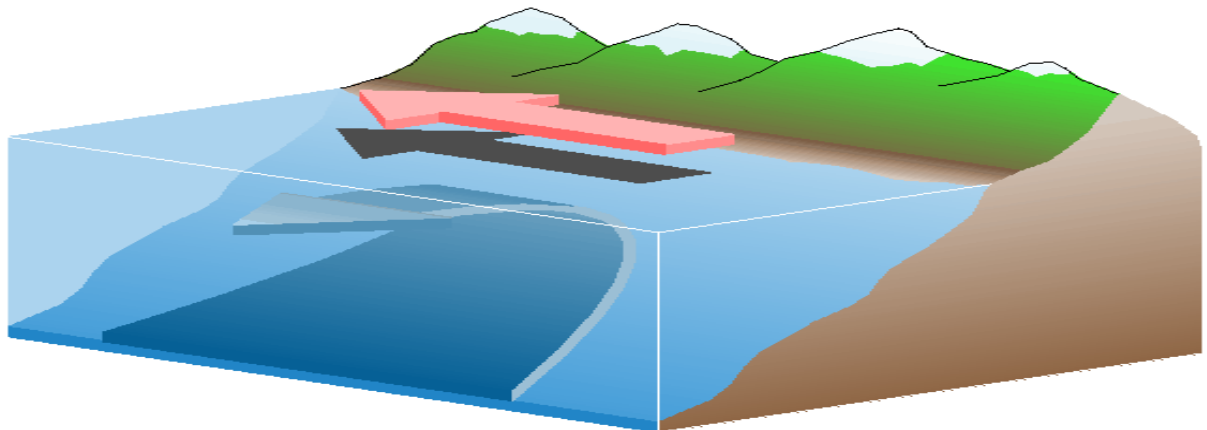




**Université Pierre et Marie Curie
Paris VI**

Master 2^e année Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie
Spécialité Océanographie et Environnements marins

**Etude des variations de la biomasse du thiof
(*Epinephelus aeneus*) sur les côtes de Mauritanie.
Influence de facteurs hydrodynamiques et
climatiques**



Par Moustapha OULD TELMIDI

2004/2005

Directeur de stage: Med Ould Med VALL

Laboratoire d'Evaluation des Stock (LES)

et Paul NIVAL

Laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-mer.

Introduction

Les premières enquêtes de terrain mises en place par le centre de recherche océanographique de Dakar-Tiaroye sur la côte nord du Sénégal en 1972, ont permis de révéler l'importance économique du thiof ou mérrou blanc (*Epinephelus aeneus*) dans ce pays en particulier et dans les pays de la sous région (Domain, 1980). En Mauritanie le poids socio- économique de cette espèce est très important, surtout en terme d'emplois et de revenus en devises. Le marché local est principalement approvisionné en thiof par la pêche artisanale. Le thiof pêché est destiné à la consommation locale et à l'exportation vers les pays de l'Europe, notamment la France. Cette espèce est principalement ciblée par la pêche artisanale, mais aussi par la pêche industrielle.

En général, les travaux sont rares sur les effets du forçage climatique sur les variations de l'abondances des espèces démersales en Afrique de l'ouest et notamment sur la relation entre le climat et la biomasse du mérrou blanc *Epinephelus aeneus*. En effet, les études d'évaluation de stocks négligent le plus souvent le poids de l'environnement dans leur diagnostic final sur l'état du stock. L'objectif de ce rapport est d'étudier les variations de la biomasse du thiof en fonction des fluctuations des indices climatiques, notamment l'indice d'upwelling et la NAO (North Atlantic Oscillation). Les données de pêche sur cette espèce ont été sélectionnées à partir de la base de données générale sur les ressources halieutiques en Mauritanie. Ces données sont obtenues par le chalutage des navires océanographiques de l'Institut Mauritanien de Recherche Océanographique et de Pêches (IMROP) alors que les données climatiques ont été fournies par le DRVE (Département des Ressources Vivantes et de l'Environnement) du même institut de recherche.

La première partie de ce mémoire va être consacrée à une introduction générale sur la pêche et le climat, une présentation des différents aspects biologiques du thiof et les caractéristiques géographiques et physiques et hydrologiques du plateau continental Mauritanien. Toujours dans cette partie, on parlera des différents phénomènes d'upwellings dans le monde, notamment de l'upwelling Mauritanien, et de leurs conséquences sur la production primaire, le recrutement et les variations de l'abondance des poissons pélagiques. Dans la seconde partie de ce mémoire, nous décrirons les matériels et méthodes utilisés dans le présent travail et présenteront les principaux résultats acquis en terme de relation climat-biomasse du thiof avant de les discuter et de dégager des perspectives futures de recherche.

1-Généralités

1-1-La pêche et le climat

Dans son traité général des pêches, Duhamel du Monceau (1769-1777 in Rothschild, 1989) notait que certaines années sont plus favorables que d'autres à la multiplication des poissons comme des espèces terrestres. L'histoire de la pêche maritime est ainsi jalonnée de périodes de développement auxquelles ont succédé des effondrements et des crises. Actuellement, avec l'effondrement de la majorité des stocks, l'objectif de la recherche n'est plus l'évaluation des quantités maximales que la pêche pourrait prélever, mais plutôt, la préservation de l'environnement et de ses ressources. A partir des années soixante-dix, avec le déclin des captures en mer du Nord, la recherche était dans l'impossibilité de l'expliquer sans associer l'effet de changements environnementaux à ceux de la mortalité par pêche dans la dynamique des stocks exploités. Depuis, la recherche s'est considérablement développée, jusqu'à aborder la quantification des rôles respectifs du climat et des activités anthropiques sur les espèces et la production des pêcheries à différentes échelles temporelles. A l'échelle des décennies, différents épisodes de réchauffement de la température moyenne des eaux de l'Atlantique Nord ont été observés dans les années trente, puis en 1965 et 80, et se sont accompagnés d'un changement de la composition en espèces de la faune planctonique et ichtyologique, avec une augmentation et une extension vers le nord de 10° de latitude des espèces d'eaux chaudes (Fromentin *et al.*, 1997 ; Boucher, 2003). Le mérout blanc, *Epinephelus aeneus*, qui est considéré comme une espèce tropicale, a été capturé dans le sud-est de l'Adriatique en 1998 et 1999, ce qui peut être interprété comme de nouveaux indices confirmant le réchauffement actuel des eaux de la Méditerranée nord occidentale (Glamuzina *et al.*, 2000). A l'échelle inter-annuelle, les variations des facteurs physiques contrôlant la production primaire (force et direction des vents, température de l'eau et énergie lumineuse) influent sur la survie des premiers stades du développement et contribuent ainsi au succès du recrutement et à la production des stocks. Les variations de production par pêche de harengs norvégiens suivent les variations de l'épaisseur de la couverture des glaces en Islande, augmentant durant les périodes de réchauffement pour diminuer ensuite avec la température (Boucher, 2003). La période actuelle est marquée par une évolution des conditions climatiques dans l'Atlantique Nord avec une augmentation de la température moyenne des eaux et de l'indice de pression de l'oscillation Nord Atlantique (NAO).

La vulnérabilité des espèces à la pêche dépend de leurs caractéristiques vitales ainsi que de l'extension de leur aire géographique. Au plan des caractéristiques biologiques, les espèces à taux de fécondité et de croissance élevés, qui sont des formes de petite taille et de faible longévité, sont moins vulnérables à l'exploitation que les formes de grande taille et de forte longévité, qui ont une faible fécondité et une faible croissance. Par ailleurs, des cas patents de changements de structures par l'érosion ou l'altération du réseau trophique sous l'effet de la pêche ont été démontrés (Pauly *et al.*, 1998). Une étude a ainsi conduit ces auteurs à conclure que les pêches réduisaient le niveau trophique des chaînes alimentaires marines.

Au plan écologique, force a été de constater les graves symptômes de changements irréversibles des ressources et des écosystèmes. Suite à une demande de la communauté européenne, un groupe d'expert du conseil international pour l'exploitation de la mer (CIEM/ICES) a étudié les poids respectifs de la pêche, de la prédation, des pollutions et des variations climatiques dans la dynamique des ressources marines. Les conclusions relèvent que les causes affectant l'abondance des populations exploitées sont par ordre décroissant d'importance : la pêche, le climat et la prédation. La pêche a le principal impact à court terme tandis qu'à long terme, ce sont les interactions du climat et de la pêche qui ont les effets principaux (Boucher, 2003).

1-2- Présentation de l'espèce

Le thiof (*Ephinephelus aeneus*) vit tout le long des côtes Est Atlantique, du Maroc jusqu'au sud de l'Angola. Cette espèce est fréquemment rencontrée sur les côtes Sud de la Méditerranée. De la famille des serranidés, le thiof est une espèce d'affinité saharienne que l'on trouve essentiellement dans les eaux froides de la partie supérieure du plateau continental Mauritanien, sur des fonds de 10 à 200 m. Cependant, elle présente une plus grande abondance au Sud du Cap Timiris sur les affleurements et bancs rocheux entre 10 et 50-60 m (CNROP, 1991). Le thiof pêché en Mauritanie semble appartenir à un seul stock dont les limites vont du Cap Blanc au Nord de la Mauritanie au Cap Roxo au Sud du Sénégal (Laurans, 2005). Le thiof affectionne particulièrement les fonds rocheux et les fonds sablo-vaseux où se trouvent concentrés les plus gros individus. Il est plus abondant pendant la saison froide. Il existe une stratification des tailles en fonction de la profondeur, les jeunes individus se trouvant toujours cantonnés tout près de la côte entre 25 et 55 m. Les jeunes restent dispersés en saison chaude sur les affleurements rocheux. En général, au sud de 18°N, on pêche les individus les plus jeunes d'une taille inférieure à 25 cm. (Dah *et*

al., 1991). Les gros individus, principalement ceux d'une taille supérieure à 60 cm, présenteraient une migration en fonction de la bathymétrie les individus migrant vers les plus faibles profondeurs en saison froide (Laurans, 2005).

Roy (1992) explique la migration saisonnière du thiof, du nord (20° N) vers le sud, par l'augmentation de l'intensité des upwellings Sénégalais et Mauritanien. L'intensité de l'upwelling au Cap-Blanc est minimale en décembre et janvier, alors que dans la même période l'upwelling sénégalais se développe et atteint un niveau supérieur à celui du Cap-Blanc. En période d'alizés, l'upwelling sénégalais se déclenche : les espèces à affinité saharienne ou espèces d'eaux froides dont *Epinephelus aeneus* localisées d'août à octobre dans les eaux mauritaniennes (entre 19° et 23° N), migrent vers le sud dès le mois de novembre pour se stabiliser vers 10° - 16° N en février-mars (Barry-Gérard, 1994). A partir d'avril, avec le réchauffement des eaux, se déclenche la migration inverse vers le Nord. Cury et Worms (1988) ont montré que le déplacement de ces populations serait étroitement lié à l'importance respective des upwellings mauritanien et sénégalais (Barry-Gérard, 1994).

Le travail de Cury et Worms (1982) constitue la première approche synthétique sur la biologie, la pêche et la dynamique de cette espèce en Afrique de l'Ouest. Ces auteurs ont montrés que le thiof est plus abondant pendant la saison froide. Bruslé et Bruslé (1975) ont étudié la sexualité d'*Epinephelus aeneus* sur les côtes tunisiennes. Ces auteurs ont mis en évidence l'hermaphrodisme protérogyne successif au niveau de la population. A partir de 70 cm, la proportion de mâles augmente progressivement : 25 % entre 67 et 76 cm, 51 % entre 77 cm et 80 cm, 68 % entre 86 et 91 cm. L'inversion est complète pour les tailles supérieures à 96 cm. En Mauritanie aucune étude ne précise la taille de la première maturité sexuelle de cette espèce. Dans le sud méditerranéen, sur les côtes tunisiennes, Bouain (1980) précise qu' *Epinephelus aeneus* atteint sa première maturité sexuelle à une taille de 40 cm et qu'à 50 cm toutes les femelles sont adultes. La période de reproduction principale du thiof se situe en saison chaude de juillet à septembre dans la zone comprise entre 16° 40' - 19° N, tandis qu'une deuxième phase reproductive aurait lieu précédemment durant la transition saison froide-saison chaude (mai-juin), où l'on observe une augmentation rapide de la température sur la zone située dans le banc d' Arguin. L'activité de ponte d' *E. aeneus* commence spontanément au mois de juin, au moment où la photopériode est à son maximum et la température de l'eau dépasse les 20° C. Cette activité de ponte se déroule toujours en plusieurs vagues et se poursuit jusqu'au mois de juillet (Khemis *et al.*, 1997). D'après Domain (1980) les importantes concentrations de juvéniles signalées sur le Banc d'Arguin et au sud de Nouakchott resteront dans ces zones jusqu'à ce qu'ils se reproduisent

avant de rejoindre les adultes un peu plus au large. En appliquant la méthode de Pauly (1980), l'estimation de la mortalité naturelle en fonction des paramètres de croissance définis par Cury et Worms (1982) et de la température du milieu (T), conduit, pour des températures de 15° C et 18°C aux valeurs du taux de mortalité M suivantes : 0,27 et 0,30. an⁻¹. De nombreux travaux ont été réalisés sur la croissance et la sexualité de l'espèce par les auteurs (Harmelin *et al.*, 1999 ; Hichem *et al.*, 1999). Néanmoins entre 5 et 12 ans le mérou est femelle, puis, jusqu'à la fin de sa vie (40 ans), il devient mâle.

1-3-Environnement physique

1-3-1-Plateau continental Mauritanien

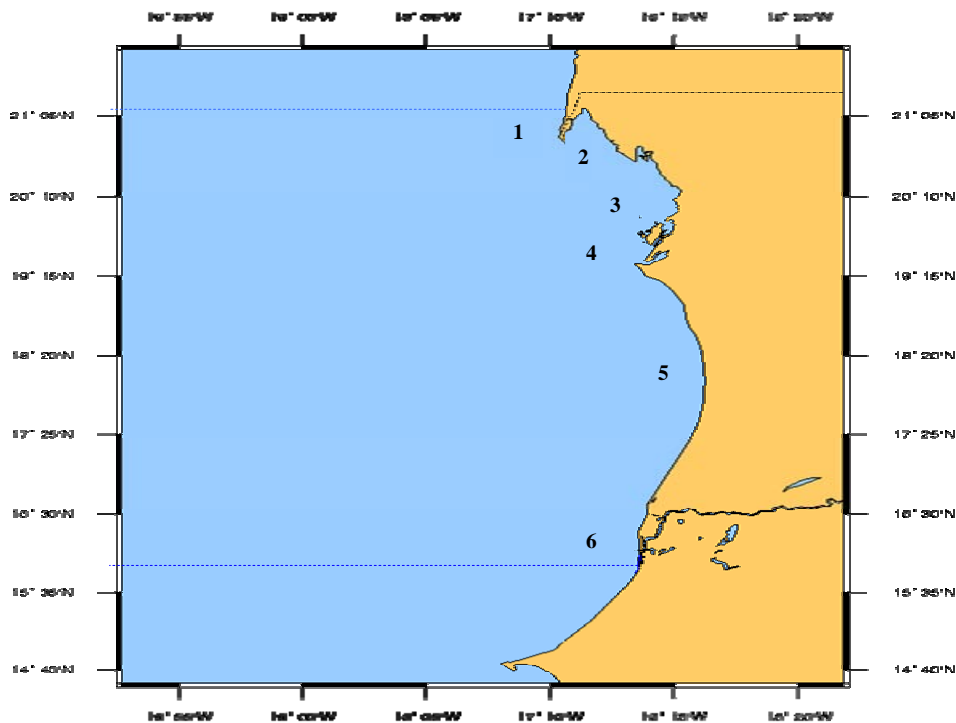


Figure 1 : *1 : Le Cap Blanc (Nouadhibou), 2 : La Baie de Lévrier, 3 : Le Banc d'Arguin, 4 : Cap Timiris, 5 : Nouackchott, 6 : N'Diago (Frontières maritime entre le Sénégal et la Mauritanie).*

Les côtes Mauritaniennes s'étendent sur l'océan Atlantique entre 16° 04' N et 20° 36' N de latitude Nord sur près de 720 km (figure 1). La ZEE mauritanienne couvre près de 230000 km² avec un plateau continental de 39000 km². La baie du Lévrier à l'Est de la presqu'île du Cap Blanc est l'une des plus vastes de la côte Ouest d'Afrique. Au sud de la baie de Lévrier s'étend le grand banc d'Arguin avec une largeur maximale de 50 milles environ. La couverture sédimentaire, de la côte vers le large, peut être décrite d'après Domain (1980) de la manière suivante : Sable de 0 à 35-40 m - Sable vaseux de 40 à 100-150 m - Vase sableuse de 150 à 200 m et plus.

1-4-Saisons hydrologiques

Les travaux du CNROP en 1991, ont permis plateau continental mauritanien, la température évolue de 19°C au Nord à 22,6°C au Sud les plus forts gradients étant observés dans la partie Nord. La température annuelle moyenne sur l'ensemble du plateau est de une bonne connaissance sur les caractéristiques hydrologiques en Mauritanie et notamment la distribution de la température moyenne pluriannuelle des eaux de surface. Ainsi, sur le 21,0°C. L'utilisation de paramètres, tels que le gradient méridional de température et la variabilité spatiale de température, a permis à l'équipe scientifique du CNROP en 1991 de scinder les saisons comme suit :

- saison froide : janvier-mai ;
- transition saison froide saison chaude : juin-juillet ;
- saison chaude : août-octobre
- transition saison chaude saison froide : novembre - décembre. La saison froide se caractérise par une plus grande homogénéité de distribution de la température.

La valeur moyenne de la température sur l'ensemble du plateau est de 18,4° C. Lors de transition saison froide saison chaud, un changement dans l'intensité de l'upwelling est observé, surtout dans la partie Nord où la température de l'eau augmente de façon très sensible. La température moyenne sur l'ensemble du plateau est de 22,3° C. Au cours de la saison chaude (août -octobre), les eaux tropicales chaudes occupent l'ensemble du plateau continental au sud de 20° N. La caractéristique particulière de la saison est l'orientation latitudinale générale des isothermes. La température moyenne sur l'ensemble du plateau est de 25,1° C. Enfin, durant la transition de la saison chaude à la saison froide, on observe une baisse rapide de la température sur l'ensemble du plateau continental. A cette période, la température moyenne est de 20,0° C.

La saison chaude est caractérisée par la présence d'une thermocline qui engendre un gradient thermique de l'ordre de 10° C entre 0 et 80 m. Au contraire, la saison froide voit une homogénéité assez remarquable des masses d'eau, et le gradient thermique est inférieur à 3°C. La densité et la stratification sont déterminées par la température (Lobry, 2000).

1-5-Les upwellings

Les études comparatives sur les habitats des poissons ont pu identifier trois processus physiques majeurs qui rendent l'habitat favorable à la production des poissons pélagiques côtiers ainsi qu'à d'autres espèces de poissons. Il s'agit des processus d'enrichissement (upwellings...), des processus de concentration (convergence, formation frontale, stabilité de la colonne de l'eau) et des processus favorisant la rétention à l'intérieur de l'habitat approprié (Bakun, 1997). Parmi les processus d'enrichissement, il convient de mentionner l'upwelling côtier, qui est un processus complexe créant des structures physiques, chimiques et biologiques originales qui diffèrent de celles rencontrées habituellement dans les zones océaniques du large ou dans les écosystèmes tempérés (Roy, 1992).

Le stress du vent sur la mer combiné la rotation de la terre (effet de Coriolis) oblige les masses d'eau superficielles à s'éloigner des côtes occidentales des continents dans les zones intertropicales. L'action du vent sur l'Océan provoque ainsi un transport des masses d'eau dirigé à 90° vers la droite de l'hémisphère Nord et appelé transport d'Ekman (Guichard, 1997). L'eau superficielle est remplacée par la remontée d'eaux profondes plus froides et plus salées que l'eau superficielle. Elles sont caractérisées par une grande concentration en nutriments tels que nitrates, phosphates et silicates, qui jouent un rôle déterminant dans le contrôle de la production primaire et le développement de la nourriture pour les poissons. Bakun (1973) a proposé de calculer un indice qui traduit le flux d'eau dans la zone côtière. L'indice d'upwelling (U_i) est calculé à partir du stress du vent en faisant intervenir le carré de la composante de la vitesse du vent parallèle à la côte. Cet indice a été appliqué aux études des variations de populations des poissons et d'autres organismes marins en Californie et dans d'autres régions du monde (Bakun, 1996).

L'intensité et la persistance des upwellings côtières sont donc intimement liées à la dynamique des vents côtiers qui varient dans le temps en vitesse et en direction. Par conséquent, l'intensité et la position de l'upwelling sont également variables.

D'une manière générale, les régions d'upwellings côtiers sont parmi les régions océaniques les plus productives du monde (Bakun, 1996). Chavez (1995) suggère que 50 % de la production mondiale de poissons proviennent de 1 % de la surface totale des océans dans le monde sous l'influence des upwellings. Dans le monde, il existe cinq courants côtiers principaux, qui sont liés à l'action d'upwellings : le courant de la Californie, le courant du Pérou, le courant des Canaries (ou courant du Nord-Ouest africain), le courant du Benguela et finalement un exemple plutôt anormal, le courant de la

Somalie, dans l'Océan indien occidental (Mann *et al.*, 1991; Young *et al.*, 2004). Des upwellings côtiers sont également observés dans beaucoup d'autres endroits du monde dès lors qu'un transport en mer à grande échelle de l'eau de surface se produit. D'autres secteurs d'upwellings côtiers importants incluent la frontière nordique du golfe de Guinée et les zones côtières de la Côte d'Ivoire et du Ghana (Bakun, 1996).

1-5-1-L'upwelling Mauritanien

Le littoral Mauritanien appartient à l'une des zones maritimes les plus productives du monde. L'upwelling est crée en zone côtière mauritanienne, sous l'effet combiné de la rotation de la Terre, du régime des vents et de la topographie (Guichard, 1997). L'upwelling du nord ouest Africain, est généralement plus fort dans les périodes de février à juin et d'octobre à décembre, apportant ainsi une eau riche en nutriments, d'une profondeur de 60 à 200 m, à la surface de la mer (Kuipers *et al.*, 1993). Si l'upwelling se produit pendant toute l'année au Cap Blanc, il est observé principalement en hiver au sud du Cap Blanc, dans la mesure où en été la cellule de haute pression des Açores qui contrôle la direction de vents de l'équateur se déplace davantage vers le nord (Mann *et al.*, 1991). Au sud de 20°N, l'upwelling est fort durant l'hiver et le printemps et absent en été et automne.

Les phénomènes d'upwelling (même en régime permanent) s'expriment toujours par des successions de courtes périodes (une semaine) durant lesquelles l'intensité est maximale (upwelling dit ON) et des périodes d'arrêt (upwelling dit OFF). En Mauritanie, environ 85% du temps, les vents côtiers soufflent dans la direction du nord. La vitesse moyenne du vent atteint son maximum durant les mois de mai et juin (9 m s^{-1}) et son minimum pendant les mois de novembre à décembre (6 m s^{-1}) alors que la productivité du phytoplancton décline, lorsque la vitesse du vent dépasse les 8 m s^{-1} . La période où le vent est fort, en moyenne ne dure que 14 jours (Ould Dedah, 1993).

La direction des grands courants océaniques superficiels sous l'effet de la force de Coriolis est orientée du nord vers le sud le long des côtes ouest de l'Afrique dans l'hémisphère Nord. La circulation océanique actuelle est caractérisée en surface par la présence de deux courants principaux : (1) le courant Nord Equatorial assimilé à une branche du Courant des Canaries, c'est un courant froid qui se déplace du nord vers le sud et (2) le contre Courant Equatorial est un courant chaud qui se déplace de l'ouest vers l'est/sud-est jusqu'à la côte africaine (Tilot, 1993). Le phénomène hydrologique le plus important associé à une zone d'upwelling côtier est la diminution de la température le long des côtes (figure x). Les températures les plus basses, de l'ordre de 17°C, sont enregistrées dans la zone du Cap Blanc. En été un front thermique se développe entre 20° et 21°N où le

courant côtier chaud, issu de l'intensification saisonnière du Contre Courant Equatorial qui amène des eaux de surface chaudes depuis le large, rencontre les eaux d'upwelling du nord. Les deux courants s'infléchissent vers l'ouest (Guichard, 1997).

Un premier système hydrologique localisé au nord de 21° N est formé par l'eau centrale Nord Atlantique (North Atlantic Central Water : NACW), alors qu'un second système formé par l'eau centrale Sud Atlantique (South Atlantic Central water : SACW) est localisé au sud de 21° N. La SACW, qui est située au sud du Cap Blanc est plus riche en nutriments que la NACW (Mann *et al.*, 1991). Au sud de Cap Blanc, il existe une gyre cyclonique entre 15° et 21° N dont la position varie avec les saisons, étant plus au nord pendant l'hiver et l'automne. La position de cette gyre est un facteur important qui contrôle les advections vers le large. (Guichard, 1997).

1-5-2-La production primaire

Dans les océans, les organismes autotrophes fixent le carbone par photosynthèse dans la couche euphotique. Ce phénomène s'appelle la production primaire (exprimée en gramme de carbone par unité de temps et unité de surface). Dans les zones d'upwelling, en réponse à l'enrichissement en sels nutritifs, la production primaire est très élevée (Berghuis *et al.*, 1993).. Le flux de particules organiques est entraîné vers l'écosystème benthique sous forme de pelotes fécales, d'agrégats ou de fines particules. Les composés organiques qui arrivent à l'interface eau-sédiment fournissent une source d'énergie indispensable au développement des communautés benthiques qui les consomment (Guichard, 1997).

Cushing (1990) remarque que la production la plus importante se produit plutôt durant les périodes où l'intensité de l'upwelling est la plus faible. La production totale est ainsi estimée comme une fonction inverse de la vitesse de l'upwelling. La raison de ceci est que les fortes turbulences et advection associées à un upwelling intense ne permettent pas la mise en place du réseau trophique. L'upwelling en Mauritanie est minimal pendant l'automne, favorisant ainsi le développement du zooplancton, qui atteint sa densité maximale durant cette période. Si les populations de phytoplancton peuvent répondre plutôt rapidement aux conditions favorables fournies par l'upwelling, la réponse du zooplancton est par contre plus lente (Mann *et al.*, 1991). Rappelons que les secteurs peu profonds de l'écosystème du Banc d'Arguin, sont dominés par une production primaire benthique (Wolff *et al.*, 1993). Cette réserve naturelle joue un rôle très important dans le renouvellement de la ressource halieutique en Mauritanie.

1-5-3-Le recrutement

Un aspect qui est déterminant dans la production des stocks de poissons est le recrutement qui est défini comme le nombre d'individus survivant à un âge donné, ou à une étape donnée de leur vie dans une année (Rothschild, 1998). Le taux de survie des oeufs, larves et post-larves varie fortement d'une année à l'autre sous l'effet des fluctuations de l'environnement. Les effets du forçage climatique se répercutent directement sur le succès du recrutement pour une biomasse féconde donnée (Daan, 1989). Le développement des larves dépend fortement de la production et de la disponibilité de la nourriture produite au cours de cette phase critique, sous l'influence de facteurs environnementaux qui sont : le vent, le rayonnement solaire et la température. Ceux-ci affectent la production primaire et par conséquent gouvernent les processus de la croissance et de la mortalité pendant la vie larvaire. Les taux de développement des oeufs et des larves dépendent inversement de la température (Cushing, 1995).

1-5-4- La pêche et l'upwelling

Dans bien des cas, si l'exploitation semble être un facteur responsable des bouleversements observés dans la structure des communautés halieutiques, ces dernières sont aussi sensibles aux fluctuations de l'environnement, notamment dans les grandes régions d'upwelling où, au cours des siècles, les stocks d'anchois et de sardine sont alternativement passés par une série d'effondrements et de reconstitutions spectaculaires. Ainsi, dans la plupart des cas, les changements climatiques ont joué un rôle déterminant, comme le montre l'impact du phénomène d'*El Niño* appelé aussi ENSO (El Niño-Southern Oscillation) sur les stocks d'anchois du Pérou (Daan, 1989).

En général, les upwellings sont caractérisés par des populations massives de poissons pélagiques et de petite taille tels que les sardines et les anchois (Bakun, 1996). Dans les principaux upwellings, les anchois et les sardines effectuent leurs pontes dans les zones côtières où les masses d'eau sont soumises à des upwellings modérés et à un transport advectif lent. Ces zones confèrent deux avantages à ces espèces : les larves ne sont pas fortement transportées vers le large, et la production de la nourriture est plus importante (Cushing, 1990). Les sardines et les anchois du Pérou, ont tendance à vivre et accomplir leurs pontes dans des conditions où le transport d'Ekman est positif, et les turbulences sont faibles (Cushing, 1995).

Bakun et Parrish (Lasker, 1989) concluent qu'il existe une tendance chez les poissons à éviter les secteurs où l'upwelling est maximum. Les principaux stocks d'anchois se trouvent plutôt dans les secteurs moins turbulents, en aval des zones à upwelling fort (Lasker, 1989). D'ailleurs c'est le cas du thiof, qui effectue son frai dans les zones côtières et peu profondes du Banc d'Arguin et au sud e Nouakchott (18° N de latitude).

1-6-L'Oscillation Nord Atlantique (la NAO)

Un phénomène climatique, qui joue un rôle très important sur les conditions météorologiques et l'hydrodynamisme, en Atlantique Nord est l'Oscillation Nord Atlantique (NAO). Dans cette région, les fluctuations climatiques aux moyennes et hautes latitudes se caractérisent par un petit nombre de structures bien définies, exhibant une forte cohérence spatiale à grande échelle sur le bassin Atlantique. L'Oscillation Nord Atlantique est le mode atmosphérique dominant, son influence s'étendant de la côte Est des Etats-Unis à l'Eurasie et l'Afrique du Nord, jusqu'à l'Arctique. L'Oscillation Nord Atlantique représente une distribution des masses atmosphériques entre les régions arctiques ou subarctiques et les régions subtropicales de l'Atlantique. Elle lie l'intensité des basses pressions d'Islande à la force et l'extension de l'Anticyclone des Açores. L'Oscillation Nord Atlantique se mesure traditionnellement à l'aide d'un indice calculé comme un différentiel de pressions de surface normalisée entre les Açores et Islande. Les moyennes mensuelles, saisonnières ou des mois d'hiver (décembre à mars) sont traditionnellement retenues dans le calcul de l'indice dans la mesure où la signature de la NAO en terme d'impact est la plus forte en cette saison. Rappelons que le plateau continental Mauritanien est sous l'effet de l'oscillation de la zone intertropicale de convergence qui sépare la zone de hautes pressions de l'Atlantique nord de celle de basses pressions de l'Atlantique sud, les conditions météorologiques y sont variables. Par ailleurs la NAO est composée de deux phases : positive et négative. Lorsque celle-ci est positive les alizés sont importants et les eaux sont froides au large des côtes de l'Afrique de l'Ouest. Par contre dans la phase négative les alizés sont faibles et la température est plus élevée au large de l'Afrique de l'Ouest.

2-Matériels et Méthodes

2-1-La répartition spatiale de la ZEE Mauritanienne

Dans le cadre de ce travail, la Zone Economique Exclusive Mauritanienne (ZEE) est divisée en 3 zones et 9 strates en fonction de la bathymétrie et de la latitude (figure 2) :

- zone Nord commence à partir de 19° 15' N jusqu'au niveau du Cap Blanc ;
- zone Centre comprise entre les latitudes 17° 45' et 19° 15' N ;
- zone Sud de 17° 45' N jusqu'à la frontière maritime avec le Sénégal.

Chacune des zones est composée de 3 strates (strates 1-2-3 pour la zone Nord, strates 4-5-6 pour la zone Centre, 7-8-9 pour la zone Sud). Les strates sont réparties en fonction de la bathymétrie : les strates 1-4-7 pour des profondeurs de 80 à 200 m, les strates 2-5-8 entre 30 et 80 m, et les strates 3-6-9 entre 0 et 30 m.

2-2-les bateaux et les engins de pêche

Les données ont été obtenues par chalutage à bord du N/O N'DIAGO et à bord du N/O-ALAWAM de 1982 à 2004. Le chalut utilisé par le N'DIAGO pour la prospection du plateau continental mauritanien est de type "Irlandais" de 45 m de corde de dos avec un maillage de 41 mm de coté (CNROP, 1991). Le N/O AL-AWAM est équipé d'un chalut de type "Japonais" avec un maillage de 40 mm. Pour des raisons logistiques et pratiques et d'efficacité du chalut, le N/O AL-AWAM a toujours utilisé le train de pêche de type Irlandais pour le chalutage démersal, depuis sa mise en pêche en 1997. Les ouvertures verticale et horizontale du chalut sont respectivement de 5 m et de 18 à 19 m. Les traits de chalut ont été réalisés entre 9 et 200 m sur l'ensemble du plateau continental mauritanien à l'exception de la Baie du Lévrier et du Banc d'Arguin. Deux campagnes sont réalisées chaque année : une campagne est effectuée pendant la saison froide et l'autre durant la saison chaude. La mission du mois d'août, systématisée depuis 1988, vise à évaluer le recrutement principal d'*Octopus vulgaris* (Girardin, 1990).

2-3-Echantillonnage

2.3.1-Echantillonnage stratifié

Le protocole d'échantillonnage qui a été adopté pour ces campagnes est l'échantillonnage aléatoire stratifié, qui détermine la fréquence des stations de chalutage en fonction de l'importance de la superficie de chaque strate. L'échantillonnage aléatoire stratifié consiste généralement à subdiviser la zone d'étude en sous-ensembles appelés : strates. Le choix des strates peut être fondé sur des critères permettant d'assurer une homogénéité dans la strate, comme la nature du substrat, la bathymétrie ou des limites géographiques (Idelhaj,

1990). La méthodologie, décrite en détail par Bergerard *et al.* (1983), n'a subi que des aménagements de détail. Très schématiquement cette méthode peut être résumée de la façon suivante :

- la région à échantillonner est subdivisée en un certain nombre de strates correspondant chacune à un milieu bien défini ;

- la surface de ces strates est évaluée par planimétrie et dans chacune d'entre-elle un nombre de traits de chalut proportionnel à cette surface est défini ;

- la position de chaque trait à l'intérieur de chaque strate est ensuite déterminée au hasard. L'échantillonnage aléatoire stratifié qui tient mieux compte des tendances de la répartition du poisson en fonction de facteurs du milieu tels que la bathymétrie, la nature du fond ou les variations saisonnières des conditions hydrologiques, a été utilisée pour les différentes campagnes de chalutage entre 1982 et 2004. Les stations de chalutage ont été réparties entre la côte et les fonds de 200 m. L'évaluation des ressources démersales par chalutage est faite généralement à partir de radiales perpendiculaires à la côte et comportant des stations à des profondeurs standards. (Bergerard et Domain, 1983). L'allocation du nombre de traits est proportionnelle à la surface des différentes strates, avec en moyenne, une station pour 133 milles carrés. Durant la reprise de la deuxième phase à l'automne 1986, le nombre de stations par campagne a été augmenté, passant à une station pour 100 milles carrés (1987) et à une pour 70 milles carrés (CNROP, 1991).

2.3.2 - Captures à bord du N'Diogo et Al- Awam

Lors de chaque trait, toute la prise a été triée et répartie par espèces pour un inventaire numérique et pondéral. Dans le cas de prises très importantes, seules une fraction a été conservée pour le tri. Le tri a été effectué à la pelle. Par contre, lors de prises importantes, toutes les espèces présentant de gros individus ont été extraites avant de commencer le sous-échantillonnage.

2-4-Traitement des données et évaluation de la biomasse

2.4.1-Démarche d'acquisition des données

Une moyenne annuelle de 1982 à 2004, a été calculée pour la biomasse du thiof en divisant la valeur de la capture en kilogramme de chaque station par la surface balayée par le chalut en mille nautique au carré ($0,0189 \text{ mn}^2$) avant de reconvertir le produit de cette division en tonnes par mn^2 ($d = t.\text{mn}^2$). La biomasse totale (en tonnes) est calculée en multipliant la biomasse (d) par la surface de la strate en mn^2 . Par contre, le rendement est la capture en kilogramme par coup de chalut durant 30 minutes de chalutage ($\text{kg} / 30$

minutes). Une biomasse moyenne (tonnes. mn²) est calculée par années, mois, zones, profondeurs, strates et saisons durant la période de 1982 à 2004.

2.4.2 - Méthode de l'aire balayée

L'aire balayée par le chalut durant une période de temps t correspond au rectangle couvert par le chalut. La surface de cette aire est le produit de la distance parcourue par la largeur du chalut. Cette distance est déduite de la vitesse du bateau et de la durée de chalutage, c'est-à-dire la différence entre le temps de filage et le temps de virage, de sorte que : $D = V t$ avec D : la distance parcourue par le chalut (mille nautique) ; V : la vitesse exprimée en nœuds (mille nautique h⁻¹) et t : la durée de chalutage (heure), ici 0,5 heure.

La surface échantillonnée par un trait de chalut (a) a été estimée dans ce rapport à 0,0189 milles² en se basant sur une vitesse de 3,5 nœuds (1 mille nautique = 1852 m), et une largeur efficace, entre les pointes d'ailes de 20 m, pour le chalut utilisé par le N'Diogo. Par ailleurs pour le chalut d'Al-Awam cette largeur est de 18,5 m. Dans ce travail on pris en considération la largeur du chalut du bateau de recherche le N'Diogo, qui a été utilisé aussi par le nouveau navire Al-Awam durant les différentes campagnes de chalutage démersal de 1982 à 2004.

La vitesse du bateau, fixée à 3,5 nœuds, n'est connue que par rapport à la surface de la mer et un courant contraire peut ainsi introduire un biais au niveau de l'estimation de la distance parcourue par le chalut sur le fond. De même, la largeur efficace du chalut dépend de la longueur de la corde de dos et de la position des panneaux ainsi que de leur distance par rapport aux pointes d'ailes du chalut (Bergerard et Domain, 1983). Ces deux aspects n'ont pas été pris en compte dans notre étude. L'ouverture horizontale O est donc supposée équivalente à la longueur de la corde de dos tel que : $O = f h$ avec O : l'ouverture (mille nautiques) ; f : constante en mille nautiques.m⁻¹ et h : longueur de corde de dos (m). L'aire balayée par trait de chalut de 30 minutes (a , en mn²) est donc : $a = D O$ soit $a = V.t.f.h$

Une estimation de la biomasse pêchée (d , en tonnes. mn²) est obtenue en divisant chaque capture d'un trait de chalut (C , en tonnes) par la valeur de l'aire balayée (a , en mn²), qui est d'ailleurs standard pour chaque trait de chalut tel que : $d = C / a$ Soit A_i , la superficie totale de la strate i étudiée en mn², on obtient alors une estimation de la biomasse totale de la strate i , B_i en tonnes à partir de l'expression suivante : $B_i = dA_i$

3-Résultats

3.1 -Variation des biomasses moyenne du thiof

De 1982 à 2004, la biomasse du thiof décroît de 0,46 t.mn⁻² en 1982 à 0,11 t.mn⁻² en 2004 en dépit de fortes variations inter-annuelles (**figure 2**). La gamme de variation va ainsi de 0,73 t .mn⁻² en 1990 à 0,10 t.mn⁻² en 2001. A partir de 1983 la biomasse moyenne chute de 0,67 t.mn⁻² à 0,20 t.mn⁻² en 1986, puis elle remonte en 1987 avec 0,48 t.mn⁻² pour atteindre un maximum de l'ordre de 0,73 t.mn⁻² en 1990. Alors qu' en 1997 la biomasse moyenne est de 0,17 t.mn⁻². Par contre dans les années 2000, la biomasse moyenne varie ente 0,10 t.mn⁻² en 2001 et 0,24 t.mn⁻² en 2003. La plus importante chute de biomasse est observée au milieu des années 80. Cependant la variabilité interannuelle est plus forte dans les années 90, puis elle a nettement diminué dans les années 2000 par rapport aux décennies précédentes.

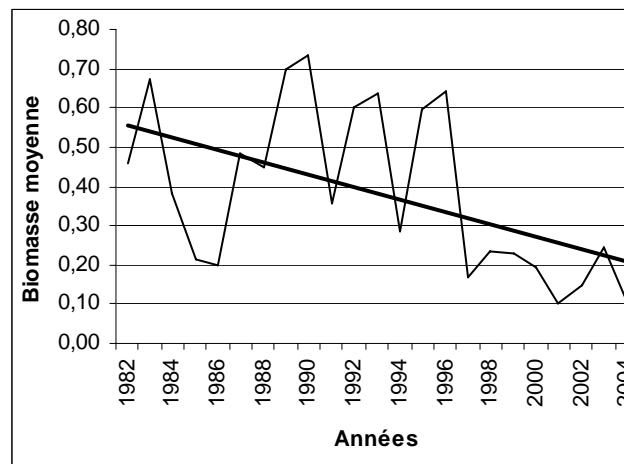


Figure 2 : Les variations de la biomasse moyenne annuelle (t.mn⁻²) du thiof de 1982 à 2004. ($y = -0,0158x + 0,5735$; $r^2 = 0,256$; $r = 0,506^*$)

3.2 - Répartition spatio-temporelle de la biomasse

3.2.1-Répartition par zone

Pour ce qui est de la répartition spatio-temporelle du thiof par zone, on constate quelle varie d'une année à l'autre. Dans les années 80 le thiof était plus présent dans la zone sud et centre (**figure 3**).

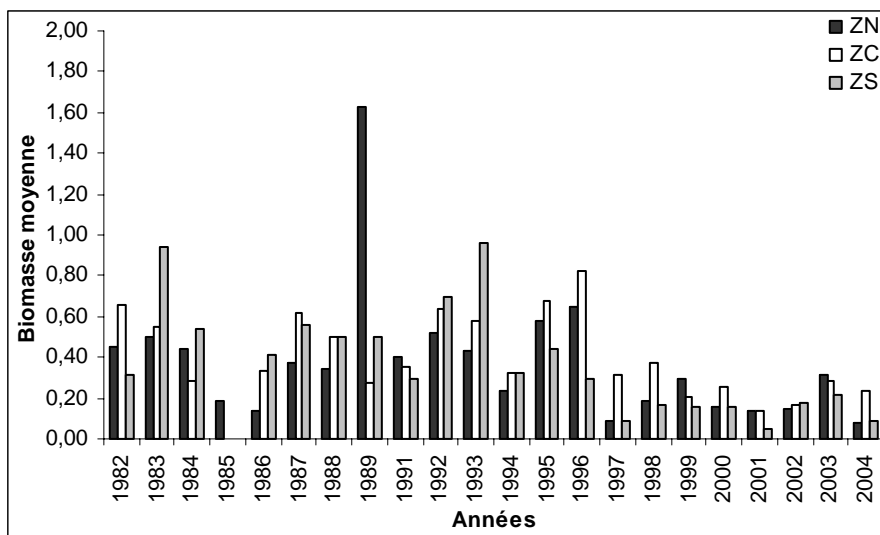


Figure 3 : La biomasse moyenne t.mn⁻² par zones de 1982 à 2004. ZN : Zone Nord, ZC : Zone Centre, ZS : Zone Sud.

Pour les années 90 le thiof était présent en 1991 dans la zone nord, puis entre 1992 et 1993 il est plus abondant dans la zone sud et entre 1995 et 1998 c'est la zone centre où sa présence est plus marquée. En 1999 le thiof est présent avec une biomasse moyenne de 0,29 t.mn⁻² au niveau de la zone nord. Dans les années 2000, le thiof est moins abondant et présent dans toutes les zones. Par contre durant l'année exceptionnelle de 1989 le thiof était largement présent dans la zone nord. En général le thiof est plus abondant dans la zone nord et centre.

3.2.2-La répartition par bathymétrie

Concernant la répartition bathymétrique, on constate que le thiof était plus fréquent dans les eaux peu profondes au début des années 90, c'est-à-dire entre 0 et 30 mètres (**figure 4**).

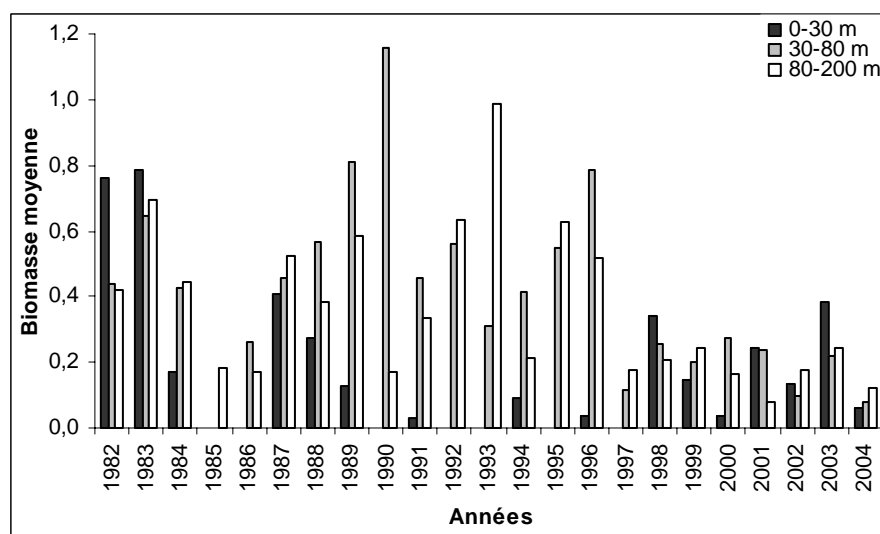


Figure 4 : La biomasse moyenne t.mn⁻² et la profondeur en mètres de 1982 à 2004.

Au cours de ces années la biomasse de cette espèce est plus importante en 1990 avec 1,15 t.mn² au niveau de la profondeur comprise entre 30 et 80 mètres. En 1992 et 1993 le thiof est plus abondant dans les profondeurs qui sont situées entre 80 et 200 mètres. Dans les années 2000 le thiof est réparti dans toutes les profondeurs bathymétriques. En général on peut dire que la biomasse la plus importante du thiof est observée au niveau de la profondeur 30 et 80 mètres.

3.2.3 -La répartition de la biomasse du thiof et les saisons

La figure 5 donne l'ensemble des biomasses par saison pour la série temporelle. On constate qu'en été la plupart des valeurs se situent en dessous de 0,4 t.mn² sauf pour les années 1982, 1983, 1989 et 1990. Cependant durant ces 4 années, on constate que l'effort d'échantillonnage est moins important pendant la saison chaude par rapport à la saison froide, ce qui exclu le rôle de l'effort d'échantillonnage dans le pic d'abondance durant ces 4 années, donc cette forte variabilité interannuelle de l'abondance du thiof pendant la saison chaude, peut être due aux conditions climatiques plus favorables à la croissance de l'espèce pendant ces 4 années exceptionnelles. Si on ignore ces 4 années pour les deux saisons et afin de mesurer leurs impacts sur la distribution de la biomasse pendant la saison froide et la saison chaude sur l'ensemble de la série d'observation, on constate que les valeurs de la biomasse sont souvent plus importantes en saison froide qu'en saison chaude (**figure 6**). Un test t de Student montre que les deux moyennes sont significativement différentes au risque de première espèce α de 0,05 (d saison chaude = 0,27 t.mn² ; d saison froide = 0,37 t.mn² et p = 0,014). et la variation interannuelle de la biomasse du thiof est plus forte pendant la saison chaude

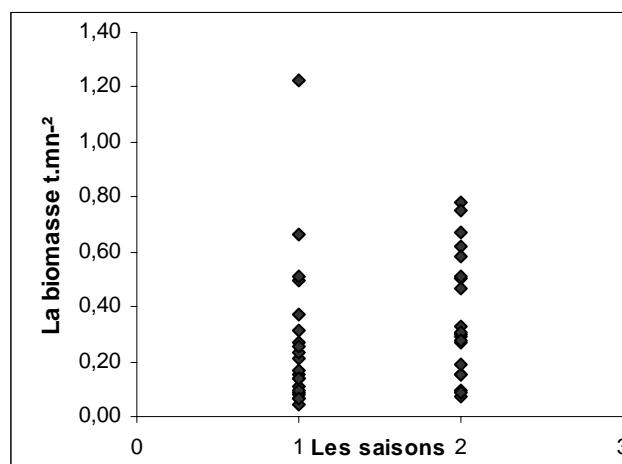


Figure 5 : Biomasse myenne du thiof durant les saisons chaude et froide de 1982 à 2004. 1 : saison chaude, 2 : saison froide.

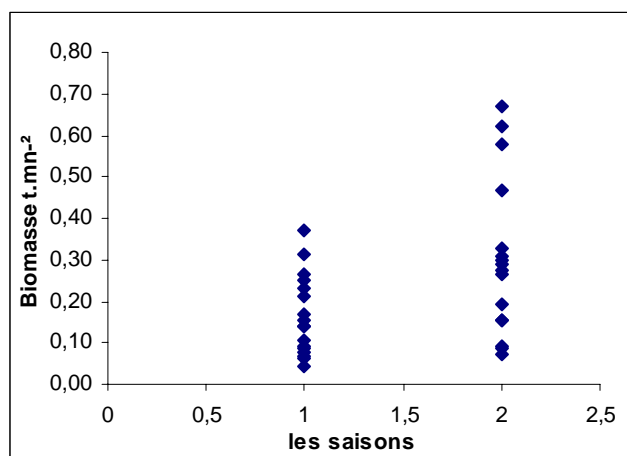


Figure 6 : Biomasse moyenne du thiof durant les saisons chaude et froide (sans 1982, 1983, 1989, 1990) de 1982 à 2004. 1 : saison chaude, 2 : saison froide.

3.4- Indice d'upwelling

Avant d'analyser les variations de l'indice d'upwelling et d'étudier la relation qui peut exister entre les valeurs de cet indice et l'abondance du thiof, il me paraît intéressant de faire un rappel sur la structure de la base de données de l'indice d'upwelling en Mauritanie. En effet les données dont nous disposons sont tout d'abord une moyenne annuelle pour cet indice de 1982 à 2000, puis une moyenne mensuelle de 1991 à 2000 et après cette date on a pas d'information concernant l'upwelling Mauritanien. Par ailleurs au cours de ce travail, on va utiliser la série chronologique de la moyenne mensuelle de l'indice d'upwelling entre 1991 et 2000.

De 1991 à 2000, la moyenne par mois de l'indice d'upwelling de la série de données, présente la valeur la plus forte pendant le mois de mars avec 2,79, suivi par les mois d'avril et de mai (**figure 7**). Puis, l'indice d'upwelling est le plus faible durant les mois de juillet, août et septembre. Le minimum se trouve en août (0,26).

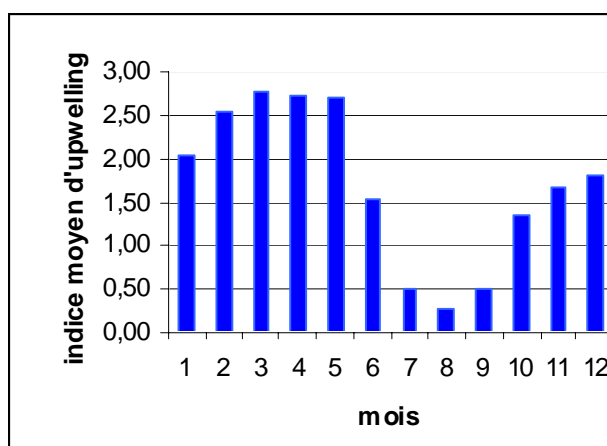


Figure 7 : Evolution mensuelle de l'indice d'upwelling (moyenne par mois dans la série de 1991 à 2000).

La moyenne annuelle de l'indice d'upwelling varie entre 2,06 en 1993 et 1,37 en 2000. Si on compare uniquement la biomasse du thiof observée durant la saison froide, avec les variations de l'indice annuel moyen d'upwelling durant la décennie 90, on constate qu'il n'y a pas de rapport direct entre les valeurs les plus élevées de l'indice d'upwelling et les variations de la biomasse du thiof (**figure 8**).

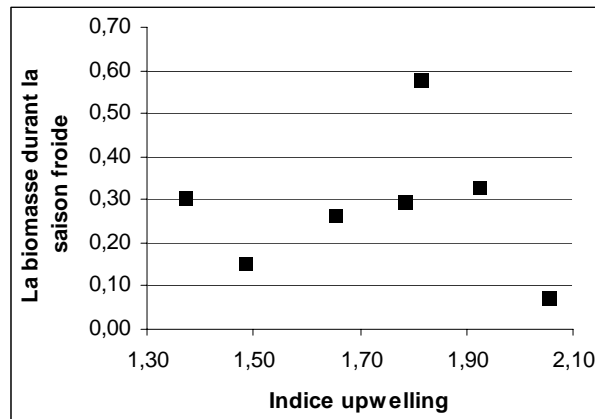


Figure 8 : la relation entre l'indice moyen annuelle d'upwelling et celle de la biomasse moyenne du thiof (t/mn^2) en saison froide de 1991 à 2000. ($y = -0,0262x + 0,3321$) ; $r^2 = 0,0016$; $r = 0,04$, NS.)

Par contre durant la saison chaude, on remarque que la biomasse du thiof est plus importante lorsque les valeurs de l'indice d'upwelling sont les plus élevées (**figure 9**).

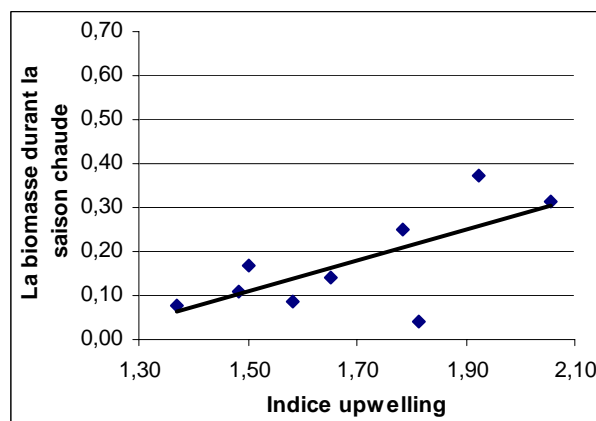


Figure 9 : La relation entre l'indice moyen annuel d'upwelling et celle de la biomasse moyenne du thiof durant la saison chaude, de 1991 à 2000. ($y = 0,3559x - 0,4259$) ; $r^2 = 0,4912$; $r = 0,7008^*$.

Une comparaison de la biomasse observée durant les saisons chaude et froide avec l'indice d'upwelling des mois correspondant montre que la relation est significative uniquement de juillet jusqu'à décembre. Autrement dit, seule la biomasse de la saison chaude est corrélée significativement à l'indice d'upwelling des mois d'été (tableau 1). On suggère que l'indice d'upwelling a une influence indirecte sur l'abondance mensuelle du thiof : celle-ci est plus importante durant les mois d'été alors que l'indice d'upwelling est plus important pendant les mois d'hiver. Donc, un cycle de temps de quelques mois (3 mois) est nécessaire pour que le thiof profite de l'enrichissement de l'upwelling hivernal à travers le réseau trophique.

Tableau 1 : Relation entre la densité moyenne en saison froide et saison chaude sur la zone d'étude et l'indice moyen d'upwelling (U_i) pour chaque deux mois de l'année. Le coefficient de détermination (r^2) exprime la part de la variance de la densité expliquée par l'indice d'upwelling. le coefficient de corrélation (r) donne la dispersion des points autour de la relation linéaire. Significativité: risque de première espèce 0,05; NS: non significatif; *: significatif.

U_i périodes (mois)	d (saisons)	r^2	r	n points	signification
1 et 2	froid	0,0269	0,1640	8	NS
3 et 4	froid	0,0429	0,2071	8	NS
5 et 6	froid	0,1813	0,4257	8	NS
7 et 8	chaud	0,4055	0,6367	9	*
9 et 10	chaud	0,8724	0,9340	9	*
11 et 12	chaud	0,4742	0,6886	9	*

3.5-Indice climatique NAO

Une moyenne de l'indice NAO a été calculée pour les trois premiers mois (janvier, février, mars) de chaque année afin de les comparer ultérieurement avec la biomasse moyenne du thiof observée durant la même période. On constate que les valeurs de l'indice NAO sont positives de 1982 à 2005, sauf pour les années 1985 et 1987 où les valeurs de cet indice étaient négatives. Les valeurs les plus importantes ont été observées en 1989 et 1990, suivi par les années 1999 et 2000, puis les années 1984 et 1986 (**figure 10**).

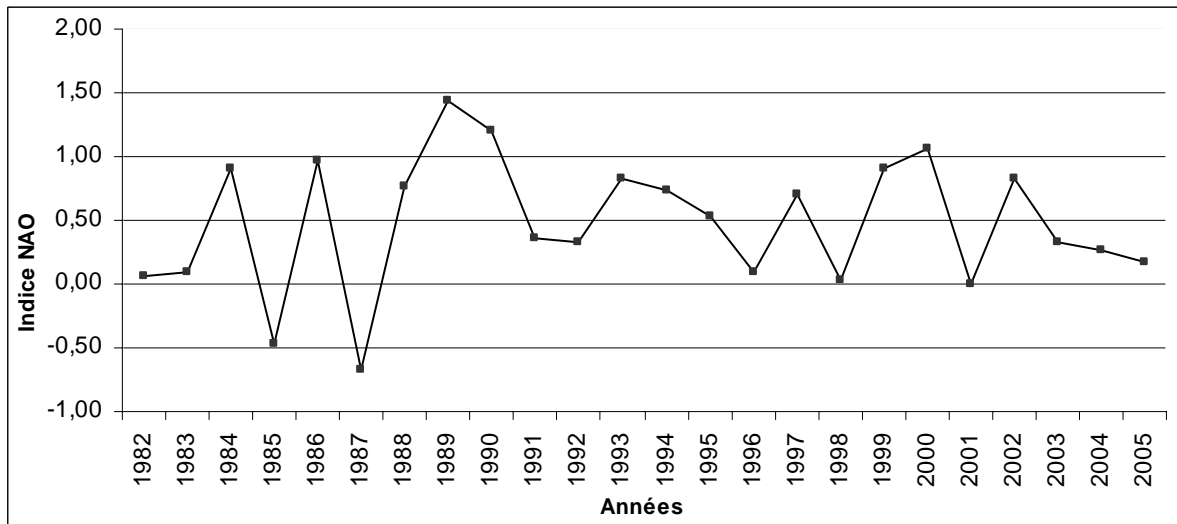


Figure 10 : Variation de la moyenne des 3 premiers mois de l'année (janvier, février, mars) de l'indice NAO de 1982 à 2005.

Pour étudier la relation qui peut exister entre l'indice NAO et la biomasse du thiof, nous avons comparé dans un premier temps la biomasse moyenne annuelle du thiof aux valeurs de la moyenne des trois premiers mois de l'année de l'indice NAO. On constate que la relation n'est pas significative entre ces deux variables même si les valeurs élevées de la biomasse se rencontrent durant la phase positive du NAO (**figure 11**).

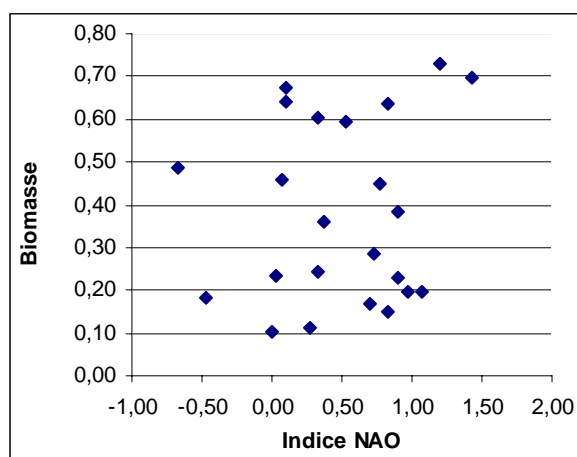


Figure 11 : Le rapport entre la **biomasse moyenne annuelle** du thiof et la moyenne de l'indice NAO des **trois premiers mois** de l'année. ($y = 0,0559x + 0,3555$; $r^2 = 0,019$; $r = 0,137$, NS). La biomasse : biomasse moyenne $t. mn^2 / an$. Indice NAO : la valeur moyenne du NAO des 3 premiers mois de chaque année (janvier, février, mars). De 1982 à 2004.

Dans un second temps, les biomasses des saisons chaude et froide ont été traitées séparément. Aucune relation significative n'a été observée entre la biomasse du thiof pendant la saison chaude et l'indice NAO (**figure 12**). Par contre, la valeur maximale de biomasse de 1,23 t.mn⁻², a été observée au cours de l'année 1989, pour une valeur élevée de l'indice NAO de 1,43. La valeur la plus faible pour la NAO a été observée en 1996 avec une biomasse de l'ordre de 0,04 t.mn⁻².

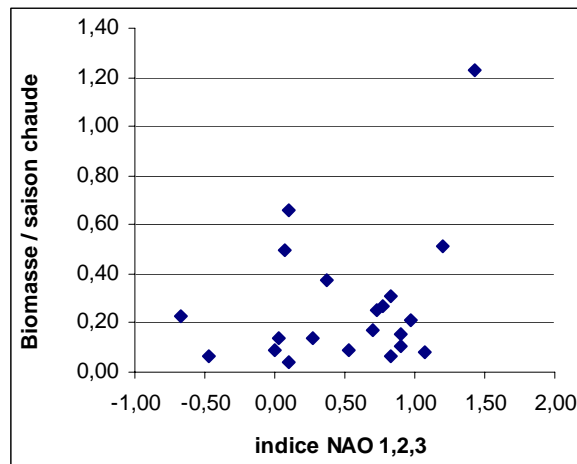


Figure 12 : La relation entre la biomasse moyenne du thiof observée durant **la saison chaude**, avec l'évolution de la **valeur moyenne des 3 mois de l'indice NAO** ($y = 0,1633x + 0,1878$ $r^2 = 0,1046$; $r = 0,323$ NS). *Biomasse moyenne durant la saison chaude (t.mn⁻²).* *Indice NAO : la valeur moyenne des 3 mois (janvier, février, mars) de 1982 à 2004. (Pas d'information concernant la biomasse du thiof pour les années 1992 et 2003).*

De même, il n'existe pas de relation entre la biomasse du thiof au cours de la saison froide et l'indice NAO (**figure 13**).

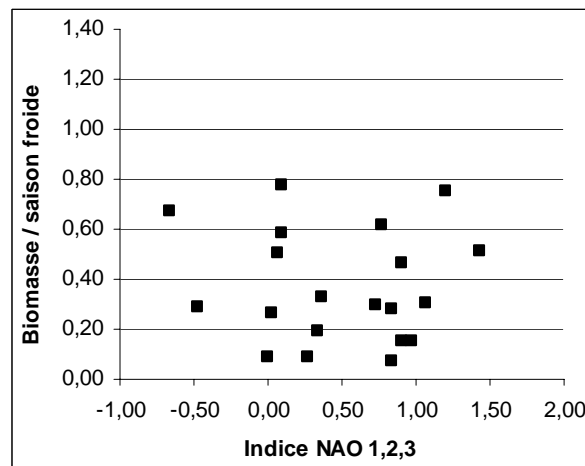


Figure 13 : relation entre la biomasse moyenne du thiof observée durant **la saison froide**, avec l'évolution de la **valeur moyenne des 3 mois de l'indice NAO**. ($y = -0,0266x + 0,3832$; $r^2 = 0,0043$; $r = 0,065$ NS). *Biomasse moyenne durant la saison froide (t.mn⁻²).* *Indice NAO : la valeur moyenne des 3 mois (janvier, février, mars) de 1982 à 2004. (pas d'information concernant la biomasse pour les années 1992, 1995 et 1997).*

4-Discussion

Dans cette partie, on abordera les limites de la méthode de l'air balayée, puis on discutera les différents résultats qui sont relatifs à la relation significative qui existe entre la biomasse moyenne du thiof durant la saison chaude et l'indice moyen de l'upwelling, observé pendant l'été, mais également on parlera à la fin de cette partie de la relation entre l'indice de l'Oscillation Nord Atlantique (la NAO) et la biomasse moyenne du thiof.

Les limites de la méthode de l'air balayée, sont liées au degré de précision des paramètres de l'équation permettant de calculer l'indice d'abondance 'd' qui représente ici la biomasse moyenne, en particulier l'efficacité du chalut. En raison de la difficulté d'apprécier l'efficacité du chalut, on divise traditionnellement 'd' par le coefficient de vulnérabilité du poisson k , inférieur à 1 et qui peut être défini comme le rapport du nombre de poissons pris au nombre de poissons présents sur l'aire balayée.

En d'autres termes, d'après les travaux de Bergerard et Domain (1983), l'indice d'abondance 'd' est proportionnel à la vulnérabilité du poisson par rapport à l'engin de pêche et dépend de sa plus ou moins grande aptitude à ne pas être capturé par le chalut, soit par un comportement d'évitement ou soit par un comportement d'échappement, lorsque le poisson s'échappe à travers les mailles du filet. L'échappement peut être évalué par la mesure de la sélectivité des mailles du chalut ; par contre, le taux d'évitement ne peut être estimé que par l'observation directe, ce qui nécessite l'installation de caméras sous-marines. Pour l'instant, il n'existe pas une estimation du taux d'échappement des poissons de la région pour le chalut utilisé par le N' Diago. Sur la côte nord-est des Etats Unis, Clark et Brown (1977 in Bergerard et Domain 1983) indiquent des coefficients de vulnérabilité pour les poissons démersaux, variant de 0,3 à 0,7.

En l'absence de données sur l'efficacité du chalut, nous avons négligé ce paramètre dans notre étude comme la majorité des auteurs qui ont réalisé des évaluations par chalutage de la biomasse des poissons démersaux en Mauritanie. Ceci nous conduit à considérer que les valeurs de biomasse que nous indiquons peuvent être sous estimée d'environ 30 % à 70 %. Ce biais est néanmoins sans conséquence pour le reste de l'étude sur la variabilité spatio-temporelle de la biomasse du thiof si nous admettons un biais constant dans l'espace et dans le temps.

Au cours de ce travail, on a pu établir une relation significative entre les indices d'upwelling observés entre le mois de juillet et le mois de décembre, et la biomasse moyenne (en $t.mn^{-2}$) du thiof durant la saison chaude. Ceci veut dire que l'indice

d'upwelling a une influence sur la biomasse du mérrou blanc, *Epinephelus aeneus*, qui augmente d'une manière significative avec les valeurs moyennes de l'indice d'upwelling entre les mois de juillet et décembre. Cependant, si on observe l'évolution de la biomasse du thiof durant les deux saisons de l'année, on constate que le thiof est légèrement plus abondant durant la saison froide, c'est-à-dire entre janvier et mai, alors qu'il n'y a pas de corrélation entre l'indice d'upwelling et la biomasse du thiof.

Pour expliquer ces variations de la biomasse du thiof par rapport à l'évolution des indices d'upwellings durant les principales saisons de l'année, il faut rappeler que dans le nord de la Mauritanie, les upwellings se produisent pendant toute l'année au niveau du Cap Blanc, avec une intensité maximale dans les périodes de février à juin et d'octobre à décembre (Reyssac, 1993) ce qui correspond à deux pics, le premier en hiver et le second en été. Néanmoins, l'upwelling est plus faible et saisonnier autour de Nouakchott (18° N de latitude) et ne dure que neuf mois. Ainsi, on peut supposer que la zone nord, par rapport à la zone sud, est plus riche en nutriments, et donc caractérisée par des conditions hydroclimatiques plus favorables à la production primaire. L'upwelling, en agissant sur la production primaire, contrôle plus ou moins les facteurs biologiques, notamment les différents processus du recrutement et de la croissance du thiof.

En réalité, il convient de distinguer l'influence de l'upwelling sur la biologie du thiof en fonction des saisons. Le premier pic hivernal (février à juin) joue un rôle déterminant dans la mesure où la ponte de cette espèce se déroule essentiellement au cours du mois de juin et juillet en plusieurs vagues (Khemis, 1997). Ce premier pic prépare l'habitat au bon succès du recrutement en mettant à la disponibilité des premiers stades larvaires une production primaire abondante. Néanmoins, un deuxième pic de la production primaire est observé pendant la seconde phase estivale de l'upwelling (octobre à décembre), durant lequel les conditions environnementales, seraient plus favorables à la croissance des juvéniles et adultes du thiof. Ceci pourrait expliquer que le thiof est plus abondant durant la saison froide.

Pour étayer mes hypothèses concernant l'impact potentiel de l'upwelling sur l'abondance du thiof, je me suis basé sur les arguments suivants concernant la dynamique de l'upwelling mauritanien. D'après Mann *et al.* (1991) dans l'ensemble de la zone mauritanienne, la production primaire est plus importante au début du mois d'avril et mai, période durant laquelle le régime du vent est intense. Cependant, cette productivité est plus élevée dans la zone du Cap Blanc entre les mois de septembre et novembre (Wolff *et al.*, 1993). Pour expliquer la productivité très élevée observée dans la zone du Cap Blanc en

période de fort upwelling, les auteurs avancent une alternance entre les périodes où l'upwelling est intense et les périodes où il est relativement calme. Pendant les périodes calmes la stratification se développe et le phytoplancton se multiplie ; en d'autres termes, on assiste à chaque période d'accalmie à un bloom du phytoplancton (Mann *et al.*, 1991). En effet, Cushing (1990) remarque pour sa part que la production la plus importante se produit plutôt durant les périodes où l'intensité de l'upwelling est la plus faible, alors que la production totale a été estimée comme fonction inverse à la vitesse de l'upwelling. Pratt (1978) a observé au cours de la saison d'été, en Guinée que la pêche était plus importante pendant les périodes où l'upwelling est faible.

Autrement dit, l'upwelling en Mauritanie est caractérisé par un régime plus intense pendant les premiers six mois de l'année, avec une période relativement calme entre le mois de juillet et octobre, et un régime d'upwelling moins intense durant les trois derniers mois de l'année. Si la production primaire est plus importante au début du mois d'avril et mai sur l'ensemble du plateau continental Mauritanien, en revanche elle est plus élevée autour du Cap Blanc pendant le mois de septembre et novembre. Donc il me semble que la période entre le mois de juillet et décembre est plus favorable à la reproduction du thiof, où l'upwelling est moins intense et le régime du vent est moins fort. Alors que la période entre janvier et avril est plus favorable à la croissance du thiof, où la production primaire est plus abondante au niveau de la ZEE Mauritanienne.

D'après Cury et Roy (1988), le thiof est présent durant les mois d'août à octobre au nord de la Mauritanie, et, à partir du mois de novembre, il migre vers le sud pour se stabiliser entre février et mars. A partir du mois d'avril, il migre de nouveau vers nord de la Mauritanie. Selon ce schéma de migration le thiof évite le nord de la Mauritanie pendant la saison froide, où les vents durant cette période sont violents et l'upwelling est plus intense, pour chercher un milieu au sud plus calme et favorable à la croissance et à la reproduction. Néanmoins ce travail a besoin d'être approfondi pour mieux comprendre et expliquer, les relations entre les différentes structures de l'upwelling et le cycle de vie des différentes espèces démersales.

D'après notre étude, il est difficile de tirer des conclusions fiables sur les relations biomasse du thiof/upwelling dans la mesure où la série chronologique sur l'indice d'upwelling est très courte de 1991 à 2000. Il sera plus intéressant de comparer les biomasses du thiof avec des indices d'upwelling sur une longue série temporelle de plusieurs décennies, pour sortir avec une idée plus claire sur le lien qui peut exister entre l'upwelling et l'abondance du thiof, et mettre aussi en évidence les liens qui peuvent exister

entre les événements climatiques majeurs qui ont impactés les différents stocks en Atlantique du Nord ou ailleurs, avec l'effondrement du stock de ce mérrou blanc.

Pour ce qui est de l'Oscillation Nord Atlantique, la relation n'est pas significative entre les variations de la biomasse du thiof et l'indice NAO, à l'échelle annuelle comme à l'échelle des saisons chaude et froide. La série chronologique qui a été utilisée pour notre travail est très courte, de 1982 à 2004 et peut être insuffisante en terme de série temporelle, pour en tirer des conclusions sur une éventuelle relation entre l'indice NAO et les variations de la biomasse du thiof. Cependant, sur une série beaucoup plus longue dans l'Atlantique Nord au large de la Norvège, Fromentin *et al.* (1998) concluent que les coefficients de corrélation entre l'indice NAO et les abondances de morue et de merlan jaune de 1919 à 1994 étaient bas et non significatifs pour les deux espèces, et qu'il y avait un manque d'association entre les événements extrêmes du NAO et leurs niveaux d'abondance. Néanmoins, les conditions météorologiques (température de l'air, température de surface de la mer, régime de vent de l'ouest) le long de la côte du Skagerrak de la Norvège, étaient étroitement associées à l'indice NAO, révélant ainsi la complexité du phénomène climatique NAO et son éventuel impact sur les populations de poissons démersaux. Ainsi, la variation de la biomasse du thiof ne semble pas dépendre de l'indice NAO.

Il serait intéressant d'examiner sa relation avec d'autres indices climatiques caractéristiques de la zone intertropicale (SR : Sahelien Rainfall index, SZ : Subtropical Zone pattern index).

Cependant la décroissance de l'abondance du thiof, entre 1982 et 2004, est peut être due à d'autres facteurs (surexploitation, ou changement climatique). A mon avis, le facteur principal dans la baisse de la production du stock du thiof, est la surexploitation, qui accélère à l'échelle d'une décennie l'effondrement des stocks, par l'érosion du réseau trophique, ainsi que la dégradation par chalutage de l'habitat naturel des espèces. Cependant les facteurs physiques du climat, vont agir à long terme, sur quelques décennies, voir des siècles, sur la production du stock.

5 - Conclusion

La biomasse moyenne du thiof a montré une nette décroissance de 1982 à 2004. Cette chute de biomasse est plus importante durant les années 2000 qu'au cours des années 80. Cependant, le mérrou demeure bien réparti entre les différentes zones étudiées sauf durant l'année exceptionnelle de 1989 où il était davantage présent dans la zone nord. Il est plus fréquent au niveau de la bande bathymétrique de 30 à 80 mètres. Pour mieux connaître la répartition spatio-temporelle du thiof on suggère que l'effort d'échantillonnage soit bien réparti entre le large et la côte. Nous avons suggéré que l'indice d'upwelling hivernal a une influence sur la biomasse moyenne du thiof, observée entre le mois de juillet et le mois de décembre. En ce qui concerne l'indice climatique NAO, il est plus difficile, à partir de nos résultats, d'établir une relation directe entre les valeurs de l'indice NAO et l'évolution de la biomasse du thiof, la période correspondant à une phase positive de cet indice sauf pour les années 1985 et 1987.

6 – Perspectives

Il me semble intéressant dans un premier temps d'étudier le rapport qui peut exister entre le NAO et les paramètres physiques, ou biologiques, qui ont une influence directe sur les phases les plus critiques de la reproduction du poisson, en particulier la relation qui peut exister entre l'indice NAO et l'indice d'upwelling qui agit directement sur le réseau trophique par le phénomène d'enrichissement.

Concernant le stock du thiof, le diagnostic que l'on peut faire est pessimiste et nous avons confirmé la décroissance du stock. Le calcul de la capture optimale nécessite une bonne connaissance de l'âge du thiof. Un travail sur les otolithes pour déterminer la croissance de cette espèce est ainsi nécessaire afin de préciser la relation entre la taille du thiof et son âge.

D'autre part l'influence des paramètres environnementaux comme le régime du vent, la température et la production sur le succès ou non du recrutement, est mal connu pour les poissons démersaux alors que de nombreuses études ont été conduites sur les petits pélagiques. Une étude de ces mécanismes est primordiale pour prédire les périodes d'abondance de cette espèce.

7 - Références bibliographiques:

- Bakun A.** (1973) Coastal upwelling indices, west coast of North America, 1946-1971. Spec. Sci. Rep. Fish. U.S. Dep Commer. 671, 103 p.
- Bakun A.,** 1996. Enrichment processes (enriching the “broth”) : in Ocean processes and marine population dynamics. San Diego, California : University of California Sea Grant. pp. 43-56.
- Bakun A.,** 1997. Radical interdecadal stock variability and the triad concept: a window of opportunity for fishery management science?. FAO, Rome, Italy. In press. In : T. J. Pitcher. P. J. B. Hart and D. Pauly (eds.). Reinventing Fisheries Management. Chapman and Hall. London.
- Barry-Gérard M.,** 1994. Migrations des poissons le long du littoral sénégalais. In : tome 2 "l'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise". Symposium de Dakar, du 8 au 13 février 1993. ORSTOM. Paris 1994. P 215.
- Bergerard P., Domain F., Richer de Forges B.** 1983. Evaluation par chalutage des ressources démersales du plateau continental mauritanien. In : Bull. CNROP, V :11 / 1983. P 217. P 290.
- Berghuis E M, G C A. Duineveld & J Hegeman.,** 1993. Primary production and distribution of phytopigments in the water column and sediments on the upwelling shelf off the Mauritanian coast (Northwest Africa). Hydrobiologia 258: 81-93.
- Bouain A.,** 1980. Sexualité et cycle sexuel des mérours (poissons téléstées serranidae) des côtes du sud tunisien. Bull off.Nat.Pêch.Tunisie , 4 (2) : 215-229.
- Boucher J.,** 2003. Impacts de la pêche sur l'environnement et impact de l'environnement sur la pêche. In Rapport sur la science et la technologie n° 17 : Exploitation et Surexploitation des Ressources Marines Vivantes. Académie des Sciences, ed. Tec & Doc. 503 : 287-302.
- Brusle J., S. Brusle.,** 1975. Reproduction de deux espèces de mérours (*Epinephelus aeneus* et *Epinephelus guaza*) des côtes de Tunisie. Rev. Trav. Inst. Pêche. Marit., 39(3): 313-320.
- Chavez F P and S L Smith.,** 1995. Biological and chemical consequences of open Ocean Upwelling : Upwelling in the Ocean Modern Processes and Ancient Records. Edited by C. P. Summerhayes, K-C. Emeis, M. V. Angel, R. L. Smith, B. Zeitzschel. pp. 149-166.
- CNROP.,** 1991. Méthodologies d'évaluation directe par chalutage en Afrique de l'ouest. groupe de travail. CNROP, Nouadhibou du 25 au 29 novembre 1990. 30 p.
- Cury P., Worms J.,**1982. Pêche biologie et dynamique du thiof (*Epinephelus aeneus*, E. Geoff.St.Hill, 1817) sur les côtes sénégalaises.Doc. Sci., Cent.Rech..Océa. Dakar-Thiaroye. 82 : 86 p.
- Cury P., Roy C.,** 1988. Migration saisonnière du thiof (*Epinephelus aeneus*) au Sénégal (Influence des upwellings sénégalais et Mauritanien. Océanol. Acta 11(1) : 25-36.

Cushing D H., 1990. Plankton production and year – class strength in fish populations: an update of the Match/ Mismatch hypothesis. *Advances, In Marine Biology*. V: 26. pp. 249-271.

Cushing D., 1995. Climate and fisheries : population production and regulation in the sea. A fisheries perspective. Cambridge university press. pp. 135-188.

Daan N., 1989. Relations trophiques et évaluations des ressources plurispécifiques. *In* Troadec, J,-P., ed L’homme et les Ressources Halieutiques, essai sur l’usage d’une ressource renouvelable. Brest, France : IFREMER. pp. 97-104.

Domain F., 1980. Contribution à la connaissance de l'écologie des poissons démersaux du plateau continental sénégal-Mauritanien. les ressources démersales dans Thèse d'Etat Univ. Paris VI. Vol.1. 342p.

Dah A., Girardin M., Vall M.,1991. Les poissons de la communauté à Sciaenidés. *In* : Bull. CNROP, 23. P 92.

Fromentin J M, N C Stenseth, J Gjosaeter, O N Bjornstad, W Falck, T Johannessen., 1997. Spatial patterns of the temporal dynamics of three gadoid species along the Norwegian Skagerrak coast. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* V: 155. 209-222.

Fromentin J M, N C Stenseth, J Gjosaeter, T Johannessen, B Planque., 1998. Long-term fluctuations in cod and Pollack along the Norwegian Skagerrak coast. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* V: 126. 265-278.

Girardin M., 1990. Estimation par chalutage des ressources démersales du plateau continental mauritanien. *In* : Bull. CNROP. V : 15 / 1987. P 32-52.

Glamuzina B, P Tutman, A J Geffen, V Kozul & B Skaramuca., 2000. First record of white grouper, *Epinephelus aeneus* (serranidae) in the south eastern Adriatic. *Cybium*, 24 (3) : 306-308.

Guichard S., 1997. Evolution de l’environnement dans la zone de l’upwelling mauritanien pendant les derniers 236 000 ans ; le témoignage de l’écosystème benthique. Thèse de doctorat de l’université de Bordeaux I, spécialité : Océanographie – Paléo-Océanographie. P 3. P 37.

Harmelin J G, M H Vivien., 1999. A review on habitat, diet and growth of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Mar. Life*, 9 (2) : 11-20.

Hichem K M, F Derbal., 1999. Données biologiques sur le mérrou *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) des côtes algériennes. *Mar. Life*, 9 (2) : 21-27.

Idelhaj A., 1990. Les prospections par chalutage. *In* : Méthodes d'évaluation des stocks halieutiques (vol II). CIEO. P 103.

Khemis I B, et P Divanach., 1997. Suivi de pontes de mérrou (*Epinephelus aeneus*) obtenues en captivité et caractéristiques des œufs et des prélarves. *J. Rech. Océanographique*. V : 22, N°2 : 39-43.

Kuipers B R., H J Witte & S R Gonzalez., 1993. Zooplankton distribution in the coastal upwelling system along the Banc d'Arguin, Mauritania. *Hydrobiologia* 258: 133-149.

Lasker R., 1989. Les déterminants du recrutement. *In* Troadec, J,-P., ed L'homme et les Ressources Halieutiques, essai sur l'usage d'une ressource renouvelable. Brest, France : IFREMER. pp. 189-208.

Laurans, M., 2005. Ressources et exploitations « démersales » en Afrique de l'Ouest : évaluation des stocks, dynamique des populations et approche écosystémique. Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Sup. Agron. de Rennes, spécialité : Halieutique. P 125. P 161.

Lobry J., 2000. La biodiversité spécifique des ressources démersales en Afrique de l'Ouest : Structuration spatiale et évolution. Mémoire de DEA Océanologie Biologie et Environnement Marin, option Ressources Vivantes et Ecosystèmes Côtiers. Rapport de stage du département halieutique de l'ENSAR.

Mann K H & J N. Lazier., 1991. Vertical Structure in Coastal Waters: Coastal Upwelling Regions : Dynamics of Marine Ecosystems. Biological-Physical Interaction in the Oceans. Blackwell Scientific Publications. pp. 109-432.

Ould Dedah S., 1993. Wind surface water temperature, surface salinity and pollution in the area of the Banc d'Arguin area (Mauritania). *Hydrobiologia* 258: 9-19.

Pauly D, V Christensen, J Dalsgaard, R Froese & F Torres Jr., 1998. Fishing down marine food webs. *Science*. V : 279. pp. 860-863.

Pratt L R, J M Bowsher, R A Smith., 1978. Guinea current upwelling. *Nature*. V : 271. pp. 147-150.

Reyssac S J., 1993. Hydrology and underwater climate of the Banc d'Arguin, Mauritania: a review. *Hydrobiologia* 258: 1-8.

Rothschild B J, and M J Fogarty., 1998. Chapter 11. Recruitment and the population dynamics process. *The sea*, Volume 10, edited by Kenneth H. Brink and Allan R. Robinson. ISBN 0-471-1154-4 (c) 1998 John Wiley & Son, Inc. 293-325.

Roy C.,1992. aspects de la dynamique spatiale et temporelle des stocks à moyen terme. In thèse : réponses des stocks de poissons pélagiques à la dynamique des upwellings en Afrique de l'Ouest : Analyse et modélisation. ORSTOM. Paris 1992 .p 55.

Tilot V., 1993. Description of the West African Upwelling area. *Monographie*. 87 : 3-69.

Wolff W J, J van der Land, P H Nienhuis & P A de Wilde., 1993. The functioning of the ecosystem of the Banc d'Arguin, Mauritania: a review. *Hydrobiologia* 258: 211-222.

Young B, R Harris, J Alheit, G Beaugrand, N Mantua, L Shannon., 2004. Detecting regime shifts in the ocean: data considerations. Elsevier Ltd. All rights reserved. pp. 144-164.