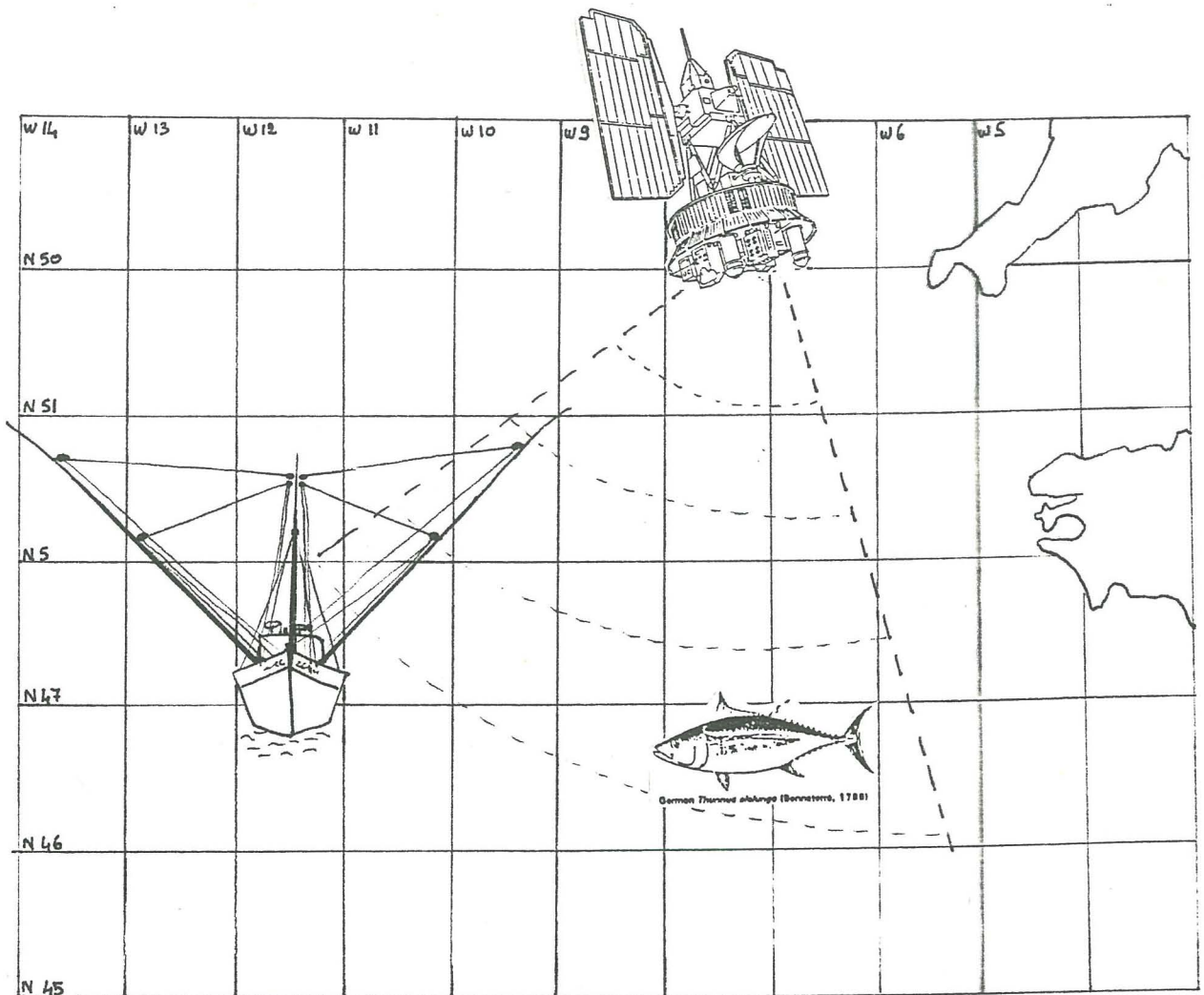


COMPARAISON COULEUR DE L'EAU - TEMPÉRATURE DE SURFACE ET RELATION AVEC LA PÊCHE GERMONIÈRE

ÉTÉ 1985 - ZONE DU NORD EST ATLANTIQUE



ANNE LITTAYE



COMPARAISON COULEUR DE L'EAU - TEMPERATURE DE SURFACE
ET RELATION AVEC LA PECHE GERMONIERE.

été 1985 - zone du Nord Est Atlantique

PLAN

Introduction

1. Méthode: Télédétection spatiale

1.1. Généralités

1.1.a. Principes physiques de la télédétection

1.1.b. Capteurs CZCS et AVHRR

1.1.c. Télédétection et océanographie: application au Nord Est Atlantique

1.2. Traitement des données

1.2.a. Nature des données

1.2.b. Traitements primaires

1.2.c. Traitements secondaires

2. Résultats

2.1. Sélection des données

2.2. Résultats

3. Discussion: Relation couleur de l'eau, température de surface, pêche germonière.

3.1. Présence de fronts colorimétriques par rapport à celle de fronts thermiques

3.1.a. Comparaison spatiale

3.1.b. Comparaison quantitative

3.2. Relations fronts colorimétriques et pêche germonière

3.2.a. Distribution des captures en relation avec la couleur de l'eau

3.2.b. Apport de CZCS au système d'aide à la pêche actuel

4. Conclusion

5. Références bibliographiques

Introduction

Depuis 1984 ,au cours de la campagne germonière des cartes de température de surface sont établies au centre de météorologie spatiale de Lannion ;elles sont transmises 2 à 6 fois par semaine par un système de radio fac-similé aux bateaux prospecteurs afin de guider la flottille vers des zones où l'hydrologie semble favorable à une concentration de poissons,notamment des fronts thermiques autour de 16°-19° C.

De nombreuses observations effectuées en mer révèlent l'importance d'un second critère hydrologique dans la recherche du poisson :la limite entre des eaux vertes ,riches en phytoplancton et bleues ,pauvres .

Les fronts peuvent perdre rapidement leurs caractéristiques thermiques de surface par échange de chaleur vers l'atmosphère plus froide, surtout lors de conditions de vent fort; ils ne seraient donc pas longtemps distincts des masses d'eau environnantes par les seules mesures infrarouges. Dans certaines circonstances, il est possible que la concentration en chlorophylle dans une masse d'eau donnée ne change pas aussi rapidement que la température de la microcouche de surface (Lutjeharnus and Walters ,1985).En effet, la télédétection de chlorophylle intègre la couleur mesurée sur une couche d'eau de plusieurs mètres. Ceci suggère l'hypothèse selon laquelle la chlorophylle peut être plus conservative que la température et permet d'apprécier l'intérêt de réaliser un suivi satellitaire de la couleur de l'eau parallèlement au suivi thermique.

La télédétection a permis de montrer clairement la relation entre la distribution des prises de germons et les fronts océaniques dans le Pacifique Nord-Est (Laurs et al.,1984).Les premières expériences mettent en évidence que des fronts intenses et/ou persistants sont favorables à des agrégations de germons et ce toujours du côté des eaux bleues et plus chaudes. D'après des expériences de prospection acoustique , le facteur thermique ne semble pas pouvoir expliquer à lui seul la distribution des captures bien qu'il semblait jusqu'alors déterminant dans la migration des thons Les concentrations de phytoplancton, premier maillon de la chaîne alimentaire, semblent au moins aussi importantes dans l'explication et la prédiction des migrations (Laurs et Brucks , 1985). L'existence d'agrégations de poissons associées à des fronts colorimétriques sans signature thermique renforce cette hypothèse.Diverses études sur la distribution d'espèces pélagiques en fonction de la couleur de l'eau ont été suivies sur des milieux très différents .

Dans la baie de Californie, une caractérisation des zones de pontes de l'anchois a pu être faite en combinant des données de répartition des oeufs au cours de campagnes en mer des données satellitaires de Ts* (NOAA.AVHRR) et de couleur de l'eau (NIMBUS CZCS). La délimitation de zones de pontes apparait comme un compromis entre les différents facteurs de l'environnement: couleur, température de surface, stabilité de la couche d'eau. Ces informations mesurables par satellites permettent d'orienter les campagnes CalCOFI** et de fournir les éléments nécessaires à la gestion de cette pêche-rie (Fiedler ,1983).

Une délimitation des zones de présence des principales espèces pélagiques dans la partie sud du courant du Benguela et le suivi de leurs migrations ont pu être établis à partir de la répartition spatiale de la chlorophylle (données CZCS) et de données navires (Shannon et al ,1983). Ces résultats laissent espérer une utilisation possible de l'information CZCS comme outil de gestion des pêches et de guidage des flottilles .

Une relation entre processus physiques et biologiques a également été tentée sur l'upwelling du Maroc à partir d'images CZCS, AVHRR et de données obtenues par prospections acoustiques sur l'importance des concentrations de sardines. Les relations phytoplancton-Ts d'une part et phytoplancton-distribution du poisson d'autre part ne sont pas évidentes; la prise en compte de paramètres complémentaires tels que force et direction du vent, déterminant la répartition et l'intensité de l'upwelling, semble indispensable pour définir les liens entre les différents facteurs de l'environnement (Nykjaer ,Refk ,Schlittenberg ;1986).

A partir de données satellitaires de l'été 1985 dans le Nord-Est Atlantique; ce travail cherche à établir des relations entre fronts colorimétriques et thermiques d'une part et fronts colorimétriques -captures de germons d'autre part (Thunnus alalunga, Bonnaterre,1788) afin de discuter l'intérêt d'adjoindre des données "couleur de l'eau" aux cartes d'aide à la pêche actuelle .

Durant les mois de septembre et d'octobre 1985, sur l'ensemble du plateau continental, des mesures biologiques, physiques et chimiques ont été effectuées dans le cadre de la campagne océanographique ONDINE de l'EPSHOM. Ces données pourront compléter ultérieurement cette étude.

*Ts: Température de surface

**CalCOFI: Californian Cooperative Oceanic Fisheries Investigations.

1. Méthode: Télédétection spatiale

1.1. Généralités

1.1.a. Principes physiques de la télédétection à l'aide de capteurs passifs.

Dans différents domaines de longueur d'onde, le rayonnement électromagnétique traverse l'atmosphère avec relativement peu de modification. C'est le cas du visible et proche infra-rouge (0.4 - 1.10 μm), de l'infra-rouge thermique (8 - 12 μm), et de certaines gammes de grandes longueurs d'onde ($> 100 \mu\text{m}$). Par conséquent, un capteur placé sur satellite pourra détecter un signal issu des continents et océans. Ce signal sera porteur d'informations sur les propriétés des objets visés.

Dans le visible, on détecte le rayonnement solaire réfléchi. Pour l'océan cette réflexion est due principalement à la diffusion par les particules en suspension dans les premiers mètres d'eau ; elle est modifiée par le contenu en chlorophylle. Dans l'infra-rouge thermique, on détecte le rayonnement émis par la surface elle-même. Pour l'océan, ce rayonnement est directement lié à la température d'une très fine couche de surface (quelques microns). L'expérience acquise depuis une décennie démontre que ces principes ont donné d'excellents résultats: On détecte des variations locales de concentrations en chlorophylle de 0,5 mg/m³ et de température de surface de 0,1 degré.

Malgré le choix des bandes spectrales, la perturbation atmosphérique n'est jamais négligeable et limite sérieusement la précision des calculs des valeurs absolues de ces grandeurs. Dans le visible la diffusion par les aérosols est extrêmement gênante. Même en appliquant des corrections atmosphériques la précision sur les concentrations en chlorophylle n'est jamais inférieure à 30%. Dans l'infra-rouge, l'absorption et la réémission conduisent à des erreurs qui peuvent atteindre 0,5 à 1 degré dans certains cas.

1.1.b. Capteurs CZCS et AVHRR

Le capteur est l'élément déterminant la nature des mesures effectuées et des données obtenues. Deux types de capteurs ont été utilisés pour cette étude (Fig 2):

- CZCS pour la couleur de l'eau
- AVHRR pour la température de surface (Ts)

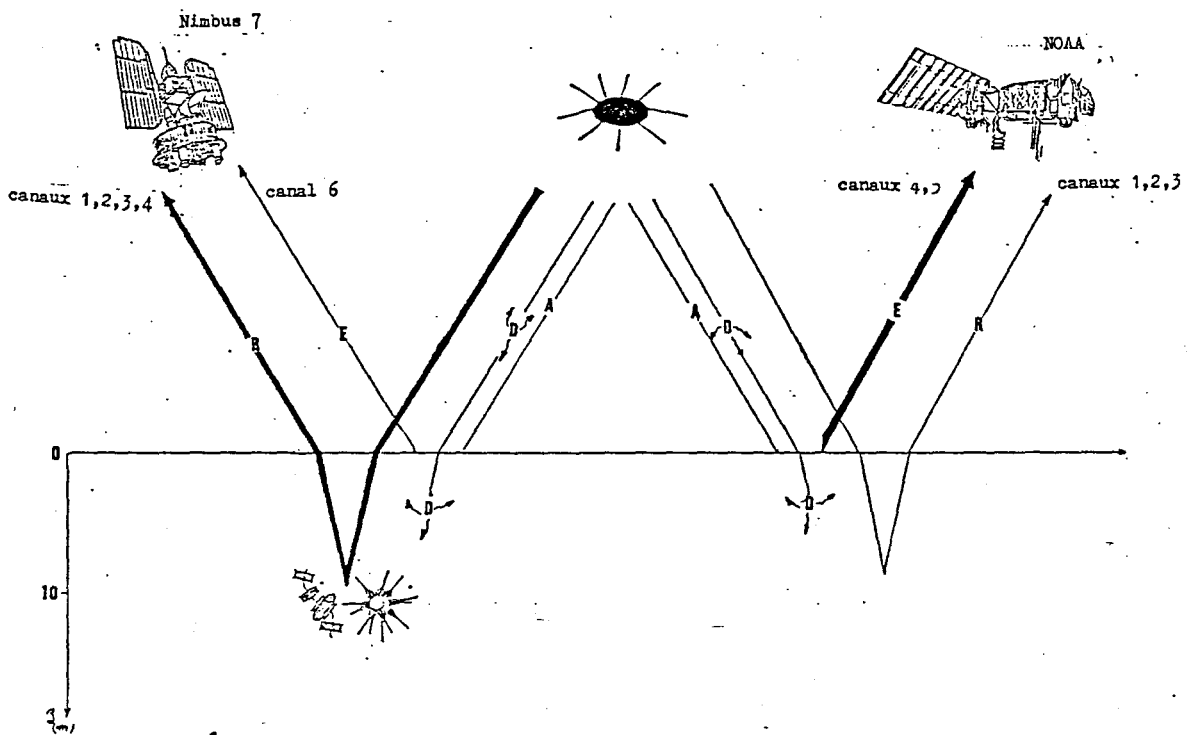


Fig. 1: Schéma de l'origine de l'énergie mesurée par les capteurs des satellites :
 les capteurs des satellites :
 - réflexion pour la partie visible du spectre (R)
 - émission pour la partie infra-rouge thermique (E)

A absorption
 B diffusion
 C réflexion
 D émission

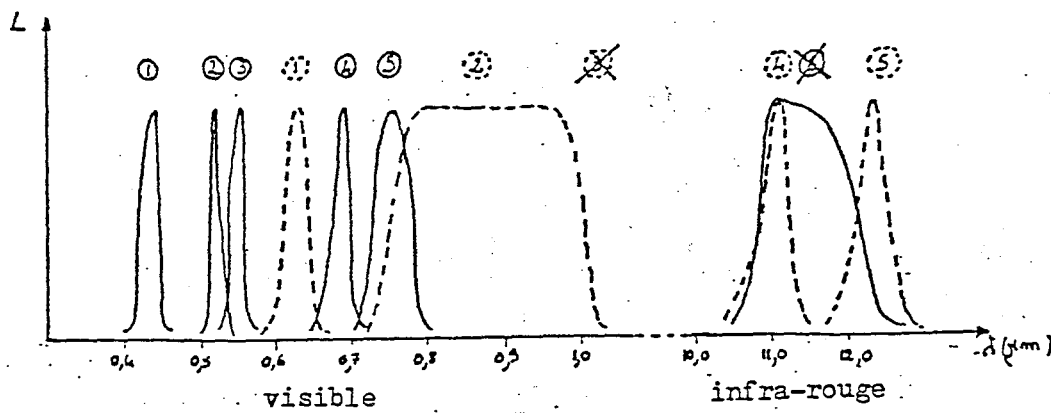


Fig. 2: Sensibilité spectrale des capteurs : — CZCS
 - - - AVHRR

1.1.b.1. Couleur de l'eau

Le capteur CZCS (Coastal Color Scanner) est embarqué sur le satellite à défilement NIMBUS 7 lancé en 1978. CZCS est un radiomètre comportant 6 canaux :

-4 dans le domaine du visible donc uniquement utiles le jour; ils sont utilisés notamment pour calculer un indice de chlorophylle .

-1 dans le proche infra-rouge

-1 dans l'infra-rouge thermique permettant la détermination de la température de surface. Des problèmes de refroidissement du détecteur ont rendu ce canal peu sensible .

Canal	(μ m)
1	0.443
2	0.520
3	0.550
4	0.670
5	0.750
6	11.500

Le champ total de detection est de 1566 Km représentés par 1968 pixels (tache élémentaire) de 825 m.

Une zone de latitude moyenne peut-être observée 4 fois sur une période de 6 jours .

1.1.b.2. Température de surface : Ts

Un capteur AVHRR est embarqué sur chacun des satellites à défilement de la serie NOAA .

Le radiomètre comporte 5 canaux :

Canal	(μ m)	
1	0.55-0.68	visible
2	0.7-1.1	
3	3.55-3.93	proche IR
4	11.0	IR
5	12.0	

La résolution radiométrique est de 0.2 degrés .

Le champ total de détection est de 2800 Km représentés par 2048 pixels de 1100 m. La période de rotation est de 112 min., soit un parcours journalier de 14,1 révolutions. Le passage du satellite en un point est constant par rapport à l'heure solaire; la même zone est observée 2 fois par jour .

1.1.c. Télédétection et océanographie : Application à la zone du Nord Est Atlantique.

De nombreux phénomènes océanographiques peuvent être repérés par leur signature spectrale. L'observation et le suivi de ces phénomènes nécessitent en général une vision synoptique du milieu, difficile à réaliser par les moyens classiques de mesure; à ce titre, la télédétection apparaît comme un outil puissant à développer; il reste cependant limité par l'influence du couvert nuageux, de la présence de brumes.

Seules les études concernant la zone du Nord-Est Atlantique sont évoquées ici (Fig 3).

1.2. Traitement des données

1.2.a. Nature des données

Les signaux recueillis par les capteurs sont des luminances mesurées sous forme de tensions en volts. Ces valeurs sont numérisées à bord du satellite et enregistrées sous forme de fichiers. Lors de l'exploitation des données une échelle d'étalonnage permet de transformer les valeurs codées en températures absolues ou indices de chlorophylle.

Le traitement des images est travail long et fastidieux; toutes les opérations ne sont pas automatisées et standardisées; la visualisation de phénomènes particuliers nécessite parfois de réadapter les programmes informatiques existants.

1.2.b. Traitements primaires

1.2.b.1. Segmentation

Une scénette est choisie sur l'ensemble de la zone captée par le centre de réception (Lannion-Dundee) suivant le lieu d'intérêt et la couverture nuageuse.

1.2.b.2. Calibration-décodage

Une première opération consiste à adapter l'organisation des fichiers aux normes des logiciels de traitement afin d'en extraire l'information.

1.2.b.3. Correction atmosphérique

Des phénomènes de diffusion et d'absorption moléculaire et particulaire (ozone, aérosol, vapeur d'eau) créent un bruit

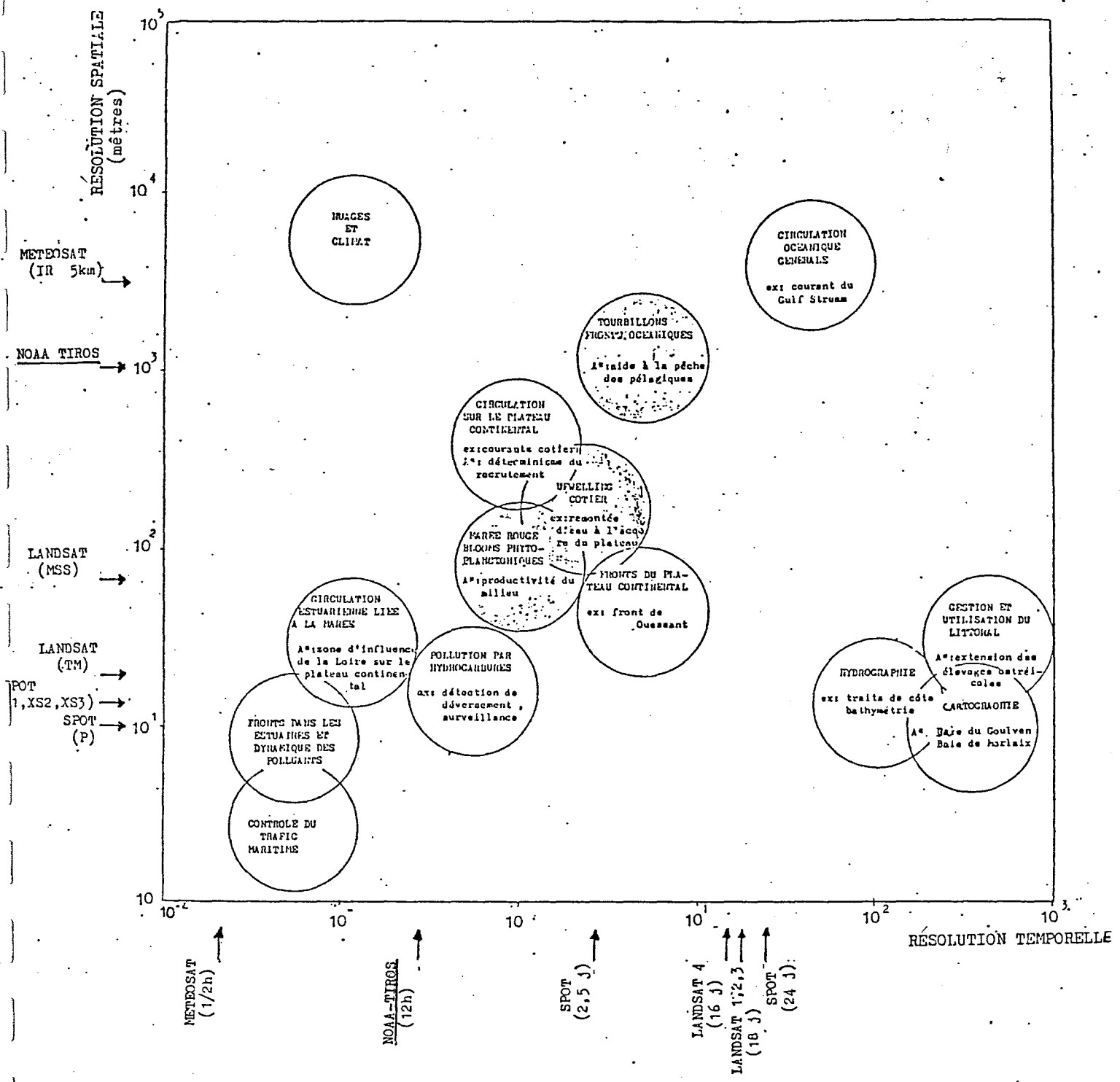


Fig.3 : Phénomènes océanographiques repérables par télédétection satellite ; zone du Nord-Est Atlantique.

(ref. GREOS ,1983 ; M. Leblanc, L. Loubersac, G. Massart)

sur les signaux reçus par les capteurs. Pour obtenir des valeurs équivalentes à celles qui auraient été mesurées en surface de l'océan, ces effets de diffusions et d'absorption doivent être éliminés par un traitement de correction atmosphérique basé sur le rapport pondéré de différentes bandes spectrales dans l'infra-rouge pour AVHRR, dans le visible pour CZCS (Gordon, 1981).

La détection des nuages se fait de façon interactive par seuillages; un masque graphique peut être ensuite créé sur la masse nuageuse et appliqué sur l'image.

1.2.b.4. Corrections géométriques

Les images brutes présentent systématiquement des distorsions importantes dues au balayage et à l'orientation de l'image sur l'orbite; un des modules du logiciel de traitement d'image GIPSY (Belbeoch, 1983) permet de projeter les images suivant un repère géographique donné en l'occurrence une carte Mercator. Un certain nombre de points de référence (amer), au minimum six, sont soit des points facilement repérables sur la côte, soit des points de la grille Mercator dont les coordonnées sur l'image sont calculées à partir des paramètres d'orbite (Wilson et al., 1981). Les équations de correction géographique sont calculées à partir de chaque couple de données (coordonnées d'un point de référence sur la carte Mercator - coordonnées du même point sur l'image). La précision de positionnement sur la zone étudiée est d'environ 5 pixels, soit 4 km.

1.2.c. Traitements secondaires

1.2.c.1. Indice de chlorophylle

Le phytoplancton présente un maximum d'absorption vers 430-440 nm et un minimum vers 560-570 nm. La réflectance dépend de l'inverse de l'absorption donc lorsque la concentration en chlorophylle du milieu augmente, un minimum existe 440 nm, tandis qu'un maximum se forme autour de 560 nm. Le rapport bleu/vert est un indicateur tout désigné pour quantifier la teneur en pigment. Pour CZCS, le rapport des canaux 1 et 3 est utilisé.

Basé sur ce principe, un certain nombre de travaux (Gordon et al., 1983; Holligan et al., 1983) tendent à prouver que la concentration en chlorophylle peut être déterminée par télédétection spatiale avec une précision de l'ordre de 30%. Cependant pour les données de 1985 (au delà de la durée de vie nominale du satellite), la dégradation de la sensibilité du capteur (Mueller, 1985) ne nous permet pas d'atteindre cette précision. Les données de chlorophylle

présentées dans ce rapport doivent donc être considérées comme des indices relatifs. Les analyses de la campagne ONDINE de l'EPSHOM permettront ultérieurement d'étalonner ces données de télédétection avec plus de précision.

1.2.c.2. Amélioration de l'image

Un traitement statistique permet le calcul d'histogramme d'où découlent les choix de seuillages associés à l'amélioration des contrastes dans la zone d'étude. Une gamme de couleurs ou de grisés peut-être couplée à des classes d'intensités.

1.2.c.3. Visualisation de l'image

D'autres calculs permettent la définition de gradients ou d'isolignes soulignant les contours des fronts océaniques par exemple .

2. Choix des données - Résultats

2.1. Choix des données

2.1.a. Captures de germons

Les captures de germons ont été rassemblées à partir des quelques 30 fiches de pêches récupérées auprès des Affaires Maritimes des différents ports ; la quantité de données n'est pas suffisante pour couvrir toute la zone et pour apprécier la différence entre les divers lieux de pêche le même jour .

Le nombre de germons par bateau et par jour est pris comme indice de pêche (rdt/bateau).

2.1.b. Données satellitaires

Un couvert nuageux persistant a sérieusement limité l'acquisition de scènes satellitaires claires durant l'été 85 notamment de NIMBUS 7 dont la répétitivité est de plusieurs jours.

Une scène du 6/07 a été traitée pour permettre une comparaison des paramètres au large, en dehors de la situation hydrologique particulière du plateau continental .

Les deux scènes CZCS de septembre disponibles ont été également choisies comme support à cette étude; elles s'intègrent dans le cadre de la campagne ONDINE et pourront ainsi être complétées par d'autres paramètres hydrologiques importants, actuellement en dépouillement à l'UBO et l'EPSHOM: profondeur de la thermocline, mesures en mer de température et de chlorophylle, météorologie .

Dans ce cadre, le LOP.UBO* mène une étude sur l'évolution spatiale et quantitative du front thermique à l'accroissement du plateau continental; des phénomènes d'ondes internes et de courants de marées sont à l'origine de ces structures thermiques. Les deux types de données satellitaires ont pu être traités parallèlement suivant une même référence cartographique pour être superposables.

*LOP.UBO: Laboratoire d'océanographie physique de l'université de Bretagne Occidentale.

date	heure	numéro d'orbite		zone d'étude	provenance des données	
		NIMBUS 7	NOAA		NIMBUS 7	NOAA
6/07	13h58	33825	2908	49°N - 13°W	ESA-Açores	Lannion
	11h42			45°30' - 2°41'W		
10/09	14h04	34738	3839	49°30' - 9°W	Dundee-GB	Lannion
	11h08			46°N - 3°47'W		
28/09	4h24	34987	4087	49°30'N - 9°W	Dundee-GB	Lannion
	11h25			46°N - 3°41'W		
				51°N - 10°45'W		
				45°57'N - 3°06'W		

Tableau 1 :Référence des données satellite traitées.

2.2. Résultats

3. Discussion: Relations couleur de l'eau , température de surface , pêche germonière.

3.1. Présence de fronts colorimétriques et existence de fronts thermiques .

3.1.a. Comparaison spatiale .

3.1.a.1. Zone du large -06 juillet 85 (Fig.6)

Dans une zone du large , indépendamment de conditions bathymétriques particulières, deux structures tourbillonnaires d'eau oligotrophe se dessinent entre 9° et 10° W et respectivement 46° et 47°N.

Un front thermique s'étend de 47°30 N - 8°W à 49°N-11°30 W sans correspondance avec les structures de couleur .

Aucun front thermique ne s'observe dans les 6 jours précédents; le 30/06, une langue d'eau froide s'étend le long du 9°W; une même pénétration se retrouve le 30/06 sur cette zone.

Le temps a été calme durant 1 semaine: vent de 10 à 15 noeuds et couverture nuageuse moyenne: N=4 à 7 octets .

Il faut noter la correspondance entre les quelques observations de couleur de l'eau des bateaux sur zone et des données radiométriques :eau "bleue" ("B") dans le tourbillon situé à 46°N ,eau "intermédiaire" ("I",bleue-verte).

3.1.a.2. Accore du plateau continental-septembre

85 (Fig.4,7,8) .

Période du 10/09:

Une intrusion d'eau eutrophe s'observe le long du 6°W et entre 46°N et 47°N en butée du talus; un tourbillon très marqué se développe sur le plateau (Fig. 4). Les gradients thermiques sont pratiquement inexistant: 0,08 à 0,15°C/Km par endroit. Ces 2 structures ne semblent pas liées à la bathymétrie ni à une température absolue donnée.

Aucun front thermique ne s'observe les jours précédents

L'eau de surface se réchauffe progressivement sur la zone: l'isotherme 17°C s'étend vers le Nord de 47°N le 04/09 à 48°N le 10/09. Un temps calme et ensoleillé s'est établi du 05/09 au 10/09 .

Période du 28/09:

La figure 4. montre la similitude morphologique des structures "couleur" et "température". La comparaison faite ici ne peut être que démonstrative; il faudrait corriger les données en fonction du déplacement des structures par les phénomènes de courant de marée pendant l'espace de temps séparant les 2 prises de vues satellite .

Le 27/09, des structures thermiques, presque identiques dans l'espace à celles du 28/09, s'observent à l'accore du plateau.

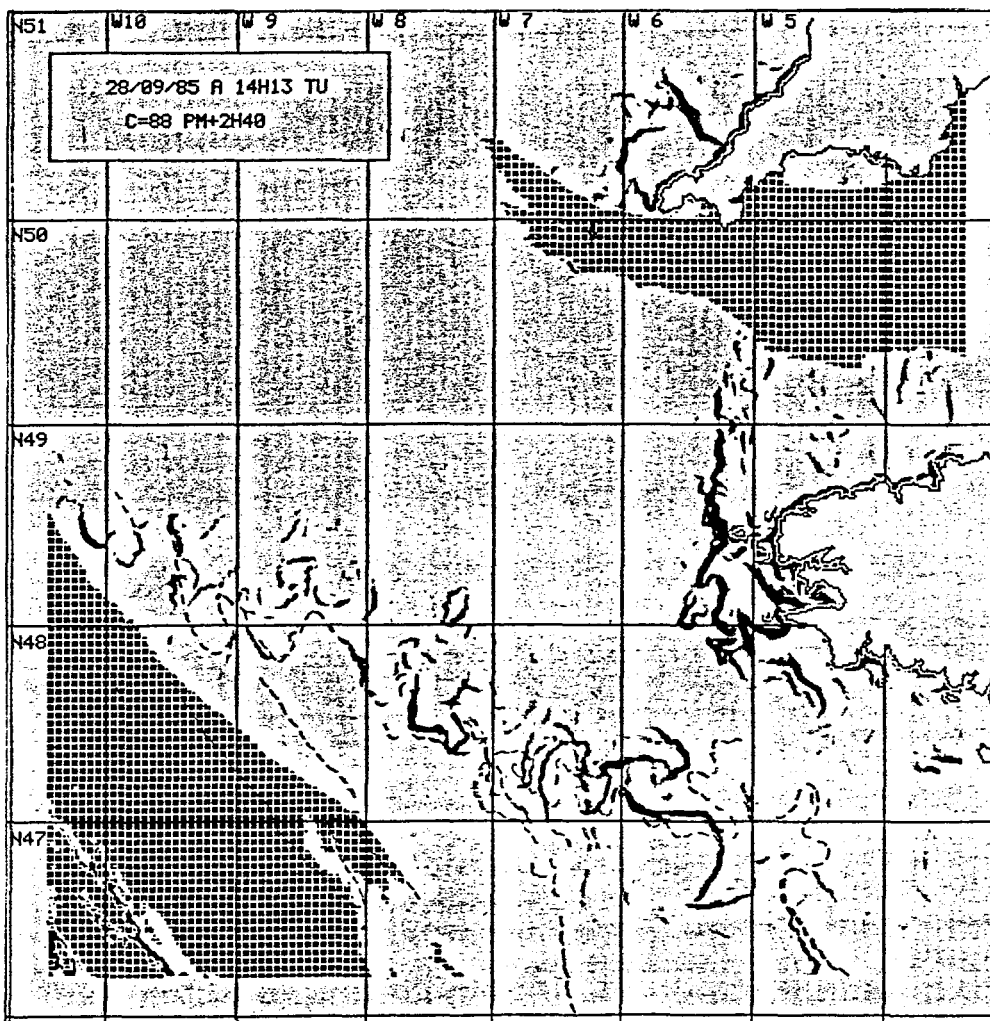
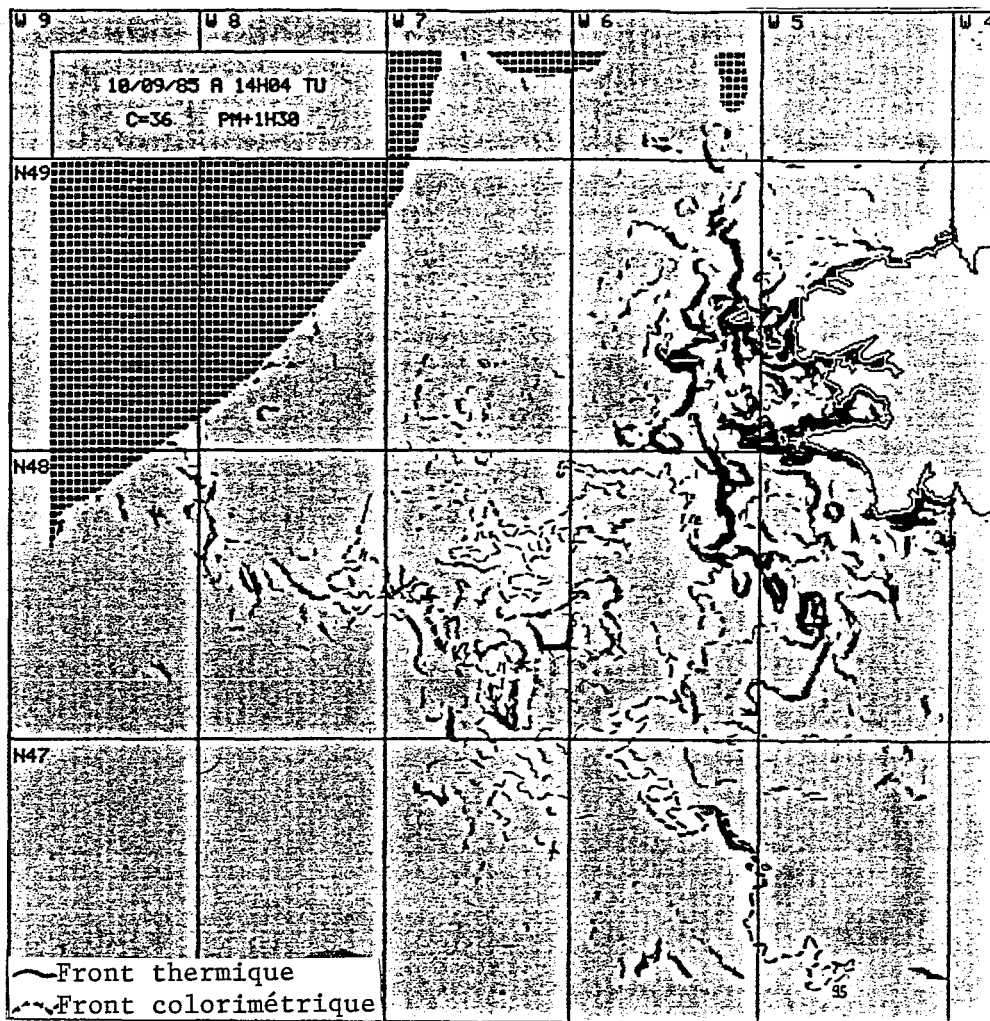
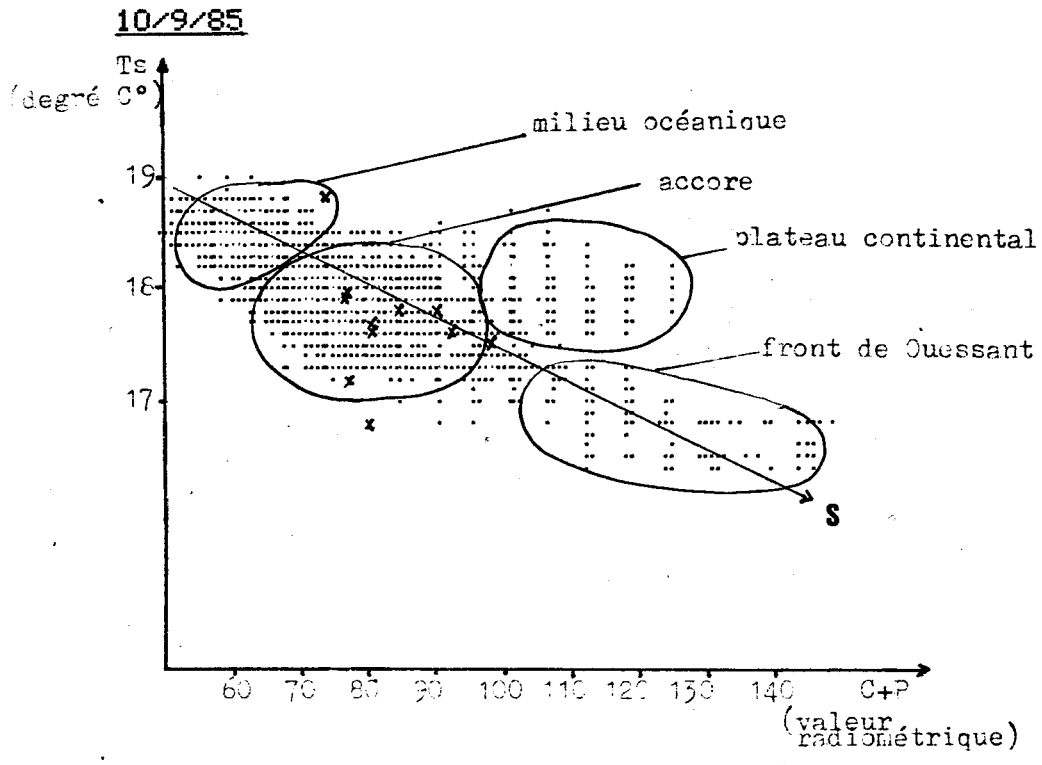


Fig.4/: Superposition des gradients de couleurs et des gradients de températures les 10/09 et 28/09 .



x captures de bonites
o captures de demis

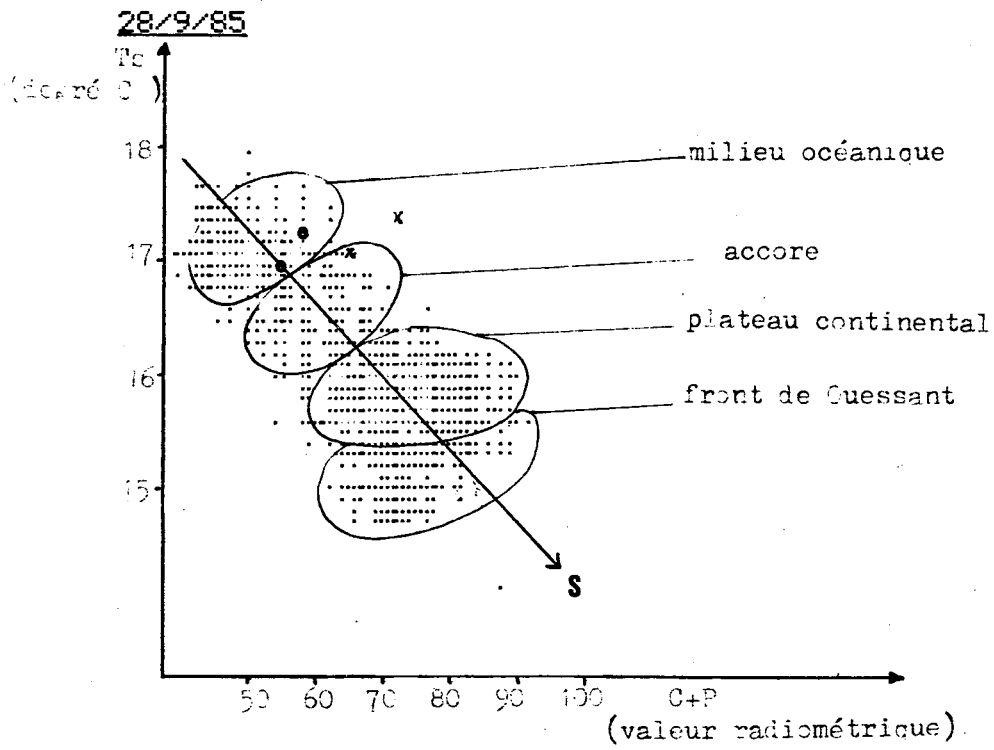


Fig.5: Histogramme bidimensionnel Chlorophylle (C+P) en fonction de la température de surface T_s .

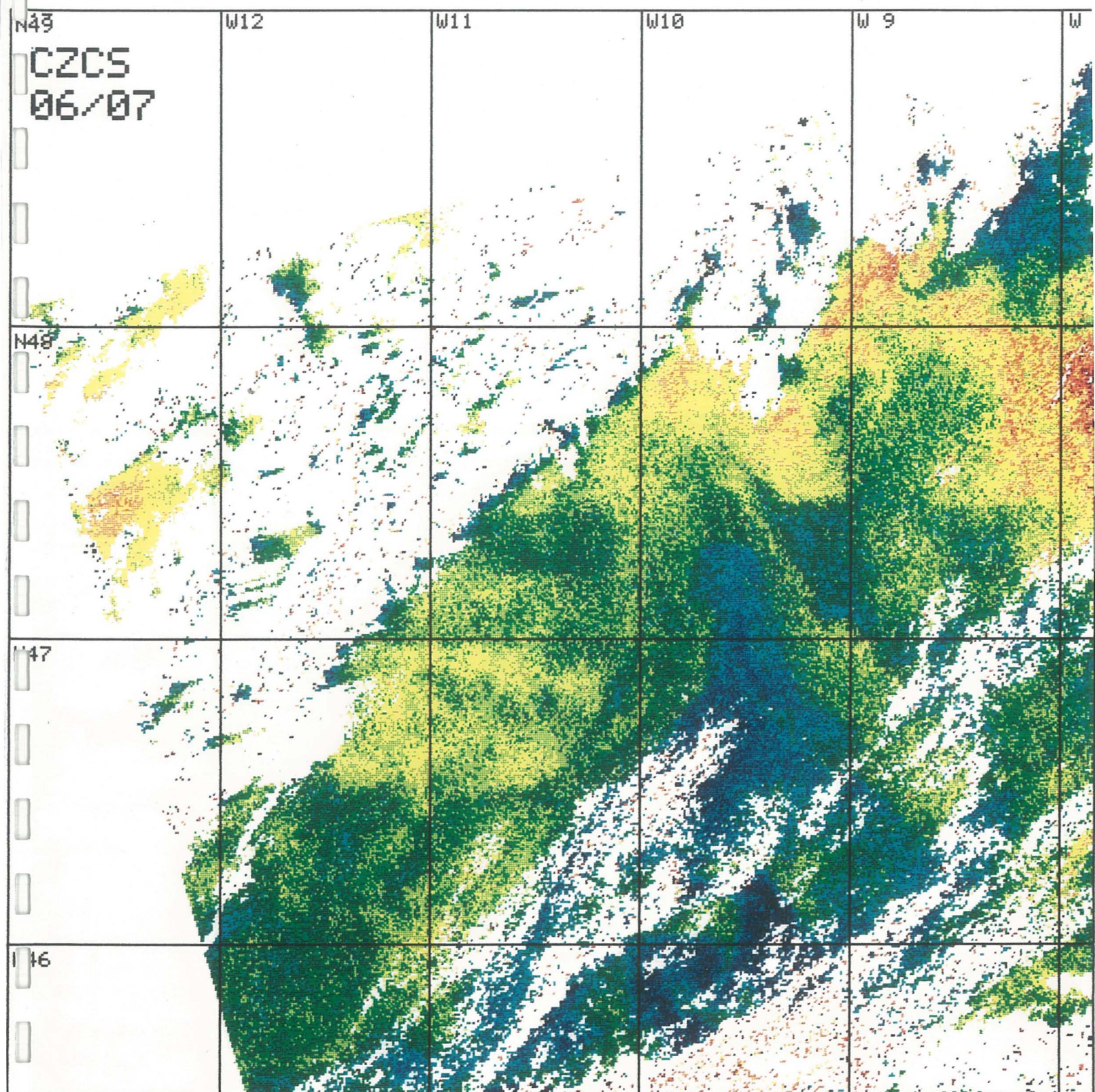


Fig.6 :Image de chorophylle du 6 juillet
 Relation avec la température de
 surface.

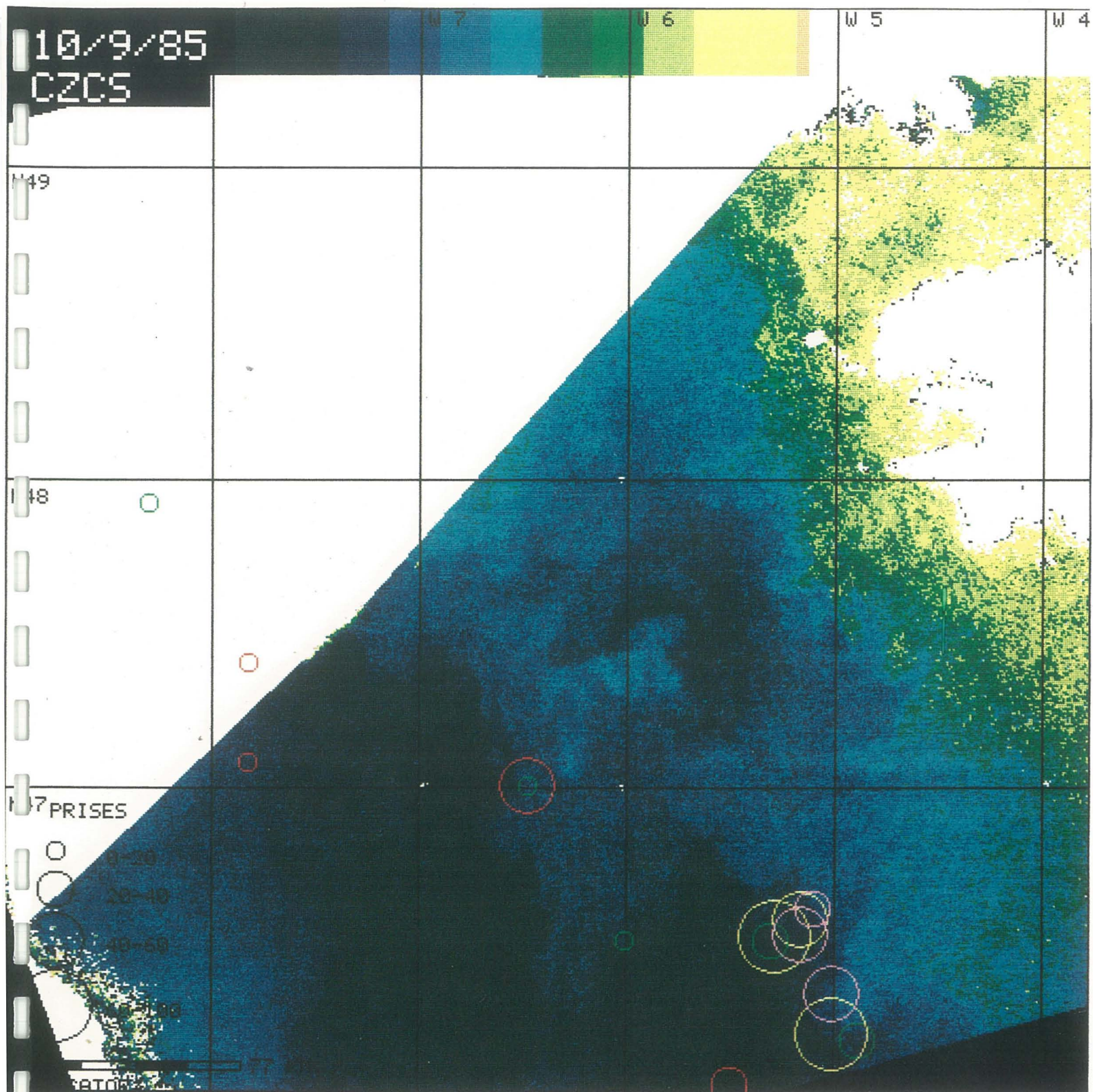


Fig.7 :Image de chlorophylle du 10 septembre
 Relation couleur de l'eau et captures
 de germes ;comparaison avec la carte
 d'isotherme de surface diffusée par le
 CMS de Lannion pour la période du 11
 au 13/9 .

Captures de germes pour la
 période du 10 au 13/09 .

- 10/09
- 11/09
- 12/09
- 13/09



Isothermes de surface -Cartes
 du CMS Lannion .Période du
 11/09 au 13/09 .

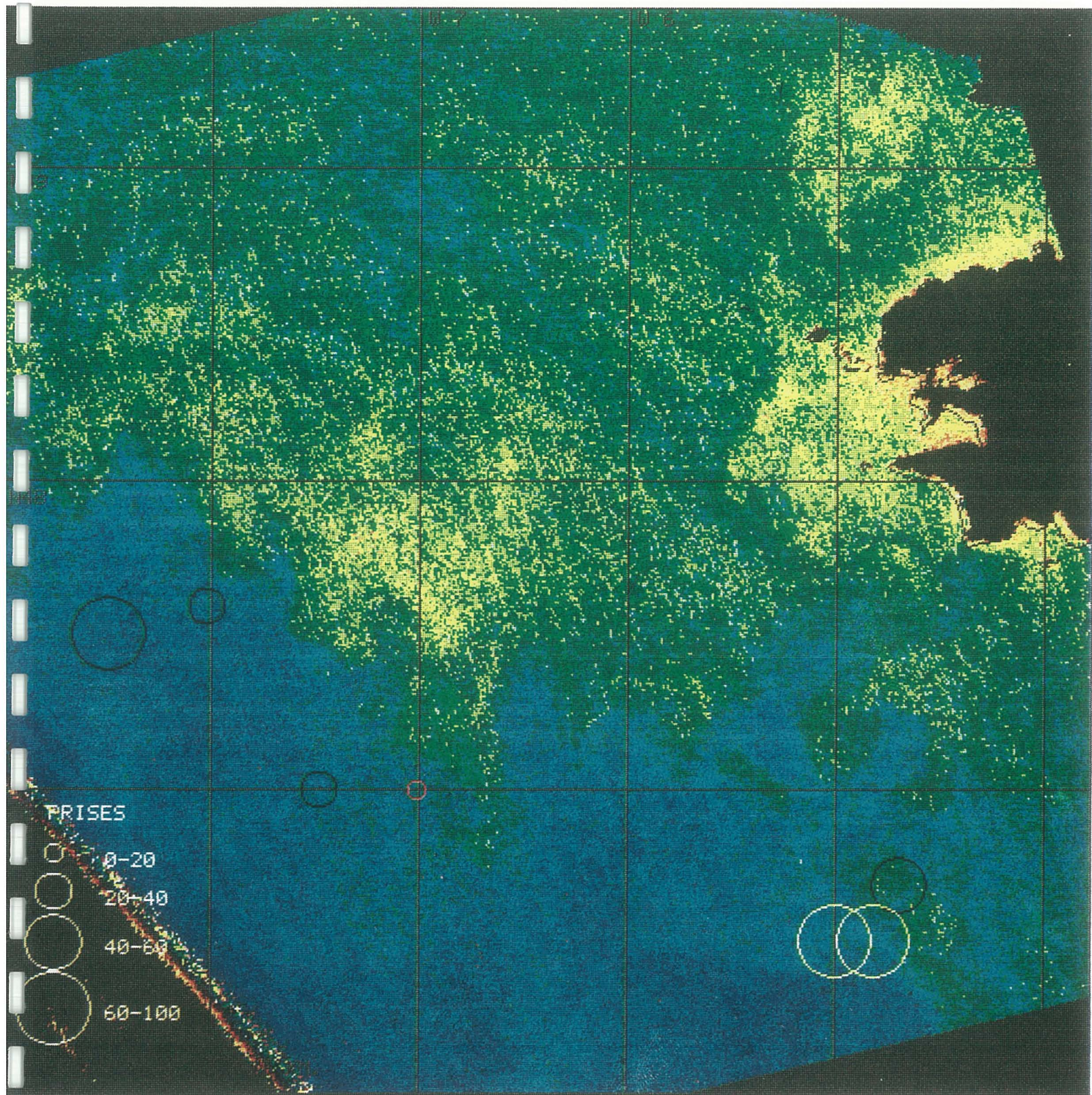


Fig.8 :Image de chlorophylle du 28 septembre
Relation avec la température de surface.

Captures de germans pour la
période du 28/09 au 02/10 .

- 30/09
- 01/10
- 02/10

18

Isothermes de surfaces ,
le 28/09 .

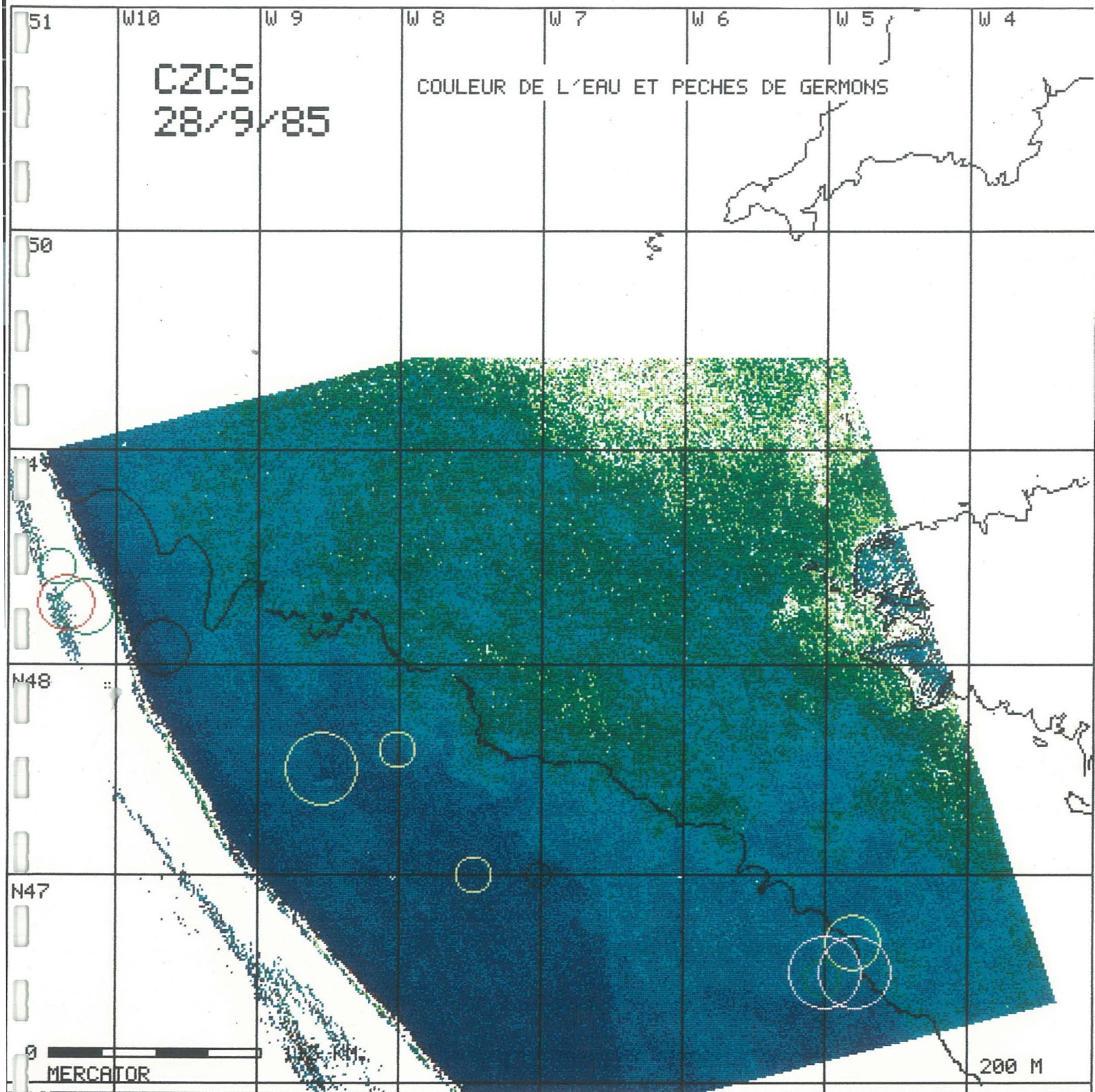


Fig.9 :Image de chlorophylle du 28 septembre
Relation couleur de l'eau et captures
de germons.

- Captures de germons pour la
période du 28/09 au 02/10 .
- 28/09
 - 29/09
 - 30/09
 - 01/10
 - 02/10

Un coup de vent le 26/09 et des coefficients de marées importants durant cette période (vives eaux) peuvent expliquer l'observation de cette bande d'eau froide en surface.

En effet, une remontée d'eau froide, profonde se forme en subsurface au niveau de l'accore; sur le plateau continental, la couche de mélange est fine; l'augmentation de l'amplitude des ondes internes (vent, marée) peut entraîner cette eau froide en surface (Mazé J., 1981).

Il est difficile de conclure à l'association de gradients de T_s (ou d'une température absolue définie) avec de tels fronts de couleur. Ces exemples posent la question de leur installation, de leur liaison avec la bathythermie.

Il faut prendre en compte l'intensité de réponse des 2 paramètres à la moindre variation de l'environnement; un vent de 10-15 noeuds peut entraîner un léger enrichissement de la couche euphotique par brassage, provoquant un développement phytoplanctonique; des changements de couleur seront très vite perceptibles même si ce développement phytoplanctonique est faible.

Un réchauffement de la couche de surface est plus long à s'établir du fait des échanges verticaux entre les masses d'eau et à l'interface atmosphère-océan.

3.1.b. Comparaison quantitative

Un histogramme bidimensionnel est construit à partir des données des températures absolues et des concentrations de chlorophylles (non calibrées) de l'ensemble des images des 10/09 et 28/09.

Les graphiques obtenus indiquent une relation inversement proportionnelle entre les deux paramètres (fig.5).

Dans la situation particulière de cette zone de l'accore du plateau continental, l'horizontalité de l'axe S peut être représentatif de la stratification verticale de la couche d'eau observée.

A partir de ces graphiques, la nature des différentes eaux peut être identifiée et classée essentiellement par la teneur en chlorophylle pour le 10/09 et par les deux paramètres simultanément dans le second cas. Cette représentation statistique révèle une complémentarité des deux mesures.

	10 septembre	28 septembre
température	.coeff.de marée faible $C=31$.vent faible depuis plusieurs jours $V=5$ à 15 noeuds .gradients horizontaux presque inexistants: $Gt=0,15^{\circ}C/Km$ $16,5^{\circ}C$ Es $19^{\circ}C$	eau de la micro- couche de surface chaude, homogène: Ts moy= $17,7^{\circ}C$
	.ensoleillement depuis le 06/09 . .gradients horizontaux élevés: $Gc=20$ vr*/Km 50^* Chl 180^*	eau productive, hétérogène: Chl moy= 95^*
couleur		eau d'une richesse moyenne: Chl moy= 75^*
		.ensoleillement depuis 26/09 . .gradients faibles: $Gc=12$ vr*/Km 50^* Chl 100^*
	*:valeur radiométrique (vr)	
	↓ - eau stratifiée verticalement, - communauté phytoplanctonique mature.	↓ - eau brassée, remontée en surface d'eau profonde riche en sels nutritifs à l'accroissement du plateau, - ce brassage entraîne les cellules phytoplanctoniques au travers de la couche euphotique et provoque leur dégénérescence par manque de lumière.

A partir de ce simple exemple de corrélation, de nombreuses perspectives d'utilisation de l'histogramme bidimensionnel peuvent être envisagées :

- classification de type d'environnement en fonction de grands types d'histogramme; il paraît envisageable de corréler la forme et la structure des histogrammes à des régimes hydrologiques: fronts de marée, remontés d'eau profonde, littoral, milieu océanique à des facteurs saisonniers géographiques, latitude, longitude .

- évolution de la structure de l'histogramme sur une même zone en fonction de la saison.

- comparaison des données images à différents niveaux :

. temporel: évolution de surface, de qualité sur une même zone

. spatial: évolution quantitative rapportée à la bathymétrie, la longitude .

L'association ou la différence des structures thermiques et chlorophylliennes, n'est pas évidente; sont-elles indépendantes ou la conséquence d'un même phénomène antérieur? Il apparaît que d'autres facteurs hydrologiques, non mesurables directement par télédétection interviennent dans cette

relation et peuvent expliquer dans certains cas la présence de fronts de couleur sans signature thermique: par exemple la stratification verticale associée à une remontée d'eau profonde en subsurface; il peut y avoir un enrichissement de la couche euphotique et un développement conséquent de phytoplancton sans qu'aucune structure thermique ne soit visible en surface.

Quelque soit l'état d'agitation de l'eau, si le milieu est chargé en particules phytoplanctoniques, une signature colorimétrique télédélectable existe .

3.2. Relations couleur de l'eau et pêche germonière .

3.2.a Distribution des captures de germon en relation avec la couleur de l'eau.

La distribution des pêches est corrélée à l'emplacement ou à la proximité du front de couleur à l'accore du plateau continental, le jour même de la prise de vue satellite et les quelques jours suivants (Fig.n°7 ,8 et 9):

- l'indice de pêche défini en 2.1.a. augmente de façon très nette sur les mêmes zones du 10 au 14/09 (fig.10).
- de même pour la seconde période, cet indice commence à être important le 01/10.

Dans les deux cas, il faut noter une interruption des bonnes pêches les 15/09 et 03/10 par de mauvaises conditions météorologiques (Fig.11). Le rendement maximal des captures paraît être associé à une couverture nuageuse importante si ce n'est maximale. Ceci pourrait s'expliquer par une meilleure efficacité de la chasse par temps couvert.

Ces remarques posent les questions de durée et d'évolution des fronts en fonction de leur nature biologique chimique, physique, des facteurs météorologiques, et celles de comportement du poisson, de période d'activité, de comportement vis à vis du mauvais temps .

Une intrusion d'eau océanique, pauvre en phytoplancton (46°30-5°30 W) semble particulièrement favorable à une agrégation de poissons; cette observation a déjà été faite à partir de données thermiques lors des campagnes de pêches de 84 et 85. Il faut noter également que cette zone se trouve être bonne pour la pêche au cours des deux périodes pour le même type de poisson :la bonite .

Ces exemples montrent clairement que la présence d'un front de couleur est un indice constant dans la distribution et la capturabilité du germon. Ils illustrent une croyance traditionnelle de beaucoup de pêcheurs qui utilisent les changements de couleur de l'eau pour repérer les zones potentiellement productives. Ils illustrent également l'hypothèse suivante (Laurs ;1985):

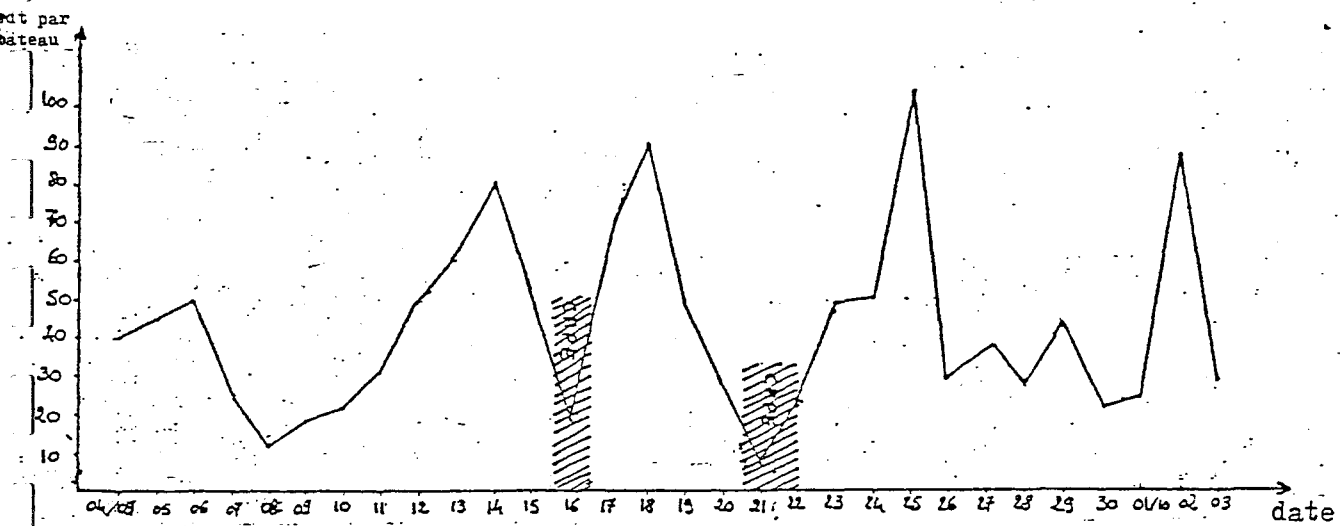


Fig. 10: Evolution journalière du nombre de germes par bateau durant septembre 1985 .

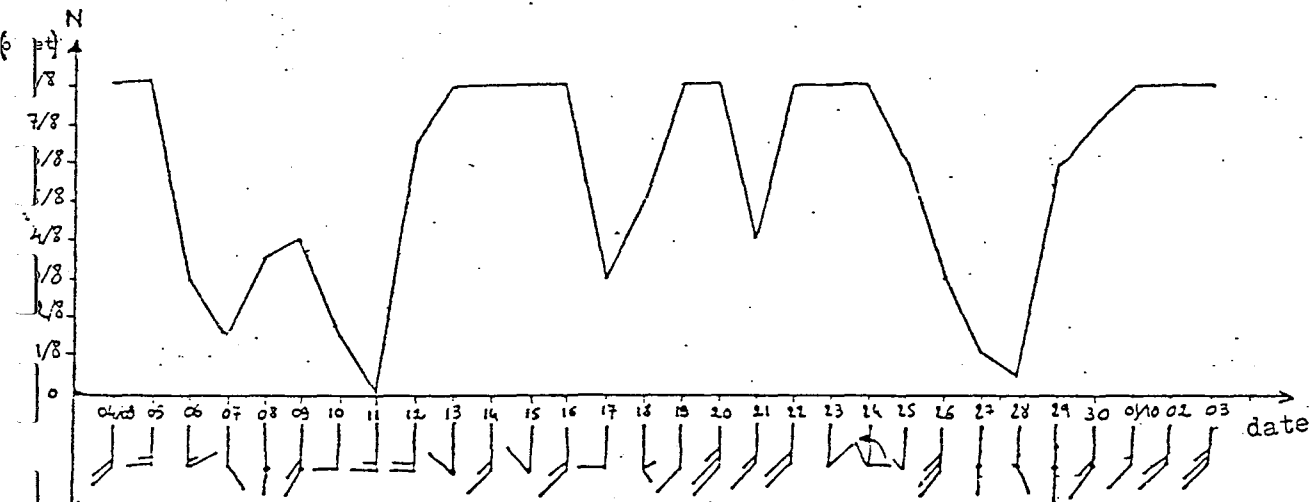


Fig. 11: Evolution de la couverture nuageuse (en octets) , évolution de la direction et de la force du vent .

"comme tous les thons, le germon est un prédateur visuel; les agrégations de poissons du coté des eaux océaniques claires d'un front peut refléter une incapacité à faire des captures efficaces de proies mobiles dans les eaux turbides et une dépendance vis à vis d'une nourriture migrant de par et d'autre d'un front. Les concentrations de phytoplancton doivent être au moins aussi importantes que le facteur thermique dans l'explication et la prédiction des migrations du germon" .

3.2.b. Apport de CZCS dans le système d'aide à la pêche actuel

3.2.b.1. Système d'aide à la pêche actuel

Le personnel de la Marine National au CMS Lannion établit une carte bihebdomadaire de Ts (ou quotidienne en début de saison) à partir de la compilation des données des satellites NOAA du matin de la constitution de la carte et des deux jours précédents pour noter la persistance des structures thermiques et compléter les zones nuageuses. D'autres informations peuvent être apportées :

- relevés bathythermiques effectués sur zone
- suggestion de prospection
- importance de la pêche des prospecteurs

Spécialement constituée à l'intension des pêcheurs, elle est envoyée en milieu de matinée, quelques heures après sa constitution, aux bateaux prospecteurs et au navire d'assistance, seuls munis d'un récepteur, par le réseau radio-facsimilé; les informations sont ensuite transmises par radio aux autres germoniers.

3.2.b.2. Apport de CZCS aux cartes actuelles

Les deux situations de septembre traitées ici sont très complémentaires dans les relations Ts-couleur-captures .

Période du 10/09:

Les cartes établies du 4/09 au 13/09 ne montrent aucune structure hydrologique particulière en dehors du plateau continental. L'isotherme 17°C, pris comme référence dans le déterminisme de lieu potentiel de pêche, oscille entre 47°N et 48°N . Comme signalé précédemment, l'image CZCS du 10/09 souligne un front tout le long de l'accore et une pénétration d'eau eutrophique le long du 6°W . Son signalement sur la carte diffusée le 11/09 aurait été une bonne indication de lieu potentiel de pêche et ce sur plusieurs jours (Fig.7).

Période du 28/09:

Les fronts thermique et colorimétrique sont spatialement liés entre eux (3.1.1); le signalement sur la carte d'un front de couleur n'aurait rien changé à l'indication d'un lieu de pêche d'un point de vue géographique; cependant, il aurait renforcé l'hypothèse de probabilité de pêche en reflétant l'aspect nutritif de la zone .

Dans la perspective d'une amélioration des cartes actuelles, la question du choix d'un critère se pose; y a-t-il prédominance de l'un des paramètres pour la détermination d'une zone potentielle de pêche ou complémentarité, ce qui dans ce cas peut renforcer l'hypothèse émise ou palier à une information manquante ?

Le report des captures sur l'histogramme bidimensionnel (fig.5)montre que les pêches les plus importantes pour une catégorie de poisson déterminée ont été faites dans un même type d'eau :

-les bonites ont été capturées dans des eaux de $Ts.moy=17,7^{\circ}C$ et de $chl.moy=82$ pour la première période et $chl.moy=88$ pour la seconde (valeur radiométrique).

-pour les demis (catégorie de poisson de taille supérieure), les pêches se trouvent dans des eaux plus froides $Ts.moy=17^{\circ}C$ et plus claires $chl.moy=71$.

La présence de germons semble déterminée par un type d'eau particulier; mais il est impossible de conclure à la prédominance de l'un ou l'autre des facteurs ou à leur interdépendance. Le nombre de scènes étudiées est loin d'être suffisant, cependant l'indication de la couleur de l'eau paraît là encore complémentaire de celle de la température et surtout utilisable quelque soit les conditions météorologiques; en ce sens, sa prise en compte est non négligeable .

Si l'intérêt du signalement d'un indice de couleur est grand , la difficulté de mise en oeuvre d'un système opérationnel de cartes de couleur de l'eau l'est également à l'heure actuel :

-délai minimum de 8 jours pour obtenir les données qui ne sont plus captées à Lannion .Les seules provenances de données sont Dundee (GB) et ESA (Canaries).

-temps de vie de NIMBUS 7 en théorie terminé depuis 1980.

-traitement des données non standardisé .

Mais pour l'avenir, cette utilisation des données de couleur de l'eau ne pourrait-elle pas s'ajouter aux projets d'exploitation de SPOT 3 ?

Conclusion

Dans quels cas les structures colorimétriques sont-elles différentes des structures thermiques ? Le paramètre couleur de l'eau apporte-t-il des informations supplémentaires au facteur thermique dans le déterminisme de lieu potentiel de pêche ?

Cette courte étude a permis de cerner un peu mieux ces deux questions fondamentales. Il apparaît notamment à propos de l'existence simultanée des deux types de structures que tous les cas de figures peuvent s'observer: présence de fronts colorimétrique et thermique sans aucune liaison spatiale (situation du 06/07), développement de structures couleur marquées bien que les gradients thermiques soient presque inexistantes (exemple du 10/09), forte association entre les deux phénomènes. D'autres paramètres hydrologiques, non mesurables directement par télédétection, comme la stratification verticale, semblent intervenir dans cette relation Ts-couleur. Cependant dans chacun des cas, le facteur couleur est présent et directement lié à la distribution des captures.

Ce travail gagnerait à être complété par de nombreux autres exemples à des saisons différentes et tout au long de la campagne de pêche pour mieux définir les relations couleur-température, tout en tenant compte du facteur météorologique. Des mesures in situ de chlorophylle seraient également très intéressantes pour donner un sens aux termes d'eau "bleue" et d'eau "verte" des pêcheurs afin de mieux cerner la relation couleur-captures.

Toutefois, il est regrettable qu'aucune expérience d'assistance en temps réel à l'aide de CZCS n'ait eu lieu en Europe. Cela aurait permis une meilleure estimation de l'importance du facteur couleur de l'eau, une meilleure connaissance des phénomènes de radiométrie dans le visible et de ses possibilités et intérêts d'utilisation. Ce manque d'expérimentation sur NIMBUS 7 en 1979-1980 est une plutôt question de logistique et de moyens et non un problème scientifique. Aussi, la confirmation du seul projet de renouvellement de CZCS actuellement en discussion (SPOT 3-1991) serait souhaitable ainsi que la mise en place de moyens facilitant les traitements en temps réel.

BIBLIOGRAPHIE

- Belbeoch G. (1983). GYPSI, logiciel interactif de traitement d'image numérique; Rapport scientifique -Centre IFREMER Brest
- Fiedler P.C (1983). Satellite remote sensing of anchovy habitat. CalCOFI repport -vol 24 ,202,209 .
- Guennegan Y. (1985). Deuxième campagne de prospection germonière raport IFREMER ;zone traditionnelle.
- Gordon H.R. (1981a). A preliminary assessment of the NIMBUS 7 CZCS atmospheric correction algorithm in a horizontally inhomogeneous atmosphere .
- Gordon H.R., Clark D.K., Brown J., Brown O.B., Evans R.H. - Broenkow W.W (1983). Phytoplankton pigment concentrations in the middle atlantic bight; comparisons of ship determinations and satellite estimation . Applied Optics ,22 ,20.36 .
- Holligan P.M., Viollier M., Aiken J. (1983a). Satellite studies on the the distributions of chlorophyll and dinoflagellate blooms in the Western English Channel; Continental Shelf Research ,2 ,81.96.
- Laurs R.M., Fiedler P.C., Montgomery D.C. (1984). Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observations from satellite . Deep Sea Reseach Vol 31 , . . .
- Laurs R.M., Bruck J.F. (1985). Living marine ressources applications . Satellite Oceanic Remote Sensing .ed Barry Saltzman. vol27 ,416,450.
- Liorzou B. , Leroy C. (1985). Première campagne de prospection germonière ;Rapport IFREMER .
- Littaye A. (1985). Deuxième campagne de prospection germonière ; Rapport IFREMER ;zone grand ouest.
- Mazé R. (1973). Recherche et étude de mouvements à période propre du domaine des ondes internes dans l'Iroise. Thèse, 3eme cycle océanographie physique, Brest.
- Mueller J.L. (1985). Nimbus 7-CZCS :confirmation of its radiometric sensitivity decay rate through 1982 .Applied Optics ,vol. 24 ,n°7.

Nykjaer L., Refk R., Schlittenhardt R.M. (1986). Remote sensing of the North West African upwelling area. Rapport ISPRA establishment)

Shannon L.V., Lutjeharms J.R.E., Walters N.M. (1985). South African Ocean Color and Upwelling Experiment . Shannon, L.V. (ed). Cape Town. Sea Fisheries Research Institute: 227-237.

Wilson W.H. , Smith R.C. , Nolten J.W. (1981). The CZCS geolocation-algorithm. Rapport de la Scripps Institution of Oceanography , SIO ref. 81-82 .



Siège social 66, avenue d'Iéna 75116 Paris
Tél. 47 23 55 28 Téléx 610775