

# Impact des conditions du milieu marin sur les variations de l'abondance de la sardine dans la zone centrale (Safi – Cap Boujdor) du Maroc

Soukaïna Zizah, Karim Hilmi, Jamila Larissi & Ahmed Makaoui

1-Institut National de Recherche Halieutique 2, Rue Tiznit 20 000 -Casablanca

**Résumé.** Il est désormais établi que la dynamique des stocks pélagiques des systèmes d'upwelling à travers le monde dépend étroitement de l'environnement physique et des modifications des processus océaniques. Les résultats des campagnes océanographiques entamées le long de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998 ont montré qu'une variabilité plus marquée des paramètres océanographiques durant les saisons hivernales qu'estivales. Ainsi, une anomalie de température positive de l'ordre de +2°C a été notée dans ces eaux. D'autres paramètres du milieu tels que la vitesse du vent, la concentration de la chlorophylle 'a', ont été confrontés avec les résultats de pêche de la sardine issue de la zone centrale, comprenant les ports de Safi, Essaouira, Tan Tan et Laâyoune.

Par ailleurs et selon des études entamées par la FAO (1997), et en utilisant des indices de captures RIS qui sont des indices calculés à partir de la différence entre l'abondance globale de la sardine et l'anchois a été avancée dans les différents écosystèmes pélagiques à travers le globe. L'écosystème du courant des Canaries semblerait fonctionner de la même manière. Mais, il présente une particularité par rapport aux autres: les espèces pélagiques le peuplant constituent des stocks chevauchants dans la zone nord COPACE. Plusieurs études avancent que cette variabilité inter décennale entre sardine / autres espèces pélagiques serait en relation avec les changements climatiques (périodes chaude/froide) ou alors due à une organisation trophique adoptée par ces espèces au sein de l'écosystème pélagique.

**Mots Clés:** Variabilité, Upwelling, Sardine, Recrutement, Stock Central

## Impact of the marine environment conditions on the variations of the Sardine abundance in the central zone of Morocco (Safi - Cape Boujdor)

**Abstract.** It is established that pelagic stocks dynamics in world-wide upwelling system rely heavily on physical environment and different oceanographic changes. Results from national cruises (1994-1998) reveal a serious variability in terms of oceanographic parameters, more particularly during winter than summer. Thus, a positive anomaly in temperature, which is of +2°C, is noted in these waters. Other parameters such wind velocity, chlorophyll 'a' concentration, were confronted with sardine catch from Central zone comprising Safi, Essaouira, Tan Tan and Laâyoune. In the other hand and according to some previous studies, carried out by FAO(1997), using RIS (Regime indicator Series) as a catch index, and computed from the difference between global abundance of sardine and of anchovy. This latter suggests global decadal variability. Canary current ecosystem seems to be functioning in the same way. But it presents a peculiarity: pelagic population is a chevauching stock within the COPACE region.

**Key words:** Variability, Upwelling, Sardine, Recruitment, Central Stock,

## INTRODUCTION

La sardine (*Sardina pilchardus*) du plateau continental atlantique marocain fait partie des espèces pélagiques inféodées aux zones d'upwelling (ou zone de résurgences des eaux profondes) du courant des Canaries qui sont, à leur tour, dépendants du système des hautes pressions des Açores et des vents alizés qu'il engendre (Belvèze, 1991, Kifani et Gohin, 1991). Un upwelling est un courant ascendant vers la côte créé sous l'action du vent et apporte les éléments nutritifs dans la zone euphotique. Ce courant est à l'origine de la forte productivité biologique que connaissent certaines régions du plateau continental atlantique marocain. Cependant, les résurgences ne sont stables ni dans le temps, ni dans l'espace et oscillent du Nord au Sud en fonction des saisons expliquant ainsi les fluctuations que connaissent l'abondance et la distribution de la sardine.

En effet, ces fluctuations sont régies fondamentalement par des lois environnementales (Belvèze, 1991), ceci est confirmé par les recherches paleoécologiques. Ces dernières postulent que, même en l'absence d'effort de pêche, les populations pélagiques montrent des changements à grande amplitude (Soutar &

Issacs 1969, 1974; Baumgartner et al. 1992 cités par Lluch-Cota &

al. 1997). Les effondrements de stocks du petit poisson pélagique durant les dernières décades sont légion. On peut citer, par exemple le cas de la crise de la sardine du Japon (1943-1945), de la Californie (1950) celui de l'Afrique du Sud et Namibie (1971), puis celui de l'anchois péruvien (1973 - 1979). Il a été démontré que les fluctuations des captures de la sardine japonaise depuis cinq siècles sont en relation avec l'alternance des périodes chaudes/froides (Nakai 1960, 1962 cités par Belvèze, 1991).

L'échec du recrutement durant plusieurs années successives est causé par des conditions anormales du milieu (éloignement du courant "Kuroshio") engendrant ainsi une forte mortalité des larves de sardine et semble avoir joué un rôle majeur dans la chute rapide de l'abondance de la sardine japonaise de 1941 à 1943. Cet effondrement avait duré près de 27 ans et la récupération fut rapide à partir des années 1970.

La première approche pour expliquer les variabilités de stock fut évoquée dans les premiers travaux de Hjort (1914). Son raisonnement est basé sur le fait que la survie différentielle des phases œufs - larves détermine le succès

du recrutement et, donc, à l'abondance de l'espèce au cours des années suivantes. Concernant le problème de recrutement discuté par Lasker et Mac Call (1983), ces auteurs ont conclu que c'est la disponibilité de la nourriture qui détermine la survie larvaire (dans Lluch-Cota *et al.*, 1997).

Le cas de la pêche pélagique du Pérou est aussi flagrant: les captures dépassaient les 13 millions de tonnes durant les années 1970 puis ont subi un brusque effondrement entre 1972 et 1976 où elles avoisinaient les 2 millions de tonnes (Bakun, 1996). Le phénomène d'El Nino2 fut responsable de ce déclin.

Ce travail tente de cerner l'impact des conditions du milieu marin sur les variations de l'abondance de la sardine dans la zone centrale (Safi - Cap Bojedor). Pour ce faire, on compare les résultats des campagnes océanographiques réalisées de 1994 à 1997 avec l'évolution décennale des données de pêche issues de la zone centrale (Safi - Cap Bojedor).

## MATERIELS ET METHODES

Les données du milieu ont été récoltées durant les campagnes océanographiques réalisées conjointement entre l'INRH et l'institut russe AtlantNIRO durant les saisons d'hiver et d'été 1994 - 1998 (Makaoui *et al.* 1999). Ces données ont été moyennées dans la zone A entre 32°30' et 31° N, et dans la zone B entre les radiales 29°N et 27°N. Le réseau d'échantillonnage pour l'année 1995 est fourni comme exemple dans la figure 1

Les paramètres océanographiques de surface, pris en considération dans ce travail, sont comme suit:

- la température de surface qui est un facteur environnemental déterminant;
- l'indice d'Upwelling Côtier (IUC ou l'anomalie de température);
- le carré de vitesse du vent mensuel mesuré au niveau de la zone comprise entre les parallèles 30°N et 28°N qui reflète l'intensité de remontée des eaux froides et profondes. A défaut d'utiliser des données récentes de vent qui sont indisponibles, nous avons pris en considération les données utilisées par C. Roy pour la période s'étendant entre 1976 et 1988;
- la chlorophylle 'a' qui est un indice de la productivité du milieu.

Il est à signaler que l'année 1996 n'a pas été représentée à cause du faible nombre de stations prospectées dans la zone d'étude pendant cette année.

Concernant les données de pêche, les données trimestrielles de la plupart des espèces pélagiques (Sardine, Anchois, Maquereau et Chinchard) pour la période comprise entre 1994 - 1997 sont issues des statistiques des débarquements au niveau des ports du stock central zone comprenant les ports de Safi, Essaouira, Agadir, Tan Tan et Laâyoune (Source INRH). Par contre, les données de capture de sardine depuis 1975 proviennent du rapport du comité des Pêches pour l'Atlantique Central Est (FAO, 1997).

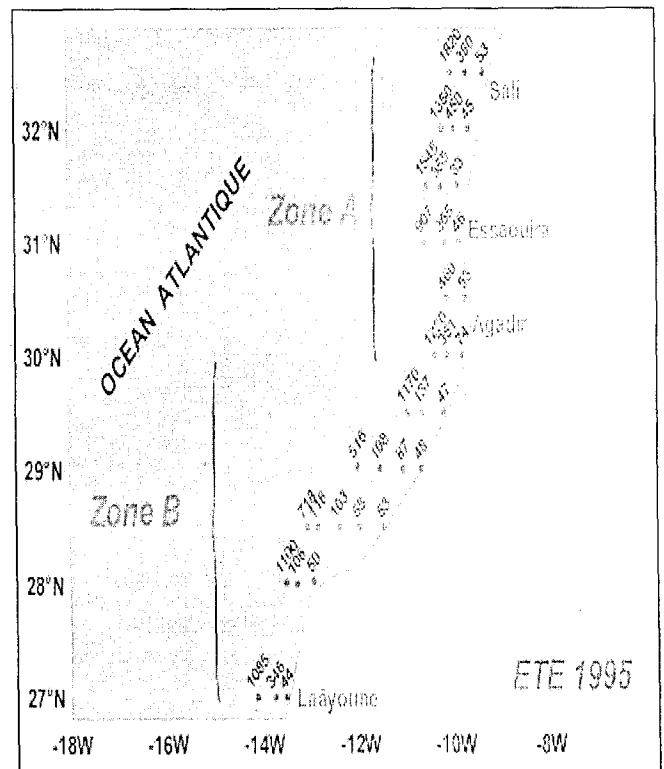


Figure 1. Réseau d'échantillonnage des paramètres hydrologiques durant l'été 1995.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### Changement du milieu

La dynamique des populations pélagiques dans les systèmes d'upwelling est régie par une série de processus hydro climatiques telle que la température de l'eau, la richesse du milieu, la circulation océanique qui pourraient expliquer en partie la variabilité de la biomasse des ressources des petits pélagiques et, plus particulièrement, de la sardine.

En effet, les résultats des différentes campagnes réalisées entre 1994 et 1998 ont montré une anomalie de température positive de l'ordre de +2°C dans les eaux atlantiques marocaines qui se manifeste plus en hiver qu'en été (Figure 2a et 2b) (Hilmi *et al.* 1999; Makaoui *et al.* 1999). Cette tendance est nettement visible pendant la saison chaude surtout dans la zone A, où elle est passée respectivement de 1994 à 1998 de 17,8°C à 20,3°C.

D'un autre côté, en utilisant un modèle de régression linéaire simple entre les captures et la température (source TOGA- WaCE), il s'avère que 50% de la variabilité de la biomasse sardinière peut être expliquée par les variations des moyennes de température superficielles annuelles (figure 2c).

Ces changements brusques de températures font que l'on assiste à un changement de température du milieu où la sardine vit, se nourrit et se reproduit. Ce qui pourrait entraîner une réduction des strates spatiales auxquelles l'espèce est inféodée et, donc, une réduction des aires de répartition de l'espèce. Selon Kifani (1991), la population se trouverait dans des conditions d'adversité se répercutant aussi bien sur le recrutement que sur les adultes eux-mêmes dont la vulnérabilité à la pêche se trouve accentuée.

du recrutement et, donc, à l'abondance de l'espèce au cours des années suivantes. Concernant le problème de recrutement discuté par Lasker et Mac Call (1983), ces auteurs ont conclu que c'est la disponibilité de la nourriture qui détermine la survie larvaire (dans Lluch-Cota *et al.*, 1997).

Le cas de la pêche pélagique du Pérou est aussi flagrant: les captures dépassaient les 13 millions de tonnes durant les années 1970 puis ont subi un brusque effondrement entre 1972 et 1976 où elles avoisinaient les 2 millions de tonnes (Bakun, 1996). Le phénomène d'El Nino fut responsable de ce déclin.

Ce travail tente de cerner l'impact des conditions du milieu marin sur les variations de l'abondance de la sardine dans la zone centrale (Safi - Cap Bojedor). Pour ce faire, on compare les résultats des campagnes océanographiques réalisées de 1994 à 1997 avec l'évolution décennale des données de pêche issues de la zone centrale (Safi - Cap Bojedor).

## MATERIELS ET METHODES

Les données du milieu ont été récoltées durant les campagnes océanographiques réalisées conjointement entre l'INRH et l'institut russe AtlantNIRO durant les saisons d'hiver et d'été 1994 - 1998 (Makaoui *et al.* 1999). Ces données ont été moyennées dans la zone A entre 32°30' et 31°N, et dans la zone B entre les radiales 29°N et 27°N. Le réseau d'échantillonnage pour l'année 1995 est fourni comme exemple dans la figure 1

Les paramètres océanographiques de surface, pris en considération dans ce travail, sont comme suit:

- la température de surface qui est un facteur environnemental déterminant;
- l'indice d'Upwelling Côtier (IUC ou l'anomalie de température);
- le carré de vitesse du vent mensuel mesuré au niveau de la zone comprise entre les parallèles 30°N et 28°N qui reflète l'intensité de remontée des eaux froides et profondes. A défaut d'utiliser des données récentes de vent qui sont indisponibles, nous avons pris en considération les données utilisées par C. Roy pour la période s'étendant entre 1976 et 1988;
- la chlorophylle 'a' qui est un indice de la productivité du milieu.

Il est à signaler que l'année 1996 n'a pas été représentée à cause du faible nombre de stations prospectées dans la zone d'étude pendant cette année.

Concernant les données de pêche, les données trimestrielles de la plupart des espèces pélagiques (Sardine, Anchois, Maquereau et Chinchard) pour la période comprise entre 1994 - 1997 sont issues des statistiques des débarquements au niveau des ports du stock central zone comprenant les ports de Safi, Essaouira, Agadir, Tan Tan et Laâyoune (Source INRH). Par contre, les données de capture de sardine depuis 1975 proviennent du rapport du comité des Pêches pour l'Atlantique Central Est (FAO, 1997).

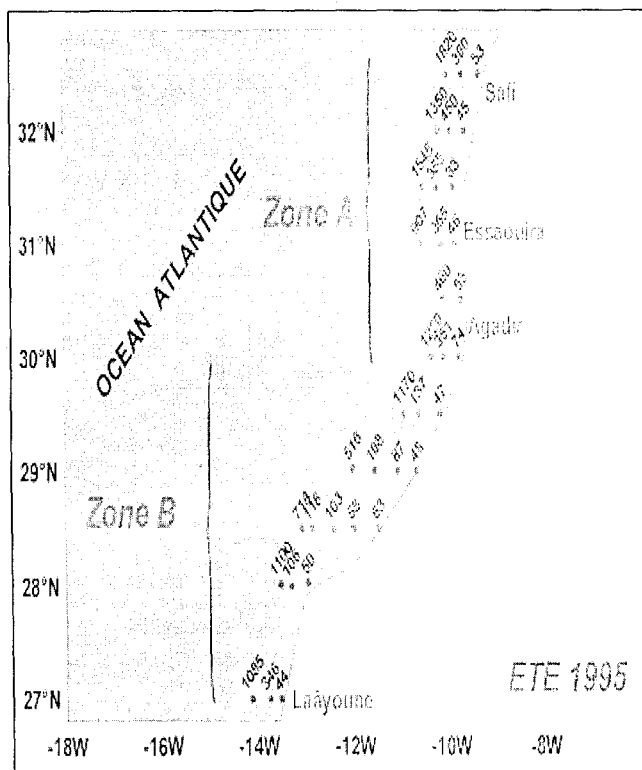


Figure 1. Réseau d'échantillonnage des paramètres hydrologiques durant l'été 1995.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### Changement du milieu

La dynamique des populations pélagiques dans les systèmes d'upwelling est régie par une série de processus hydro-climatiques telle que la température de l'eau, la richesse du milieu, la circulation océanique qui pourraient expliquer en partie la variabilité de la biomasse des ressources des petits pélagiques et, plus particulièrement, de la sardine.

En effet, les résultats des différentes campagnes réalisées entre 1994 et 1998 ont montré une anomalie de température positive de l'ordre de +2°C dans les eaux atlantiques marocaines qui se manifeste plus en hiver qu'en été (Figure 2a et 2b) (Hilmi *et al.* 1999; Makaoui *et al.* 1999). Cette tendance est nettement visible pendant la saison chaude surtout dans la zone A, où elle est passée respectivement de 1994 à 1998 de 17,8°C à 20,3°C.

D'un autre côté, en utilisant un modèle de régression linéaire simple entre les captures et la température (source TOGA- WaCE), il s'avère que 50% de la variabilité de la biomasse sardinière peut être expliquée par les variations des moyennes de température superficielles annuelles (figure 2c).

Ces changements brusques de températures font que l'on assiste à un changement de température du milieu où la sardine vit, se nourrit et se reproduit. Ce qui pourrait entraîner une réduction des strates spatiales auxquelles l'espèce est inféodée et, donc, une réduction des aires de répartition de l'espèce. Selon Kifani (1991), la population se trouverait dans des conditions d'adversité se répercutant aussi bien sur le recrutement que sur les adultes eux-mêmes dont la vulnérabilité à la pêche se trouve accentuée.

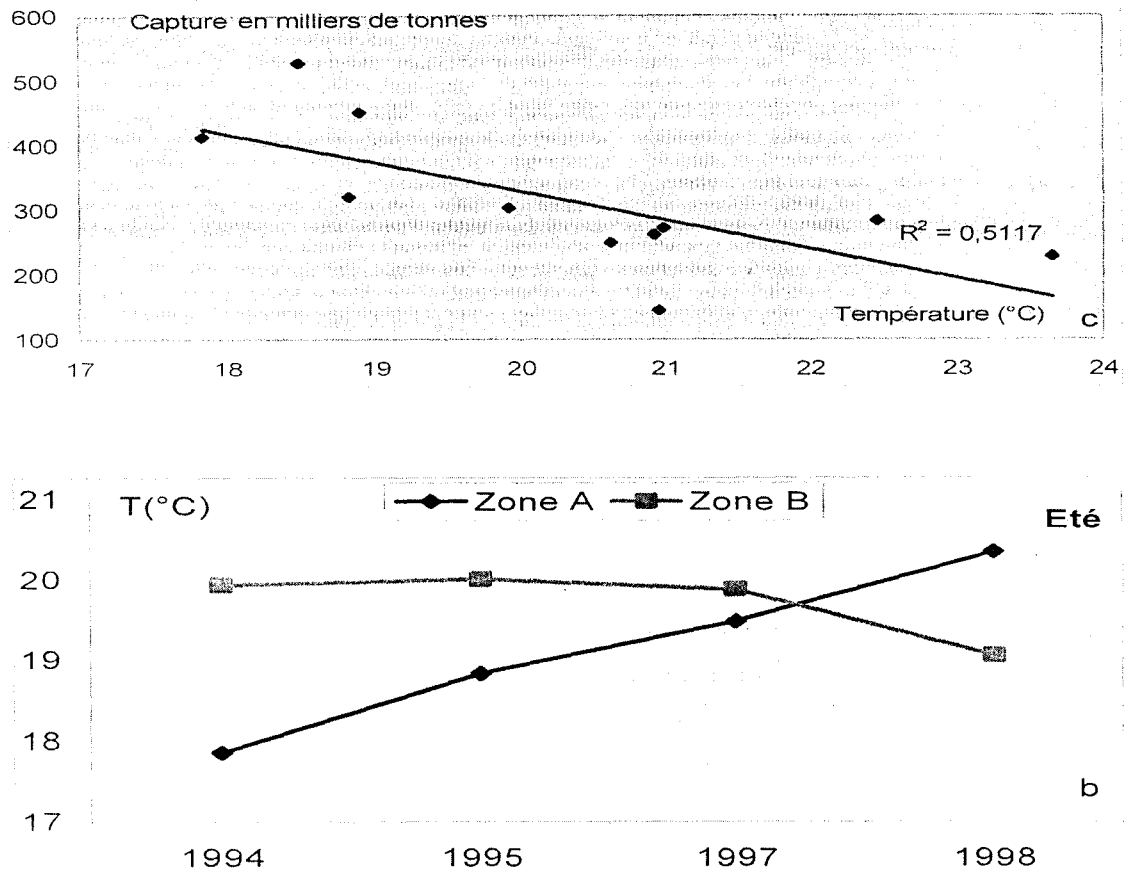


Figure 2. Moyenne de la température de la zone centrale et modèle de regression lineaire entre les captures en sardines (source FAO) et la température (source TOGA-WOCE) entre 1985-1997.

**Pluviométrie et captures de la sardine**

D'après une étude réalisée dans la région comprise entre Agadir et Safi (zone A) de 1937 à 1981 et en utilisant des données de précipitations, Belvèze (1991) a mis en évidence que la pluviométrie montre une périodicité moyenne de sept ans (Belvèze, opus cité). L'influence de la pluviométrie sur les captures est surtout marquée durant la première année sèche dans le cas où plusieurs années sèches se succèdent. La comparaison entre l'évolution des captures et la pluviométrie de 1947 à 1981 rend compte de la correspondance manifeste entre les années de sécheresse exceptionnelle et les pics de capture (Belvèze, op. cité). D'où le dicton " Ce que la terre nous refuse une année, la mer nous le donne ".

La pluviométrie côtière peut ne pas avoir d'action directe, mais être seulement le révélateur d'un certain type de changements climatiques de la zone. Les années sèches seraient, alors, des années où les vents alizés se seraient maintenus plus longtemps, limitant les précipitations durant la période hivernale. Il y aurait une concordance entre les années sèches et une période d'upwelling plus prolongée et, donc, d'une meilleure disponibilité du poisson pendant la saison de pêche.

Concernant notre période d'observations de 1994 à 1998, des études réalisées par le Département de l'Equipement sur les précipitations et citées par Hilmi *et al.* (1999) montrent que la saison 1994/1995 est la plus sèche du siècle alors que

celle de 1995/1996 est la plus pluvieuse. Selon Agoumi (1992), ceci semble concorder avec les résultats de pêche

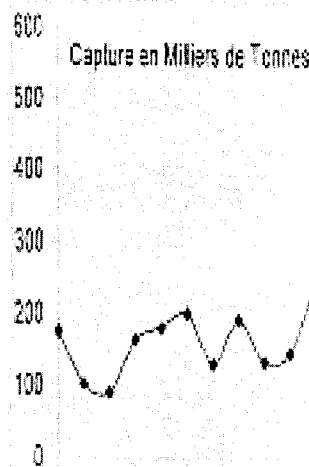


Figure 3 : Captures annuelles de la sardine dans la zone Centrale (Safi. Cap Bojdor) de 1975 à 1993 (Source FAO) et de 1994 à 1998 (Source INRH).

En effet, l'analyse de l'évolution des captures de la sardine de la zone centrale montre une augmentation entre 1994 /1995 et une diminution pendant l'année pluvieuse 1995 /1996 (Figure 3). De plus, ce résultat rejoint celui d'Agoumi et Orbi (1992) qui ont déduit que les années de sécheresse, à fort upwelling, sont de bonnes années de pêche.

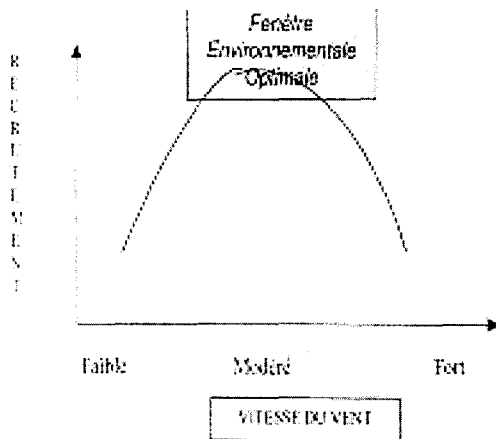


Figure 4. Fenêtre environnementale Optimale entre l'intensité du vent et le succès en recrutement dans les régions d'upwelling (reprise d'après Roy *et al.* 1992).

### Couplage vent-upwelling et captures

Comme cité auparavant, un upwelling apporte dans la couche euphotique de fortes concentrations d'éléments nutritifs nouveaux originaires des couches subsuperficielles, permettant ainsi le développement d'une forte production biologique dans la zone côtière. C'est l'intermédiaire entre l'action du vent et la richesse en ressources pélagiques. Grall *et al.* (1982), cités par Belvèze (1991), ont montré que les plus fortes productions sont observées après qu'une période de vents fort ayant fait monter les eaux profondes en surface qui sont froides et riches en éléments nutritifs. Lorsque le vent s'affaiblit, le brassage et la turbidité s'atténuent et permettent une stratification horizontale. Une succession de vents forts et de vents faibles serait idéale pour le démarrage d'une forte production primaire (Belvèze, 1991).

Etant donné cet enchaînement de processus (vent, résurgences d'eaux froides, fertilisation du milieu, etc.) et, si l'on admet l'hypothèse de Belvèze (1991) que l'upwelling agit directement sur le recrutement et que son action est décalée d'un an sur la capture pour la zone nord, ce scénario peut expliquer le décalage entre le maximum d'activité d'upwelling et la capture (Belvèze, opus cité). De plus selon Binet (1996), les corrélations croisées entre les captures annuelles de sardines au large du Sahara marocain et de la Mauritanie et la moyenne annuelle de la tension du vent parallèle à la côte ont montré que le meilleur résultat est obtenu au cours de l'année (n-2) (Binet, 1996).

Cette relation est négative au cours des premiers mois de la vie larvaire où la turbulence et l'advection vers le large résultant d'une éventuelle augmentation de vent ne peuvent être que néfastes pour le développement larvaire. Un renforcement de l'upwelling développera une production planctonique bénéfique pour un bon recrutement des espèces planctophages.

Par ailleurs, Cury et Roy (1989) ont montré que le meilleur recrutement est obtenu avec une vitesse moyenne annuelle de 5 à 6 m/s (Binet, 1996). Dans le même sens, l'hypothèse de Cury et Roy (1989) appuie l'idée selon laquelle les mécanismes gouvernant la variabilité de population est liée directement et simplement à la variabilité climatique

globale interdecennale et transmise à travers la température de surface par l'action du vent (Bakun, 1996). C'est une relation non linéaire en forme de dôme entre le recrutement et l'intensité de l'upwelling. Elle explique les effets positifs et négatifs des facteurs environnementaux.

A gauche de la figure 4, l'intensité du vent et celle de l'upwelling sont faibles à modérés où une turbulence à petite échelle est bénéfique pour la survie larvaire. A droite de la courbe, l'upwelling et le vent sont forts ce qui induit un transport au large néfaste pour le recrutement.

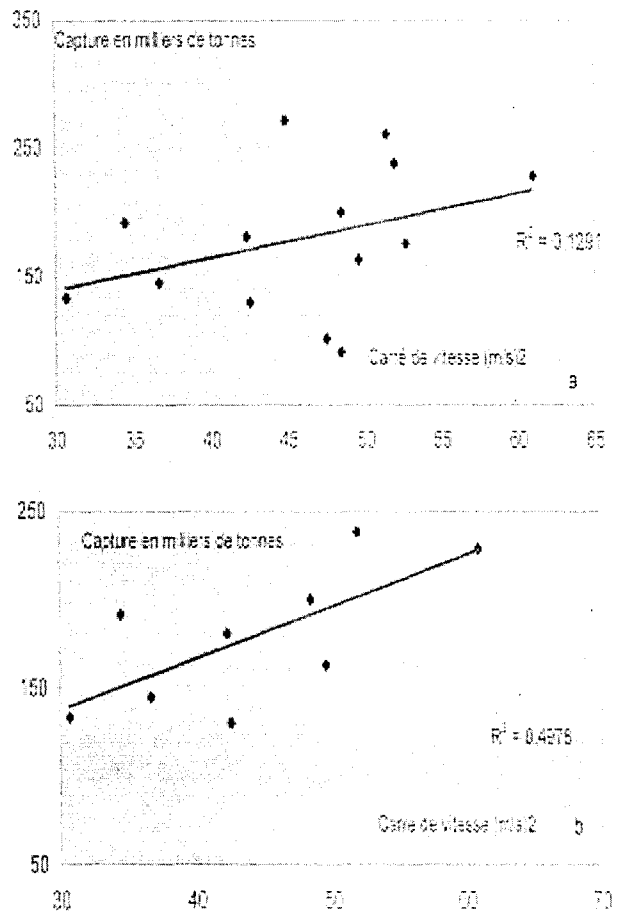


Figure 5 : Régression entre la moyenne des carrés de vitesse du vent et la capture annuelle entre 1976 et 1988 (a) et 1978-1986 (b) dans la zone centrales (Source Roy. 1991).

Pour notre étude, une relation entre le carré de vitesse moyenne annuelle du vent, disponibles de 1976 à 1988, et la variance des prises de sardine pour la même période a été établie (Figure 5). Nous savons que l'action du vent sur la surface de l'eau est proportionnelle au carré de vitesse, du moment que l'indice de remontée est une fonction de ce dernier. Des corrélations plus intéressantes entre les captures (n+1) et le carré de vitesse que pour celles des captures (n) ou (n+2) ont été obtenues.

Les fluctuations en abondance de sardine peuvent être expliquées à seulement 13% par la variation du carré de vitesse du vent. Par contre, cette corrélation peut atteindre 50% si on élimine les années 1976-1977 et 1987-1988. Ainsi, un ou plusieurs facteurs rentreraient en jeu dans la variation inter décennale de la capture en sardine.

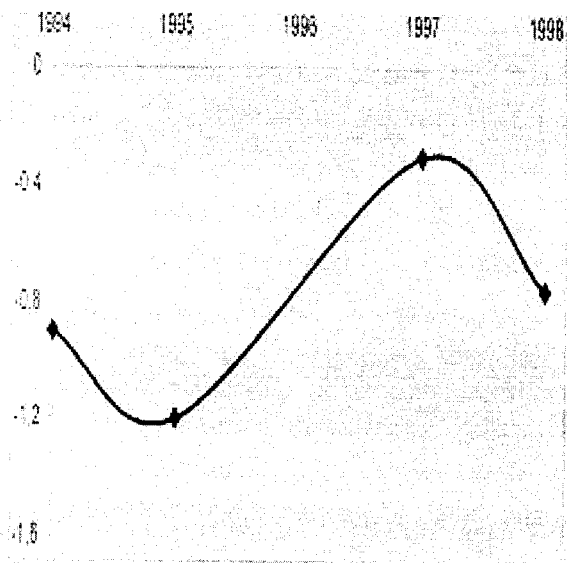


Figure 6. Anomalie thermique entre 1994 et 1998 de la zone centrale marocaine.

Par ailleurs, les données des anomalies de température calculées à partir de la différence entre la côte (inférieure à l'isobathe 150 m) et le large (au delà de l'isobathe 350 m) (Zizah *et al.* 1997) ont été utilisées. Il est à préciser que les données initiales utilisées ont été moyennées sur la couche entre 0 et 20 mètres de profondeur. Ces anomalies ont été de nouveau moyennées sur toute la zone centrale (Figure 6). Vu la dépendance upwelling - vent, ces calculs reflètent l'intensité de l'upwelling et plus la valeur de l'anomalie est négative, plus la remontée est forte.

Ainsi, durant la période 1994-1998, l'activité de l'upwelling la plus faible a été observée pendant l'année 1997. Il faut ajouter que l'année 1997 a connu un appauvrissement en matière chlorophyllienne qui est fondamentale pour le démarrage de toutes les productions des différents maillons trophiques (Figure 7a et b). L'année 95 est l'année record en termes de captures annuelles coïncidant avec la sévère sécheresse qui avait sévi dans notre pays (Département de l'Équipement, 1997). Ces anomalies se rétablissent légèrement pendant la saison d'hiver 1998 du fait d'une légère intensification des upwellings durant cette même année.

#### Changement du milieu et hypothèse de l'alternance Sardine - autres espèces pélagiques

Selon des études récentes entamées par la FAO sur les différents écosystèmes pélagiques de part le monde, la répercussion des changements du milieu peut induire une alternance (ou dominance) d'une espèce pélagique par rapport à une autre telle que sardine/ anchois. C'est l'hypothèse des changements de régime ou "regime changes" (Lluch-Belda *et al.* 1989, 1992; Lluch-Cota *et al.* 1997). En utilisant des indices RIS (Regime Indicator Series) de 1900 à 1990 qui sont des indices adéquats pour l'analyse de l'abondance globale des stocks de sardine/anchois à une échelle globale, Kawasaki et Omori (1988); Lluch-Belda *et al.* (1989, 1992) ont montré une alternance à une échelle inter décennale entre la sardine et l'anchois (fig 7).

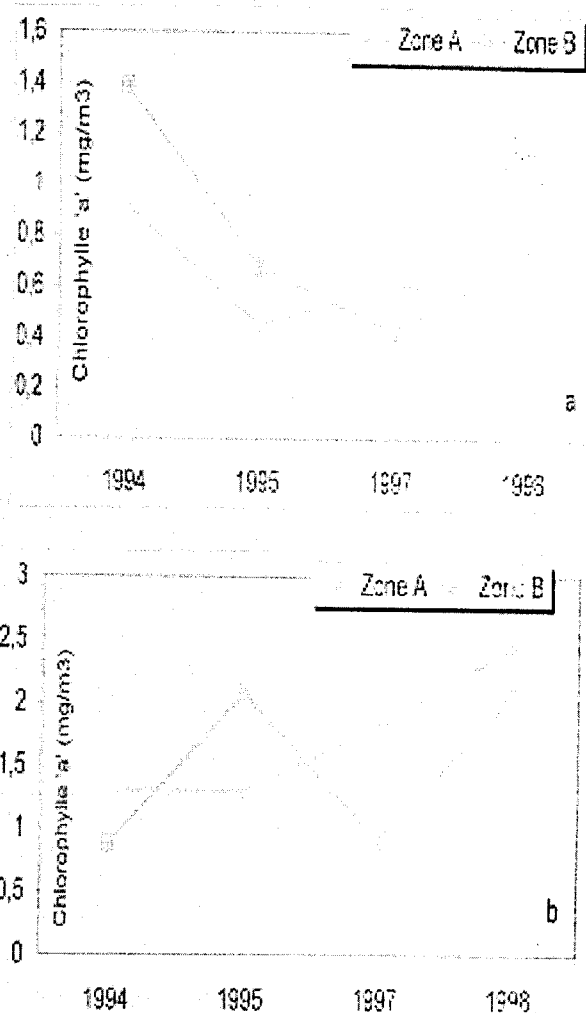


Figure 7. Moyenne de la chlorophylle 'a' de surface dans la zone centrale en saison froide (a) et en saison chaude (b).

Cet indice (RIS) peut être soit positif pour dénoter la présence de sardine ou soit négatif (présence d'anchois). Les valeurs presque nulles ne sont pas enregistrées durant plus d'une année consécutive. Les exemples de remplacements d'espèces sont observés dans de nombreuses pêcheries dont la récupération du stock de la sardine japonaise totalement effondrée de 1964 à 1970 (Tanaka 1983; Hayasi 1983 cités par Belvèze, 1991), l'apparent remplacement de la sardine par l'anchois du Nord de la Californie (*Engraulis mordax*) et par *Engraulis capensis*, une autre espèce d'anchois en Afrique de Sud (MacCall, 1983; Crawford *et al.* (1983) cités par Belvèze, 1991).

Pour le cas du courant des Canaries, Binet (1996) a remarqué que durant les pics de capture de la sardine (1973-1978, 1987-1990), d'autres espèces pélagiques se comportaient différemment. En effet, pendant la première période 1973 - 1978, les captures de *sardinella*, *Trachurus*, *Decapterus* et *Scomber* étaient très faibles alors que pendant la deuxième période (1987-1990), les captures en *Trachurus* et *Decapterus* ont diminué énormément, alors que celles de *Sardinella* ont montré une légère augmentation et celles de *Scomber* ont atteint un maximum en 1989.

D'après ce même auteur, ces fluctuations entre espèces pélagiques reflètent un réarrangement au niveau de l'écosystème. *Sardina pilchardus* est partiellement soumise à régime phytoplanctonophage. *Sardinella*, à caractère tropical est plutôt zooplanctonophage. *Trachurus*, *Decapterus* et *Scomber* sont strictement zooplanctonophages ou des prédateurs. Les variations d'abondance de ces espèces peuvent être aussi analysées d'un point de vue organisation trophique.

En effet, selon Binet (1988), l'explication repose sur la possibilité de synchronisation entre la production secondaire et primaire. A part les thaliacés et les cladocères capables de se multiplier rapidement par parthénogenèse, la plupart des taxons de zooplancton se reproduisant sexuellement ne peuvent égaler le rythme du phytoplancton. Par conséquent, si la synchronisation ne s'effectue pas entre la tension du vent/relaxation avec la génération des copépodes, la production primaire dépassera les capacités de broutage de la part du zooplancton, ce qui favorisera donc les poissons phytoplanctophages au lieu des carnivores.

Comme la sardine est planctophage caractérisée par un long tube digestif capable de digérer aussi bien les cellules phytoplanctoniques que celle, des copépodes, elle tire profit de la situation et trouve, peut être, un terrain favorable pour sa reproduction lors de fortes productions primaires se produisant lors de périodes de vent intense et multiplient son nombre.

Durant cette situation d'intensification de la remontée, le transfert de la production primaire à la production secondaire s'effectue plutôt vers le large. Les "brouteurs" de zooplancton tels le maquereau sont moins abondants au niveau du plateau. L'alternance des conditions éoliennes sur plusieurs années est, donc, responsable de cette succession de dominance entre espèces pélagiques.

Par ailleurs, une confrontation entre le RIS et le GSAT (Global Surface Air Température), indicateur des conditions climatiques, montre une corrélation significative pour la plupart des décalages avec un maximum entre 7 à 9 ans (Figure 8).

Bien que ce résultat ne soit toujours pas évident, Lluch-Cota *et al.* 1997 suggèrent que ces régimes de variations reflètent avant tout des variations de populations, en l'occurrence les stocks de petits pélagiques, et donc témoigne d'un signal climatique global

L'influence de la répercussion des changements climatiques sur les populations de petits pélagiques, en général, est une fois de plus démontrée par ces récents travaux. De plus, Kawasaki et Omori (1988) ont montré que les périodes climatiques "chaudes" globalement persistantes ont des grandes concentrations en sardine et de faibles concentrations en anchois. Le scénario contraire est observé lors des périodes climatiques "froides" persistantes (Lluch-du Chili/Pérou. Cota *et al.* 1997). Ceci a été remarqué au niveau des écosystèmes pélagiques du Japon, de Californie est :

Le système du courant des Canaries n'a pas été évoqué mais il semblerait qu'il fonctionne de la même manière. Celui de

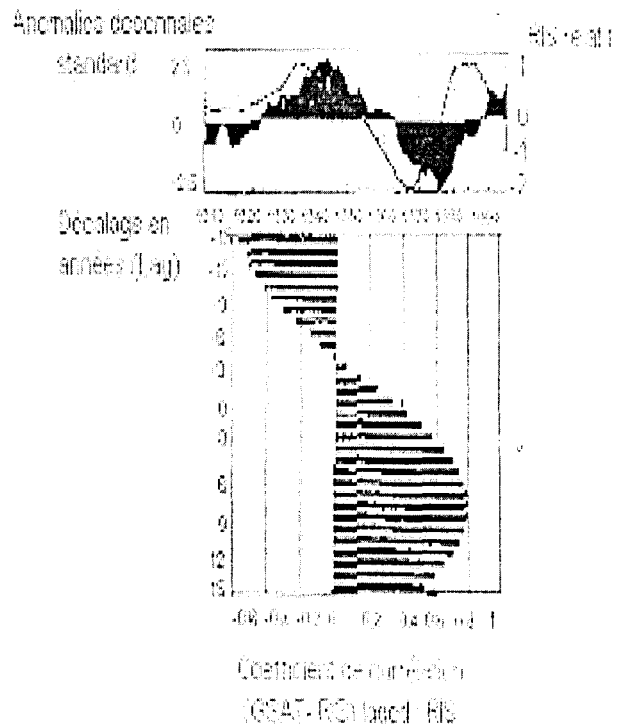


Figure 8. GSAT modifié (Ombre) et RIS (trait plein) avec le coefficient de corrélation entre GSAT (Global Surface Air Température) et RIS (Barres), d'après Lluch-Cota *et al.* 1997 modifié

Benguela semble avoir un fonctionnement hors phase par rapport aux autres en terme d'abondance anchois-sardine (Crawford *et al.* 1987 dans Lluch-Cota *et al.* 1997).

Les causes de ces importantes perturbations des différents systèmes écologiques se répartissent entre l'effet d'un effort de pêche intensif et l'action de l'environnement sur le succès ou l'échec de la reproduction mais aussi sur le taux de mortalité naturelle (MacCall, 1983 cités par Belvèze, 1991).

S'il y a un déclin à long terme de l'ensemble de la biomasse des différentes espèces constituant l'écosystème, il pourrait être dû à un appauvrissement progressif des capacités de production biologique du milieu.

Dans le cas de notre étude, on ne peut parler de déclin à long terme, étant donné la faible base de données dont nous disposons. Cependant on a noté une augmentation en anchois surtout entre 1994/1995 et 1996/97.

D'après les études réalisées antérieurement et le scénario envisagé par Lluch-Cota *et al.* (1997), l'évolution des débarquements en chinchard montre une diminution progressive dans la zone centrale entre 1994 et 1998. La même évolution est observée pour le maquereau avec une légère augmentation entre 1996 et 1997. On pourrait en déduire que l'anchois serait le remplaçant de la sardine. Un autre effet de l'intrusion des eaux chaudes est le cantonnement du poisson dans les eaux d'upwelling affaibli, le rendant ainsi plus vulnérable (Kifani, 1991). Toutefois cette hypothèse reste à confirmer ou à infirmer en disposant d'une longue série d'observations.

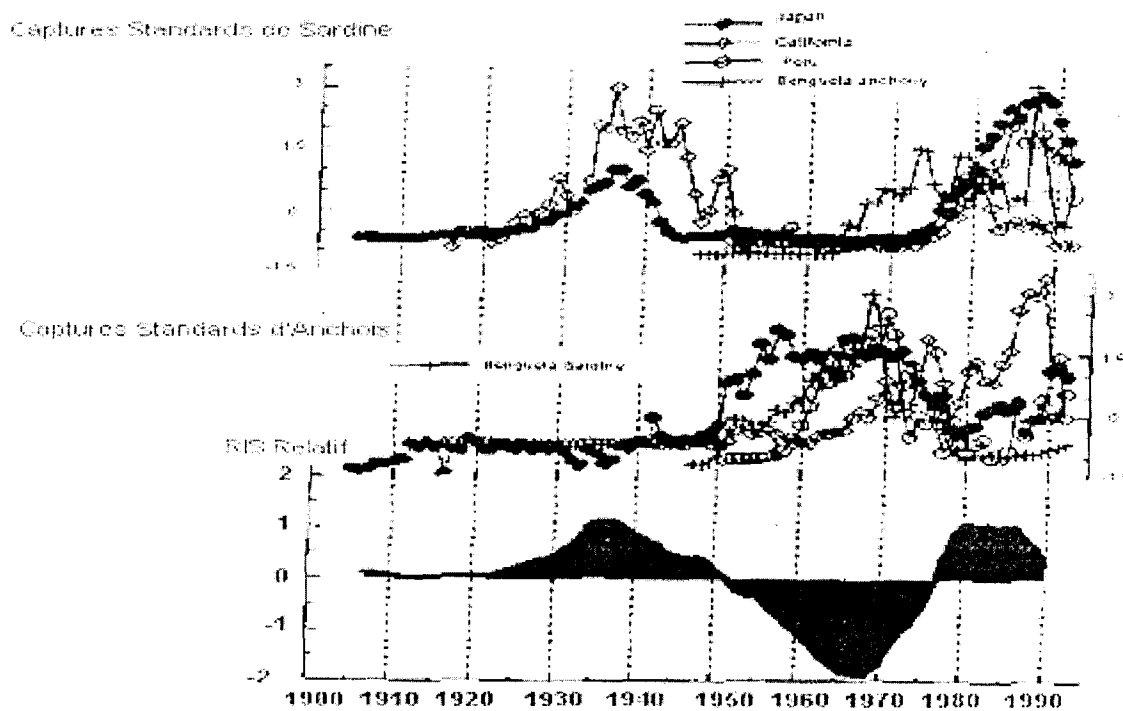


Figure 8. Evolution du RIS (Régime Indicator Séries) d'après Lluch-Cota et al (1997)

## CONCLUSION

L'anomalie de température, constatée le long de la côte atlantique marocaine, a lieu principalement en période hivernale d'autant plus que la ponte principale de la sardine marocaine se situe durant cette période (Ettahiri & Berraho, 1999). Ceci pourrait porter préjudice à sa reproduction étant donné les marges thermiques optimales de la ponte qui se situent entre 16°C et 18°C (Furnestin, 1970 cité par Kifani, 1991) et de 15,5°C à 17,5°C (Binet, 1988 cité par Kifani, 1991).

Toutefois, les changements des paramètres du milieu ne sont pas les seuls à mettre en cause dans les fluctuations de l'abondance de la sardine. On peut citer d'autres facteurs tels que:

- la disponibilité de la nourriture (Lasker & MacCall (1983) cités par Lluch-Cota et al., 1997)
- les changements d'intensité de vents et le modèle de remontée en résultant: Parrish et al. (1981) ont proposé, d'une part, qu'une advection au large durant un upwelling intense peut engendrer une perte d'œufs et de larves dans les zones non convenables à leur développement. D'autre part, la théorie de l'étable lors d'une synthèse des caractéristiques des habitats propices à la reproduction des poissons sont:
  - Les processus d'enrichissement (upwelling, mélange,...);
  - Les processus de concentration (convergence, formation de front, stabilité de la colonne d'eau);
  - Les processus favorisant la rétention à l'intérieur d'un habitat propice.

Cette "triade fondamentale" fournit un schéma synthétique pour l'étude de l'environnement des zones de reproduction; un habitat propice à la reproduction devant présenter des caractéristiques environnementales permettant d'équilibrer chacun de ces processus. L'équilibre entre ces trois éléments de la triade est, a priori, un exercice difficile surtout dans un système d'upwelling (Roy, 1996). Aussi, Sinclair (1988) a souligné l'importance de la présence de la zone de rétention dans l'existence et la maintenance d'une population dans un lieu donné sur le long terme.

Les espèces pélagiques côtières produisent lors de la reproduction un grand nombre d'œufs donnant naissance à des larves de petites tailles et de mobilité restreinte. Il est donc difficile pour ces espèces de satisfaire à la contrainte de rétention car l'upwelling est, de par sa nature, un processus dispersif. Les espèces pélagiques adoptent, par conséquent, une stratégie de reproduction et tirent profit des particularités locales de manière à concilier les trois éléments de la triade et limiter ainsi les effets néfastes de l'environnement sur la reproduction. Le cas extrême d'adaptation à un milieu est observé en Californie et au Maroc où les individus adultes migrent des zones productives vers les zones moins dispersives pour des raisons de reproduction (Roy, 1996).

Des intensifications à long-terme des résurgences telles qu'observées dans différentes régions (Bakun, 1990, 1993) peuvent avoir des conséquences sur la pêche pélagique globale. Alstroom (1965) a noté qu'une haute productivité (résultant d'une intensification d'upwelling) provoque de



faibles recrutements et des eaux non - stratifiées peuvent provoquer de faibles survies (Lasker, 1981).

Si l'on reprend le cas de la sardine du Japon, Kondo (1980) a proposé un scénario pour le rétablissement rapide du stock sardinier après 1970. Cette reprise a été précédée par larvaire. Ce courant était également propice pour les copépodes permettant ainsi à la sardine en phase post-larvaire de surmonter la période critique après l'absorption vitelline.

L'apport solaire pourrait aussi avoir un impact sur l'expansion de la population de la sardine japonaise par le biais de l'augmentation de la production phytoplanctonique (Kawasaki & Amori, 1988; cités par Lluch-Cota *et al.* 1997).

D'après leurs recherches basées sur la sardine de la Californie, Lluch-Belda *et al.* (1991) proposent un mécanisme basé sur les températures de ponte et les facteurs liés au phénomène d'upwelling. Il s'avère que cette sardine élargit son aire de ponte en fonction de la température de surface et de l'activité modérée de l'upwelling. En plus de la température, l'upwelling est considéré comme une variable très importante déterminant la ponte de la sardine. En effet, la sardine évite de se reproduire spatialement et temporellement au cœur des

un fort recrutement résultant d'une expansion graduelle de l'aire de ponte et, donc, une forte abondance d'œufs au moment du rapprochement du courant chaud "Kuroshio" qui est un courant favorable au développement post-

upwellings, là où les effets dispersifs vers le large et le brassage par le vent sont importants.

De ces observations, on peut déduire que l'action du milieu sur la ressource ne se limite pas sur le recrutement mais agit également sur la ponte elle-même. La réponse à une variation climatique peut être aussi bien au niveau de la ponte que sur le taux de la survie larvaire. La difficulté d'étudier ces différents paramètres relève, d'une part, de la relation qui existe entre eux, et d'autre part, de leur action qui n'est pas exclusive. Par conséquent, ils peuvent agir simultanément (Lluch-Cota *et al.* 1997).

Enfin, citons une phrase bien qu'ancienne de Ropers (1906) citée par Durand (1991) "il est hors de doute que le jour où le problème de la sardine sera scientifiquement résolu, c'est à dire le jour où on connaîtra, de façon très précise, les lois physiques, météorologiques et thermiques auxquelles l'espèce obéit dans ses migrations, il sera possible de retrouver et de capturer les bancs dans les régions où les ont poussé les nécessités de l'alimentation ou de la reproduction

## Références

- Ahlstrom E. H. 1965. A review of the effects of the environment of the Pacific Sardine. ICNAF Sprc. Publ. 6: 53-76.
- Agoumi A & A. Orbi, 1992. Evolution météorologique et upwelling le long de la côte atlantique marocaine. *Hydroécol. Appl.* (1992), Tome 4 Vol. 2, pp. 149-158.
- Bakun A., 1990. Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science*, 247, pp 198-201.
- Bakun A., 1993. Global greenhouse effects, multidecadal wind trends and potential impacts on coastal pelagic fish populations.
- Bakun A., 1996. New concepts for understanding variability in small pelagic fisheries. Atelier sur les ressources pélagiques côtières de l'upwelling du nord-ouest africain: suivi et prédiction, Casablanca, 15-17 avril 1996.
- Baugmgartner T.R., A. Soutar and V. Ferreira-Bartrina 1992. Reconstruction of the past history of pacific sardine and northern anchovy populations over the past two millenia from sediments of the Santa Barbara Basin, California. *CalCOFI Rep.* 33, pp24-40
- Belvéze H., 1991. Influence des facteurs hydroclimatiques sur la pêche marocaine de petits pélagiques côtiers. Pêcheries ouest-Africaines. Ed. ORSTOM, pp209-233.
- Binet D., 1988. Rôle possible d'une intensification des alizés sur le changement de répartition des sardines et sardinelles le long de la côte ouest- africaine. *Aquat. Liv. Resou.*, 1, pp115-132.
- Binet D., 1991. Dynamique du plancton dans les eaux côtières ouest-africaines: écosystème équilibrés et déséquilibrés. Pêcheries ouest-Africaines. Ed. ORSTOM, pp117-136.
- Binet D., 1996. Climate and pelagic fisheries in the Canary and Guinea currents 1964-1993 : the role of trade winds and the southern oscillation. *Oceanologica Acta* - Vol.20-N°1, pp177-190.
- Crawford R.J.M., L.V. Shannon and D.E. Pollock 1987. The Benguela ecosystem. IV: The major fish and invertebrate resources. *Oceanogr. Mar. Biol. A. Rev.*, 25, pp 353-505.
- Crawford R.J.M., P. A. Sheltn & L. Hutchings 1983. Aspects of variability of some neritic stocks in the southern Benguela system. *In* : Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neretic fish resources. San José, Costa Rica, 18-29 April, 1983. G. D. Sharp et J. Csirke, éditeurs FAO Fish. Rept., 291,2, pp 407- 448.
- Département de l'Équipement, 1997. *Un siècle d'observations météorologiques Sécheresse et gestion de l'eau au Maroc.* Publications du Département de l'Équipement, Ref. 3/97, 121 p
- Durand M. H., 1991. La crise sardinière française: les premières recherches scientifiques autour d'une crise économique et sociale. Pêcheries ouest-africaines. Ed. ORSTOM, pp 26 - 36.
- Ettahiri O. & A.Berraho, 1999. Etude ichtyoplanctonologique des principales espèces pélagiques de la côte atlantique marocaine, 91 pp. Travaux & Documents n° 107.
- Furnestin M. L., 1957. Chaetognathes et zooplancton du secteur atlantique marocain. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 21 (1 et 2), 356 p.
- Furnestin J. & M.L. Furnestin, 1970. *La sardine marocaine et sa pêche. Migrations trophique et génétique en relation avec l'hydrologie et le plancton* Rapp. P.-V. Réun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer, 159, 165-175.
- Hayasi S., 1983. Some explanation for change in abundance of major neritic-pelagic stocks in the northwestern Pacific Ocean. *In* : Proceedings of expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San José, Costa Rica, 18-29 April, 1983. G. D. Sharp et J. Csirke, éditeurs FAO Fish. Rept., 291,2, pp 101-112.
- Hilmi K., J. Larissi, A. Makaoui et S. Zizah 1998a. Les changements des conditions hydrologiques et météorologiques dans la zone atlantique marocaine. Dans "Synthèse océanographique de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998 ". Rapport INRH.

- Hilmi K., A. Orbi, S. Zizah, J. Larissi & A. Makaoui 1998b. Synthèse des campagnes océanographiques réalisées le long de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998. Dans "Synthèse océanographique de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998". Rapport INRH.
- Hjort J., 1994. Fluctuations in the great fisheries of the North Europe viewed in the light of the biological research. *Cons. Per. Int. Explor. Mer. Rapp. and Proc. Verb.* 20, 228 p.
- Grall J.R., P. Le Carre & P. Tréguer, 1982. *Short-term variability of primary production in coastal upwelling off Morocco*. Rapp. P.V. Réun. Const. Int. Explor. Mer, 180, pp. 221 - 227.
- Kawasaki T., & M. Omori, 1988. Fluctuations in the three major sardines stocks in the Pacific and the global trend in temperature. *In* : Long-term changes in marine fish populations. T. Wyatt and M.G. Larraneta (eds.) Vigo, Spain; Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo, pp. 37-53.
- Kifani S. 1991. *Approche spatio-temporelle des relations hydroclimat - dynamique des espèces pélagiques en région d'upwelling : Cas de la sardine du stock central marocain*. Thèse de Doctorat Univ. De Bretagne Occidentale: 301 pp.
- Kifani S. & F. Gohin, 1991. Influence possible de la température sur les disponibilités locales et les déplacements de sardines du stock central marocain. *Pêcheries Ouest-Africaines*. Ed. ORSTOM, pp. 278-289.
- Kondo K., 1980. *The recovery of the japanese sardine - the biological basis of stock- size fluctuations*. Rapp. P.V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer., 177, pp 332-354.
- Lasker R., & A. MacCall 1983. *New ideas on the fluctuations of the clupeoid stocks off California*. *Proceedings of the Joint Oceanographic Assembly*, 1982. General Symposia. pp 110 - 120.
- Lluch-Belda D., B. Lluch-Cota, S. Hernandez-Vazquez, C. A. Salinas-Zavala & R. A. Schwartzlose, 1991. Sardine et anchovy spawning as related to température and upwelling in the California Current System. *CalCOFI Rep.*, Vol. 32, pp. 105-111
- Lluch-Belda D., D.B. Lluch-Cota, S. Hernandez-Vazquez & C.A. Salinas-Zavala, 1992. Sardine populations expansion at the eastern boundary systems of the Pacific Ocean, as related to sea surface temperature. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 12, pp.147 - 155.
- Lluch-Cota D.B., S. Hernandez-Vazquez & S. Lluch-Cota, 1997. Empirical Investigation on the Relationship between Climate and Small Pelagic Global Regimes and El Nino-Southern Oscillation (ENSO). *FAO Fisheries Circular*, N° 934, Rome, FAO, 48 p.
- MacCall A. D., 1983. Variability of pelagic fish stocks off California. *In* : Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San José, Costa Rica, 18-29 April, 1983. G. D. Sharp et J. Csirke, éditeurs FAO Fish. Rept., 291, 2, pp 101-112.
- Makaoui A., J. Larissi, A. Orbi, K. Hilmi & S. Zizah, 1998. Evolution des caractéristiques océanographiques de la côte Atlantique marocaine. A paraître dans un Bulletin Spécial à l'INRH relatif à l'Etude de l'Ecosystème Pélagique.
- Nakai I., 1960. Fluctuations in abundance and availability of sardine populations caused by abiotic factors. *Proc. World Sci. Meeting Biol. Sardines*, FAO, 11, pp 1327- 1352.
- Nakai I., 1962. Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the japanese sardine (*Sardinops melanostica*), *Jap. J. Ichty* 9.
- Orbi A. et M. Nemmaoui 1992. Fluctuations des vents et variabilité de l'upwelling le long de la côte atlantique marocaine. *I.S.P.M. Trav. & Doc.* N°75.
- Orbi A., J. Larissi, A. Makaoui, S. Zizah et Hilmi K., 1998. Evolution des caractéristiques hydrologiques de la côte atlantique marocaine. *Travaux & Documents INRH* (en cours).
- Parrish R. H., C.S. Nelson, & A. Bakun 1981. Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California Current. *Biol. Oceanogr.*, 1 pp175- 203.
- Ropers, L. 1906. *Exposition de la condition économique et sociale du pêcheur sardinier*. Thèse de Doctorat, Faculté de l'Université de Paris, 287p.
- Roy C., 1996. Upwellings et zones de rétention. ORSTOM Brest, 9 p.
- Roy C., P. Cury & S. Kifani 1992. Pelagic Fish Recruitment success and reproductive strategy in upwelling areas : Environmental compomises. Eds Payne, A. I. L., Brink, K. H., Mann, K. H. and R. Hilborn. *S. Afr. J. mar. Sci.* 12 : 135-146 pp
- Roy C., 1991. Les upwellings: le cadre physique des pêcheries côtières ouest- Africaines. *Pêcheries ouest-Africaines*. Ed. ORSTOM, 38-66.pp
- Sinclair M., 1988. *Marine Populations. An essay on population regulation and speciation*. Washington Sea Grant Program. Univ. Washington Press, Seattle and London: 252p.
- Soutar A., & J. D. Isaacs 1969. History of fishes population inferred from fish scales in anaerobic sediments off California. *CalCOFI Rep.* 13, pp 63-70.
- Soutar A., & J. D. Isaacs 1974. Abundance of pelagic fish during the 19th and 20th centuries as recorded in anaerobic sediment off California. *Fish. Bull. U.S.* 72, pp 257 -273.
- Tanaka S., 1983. Variation of pelagic fish stocks in waters around Japan. *In*: Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San José, Costa Rica, 18-29 April, 1983. G.D. Sharp et J. Csirke, éditeurs FAO Fish. Rept., 291, 2, pp 101-112.
- Zizah S., J. Larissi & A. Orbi, 1997. Caractéristiques des paramètres hydrologiques des eaux atlantiques marocaines. Communication orale aux Deuxièmes Journées Maghrébines des Sciences de la Mer à Agadir (Maroc) 20 - 22 Décembre