



Synthèse Océanographique 2014

Travaux techniques et scientifiques

PREFACE

Cette synthèse océanographique met l'accent sur les principaux résultats issus des campagnes océanographiques réalisées par l'INRH le long de la côte atlantique et méditerranéenne marocaine ainsi que du suivi issu du traitement des produits satellites pour l'année 2014

Elle a été réalisée par les chercheurs suivants :

- **Pour le volet océanographie physique**

A. Makaoui, B. Abdellaoui, J. Chioua, M. idrissi, J. Larissi et Z. Elouhabi

- **Pour le volet océanographie biologique**

B. Berraho, L. Soumoue, T. Bai Bai et M. Daoudi

- **Pour le volet télédétection spatiale**

C. Benazzouz et J. Chioua

- **Validation par :**

D. Ettahiri et K. Hilmi

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION GENERALE _____	1
II. ECOSYSTEME ATLANTIQUE _____	1
II.1- CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DES ZONES D'UPWELLING DE LA COTE ATLANTIQUE MAROCAINE	2
II.2- CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES DE LA COTE ATLANTIQUE MAROCAINE _____	5
II.3- SUIVI DU PROCESSUS D'UPWELLING LE LONG DE LA COTE ATLANTIQUE MAROCAINE PAR TELEDETECTION SPATIALE _____	7
II.4- CONCLUSION _____	13
III. ECOSYSTEME MEDITERRANEEN _____	15
III.1- CARACTERISTIQUES HYDROBIOLOGIQUES _____	15
III.2- CONCLUSION _____	20
REMERCIEMENTS _____	21
REFERENCES _____	21

I. INTRODUCTION GENERALE

Dans le milieu marin, les paramètres physiques tels que la température, la salinité, les sels nutritifs...) et les composantes planctoniques (phytoplancton, zooplancton et l'ichyoplancton) jouent un rôle déterminant dans le fonctionnement des écosystèmes marins pour plusieurs raisons : leur rôle dans la dynamique du milieu marin, la fertilisation du milieu dans la structuration des chaînes trophiques, l'interaction avec le climat, la régulation des cycles biogéochimiques,

Le programme de suivi océanographique, *in situ* et par télédétection spatiale, des écosystèmes marins du Maroc par l'Institut National de Recherche Halieutique a pour objectif d'établir un système d'observations océanographiques opérationnelles et, à terme, des simulations numériques capables de suivre (et de prévoir) en continu les tendances et les variations hydroclimatiques, au niveau des deux façades maritimes atlantique et méditerranéenne.

Le suivi océanographique de l'écosystème marin permet d'appréhender la variabilité des paramètres hydro biologiques du milieu et d'alimenter les séries de bases de données, utiles pour les modèles de simulation et de prédiction.

II. ECOSYSTEME ATLANTIQUE

Durant l'année 2014, l'étude océanographique de la côte atlantique marocaine a fait l'objet d'un suivi océanographique saisonnier durant deux campagnes dont l'une menée au printemps-été et l'autre en automne.

Durant ces campagnes, le réseau d'échantillonnage des stations océanographiques est réalisé selon le parcours des navires de recherche, en suivant des radiales perpendiculaires à la côte (**Figure1**).

La collecte des paramètres océanographiques (température, salinité, oxygène dissous, turbidité et fluorescence) est effectuée par une multisonde CTD911 de marque «Sea Bird Electronic» à bord du navire de recherche «Atlantida » et par une multisonde CTD de marque «RINKO» à bord du navire de recherche «Al Amir Moulay Abdellah». La collecte des échantillons de plancton «zooplancton et ichtyoplancton» est effectuée par filet Bongo.

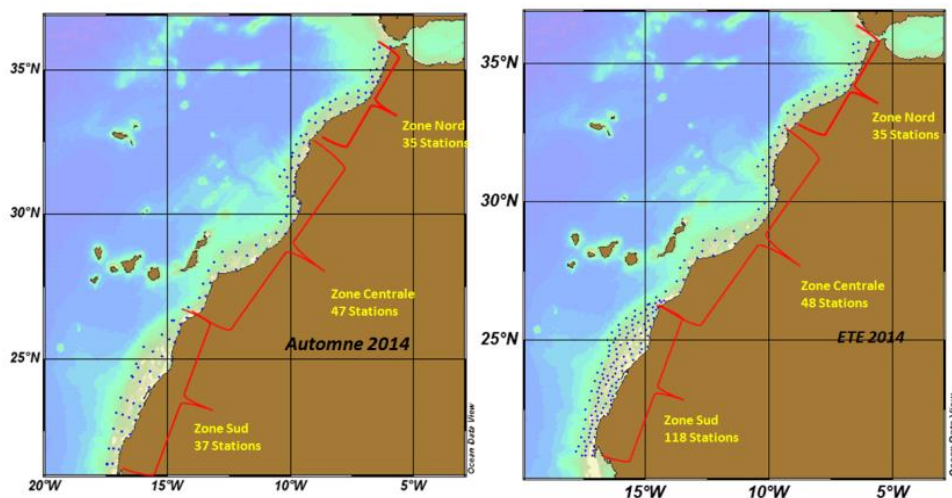


Figure 1 : Réseau des stations océanographiques (Saisons d'été et d'automne 2014)
(Source DOA/URDO/LOB/LOP)

II.1- CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DES ZONES D'UPWELLING DE LA COTE ATLANTIQUE MAROCAINE

Avant d'aborder les caractéristiques hydrologiques des zones d'upwelling de la côte atlantique marocaine, les zones d'upwelling de la côte atlantique sont comprises entre les latitudes 21°N-34°N et représentées à la figure suivante (**Figure 2**).

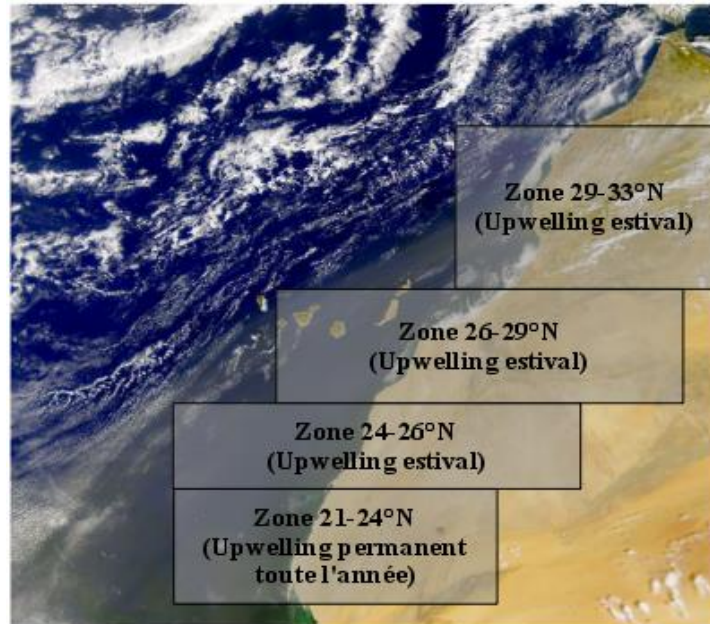


Figure 2 : Zones d'upwelling de la côte atlantique marocaine (adapté d'une image satellite Modis-Aqua) (SOURCE DOA/URDO/LOP)

Situation estivale

Les distributions en surface de la température et de la salinité indiquent une stratification horizontale des eaux de surface de la côte vers le large. Les températures mesurées sont comprises entre 19,5°C à 21°C et les salinités dépassent les 36,5psu, au large de la zone d'étude. A la côte, les eaux sont moins salées (les teneurs varient entre 36,2 et 36,3 psu) et présentent des tâches froides au niveau de Larache (35°N) et Safi (33°N) où les températures varient entre 17 et 18°C (**Figure 3**). Cette structure indique une activité relativement importante au niveau de Larache et au sud d'El Jadida.

Aussi, cette saison se manifeste-t-elle par des centres actifs des résurgences, localisés au niveau du Cap Sim (31°N) et du Cap Juby (28°N). Les eaux de remontée sont froides (16°C), moins salées (<36.2 psu) dont l'origine est à 250 m de profondeur. L'activité de l'upwelling est plus marquée au niveau du Cap Sim. Par contre, au niveau du Cap Juby, les résurgences sont plus côtières et la thermocline apparaît même au niveau du plateau continental (**Figure 3**).

Plus au sud, la distribution en surface de la température et de la salinité montre un centre actif des résurgences limité au niveau du Cap Boujdour (26°- 25°N), marqué par une tâche d'eau froide (16,07°C) et moins salée (36 psu) (**Figure 3**). Au large, les températures sont de l'ordre de 23,1°C et les salinités de l'ordre de 36,6 psu avec des moyennes dans la zone sud autour de 20,1°C et de 36,3 psu, respectivement pour la température et pour la salinité. De faibles salinités (35,9 psu) ont été observées au niveau du Cap Blanc mais les températures sont, quant à elles, plus élevées (21,3°C) marquant l'absence de l'activité de l'upwelling, d'une part, et la présence des Eaux Centrales Sud Atlantiques (ECSA) chaudes et moins salées, d'autre part (**Figure 3**).

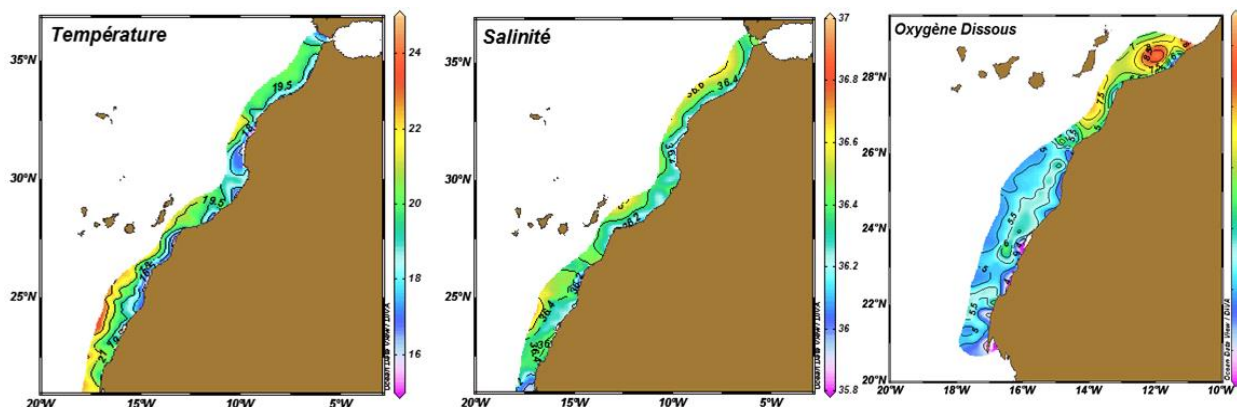


Figure 3 : Distribution en surface des paramètres de la température (°C), de la salinité (psu) et l’oxygène dissous (mg/l) (campagnes Mai – Septembre 2014) (Source DOA/URDO/LOP).

Situation automnale

Au nord, les distributions en surface de la température et de la salinité indiquent des eaux très chaudes et salées, notamment au large de la zone comprise entre 35°30’N et 33°30’N où les températures dépassent 23° à 24°C et les salinités atteignent 36,8 psu. Près de la côte, les eaux sont moins salées (36.2 - 36.3psu) et restent relativement chaudes, à l’exception de la zone comprise entre El Jadida (33°15’N) et Safi (32°30’N) où les températures varient entre 17,45 et 19°C. Au niveau de Larache, les températures côtières sont relativement élevées et atteignent 22°C (**Figure 4**).

Au centre, les distributions en surface des paramètres physiques montrent l’existence entre Cap Cantin (32°30’N) et Cap Juby (28°N), d’un gradient thermo halin entre la côte et le large. Par contre, la zone située au sud (Cap Juby-Cap Boujdor) est caractérisée par une homogénéité des eaux de surface chaudes (22° à 23,5°C) et plus salées (36,7psu). Le centre actif des résurgences, se manifestant par une température minimale (17,5°C), est localisé au niveau de cap Draa (28°30’N) et coïncide avec un minimum de salinité de 36,3psu. Vers le large, les températures et les salinités atteignent leur maximum, respectivement 23,5°C et 36,9 psu, (**Figure 4**).

Les distributions en surface de l’oxygène dissous montrent que les eaux de surface sont bien oxygénées (8 mg/l), à l’inverse des eaux des résurgences qui sont moins saturées en oxygène dissous ne dépassant pas les 5,5mg/l (**Figure 4**).

Au sud du Cap Boujdor, la situation hydrologique était plus marquée par une activité des résurgences, localisée au sud de Dakhla et au niveau de Cap Blanc où cette activité était plus accentuée. Cette situation se reflète en surface par des eaux froides, moins salées et moins saturées en oxygène dissous.

Quant à la zone située au nord de Dakhla, notamment la région du Cap Boujdor, des eaux chaudes et plus salées ont envahi le plateau continental jusqu’à la côte.

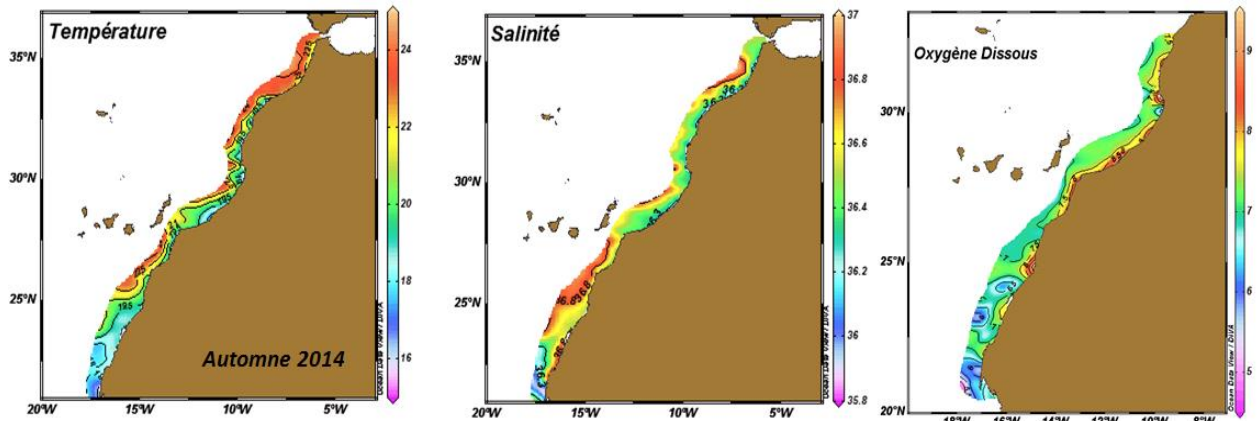


Figure 4: Distribution en surface des paramètres de la température (°C), de la salinité (psu), de l’oxygène dissous (ml/l) (Septembre - Décembre 2014) (Source DOA/URDO/LOP).

En comparaison avec la saison d’automne de l’année 2013, la distribution en surface, réalisée au niveau de la zone comprise entre Safi (32°30’N) et Cap Blanc (21°N), présente une situation hydrographique presque similaire à l’année 2014 et aurait présenté une activité des résurgences localisées au nord du Cap Juby et au sud de Dakhla. Cette activité se manifeste par l’apparition des eaux froides, moins salées, riches en phosphates et moins saturées en oxygène dissous au niveau des zones de résurgences (**Figure 5**). Les faibles différences détectées pendant cette année se manifeste plus au large par des températures et salinités élevées, dues probablement au décalage de la période des campagnes pendant les deux années.

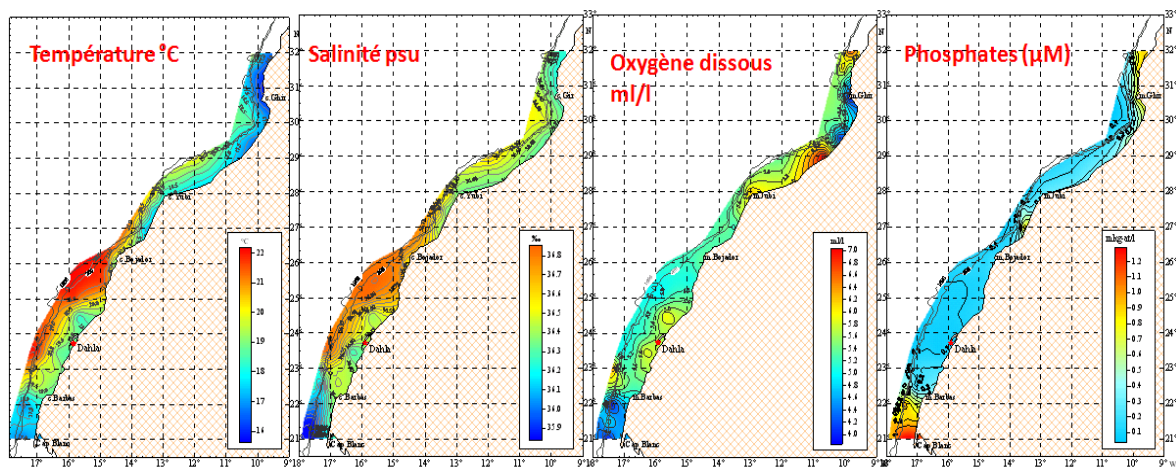


Figure 5: Distribution en surface des paramètres hydrologiques (Température (°C), Salinité (psu), l’oxygène dissous (ml/l), Phosphates (µM) (campagne Novembre - Décembre 2013) (Source DOA/URDO/LOP).

II.2- CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES DE LA COTE ATLANTIQUE MAROCAINE

Production primaire « biomasse de chlorophylle «a»

Au printemps et en été 2014 et au nord de la côte atlantique marocaine, les concentrations en chlorophylle «a» sont faibles au large et ne dépassent pas les $2\mu\text{g/l}$ à la côte, avec une moyenne de $0,18\mu\text{g/l}$. Au sud, les teneurs en chlorophylle «a» restent faibles au large mais elles sont plus élevées sur le plateau continental (maximum de $2,85\mu\text{g/l}$), entre cap Boujdor et Dakhla, avec une moyenne de $0,52\mu\text{g/l}$. (**Figure 6**).

En période d'automne 2014, la zone nord présente toujours des teneurs faibles (moyenne de $0,2\mu\text{g/l}$) par comparaison aux zones centrale et sud où les teneurs moyennes sont de l'ordre de $0,6\mu\text{g/l}$ (**Figure 6**). Au sud, la richesse chlorophyllienne est plus marquée au sud de Dakhla.

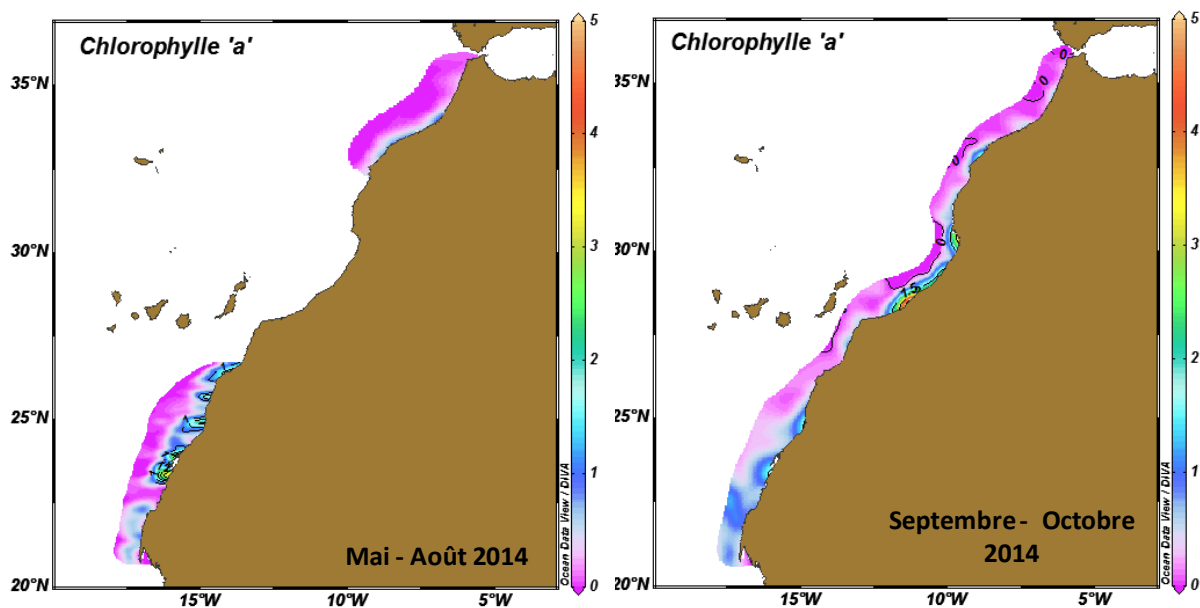


Figure 6: Distribution des teneurs en chlorophylle «a» le long de la côte atlantique marocaine pour les campagnes d'été et d'automne 2014 (Source DOA/URDO/LOB)

Production secondaire « Biomasse zooplancton »

Durant les deux campagnes de prospection, les biomasses du zooplancton ont présenté une variabilité le long de la côte atlantique avec, toutefois, une abondance importante au centre, par comparaison au sud et au nord.

Au nord, les biomasses du zooplancton ne dépassent pas 500mg/m^3 pour les deux périodes de campagnes de prospection. Toutefois, en période d'automne 2014, les biomasses sont deux fois supérieures à celles enregistrées en printemps-été 2014. Les distributions spatiales sont discontinues et montre la présence de foyers côtiers de biomasse élevée le long de cette zone.

Au centre, les biomasses du zooplancton atteignent un maximum de 3700mg/m^3 au printemps et 1830mg/m^3 en automne avec des moyennes respectivement de $393,6$ et 204mg/m^3 . La distribution spatiale montre une zone de fortes abondances du zooplancton localisée entre cap Sim et Agadir (**Figure 7**).

Au sud, les biomasses moyennes du zooplancton enregistrées sont de 157,7 et 163 mg/m³ respectivement en été et en automne. La distribution spatiale des biomasses révèle un gradient positif nord – sud. La zone Dakhla – Cap Blanc étant la plus riche en zooplancton et abrite deux foyers de fortes biomasses: le premier au large de la baie de Cintra et le deuxième, le plus important, près du Cap Blanc (**Figure 7**).

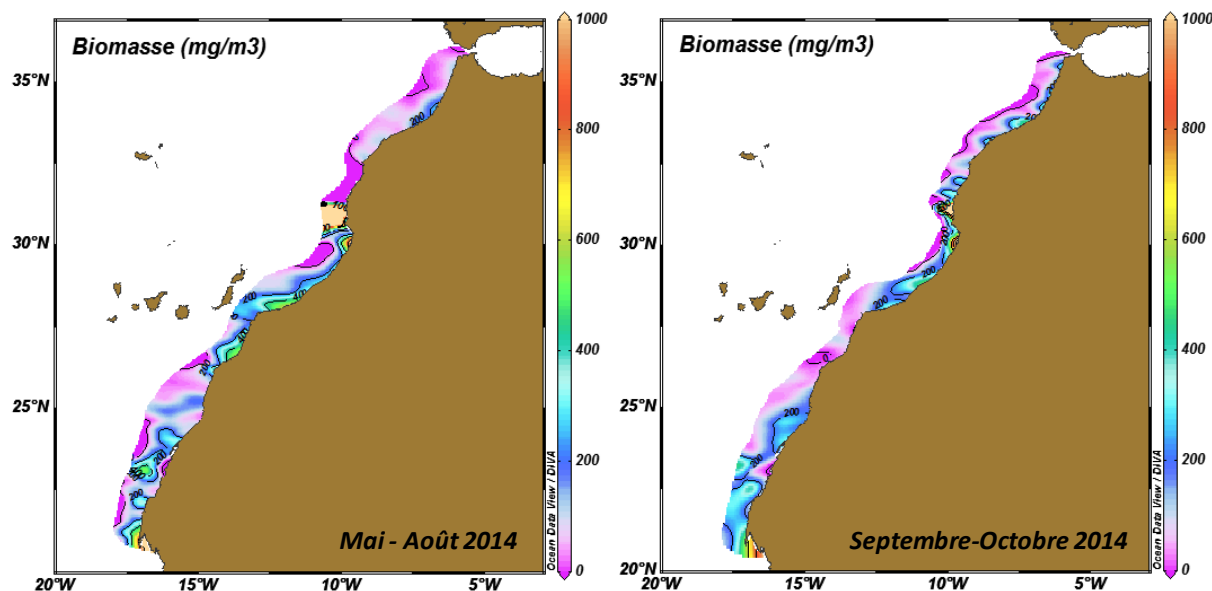


Figure 7: Distribution des biomasses du zooplancton le long de la côte atlantique marocaine durant les campagnes d'été et d'automne 2014
(Source DOA/URDO/LOB)

Frayères et nurseries « ichtyoplancton »

🚧 Situation observée en mai-juillet 2014

Au nord, l'ichtyoplancton (œufs et larves) identifié était représenté majoritairement par les œufs d'anchois avec 71% de l'ensemble des œufs recensés. Par contre, les larves d'anchois ne représentent que 6% de l'ensemble des larves recensées, ce qui a indiqué que la période de mai 2014 correspond à un début de ponte de l'anchois.

A côté de l'anchois, les œufs de Carangidés et les larves de Gonostomatidés sont les mieux représentés dans l'ichtyoplancton (**Figure 8**).

La distribution spatiale de l'ensemble des œufs et larves recensés montre la présence de trois foyers côtiers de concentrations des œufs:

- le premier près de Larache avec la plus forte densité des œufs d'anchois (8160 œufs/10m²),
- le deuxième dans la région de Rabat avec une densité moyenne des œufs d'anchois de (500 œufs/10m²) et,
- le troisième dans la région de Casablanca représenté essentiellement par les œufs du chinchard (1547 œufs/10m²).

Pour les larves, les densités sont faibles et dispersées le long de la côte nord, avec une densité maximale enregistrée au large de Rabat (**Figure 8**).

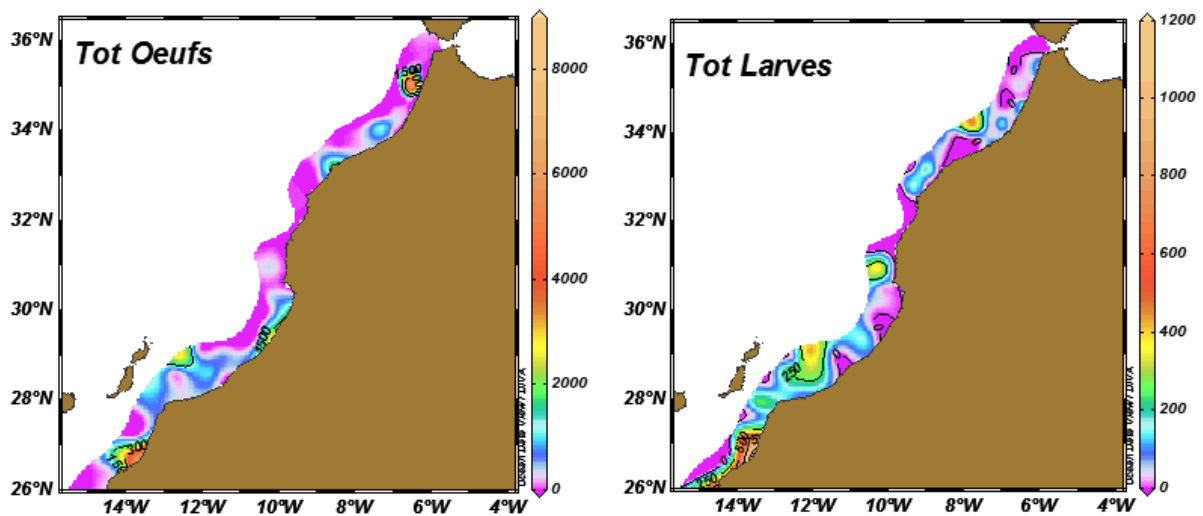


Figure 8: Cartes de distribution des œufs et larves de poissons en mai-juin 2014 (Zones Nord et Centrale) (Source DOA/URDO/LOB)

Au centre, l'ichtyoplancton collecté était représenté majoritairement par les œufs et larves d'anchois, de maquereau et les larves de Soleïdés. La ponte de la sardine en cette période est faible avec une proportion des œufs et larves inférieure à 10%.

Entre Agadir et le nord de TanTan, la zone côtière de concentration des œufs correspond à une frayère de la sardine et du maquereau (Ettahiri, 1996; Berraho, 2007). Au large de TanTan, une extension des densités des œufs et larves est observée et concerne essentiellement les œufs et larves de l'anchois et du maquereau.

Plus au sud, la distribution des densités des œufs et larves montre une ponte plus intense au sud de cap Juby par comparaison à la partie comprise entre cap Cantin et Agadir.

Par ailleurs, les plus importantes, frayères et nourriceries de l'anchois se localisent entre cap Juby et cap Boujdor où les densités maximales des œufs (> 1000 œufs/10m²) et des larves (> 300 larves /10m²) sont enregistrés (**Figure 8**).

II.3- SUIVI DU PROCESSUS D'UPWELLING LE LONG DE LA COTE ATLANTIQUE MAROCAINE PAR TELEDETECTION SPATIALE

Suivi de l'état de l'upwelling

Le suivi de l'état de l'upwelling est réalisé en continu sur toute l'année. Les figures suivantes (**Figures 9a à 9d**) montrent, à titre illustratif, les champs thermiques mensuels de la Température de Surface de la Mer (TSM ou Sea Surface Temperature) sur la période allant du mois d'août au mois de novembre 2014.

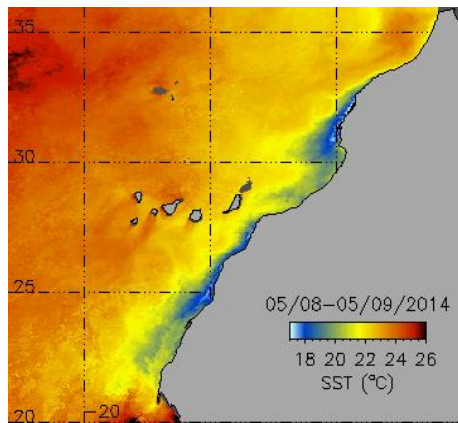


Figure 9a: Image SST du 05 Août au 05 Septembre 2014 (Source DOA/URDO/LOP)

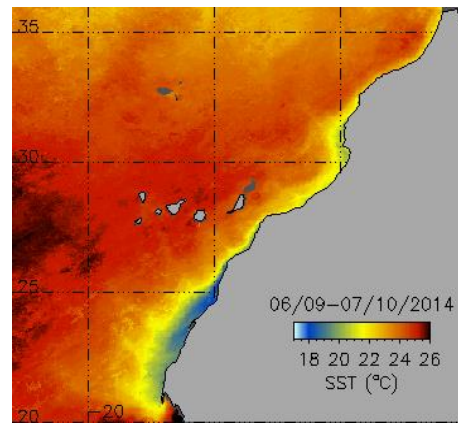


Figure 9b: Image SST du 06 Septembre au 07 Octobre 2014 (Source DOA/URDO/LOP)

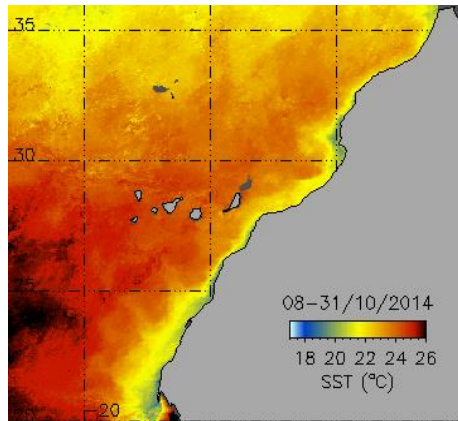


Figure 9c : Image SST du 08 au 31 Octobre 2014 (Source DOA/URDO/LOP)

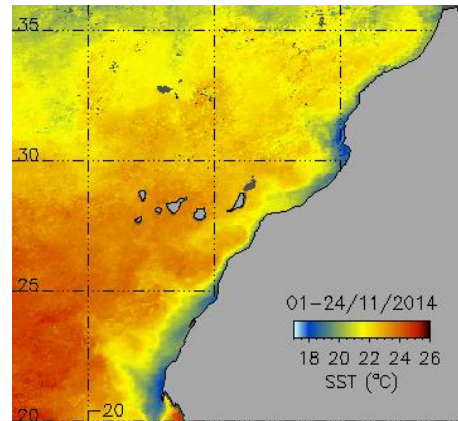


Figure 9d: Image SST du 01 au 24 Novembre 2014 (Source DOA/URDO/LOP)

Durant le mois d'août 2014, les champs thermiques moyens mensuels ont montré une très forte activité de l'upwelling le long de la côte atlantique marocaine, du Nord au Sud (**Figure 9a**). Cette situation a commencé à changer à partir du mois de septembre. L'activité de l'upwelling a diminué de son intensité dans la zone Nord où les panaches d'eaux froides sont quasi inexistantes. L'activité de l'upwelling a, par contre, persisté au sud du Cap Boujdor et elle a demeurée très forte et ce, malgré l'apparition des eaux de surface chaudes au large (**Figure 9b**). Durant le mois d'octobre 2014, l'activité de l'upwelling était « faible », à l'exception d'un foyer de résurgence au niveau du Cap Ghir. L'envahissement des eaux chaudes observées au mois de septembre dans la partie Sud du pays fut étendu au nord de la côte Atlantique marocaine, réduisant ainsi l'activité de l'upwelling (**Figure 9c**).

Cette situation a commencé à changer et, durant le mois de novembre 2014, l'upwelling est en moyenne bien structuré spatialement, aussi bien au Nord qu'au Sud (**Figure 9d**).

De manière à expliquer ces évènements survenus en septembre et octobre 2014, nous avons eu recours aux distributions des champs de vents altimétriques observés durant ces mois.

Champs de vent

Les champs du vent altimétrique ont été traités pour ces mois ci, afin de comprendre la structuration spatio-temporelle du champ du vent responsable du phénomène d'upwelling. Cette analyse des champs de vent a été estimée à partir des observations du diffusiomètre ASCAT (**A**dvanced **S**catterometer), embarqué sur le satellite Metop-A. Il s'agit d'un radar conçu principalement pour la mesure mondiale des vents au-dessus de la surface de la mer.

Les **figures 10 a et b** représentent ainsi des moyennes du champ de vent mensuel, au large de la façade atlantique marocaine pour les mois d'octobre et de novembre 2014. Durant le mois d'octobre 2014, on constate que les intensités des vents étaient, en moyenne, relativement faibles (de l'ordre de 2 à 6 m/s), aussi bien dans la zone Nord que dans la zone Sud du Maroc. Ils étaient du secteur Nord-Est favorables à l'activité de l'upwelling (**Figure 10**).

Durant le mois de novembre 2014, les vents ont affiché une forte intensité. Ils étaient généralement de secteur Sud-Ouest à Nord-Ouest dans la zone Nord du Maroc, étant défavorables à l'activité de l'upwelling. Ces champs de vent étaient cohérents avec ceux des structures thermiques où l'on a particulièrement noté que les zones présentant des vents faibles (forts) correspondaient aux anomalies de TSM positives (négatives) constatées durant les mois d'octobre et de novembre 2014.

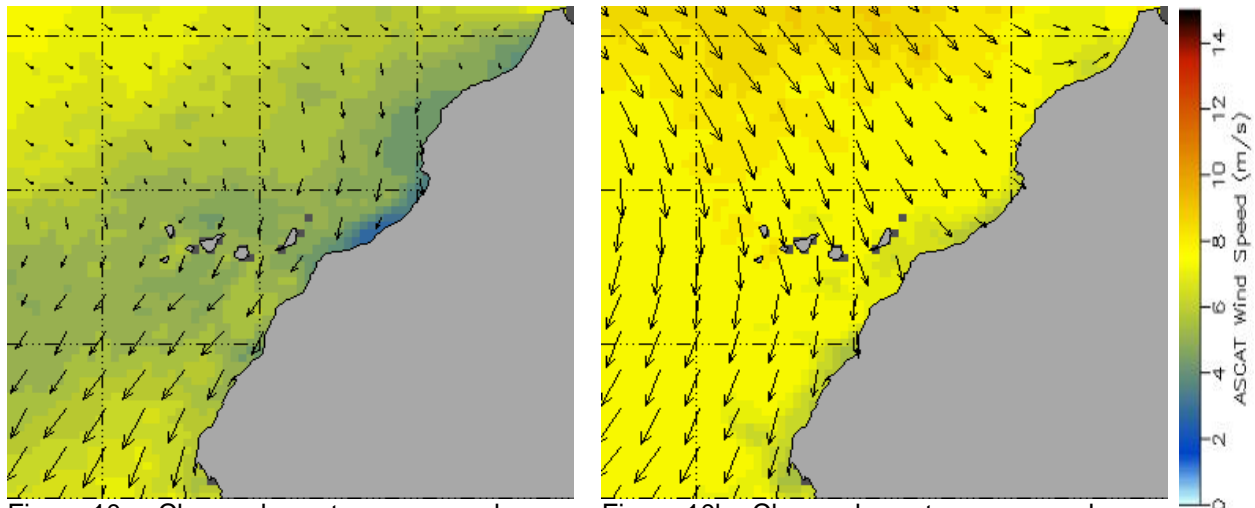


Figure 10a : Champ du vent moyen pour le mois d'octobre 2014 issu du satellite ASCAT

Figure 10b : Champ du vent moyen pour le mois de novembre 2014 issu du satellite

Figure 10: Champs de vent altimétrique moyen et mensuel le long de la côte Atlantique marocaine a) pour le mois d'octobre 2014 et b) pour le mois de novembre 2014 (Source DOA/URDO/LOP).

Les figures suivantes (**Figures 11 et 12**) présentent les roses des vents aux quatre zones d'upwelling situées entre 21°- 24°N, 24°- 26°N, 26°-29°N et 29°-33°N. Les vents ont été essentiellement du secteur Nord-Est pour le mois d'octobre 2014 (**Figure 11**), avec une forte intrusion des vents de secteur Sud-Est et Sud-Ouest dans la zone nord (29°-33°N) durant le mois de novembre 2014 (**Figure 12**). En revanche, les intensités du vent ont été relativement importantes avec des occurrences significatives de conditions de vents forts, excédant parfois les 12 m/s. Cette variabilité spatiale du vent a expliqué en partie le « réchauffement » épisodique observé durant le mois d'octobre 2014 durant lequel les champs de vents, bien qu'ils fussent du secteur Nord-Est, n'étaient pas assez forts pour générer l'activité de l'upwelling le long de la côte atlantique marocaine.

Il est à noter que, par ailleurs, les intempéries qu'a connues notre pays durant le mois de novembre 2014 ont été accompagnées par des vents très forts mais épisodiques, généralement de secteurs Nord-Ouest et Sud-Ouest, défavorables à l'activité de l'upwelling dans la zone nord (26°N-33°N).

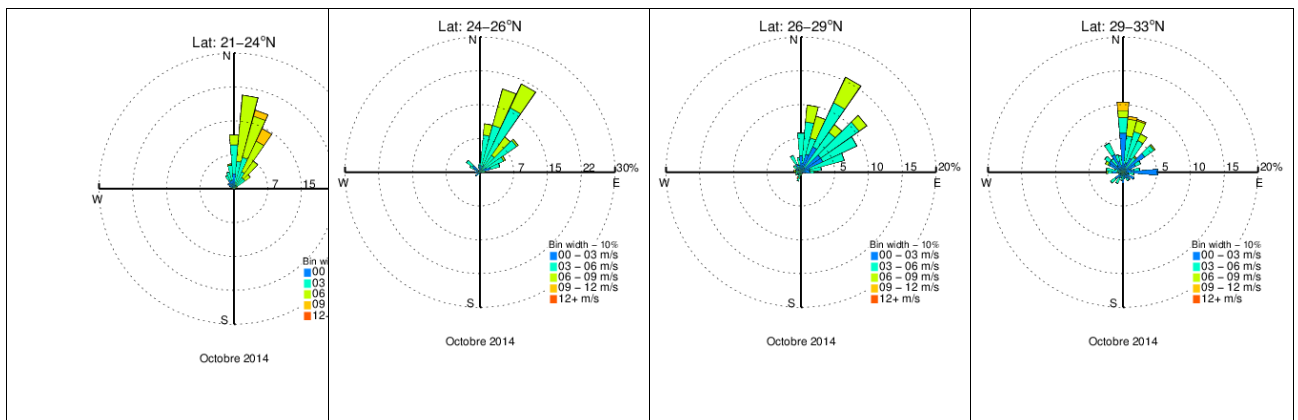


Figure 11: Roses des vents moyens et mensuels dans les zones d'upwelling pour le mois d'octobre 2014 (Source DOA/URDO/LOP).

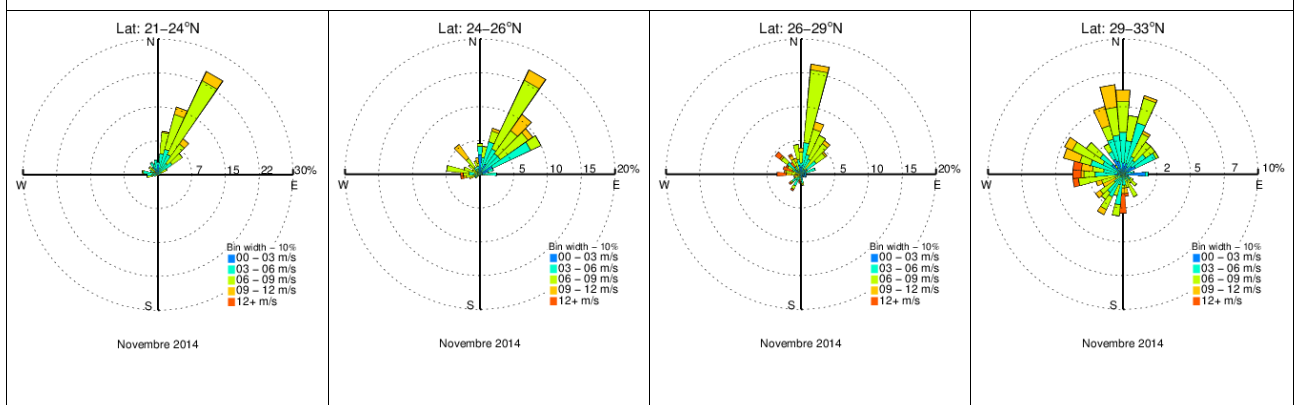


Figure 12: Roses des vents moyens et mensuels dans les zones d'upwelling pour le mois de novembre 2014 (Source DOA/URDO/LOP)

Variabilité interannuelle de l'upwelling

De manière à appréhender la variabilité interannuelle de l'upwelling sur la période 2002-2014 et en se basant sur les températures de surface de l'eau de l'Atlantique entre la côte et le large de la côte atlantique marocaine, un Indice d'Upwelling Côtier (IUC) hebdomadaire est calculé pour caractériser cette activité de l'upwelling (Benazzouz, 2014 ; Benazzouz *et al*, 2013, 2014).

Concernant l'année 2014, l'activité de l'upwelling montre une forte activité, aussi bien pour les zones Nord (26°N-29°N et 29-33°N) que pour les zones Sud (21°N-24°N et 24-26°N) de la côte Atlantique marocaine (Figures 13,14, 15 et 16).

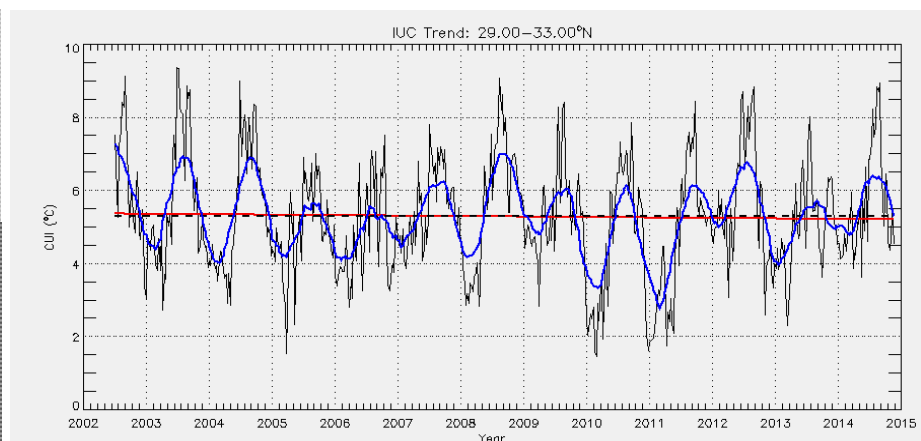


Figure 13: Évolution interannuelle de l'indice d'upwelling côtier (IUC) dans la zone 29°-33°N et sa tendance (en rouge) sur la période 2002-2014. (Source DOA/URDO/LOP d'après Benazzouz, 2014)

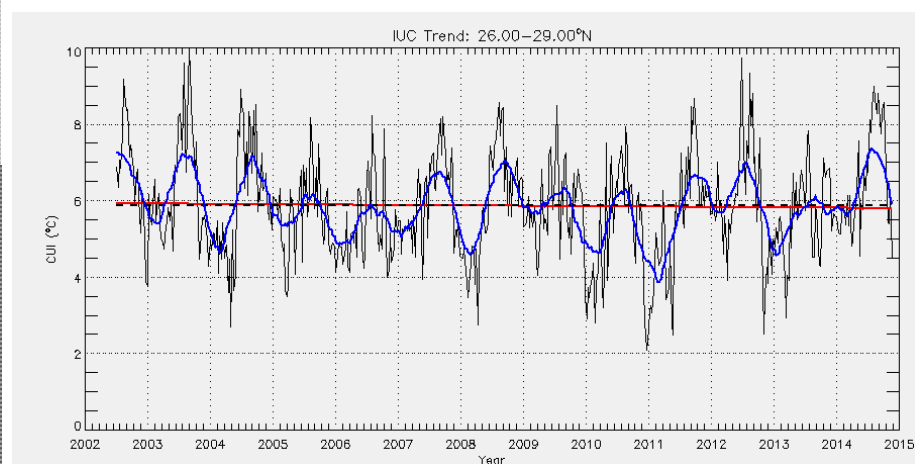


Figure 14: Évolution interannuelle de l'indice d'upwelling côtier (IUC) dans la zone 26°-29°N et sa tendance (en rouge) sur la période 2002-2014 (Source DOA/URDO/LOP d'après Benazzouz, 2014)

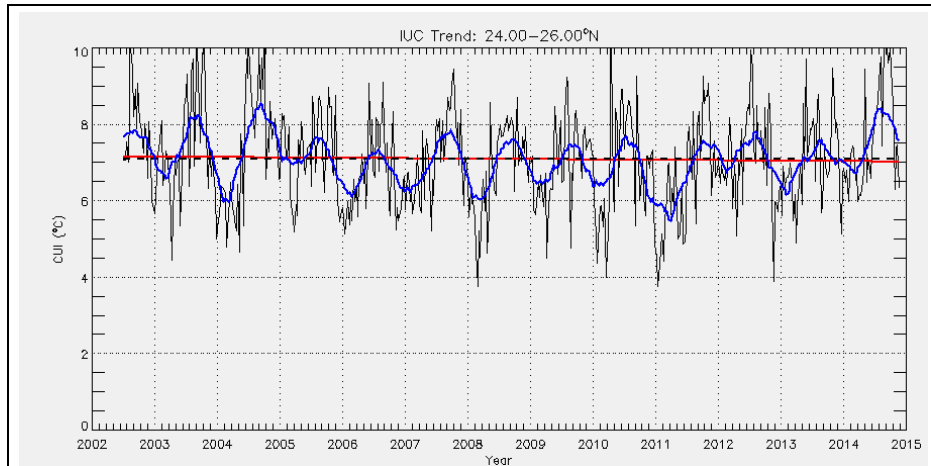


Figure 15 : Évolution interannuelle de l'indice d'upwelling côtier (IUC) dans la zone 24°-26°N et sa tendance (en rouge) sur la période 2002-2014 (Source DOA/URDO/LOP d'après Benazzouz et al, 2014)

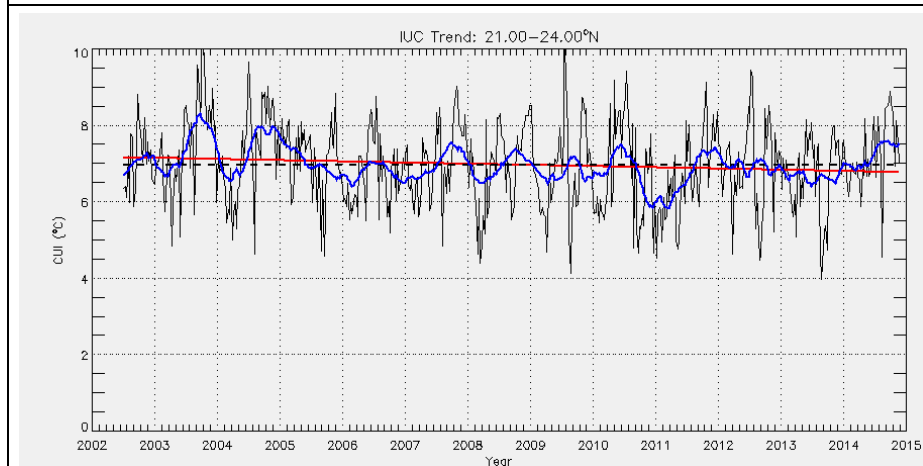
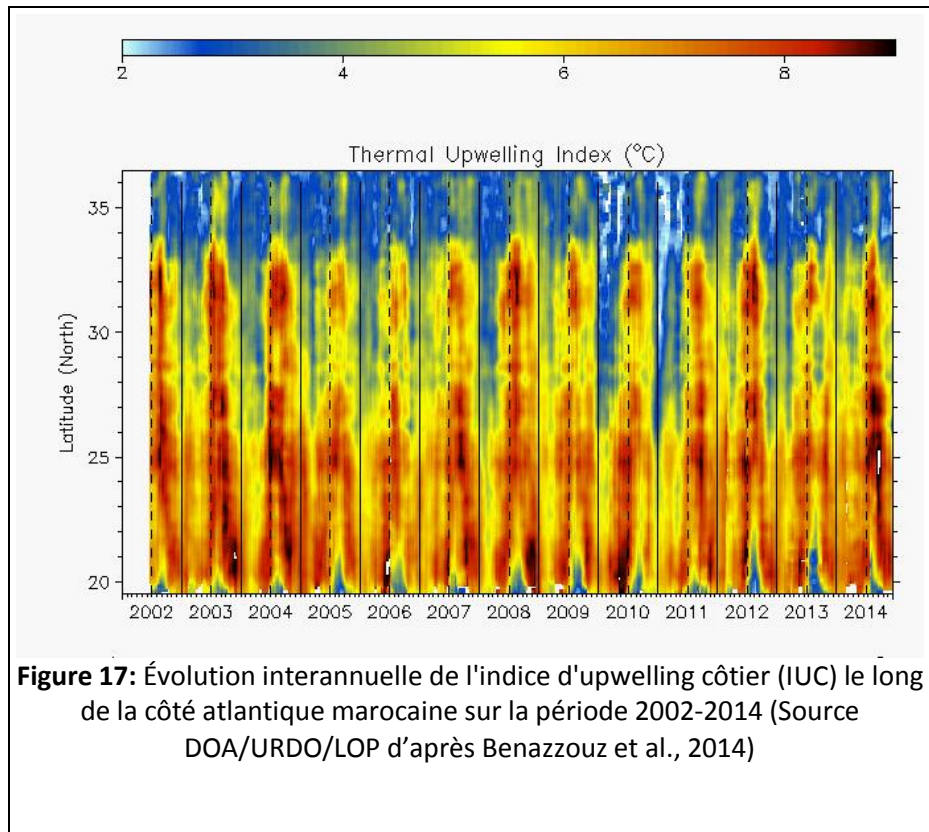


Figure 16 : Évolution interannuelle de l'indice d'upwelling côtier (IUC) dans la zone 21°-24°N et sa tendance (en rouge) sur la période 2002-2014 (Source DOA/URDO/LOP d'après Benazzouz et al, 2014)

En termes de variabilité interannuelle sur la période 2002-2014, l'activité de l'upwelling présente généralement une tendance vers la baisse durant les années 2004-2007, 2009-2010 dénotant une faible activité de l'upwelling et vers la hausse sur la période 2011-début 2012, soit une forte activité du phénomène. En 2013, l'activité de l'upwelling a présenté une situation moyenne le long de la côte Atlantique marocaine (**Figure 17**).



II.4- CONCLUSION

Les prospections océanographiques réalisées durant l'année 2014 le long de la côte atlantique marocaine indiquent une variabilité saisonnière des résurgences au niveau des trois zones d'étude déjà identifiées comme zones de résurgences (Makaoui *et al.*, 2005, 2012):

- La zone nord (cap Spartel – cap Cantin) : l'activité de l'upwelling se manifeste plus pendant le printemps (mai 2014) le long de la côte alors qu'en automne (octobre 2014), les résurgences se limitent au sud d'El Jadida.
- La zone centrale (cap Cantin - cap Boujdor) : pendant la saison estivale (juin – juillet 2014), l'activité de l'upwelling était importante et plus marquée au niveau de cap Ghir que cap Juby. Alors que pendant la saison d'automne, la situation était inversée. Les résurgences se manifestent plus au niveau de la zone sud et plus précisément aux alentours de cap Draa. Les résurgences de cap Sim se prononcent vers le large en marquant le filament de cap Ghir (Salah *et al.*, 2012, Makaoui *et al.*, 2012).
- La zone sud (cap Boujdor – cap Blanc) : l'activité de l'upwelling se manifeste bien pendant la saison estivale au niveau de cap Boujdor mais accompagnée par la dérive des ECSA au niveau du cap Blanc.

Ainsi, la situation hydrologique pendant cette année a été similaire à celle de l'année 2013 accompagnée par une légère augmentation de la température au large sans influence sur l'activité des résurgences côtières.

Selon le suivi par télédétection spatiale, les faits marquants de l'activité de l'upwelling le long de la côte atlantique marocaine ont été les suivants :

- **Températures «chaudes» durant les mois de septembre et octobre 2014** : les panaches d'eau froide se retrouvent réduits dans la partie Nord de la côte Atlantique marocaine (entre 28° et 36°N) durant le mois de septembre 2014 et au sud de 28°N durant le mois d'octobre 2014.
- **Fortes dépressions et pluviométrie exceptionnelle durant le mois de novembre 2014:** durant le mois de novembre 2014, notre pays a connu une pluviométrie très importante et exceptionnelle qui a provoqué de très fortes inondations. Durant ce mois, des dépressions étaient fortement signalées au large des zones Nord et Centre du Maroc et des vents du secteur Nord-Est ont été généralement observés dans les zones sud du pays. Les zones Nord du Maroc ont été épisodiquement perturbées à cause des vents de secteur généralement Nord-Ouest, défavorables à l'activité de l'upwelling.
- **Tendance de l'upwelling** : les différentes informations issues des Températures de Surface de la Mer (TSM) et de l'Indice d'Upwelling Côtier (IUC) ont dénoté que, durant le deuxième semestre de l'année 2014, une activité relativement forte de l'upwelling dans les quatre zones d'upwelling de la façade Atlantique, sauf pour les mois d'octobre et de novembre 2014. Cette tendance a été généralement observée à partir du premier semestre 2014 où l'activité de l'upwelling a été très intense les saisons précédentes (hiver, printemps et début d'été 2014).
- **Variabilité interannuelle de l'activité de l'upwelling** : sur la période 2002-2014, l'activité de l'upwelling a présenté une tendance vers la baisse durant les années 2004-2007, 2009-2010 et vers la hausse en 2011-début 2012, soit une forte activité du phénomène.
- **Activités de l'upwelling en 2013 et 2014** : par rapport à l'année 2013 qui avait présenté une activité moyenne de l'upwelling et si l'on se réfère aux champs thermiques moyens et à l'indice d'upwelling côtier, l'année 2014 peut être considérée comme une année relativement intense en termes d'activité de l'upwelling.

III. ECOSYSTEME MEDITERRANEEN

La variabilité de l'environnement marin méditerranéen, liée aux variations des caractéristiques des gyres de la mer Alboran ainsi qu'aux conditions climatiques (sécheresses et précipitations), peut entraîner des changements de la distribution des poissons sur de courtes échelles de temps, avec des implications considérables sur l'exploitation et la pêche (Fréon *et al.*, 2005 ; Binet *et al.*, 2001 ; Boyer *et al.*, 2001).

En 2014, deux campagnes océanographiques ont été réalisées dans la zone comprise entre Sebta et Saidia, la première du 01 au 11 mai 2014 et la seconde du 08 au 20 du septembre 2014. Les travaux ont porté généralement sur la mesure des paramètres physicochimiques (température, salinité et turbidité) à l'aide de la sonde Rinko Profiler le long de la colonne d'eau, de même que les prélèvements des échantillons d'eau pour l'analyse de la chlorophylle 'a' ont été effectués à l'aide de bouteilles Niskin et la collecte du zooplancton et de l'ichtyoplancton a été réalisée par le filet Bongo, petit modèle à 150µm de vide de mailles.

Le réseau d'échantillonnage océanographique était composé de 58 stations, réparties en radiales entre la côte et l'isobathe 500m (**Figure 18**).

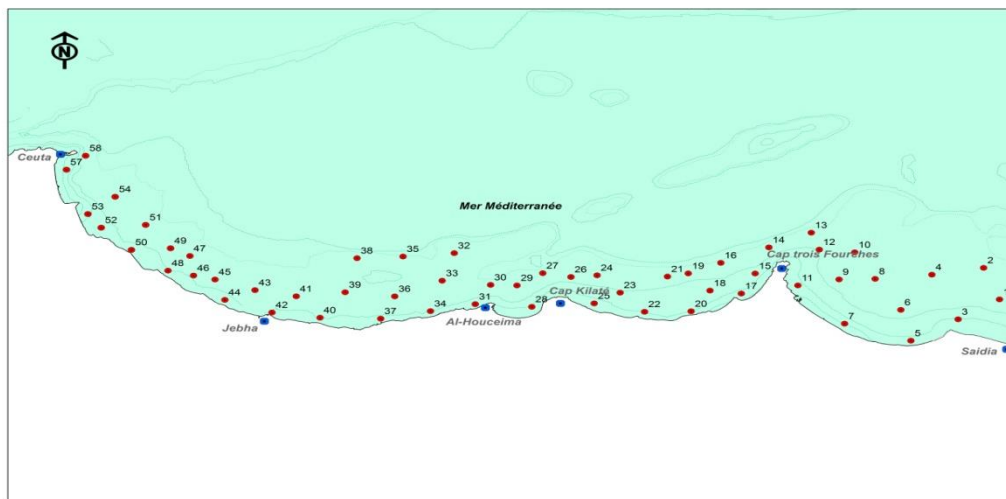


Figure 18: Réseau des stations océanographiques en mer Méditerranée marocaine

III.1- CARACTERISTIQUES HYDROBIOLOGIQUES

Température

En mai 2014, les températures des eaux de surface ont varié entre 17°C et 19 °C, relativement plus chaudes par rapport à celle des eaux du fond dont les valeurs varient entre 13°C et 18°C pour une moyenne de 15°C. Les mêmes tendances étaient observées pour la période de septembre 2014, mais avec des températures plus élevées qu'en mai, entre 19°C et 25°C en surface et entre 13°C et 21°C au fond.

D'un point de vue spatial, les eaux de surface ont suivi plus au moins les mêmes tendances au cours des deux périodes: elles étaient plus froides à l'Ouest entre Ceuta et Al-Hoceima en mai avec une extension jusqu'au Cap des Trois Fourches en septembre et plus chaudes sur l'ensemble de la zone Est de la Méditerranée (Est du Cap des Trois Fourches). Au fond, les eaux étaient plus froides, particulièrement vers le large, en relation avec les caractéristiques hydrographiques du plateau continental (**Figure 19**).

Mai 2014

Septembre 2014

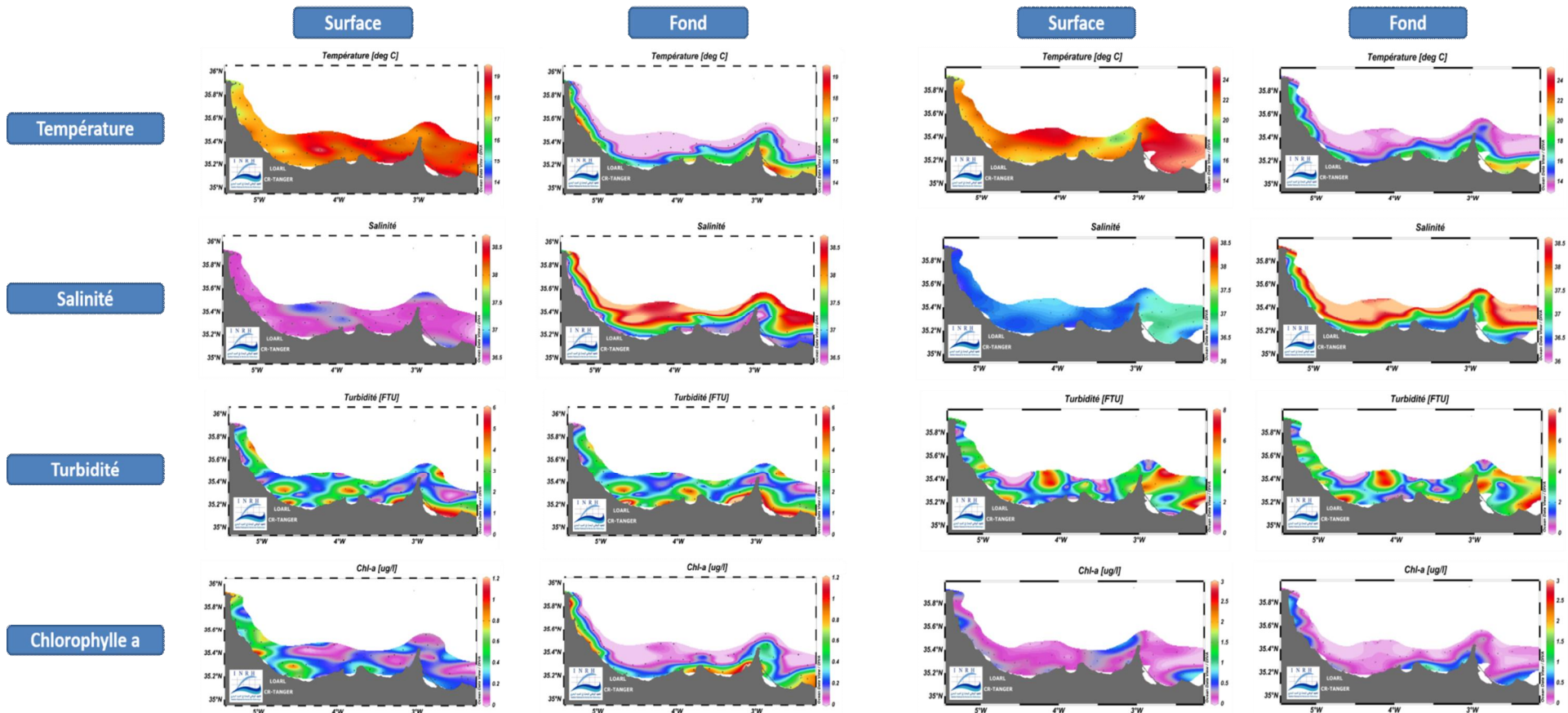


Figure 19. Distributions de la température, de la salinité, de la turbidité et de la concentration de chlorophylle (a) en surface (gauche) et au fond (droite) (Source DOA/URDO/LOARL - TANGER)

En se basant sur les produits de télédétection spatiale issue des capteurs MODIS/AQUA, et en référence aux deux saisons qui correspondent aux périodes d'échantillonnage *in situ* (printemps et automne), la température superficielle le long du littoral marocain méditerranéen, était sous l'influence des apports d'eaux de surface plus froides entre Sebta et Al Hoceima, en provenance des zones d'upwelling situées au nord d'Espagne (**Figure 20**). Quant à la partie Est du littoral marocain, elle est restée sous l'influence des eaux méditerranéennes plus chaudes et des conditions atmosphériques particulières en ces périodes de fin du printemps et du début d'automne 2014.

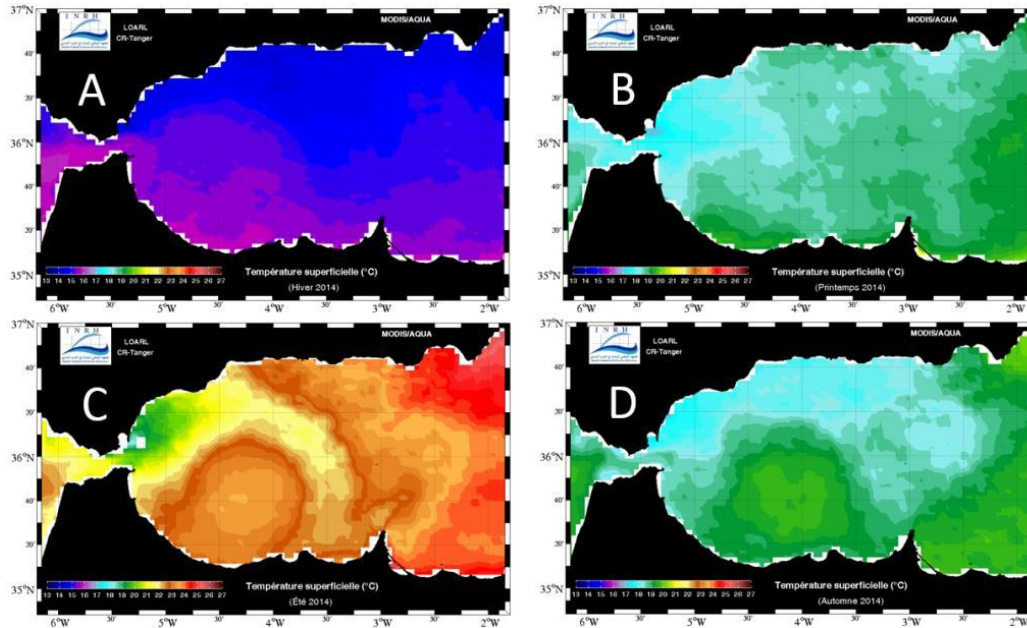


Figure 20. Moyennes saisonnières de la température superficielle dans la Méditerranée occidentale (A: hiver, B: printemps, C: été et D: automne)

Salinité

La salinité en surface était pratiquement constante (36,6psu) durant les deux périodes de prospection. Les faibles variations enregistrées seraient liées aux processus littoraux locaux ou aux apports d'eaux douces, au voisinage des embouchures des principaux cours d'eau. Par contre, les salinités les plus élevées étaient concentrées à l'Est du Cap des Trois Fourches et seraient dues au contact avec des eaux méditerranéennes superficielles plus salines. Au fond, la distribution de la salinité était liée directement au changement de la profondeur, puisqu'il y avait une croissance de la salinité vers le large (**Figure 19**).

Turbidité

Les eaux au mois de mai 2014 étaient moins turbides à l'exception de certaines zones côtières dans les régions de Jebha, Al Hoceima et à l'Ouest du Cap des Trois Fourches jusqu'à l'extrémité Est de la zone d'étude. Au mois de septembre 2014, il a été constaté que la partie Est de la méditerranée était fortement turbide le long des transects côte – large. La partie Ouest, comprise entre Fnidek et Targa, était moyennement turbide au cours des deux périodes en moyenne de 2 à 3 (FUT) en surface et fond (**Figure 19**).

Chlorophylle 'a'

Les teneurs moyennes en chlorophylle 'a' étaient relativement plus élevées en mai qu'en septembre 2014, avec une variation du même ordre entre la surface et le fond.

A l'échelle spatiale, le long de la côte méditerranéenne la production primaire «chlorophylle» était plus abondante en mai entre Sebta et Al Hoceima où son développement était favorisé par la conjugaison de deux phénomènes en cette période, à savoir les apports d'eau d'upwelling en provenance de la côte espagnole et les apports résiduels des eaux continentales. Ceci aurait provoqué un enrichissement important en sels nutritifs et, par conséquent, en chlorophylle 'a' des eaux de surface à ces endroits. Au fond, les concentrations étaient beaucoup plus prononcées qu'en surface le long de toute la côte, de Ceuta jusqu'à Saidia, mais elles étaient limitées uniquement aux zones côtières de faibles profondeurs (Figure 19).

En septembre 2014, les mesures effectuées in situ ont montré que les concentrations de la chlorophylle 'a' étaient généralement faibles le long de la côte, à l'exception de la baie de Bettoya. En effet, malgré la présence très prononcée du gyre et de l'upwelling de la côte espagnole en cette période de fin d'été et du début d'automne 2014, seule la baie de Bettoya aurait bénéficié de l'effet du gyre qui était bien marqué sous forme d'un filament arrivant dans la baie et qui aurait ainsi permis le développement d'une faible concentration de la chlorophylle à cet endroit (Figure 21).

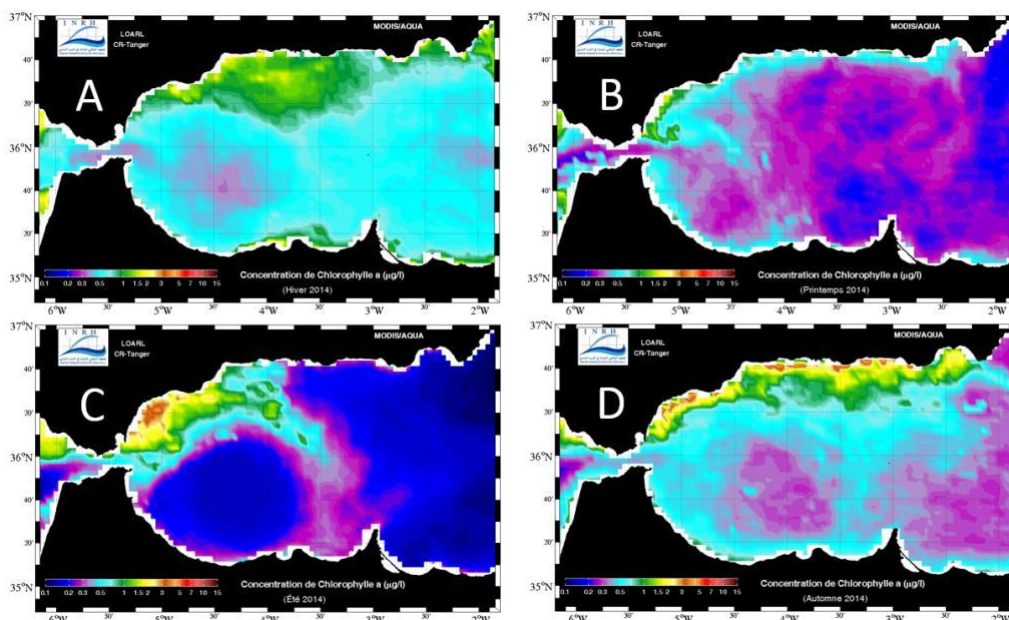


Figure 21. Moyennes saisonnières de la concentration de la chlorophylle 'a' superficielle dans la Méditerranée occidentale (A: hiver, B: printemps, C: été et D: automne)

Zooplancton

L'analyse des biomasses humides du zooplancton collectées lors des deux campagnes de prospection en 2014 ont révélé une nette différence de l'abondance du zooplancton entre le printemps et l'automne 2014, avec des biomasses humides maximales, respectivement de l'ordre de 569 et 3325 mg/m³.

Au printemps, la distribution spatiale des biomasses du zooplancton est très hétérogène, alors qu'en automne la distribution spatiale est marquée par une concentration des fortes biomasses (> 1000mg/m³) dans la zone centrale, entre Cap Kilati et Cala Iris. De plus, la partie Est de la Méditerranée présentait plus de richesse que la partie Ouest (Figure 22).

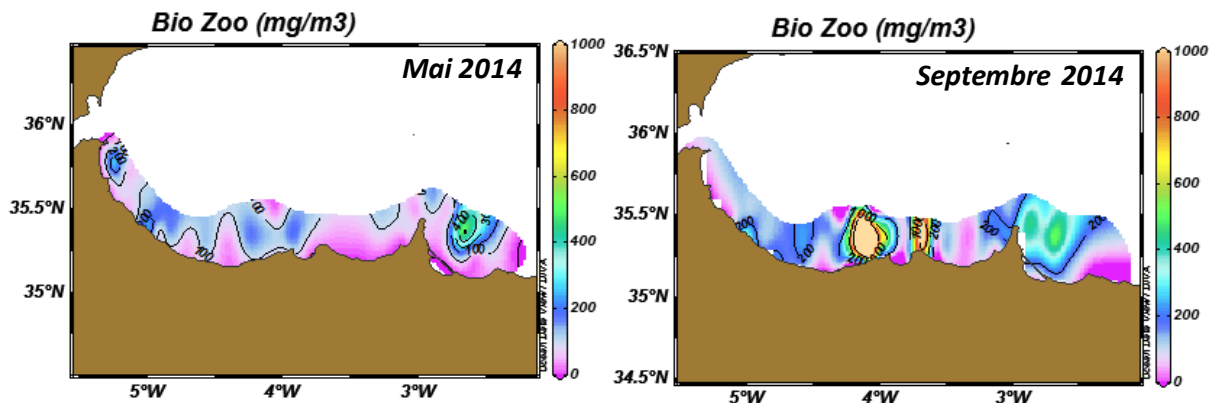


Figure 22. Distribution spatiale des biomasses du zooplancton en Méditerranée (Source DOA/URDO/LOB/LOARL TANGER)

Ichtyoplancton

Les résultats présentés dans ce document sont relatifs uniquement à la campagne réalisée en mai 2014. Au cours de cette période printanière, plusieurs espèces de poisson ont probablement effectué leur ponte avec des proportions variables et faibles (< 25%), dont les Carangidés, les Gonostomatidés et les Centracanthidés qui ont présenté une ponte relativement élevée par rapport aux autres espèces (Figure 23).

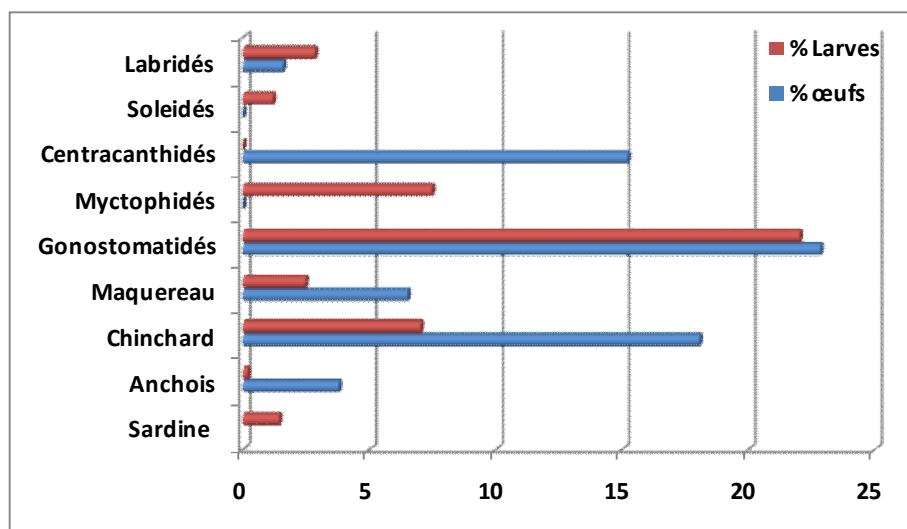


Figure 23. Abondance relative des œufs et larves recensés des différents groupes de poissons en Méditerranée (campagne de Mai 2014) (Source DOA/URDO/LOB)

La répartition spatiale des œufs et larves de l'ensemble des espèces de poissons, montre différents foyers très localisés le long de la zone d'étude, principalement dans la partie Est du Cap des Trois Fourches où une frayère et une nurserie principales des Gonostomatidés, des Myctophidés et des Scombridés, a été localisée. Plus à l'Ouest, la région de Cala Iris a enregistré une densité maximale des larves (13610 larves/10m²) relative aux Gonostomatidés et Pomatomidés. A l'extrême Ouest, les densités ont varié entre 200 et 1300 /10m² et correspondaient à la ponte des différentes autres espèces de poissons (Figure 24).

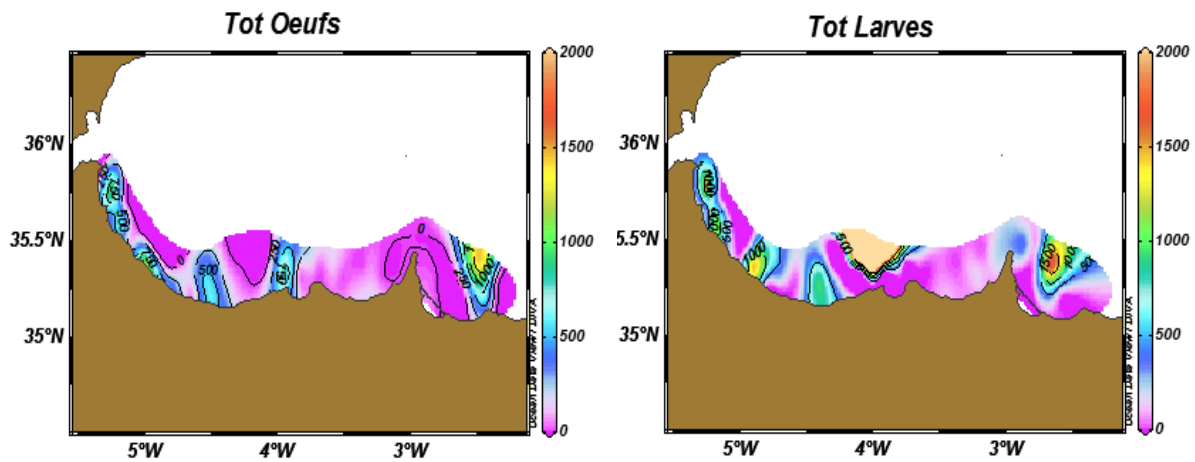


Figure 24: Distribution spatiale des densités (N/10m²) des œufs et larves le long de la côte méditerranéenne (Source DOA/URDO/LOB)

III.2- CONCLUSION

En tenant compte des résultats des campagnes pour cette année 2014, on a constaté trois secteurs assez différents :

- La partie orientale de la méditerranée marocaine est marquée par des eaux méditerranéennes plus salines et plus chaudes en périodes de fin printemps et début d'été ;
- La partie centrale (Al-Hoceima jusqu'au Cap des Trois fourches) est souvent sous l'influence directe du gyre d'Alboran ;
- La partie occidentale de la méditerranée marocaine montre des eaux plus froides et moins salines, soumises à la fois aux influences du gyre et aux apports de l'océan Atlantique.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent beaucoup à remercier tous leurs collègues techniciens aux laboratoires d'océanographie biologique et d'océanographie physique aux Laboratoires Centraux de l'INRH (M. Ajami, A. Agouzouk, Y. Belbchir et S. Charib) ainsi que le personnel naviguant du navire de recherche de l'INRH «Al Amir Moulay Abdellah». Une attention particulière s'adresse aussi à nos collègues russes d'AtlantNIRO.

REFERENCES

- Benazzouz A., 2014. Upwelling côtier et effet de la dynamique océanique à méso-échelle sur la variabilité et la distribution planctonique dans le système d'upwelling du courant des canaries. Université Hassan II Casablanca-Mohammadia, pp 262
- Benazzouz A., Mordane S, Orbi A., Chagdali M., Hilmi K., Atillah A, L. Pelegrí J., and H. Demarcq, 2014. An improved coastal upwelling index from sea surface temperature using satellite-based approach – The case of the Canary Current upwelling The case of the Canary Current upwelling system. *Continental Shelf Research* 81: 38-54. doi:10.1016/j.csr.2014.03.012.
- Benazzouz A., Pelegrí J.L., Demarcq, H., Machín F., Mason E., Orbi A., Peñalquintero J., Mordane S., 2014. On the temporal memory of coastal upwelling off NW Africa., *Journal of Geophysical Research*, AGU journal submission 2013JC009169R.
- Benazzouz A., Demarcq H., Chagdali M., Mordane S., Orbi A., Hilmi K., Atillah A., Larissi J., Makaoui A., Ettahiri O., Brreho A., 2013. Changement à long terme et tendance de l'activité de l'upwelling du système du courant des Canaries à partir de l'imagerie satellite, *GEOOBSERVATEUR* 21, 47-60.
- Berraho A., 2007. Relations spatialisées entre milieu et ichthyoplancton des petits pélagiques de la côte Atlantique marocaine (Zones centrale et sud), Université Mohamed V, Rabat, 261 pp.
- Binet, D., B. Gobert & L. Maloueki, 2001. El Niño-like warm events in the Eastern Atlantic (6_N, 20_S) and fish availability from Congo to Angola (1964–1999). *Aquatic Living Resources* 14: 99–113.
- Boyer, D. C., H. J. Boyer, I. Fossen & A. Kreiner, 2001. Changes in abundance of the northern Benguela sardine stock during the decade 1990–2000, with comments on the relative importance of fishing and the environment. *South African Journal of Marine Science* 23: 67–84.
- De Paul, M., 2002. Caracterización Biológica de Lagunas de Estabilización (Jujuy) con diferentes tiempos de retención hidráulico. In : *Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y ciencias del Ambiente. Desarrollo tecnológico y tecnologías apropiadas para el saneamiento y medio ambiente. Buenos Aires, 14p.*
- Ettahiri O., 1996. Etude de la phase planctonique de la sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.), et de l'anchois, *Engraulis encrasicolus* (L.) des côtes atlantiques marocaines. Thèse Doc. Océanogr. Biol. Ichthyoplanct., Univ. Bretagne Occidentale, 252 p.
- Ettahiri O., A. Berraho, R. Houssa, A. Ramzi, L. Somoue, S. Zizah and E. Machu. 2012. Characteristics of the spawning habitats of sardine, *Sardina pilchardus*, off the Moroccan Atlantic coast (21°N–26°N). Science and management of small pelagics. Symposium on Science and the Challenge of managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa. 11–14 March 2008 Casablanca, Morocco/Maroc. FAO FISHERIES AND AQUACULTURE, 18. Pp 175-186. Comptes rendues des pêches et de l'aquaculture, N°18
- Freon, P., P. Cury, L. Shannon & C. Roy, 2005. Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: a review. *Bulletin of Marine Science* 76: 385–462.
- Harris, G. P. (1986) *Phytoplankton Ecology. Structure, Function and Fluctuation. Chapman and Hall, New York*

- Hilmi K., Kifani S., A. Orbi, A. Benazzouz, A. Makaoui et I. Tai, 2012. Variabilité climatique au niveau de l'écosystème du courant des Canaries (10°N-36°N) à l'échelle interdécennale. In: Garcia, S., Tandstad, M. and Caramelo, A.M. (eds.) Symposium Science and the challenge of managing small pelagic fisheries on shared stocks in Northwest Africa. 11–14 March 2008, Casablanca, FAO FISHERIES AND AQUACULTURE, 18. Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, N°18
- Larissi J., A. Berraho, A. Makaoui, T. Baibai, L. Somoue, A. Benazzouz, S. Zizah, A. Agouzouk and K. Hilmi, 2013. Impact of Inter-annual Coastal Upwelling Variability (2001- 2010) on the Productivity of the Moroccan Atlantic South Area (21° - 26°N), *J Mar Biol Oceanogr* 2013, 2:1.
- Makaoui A., A. Orbi, J. Arestigui, A. Ben Azzouz1, J. Laarissi, A. Agouzouk, K. Hilmi, 2012. HYDROLOGICAL SEASONALITY OF CAPE GHIR FILAMENT IN MOROCCO. *Natural Science*, Vol.4, No.1, 5-13 (2012)
- Makaoui, A., Orbi, A., Hilmi, K., Zizah, S., Larissi, J. et Talbi, M. 2005. L'upwelling de la côte Atlantique du Maroc entre 1994 et 1998. *C. R. Geoscience*, 1518-1524.
- Masse', J., C. Koutsikopoulos & W. Patty, 1996. The structure and spatial distribution of pelagic fish schools in multispecies clusters: an acoustic study. *ICES Journal of Marine Science* 53: 155–160
- Millot C. and I. Taupier-Letage, 2005. Circulation in the Mediterranean Sea. *Hdb Env Chem* Vol. 5, Part K: 29–66. DOI 10.1007/b107143
- Palmer, C.M., 1977. Algae and water pollution. An illustrated manual on the identification, signification, and control of algae in water supplies and in polluted water. U.S. *Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio*. 124p.
- Pinardi, N., Arneri, E., Crise, A., Ravaioli, M., and Zavatarelli, M., 2004. The physical, sedimentary and ecological structure and variability of shelf areas in the Mediterranean Sea, in: Robinson, A.R., and Brink, K., *The Sea, The Global Coastal Ocean*, vol. 14B., 1245–1331.
- Pujol N., Neppel L., Sabatier R., 2007. Approche régionale pour la détection de tendances dans des séries de précipitations de la région méditerranéenne française. *C.R. géosciences* 339 (2007) 651-658.
- SALAH S., O. ETTAHIRI, A. BERRAHO, A. BENAZZOUZ, K. ELKALAY et A. ERRHIF. 2012. Distribution des copépodes en relation avec la dynamique du filament de Cap Ghir (Côte atlantique du Maroc). 2011. *C. R. Biologies* 335 (2012) 155–167.
- SOMOUE L., N. ELKHIATI, A. VAQUER, M. RAMDANI, O. ETTAHIRI, A. MAKAOUI et Amina BERRAHO, 2003. Contribution à l'étude des diatomées dans l'écosystème pélagique côtier au sud de l'atlantique marocain (21°N - 26°30'N). *Journal de Recherche Océanographique*, Vol (28), 1-13.



Institut National de Recherche Halieutique
Bd Sidi Abderrahmane 2 AinDiab - Casablanca-20100
Tél. : 00212 5 22 94 07 73 - Fax : 00212 5 22397388
Site web : www.inrh.ma
N°ISSN : 2421-8952