leur gratitude à GOOS–Africa (Système mondial de l'observation de l'océan) et aux Projets GEM-CG (Projet grand écosystème marin du courant de Guinée) et Cross-cutting de l'UNESCO pour leur soutien accordé à cette initiative.

Références

Arfi, R., Pezennec, O., Cissoko, S. et Mensah, M. (1993) Évolution temporelle d'un indice caractérisant l'intensité de la résurgence ivoiro-ghanéenne. P. 111-122, in Le Loeuff, P., Marchal, E. et Amon Kothias, J. B. (réd.) Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome I : Le milieu marin. Éditions de l'ORSTOM, Paris, 590 p.

Arfi, R., Bouvy, M. and Ménard, F. (2002) Environmental variability at a coastal station near Abidjan : Oceanic and continental influences. P. 103-118, in McGlade, J.M., Cury, P., Koranteng, K.A. and Hardman-Mountford, N.J. (réd.) The Gulf of Guinea Large Marine Ecosystem : Environmental forcing and sustainable development of marine resources. Elsevier, Amsterdam, 392 p.

Arnone, R.A. and Gould, R.W. (1998) Coastal monitoring using ocean color. Sea Technology, vol. 39, p. 18-27.

Barnard, A.H, Stegmann, P.M. and Yoder, J.A. (1997) Seasonal surface ocean variability in the South Atlantic Bight derived from CZCS and AVHRR imagery. Continental Shelf Research, vol. 17, n° 10, p. 1181-1206.

Binet, D. (1983) Phytoplancton et production primaire des régimes côtiers à upwelling saisonniers dans le golfe de Guinée. Océanographie Tropicale, vol. 18, n° 2, p. 231-335.

Bosc, E., Bricaud, A. and Antoine, D. (2004). Seasonal and interannual variability in algal biomass and primary production in the Mediterranean Sea, as derived from four years of SeaWiFS observations. Global Biogeochemical Cycles, vol. 18, GB1005, doi :10.1029 / 2003GB002034 2004.

Brickley, P.J. and Thomas, A.C. (2004) Satellite-measured seasonal and inter-annual chlorophyll variability in the Northeast Pacific and Coastal Gulf of Alaska. Deep-Sea Research II : Topical Studies in Oceanography, vol. 51, p. 229-245.

Campillo-Campbell, C. and Gordoa, A. (2004) Physical and biological variability in the Namibia upwelling system : October 1997-October 2001. Deep Sea Research II : Topical Studies in Oceanography, vol. 51, p. 147-158.

Cokacar, T., Oguz, T. and Kubilay, N. (2004) Satellite-detected early summer coccolithophore blooms and their interannual variability in the Black. Deep Sea Research I : Oceanographic Research Papers, vol. 51, n° 8, p. 1017-1031.

Colin, C. et Bakayoko, S. (1984) Variations saisonnières des structures hydrologiques et dynamiques observées sur le plateau continental ivoirien. Centre de Recherche Océanographique, Abidjan, Archives Scientifiques, vol. 10, n° 8, 64 p.

Colin, C et Cissoko, S. (1984) Observations hydrologiques et dynamiques le long de deux radiales du plateau continental ivoirien pendant l'année FOCAL 1983. Centre de Recherche Océanographique, Abidjan, Archives Scientifiques, vol. 10, n° 7, 99 p.

Cury, P. and Roy, C. (1987) Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte d'Ivoire : une approche globale. Oceanologica Acta, vol. 10, n° 3, p. 347-356.

Cury, P. and Roy, C. (2002) Environmental forcing and fisheries resources in Côte d'Ivoire and Ghana : did something happen?

P. 241-260, in McGlade, J.M., Cury, P., Koranteng, K.A. and Hardman-Mountford, N.J. (réd.) The Gulf of Guinea Large Marine Ecosystem : Environmental forcing and sustainable development of marine resources. Elsevier, Amsterdam, 392 p.

Dandonneau, Y. (1973) Étude du phytoplancton sur le plateau continental de la Côte d'Ivoire. III-Facteurs dynamiques et variations spatio-temporelles. Cahiers de l'ORSTOM, série Océanographie, vol. 11, no 4, p. 431-454.

Djagoua, É.V., Larouche, P., Affian, K. et Saley M.B. (2006) Variabilité saisonnière et interannuelle de la concentration de la chlorophylle dans le Golfe de Guinée à partir des images SeaWiFS. International Journal of Remote Sensing (sous presse).

Fargion, G.S., McGowan, J.A. and Stewart, R.H. (1993) Seasonality of chlorophyll concentrations in the California current : A comparison of two methods. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports, vol. 34, p. 35-50.

Faure, V. and Cury, P. (1998) Pelagic fisheries and environmental constraints in upwelling areas. Local Change and Trend. P. 391-408, in Durand, M.H., Mendelssohn, R., Cury, P., Mendelssohn, R., Bakun, A., Roy C. and Pauly, D. (réd.) Global Versus Local Changes in Upwelling Areas. Éditions de l'ORSTOM, Paris, 525 p.

Gohin, F., Loyer, S., Lunven, M., Labry, C., Froidefond, J.-M., Delmas, D., Huret, M. and Herbland, A. (2005) Satellite-derived parameters for biological modelling in coastal waters : illustration over the eastern continental shelf of the bay of Biscay. Remote Sensing of Environment, no 95, p. 29-46.

Hardman-Mountford, N.J. and McGlade, J.M. (2002) Variability of physical environmental processes in the Gulf of Guinea and implications for fisheries recruitment. An investigation using remotely sensed SST. P. 49-64, in McGlade, J.M., Cury, P., Koranteng, K.A. and Hardman-Mountford, N.J. (réd.) The Gulf of Guinea Large Marine Ecosystem : Environmental forcing and sustainable development of marine resources. Elsevier, Amsterdam, 392 p.

Herbland, A. et Le Loeuff, P. (1993) Les sels nutritifs au large de la Côte d'Ivoire. P. 123-148, in Le Loeuff, P., Marchal, E. et Amon Kothias, J.B. (réd.) Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome I : Le milieu marin. Éditions de l'ORSTOM, Paris, 590 p.

John, A.W.G., Reid, P.C. Batten, S.D. and Anang, E.R. (2002) Monitoring Levels of "phytoplankton colour" in the Gulf of Guinea Using Ships of Opportunity. P. 141-146, in McGlade, J.M., Cury, P., Koranteng, K.A. and Hardman-Mountford, N.J. (réd.) The Gulf of Guinea Large Marine Ecosystem : Environmental forcing and sustainable development of marine resources. Elsevier, Amsterdam, 392 p.

Koranteng, K.A. and McGlade, J.M. (2002) Physico-Chemical Changes in Continental Shelf Waters of the Gulf of Guinea and Possible Impacts on Resource Variability. P. 93-102, in McGlade, J.M., Cury, P., Koranteng, K.A. and Hardman-Mountford, N.J. (réd.) The Gulf of Guinea Large Marine Ecosystem : Environmental Forcing and Sustainable Development of Marine Resources. Elsevier, Amsterdam, 392 p.

McClain, C.R., Cleave, M.L., Felsman, G.C., Gregg, W.W., Hooker, S.B and Norman, K. (1998) Sciences quality SeaWiFS data for global biosphere research. Sea Technology, vol. 39, no 9, p. 10-16.

Medina-Gaertner, M. (1985) Étude du zooplancton côtier de la Baie de Dakar et de son utilisation par les poissons comme source de nourriture. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 141 p.

Morlière, A. (1970) Les saisons marines devant Abidjan. Centre de Recherche Océanographique, Abidjan, Documents scientifiques, vol. 1, n° 2, p. 1-15.

Morlière, A. et Rebert, J.P. (1972). Étude hydrologique du plateau continental ivoirien. Centre de Recherche Océanographique, Abidjan, Documents scientifiques, vol. 3, n° 2, p. 1-30.

Nieland, H. (1982) The food of Sardinella aurita (Val.) and Sardinella eba (Val.) off the coast of Senegal. Rapports et procès-verbaux des réunions du Conseil international pour l'exploration de la mer, no 180, p. 369-373.

O'Reilly, E., Maritorena, S., MitchelL, B.G., Siegel, D.A., Carder, K. L., Kahru, M. and McClain, C. (1998) Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS. Journal of Geophysical Research, vol. 103, n° C11, p. 24937-24953.

Peliz, A, and Fiuza, A. (1999) Temporal and spatial variability of CZCS-derived phytoplankton pigment concentration off the western Iberia Peninsula. International Journal of Remote Sensing, vol. 20, n° 7, p. 1363-1403.

Pérez, V., Fernández, E., Marañón, E., Serret, P. and García-Soto, C. (2005) Seasonal and interannual variability of chlorophyll a and primary production in the Equatorial Atlantic: in situ and remote sensing observations. Journal of Plankton Research, vol. 27, n° 2, p. 189-197.

Pezennec, O. and Koranteng, K.A. (1998) Changes in the dynamics and biology of small pelagic fisheries off Côte d'Ivoire and Ghana : an ecological puzzle. P. 329-343, in Durand, M.H., Mendelssohn, R., Cury, P., Roy, C. and Pauly, D. (réd.) Global Versus Local Changes in Upwelling Systems. Éditions de l'ORSTOM, Paris, 525 p.

Pezennec, O., Marchal, E. et Bard, F. X. (1993) Les espèces pélagiques côtières en Côte d'Ivoire: Ressources et exploitation. P. 387-426, in Le Loeuff, P., Marchal, E. et Amon Kothias, J.B. (réd.) Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome I : Le milieu marin. Éditions de l'ORSTOM, Paris, 590 p.

Roy, C., Cury, P., Fréon, P. and Demarcq, H. (2002) Environmental and Resource Variability off Northwest Africa and the Gulf of Guinea : A Review. P. 121-139, in McGlade, J.M., Cury, P., Koranteng, K.A. and Hardman-Mountford, N.J. (réd.) The Gulf of Guinea Large Marine Ecosystem : Environmental Forcing and Sustainable Development of Marine Resources. Elsevier, Amsterdam, 392 p.

Sevrin-Reyssac J. (1993) Phytoplancton et production primaire dans les eaux marines ivoiriennes. P. 151-166, in Le Loeuff, P., Marchal, E. et Amon Kothias, J. B. (réd.) Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome I : Le milieu marin. Éditions de l'ORSTOM, Paris, 590 p.

Varlet, F. (1958) Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan (Côte D'Ivoire). Essai d'océanographie littorale. Études Eburnéennes, vol. 7, p. 97-222.