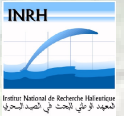




*Science et Défi de l'Aménagement des Pêcheries de Petits Pélagiques sur les Stocks Paratgés en
Afrique Nord-Occidentale
11-14 Mars 2008- Casablanca, Maroc*



*Indices de Refroidissement des eaux de surfaces de la mer
dérivés des images satellites dans les zones d'upwelling
Exemple: upwelling Côtier marocain*

Réalisé par: Aïssa BENAZZOUZ
Chercheur en Télédétection Spatiale
(INRH - Casablanca)

Casablanca, 13 Mars 2008

Equipe impliquée:

Aïssa BENAZZOUZ – INRH

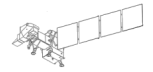
Hervé DEMARCQ – IRD

Abdellatif ORBI- INRH

Karim HILMI- INRH

Abderrahman ATILLAH- CRTS

Ahmed Makaoui et Laariss Jamila



Plan de l'exposé

1 - INTRODUCTION

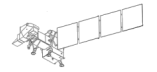
2 - MATERIEL ET METHODES

- *Base de données satellitales utilisées*
- *Traitement des données satellitales*
- *Calcul de l'Indice d'upwelling*

3 - RESULTAS

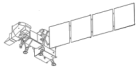
- *Variabilité saisonnière de l'indice d'upwelling par zones géographiques*
- *Variabilité interannuelle*
- *Anomalie de l'upwelling côtier marocain*

4 – CONCLUSION ET PERSPECTIVES

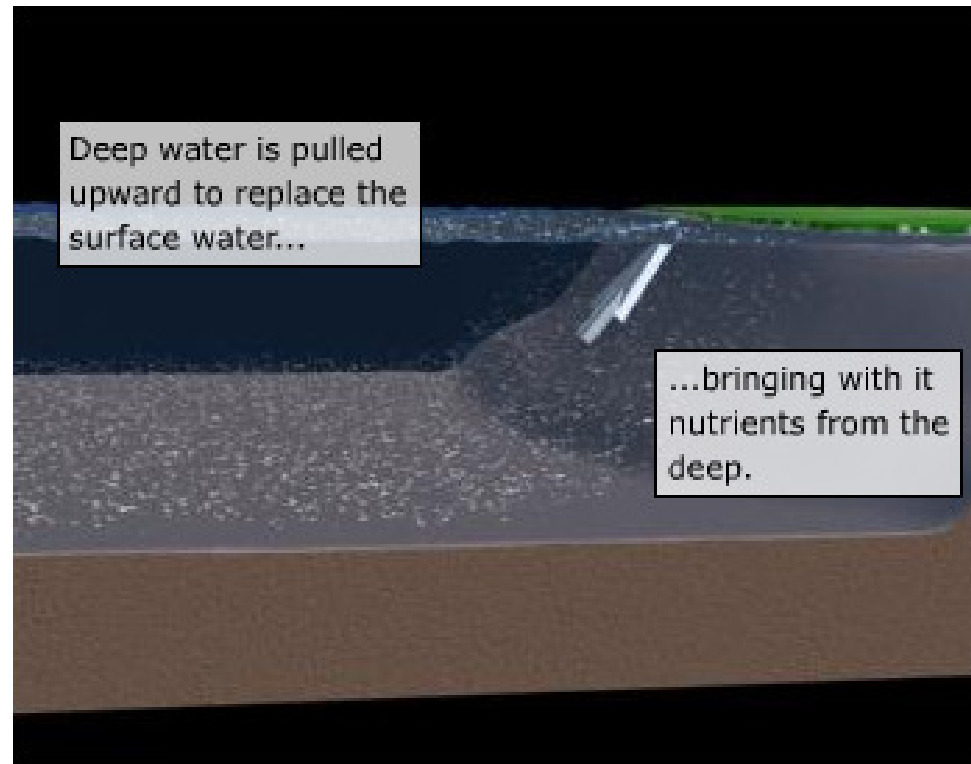


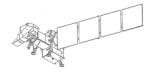
Introduction

- Le Maroc est parmi les zones les plus poissonneuses au monde grâce à sa situation géographique
- Phénomène d'upwelling induit par les alizés
- Campagnes en mer régulières en océanographie + (GERMA: 2002-2004)
- Importances: 0.1 % océan mondial
5 % production primaire
17 % prises de poisson

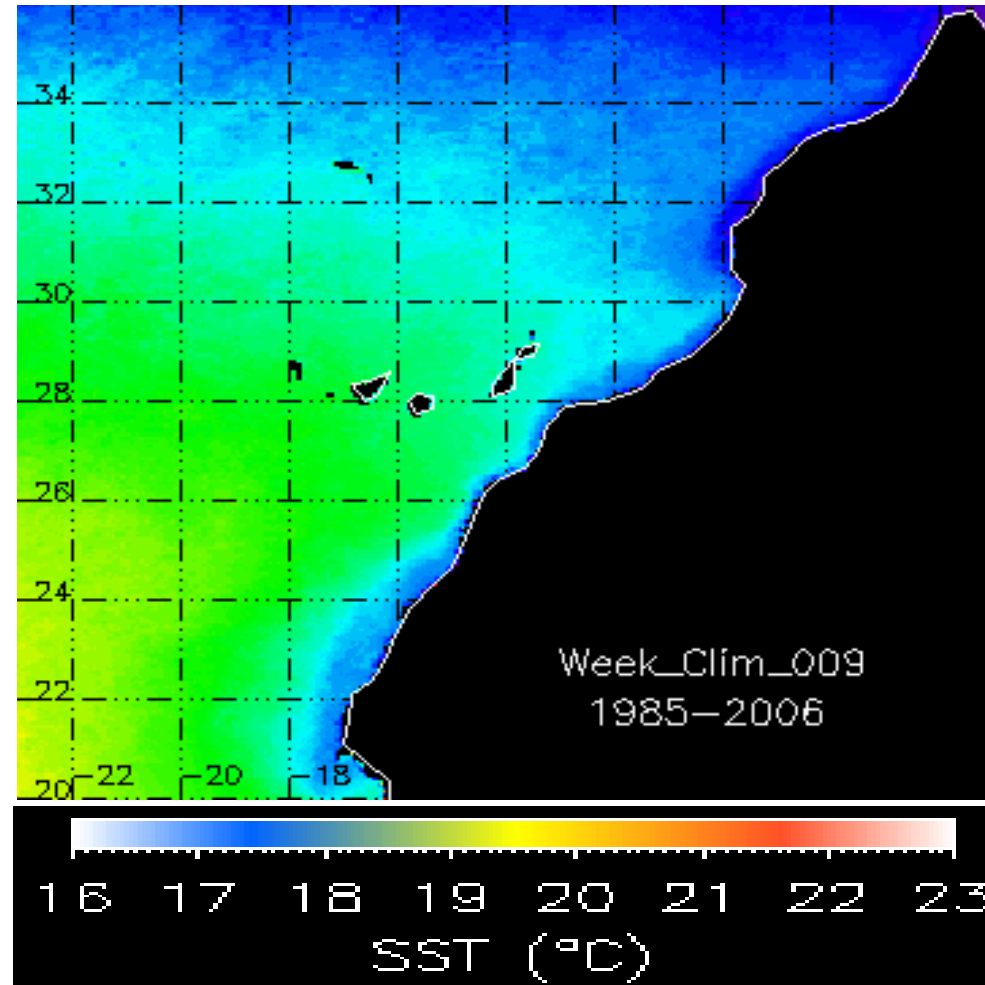


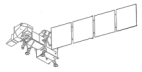
Upwelling: Principe



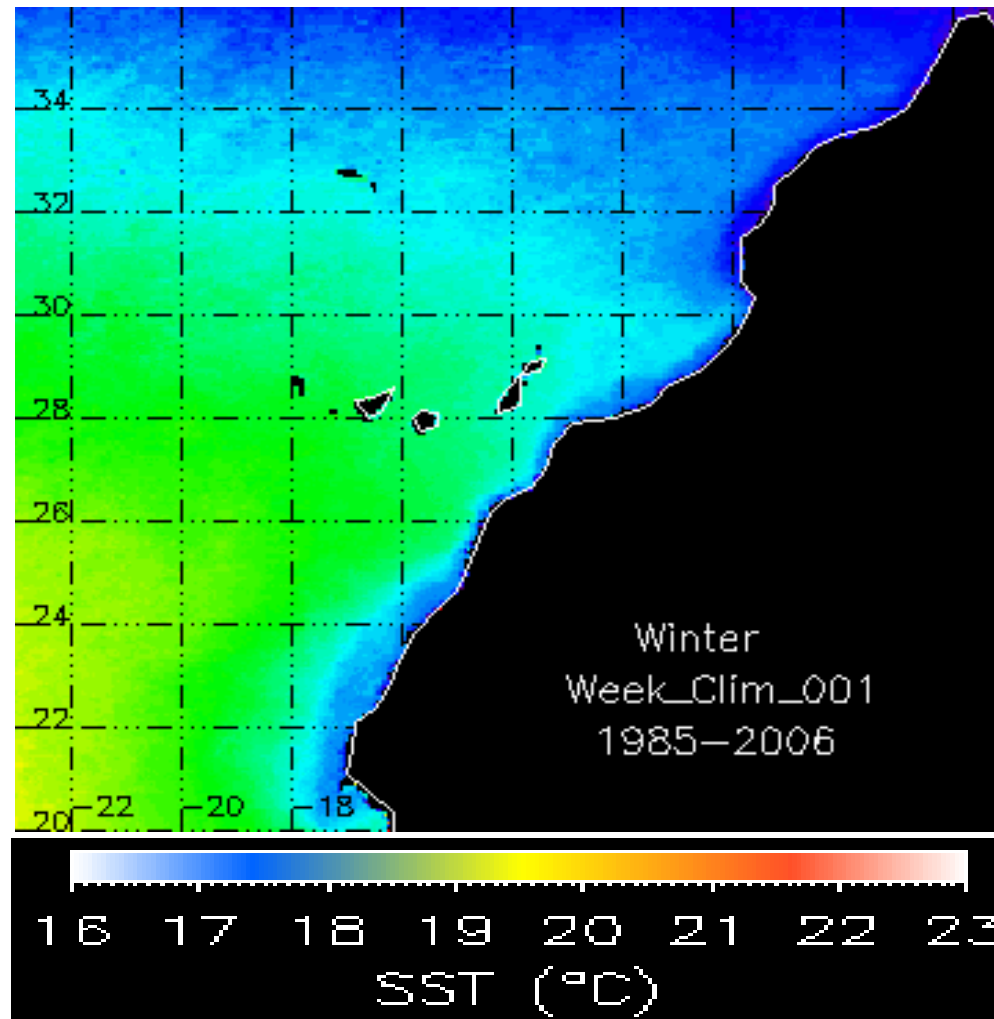


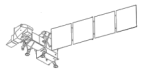
*Animation d'une série d'image SST correspondante à un cycle annuel moyen
(moyenne annuelle de 22 années)*



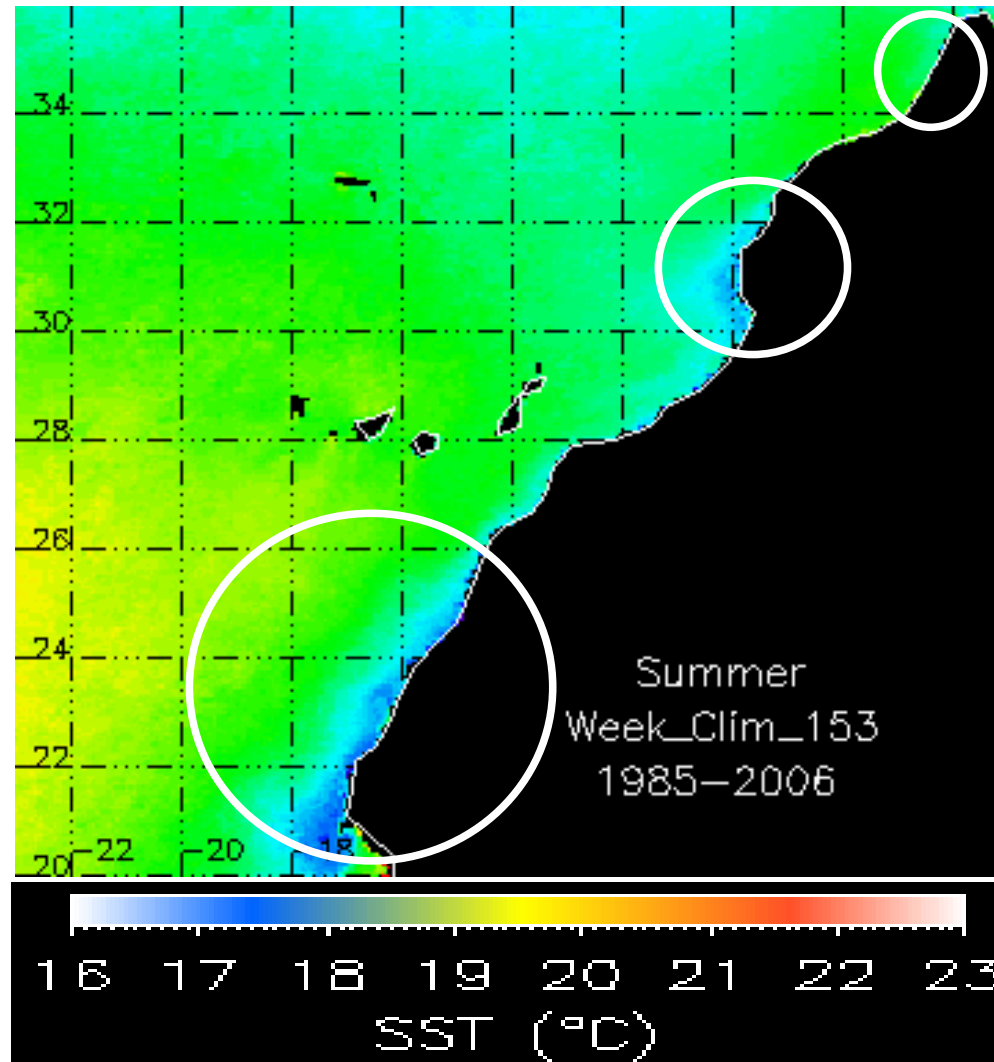


*Animation d'une série d'image SST correspondante à la climatologie
(22 années) de la saison hivernale*





Animation d'une série d'image SST correspondant à la climatologie (22 années) de la saison estivale



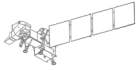
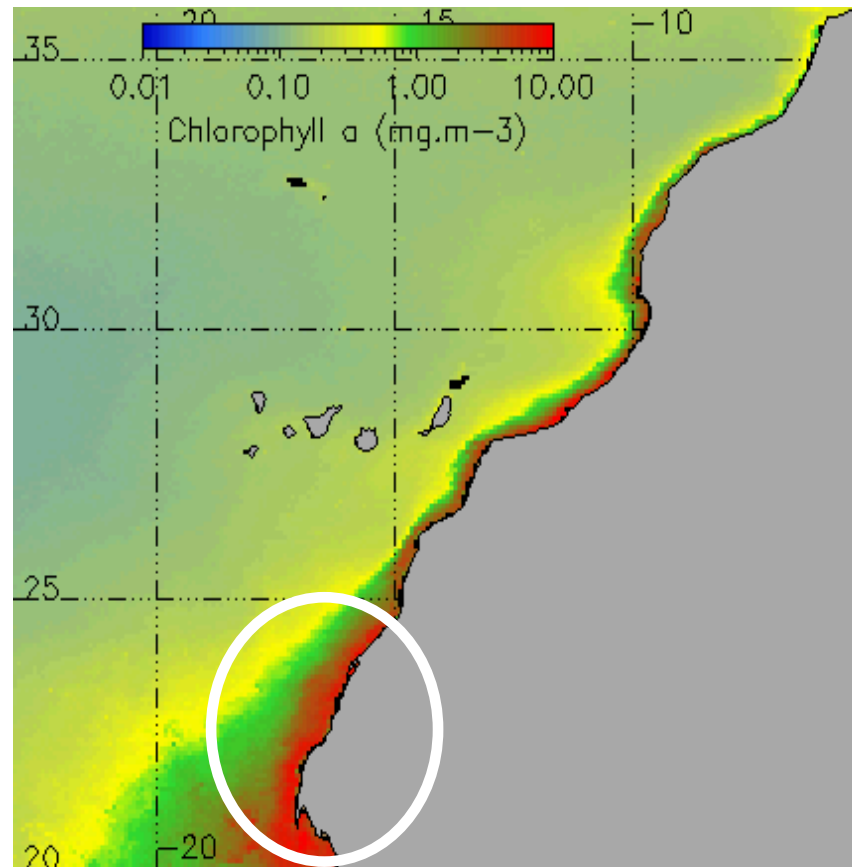
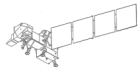


Image satellite du capteur SeaWiFS représentante de la chlorophylle_a





Materiels et Méthodes

1 - Base de données satellitales utilisées

L'imagerie thermique infrarouge du NOAA/AVHRR est utilisée sur une période totale de 23ans (1985-2007).

- **version Pathfinder V5 (4 km, 8 jours)**

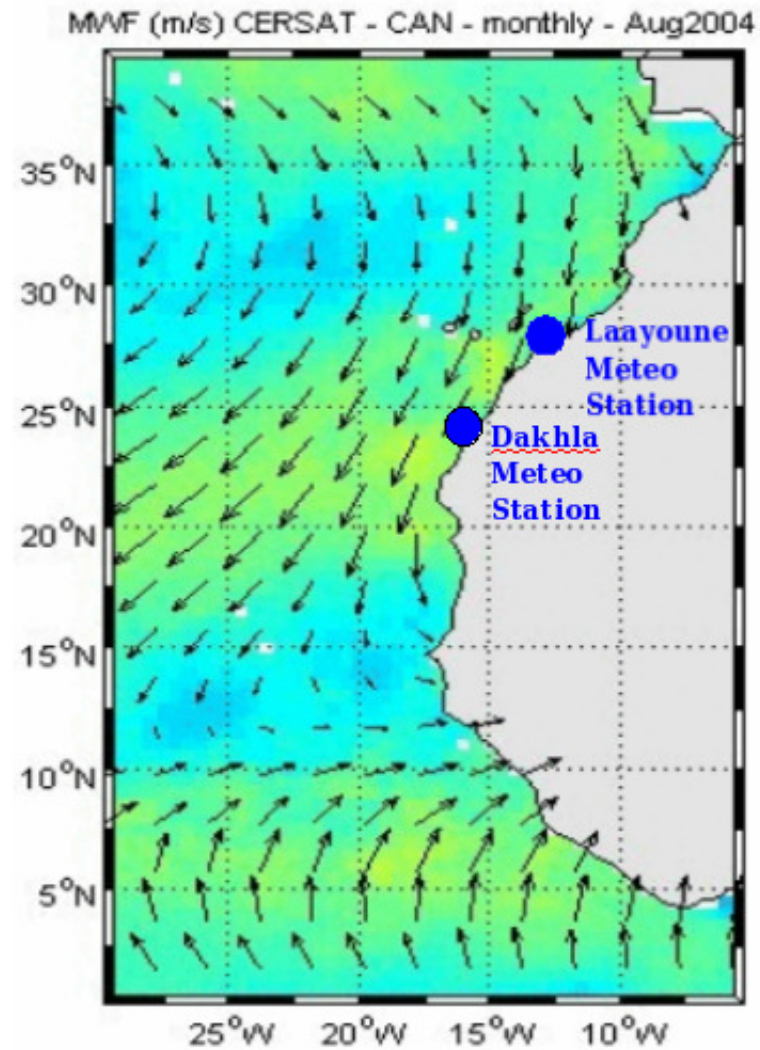
- L'imagerie du diffusiomètre **SeaWinds/QuikSCAT** est utilisée sur une période de 9 ans (juillet 1999-2007), version **V3(25km, journalières)**

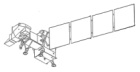
- Seules les images de jour ont été utilisées (satellite ascendant).

2 - Base de données météorologiques utilisées

Des données de deux stations météorologiques (Laayoune et Dakhla) sur une période de 20 ans de 1985 à 2004,

Les données (vitesse et direction du vent) sont enregistrées toutes les trois heures.





Calcul de l'Indice d'upwelling

1-Indice d'Upwelling Thermique dérivé images SST

(Demarcq,2000)

$$CUI = \frac{SST_{max} - SST_{min}}{SST - SST_{up}}$$

fct(auteurs)

$$CUI = SST_{max} - SST_{min}$$

2-Indice d'Upwelling Physique dérivé Images Vent QSC et Station Météo

(Ekman,1900)

$$IUC_Ekman = (P_{air} * C_d * Wc^2) / (2 * \sin(\theta) * P_{mer})$$
$$Wc = U * \sin(COAST * p / 180) + V * \cos(COAST * p / 180)$$

(Ekman)

$$IUC_Ekman = (P_{air} * C_d * W_c^2) / (2 * \Omega * \sin(\emptyset) * P_{mer})$$
$$W_c = U * \sin(COAST * p / 180) + V * \cos(COAST * p / 180)$$

IUC_Ekman: Valeur du transport d'Ekman (en kg/s/m) ou indice d'upwelling côtier dérivé Ekman

Wc: Composante du vent parallèle à la côte

P_{air}: Masse volumique de l'air ($P_{air} = 1,2 \text{ kg/m}^3$)

P_{mer}: Masse volumique de la mer ($P_{mer} = 103 \text{ kg/m}^3$)

C_d: Coefficient de rugosité (adimensionnel)

W: Vitesse du vent (m/s)

Ω: Vitesse angulaire de rotation de la terre ($\Omega = 7,14 \cdot 10^{-5}$)

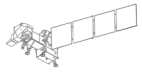
∅: Latitude de chaque radiale

U: Composante zonale du vent ($U = W * \sin(\text{dir} * p / 180)$) où

dir: Direction du vent

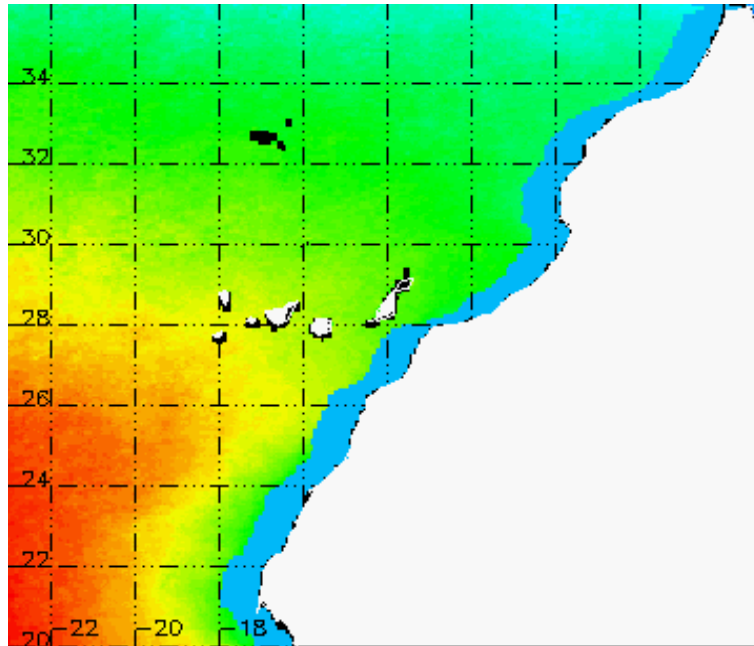
V: Composante méridionale du vent ($V = W * \cos(\text{dir} * p / 180)$)

COAST: Angle d'inclinaison de la côte par rapport au Nord

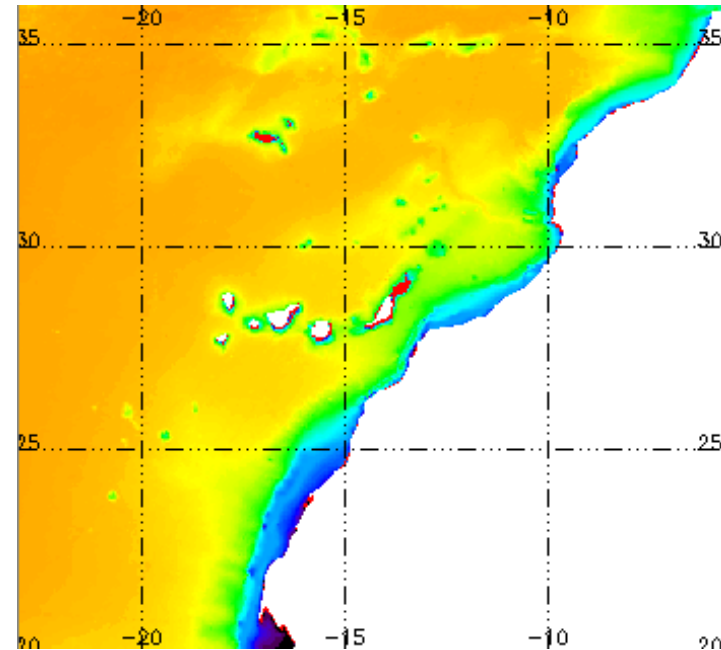


$$CUI = SST_{max} - SST_{min}$$

SST_{min}



Bande de 50km où SSTmin peut être reperé

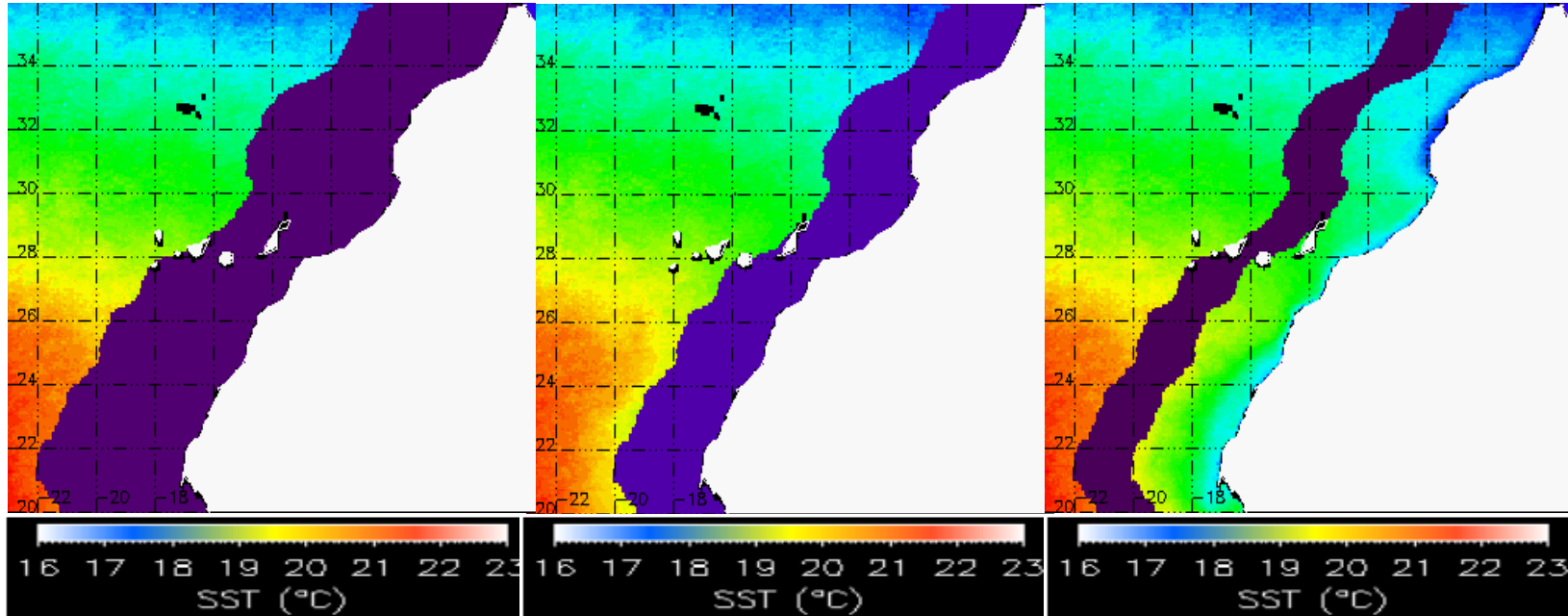


Bande bleu (bathy 200m) où SSTmin peut être reperé

Evolution spatio-temporelle de l'upwelling côtier marocain à partir de l'imagerie satellitale (1985-2007)

$CUI = SST_{max} - SST_{min}$

SST_{max}

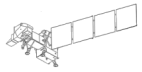


Bande de 0 à 500 km de la côte où SSTmax peut être repéré

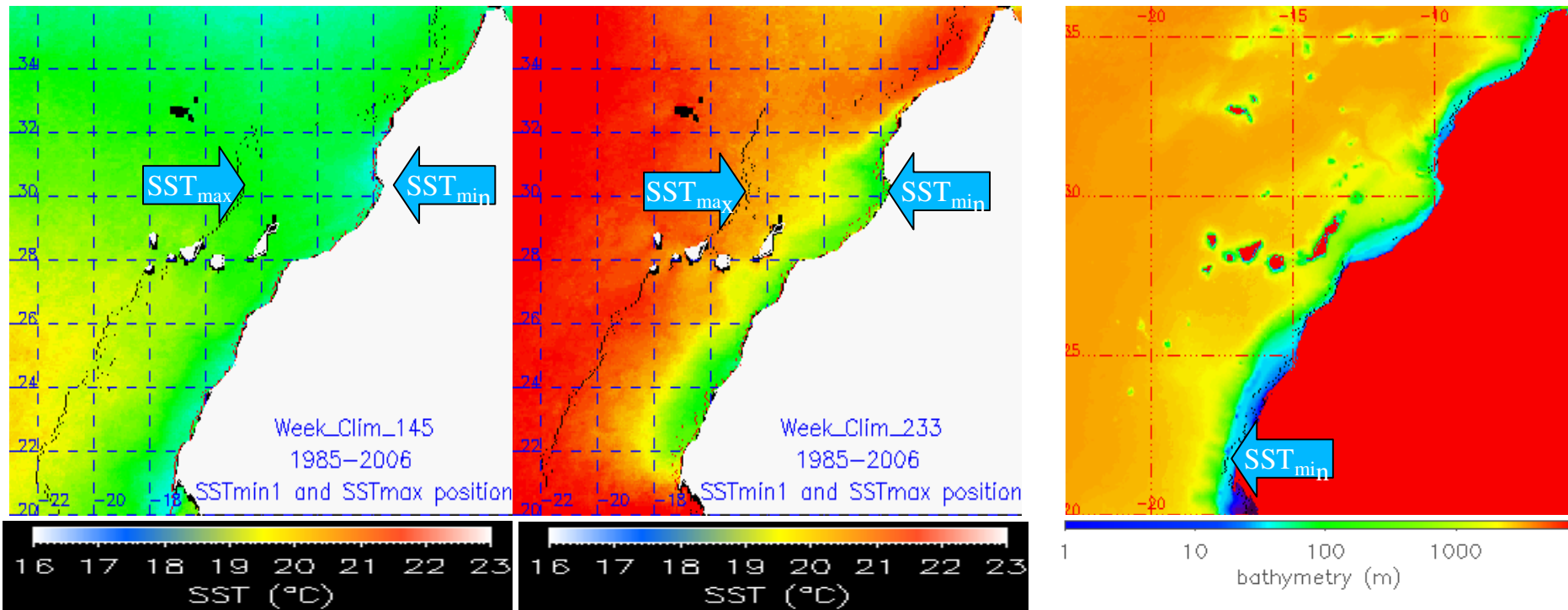
Bande de 300 km de la côte où SSTmax peut être repéré

Bande de 200 km (entre 300 et 500km) à la côte où SSTmax peut être repéré

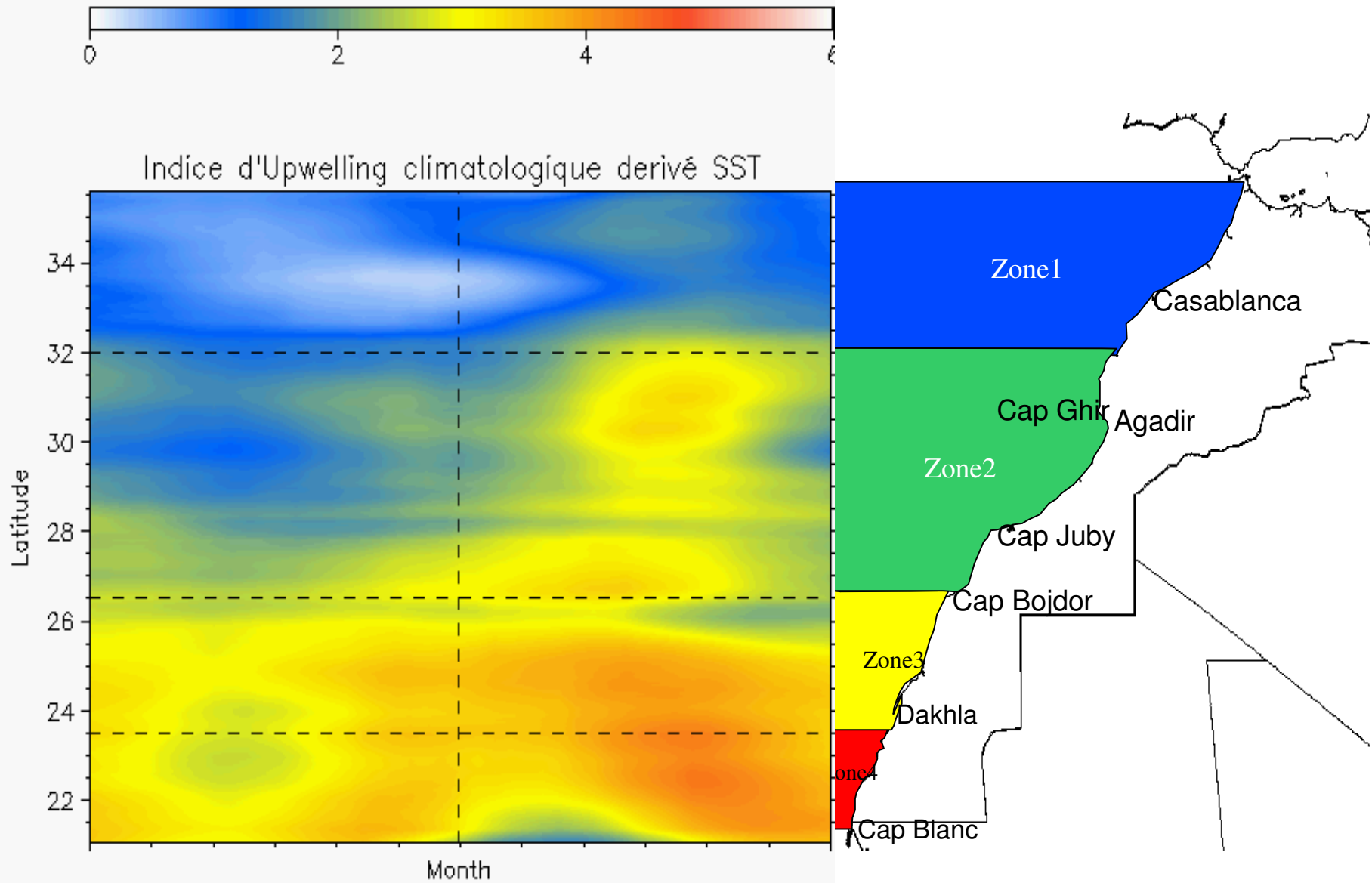
Evolution spatio-temporelle de l'upwelling côtier marocain à partir de l'imagerie satellitale (1985-2007)

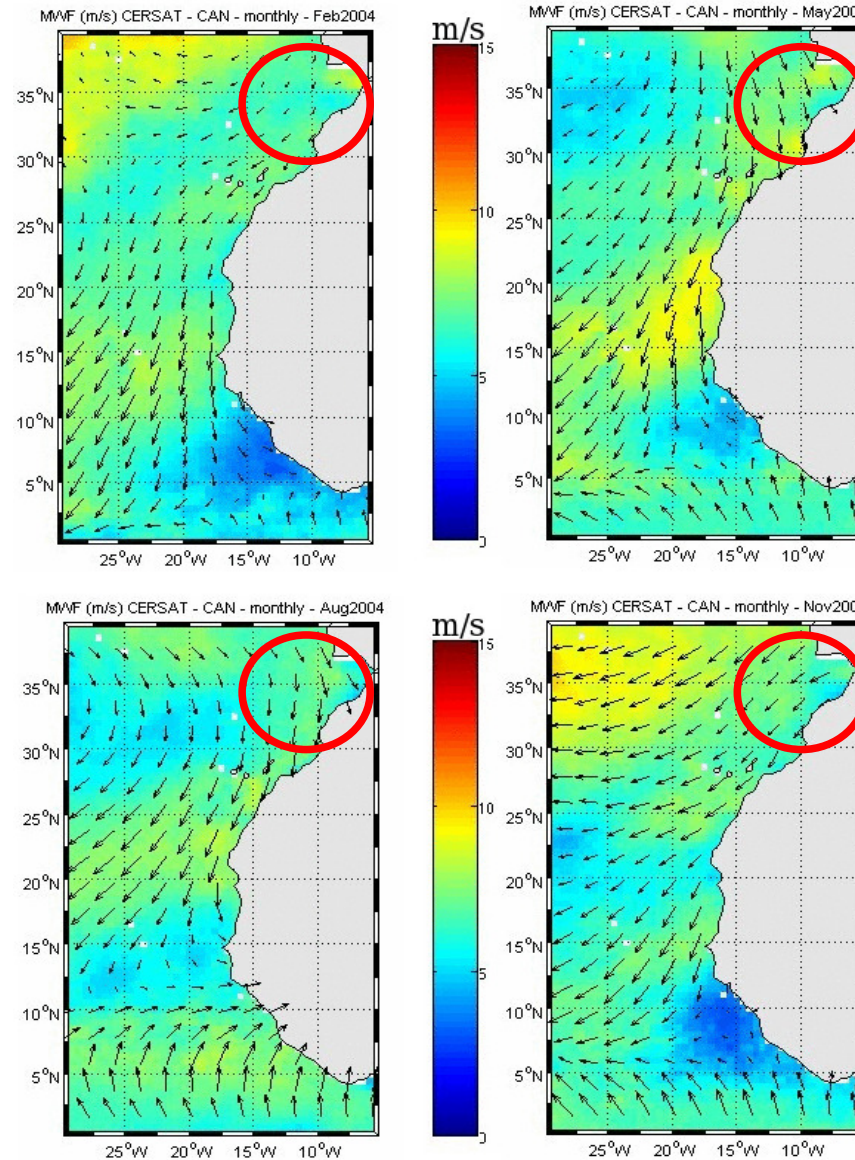
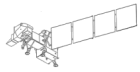


$$CUI = SST_{max} - SST_{min}$$

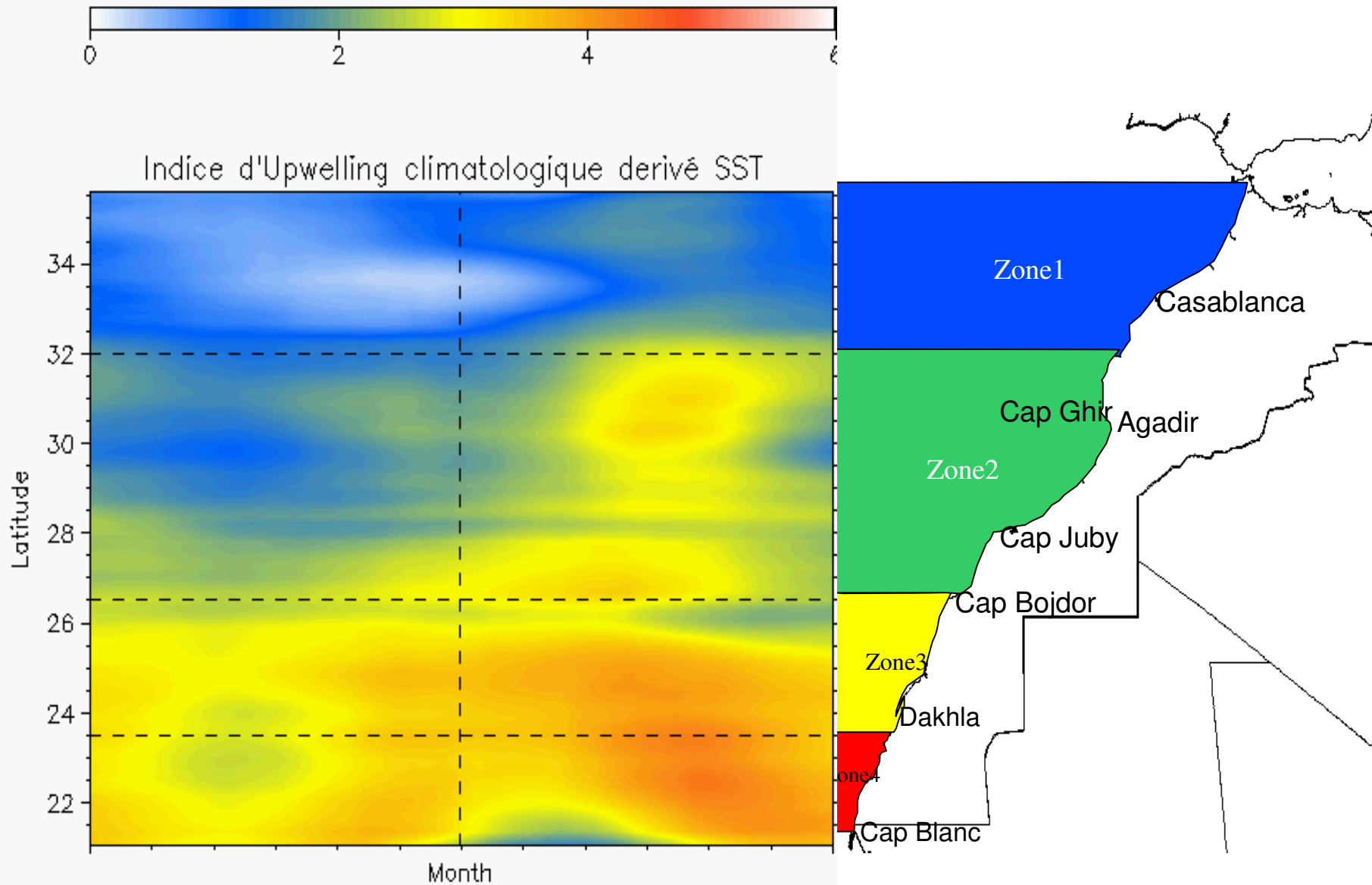


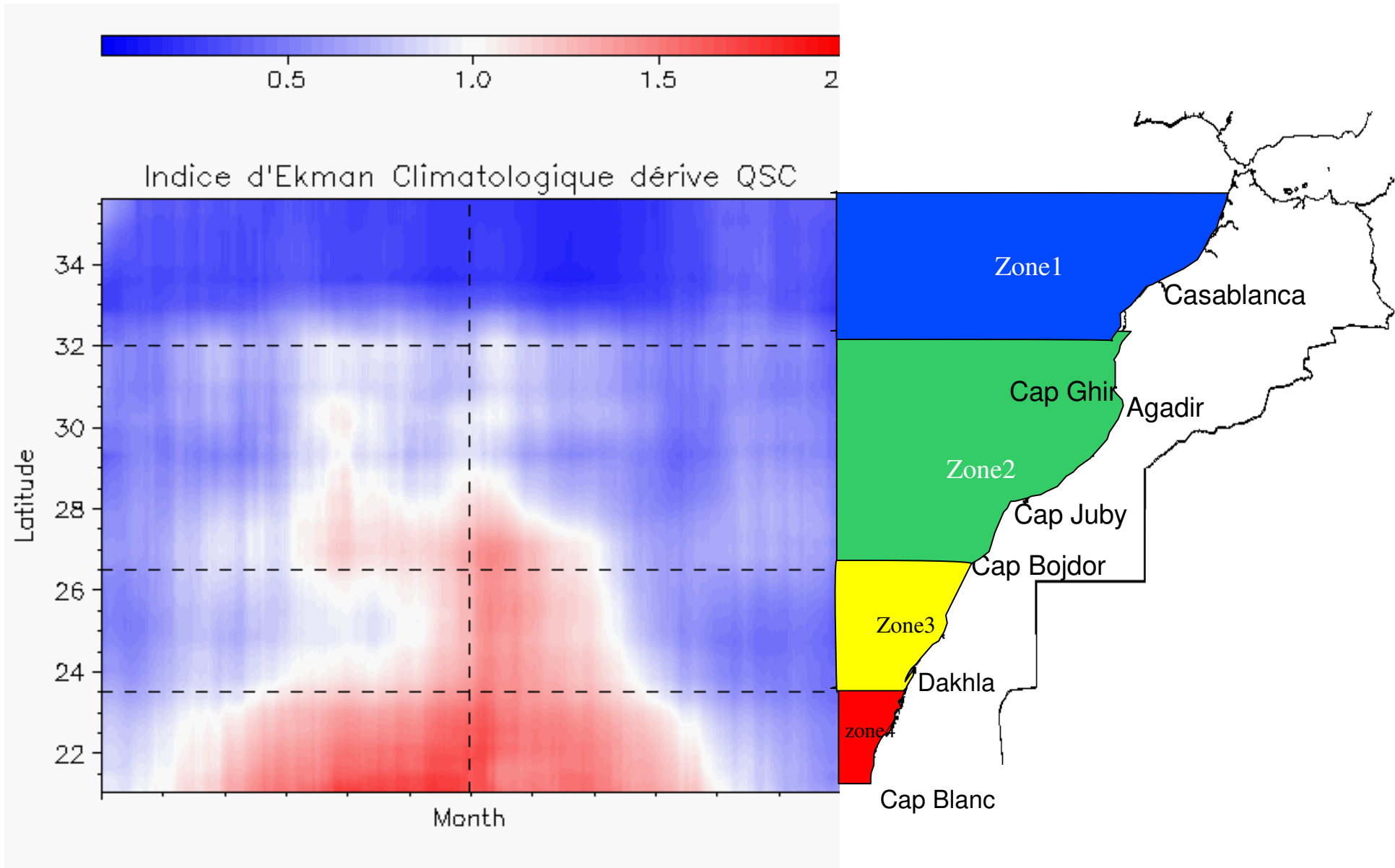
Exemples de position de SSTmin (lax) et de SSTmax (lax) et de bathymetry (lax) et de SSTmax (lax)

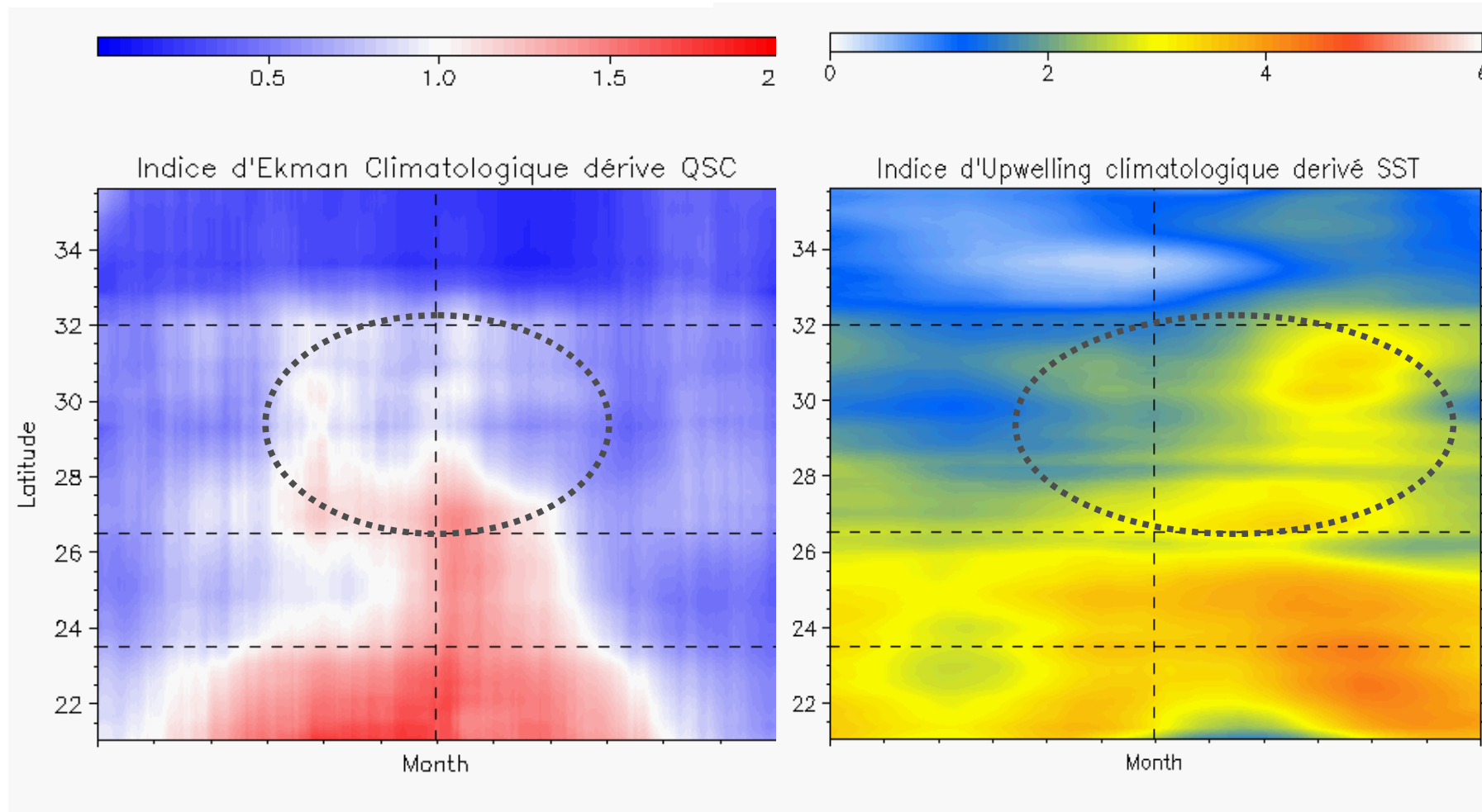


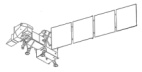


Vecteurs du vent du diffusionmètre SeaWinds (satellite QuikSCAT) des mois de Février, Mai, Août et Nov 2004 (CERSAT-data Center-IFREMER).



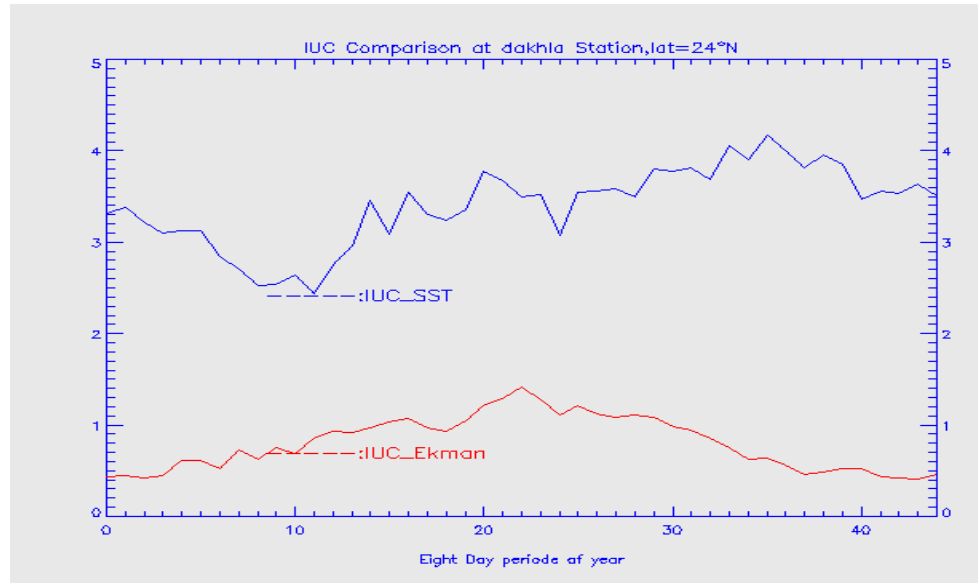




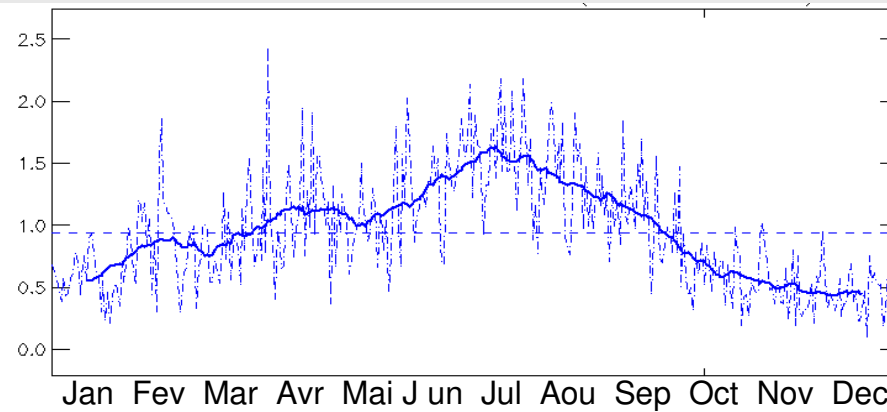


Comparaison d'indices d'upwelling Station de Dakhla

Dakhla
Station Météo

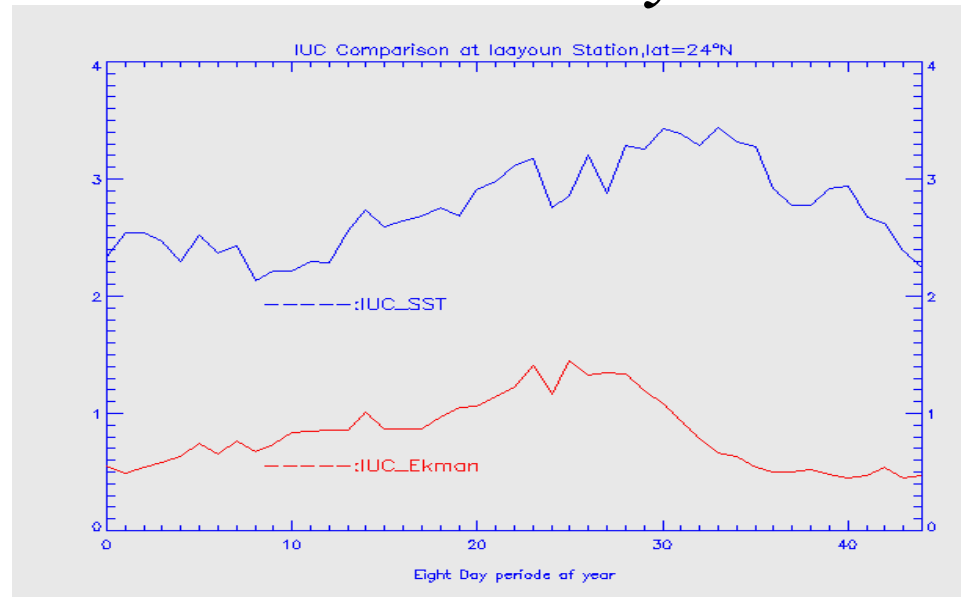


Radiale de Dakhla
QSC images

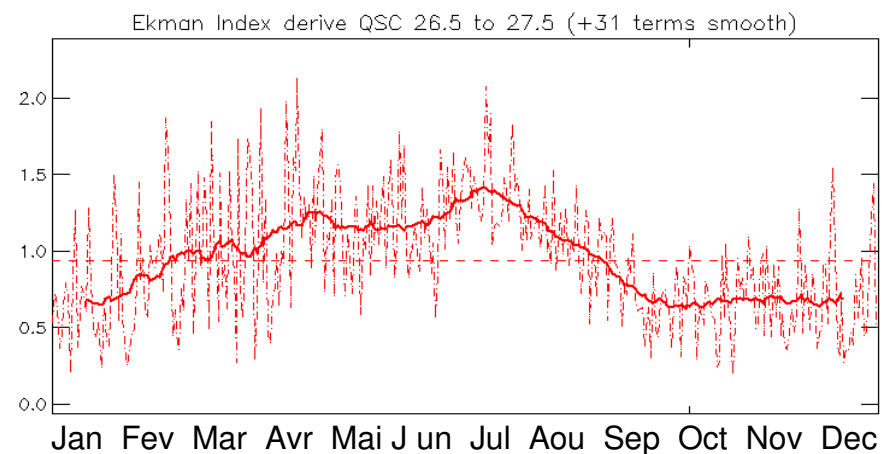


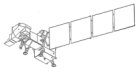
Comparaison d'indices d'upwelling Station de Laayoune

Laayoune
Station Météo

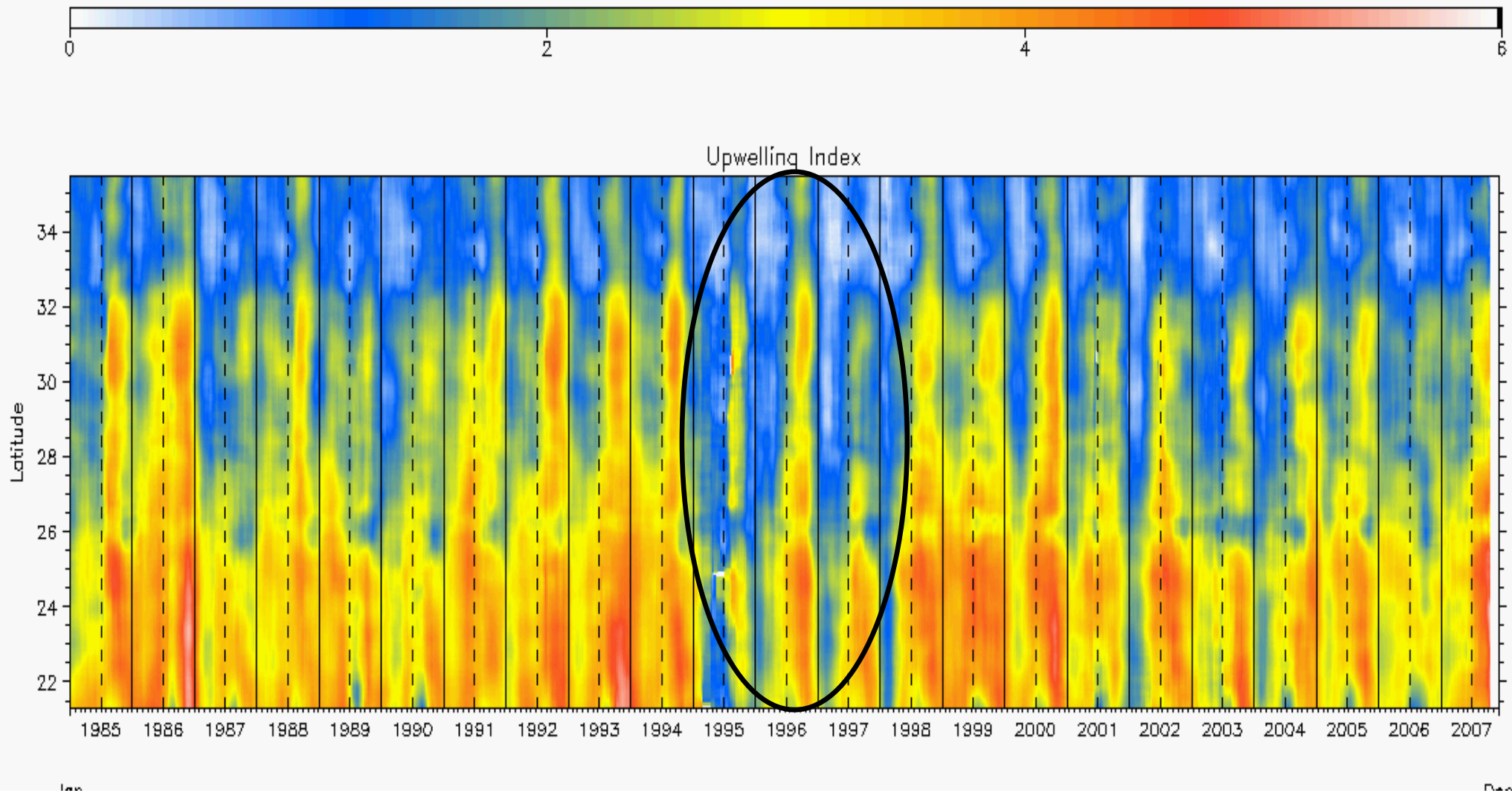


Radiale de Laayoune
QSC images

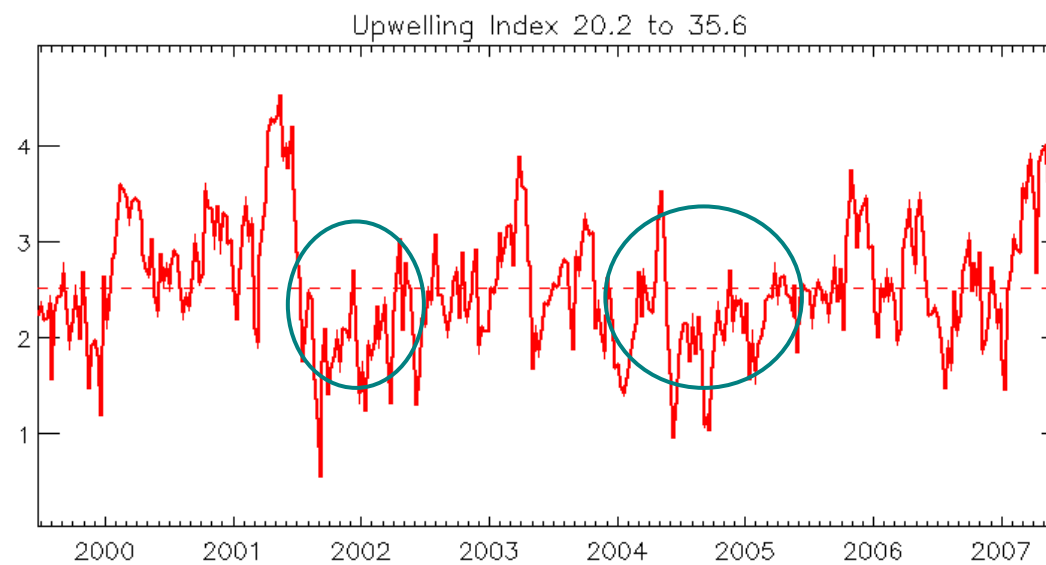
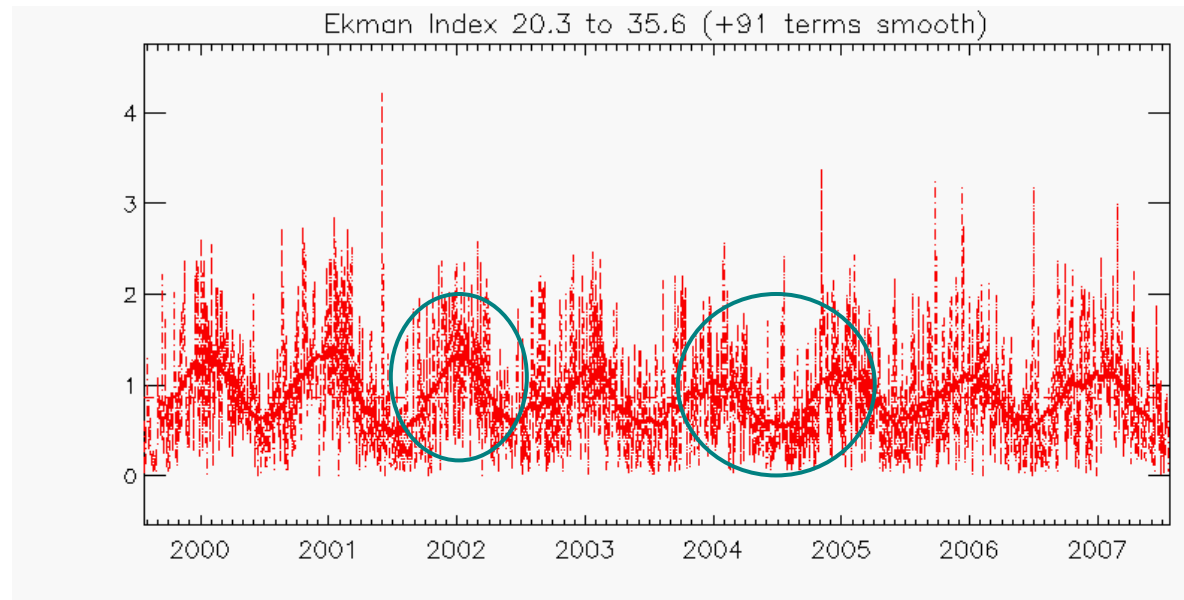


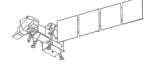
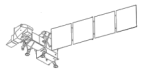


Variabilité interannuelle de l'IUC_SST

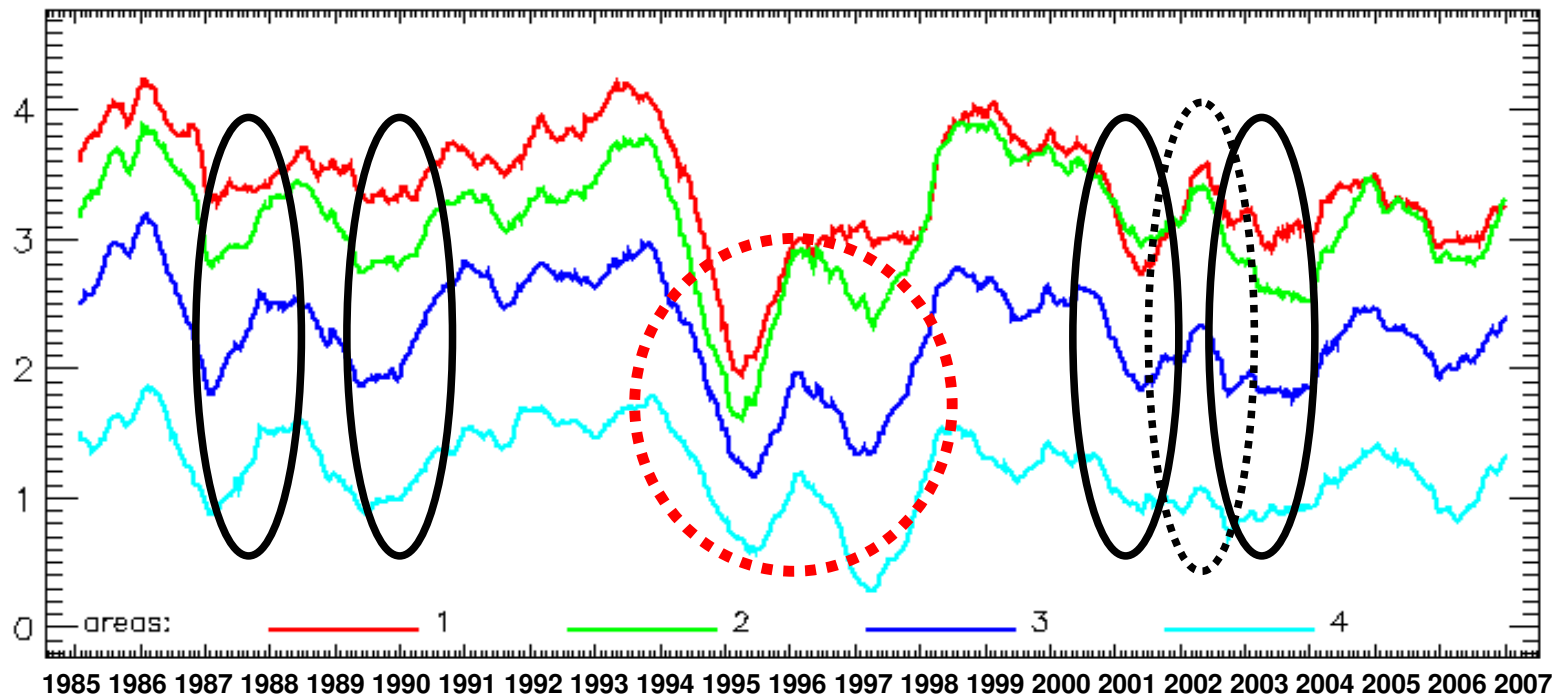


Evolution spatio-temporelle de l'upwelling côtier marocain à partir de l'imagerie satellitale (1985-2007)

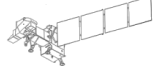




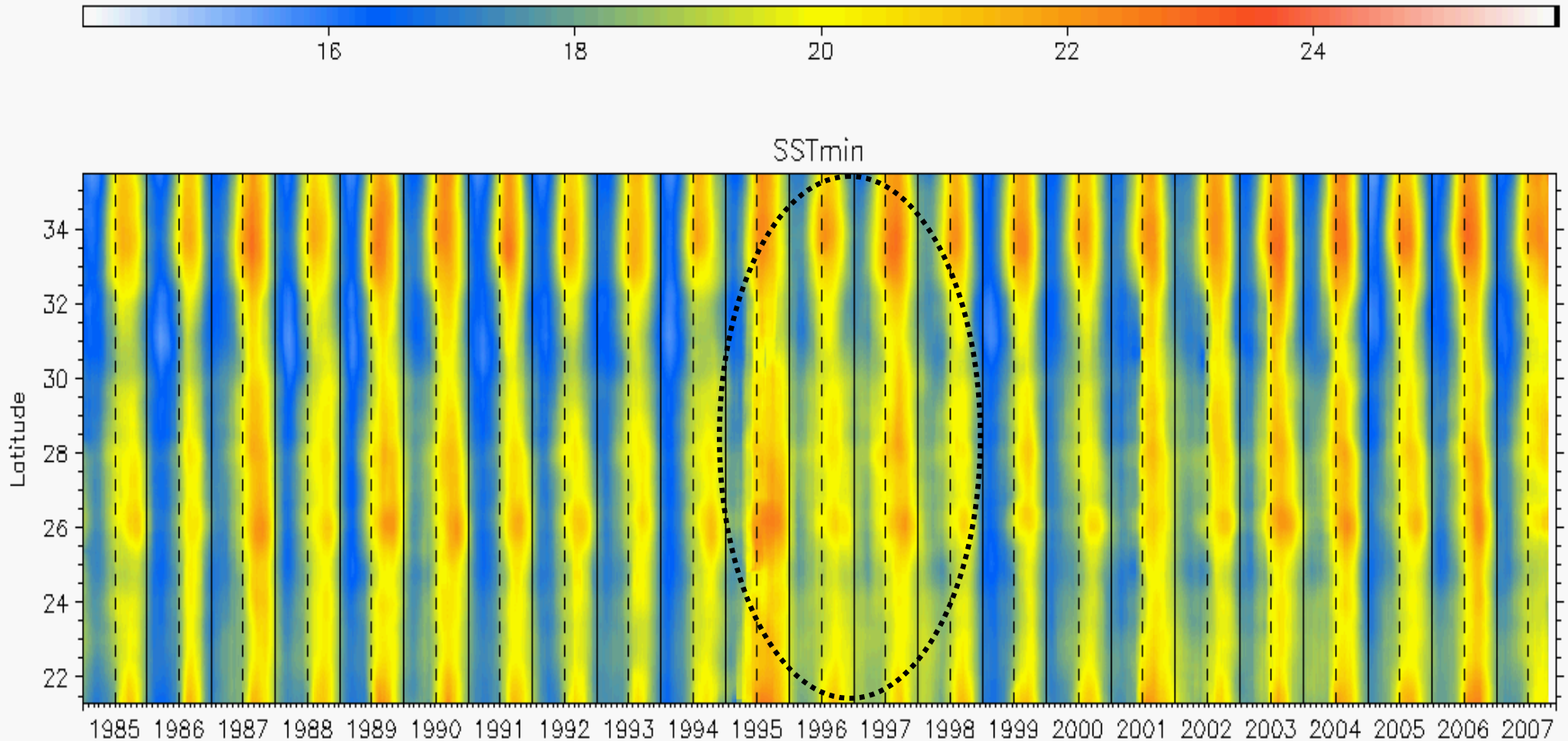
Variabilité interannuelle

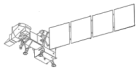


Evolution interannuelle de l'indice d'upwelling sur 4 régions d'upwelling régions

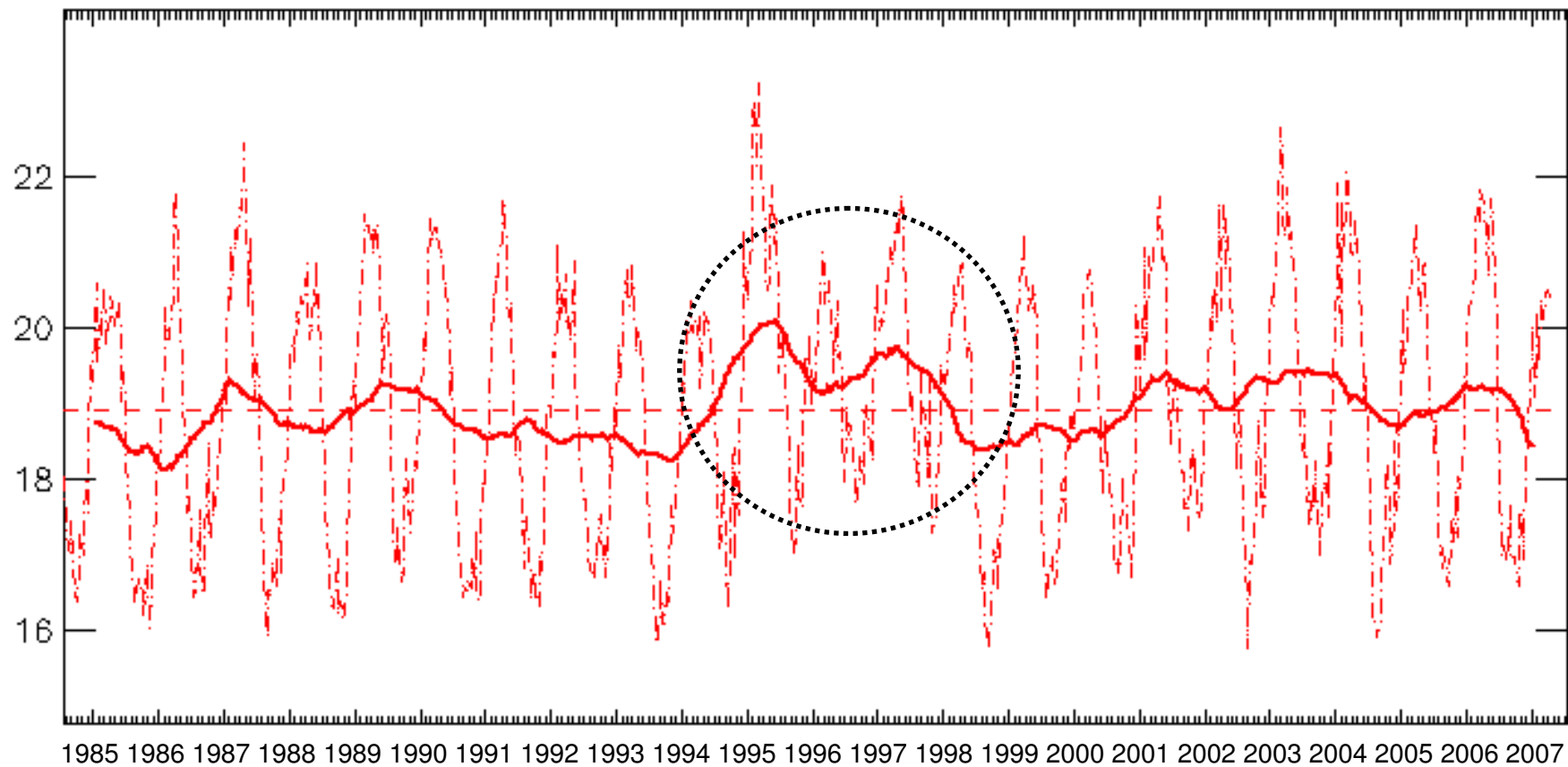


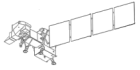
Evolution interannuelle de la SSTmin le long du littoral marocain



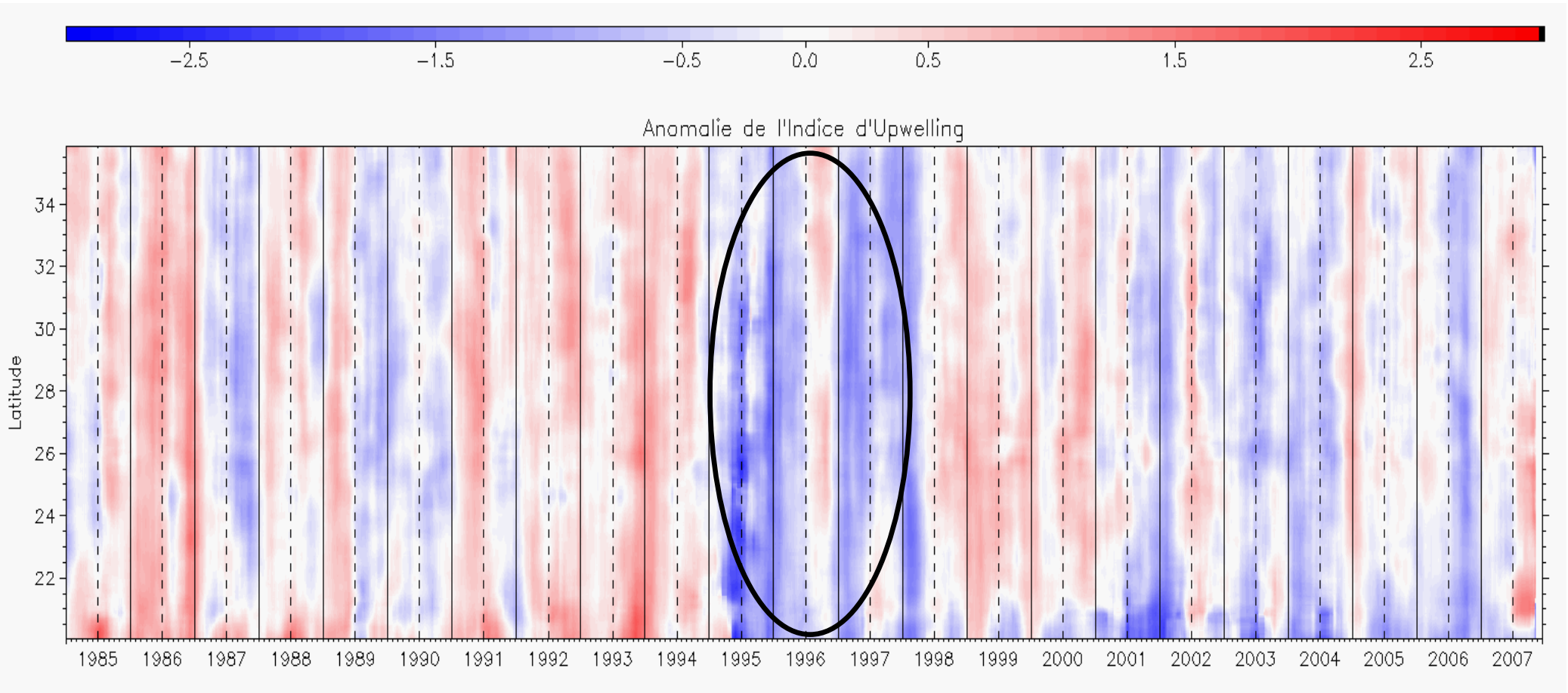


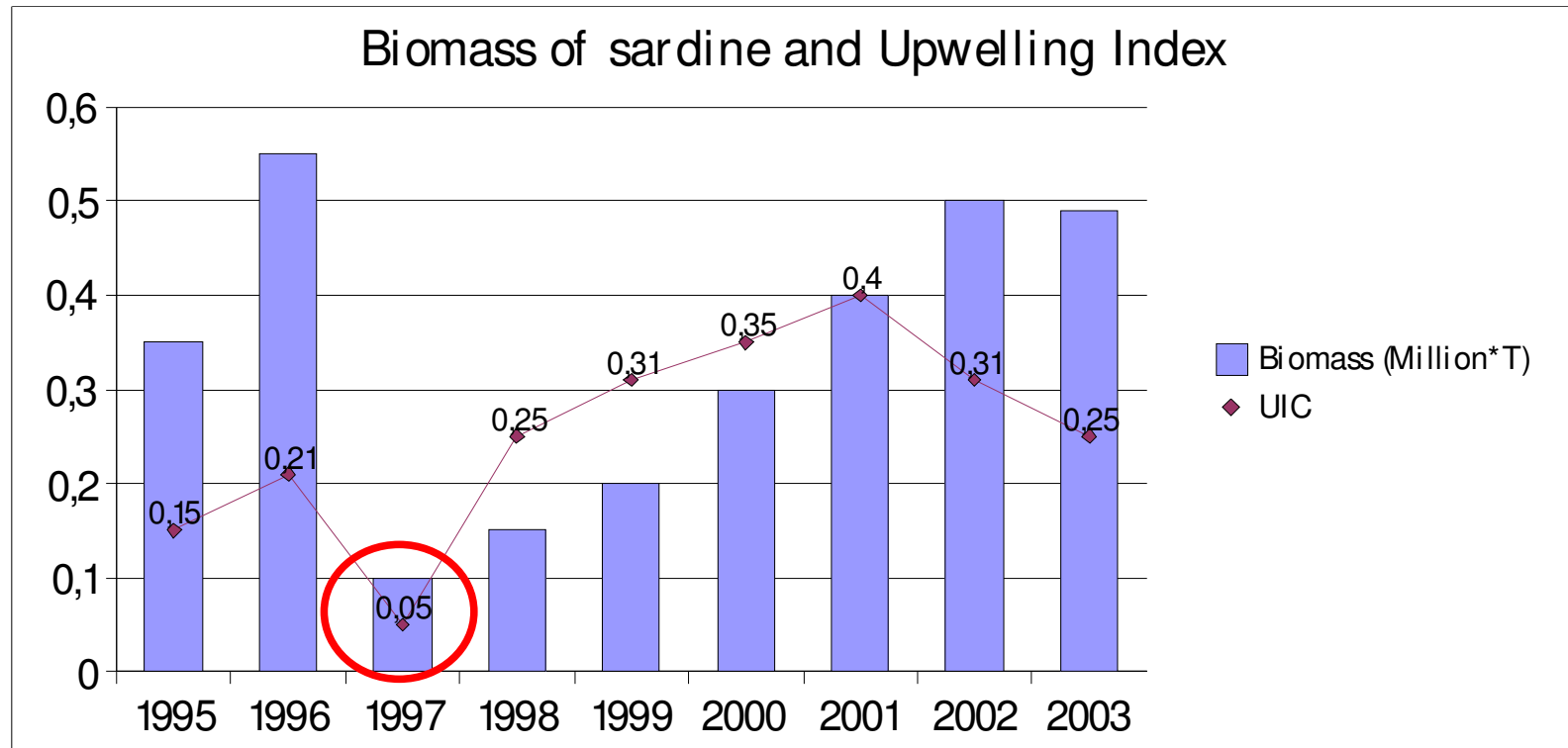
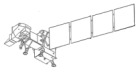
Evolution interannuelle de la SSTmin le long du littoral marocain(21-36°N)



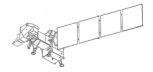


Anomalie de l'indice d'upwelling



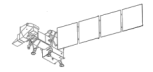


Evolution annuelle de la biomasse de sardine estimée par acoustique sur la période 1995-2003 (source: Fridjof Nansen cruises)



Conclusions

- L'upwelling présente une variabilité latitudinale importante
- La variabilité saisonnière est toujours forte, avec un minimum au Sud et un maximum entre les latitudes 26 et 32 °N
- La variabilité interannuelle est en moyenne inférieure à la variabilité saisonnière, mais peut atteindre le même ordre de grandeur dans le cas d'une relaxation exceptionnelle des alizés, comme en 1996-97.
- la variabilité de l'intensité de l'indice d'upwelling ne montre pas de tendance significative sur les 22 années mais révèle une anomalie négative de l'upwelling durant la période 1995-1997.
- la variabilité de l'intensité de l'upwelling semble ainsi plus reliée à une variabilité climatique de grande échelle qu'à des anomalies locales. Ce point sera à vérifier, à travers d'autres types de données régionales (SST, champs de vent) et à travers de l'analyse d'indices climatiques tels le NAO (North Atlantic Oscillation).



Perspectives

- *Les paramètres océanographiques (SST, Chl_a, Vent) permettent une vision synoptique du littoral marocain très complémentaire des actions de recherche actuelles*
- *Actions de recherche en cours en Océanographie spatiale:*
 - Les couplages entre l'upwelling et la production primaire
 - L'étude de la dynamique spatiale du phytoplancton et le couplage avec les modèles et les observations
 - La quantification des structures de méso-échelle sur les images et de son action sur les processus de production
 - L'étude des déplacements de populations pélagiques en fonction des conditions environnmentales