

N23

BIOMASSE PHYTOPLANCTONIQUE NIMBUS 7/CZCS DANS LES ARCHIPELS DE NOUVELLE CALEDONIE ET DU VANUATU

PHYTOPLANKTONIC BIOMASS FROM NIMBUS 7/CZCS IN NEW CALEDONIA AND VANUATU ARCHIPELAGOS

C. DUPOUY

Centre ORSTOM de Nouméa - BP A5 Nouméa - NOUVELLE CALEDONIE

RESUME

L'étude des effets d'îles sur la richesse en phytoplancton océanique dans le Pacifique tropical Sud Ouest a déjà été abordée par les chercheurs ORSTOM, tout d'abord de façon statistique et à grande échelle dans tout le PTSO, avec les données des navires marchands, enfin, de façon expérimentale et à échelle fine, à partir de campagnes océanographiques centrées autour des îles Loyauté.

Les images du satellite NIMBUS-7 CZCS sur l'archipel de Nouvelle Calédonie et le Vanuatu montrent des enrichissements très nets de "l'équivalent-chlorophylle" de surface. Malgré un nombre restreint d'images (60 pour la période 1979-1984 dont les 3/4 traitées), une vision synoptique tout à fait nouvelle se dégage, d'une très grande richesse à l'échelle moyenne (tourbillons, zones frontales de 10 à 200km).

L'information temporelle et spatiale est difficile à quantifier pour les méthodes statistiques classiques en raison de la forte couverture nuageuse. Par contre, l'effet d'île a été calculé en appliquant aux images satellites la méthode statistique citée plus haut. Les premiers tests sont présentés. D'autre part, des exemples frappants d'enrichissements sont montrés, du lagon aux abords des îles et sur les haut-fonds, enfin dans les eaux du large de la Z.E.E. des deux archipels.

19 FEV. 1996



O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

261

N° : 43061

Date : A

ABSTRACT

The study of island induced effects on oceanic phytoplankton biomass in the South West tropical Pacific has been initiated by ORSTOM, firstly on a statistical point of view and at a great scale in the whole SWTP from merchant ships data then on an experimental point of view and at a small scale from oceanographic campaigns around the Loyalty Islands.

The images of NIMBUS 7/CZCS acquired over New Caledonia and Vanuatu display very clear chlorophyll equivalent surface enrichments. Despite a relatively small sample of images on the period 1979-1984, (75 % being processed) a very new synoptic vision appears and is characterized by a great diversity at medium scale (eddies, fronts from 10 to 200km...).

The spatial and temporal information is not easy to quantify thank to conventional statistical methods due to a heavy cloud cover. On the other hand, island induced effects have been calculated by applying the statistical method hereupon exposed to the images. First tests are described in this paper. Striking enrichments are displayed from lagoons, island surroundings and shows to the open sea in the New Caledonian and Vanuatu EEZ.

INTRODUCTION

Le traitement de soixante images NIMBUS-7 CZCS, récoltées pour la période 1978-1984, a permis de retracer les grands traits de l'évolution saisonnière et pluriannuelle des développements de phytoplancton dans l'archipel de Nouvelle Calédonie et Vanuatu. Les principaux résultats ont été développés dans Dupouy (1990) : le CZCS illustre les faits marquants du cycle saisonnier de la chlorophylle de surface décrit par Dandonneau et Gohin (1984) : enrichissements au sud liés au refroidissement des eaux (période hivernale), enrichissements au nord de la Nouvelle Calédonie, plutôt observés en période estivale (décembre à mars). Grâce à un traitement standard performant, on a cherché à replacer nos premières observations dans un contexte temporel et spatial élargi.

TRAITEMENT STANDARD DES IMAGES NIMBUS

Les données NIMBUS-7 CZCS (portions d'orbite correspondant à 2 minutes d'acquisition) proviennent de l'archive NASA. Le logiciel de correction atmosphérique est basé sur les équations du transfert radiatif du Laboratoire d'Optique Atmosphérique de Lille (Viollier et al. 1980). Il a été développé au Centre de Météorologie Spatiale de Lannion (Marsouin et Leglas 1982). Dans sa forme actuelle, le logiciel

est adapté aux capacités du SUN de l'OPSTOM Nouméa. Il a été modifié en vue d'une automatisation maximale et du traitement des orbites entières d'acquisition (1968 points x 970 lignes). Des logiciels de décodage et de redressement géométrique des images NIMBUS ont été développés en langage C au LATICAL. On bénéficie pour les manipulations de fichiers de l'ensemble des logiciels mis au point pour l'ensemble SUN/ISIS au LATICAL.

Les corrections atmosphériques comprennent typiquement une élimination de la diffusion moléculaire, calculée d'après les angles de prise de vue par rapport à l'angle de l'incidence solaire, puis élimination de la diffusion par les particules (aérosols) déduites de la mesure satellitaire elle-même, dans le canal atmosphérique (canal 4 à 670 nm). La prise en compte de la variation des angles pour chaque pixel est nécessaire (la largeur d'une scène NIMBUS est d'environ 2 000 kilomètres), mais allonge le temps de traitement. Deux coefficients d'Angström seulement (0.8 et 1) ont été utilisés pour la correction aérosol, en raison du type océanique stable de l'atmosphère. La faible turbidité atmosphérique rencontrée a simplifié cette correction. Un autre problème, non corrigé dans cette étude, est l'effet de réflexion spéculaire du soleil sur la mer ("glitter"), qui peut modifier les réflectances marines (cas de certaines images d'été)

Le logiciel de correction géométrique permet une localisation des pixels avec une précision maximale (celle de la grille NASA). Des erreurs ont été détectées dans la localisation de certaines scènes. Le redressement d'une orbite totale sur une projection UTM carrée s'effectue en 10 minutes.

L'inter-calibration des images

Le principal problème dans le traitement des images NIMBUS est la dégradation importante de sensibilité du capteur CZCS. Différents auteurs ont proposé une formule de correction en fonction du numéro d'orbite ou du temps. Dans cette étude, la formule de Deschamps et Viollier (1987) a été choisie. L'incertitude dans cette correction rend aléatoire toute étude comparative inter-scènes et explique que la plupart des travaux utilisant NIMBUS soient restreints à une région connue (où l'on dispose de données de terrain régulières), ou à une période limitée. Vouloir établir une évolution inter-annuelle (le but de cet article) est une gageure sans l'utilisation de concentrations en chlorophylle de référence pour vérification. Dans le cas de la Nouvelle Calédonie, on bénéficie de nombreuses données de chlorophylle de surface provenant des bateaux marchands (Dandonneau et Gohin 1984), et de campagnes océanographiques classiques "PREFIL" (Lemasson et Crémoux 1985). La chlorophylle moyenne aux PREFIL évolue de 0.3 mg/m³ en février 1982 (maximum) à 10 mg/m³ en novembre 1983 (minimum). La chlorophylle moyenne mesurée sur les lignes de bateaux marchands atteint un maximum de 0.35 mg/m³. La figure 1 montre l'évolution de la valeur médiane des histogrammes de la chlorophylle de surface NIMBUS, pour la période de traitement 1978-1984. On note une décroissance de l'équivalent chlorophylle CZCS à partir de 1983, indiquant que la

correction de sensibilité est probablement insuffisante à cette période. Quelques valeurs élevées sont remarquées en mars 79 et août 80 (voir tableau 1). La gamme des valeurs est néanmoins satisfaisante.

Les eaux décolorées

Le calcul de la chlorophylle de surface est relativement aisé dans les eaux du Pacifique, puisqu'on peut considérer qu'elles sont du cas I (Morel 1980), c'est-à-dire influencées par le phytoplancton seul (excepté dans le lagon de Nouvelle Calédonie, où turbidité et effet des fonds blancs coralliens se combinent pour augmenter les réflectances). L'algorithme de calcul de la chlorophylle à partir des canaux 1 et 3 est celui de Gordon et al. (1983). En Nouvelle Calédonie, en période chaude ou de calme, on peut observer un signal superficiel non négligeable aux canaux 2/3, parfois au canal 4, et plus rarement encore au canal 1 (tableau 1). L'interprétation bio-optique de ce signal (Dupouy et al. 1988), (Dupouy 1990) est fondée sur la présence de cyanophycées du genre Oscillatoria (Trichodesmium) dans les eaux de l'archipel (Dandonneau et Gohin 1984), (Le Borgne et al. 1985). Les réflectances sont cependant bien inférieures à celles des eaux à coccolithes qui s'écartent également du modèle bio-optique des eaux du cas 1 (Holligan et al. 1983, Le Fèvre et al. 1983, Viollier et al. 1988). La présentation des images en mode trichrome (Viollier et Belbéoch 1984) permet de se rendre compte de ce phénomène "d'eaux colorées" communément observé autour de la Nouvelle Calédonie (Petit et Gohin 1982, planche N23A décembre 1980).

EXEMPLES DE CARTES CHLOROPHYLLE CZCS

Le traitement des orbites entières CZCS permet d'obtenir des cartes de chlorophylle d'une largeur moyenne de 15 degrés de longitude et 10 degrés de latitude, situées entre 155 et 170°E et 15°S et 30°S. Les deux traces Ouest et Est de NIMBUS encadrant la Nouvelle Calédonie (165°E, 20°S) englobent donc respectivement le plateau des Chesterfield ou le Vanuatu.

Le CZCS illustre bien les deux phénomènes prépondérants du cycle saisonnier en chlorophylle des archipels. On choisit d'en illustrer ici deux exemples.

Les cartes de chlorophylle de surface des 29 juin 1981 et 13 août 1981 (planche N23B) montrent que l'enrichissement restreint à la partie sud en juin (25°S) se généralise dans la partie nord en août (17°S). D'après Montel et al. (1990), entre mai-juin et juillet-août 1981, l'isotherme 25°C passe de la latitude 21°S à 18°S. Les données d'HYDROTHON 5 et 6 en juin et août 1981 montrent une diminution de la température (27 à 24°C), une augmentation des concentrations en nitrates (mais une diminution de la chlorophylle de surface moyenne!)

En période estivale, il a été montré que la chlorophylle en décembre 1980 et janvier 1982 formait un large tourbillon dirigé vers le Vanuatu (Dupouy, 1990). Les cartes de chlorophylle de mars montrent que les enrichissements en chlorophylle de surface peuvent se former au sud de la grande terre (25°S) (planche N23C). En mars 1984, les réflectances fortes au canal 1 sont indicatrices de colonies superficielles de cyanophycées.

Les figures 2 et 3 regroupent l'ensemble des observations : migration vers le nord du front de couleur hivernal séparant les eaux pauvres du nord des eaux enrichies au sud (fig. 2), et extension autour de la Calédonie des enrichissements estivaux (fig. 3).

CONCLUSION

Un essai de traitement automatique des images NIMBUS a été effectué, en utilisant seulement deux coefficients d'Angström pour la pente aérosols (0.8 et 1) et la formule de Deschamps et Viollier (1987) pour la correction de sensibilité du CZCS. La gamme de valeurs de l'équivalent chlorophylle correspond à celle des campagnes océanographiques, indiquant une bonne correction atmosphérique.

Les cas d'eaux décolorées avec réflectances relativement élevées dans les trois canaux du visible, s'écartant du modèle d'eaux du cas I, sont fréquents en période estivale.

Les eaux de la Nouvelle Calédonie et du Vanuatu sont le plus souvent enrichies en chlorophylle de surface, par des phénomènes majeurs, dont efflorescences à *Trichodesmium* fréquentes en période estivale et enrichissements hivernaux.

REFERENCES

DANDONNEAU Y., F. GOHIN, 1984. Méridional and seasonal variations of the sea surface chlorophyll concentration in the southwestern tropical Pacific (14 to 32°S, 160 to 175°E). *Deep Sea Res.* 31, 12, 1377-1393.

DESCHAMPS P.Y., M. VIOLLIER, 1987. Algorithms for ocean colour from space and application to CZCS data. *Adv. Space Res.* 7,2 (2) 11-19.

DUPOUY C., Y. DANDONNEAU, M. PETIT, 1988. Satellite detected cyanobacteria bloom in the southwestern tropical Pacific. Implication for nitrogen fixation. *Int. J. of Remote Sensing*, 8, 3, 389-396.

Calédonie et Vanuatu). Une première analyse. *Bull. de l'Institut Océanographique, Monaco, n° spécial 6*, 125-148.

GORDON H.R., D.K. CLARK, J.W. BROWN, 1983. Phytoplankton pigment concentrations in the Middle Atlantic Bight : comparaison of ship determinations and CZCS estimates. *Appl. Opt.* 22, 1, 20-36.

LE BORGNE R., Y. DANDONNEAU, L. LEMASSON, 1985. The problem of island mass effect on chlorophyll and zooplankton standing crops around Mare (Loyalty Islands) and New Caledonia. *Bull. Mar. Science*, 37 (2), 450-459.

HOLLIGAN P.M., M. VIOLLIER, C. DUPOUY, J. AIKEN, 1983. Satellite studies on the distributions of chlorophyll and dinoflagellate blooms in the western English Channel. *Estuarine, Cont. Shelf Res.*, 2, 2/3, 81-96.

LE FEVRE J., M. VIOLLIER, P. LE CORRE, C. DUPOUY, J.R. GRALL, 1983. Remote sensing observations of biological material by Landsat along a tidal thermal front and their relevancy to the available field data. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 16, 37-50.

LEMASSON L. , J.L. CREMOUX, 1985. Résultats des campagnes à la mer du programme PROCAL. 1 - Croisières "PREFIL". Mars 1982-Septembre 1984. Nouméa : Centre ORSTOM, océanographie. 175 p.

MARSOUIN A., P. LEGLAS, 1982. Télédétection : traitement de données de couleur de l'océan du radiomètre CZCS. Rapport de fin de projet n° 44, Ecole Nat. Sup. Techn. Avancées, 49 p.

MONTEL Y., F. MAZIA, P. WAIGNA, 1990. Température et salinité de la surface de la mer dans le Pacifique Tropical Sud Ouest. 0 - 30°S et 150°E - 160°W. Cartes bi-mestrielles (1970-1989). *Archives Sciences de la Mer, Oceanogr. Phys.*, n° 1, ORSTOM Nouméa.

MOREL A., 1980. In-water and remote measurements of ocean color. *Boundary Layer Meteor.* 18, 177-201.F.

PETIT M., F. GOHIN, 1982. Radiométrie aérienne et prospection thonière. Rapport de Convention ORSTOM Nouméa, 94 p.

VIOLLIER M., D. TANRE, P.Y. DESCHAMPS, 1980. An algorithm for remote sensing of water color from space. *Boundary Layer Meteor.*, 18, 247-267.

VIOLLIER M., G. BELBEOCH, 1984. Displaying CZCS data in "true colour" mode. *ERIM Symposium Paris (canaux 1, 2 et 4)*.

VIOLLIER M., A. SOURNIA, J.L. BIRRIEN, M. CHRETIENNOT-DINET, P. LE BORGNE, P. LE CORRE, P. MORIN, J.P. ORLY, (GREPMA GROUP), 1988, Satellite (AVHRR/NOAA9) and ship studies of a coccolithophorid bloom in the Western English Channel. *Marine Nature* 1, 1, 1-14.

TABLEAU 1 - Observations satellitaires de NIMBUS 7

MOIS	CZCS	REFL 520,550	REFL 670	REFL 440	CHL A
NOV	78*	++	+	-	0.105
MAR	79*	-	-	-	0.272
AVR	79*	-	-	-	0.122
JUN	79**	-	-	-	0.15
JUI	79**	-	-	-	0.15
SEPT	79*	-	-	-	0.1225
NOV	79*	-	-	-	0.1827
DEC	79*	+	+	-	0.201
MAR	80**	-	-	-	0.15
AVR	80*	-	-	-	0.165
AOU	80**	-	-	-	0.30
SEP	80*	-	-	-	0.182
NOV	80**	+	+	-	0.165
DEC	80*	+	+	+	0.192
FEV	81**	+	+	-	0.182
AVR	81***	-	-	-	0.182
MAI	81*	-	-	-	0.165
JUIN	81**	-	-	-	0.192
JUI	81**	-	-	-	0.192
AOU	81*	-	-	-	0.223
NOV	81*	+	-	-	-
JAN	82*	+	+	+	0.142
MAR	82*	+	-	-	0.192
MAI	82*	-	-	-	-
JUN	82*	-	-	-	-
JUI	82*	-	-	-	-
OCT	82*	-	-	-	0.192
AVR	83*	-	-	-	0.142
SEP	83*	-	-	-	0.142
OCT	83*	-	-	-	0.142
MAR	84*	+	+	+	0.142
AVR	84*	-	-	-	-
AOU	84*	-	-	-	0.142
SEP	84*	-	-	-	0,105
OCT	84*	-	-	-	0.105
DEC	84**	-	-	-	0.105

- pas traité

* nombre de scènes du mois

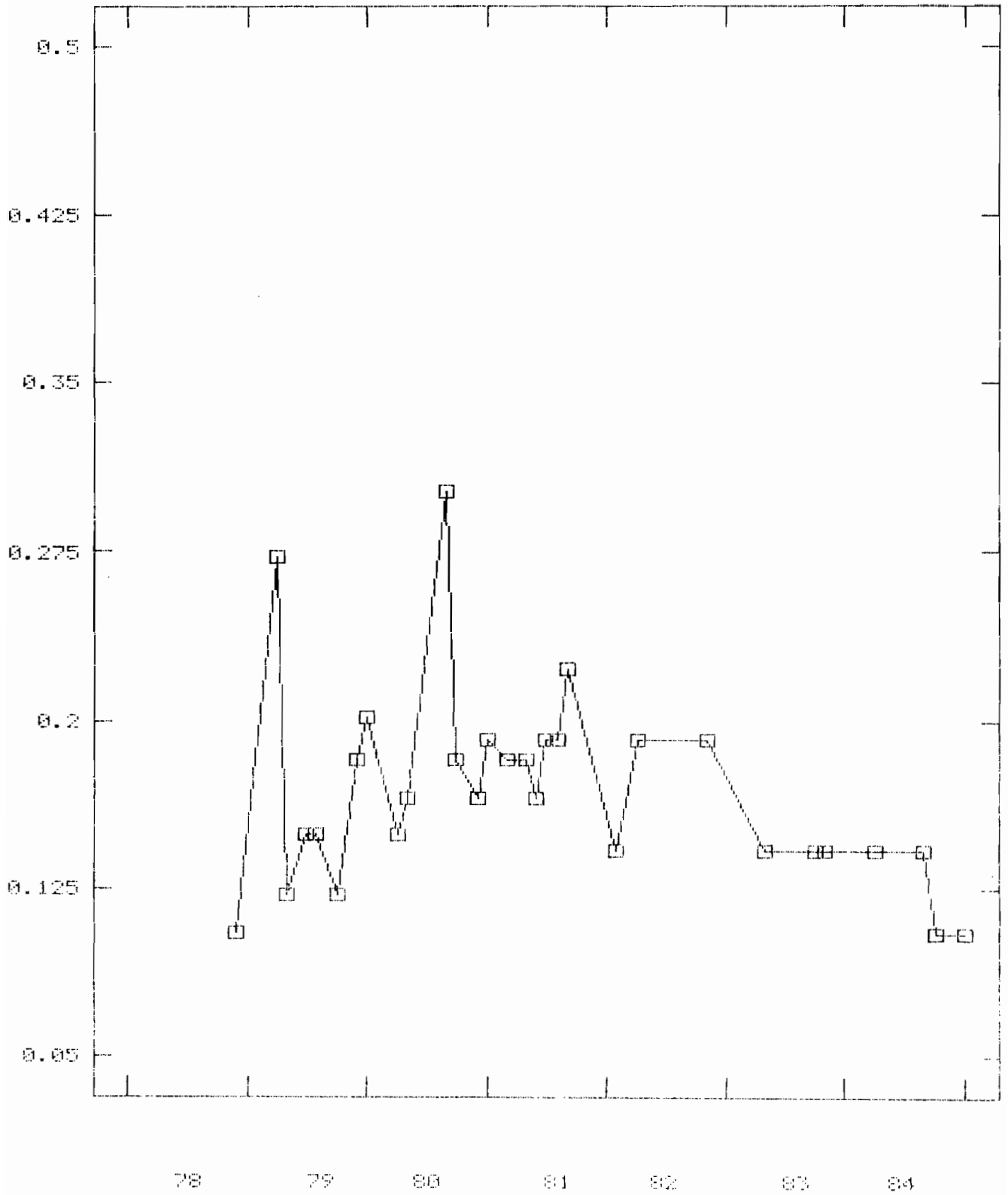


Figure 1 : Evolution de l'équivalent chlorophylle CZCS (valeurs médianes des histogrammes des images) entre 1978 et 1984.

SAISON FROIDE

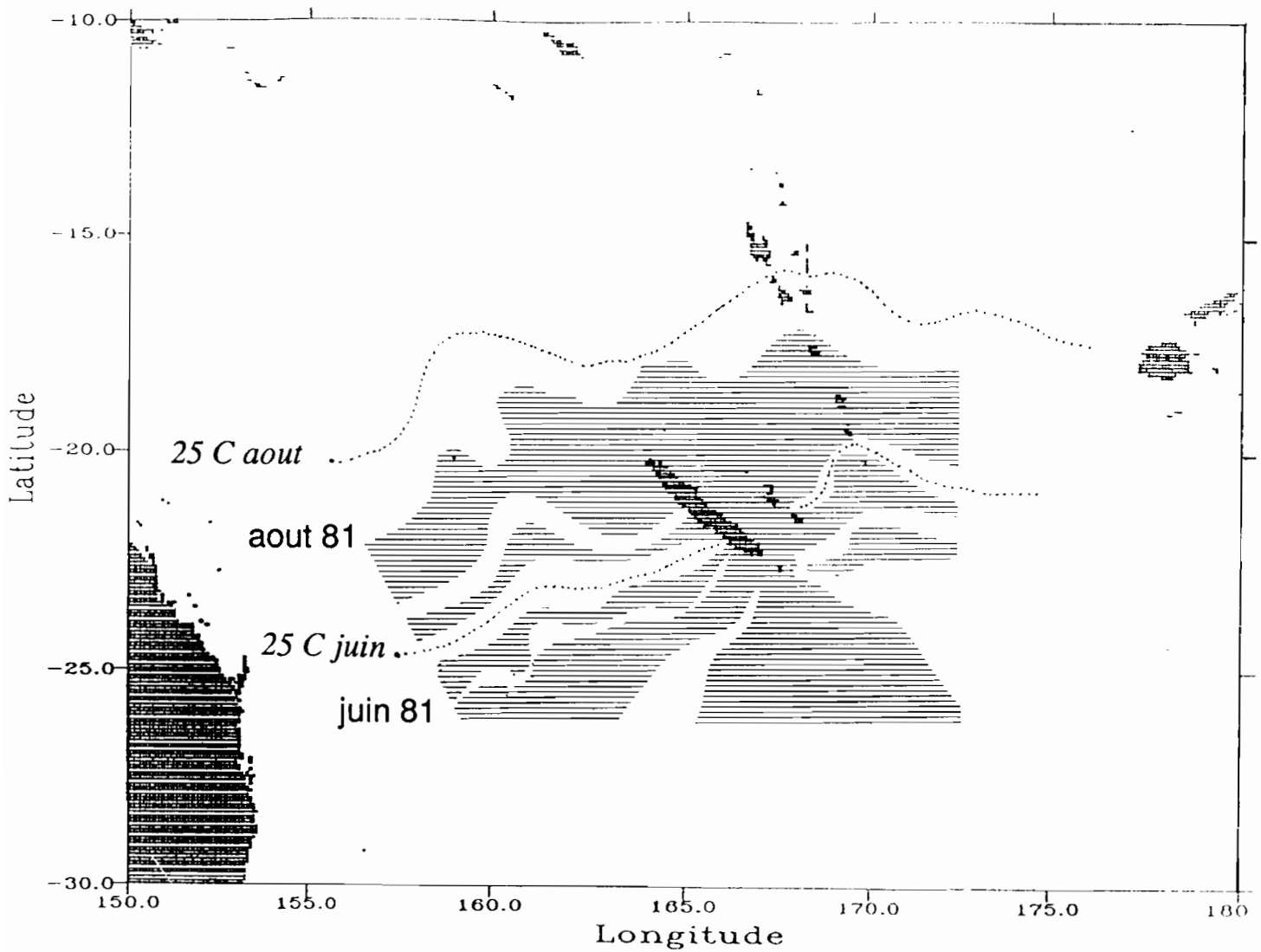


Figure 2 : Représentation schématique des enrichissements en chlorophylle de surface CZCS. Images de saison froide.

SAISON CHAUDE

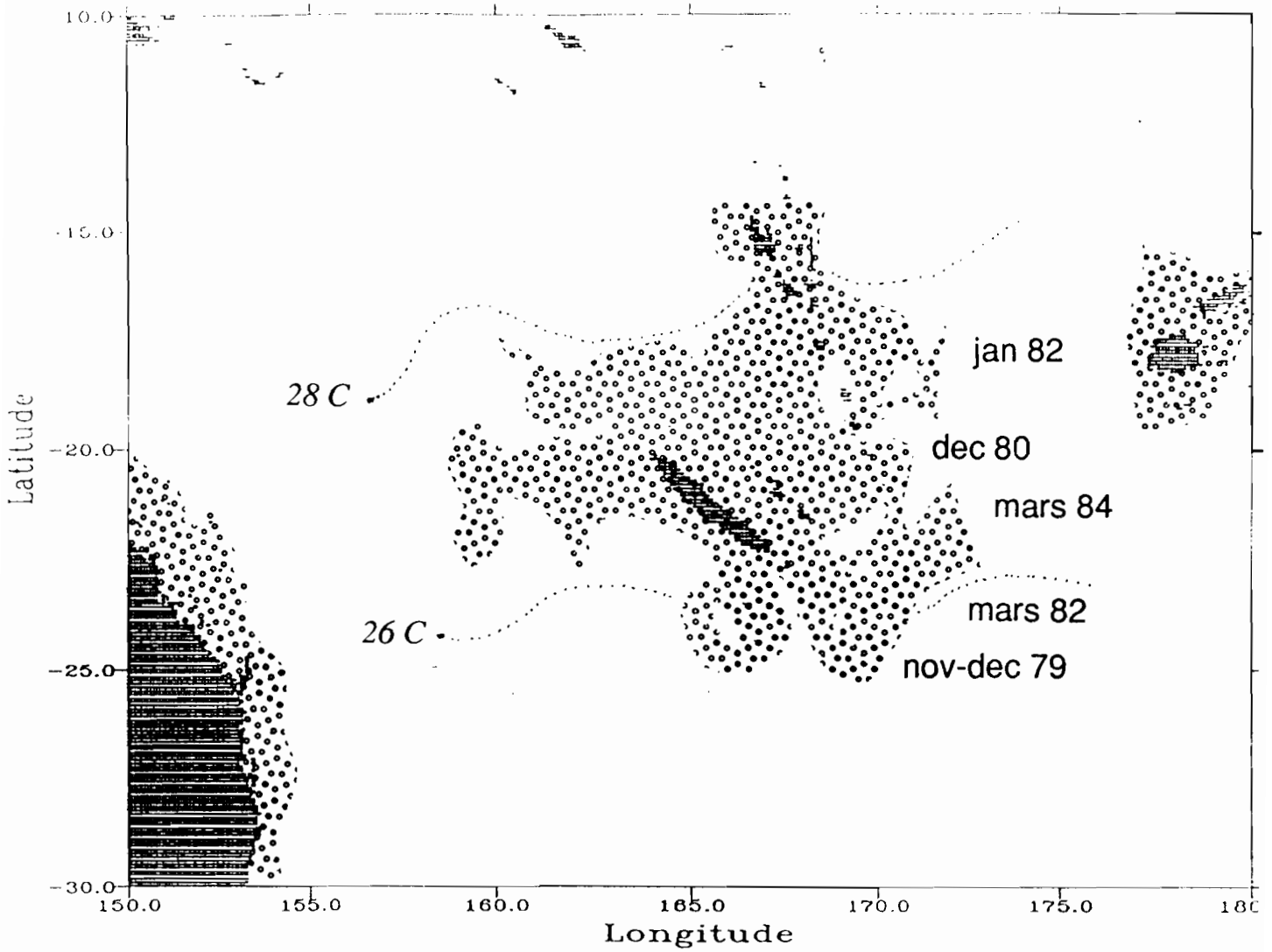
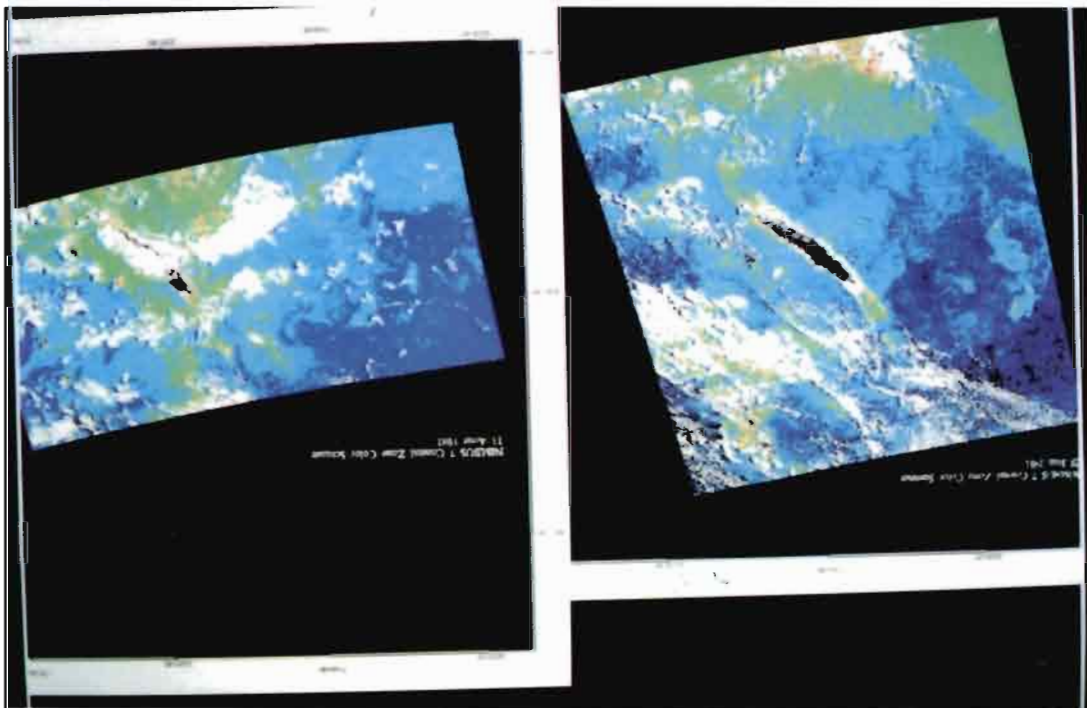


Figure 3 : Représentation schématique des enrichissements en chlorophylle de surface CZCS. Images de saison chaude.

N23

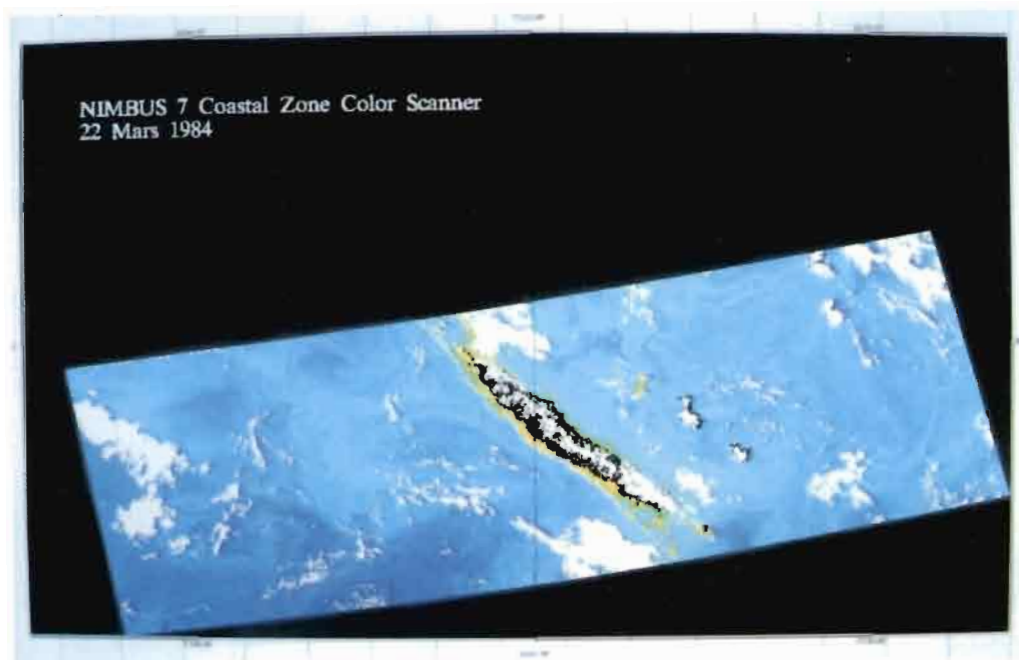


N23A : Détail d'une eau décolorée en décembre 1980, au large de la pointe du lagon nord de Nouvelle Calédonie (réflectance élevée aux trois canaux du visible).



N23B : Evolution entre juin à gauche et août 1981 à droite des enrichissements en chlorophylle de surface. La gamme de l'équivalent chlorophylle varie de 0,05mg/m³ en bleu foncé à 0,5mg/m³ en orange.

N23



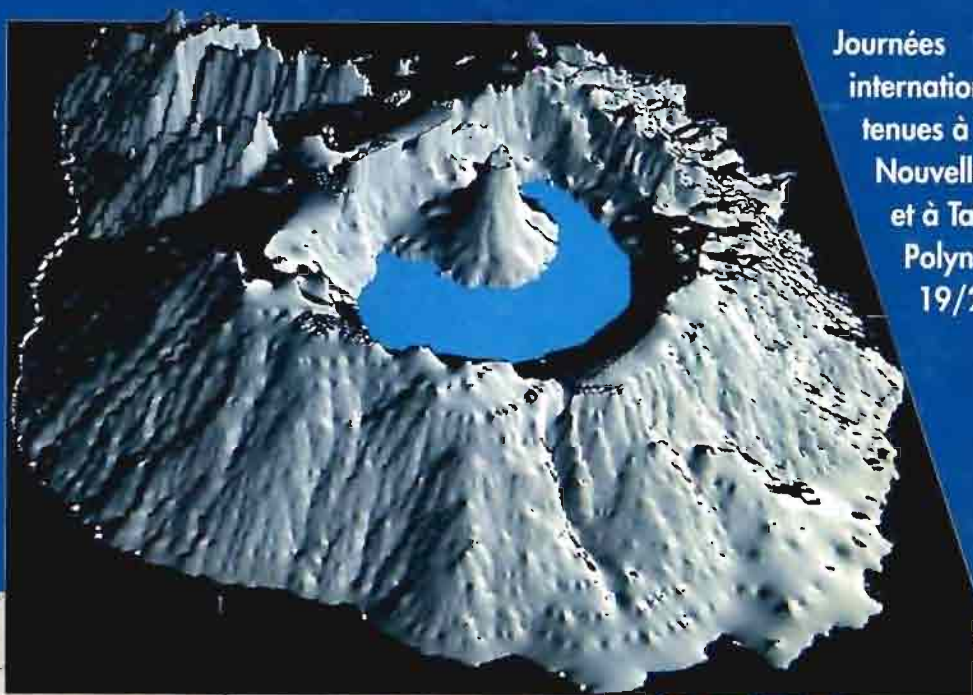
N23C : Cartes de chlorophylle en mars 1982 en haut et 1984 en bas montrant l'extension des enrichissements (probablement à *Trichodesmium*) à l'ouest et au sud est de la Nouvelle Calédonie. Même gamme de chlorophylles.

"PIX'ILES 90"

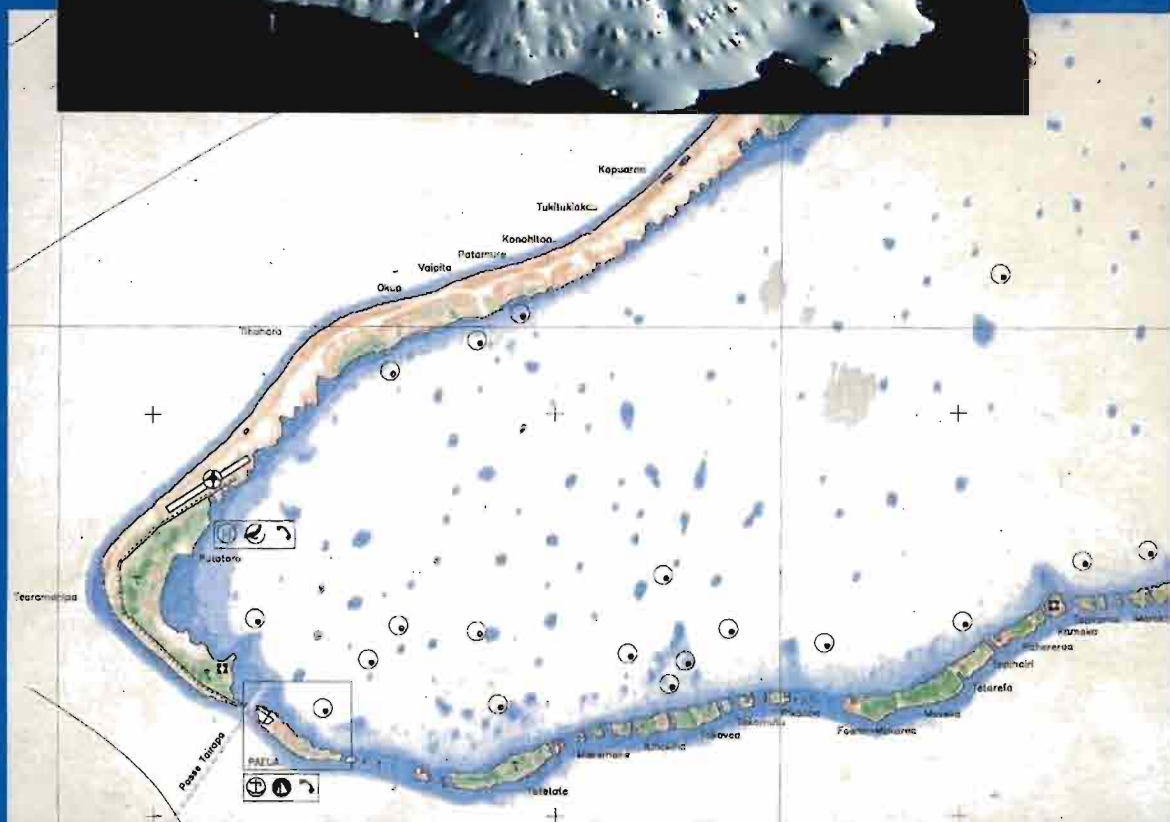
TELEDETECTION ET MILIEUX INSULAIRES DU PACIFIQUE : APPROCHES INTEGRES

REMOTE SENSING AND INSULAR ENVIRONMENTS IN THE PACIFIC :
INTEGRATED APPROACHES

International
workshop
held at Noumea
New Caledonia
and Tahiti
French Polynesia
Nov. 19/24 1990



Journées
internationales
tenues à Nouméa
Nouvelle-Calédonie
et à Tahiti
Polynésie Française
19/24 nov. 1990



ORSTOM



TERRITOIRE DE
POLYNÉSIE FRANÇAISE

"PIX'ILES 90"

**Journées internationales tenues à Nouméa - Nouvelle-Calédonie
et à Tahiti - Polynésie Française
19 / 24 novembre 1990**

**International workshop held at Noumea - New Caledonia
and Tahiti French - Polynesia
November 19 / 24 1990**



© ORSTOM, Nouméa, 1992

Imprimé par le Centre ORSTOM
de Nouméa
Septembre 1992

