

ETAT D'AVANCEMENT DU PROGRAMME CLIMAPECHE

Nantes - 12 mai 1989.

BINET D., LEBOYC, LITTATE-MARIETTE A.,  
HERSART de la VILLEMARQUÉ J.

1. PROBLEMATIQUE

1.1. Motivations : Un double constat,

i) Il existe une variabilité climatique qui n'est pas seulement un bruit de fond autour du cycle annuel. Cette variabilité s'intègre dans des cycles, des tendances décennales, séculaires. La tendance climatique actuelle est dominée par un réchauffement général attribué à un effet de serre. Ce réchauffement se poursuit, malgré des années voire des décennies relativement plus froides, depuis le début du 19<sup>e</sup> siècle.

ii) Il existe une variabilité dans le rendement qualitatif et quantitatif des pêches qui, dans certains cas, dépasse ce que prévoient les modèles de dynamique des populations. Les cas d'effondrements de stocks sont les plus connus : anchois du Pérou, sardine de Californie mais il existe des exemples de récupération inattendus et non moins spectaculaires : la sardine du Japon, les gadidés de Mer du Nord. Enfin, moins spectaculaires mais aux conséquences économiques importantes également : les déplacements des zones de pêche de la morue au cours de ce siècle.

D'où l'idée que les différences observées par les écologistes, d'un cycle saisonnier à l'autre, ne sont pas seulement des phénomènes aléatoires, mais qu'elles s'inscrivent dans une variabilité à plus ou moins long-terme, annuelle, décennale, séculaire. Les fluctuations climatiques se transmettent à l'ensemble de l'écosystème marin, directement par des changements hydrologiques (température, circulation...) et indirectement par l'intermédiaire de ses premiers maillons. Les derniers échelons de la chaîne alimentaire (poissons) peuvent accuser de très fortes variations d'abondance, à la suite de très forte capturabilité, mortalité brutale, mauvais recrutement, colonisation d'une nouvelle région ...

1.2. Objectifs : Identifier la part de la variabilité des pêches induite par les changements climatiques, analyser les causes de cette variabilité, proposer des hypothèses explicatives en termes de processus.

1.3. Méthodes : Comparer des séries de données chronologiques climatiques et halieutiques. En attendant la collecte de données recueillies dans ce but précis, on a choisi d'exploiter les informations actuellement disponibles sur les pêches et le climat.

ORSTOM Documentation



010000406

1

14 SEP. 1995

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 42 341

Cpte : B

Les données de pêche traduisent l'interaction d'activités humaines et de changements de l'écosystème. Les données climatiques simples (température et vent) révèlent les variations de différents phénomènes hydrologiques et biologiques complexes : circulation résiduelle, turbulence et stratification, calendrier planctonique.

Selon les données disponibles, les principaux axes de la méthode utilisée sont les suivants :

- Description des variations d'abondance par espèce. Recherche des tendances, périodes, anomalies, événements exceptionnels..., à partir de données reflétant la pêche, si possible l'abondance du stock, voire le recrutement.
- Recherche des changements climatiques et/ou océanographiques sur le même intervalle de temps, recherche des paroxysmes.
- Recherche de mécanismes expliquant les corrélations observées, en fonction des acquis sur l'écologie des espèces.

On prêtera une attention particulière au choix de l'échelle spatio-temporelle, ainsi qu'aux paramètres retenus pour l'évaluation statistique des relations poisson-milieu

## 2. EQUIPE DE RECHERCHE

Laboratoires de rattachement :

- Océanologie halieutique (D.R.V./R.H.)
- Antenne O.R.S.T.O.M. (Département T.O.A.)

Equipe :

- D. BINET (chercheur ORSTOM), à compter d'octobre 84 : mi-temps
- C. LEROY (chercheur IFREMER), " " : " "
- H. BELVEZE (Direction des services vétérinaires), jusque début 85
- A. LITTAYE-MARIETTE (boursière IFREMER), à partir d'octobre 87
- J. de la VILLEMARQUE (chercheur IFREMER), à partir de janvier 88

Collaborations : Historiens, archivistes, Météorologie Nationale, U.B.O., ORSTOM, P.N.D.R., EPSHOM, DIN.

## 3. ACTIONS DE RECHERCHE

### 3.1 Le choix des espèces étudiées est fonction :

- de la disponibilité des données. Celle-ci dépend de l'importance économique passée de la pêche concernée : morue, hareng, sardine, maquereau, thons.
- de la variabilité des rendements. Les espèces à durée de vie courte et/ou pélagiques (clupéidés, scombridés) ont souvent des fluctuations plus importantes que les espèces benthiques et sont donc, a priori, plus intéressantes pour ce programme.
- des choix effectués par d'autres programmes de recherche (sole du golfe de Gascogne, sardines et sardinelles d'Afrique de l'ouest).

### 3.2 Nature des données halieutiques

On peut disposer, par ordre de précision croissante des types de données suivants :

- quantités ou valeurs débarquées par an, production après transformation (presse, salage, conserve).
- P.U.E. Les estimations de l'effort sont d'une précision variable, allant du nombre de pêcheurs, de bateaux ou du tonnage de la flottille au nombre de jours de mer de navires d'une puissance de pêche équivalente.
- effectifs par classe d'âge, issus des analyses de groupes de travail.

### 3.3 Données climatiques :

Les principales sources de données utilisées sont décrites en annexe.

### 3.4 Types d'étude :

Suivant la qualité des données et l'échelle de temps envisagée :

3.4.1 - Description historique des principales pêches françaises, depuis le 16ème siècle, (morue, sardine, hareng etc.) à partir de données bibliographiques, d'archives et de statistiques : recherche des tendances, des événements exceptionnels.

3.4.2 - Recherche des mécanismes responsables des variations de capturabilité ou de disponibilité sur des séries récentes (10 à 30 ans), mieux documentées.

Rôle des anomalies de température sur le recrutement du germon (Atlantique tropical), du maquereau (accors du plateau celtique), de la sole (Loire-Gironde).

Rôle des structures thermo-halines superficielles sur la disponibilité du germon, de la sardine. Influence du vent, des panaches fluviaux.

Rôle des changements climatiques récents, liés à la sécheresse, sur les pélagiques côtiers d'Afrique de l'ouest. Influence de l'alizé sur l'upwelling, de la circulation côtière et océanique, des débits fluviaux sur les types de production planctonique et les déplacements de stocks.

## 4. PRINCIPAUX RESULTATS

### 4.1. Aspect historique, fluctuations séculaires

Rappel des grandes tendances climatiques depuis le Moyen-Age : optimum climatique, petit âge glaciaire, réchauffement contemporain. Fluctuations de plus courte période à l'intérieur de ces tendances.

La succession historique des principaux types de pêche n'est pas indépendante des grandes tendances climatiques. L'essor de la pêche de Terre-Neuve coïncide avec le début du "Petit Age Glaciaire" et correspond au déclin des sécheresses bretonnes. La "ruée vers la morue" n'a pu se produire que grâce à une extraordinaire abondance outre-atlantique et à cause d'une forte insuffisance des ressources locales, que l'on peut raisonnablement attribuer à un déclin.

Durant certaines périodes, et de façon différente suivant les pêches pratiquées, les données chronologiques de débarquements peuvent donner des indications sur la disponibilité et l'abondance totale des stocks les plus variables.

#### 4.1.1 Conditions hydrologiques de la pêche à la morue et historique de son développement du 16<sup>e</sup> à au 18<sup>e</sup> siècle (J. de la Villemarqué).

La morue est un gadidé démersal des mers septentrionales qui vit entre 100 m et 500 m de profondeur, est capable de grands déplacements et se reproduit vers fin juin sur les hauts fonds (Bancs), au large de Terre Neuve en particulier.

C'est un poisson très pêché qui se déplace pour rechercher des conditions optimales de vie dans les eaux de température inférieure à + 6°. Les "eaux de morue" (de 3° à 5°) se trouvent au contact de l'eau polaire et de l'eau atlantique.

La morue est pêchée à Terre Neuve depuis le 16<sup>e</sup>me siècle. Elle est préparée, soit sous forme de morue verte (salée) soit sous forme de morue sèche (salée et séchée). Ceci correspond à deux sortes de pêches qui utilisent des bateaux et des équipages différents.

La plupart des ports de pêche français ont envoyé des morutiers dans le nord ouest atlantique entre le 16<sup>e</sup>me et le 18<sup>e</sup>me siècle : Fécamp - Honfleur - Le Havre étaient des ports importants de morue verte ; Saint-Malo, Nantes, Bordeaux, Bayonne étaient des ports de morue sèche.

Pour essayer de reconstituer ces pêches dans les siècles passés on a recours aux archives (départementales, nationales, publications etc.). Les recherches de ces données historiques présentent alors certaines difficultés :

- documents d'archives incomplets, inexacts, voire inexistants,
- dispersion des données,
- unités variables au cours des siècles,
- manque d'informations à cause des guerres,

Il est donc difficile d'apporter des résultats fiables, indiscutables. Les graphiques présentés sont très préliminaires. L'analyse des données se poursuivra afin d'essayer de déterminer l'influence des conditions climatiques sur les pêches de morue dans le Nord ouest atlantique du 16<sup>e</sup>me au 18<sup>e</sup>me siècle.

Les graphiques rendant compte des 3 000 données saisies montrent une lente progression des départs de bateaux vers les "Terres Neuves" entre 1550 et 1700, alors que cette époque correspond au "Petit Age glaciaire". Le pic observé en 1664 est dû à un inventaire très précis de tous les ports. La guerre de succession d'Espagne et la guerre de sept ans correspondent à une chute réelle des départs.

Entre 1520 et 1800, l'augmentation du tonnage des navires est très importante et se traduit par une forte progression des tonnages de départ entre 1680 et 1800. Ceci étant, le grand nombre de ports armant pour la pêche à la morue s'est réduit au cours du 18 ème, sous la nécessité de concentration de capitaux plus importante.

#### 4.1.2 Fluctuations des pêcheries françaises de sardine et de hareng depuis le 18 ème siècle, description provisoire (D. Binet)

Les zones de pêche du hareng (Manche est, Mer du Nord) ne sont pas restées immuables au cours des siècles passés. Les fluctuations du rapport entre quantités débarquées fraîches et salées donnent une indication sur la part de hareng pêchée en Manche ou en Mer du Nord. Pendant le 18 è la pêcherie se déplace de la région de Yarmouth vers les eaux de la Manche. Ce déplacement vers le sud coïncide avec la détérioration climatique de la fin du 18 è. Puis, avec le réchauffement qui se produit au début du 19 è, la pêcherie de Manche décline. A nouveau, pendant les refroidissements de la fin du 19 è et du début du 20 è siècle, l'augmentation des harengs frais dans les débarquements des ports de la Manche montre une extension vers l'ouest des harengs. Les bonnes périodes de pêche au hareng semblent correspondre à celles du hareng de Suède (Bohuslan), décrites par Devold. Elles ont lieu pendant des épisodes de refroidissement.

La pêche de la sardine est peu pratiquée avant la fin du 17 è siècle. La technique de pêche bretonne (très côtière, avec filet droit appâté à la roque), essentiellement sur des immatures, procure des débarquements très variables d'une année à l'autre. Les captures dépendent étroitement de la disponibilité des bancs près de la côte, qui pourrait être liée au réchauffement estival. Les mauvais rendements prennent l'allure de crises sociales et économiques d'autant plus catastrophiques qu'elles se produisent dans un contexte de monoindustrie. L'expansion de la pêche sardinière accompagne le développement des techniques de conservation au 19 è (passage de la presse à la conserve). La production croît aussi avec le réchauffement général, jusqu'à la première guerre mondiale. Les deux décennies froides du tournant du siècle sont marquées par des crises mémorables. Dans une certaine mesure, les maxima et minima de la pêcherie correspondent à des périodes de réchauffement et de refroidissement, depuis 1800. Il y a une bonne coïncidence avec les variations à long-terme des autres stocks de sardine.

## 4.2. Variabilité explicable par des mécanismes influençant le recrutement

On a montré de façon simple, mais sur des séries relativement courtes que le recrutement du germon, de la sole sont positivement corrélés aux anomalies thermiques de l'aire de ponte, durant les semaines qui suivent la ponte.

### 4.2.1 Anomalies thermiques de l'Atlantique tropical. Conséquences possibles sur le recrutement du germon (C. Leroy, D. Binet).

Nous avons tenté de tester l'hypothèse selon laquelle des anomalies de température de l'eau de mer en surface, dans la zone présumée de ponte auraient une influence sur le recrutement du germon 3 ans plus tard. En considérant que la température de 24°C est un facteur limitant le succès de la ponte, nous avons calculé les anomalies depuis 1964 (fichier FOCAL), dans l'aire géographique 14°N à 30°N et 30°W à 60°W pour l'ensemble des mois de mai à septembre et dans les zones où la température moyenne mensuelle depuis 1964 était comprise entre 24 et 25°C.

Le recrutement estimé par analyse des cohortes et le recrutement évalué à partir des captures par unité d'effort (CPUE 3), ramenés à l'année de naissance, sont corrélés respectivement jusqu'en 1976 et 1977 aux anomalies thermiques.

A partir de 1978, les CPUE 3 sont inférieures à ce que laisserait supposer la chronologie des anomalies thermiques.

Il convient d'être prudent sur les conclusions qui peuvent être avancées. L'apparente corrélation entre anomalie chaude et bon recrutement (et inversement) sur une partie de la période étudiée doit être tempérée pour les raisons suivantes :

- il subsiste un doute sur l'âge des germons
- la série chronologique est courte et de plus, dans les dernières années, on observe une dérive notable. On ne peut que faire des hypothèses sur l'origine de cette dérive :
  - . discontinuité des calculs de CPUE 3
  - . changements dans l'accessibilité et/ou la capturabilité.

### 4.2.2 Anomalies thermiques dans le golfe de Gascogne, conséquences possibles sur le recrutement de la sole (C. Leroy)

De la même façon, on a testé l'hypothèse selon laquelle des anomalies de température de surface, dans la zone de ponte de la sole, auraient une influence sur le recrutement.

Le succès du recrutement est estimé par l'abondance du groupe zéro extrait des analyses de cohortes (groupe de travail CIEM) de 1979 à 1986. Les abondances du groupe zéro pour 1977 et 1978 sont calculées par A. FOREST.

A défaut d'observations bathythermiques disponibles depuis 1977 nous avons utilisé les températures extraites du

fichier SST/GASC de la Météorologie Nationale.

Cette approximation peut être critiquée car la température de surface n'est que partiellement représentative des températures de l'ensemble de la colonne d'eau où se trouvent les oeufs et larves de sole, notamment :

- . en début de saison de ponte, près de la côte lorsque les températures de surface de l'eau dessalée sont inférieures aux températures sous-jacentes,
- . en fin de saison, lors de l'apparition de la thermocline saisonnière.

En situation intermédiaire (approximation raisonnable) nous admettons la représentativité de la température de surface.

Ces réserves faites, nous avons comparé l'abondance du groupe zéro (de 1977 à 1986) à différents assemblages de moyennes de températures, en testant la validité de régressions linéaires ou multilinéaires.

Pour une moyenne de température sur 2 mois, c'est l'ensemble mars + avril qui donne la meilleure corrélation ( $r = 0,60$ ). Pour mars seulement,  $r = 0,42$ , pour avril  $r = 0,64$ . En ce qui concerne les assemblages de décades (moyenne glissante), c'est l'ensemble 3e décade de mars et 2 premières décades d'avril qui est le mieux corrélé au recrutement ( $r = 0,725$ ).

Afin de s'affranchir de l'incertitude sur le calcul des VPA sur les dernières cohortes, nous avons éliminé les années 1985 et 1986, en testant la relation linéaire par rapport à la 3e décade de mars et aux 2 premières décades d'avril. Sur la période 1977-1984 on obtient  $r = 0,896$ . L'amélioration est due essentiellement à l'élimination de l'année 1985, "hors normes".

Ces calculs seront refaits avec des données plus récentes transmises par A. FOREST et intégrant les données de rejet.

On a également recherché une éventuelle corrélation entre le succès du recrutement et les composantes du vent susceptibles d'induire un courant portant oeufs et larves vers la côte. Le rôle du vent, testé seul, ou en complément de l'effet de la température (régression multilinéaire), n'a pas encore été montré.

#### 4.2.3 "Remontées" d'eaux aux accores, vent et recrutement du maquereau (C. Leroy).

Le golfe de Gascogne ne présente pas comme d'autres régions de phénomènes hydrologiques majeurs tels qu'upwellings, aboutissant à un enrichissement des eaux superficielles en éléments nutritifs.

Cependant, la région des accores pourrait être une zone de production nouvelle par apport, dans la couche euphotique, d'éléments nutritifs à l'occasion de phénomènes physiques décrits par MAZE et col. (UBO, EPSHOM). Selon ces auteurs, la simultanéité d'un fort coefficient de marée et d'un coup de vent provoquerait, à marée interne haute, par destruction de la partie

supérieure de la thermocline, l'injection d'eau froide dans la couche homogène superficielle.

Il est nécessaire de quantifier le phénomène, pour examiner si sa variabilité interannuelle peut être mise en relation avec le recrutement d'une espèce halieutique. La seule espèce disponible est le maquereau, pour lequel on dispose d'un tableau démographique. On admet implicitement que le groupe zéro de maquereau est représentatif de la productivité du milieu, en faisant abstraction de tous les phénomènes intermédiaires.

Deux voies ont été explorées pour quantifier le phénomène :

a) Les températures de surface

Les seules données disponibles sont celles du fichier SST/GASC. Malheureusement leur précision (maille de 40 x 40 km, données décennales lissées) n'a pas permis de dégager une quantification du phénomène par différence de température entre les zones d'homogénéisation et les zones avoisinantes.

b) La simultanéité des forts coefficients de marée et des coups de vent

Plusieurs essais ont été effectués en évaluant la variabilité interannuelle du nombre de conjonctions, en prenant différents seuils, tant pour le coefficient de marée que pour le vent à Penmarc'h. Ces comptages ne semblent pas corrélés avec l'abondance du groupe zéro de maquereau.

Nous recherchons donc un modèle qui permette de mieux quantifier le phénomène et de prendre en compte son aspect impulsif.

. quantification : le problème est d'estimer l'épaisseur de la couche homogène à marée interne haute (profondeur moyenne - "marnage") et de rechercher les seuils d'action. Puis d'évaluer le devenir de la masse d'eau (influence du vent sur la direction de la dérive de la masse d'eau superficielle : vers le plateau ou le large)

. dynamique : on peut faire l'hypothèse qu'une situation favorable consiste en un coup de vent qui homogénéise (remontée de sels nutritifs), suivi d'un temps de relaxation du vent (démarrage production primaire, non dispersion de la nourriture).

On pourrait rechercher de telles séquences, avec probablement une "fenêtre" (dans le sens de CURY et ROY) optimale de vitesse du vent, par analogie avec les upwellings.

Par ailleurs, nous allons évaluer si un suivi satellitaire infrarouge permettrait de quantifier l'importance des refroidissements superficiels. Mais cette action entre dans le cadre plus vaste d'un suivi des structures thermiques superficielles dont il conviendrait, au préalable, d'évaluer l'intérêt pour d'autres applications (petits pélagiques).

Enfin, au moins pour certaines années, l'abondance du groupe zéro de maquereau semble être en relation avec le gradient de température côte/large. L'abondance du recrutement paraît associée à un gradient positif et inversement. Cette observation nous incite à examiner prochainement l'influence de la vitesse et de la direction du vent.

#### 4.3. Variabilité explicable par des mécanismes influençant la disponibilité

##### 4.3.1 La pêcherie du thon rouge (Thunnus thynnus) dans l'Atlantique nord-est était-elle liée au réchauffement séculaire ? (Binet, Leroy)

La pêcherie de thon rouge qui s'est rapidement développée en Mer de Norvège et Mer du Nord à partir des années 20, culmine dans les années 50 et disparaît presque après 1967. Son essor puis son déclin correspondent respectivement à la dernière phase de réchauffement du climat de la planète et au tout début de son refroidissement. La Mer du Nord et la Mer de Norvège ont alors connu une situation particulière due à un afflux d'eau atlantique, avec augmentation de la salinité, et à une grande abondance de petits pélagiques (harengs notamment), conditions favorables à une migration trophique des thons. La diminution de l'influence atlantique et l'effondrement des stocks de hareng ont été immédiatement suivis de la disparition de ces grands thonidés. Il n'est pas exclu qu'une modification de la structure démographique, due à l'exploitation du stock ait supprimé les classes âgées qui étaient l'objet des pêcheries nordiques, mais il est aussi possible que des changements de conditions hydrologiques et trophiques aient restreint l'aire de répartition de l'espèce.

##### 4.3.2 Variabilité interannuelle de la distribution géographique des captures de germon (C. Leroy)

Nous avons voulu examiner si la variabilité interannuelle de la distribution géographique des captures de germon pouvait, au moins en partie, s'expliquer par la disposition des discontinuités thermiques observées en surface par satellite.

Les captures de germon aux lignes traînantes sont effectuées dans des eaux dont la température en surface est comprise entre 16 et 20/21°C. Les sources de données sont les suivantes :

- Cartes de fronts thermiques : nous avons utilisé les cartes mensuelles publiées par le Centre de Météorologie Spatiale (CSM) de 1980 à 1987 pour les mois de juin à octobre. Les 40 cartes en projection Lambert conforme ont été numérisées, puis transformées en projection de Mercator (Y. CADIOU, L. GIBOIRE). Elles sont disponibles pour d'autres applications, notamment dans le golfe de Gascogne.

- Captures de germons : une série chronologique de captures de 1980 à 1987 (concours de H. BEUCHER) a été constituée :

- . en utilisant les données récoltées par le CNEXO de 1980 à 1982 (fiches de pêche)
- . en saisissant les fiches de pêche disponibles pour 1983 à 1985
- . en utilisant les données récoltées par la "Thalassa" en assistance thonière pour 1986 et 1987.

La restitution cartographique des captures et des fronts thermiques a été réalisée à l'aide de la chaîne KARTOGRAPH (Y. CADIOU, F. DELAPORTE), développée autour du système de gestion KMAN.

Il apparaît que la distribution des discontinuités thermiques ne peut, à elle seule, expliquer la distribution géographique des captures. A cela plusieurs raisons :

- c'est probablement la température qui, d'abord, détermine la zone propice aux captures. Le report des isothermes sur quelques cartes confirme, à quel point ce facteur est primordial,
- la coïncidence action de pêche et télédétection infrarouge (en absence de nuage) n'est pas souvent réalisée,
- les captures sont moyennées sur un mois et présentent un étalement géographique important.

Pour terminer cette action nous proposons de reporter sur les cartes :

- les limites des nuages (dans la mesure où elles sont accessibles dans les documents du CMS) afin de bien délimiter les zones significatives,
- les isothermes calculées à partir des fichiers SSTGASC de la Météorologie.

On peut provisoirement conclure que la distribution des captures est d'abord liée à la température et que les discontinuités thermiques agissent au niveau local.

#### 4.3.3 Relation entre la vitesse du vent et l'abondance des captures de germon : Exemple de la coupure d'août de la pêche de surface dans le nord-est Atlantique. (A. Littaye-Mariette).

Le phénomène de "coupure d'août" (ou chute momentanée des captures début août) de la pêche germonière de surface dans le nord-est atlantique est associé à une chute de la vitesse du vent 10 à 15 jours auparavant. Cette corrélation, présente sur l'ensemble du nord-est atlantique, est relative à un phénomène général. Jean LE GALL (1932) proposait comme explication un changement de la circulation sur le plateau Celtique. Cependant, son étude, très localisée géographiquement, ne s'appuie que sur des données hydrologiques globales. La synthèse d'un ensemble de paramètres sur l'environnement et le comportement du germon suggère une hypothèse plus générale : "la coupure d'août" pourrait être due à un appauvrissement de la couche homogène de surface provoqué par un manque de brassage par le vent.

#### 4.4 Variabilité due à des phénomènes influant sur le recrutement et la disponibilité

##### 4.4.1 Recherche sur les fluctuations des pêches sardinières en France, depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle. (A. Littaye-Mariette).

###### \* Débarquements et tendances climatiques dans le sud Gascogne

Les séries chronologiques de débarquement de sardines dans les différents quartiers maritimes du sud du golfe de Gascogne sont comparées avec les séries historiques de température de l'air, de température moyenne superficielle de la mer et de pluviométrie, pour mettre en évidence les changements relatifs de l'abondance des sardines depuis 1920. Les tendances et variations de ces paramètres sont comparées et analysées pour chacune des périodes avant et après la guerre de 1939-1945.

Aucun cycle dominant n'a pu être mis en évidence. Avant guerre, la plupart des paramètres montrent une tendance suffisamment marquée pour avoir des conséquences significatives sur l'environnement biologique. Après guerre, les variations à court terme sont très prononcées. L'amplitude de ces tendances diffère suivant les saisons et les zones géographiques. Elles induisent des variations du milieu différentes. Les débarquements de sardines dans le sud du golfe sont plus abondants en période de refroidissement et sont déficitaires en période de réchauffement ou de pluviométrie anormalement forte. De même, la région Manche Ouest a connu ses plus importants débarquements, en période de réchauffement maximal. La région Vendée-Charente, au centre du golfe de Gascogne, ne connaît pas de fluctuations importantes ni de tendance marquée. Par contre, en Bretagne sud, les tendances et variations marquées semblent en opposition de phase avec celles du sud du golfe de Gascogne. La non linéarité des relations entre les différentes régions pose la question de savoir s'il existe une seule population pour l'ensemble du golfe de Gascogne ou plusieurs populations locales.

Ces relations entre la variabilité à court ou long terme, des paramètres climatiques et des débarquements de sardines suggère l'hypothèse d'un balancement de la limite septentrionale de la répartition estivale de la population de sardines ayant hivernées au sud du golfe.

Dans le sud du golfe, la pêche se pratique en période hivernale, alors que la couche d'eau est homogène. Dans le nord, au contraire, la pêche a lieu de la fin du printemps à celle de l'été, lorsque une thermocline s'est développée près de la surface. Cette structure stratifiée est beaucoup plus sensible aux événements météorologiques, ce qui explique pourquoi les relations entre les paramètres de l'environnement et la disponibilité de la sardine ne sont pas les mêmes en Bretagne et au Pays Basque.

\* Fortes pêches de sardines à Douarnenez et intensification du front d'Iroise

La pêche sardinière à Douarnenez connaît, certaines saisons, de fortes anomalies positives de rendement, par rapport à Camaret, Audierne ou Concarneau. La position géographique et la morphologie de la baie de Douarnenez créent une situation hydrologique particulière. Une discontinuité hydrobiologique se développe à l'entrée de la baie et l'isole ainsi de l'extérieur. Cette structure se crée, à la suite d'une intensification du mélange vertical par les courants de marée et par le vent, dans des eaux peu profondes. La température y est plus basse et les concentrations en chlorophylle plus élevées.

L'analyse de séries chronologiques du coefficient de marée et de la vitesse du vent, durant la saison de pêche, met en évidence une coïncidence entre des rendements de pêche anormalement élevés dans la baie et les saisons connaissant une succession de coups de vent en période de vives eaux.

L'hypothèse la plus probable est que ces coups de vent renforcent le front thermo-halin et que les sardines piégées par ce fort gradient, et par la proximité d'une zone plus riche en chlorophylle deviennent fortement disponibles à la pêche.

\* Influence du panache de la Loire sur les fluctuations de la pêche sardinière entre Belle-Ile et l'Ile d'Yeu.

Les rendements de la pêche sardinière dans les différents ports entre Belle Ile et Yeu sont soumis à de très fortes variations interannuelles à très court terme, principalement pour la période 1882-1938. Ces fluctuations, ne sont pas synchrones entre les différents ports.

L'environnement hydrologique de cette région est dominé par deux phénomènes dont l'amplitude est directement liée aux conditions météorologiques :

- intensification du mélange vertical par les courants de marée et par le vent, aux accores du plateau continental,
- extension du panache de la Loire en fonction du débit du fleuve, des courants de marée et du vent.

Les années de pêche fortement anormales dans les régions Croisic-Turballe, Auray-Belle-Ile ou à Noirmoutier correspondent à des années d'extrema pour les différents paramètres hydro-climatiques évoqués. Les relations entre ces facteurs n'ont pas encore été démontrées mais un ensemble d'hypothèses peuvent être élaborées sur le rôle du panache de la Loire et des remontées d'eaux aux accores: développements de fronts hydrobiologiques ou fertilisation à plus large échelle.

#### 4.4.2 Intensification de l'alizé sur la côte nord - ouest africaine et changement de répartition des sardines et sardinelles (D. Binet).

Jusqu'à la fin des années 60, il n'y avait pas d'exploitation de Sardina pilchardus au sud du cap Juby, bien que cette espèce ait été signalée jusqu'au Sénégal. Dans les années 70, une pêcherie se développe rapidement au sud du cap Bojador, 660 000 t sont capturées en 1976. Des prises ont lieu au large du Sénégal et peut-être même plus au sud. Puis, à partir de 1977, les bancs remontent vers le nord et en 1982 et 1983 la sardine a complètement disparu des eaux mauritaniennes. Depuis 1984 elle est à nouveau exploitée au large du banc d'Arguin.

Cette extension des captures vers le sud, suivie par une récession traduisent des variations simultanées de l'importance des stocks. Elles correspondent au renforcement, puis à la relaxation de l'alizé sur sa bordure méridionale.

L'alizé étant le moteur de l'upwelling nord-ouest africain, son intensification entraîne une augmentation des remontées en sels nutritifs, mais aussi une advection vers le large plus rapide et une diminution de la composante nord des courants côtiers. Il s'ensuit un déséquilibre entre les productions primaire et secondaire, au bénéfice du phytoplancton. Le milieu devient plus favorable aux sardines capables de s'alimenter sur le phytoplancton de façon plus exclusive que les sardinelles. D'autre part la stratégie de reproduction des sardines : ponte en dehors de la période d'upwelling la plus intense, étendue de la distribution verticale des oeufs, inhibition de l'éclosion dans des eaux trop froides, leur permet de coloniser un milieu modifié par l'intensification de l'alizé.

#### 4.4.3 Développement du stock de Sardinella aurita devant la Côte d'Ivoire et modifications du système de courants liés aux changements climatiques. (Binet, Marchal, Pézenec).

Les Sardinella aurita ivoiro-ghanéennes donnent lieu à des captures très fluctuantes depuis les années 60; elles comprennent deux populations, centrées respectivement à l'est du cap des Palmes et des Trois Pointes. Jusqu'au début des années 80, la population ghanéenne fournissait la quasi totalité des prises. En 1972 une disponibilité exceptionnelle entraîne une surpêche et l'arrêt de l'exploitation, les années suivantes. En 1978 le stock semble reconstitué ; depuis 1981 les débarquements se maintiennent très élevés. Cette nouvelle abondance va de pair avec des modifications des lieux et des saisons de pêche: Les captures se font devant la Côte d'Ivoire, elles sont importantes toute l'année (juin excepté) et ne sont plus limitées aux saisons froides et au littoral ghanéen.

Les facteurs qui expliquaient jusqu'ici les fluctuations de rendement (upwelling, débits fluviaux) ne rendent plus compte des observations postérieures à 1982. Un probable changement de la circulation locale (renforcement et apparition en surface du sous-courant, au détriment du courant de Guinée) pourrait rendre compte de ce nouvel état.

L'hypothèse d'une modification locale de la circulation est étayée par un ensemble de changements dans l'Atlantique intertropical.

i) A la suite du non fonctionnement de l'upwelling équatorial, Piton observe en 1984, un maximum de salinité subsuperficiel, anormalement développé dans le golfe de Guinée. Il pourrait être la cause d'une intensification et d'une extension du sous courant ivoirien qui semble en dépendre.

ii) Vers 28°W, entre l'équateur et 5°N, le contre courant équatorial, prend naissance dans la zone du "pot au noir" ou zone intertropicale de convergence (I.T.C.Z.). Il se scinde face à la côte guinéenne et la branche sud donne naissance au courant de Guinée. De la latitude de l'I.T.C.Z. dépend la position du contre courant équatorial et l'importance relative de ses deux branches. Lorsque, en hiver et au printemps, l'I.T.C.Z. occupe une position très nord, l'été suivant est sec sur le Sahel (Citeau) et le courant de Guinée vraisemblablement faible.

En se rapprochant de la côte et de la surface, le sous courant ivoirien accroît la circulation vers l'ouest, sur la côte nord du golfe de Guinée. Ceci entraîne des changements dans les zones d'enrichissement, de ponte et d'engraissement. La population ivoirienne de Sardinella aurita subit moins de pertes advectives et se développe davantage.

Le passage du maximum de P.U.E. de thonidés de l'est à l'ouest du cap des Trois Pointes, à partir de la décennie 80 confirme l'idée d'un déplacement de la région la plus productive.

## 5. CONCLUSIONS : QUESTIONS, PERSPECTIVES

L'état d'avancement de notre programme met en évidence quelques points, pose certaines questions et amène à proposer de nouvelles directions de recherche.

### 5.1 Points marquants et questions

#### a - Problème d'échelles spatio-temporelles

i) L'aptitude d'une larve de poisson à atteindre le recrutement dépend de son environnement immédiat; lequel est pratiquement impossible à connaître, donc à prévoir. Ce constat inciterait à conclure qu'en dehors d'études très fines, il n'est pas possible de comprendre, donc de prévoir le recrutement.

ii) Dans certains cas, il semble au contraire que l'on observe une relation entre les évolutions (ou les anomalies) de structure à moyenne ou grande échelle et l'abondance de poissons. Comme s'il existait, à un niveau d'intégration supérieur, une régulation des phénomènes élémentaires. Tout se passe comme s'il existait, à grande échelle, une émergence de nouvelles propriétés écologiques, plus facilement observables et donc plus prédictibles qu'à petite échelle.

iii) Ces remarques ne permettent pas de transposer une relation écologique d'une échelle donnée à une autre, sans précautions.

## b - Non monotonie

L'une des raisons pour lesquelles l'écologie est une science aussi délicate, dans laquelle on peut apparemment affirmer un fait et son contraire, est, vraisemblablement, que les relations entre les descripteurs ne sont assimilables à des relations monotones qu'à l'intérieur de gammes de variations plus ou moins étroites. On ne peut extrapoler les relations observées en dehors du champ à l'intérieur duquel elles sont vérifiées, sans précautions. Ex : "les zones d'upwelling sont riches en poissons". Affirmation vraie à l'échelle planétaire, fausse à petite échelle.

## c - Non réversibilité

Les processus écologiques paraîtront ou non réversibles, suivant l'échelle d'observation et la gamme de variation. Au delà de certains écarts, les paramètres sont trop éloignés de leur valeur initiale, les possibilités de régulation sont dépassées et le système évolue vers un autre état. L'exploitation des ressources marines, dont les conséquences sont dénoncées depuis des siècles, est un facteur accélérant cette évolution : à conditions climatiques identiques, on ne retrouvera pas les écosystèmes du Moyen-Age.

## d - Structures - Processus

Les changements halieutiques observés, s'expliquent par la variation du facteur thermique, le plus souvent. La température est le révélateur de changements de structures physiques (thermocline, courants, fronts) qui engendrent des perturbations biologiques (blooms, calendrier planctonique, émission de gamètes biologiques qu'elles engendrent est un besoin pour développer toute recherche sur les relations entre l'environnement et le recrutement.

## e - Besoins de développement des connaissances

Il est nécessaire pour formuler des hypothèses explicatives de mieux connaître la biologie des espèces étudiées (lieu et date de reproduction, d'engraissement, migrations, alimentation des adultes...), et non seulement la structure démographique des débarquements et l'effort de pêche. Il importe de savoir si les stocks admis comme unités de gestion recouvrent une ou plusieurs populations (problème des sardines aquitaines et bretonnes, des sardinelles ivoiriennes et ghanéennes...).

D'autre part, il faut mieux comprendre les mécanismes de formation et le devenir des structures hydrologiques (gradients horizontaux et verticaux, "bourrelet froid", circulation résiduelle...) et leur rôle sur les processus de production (mécanismes d'enrichissement), afin de savoir lesquels importent sur la disponibilité et le recrutement. Il serait souhaitable de profiter de toute campagne océanographique pour effectuer un suivi simple de ces structures hydrologiques.

## f - Vers une représentation globale

Nous sommes concernés par tout ce qui a trait aux téléconnections océanographiques et climatiques : Le facteur principal du climat planétaire réside dans la différence de température entre les zones polaires et équatoriales. Les grands accidents climatiques y sont plus forts et partant mieux suivis et compris que ceux de nos latitudes tempérées, où les anomalies sont atténuées. Il serait pourtant capital de comprendre le lien entre ces différents événements météorologiques. A la suite de quelles circonstances observe-t-on une intensification du Gulf Stream ? un déplacement en latitude de la dérive nord-atlantique ? Existe-t-il un lien entre l'épisode froid et dessalé qu'a connu la Mer du Nord dans les années 70, l'augmentation des vents de Nord en Europe occidentale et le décalage méridional des alizés pendant la même décennie ? Ces phénomènes sont liés à l'acroissement des échanges atmosphériques zonaux dans un cas, méridiens dans le second. Quelles conséquences en attendre sous nos latitudes ?

Les événements climatiques envisagés entraînent une modification de l'ensemble des processus physiques et biologiques dans une vaste région. Ils influent sur la totalité des espèces de l'écosystème. Il faudrait arriver à en présenter un bilan global. Ex : un changement de circulation résiduelle entraîne la redistribution de toutes les espèces dont les larves sont transportées par ce courant; il est vraisemblable que le recrutement de nombreuses espèces varie de façon simultanée.

## g - Etudes historiques

La grossiereté des données (incertitudes, indications plus commerciales qu'halieutiques, largeur de la maille spatio-temporelle) ne les condamne pas. La constance des techniques de pêche fait que les rendements anciens reflètent, mieux que les statistiques actuelles, la variation à long-terme des biomasses disponibles. Les travaux précédents montrent que les données halieutiques historiques apportent donc :

- Une connaissance descriptive du passé, permettant d'évaluer les tendances et de situer les problèmes actuels dans un contexte plus large.

- Une série de questions pour stimuler des recherches contemporaines.

- Une base de données pour tester des hypothèses simples.

## 5.2 Directions de recherche

### 5.2.1 Poursuite des actions en cours :

Il convient donc de poursuivre les travaux actuels, sans exclure la recherche d'autres sources historiques, dans la mesure du temps disponible.

- Morue :
  - Variabilité des captures du 16 è au 18 è siècle
  - Saisie des archives 1815-1835, des statistiques 1865-1988.
- Pêches côtières sous la Restauration : Poursuite de l'analyse des archives 1815-1835 par arrondissement maritime, en collaboration avec Coutancier.
- Sardine : Thèse A.Littaye-Mariette, publication principaux résultats.
- Maquereau, analyse des données disponibles depuis le 19 è siècle

#### 5.2.2 Description de l'hydroclimat du golfe de Gascogne.

Cette action, consiste à décrire l'évolution climatique, dans la zone concernée par la sole, depuis le début du programme PNDR. Les phénomènes décrits seront replacés dans le cadre plus large des dernières décennies.

Les éléments constitutifs sont réunis ou en cours de collecte :

- températures de surface : extraction du fichier SST/GASC
- vent : données des sémaphores du Talut (Belle-Ile) et de St-Sauveur (Ile d'Yeu)
- débits des fleuves, pluviométrie.

#### 5.2.3 Etude de l'enrichissement des accores (collaborations OCEAL - UBO - EPSHOM ?) Eventualité de programme à envisager.

#### 5.4 Etude du recrutement des petits pélagiques golfe de Gascogne

- Inciter les halieuthes à effectuer une reconstitution historique (depuis 1950 si possible) des captures, des recrutements de : Sardine, Anchois, Merlan bleu, Chinchard
- Comparer avec des indices climatiques

#### 5.5. Suivi écologique côtier

Réflexion sur l'opportunité de s'engager dans un suivi écologique : enquête auprès des interlocuteurs potentiels

### 6. ANNEXES

- Liste des travaux et publications de l'équipe
- Liste des fichiers de climatologie disponibles actuellement
- Liste des fichiers de pêches disponibles actuellement

Nantes le 12 mai 1989

l'équipe CLIMAPECHE :

BINET, LEROY, LITTAYE-MARIETTE, de la VILLEMARQUE