

Mémoire de titres et travaux

SOMMAIRE :

1. PROJETS DE RECHERCHE, PARTENARIAT ET PRODUCTION DES CONNAISSANCES.....	1
2. DIRECTION, ANIMATION OU GESTION DE LA RECHERCHE.....	16
3. FORMATION ET ENSEIGNEMENT.....	19
4. EXPERTISES, ETUDES ET ACTIVITES DE TRANSFERT.....	19
5. ANIMATION ET PARTICIPATION A DES RESEAUX.....	20
6. PERSPECTIVES D'EVOLUTION.....	20
7. PRODUCTIONS SCIENTIFIQUES.....	25
8. CONCLUSION.....	26
ANNEXE 2bis : Détail des actions de formation, enseignements, expertises et activités de transfert.....	27

1. PROJETS DE RECHERCHE, PARTENARIAT ET PRODUCTION DES CONNAISSANCES

Le dénominateur commun de mes recherches est la compréhension des dynamiques spatiales et temporelles des poissons pélagiques côtiers (sardine, anchois, chinchards) interagissant à différentes échelles avec leur environnement. Je pense avoir acquis une reconnaissance internationale et initié des pistes originale dans ce domaine de recherche appliqué à la gestion rationnelle des stocks et des pêcheries (co-viabilité) des pays en développement. Dernièrement, j'ai élargi ce domaine vers celui du changement global, et je développe depuis 2009 dans l'Equipe « Exploitation, filières et gouvernance » de l'UMR-212 une approche comparative originale des impacts environnementaux et socio-économiques des filières artisanales et industrielles de pêche au Pérou. Ce travail propose une alternative aux approches halieutiques conventionnelles et se réclame de tendances récentes telles que l'éco-économie, l'écologie industrielle et le développement durable. Afin d'atteindre ces objectifs, j'ai abordé ou co-initié à l'IRD (* ci-dessous) divers domaines de recherche, nécessitant un effort important de mobilité thématique :

- Biologie : migration, condition et croissance des poissons pélagiques en particulier ;
- Socio-économie* : impact des facteurs humains sur la dynamique de l'exploitation artisanale ;
- Dynamique des populations : méthodologie d'évaluation indirecte des stocks de poissons;
- Modélisation* : effets conjugués de l'exploitation et de l'environnement sur les stocks et modélisation couplée climat-biologie-exploitation-marché du système pélagiques mondial en appui à C. MULLON;
- Hydro-acoustique : méthodologie d'évaluation directe de l'abondance ;
- Ethologie* : importance du comportement du poisson sur les méthodes d'évaluations des stocks;
- Ecologie : prise en compte et représentation des distributions géographiques (SIG, modèles IBM) pour l'étude des stratégies adaptatives de reproduction* et de sélection de l'habitat* ; dernièrement effet du changement global sur les stocks exploités*.
- Impact Environnemental et Economie Ecologique* : bilan énergétique, environnemental et économique des filières pêches.

1.1. Au CRODT (SENEGAL; 1975-1981)

1.1.1. Projet de recherche

Le projet Pêche Pélagique Côtière du CRODT dont j'étais responsable avait pour objectif général la connaissance des stocks de poissons pélagiques côtiers et de leur exploitation en vue d'une gestion rationnelle. Il comportait 4 actions de recherche mais qui étaient en fait des *actions de développement* :

1. collecte, traitement et archivage des statistiques de pêche (sénégalaises, régionales et étrangères),
2. évaluation directe de la biomasse et de ses variations spatio-temporelles par écho-intégration,
3. étude des principaux paramètres biologiques
4. étude de dynamique des populations et gestion rationnelle des stocks.

J'ai pris l'initiative de rajouter au projet *deux véritables volets de recherche, novateurs* à cette époque:

5. Test de l'hypothèse de l'influence de l'upwelling sur les fluctuations inter-annuelles de la production via l'analyse rétrospective et la modélisation.

6. Impact des facteurs socio-économiques sur la dynamique de l'exploitation artisanale en liaison avec un expert FAO (W. BRUGGE) puis avec un économiste de l'ORSTOM (J. WEBER).

L'ensemble de ces actions de recherche intégratives visait donc à comprendre le "système pêche", ce qui constituait un premier pas vers ce qui est aujourd'hui dénommé « approche écosystémique ».

1.1.2. Partenariat

Ce projet d'étude avait été lancé par mes prédécesseurs (C. CHAMPAGNAT, T. BOELY, J. CHABANNE et F. CONAND), dès 1966. Il a également reçu l'appui de trois chercheurs de la FAO de 1968 à 1973. A partir de 1975, le CRODT est devenu un centre national rattaché à l'ISRA, qui a confirmé la priorité de ce projet. Dès 1977, le COPACE (FAO) a joué un rôle actif pour l'étude des stocks et leur gestion rationnelle à l'échelle régionale, organisant des groupes de travail internationaux auxquels j'ai activement participé.

Le projet regroupait en moyenne trois chercheurs français expatriés (dont moi) et trois sénégalais. J'ai en particulier formé une jeune chercheuse sénégalaise (J. LOPEZ). Les conditions de travail au CRODT à cette époque étaient bien loin de ce qu'elles sont devenues par la suite, en particulier en ce qui concerne les moyens de calcul. Cependant, grâce à l'esprit d'équipe et à la volonté de l'ISRA, les moyens de travail se sont améliorés et les connaissances se sont accrues en dépit d'un environnement scientifique limité jusqu'à la fin des années 70. Les agents de l'ORSTOM se percevaient davantage comme des coopérants que comme des chercheurs. Une vingtaine de publications locales ont été cosignées avec des chercheurs de l'ISRA.

1.1.3. Production des connaissances

J'ai assuré la *création d'une chaîne complète de saisie et de traitement des données* de pêche, permettant un contrôle permanent de l'information, un suivi en temps réel des activités de pêche et une publication rapide des résultats mis à la disposition des professionnels et des décideurs (FREON et NDIAYE, 1979; 21 documents d'archives du CRODT). Cette automatisation du système, ainsi qu'un effort de formation, ont permis le *transfert de cette activité au personnel national*.

J'ai réalisé une *étude de sensibilité des diverses unités d'effort* utilisables pour les pêcheries pélagiques sénégalaises qui a permis de mettre en évidence l'intérêt du temps de recherche (temps de mer diminué des temps de route et des durées de "paralyse" de l'unité de pêche durant les opérations de capture) (FREON, 1980). Ces résultats peuvent paraître peu originaux aujourd'hui, mais au moment de l'étude (1978), les pêcheries de seigneurs restaient peu étudiées, et des unités d'effort aberrantes étaient encore employées.

Les diverses campagnes d'écho-intégration (auxquelles j'ai participé pour la plupart) ont permis de *localiser la ressource à l'échelle de la région sénégal-mauritanienne et d'en connaître les fluctuations saisonnières d'abondance et de distribution* (GERLOTTO et al., 1976).

Les principaux *paramètres biologiques* ont été étudiés et les *schémas migratoires trans-frontaliers* ont été établis (BOELY et al., 1978, 1982b). La *croissance* de *Sardinella aurita* était controversée et difficile à cerner du fait des migrations saisonnières et de l'existence de deux pics annuels de reproduction. Elle a été déterminée grâce à une *approche originale* combinant différentes méthodes en fonction de l'âge : élevages de juvéniles en bassin, puis étude des fréquences de taille (micro-cohortes) et enfin lecture des écailles chez les adultes. Cette croissance s'est révélée l'une des plus élevée chez les clupéidés de ce groupe, et des *simulations* ont montré que la stabilité des tailles modales durant près de six mois ne correspondait pas à un arrêt de croissance, mais plutôt à un phénomène d'émigration-immigration dépendant des tailles plus que des âges (FREON, 1994). *Les relations taille-poids, l'indice gonado-somatique et les facteurs de condition* ont été étudiés pour les principales espèces (FRANQUEVILLE et FREON, 1976; FREON et al., 1978). Ce dernier travail a débouché sur une synthèse, assortie de considérations originales, où j'ai notamment proposé un *nouvel indice gonado-somatique* (FREON, 1979).

J'ai approfondi l'étude de la *structure des tailles individuelles à l'intérieur des bancs et des cohortes* de poissons pélagiques (FREON, 1984). Ce sujet, qui au départ relevait davantage de l'éthologie fondamentale que de recherche appliquée, s'est révélé enrichissant en raison de ses retombées halieutiques : contrairement à la théorie de LEBEDEV) *le regroupement des individus dans un banc ne s'effectue ni sur des critères d'âge ni entièrement sur des critères d'espèce, mais plutôt en fonction de la taille et de similitudes morphologiques*

entre espèces. Les conséquences de cette agrégation sur l'étude des paramètres biologiques (croissance, mortalité) et de la gestion des stocks ont été analysées (FREON, 1985 ; Fig. 1).

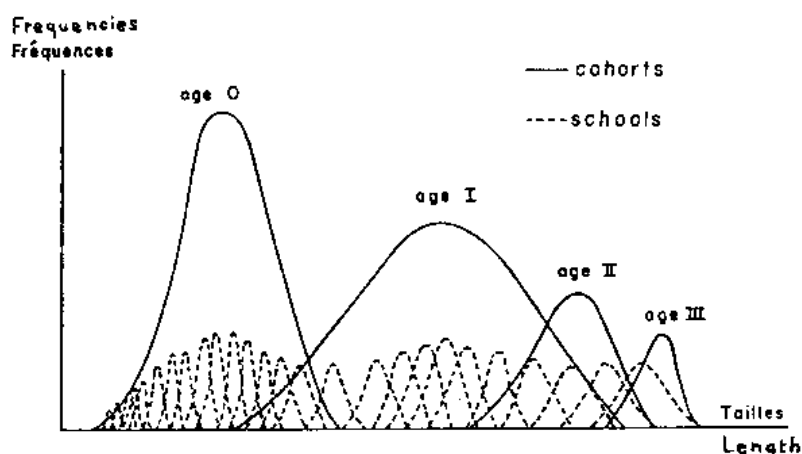


Fig. 2. Schéma de distribution des tailles au sein des bancs et des cohortes de poissons pélagiques (FREON, 1985).

La présence exceptionnelle de sardines européennes (*Sardina pilchardus*) sur les côtes sénégalaises en saison chaude a donné lieu à un travail d'analyse biométrique montrant l'influence des fluctuations inter-annuelles de l'environnement sur la distribution de cette espèce (FREON et STEQUERT, 1979). On sait aujourd'hui que de telles anomalies ne sont pas rares et relèvent des "changements de régime" et glissement latitudinaux observés à l'échelle inter-décennale.

Les études socio-économiques sur la dynamique de l'exploitation artisanale (FREON et WEBER, 1985) ont montré qu'une innovation technique (l'introduction des sennes tournantes) peut placer les pêcheurs artisans en prise directe avec le marché mondial et les rendre dépendants de ce dernier. Loin d'entraîner une dissolution des rapports lignagers, elle les a au contraire pérennisés par le jeu d'un partage des gains qui profite aux armateurs. Ces travaux ont montré qu'il était *plus important d'axer les efforts sur la valorisation de la production actuelle que sur la recherche de son accroissement.*

L'étude phénoménologique des différentes pêcheries (BOELY et FREON, 1979) et l'accumulation des connaissances ci-dessus présentée a permis de proposer un schéma conceptuel d'interactions entre ces pêcheries (FREON et al., 1978, Fig. 2).

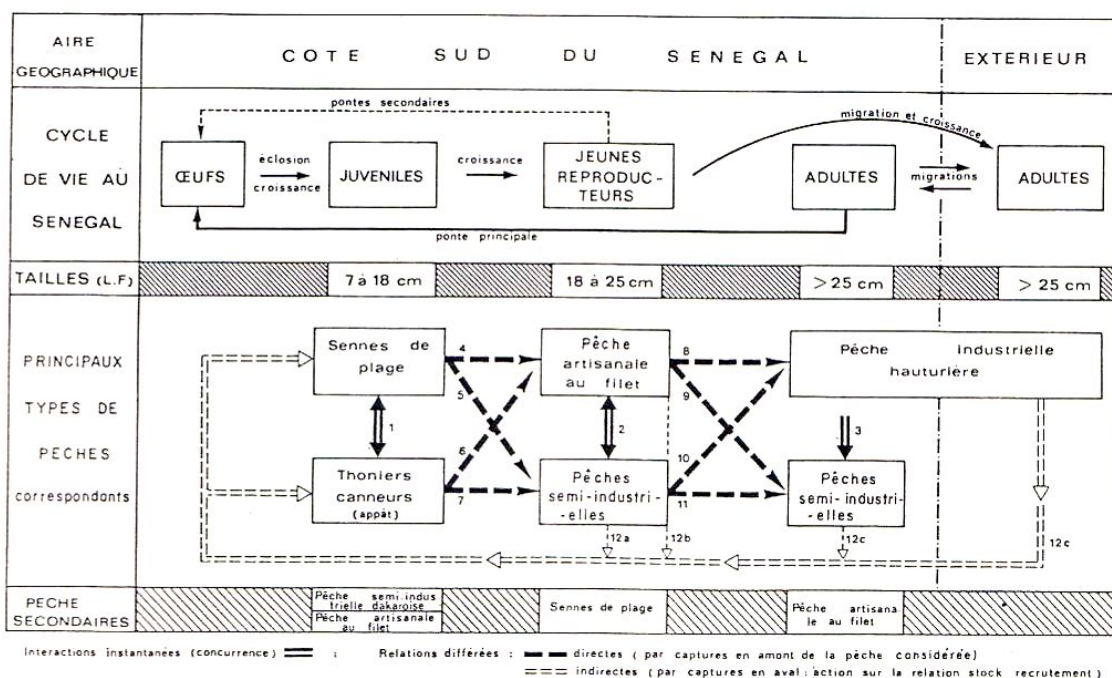


Fig. 2 Schéma des interactions des différents types de pêche de *Sardinella aurita* sur la Petite Côte du Sénégal (FREON et al., 1978).

Enfin - et c'est là je pense le point **le plus original et le plus personnel** de mes recherches au Sénégal – j'ai démontré l'influence des fluctuations inter-annuelles de l'upwelling sur les stocks de pélagiques côtiers de la région, et j'ai conçu un nouveau type de modèle global (Fig. 3). Ce modèle prend en compte l'influence de l'environnement sur la production d'une pêcherie avec trois modalités possibles d'interaction : au niveau de l'abondance du stock, et de sa capturabilité, ou des deux à la fois. Les relations reliant environnement et production du stock peuvent être linéaires, monotones ou présenter une valeur optimale (FREON, 1984; 1986; 1988); cette dernière éventualité a été ensuite largement développée par P. CURY et C. ROY. J'ai d'abord appliqué ce modèle aux stocks de sardinelles de la région : Sénégal, Ghana-Côte d'Ivoire et Maroc. Une étude par *simulation* de la robustesse des modèles et de leurs limites d'application a été effectuée et a donné des résultats très satisfaisants dans le cas des espèces à vie relativement courte.

La production scientifique totale sur ce chantier se résume à 17 articles de revues, 6 chapitres d'ouvrage, 35 autres publications et ma thèse d'état. 23 de ces publications ont été cosignées avec des partenaires.

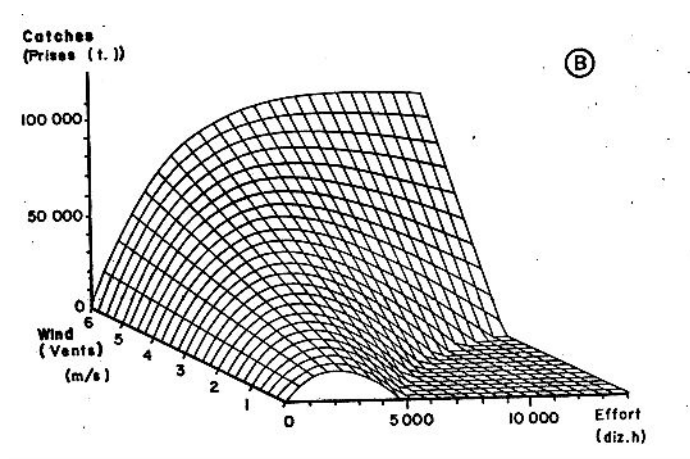


Fig. 3. Modèle de production en fonction de l'effort de pêche et d'une variable environnementale (vitesse du vent) (FREON, 1984, 1986).

1.1.4. Perspectives ouvertes par ces résultats

Ces résultats ont ouvert des perspectives, tant en termes de développement que de recherche. Ainsi, les *modèles de production intégrant une variable de l'environnement ont pu être appliqués sur différents stocks par d'autres chercheurs*, grâce au développement du logiciel CLIMPROD© (cf. point 4.2). Il en va de même pour les résultats sur la structure des tailles dans les bancs et les cohortes qui sont généralisables à d'autres espèces grégaires, tels les thons.

Les résultats des campagnes d'écho-intégration ont renforcé nos connaissances sur la distribution et la migration des stocks, tout en montrant les limites de la méthode pour l'évaluation des biomasses. Ces limites sont liées au comportement grégaire du poisson pour l'essentiel. *Ce comportement induit aussi des biais dans les méthodes halieutiques conventionnelles*, d'où l'idée du projet EICHOANT qui a été proposée dès 1984 et mis en œuvre fin 1986 (cf. infra).

Les fluctuations interannuelles d'abondance des stocks de Clupéidés en fonction de l'intensité de l'upwelling sont susceptibles de fournir des *surplus de production exploitables avec parcimonie* et nous avons fourni des recommandations dans ce sens au niveau régional (ANONYME, 1979; FREON et LOPEZ, 1981). Mes travaux ont également servi de base à la Direction des Pêches du Sénégal pour le partage des zones de pêche entre pêcheurs artisans et industriels.

1.2. Á La Fondation La Salle (VENEZUELA; 1981-1984)

1.2.1. Projet de recherche

Le choix de ce chantier était lié à un désir d'ouverture de l'ORSTOM vers l'Amérique Latine, sur des problématiques similaires à celles de l'Afrique de l'Ouest. L'objectif de ce projet était l'étude des pêcheries artisanales exploitant les ressources pélagiques et démersales de cette région, et la connaissance des stocks exploités dans une optique d'amélioration de leur gestion. Aucune statistique de pêche fiable n'était disponible (à l'exception des données de transformation des usines à farine de poisson). J'ai donc monté un système de collecte et d'analyse des données. Là encore, il s'agissait au départ davantage d'une opération de

développement que de recherche. Je me suis néanmoins attaché à valoriser ultérieurement ce travail sous forme de véritables travaux de recherche. J'ai en particulier testé l'hypothèse d'une structuration inhabituelle de la stratégie de reproduction des sardinelles par les conditions locales d'un upwelling.

1.2.2. Partenariat

La coopération avec la FLASA (Fondation La Salle de Sciences Naturelles, Ile de Margarita) a débuté en 1980 sur un projet d'évaluation par hydro-acoustique des stocks. Ce projet et le mien étaient donc parfaitement complémentaires afin de parvenir à une gestion rationnelle de la pêche. Dans ce domaine, seuls quelques travaux, anciens et descriptifs, avaient été entrepris (projets FAO, FLASA) qui concluaient à tort à la surexploitation de la ressource pélagique.

J'ai travaillé en expatriation au sein d'une équipe constituée en moyenne de deux chercheurs nationaux et trois techniciens de la FLASA. Par ailleurs, j'ai *développé des relations avec les deux autres instituts de recherche* vénézuéliens travaillant en halieutique : l'Institut des pêches (FONAIAP) et l'Université de l'Orient (UDO).

Les conditions de travail sur l'île de Margarita étaient loin d'être idéales. Cela tenait à des facteurs liés au pays (faibles ressources après une dévaluation de 300%, difficultés de maintenance des appareils), mais aussi aux faiblesses du partenaire. Parmi celles-ci, la principale était la tendance de la FLASA -institution privée- à forcer ses chercheurs à remplir des contrats "alimentaires". Une autre limite provenait des mouvements incessants de personnel. La coopération poursuivie postérieurement à partir de la Martinique s'est révélée, d'une certaine façon, plus efficace et plus harmonieuse.

1.2.3. Production des connaissances

Par manque de personnel local (j'ai dû assurer une bonne partie du travail d'enquête) et de moyens de calcul, le projet a avancé plus lentement que prévu. Un *réseau de points d'enquête* a cependant été mis en place. J'ai élaboré une *chaîne de traitement* des données saisies sur un micro-ordinateur HP9845, et réalisé des *analyses statistiques* (MENDOZA et FREON, 1991a; 1991b). Des *recensements annuels* des embarcations, engins de pêche et types d'exploitation ont été réalisés sur l'ensemble de la région orientale, permettant de mieux *comprendre les stratégies d'exploitation* (IRIARTE *et al.*, 1985; MENDOZA *et al.*, 1986). Mais le bénéfice essentiel de cette coopération a été obtenu bien plus tard, grâce à l'aboutissement d'un groupe de *travail inter-organismes et multidisciplinaire* (océanographie physique, productivité primaire, biologie, dynamique, écho-intégration, télédétection, etc.) que j'ai suscité et co-organisé en 1993. Il a permis d'exploiter de nombreuses données historiques et d'obtenir des résultats originaux sur l'écologie et l'exploitation des sardines. C'est sur cette base que nous avons pu par la suite publier un *ouvrage de synthèse* (FREON et MENDOZA [Eds], 2003). Le résultat le plus notable est la mise en évidence d'une *stratégie adaptative de reproduction en fonction de la variabilité de l'upwelling*. L'accumulation de réserves sous forme de graisses, puis leur métabolisation durant la gamétogenèse permet la reproduction au moment opportun pour la survie des larves (FREON *et al.*, 1997 ; Fig. 4).

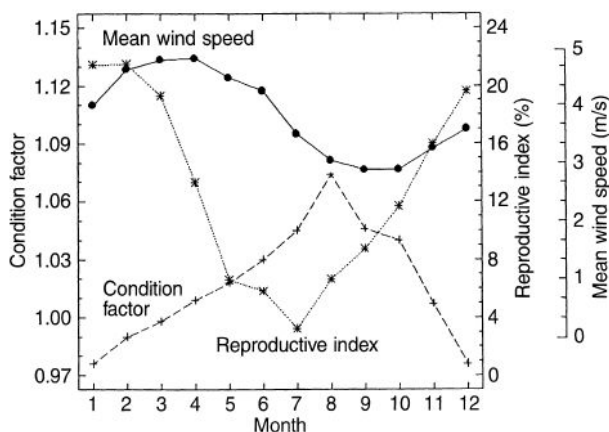


Fig. 4. Saisonnalité de la vitesse des vents favorables à l'upwelling, du facteur de condition et de l'indice de reproduction. Noter que l'espèce accumule des réserves énergétiques (facteur de condition croissant) durant la saison d'upwelling et les utilise quelques mois plus tard pour la reproduction (FREON *et al.*, 1997).

Ces résultats ont montré que les *facteurs limitant* le développement et l'aménagement de la pêche sardinière n'étaient probablement pas d'ordres biologiques, mais plutôt socio-économiques. Partant de ce

constat, j'ai lancé en 1983 une série *d'enquêtes sur les conditions de vie, les revenus et la démographie des populations de pêcheurs* (MENDOZA *et al.*, 1986). Il en ressort que, contrairement à ce que l'on observe en Afrique de l'Ouest, le pêcheur artisan vénézuélien ne travaille que pour *maintenir un niveau de vie minimum et reste en marge de la société*.

La production scientifique totale sur ce chantier se résume à 8 articles de revues, 1 ouvrage et 8 chapitres d'ouvrage. Tous ces travaux sauf un chapitre ont été cosignés avec des partenaires du Sud.

1.2.4. Perspectives ouvertes par ces résultats

Un minimum d'éléments était alors disponible pour *amorcer l'aménagement des pêcheries dans un cadre qui se rapproche de ce que l'on appelle aujourd'hui l'approche écosystémique*. Ceci devenait d'autant plus urgent que la pression de pêche industrielle avait considérablement augmenté depuis 1984, entraînant des conflits entre pêcheurs artisans et industriels. Des *points de référence*, établis à une période où l'effort de pêche artisanal était relativement stable, ont permis de mesurer l'impact du chalutage sur les stocks. Après notre départ le système d'enquête à continuer de fonctionner ce qui permet aux partenaires de maintenant disposer d'une série temporelle relativement longue. L'initiative d'introduire des recherches socio-économiques dans l'analyse des pêcheries a été suivie d'effet à l'UDO.

Le résultat le plus positif de notre affectation aura été de réussir à *instaurer dans une région non francophone une coopération réelle en océanographie et de fédérer les recherches nationales*. Grâce aux efforts que F. GERLOTTO et moi avons déployé dans la région en tant que porte-paroles de l'ORSTOM, puis de la recherche océanographique française, la *coopération en halieutique a pu s'étendre à d'autres pays (Chili, Pérou)* et le Pôle Caraïbe a pu voir le jour.

1.3. Dans le projet EICHOANT (Martinique + prolongements au Venezuela, au Sénégal et en métropole; 1986 à 1994)

1.3.1. Projet de recherche

EICHOANT : Evaluation de l'Impact du Comportement en Halieutique et sur les Observations Acoustiques en milieu Naturel Tropical. Le comportement des espèces pélagiques, et plus particulièrement leur instinct grégaire, induit des biais considérables, aussi bien dans les évaluations conventionnelles des stocks à partir des données de pêche que par les méthodes directes utilisant l'hydro-acoustique. Ces problèmes sont particulièrement aigus dans les régions tropicales ou subtropicales où les stocks sont multispécifiques et les eaux souvent relativement transparentes. EICHOANT était un véritable projet de recherche méthodologique appliquée comportant deux grands volets : le couplage comportement-acoustique et celui comportement-halieutique. Il s'agissait d'éthologie quantitative dans le but de quantifier les biais observés, et de proposer des corrections ou des modifications méthodologiques afin de les limiter.

1.3.2. Partenariat

L'équipe de cinq agents ORSTOM (GERLOTTO, SORIA, COTEL, LAMOUREUX et moi) que je dirigeais sur place a travaillé pendant cinq ans sur ce projet en Martinique ; les observations de terrain ont eu lieu pour partie dans les Antilles (eaux transparentes permettant l'observation visuelle) et pour partie au Venezuela (eaux plus riches). En Martinique avons apporté cependant une contribution locale par nos travaux d'adaptation de l'écho-intégration aux biotopes insulaires tropicaux (contrat FIDOM) et par notre soutien technique au projet IFREMER d'étude des stocks de thons et de pêche à l'aide des DCP. Par ailleurs, j'ai participé à un projet régional d'étude des stocks de poissons volants dans les Petites Antilles. Au Venezuela, où nous continuions d'intervenir sous forme de missions et campagnes, le projet EICHOANT est le prolongement direct de celui mis en place en 1980 sur l'évaluation des stocks.

Notre équipe a participé à deux actions incitatives inter-UR :

- ❖ Au niveau régional, F. GERLOTTO et moi avons été parmi les initiateurs du Pôle Caraïbe (ORSTOM, IFREMER et Université Antilles-Guyane). Ce Pôle assurait un environnement scientifique satisfaisant. A partir de septembre 1991, nous avons poursuivi le projet à partir de Montpellier.

- ❖ A l'échelle internationale, ce projet s'inscrivait dans la mouvance toujours actuelle d'études menées dans différents pays d'Europe du Nord et d'Amérique du Nord, et dans celle des études coordonnées par les groupes de travail annuels FAST (Fisheries Acoustic Science and Technology) et FTFB (Fishing Technology and Fish Behaviour) du CIEM auxquels j'ai participé à 7 reprises à cette époque. La part d'études de l'influence du comportement ne cesse de croître dans ces deux groupes et, grâce à nos efforts, la France dispute maintenant le leadership de ces études aux pays d'Europe du Nord.

1.3.3. Production des connaissances

Nous avons pu mettre en évidence la *complexité de la structure interne des bancs et son influence sur les évaluations acoustiques* (GERLOTTO et FREON, 1988). *L'influence de l'évitement vertical du navire* par les bancs se limite aux cinq premiers mètres et se traduit par une plongée qui -dans le cas du Venezuela pour le moins- n'affecte pas sensiblement l'estimation de la biomasse (GERLOTTO et FREON, 1992). De nuit, nous avons identifié *l'influence respective du bruit et de la lumière du navire*, aussi bien en terme d'incidence sur les structures (polarisation du poisson, niveau d'agrégation) que sur les densités (FREON *et al.*, 1990; GERLOTTO *et al.*, 1990). L'influence de *l'évitement latéral* a été étudiée indirectement sur des fichiers historiques (SORIA et FREON, 1991) et constitue la source majeure de biais durant le jour. Des observations conjointes sous-marines (acoustique et vidéo) et aériennes nous ont permis de décrire la forte variabilité de la structure interne des bancs et de leur densité sous l'influence de stimuli extérieurs (bateau, prédateurs naturels ou artificiels). Nous avons alors pu quantifier les *conséquences de cette variabilité sur les observations acoustiques et proposé des hypothèses originales sur le mécanisme d'agrégation au sein d'un banc* (FREON *et al.*, 1992, 1993 ; Fig. 5). L'agrégation des poissons en bancs denses peut également avoir une incidence sur la méthode d'analyse statistique des données (choix du meilleur estimateur) du fait *que le Théorème Central Limite pourrait ne pas s'appliquer à de telles distributions sur-dispersées* (FREON *et al.*, 1993). Enfin des travaux en bassin nous ont permis de mettre en évidence des *possibilités d'apprentissage à l'évitement* des clupéidés et d'une transmission d'un individu à l'autre de cet apprentissage (SORIA *et al.*, 1993).

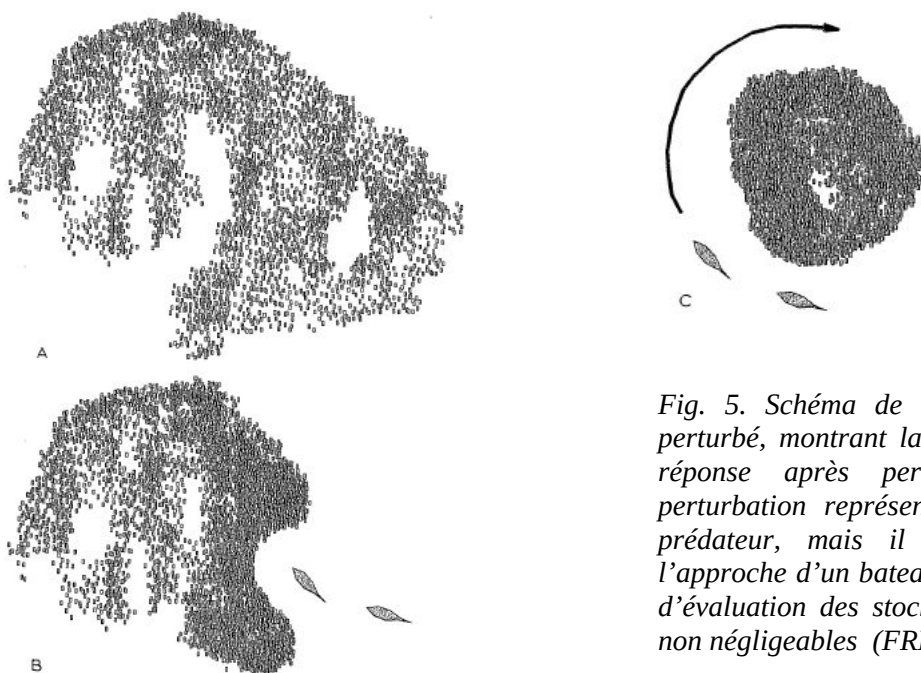


Fig. 5. Schéma de la structure d'un banc non perturbé, montrant la présence de vacuoles (A) et réponse après perturbation (B et C). La perturbation représentée ici une attaque par un prédateur, mais il peut s'agir également de l'approche d'un bateau. Les conséquences en terme d'évaluation des stocks par hydro-acoustique sont non négligeables (FREON *et al.* 1992).

Dans le cadre d'un financement local (FIDOM), nous avons proposé une méthode d'évaluation des stocks par acoustique adaptée au cas d'un plateau continental insulaire comportant des petits fonds coralliens et présentant un plateau continental étroit et entaillé de canyons. Par ailleurs, une nouvelle méthodologie et un système automatique de saisie de données ont été proposés pour *l'estimation visuelle de l'abondance des stocks de poissons volants* (FREON, 1988). La méthode a été appliquée lors d'une vaste campagne de prospection de l'arc antillais, réalisée sous l'égide du Centre Régional de Recherche de la Barbade.

L'étude des fichiers historiques de la pêche sardinière sénégalaise depuis 1969 a révélé de fortes fluctuations saisonnières et inter-annuelles de la *taille des prises par calée des senneurs, en relation avec les fluctuations de l'upwelling et celles de l'effort de pêche*. Une première étude a permis de séparer l'effet dû au comportement du poisson de celui dû au comportement des pêcheurs, lesquels sont capables d'estimer la taille des bancs avant capture (FREON, 1989). Ces résultats m'ont permis de *définir un nouvel indice d'abondance obtenu à partir des données de pêche*. Dans une deuxième étude nous avons démontré l'influence de *l'éclairement lunaire sur la capturabilité*, grâce à l'application de modèles linéaires généralisés. Cette même étude est basée sur l'application de l'analyse des correspondances multiples à la description de l'ensemble des paramètres de la pêcherie (FREON *et al.*, 1994).

Seul ce dernier travail sur le Sénégal a fait l'objet d'une co-publication au Sud, au contraire des travaux réalisés en Martinique. Au total 6 articles, trois chapitres d'ouvrage et un rapport ont été produits.

1.3.4. Perspectives ouvertes par ces résultats

Une première étape a été franchie dans l'amélioration des méthodes, pour en *limiter les biais* et pour en augmenter la précision en proposant des mesures concrètes. Grâce à des accueils alternés avec un collègue Norvégien, nous avons écrit un article (FREON *et al.*, 1993) et un livre (FREON et MISUND, 1999). Ce livre présente une revue des connaissances et développe des *concepts nouveaux (influence de l'apprentissage, mécanisme d'agrégation, etc.)*. Son objectif principal était d'établir un *lien entre les communautés d'halieutes et d'éthologistes*. Ce livre reste aujourd'hui la principale synthèse sur le sujet.

Les perspectives à long terme sont nombreuses, aussi bien sur les petits pélagiques côtiers que sur les grands pélagiques ou les poissons démersaux. Pour ne citer qu'un exemple, nos résultats sur la dynamique d'agrégation des bancs ont *suscité un travail d'écologie quantitative fondamentale sur la modélisation des tailles de divers groupes animaux*, dont je suis coauteur (BONABEAU *et al.*, 1998, 1999). Le projet T-ECHO (AIR/CE) décrit ci-dessous, puis l'UR ACTIVE, sont des prolongements directs d'EICHOANT.

1.4. Dans le projet T-ECHO (France, + campagnes en Espagne et en Italie; 1994 à 1996)

1.4.1. Projet de recherche

T-ECHO : Evaluation des relations entre les variables environnementales et les fluctuations spatio-temporelles des caractéristiques des populations de poissons pélagiques à partir d'images satellitaires et de l'hydro-acoustique. Au sein de ce projet AIR1, financé par l'Union Européenne, l'ORSTOM n'avait que des objectifs méthodologiques liés à l'acquisition d'un sonar multifaisceaux de dernière génération utilisé pour la première fois pour la détection de poisson. Il s'agissait d'étudier l'apport de cette technique pour la compréhension de la structuration spatiale des stocks en fonction de l'environnement, l'étude du comportement des bancs (évitement en particulier) et l'évaluation des stocks. Grâce à cet outil, nous avons testé l'hypothèse d'une structuration des bancs par les facteurs environnementaux.

1.4.2. Partenariat

Les autres partenaires du projet étaient l'Institut de Ciencias del Mar (ICM) de Barcelone, et l'Istituto di Recherche Sulla Pesca Marittima (IRPM) d'Ancône. T-ECHO était inclus dans ce qui est devenu le projet COMPAS (COMportement, Accessibilité et Structures spatiales des biomasses pélagiques), lui-même inclus dans le Programme "Dynamique et usages des écosystèmes marins et de leurs ressources vivantes". Il comportait trois chercheurs (F. GERLOTTO, M. SORIA et moi) et deux étudiants en moyenne, tous basés à Montpellier. Nous avons bénéficié d'excellentes conditions de travail à bord du N/O espagnol Garcia del Cid, ainsi que d'une réelle volonté de coopération de la part des chercheurs espagnols. Côté italien la situation était très différente (rétention de données).

1.4.3. Production des connaissances

Nos objectifs initiaux principaux ont été atteints puisque nous avons pu *mettre au point une méthode d'observation des bancs en trois dimensions* (GERLOTTO *et al.*, 1994, 1999), *mesurer l'évitement des bancs et quantifier le biais* qu'il induit dans les évaluations acoustiques conventionnelles utilisant un sondeur vertical (SORIA *et al.*, 1996), et enfin *décrire et chiffrer le processus des variations nyctémérales de l'agrégation des poissons* (FREON *et al.*, 1996 ; Fig. 6).

L'étude de l'influence des facteurs environnementaux sur la distribution spatiale de la biomasse s'est avérée aussi difficile que prévu! Un navire de recherche en prospection systématique fournit une image spatio-temporelle (4D) de phénomènes qui par nature sont très dynamiques (GERLOTTO *et al.*, 1995 ; BAHRI et FREON, 1998) et comportent des délais de réaction. Ceci est particulièrement le cas en Méditerranée où des coups de vent brutaux modifient considérablement les structures hydrologiques. Nous avons du avoir recours à différentes méthodes d'analyse des données (géostatistique, modèles linéaires, analyses multivariées) dont certaines étaient encore au stade expérimental. Nous avons mis en évidence une *structuration de la biomasse en cluster et une certaine homogénéité des descripteurs de banc au sein de ces clusters*, ce qui suggère un effet de l'environnement (BAHRI et FREON, 1998).

Au total quatre articles, un livre et trois rapports ont été produits sur ce chantier nord, dont quatre travaux co-signés avec la doctorante algérienne, le livre et les trois rapports étant signés avec des partenaires du Nord.

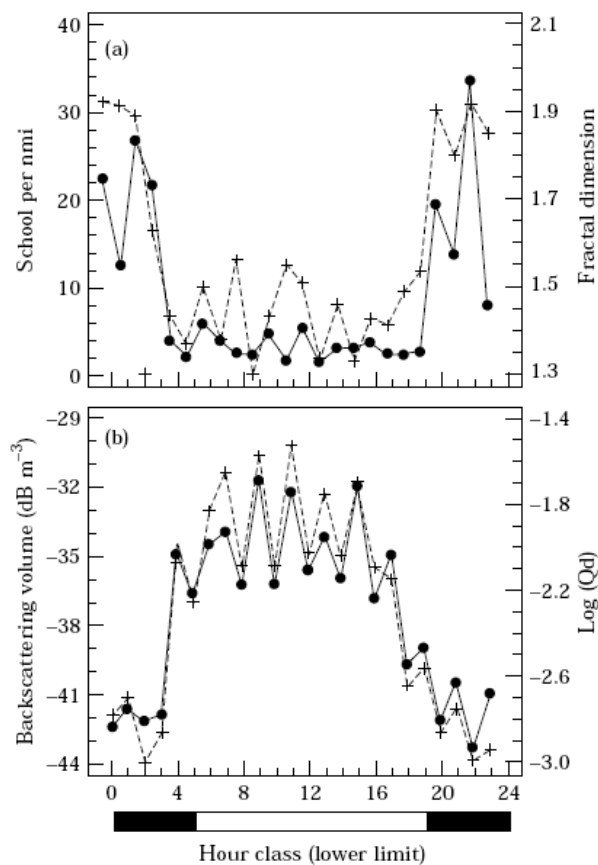


Fig. 6. Variation nyctémérale du nombre de bancs et des descripteurs de bancs au cours d'une campagne expérimentale (modèle statistique linéaire général). (a) nombre de bancs par mille nautique (cercles) et moindres carrés moyens de la dimension fractale (croix); (b) moindres carrés moyens de deux indicateurs de réponse acoustique (backscattering = cercles et log(Qd) = croix)) (FREON *et al.*, 1996).

1.4.4. Perspectives ouvertes par ces résultats

Cette méthodologie d'observation et d'analyse a été transférée à des stocks tropicaux dès la fin du projet (projet VARGET, comparant les structures spatiales des stocks de sardinelles au Sénégal, en Côte d'Ivoire et au Venezuela). De plus, les résultats de ce projet ont largement contribué au lancement de deux projets de recherche financés par l'Union Européenne: le programme AVITIS d'amélioration technologique du sonar multifaisceaux que nous utilisons; le programme CLUSTER d'analyse comparative de la structure des bancs et agrégations de poissons pélagiques. L'UR ACTIVE, que j'ai eu l'honneur de 'parrainer', est en grande partie issue des travaux que F. GERLOTTO et moi avons développés ici. Ces thématiques comportementales ont également trouvé des prolongements dans les unités ECO-UP (cf infra) et maintenant EME.

1.5. Dans le projet VIBES, l'UR IDYLE puis l'UR ECO-UP (Afrique du Sud, 1998-2004 ; France fin 2004-2009)

1.5.1. Projet de recherche

En 1998 j'ai lancé et dirigé (1989-2001) le projet multidisciplinaire VIBES "Viabilité des ressources pélagiques exploitées de l'Ecosystème du Benguela en fonction de l'Environnement et des processus Spatiaux". L'objectif principal de ce projet était d'étudier sur le long terme et à différentes échelles d'observation, les changements intervenus dans les pêcheries, le recrutement et leurs processus spatiaux dans le courant du Benguela. Ma contribution scientifique se situait dans les analyses rétrospectives de données et dans la constitution d'un système d'information géographique (SIG halieutique, outil développé par L. DRAPEAU) destiné à comprendre et quantifier les relations spatio-temporelles entre l'environnement et les stocks exploités.

VIBES a donné naissance à deux unités de recherche multidisciplinaires successives que j'ai dirigées. Tout d'abord l'UR097 IDYLE (Interactions et dynamiques spatiales des ressources renouvelables dans les écosystèmes d'upwelling ; 2001-2004) sur le même chantier du Benguela et sur les mêmes thématiques. L'UR097 a ensuite pris le nom d'ECO-UP (Structuration et fonctionnement des écosystèmes d'upwelling exploités : analyses comparatives en vue d'une approche écosystémique ; 2005-2008) du fait de l'application des méthodes génériques développées antérieurement dans le courant du Benguela à deux autres écosystèmes d'upwelling (courant des Canaries en Afrique de l'Ouest et Courant du Humboldt en Amérique Latine). De plus, un volet bio-économique a été rajouté et nous avons renforcé l'approche écosystémique, la définition d'indicateurs et les études d'éco-éthologie.

Ma problématique personnelle dans cette UR097 a tout d'abord consisté à étudier comment ces stratégies adaptatives peuvent expliquer le déterminisme des changements d'abondance et de distribution des espèces pélagiques exploitées. Mes hypothèses de travail étaient les suivantes :

1. Les espèces de poissons pélagiques des régions d'upwelling ont développé des stratégies adaptatives élaborées pour survivre dans un milieu fortement dynamique et présentant de fortes variations interannuelles et inter- décennales.
2. Les variations interannuelles du recrutement d'un stock sont liées aux modifications locales de l'environnement dans des strates spatio-temporelles critiques, liées aux conditions rencontrées durant les premières étapes de vie. A l'opposé, les effets densité-dépendants, sous-jacents à la relation stock et recrutement, ne sont perceptibles qu'à long terme et aux extrémités de la distribution. Contrairement à l'idée reçue, ils n'expliquent qu'une faible part de la variance à moyen terme.
3. Les variations inter-décennales d'abondance sont liées à des variations globales de l'environnement et sont synchrones dans différents bassins océaniques.
4. L'agrégation en banc est devenue une contrainte adaptative indispensable à la survie des espèces pélagiques, impliquant des mécanismes de regroupement faisant intervenir des objets flottants où d'autres espèces qui servent de point de rencontre.

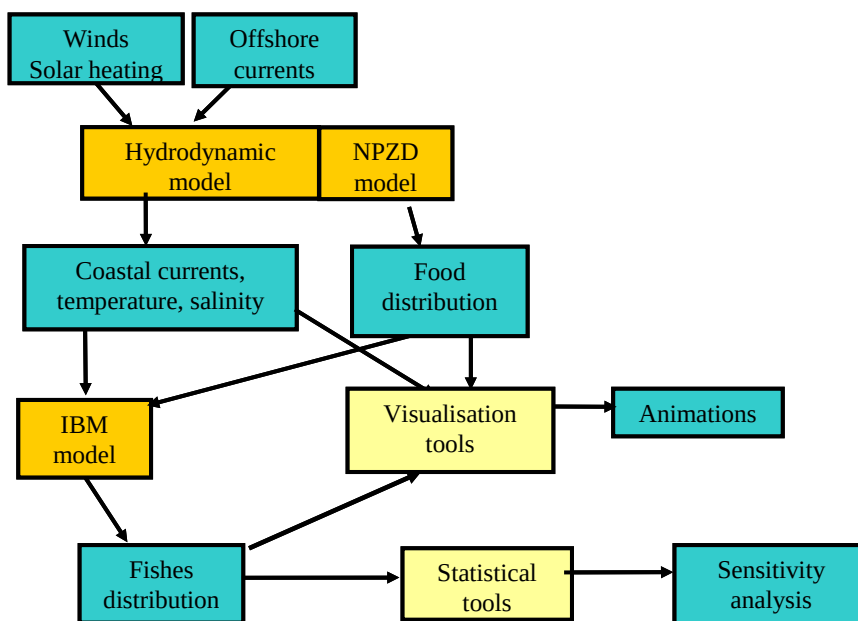


Fig. 7. Schématisation de la modélisation couplée et des représentations mises en place dans le projet avec variables forçantes et sorties des modèles (diagramme non publié).

1.5.2. Partenariat

Les problématiques de VIBES, IDYLE puis ECO-UP correspondent aux objectifs à long terme de nos partenaires principaux, le Marine Coastal Management (MCM) et le Département d'Océanographie de l'Université du Cap (UCT) en Afrique du Sud, l'INRH au Maroc et l'IMARPE au Pérou. Côté IRD, elles s'inscrivaient naturellement dans le Grand Programme " Dynamique et usage des écosystèmes marins et de leurs ressources vivantes " et maintenant dans le DRV (Gestion durable des écosystèmes du Sud).

Nous disposions en Afrique du Sud d'un partenariat de qualité, impliquant une trentaine de chercheurs. La recherche halieutique dans ce pays résulte d'une longue tradition et l'accumulation des connaissances y est considérable. L'effectif de l'équipe IRD a varié entre 12 et 17 agents, dont la plupart, dont moi, étaient expatriés. Nous avons par ailleurs noué des liens avec l'University of Western Cape (UWC), établissement anciennement défavorisé, dans le domaine des SIG. Nous avons rapproché le département d'informatique de l'UCT de celui d'Océanographie et du MCM. En revanche, dans les nouveaux chantiers d'ECO-UP (Pérou et Maroc), le partenariat est plus faible. La quasi-totalité de mes publications associées à ces projets ont été cosignées avec nos partenaires.

1.5.3. Production des connaissances

J'ai participé à *plusieurs synthèses* sur les problématiques de notre UR, parues dans des revues (FREON *et al.*, 2005a) ou des ouvrages (FREON *et al.*, 2006, 2009; van der Lingen *et al.*, 2006 ; CURY *et al.* 2005). Mes principaux résultats (partagés avec mes co-auteurs) concernent d'abord la mise en évidence du *rôle du transport et de l'enrichissement dans le succès du recrutement des anchois*. Suite à un processus de *sélection adaptative*, l'espèce a "choisi" ses strates spatio-temporelles de reproduction essentiellement en fonction de la « favorabilité » du *transport* par les courants de ses oeufs et larves, puis de la *rétenion* des larves dans cette zone (Fig. 8 et 9) et enfin de *l'enrichissement* des masses d'eau dans la nourricerie (triade de Bakun). Des recrutements exceptionnels, tel que celui de 2000, proviennent de la succession de plusieurs événements climatiques favorables à divers stades des premières étapes de vie de l'espèce. Ce résultat a été obtenu d'une par analyse rétrospective des données et par modélisation IBM (BARLOW *et al.*, 2002 ; HUGGETT *et al.*, 2003 ; MULLON *et al.*, 2003 ; PARADA *et al.*, 2008) couplée avec un modèle hydro-dynamique (PENVEN *et al.*, 2001).

Des travaux similaires ont été entrepris au Maroc, au Pérou et au Chili (LETT *et al.*, 2007 ; BROCHIER *et al.*, 2008a ; 2008b ; 2009), permettant la mise en œuvre de l'approche comparative pour *expliquer le paradoxe de la forte productivité halieutique de l'écosystème péruvien alors que sa productivité primaire est modérée*. Celle-ci viendrait d'une coïncidence favorable entre les périodes de reproduction, de forte productivité et rétention larvaire importante (BROCHIER *et al.*, 2010).

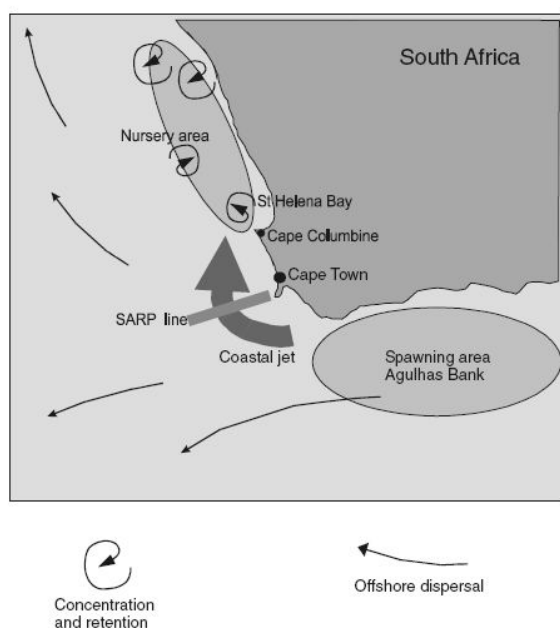


Fig. 8. Localisation la zone de ponte et de la nourricerie de l'anchois d'Afrique du Sud. Le courant côtier puissant (jet) assure le transport des œufs et larves de la zone de ponte vers la nourricerie. La « SARP line » est une ligne d'échantillonnage des œufs.

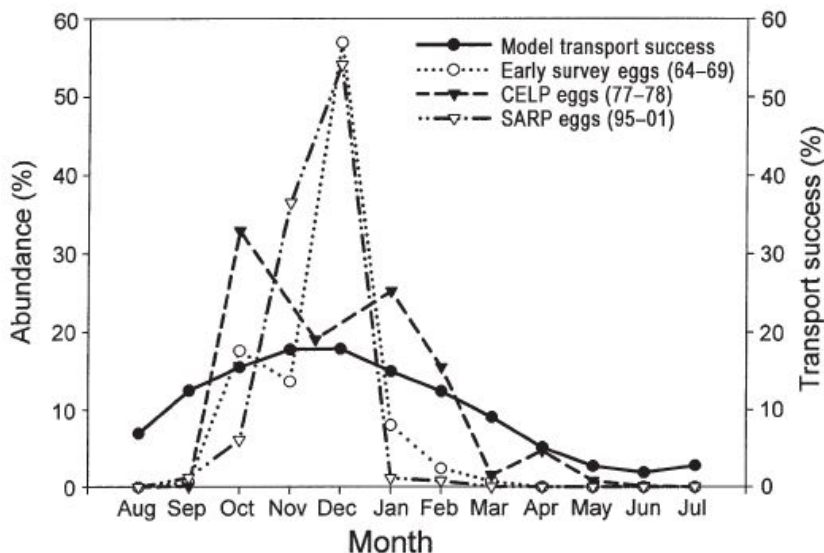


Fig. 9. Comparaison entre la saisonnalité du succès de transport d'œufs virtuels dans un modèle couplé hydrodynamique-IBM et la distribution des œufs d'anchois observée dans la région de transport entre frayères et nurserie (campagnes 64-69 ; 77-78 et 95-01). La coïncidence temporelle (et spatiale, résultats non montrés) entre modèle et observations suggère que l'espèce a adaptée sa stratégie de reproduction à la courantologie du milieu (HUGGETT et al., 2003)

J'ai participé à l'analyse comparative du facteur de condition des sardines en Namibie (Nord Benguela) et Afrique du Sud (Sud Benguela) afin de tenter de séparer les effets de densité dépendance de ceux de l'environnement. Les résultats indiquent un découplage entre les deux stocks de sardine et suggèrent un *effet densité-dépendant lié à l'effondrement des stocks* (KREINER et al. 2002), effet qui confirmé par l'analyse rétrospective des données de reproduction (van der LINGEN et al., 2006). Ce type de résultat est à relier à une *étude rétrospective de l'ensemble des pêcheries mondiales* qui montre que de nombreuses pêcheries ont subi des *effondrements dont certains sans signes précurseurs*, lesquels pourraient s'expliquer par un *effet dépensatoire dans la relation stock-recrutement* et par une *augmentation insidieuse de l'effort de pêche* (MULLON et al., 2005).

Une synthèse récente (FREON et al., soumis) a permis de dégager des hypothèses fortes relatives aux facteurs «ultimes» (pourquoi ?) et «proximaux» (comment ?) de la migration spectaculaire et *a priori* suicidaire des sardines sud-africaines participant au «Sardine Run». Elle correspond vraisemblablement à la *migration reproductive d'un sous-stock dont la stratégie de ponte, bien que coûteuse en terme de mortalité des migrants, semble payante en terme de succès de la reproduction*.

L'hypothèse d'une synchronisation des variations inter-décadales d'abondance des grands stocks pélagiques mondiaux reposait uniquement sur l'analyse visuelle de quelques séries chronologiques de capture. J'ai abordé le problème de façon rigoureuse en analysant l'ensemble des données disponibles (fichier FAO) depuis 1950, soit environ 1000 séries, combinées avec des variables anthropologiques (état de développement du pays) écologiques (niveau trophique, et indicateurs de longévité, d'abondance, etc.) et géographiques. J'ai utilisé deux techniques de classification : le classique "k-means clustering" et la classification par réseaux de neurones (algorithme SOMs). Les résultats suggèrent que *les synchronies observées sont pour la plupart dues au hasard, et peuvent s'expliquer par les variables anthropologiques ou biologiques analysées*. Seule une certaine cohérence géographique à l'échelle du bassin est vraisemblablement due à un forçage physique régional (FREON et al., 2003 ; CUBILLOS et al., 2007).

Concernant les processus agrégatifs, l'analyse géostatistique de la structure spatiale d'ensembles de bancs montre une *structuration à l'échelle des agrégations de bancs ou "cluster" dans le Benguela* (MISUND et al., 2003) comparable à celle que nous avons observée en Méditerranée. A l'échelle du banc lui-même, j'ai participé à un travail méthodologique sur *l'identification des espèces au sein d'un banc par observation hydro-acoustique*, permettant d'augmenter largement la précision des évaluations de biomasse (LAWSON et al., 2001). En liaison avec l'UR ACTIVE puis l'UR THETIS, j'ai montré que *le concept de point de rencontre, initialement appliqué à l'association entre thons et objets flottants, pouvait se généraliser à d'autres associations* telles que celles entre thons et monts sous-marins, thons et mammifères, et plus généralement à l'association de plusieurs espèces dans des bancs mixtes (FREON et DAGORN, 2000 ; Fig. 10). Le *processus d'agrégation au sein des bancs et la quantification du rôle des leaders pour retrouver des objets flottants*, on été analysés (SORIA et al., 2007, 2009 ; MIRABET et al., 2008). Enfin, *l'influence de*

l'environnement sur la taille des bancs a été démontrée par analyse rétrospective de centaines de milliers de bancs mis en rapport avec des données satellitaires (AGENBAG et al., 2004).

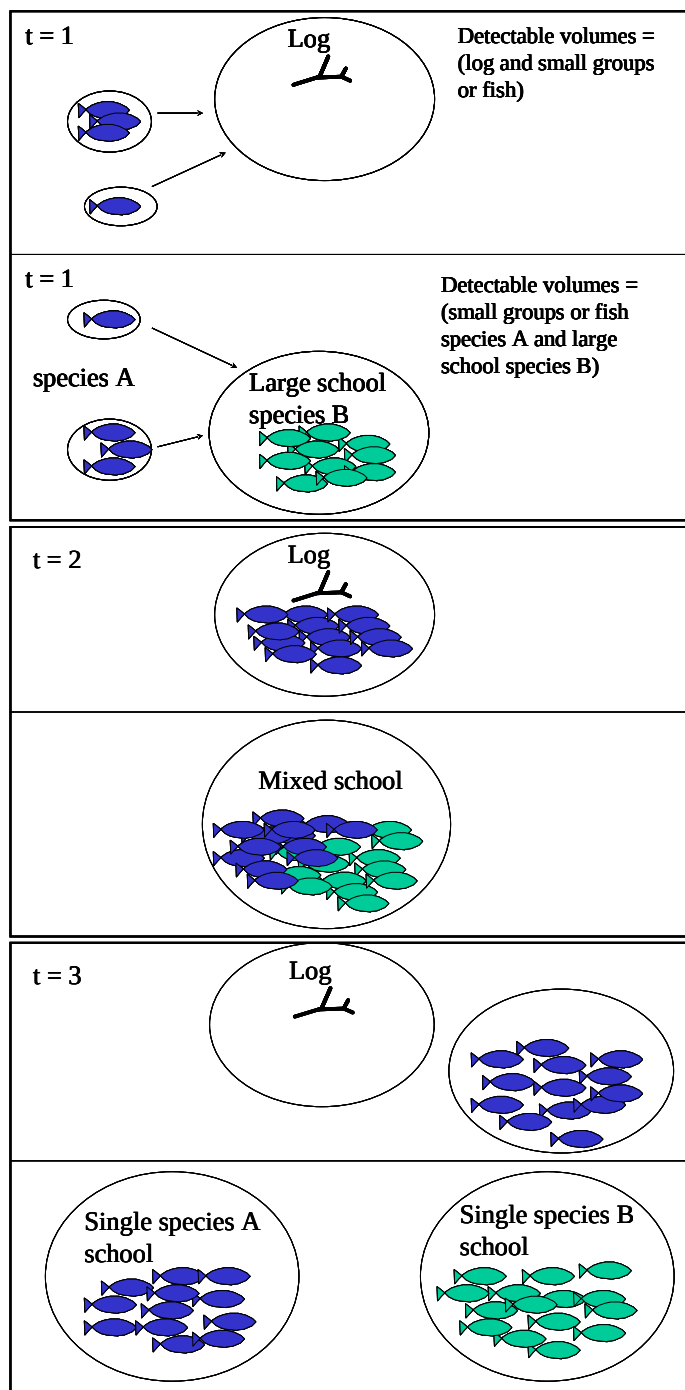


Fig. 10. Représentation des trois étapes (t=1, t=2, t=3) d'agrégation des poissons sous l'hypothèse du point de rencontre. La partie supérieure de chaque sous figure représente l'hypothèse appliquée aux objets flottants (Log), la partie inférieure l'hypothèse appliquée aux bancs mixtes regroupant deux espèces A et B. Les ellipses représentent la taille relative du volume de détection de l'objet (Log ou Espèce) par les poissons (FREON et DAGORN, 1999).

L'analyse spatiales combinées des données de pêche commerciale et expérimentales au sein du SIG a permis de dresser des cartes non-biaisées de distribution d'abondance des stocks exploités (PECQUERIE et al., 2004), d'en cartographier les *interactions spatiales* (DRAPEAU et al., 2004), de *dérivée des indices écosystémiques spatialisés*, décrivant le niveau global d'exploitation sous un jour nouveau, et de quantifier les interactions spécifiques (FREON et al., 2005b).

Les différentes analyses et modèles, en particulier trophiques, développés dans l'UR nous ont permis d'avancer sur le terrain de *l'approche écosystémique des pêches*, nouvelle tendance forte en halieutique (SHANNON et al., 2004 ; CURY et al., 2005), tout en montrant par un *modèle neutre* (MULLON et al., 2009), qu'un nombre limité de contraintes suffit à reproduire les grands patterns observés. Une approche semi-quantitative et comparative de la biodiversité et des niveaux trophiques dans les quatre grands écosystèmes d'upwelling a montré que le *paradoxe de la productivité halieutique du Pérou* ne provenait pas

de sa biodiversité mais elle a dévoilé que la structure trophique « en taille de guêpe » n'était pas la règle dans les écosystème d'upwelling où plusieurs groupes fonctionnels occupent les niveaux trophiques intermédiaires et permettent plusieurs différents circuits transferts trophiques (FREON *et al.*, 2009a).

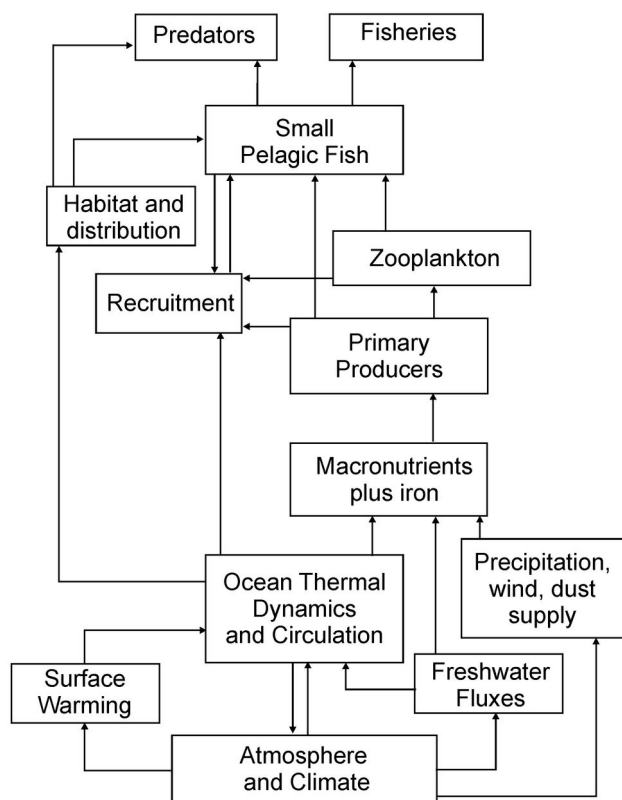


Fig. 11. Schéma conceptuel des effets du changement climatique sur les poissons pélagiques. Seuls les principaux processus et interactions ont été représentés dans un souci de simplification. Le schéma se lit essentiellement du bas vers le haut. Noter la présence de boucles rétroactives (FREON *et al.*, 2009c).

Le modèle bio-économique du système pélagique mondial démontre l'existence d'interactions non-linéaires entre effets climatiques, exploitation et marchés. Il permet par ailleurs de simuler divers scénarii tels que des changements climatiques, l'augmentation du prix du carburant, la restructuration des marchés (MULLON et FREON, 2005). Nous avons également modélisé l'interaction entre le surarmement des flottes (de 2/3 au Pérou) et les fluctuations inter-décennales des stock (FREON *et al.*, 2008). Nous avons également analysé les effets possibles du changement climatique sur la distribution et l'abondance des espèces marines dans les grands écosystèmes pélagiques à la lumière des dernières connaissances (FREON *et al.* 2009b,c,d ; Fig. 11).

Le bilan des publications sur ce projet s'élève à 59 articles (dont 35 de rang A), 11 chapitres d'ouvrages, 5 films et 4 rapports. 57 de ces travaux ont été cosignés avec des partenaires du Sud.

1.5.4. Perspectives ouvertes par ces résultats

Le futur de l'halieutique doit se fonder sur le constat que l'océan n'échappe pas au contexte actuel de globalisation. Cette globalisation concerne aussi bien les effets du changement climatique global que celui de la mondialisation des marchés du poisson et de ses dérivés, mais aussi le surarmement mondial des flottes de pêche (trois fois plus important que nécessaire au Pérou ; FREON *et al.*, 2008). Ces facteurs favorisent la mobilité des flottes et génèrent ainsi un effet de renforcement positif de la surexploitation généralisée. Des effets du changement climatique, contrastés selon les régions, résulte une modification globale du panorama des ressources et de leur localisation géographique (FREON *et al.*, 2009). Par une étroite synergie entre les activités d'analyse rétrospective de données, d'expérimentations dédiées et de modélisation, je pense que notre communauté doit pouvoir relever le défi scientifique que constituent l'approche globale et la gestion écosystémique des pêcheries. Toutefois, pour ce qui relève de la prédiction, nous restons largement dépendants de la communauté des modélisateurs des scénarii climatiques avec lesquels nous développons des liens. Ces scénarii restent encore imprécis, si ce n'est contradictoires, mais un consensus commence à se dessiner et nous sommes prêts à en tirer parti.

La nouvelle unité EME à laquelle j'appartiens depuis 2009 s'est construite sur les acquis des différentes unités constituantes tout en développant des volets originaux. Parmi les perspectives ouvertes par ECO-UP et

auxquelles j'ai activement participé, on été retenues dans EME l'étude des effets du changement climatique sur les écosystèmes marins (en particulier le projet FP7 MEECE), l'approche écosystémique intégrée et l'approche comparative. Les études de modélisation couplée hydrodynamique-IBM trouvent une application et un prolongement dans la mise en place d'aires marines protégées (nombre dans le réseau, taille, localisation). La modélisation bioéconomique du système pélagique mondial se poursuit actuellement mais sans ma contribution du fait de mon implication forte dans mon nouveau projet. L'hypothèse du point de rencontre donne toujours lieu à divers travaux de validation, tant à l'extérieur de l'IRD qu'à l'intérieur (plus d'une centaine d'articles reprennent cette hypothèse). Une perspective additionnelle concerne l'étude comparative des impacts environnementaux et socio-économiques des filières artisanales et industrielles de pêche au Pérou, présentée ci-dessous.

1.6. Dans le projet Filière Anchois du Pérou depuis 2010

1.6.1. Projet de recherche

L'année 2009 a constitué un autre tournant de ma carrière avec la maturation d'un nouveau projet d'étude comparative des filières artisanales et industrielles de production d'anchois au Pérou, du point de vue de leurs impacts environnementaux et socio-économiques, dans un cadre de développement durable. Les deux premières années (2009-2010) ont constitué une transition avec mes activités antérieures (publications sur l'effet du changement climatique au Pérou ; articles sur le comportement des poissons) et ont été dédiées à des recherches bibliographiques, à des prises de contact et au montage du projet qui s'est d'abord inscrit dans le WP5 «Socio-économie et impact environnemental des pêcheries et filières » du LMI DISCHO que j'anime. Ce projet a depuis évolué avec la construction (2010) puis la formalisation (2011) du réseau franco-péruvien de recherche *Anchoveta Supply Chain* (<http://anchoveta-sc.wikispaces.com/>) et constitue mon projet de recherche d'Eméritat présenté par ailleurs.

1.6.2. Partenariat

Les partenaires étrangers du projet sont des institutions péruviennes, deux UMR de l'IRD (EME et ISEM) ainsi que deux partenaires du Nord. Voir détails <http://anchoveta-sc.wikispaces.com/>.

1.6.3. Production des connaissances

Ce projet a achevé sa phase de maturation en 2010 puis commencé la collecte des données. Une publication de présentation du projet avec mise en contexte a été réalisée (Fréon *et al.*, 2010) ainsi que diverses communications orales. Deux articles de rang A sont en cours de révision et un troisième soumis.

2. DIRECTION, ANIMATION OU GESTION DE LA RECHERCHE

2.1. Direction, animation, coordination et conception de projets de recherche.

- ❖ Responsable du projet "Etude de la Pêche Pélagique Côtière" au CRODT (Sénégal) de 1978 à 1981.
- ❖ Participation à la création des projets de "Pêche artisanale", au CRODT de 1978 à 1981.
- ❖ Initiation avec B. STEQUERT du projet de recherche "Petite Côte" au Sénégal en 1979. Il s'agissait de l'un des premiers grands projets multidisciplinaires et multi-organismes en halieutique.
- ❖ Responsable de l'UR 11 "Environnement et Ressources Côtières Marines", regroupant plusieurs projets répartis en Afrique, en Amérique du Sud et en Asie de 1984 à 1986.
- ❖ Création d'un projet original de recherche sur l'influence du comportement en halieutique (EICHOANT) avec F. GERLOTTO et avec l'appui d'un chercheur norvégien (K. OLSEN).
- ❖ Responsable du projet EICHOANT de 1986 à 1994.
- ❖ Animation scientifique du Pôle Caraïbe de 1986 à 1988 (une trentaine de chercheurs répartis entre trois DOM) et responsabilité du "Groupe de réflexion halieutique" au sein de ce Pôle. Participation à la création ou à l'inflexion de plusieurs projets d'halieutique dans ce cadre.
- ❖ Participation, avec F. GERLOTTO, à la création du projet de recherche européen T-ECHO
- ❖ Direction de l'UR IDYLE (2001-2004) et leader dans la conception.
- ❖ Participation à la création du projet régional « Benguela Current Large Marine Ecosystem » en 2003.
- ❖ Direction de l'UR Ecosystème d'upwelling (2005-2008) et co-leader dans la conception.

- ❖ Implication dans le projet de création d'une grande Unité de recherche halieutique en 2007.
- ❖ Responsable du WP5 Socio-économie et impact environnemental des pêcheries et filières, LMI DISCOH (2010-213).

2.2. Gestion et administration

- Administration du projet "Etude de la Pêche Pélagique Côtière" au CRODT de 1975 à 1981.
- Membre élu du « Département C » de l'ORSTOM 1984 à 1986 inclus.
- Administration du projet EICHOANT (Etude de l'Impact du Comportement en Halieutique et sur les Observations Acoustiques en milieu Naturel Tropical) de 1987 à 1991 (responsable d'AB).
- Administration du projet VIBES de fin 1997 à fin 2001 (responsable d'Action Budgétée).
- Direction UR 1I (30 chercheurs) du Département TOA 1994-1995 en succession de E. Marchal
- Administration de l'UR097 IDYLE (2001-2004) et ECO-UP (2005-2008).
- Participation active à toutes les grandes réflexions de l'ancien Comité Technique de l'ORSTOM puis du Département et de la Commission Scientifique (en particulier groupe de réflexion halieutique, devenir des cahiers ORSTOM d'Océanographie, puis d'Océanographie Tropicale, l'écho-intégration à l'ORSTOM, création d'un Pôle Océanographique Caraïbe, réflexions sur l'halieutique à l'ORSTOM ("dossier noir" puis "dossier blanc"), réflexions sur la coopération en Amérique latine).
- Participation aux différents plans d'action, projets d'établissement et autres "réformes" de l'Institut de 1984 à 2000.

2.3. Obtention de contrats

- Contrat FIDOM d'étude de la répartition géographique et des variations saisonnières de la biomasse totale des poissons en Martinique par écho-intégration obtenu en 1990.
- Forte implication en 1995 dans la mise au point et la rédaction de projets AIR de l'Union Européenne (projets FIGIS, Fisheries Geographic Information System ; MODFISH, Modulating effects of behaviour and near boundary distribution of fish on abundance estimates from surveys, et LASSESS, laser-camera assessment project. Certains de ces projets n'ont pas été retenus.
- Participation modeste à la mise en oeuvre des dossiers de demande de financement des projets AVITIS (technologie sonar multi-faisceaux, proposé par F. GERLOTTO) et CLUSTER (organisation spatiale des bancs, proposé par PETITGAS), tous deux acceptés en 1997.
- Réponse au premier et second appels d'offre du programme franco-sud africain de recherche en coopération, en 1996 et 1998 ; obtention du financement dans les deux cas.
- Obtention du financement du projet RESCAP (Renforcement des capacités scientifiques namibiennes sur l'utilisation économique soutenue et optimale des stocks de poissons de Namibie) en février 1999.
- Obtention du financement du projet FSP (fond de solidarité prioritaire du MAE) sur le thème de la télédétection appliquée à l'halieutique : 1,2 millions de francs sur la période 2002-2004. Ce fond a été mis à disposition du programme régional BENEFIT ; l'apport financier et scientifique de l'IRD a été officiellement reconnu comme essentiel dans le succès de BENEFIT (Hampton & Sweijd, 2008, Afr. J. mar. Sci. 30 : 541-564)
- Participation au montage du dossier de réseau d'excellence EUR-OCEANS (2005-2008) en 2004.
- Montage du volet Benguela du projet FP7 MEECE (2008-2010) avant prise en main par Y. Shin.
- Obtention d'un financement de 45 K€ de l'Ambassade du Royaume Uni sur l'impact du changement climatique sur l'écosystème du nord Humboldt et son exploitation (montage avec A. BERTRAND)

2.4. Participation à des instances d'évaluation

Comités internationaux d'experts

- ❖ Coordinateur du Groupe de travail "Resource Availability" du programme international SPACC/GLOBEC de 1997 à 1999.
- ❖ Membre nommé du comité scientifique du programme régional BENEFIT (**BEN**guela- **Env**ironment - **F**isheries - **I**nteraction - **T**raining) de décembre 1998 à décembre 2007.
- ❖ Président de ce même comité durant un mandat complet (2000-2004).
- ❖ Expert extérieur du projet européen Sardone « Improving assessment and management of small pelagic species in the Mediterranean » Contract no.: FP6 – 44294 (2007-2010).

Comité nationaux (français ou étrangers) d'experts

- ❖ Membre du jury de la commission flotte océanologique française de 1984 à 2004.
- ❖ Membre nommé du Cirmed (Comité Interrégional Méditerranée de gestion des navires de façade) de 1992 à 1997.
- ❖ Membre nommé du Conseil Scientifique du PNDR (Programme National sur le Déterminisme du Recrutement) de 1985 à 1987 puis de 1996 à 1997 inclus.
- ❖ Evaluation de plusieurs projets étrangers (ex : poste d'accueil à l'Université de Londres en 1997 ; réseau diversité marine (RDM) en 1998 ; du programme national sud-Africain « The Sea and the Coast » sur la période 1995-1999 ; appel d'offre britannique NERC, juin 2006.
- ❖ Evalueur invité dans des conseils scientifiques étrangers (ex : chercheurs de l'ISRA du Sénégal en 2005 ; chercheurs du MCM en 2001) ou français (membre d'un jury d'admissibilité des CR2 par la CSS3 en 2006).
- ❖ Electeur du prix du Japon de 1998 à 2004.
- ❖ *Membre élu du Conseil Scientifique de l'IRD de 1996 à 2000.*
- ❖ Membre du Conseil Scientifique de l'Université de Paris-Sud XI (suppléant actif) de 2006 à 2008.
- ❖ Membre de la CAP des Ingénieurs et Techniciens de l'IRD (suppléant actif) en 2007.
- ❖ Evaluations (et invitations à évaluer déclinées) des projets de recherche américains (NOAA, NSF) et Norvégiens.
- ❖ Inscrit au fichier de l'AERES, président du comité d'évaluation de l'unité Ifremer « Ecologie et Modèles pour l'Halieutique » en 2008. Refus d'une 2nd invitation du fait de mon adhésion au boycott de l'AERES dans le cadre de mon opposition à la plupart des réformes en cours dans l'éducation et la recherche.

Appartenance à des comités de lecture ou de rédaction de revues scientifiques.

Membre du Comité d'Edition des revues :

- Latin American Journal of Aquatic Research (ex Investigaciones Marinas) depuis 1993
- Fisheries Research (internationale) 2000-2006
- Aquatic Living Resources (France) depuis 2001
- African Journal of marine Science (Afrique ; ex South Afr. J. mar. Sci) depuis 2001
- Editeur invité d'un numéro spécial de Progress in Oceanography (volume 83(1-4) ; 43 articles).

Relecture d'articles pour revue

Arbitre de diverses revues nationales et internationales: Progresses in Oceanography, Fisheries Oceanography, Aquatic Living Ressources, Fishery Bulletin (US), Fisheries Research, ICES Journal of Marine Science, Investigaciones Marinas (Chili), Bulletin de l'Institut Océanographique du Vénézuéla, Hydrobiologie Tropicale, Natures Sciences et Sociétés, Marine Biology, Oceanologica Acta et African Journal of Marine Science, pour ne citer que les principales. J'arbitrais en moyenne 1,5 articles par mois depuis l'année 2000. J'ai décidé de réduire cette activité à partir de 2007 en raison d'une surcharge de travail ; je l'ai reprise depuis 2010.

Organisation de colloques ou membre de leurs comités scientifiques

- ❖ Membre du comité d'organisation d'un Symposium du CIEM "Comportement du poisson par rapport aux engins de pêche" (Bergen, juin 1992).
- ❖ Expert invité de l'atelier PELFISH sur la biologie, la dynamique et l'exploitation des petits pélagiques de la mer de Java, Djakarta du 17-26/03/1994.
- ❖ Membre du comité d'organisation du Symposium d'Afrique Australe (SAMSS), Namibie, juillet 2002.
- ❖ Membre du comité d'organisation d'un meeting international GLOBEC-SPACC/IDYLE/ENVIFISH sur les approches spatiales de la dynamique des ressources pélagiques côtières et de leur environnement, MCM, le Cap, Afrique du Sud, 6-8 Septembre 2001.
- ❖ Membre du comité d'organisation d'un meeting international sur l'habitat de ponte et la méthode d'estimation d'abondance via la production d'oeufs (SPACC-GLOBEC), Université de Concepción, Chili, 14-16 janvier 2004.
- ❖ Organisateur et président de réunions internationales EUR-OCEANS / ECO-UP (2005 et 2006).
- ❖ Membre du comité scientifique de la Conférence internationale "The Humboldt Current System" Lima, Pérou, 27 Novembre – 1^{er} Décembre 2006.

- ❖ Membre du comité scientifique du symposium international AMNER, Plymouth, UK, 23-26 juin 2008
- ❖ Organisateur du premier symposium international sur les écosystèmes d'upwelling (Las Palmas, Espagne, 2-6 juin 2008) : 350 participants provenant de 40 pays différents ; 144 communications et 170 posters.

3. FORMATION ET ENSEIGNEMENT

3.1. Accueil de stagiaires (35 au total)

J'ai accueilli en France ou à l'étranger trois étudiants étrangers au niveau Licence en provenance des pays partenaires au Sud, 17 stagiaires ou étudiants étrangers au niveau Master et 15 étudiants français au niveau DEA ou DESS et un post-doc canadien.

3.2. Direction et encadrement de thèses

14 encadrements au total, dont 11 de doctorants en provenance de pays du Sud (voir Annexe 2 bis pour détails). Trois encadrements au Sud en cours.

3.3. Participation à des jurys ou comités de thèse et parrainages

16 au total, en France et à l'étranger (voir Annexe 2 bis pour détails).

3.4. Cours, stages et conférences pour étudiants (215 h)

Au cours de ma carrière j'ai réalisé 215 h d'enseignement direct, organisé sept stages de formation et co-rédigé un guide pour étudiant (voir Annexe 2 bis pour détails).

4. EXPERTISES, ETUDES ET ACTIVITES DE TRANSFERT

4.1. Expertise

J'ai réalisé une expertise individuelle au Sud Yemen et 24 expertise collectives ou assimilées. J'ai par ailleurs été membre de deux groupes de travail permanents (voir Annexe 2 bis pour détails).

4.2. Logiciels opérationnels

Suite à mes travaux d'incorporation d'une variable climatique dans les modèles de production, j'ai développé le logiciel CLIMPROD© en collaboration avec le LIA de Bondy. CLIMPROD permet de choisir puis d'ajuster et valider statistiquement le modèle le mieux adapté au cas de chaque pêcherie (FREON *et al.*, 1989; 1991; 1993). Cet outil de modélisation est adapté à l'usage des chercheurs comme des décideurs, grâce à l'utilisation de l'intelligence artificielle. Il apporte une aide pratique à la prise de décision dans les situations où le climat et l'effort de pêche jouent un rôle prépondérant dans l'évolution des biomasses exploitées. Ce logiciel et son manuel d'utilisation sont diffusés par la FAO. De plus CLIMPROD est régulièrement enseigné dans les cours de formation de la FAO. Son application aux stocks de poissons, poulpes, calmar, crevettes ou crabes différents pays s'est révélée fonctionnelle (Angola, Australie, Brésil, Chili, Chine, Côte d'Ivoire, Madagascar, Maroc, Nouvelle Guinée, Panama, Pérou, Sénégal, Turquie, Venezuela, Zambie). Dernièrement, j'ai supervisé la production d'une version Java du logiciel qui intègre toutes les améliorations antérieures dans un seul logiciel portable dans divers environnements informatiques.

4.3. Activités de transfert

L'occasion m'a été offerte de donner plusieurs conférences de vulgarisation dont les principales sont présentées en annexe 2 bis. J'ai par ailleurs rédigé ou co-rédigé plusieurs livres, chapitre de livres ou articles de vulgarisation et participé à diverses expositions ou salons grand public, parfois en tant qu'orateur invité. J'ai également participé à la production de six films vidéo de vulgarisation, été interviewé à différentes reprises et participé à diverses actions de transfert en France comme à l'étranger, utilisant souvent les outils de vulgarisation de l'IRD tels que Science au Sud, Fiches d'actualité et Canal IRD (cf annexe 2 bis).

5. ANIMATION ET PARTICIPATION A DES RESEAUX

5.1. Animation de réseau

Durant les quatre années d'existence du réseau d'excellence européen EUR-OCEANS (2005-2008), j'ai été le Leader du système « Eastern Boundary upwelling systems » au sein de ce réseau, avec l'appui d'un assistant à mi-temps, Pierre-François Baisnée. A son apogée, notre système comportait 134 membres en provenance de, 19 pays du nord et du sud.

Depuis 2010 j'anime le réseau de recherche franco-péruvien « Anchoveta Supply Chain » comportant 25 personnes dont une dizaine d'étudiants (<http://anchoveta-sc.wikispaces.com/>).

5.2. Participation à des réseaux

- ❖ Membre du Réseau Acoustique Caraïbes de 1991 à 2001.
- ❖ Membre du réseau Echospace (évaluation par acoustique, dynamique spatiale) de 1992 à 2000.
- ❖ Membre de la Société Française d'Halieumétrie (halieutique quantitative) depuis 1994.
- ❖ Membre du réseau Fish-Ecology puis du réseau Omnet depuis de 1996 à 2002.
- ❖ Chercheur Honoraire Associé au Département d'Océanographie, Université du Cap, 1999 à 2004.
- ❖ Membre du "Committee on Space Research" (COSPAR) depuis 2005.
- ❖ Membre du Réseau Latino-Américain d'Analyse de Cycle de Vie depuis fin 2009.

6. PERSPECTIVES D'EVOLUTION (DANS LE CADRE DE MON EMERITAT)¹

Je serai retraité à partir du 1^{er} septembre 2012 et j'ai obtenu le titre de chercheur émérite afin de poursuivre mon dernier projet d'étude démarré depuis le début 2010 sur l'étude comparative des filières artisanales et industrielles de production d'anchois au Pérou (cf point 1.6). Le projet ici résumé et détaillé dans mon mémoire 2009 et dans FREON *et al.* (2010) part du constat que l'halieutique ne peut rester déconnectée des problèmes globaux liés à la raréfaction des énergies fossiles et aux dommages planétaires causés par l'extraction et la transformation des produits de la pêche.

6.1. Remise en cause du modèle initial de l'halieutique

Les pêches maritimes mondiales stagnent depuis quelques années malgré une surcapacité d'exploitation et l'aquaculture est envisagée sérieusement comme un substitut pour satisfaire la demande, bien que cela demande un changement de pratiques afin de limiter l'usage de poissons de mer comme intrant (Naylor *et al.*, 2000). La ressource vivante renouvelable devient non-renouvelable, puis s'épuise de manière peut-être irréversible. Le constat est assez unanime de considérer que les politiques de régulation récentes ne sont pas parvenues à enrayer la répétition des extinctions de la ressource, constatées dans les années 50 (Pauly *et al.*, 2002 ; MULLON *et al.*, 2005 ; Cury et Miserey, 2008). La recherche halieutique remet donc en cause son « modèle initial » d'exploitation datant des années 50, en révélant la complexité des mécanismes écologiques de renouvellement des ressources exploitées et des mécanismes économiques et comportementaux qui motivent, voire dirigent l'activité des pêcheries, notamment par la formation des prix et la répercussion de la demande du consommateur.

Plus que jamais, la représentation des filières halieutiques doit s'ancrer dans plus de compréhension des systèmes écologiques mais aussi de plus de compréhension d'aspects socio-économiques liés à l'approvisionnement et à la consommation « des produits de la mer ». Le modèle économique de l'halieutique marine doit tenir compte d'évolutions récentes que sont la mondialisation du négoce et sa standardisation (« commodities »), la redistribution des droits de pêche mondiaux et les tensions croissantes sur les politiques publiques d'alimentation, de santé et d'environnement, mais aussi sur la responsabilité (notamment du consommateur), sur le développement durable et sur la lutte contre la pauvreté.

La recherche halieutique marine ne peut plus se centrer sur l'activité de pêche ou d'aquaculture selon la traditionnelle « logique de production ou de moyens » quand se développent les « logiques de consommation

¹ Les références bibliographiques des travaux non-personnels cités ici ne figurent pas en lettres capitales. Elles sont disponibles, ainsi que d'autres sur le même sujet, à l'adresse suivante : <http://dl.free.fr/vAqyQYpJx> sous le nom d'utilisateur « biblio » et le mot de passe « biblio ».

soutenable » qui inversent certains raisonnements d'organisation. Des outils comptables nouveaux apparaissent tels que les Analyses de Cycle de Vie (ACV) et les Bilans de Flux de Matière et Énergie (BFME) qui permettent de dresser le bilan énergétique, environnemental et économique de filières, de processus industriels, de produits, de services, à toutes les échelles géographiques. Leur intérêt réside surtout dans la comparaison objective de plusieurs scénarios. Ces démarches sont à l'origine des pistes les plus sérieuses pour changer l'économie mondiale dont le modèle est en crise (nouvelles fiscalités vertes, développement des services « écosytémiques » et des ingénieries écologiques, productivité des ressources pour la croissance...). Mais avant tout, elles inspirent les professionnels de la distribution dans leur compétition pour maîtriser les coûts et justifier les prix auprès des consommateurs. Des entreprises de distribution de produits de la mer s'engagent dans cette voie selon des stratégies dites de « niche », reposant sur la traçabilité des produits, leur étiquetage et les labels. Bien que ces stratégies ne soient pas encore en mesure d'influencer grandement les marchés mondiaux, elles présentent des risques de manipulation de l'opinion publique par des groupes puissants et posent des problèmes de droit public (ressources) versus droit privé (exploitation). Les prises de conscience environnementales et de responsabilité (biodiversité, surpêche) à l'échelle du consommateur se mêlent aux effets de la « rareté » des ressources pour changer les positions des intermédiaires de l'approvisionnement. Les mécanismes qui régissent ces changements sont encore mal évalués (Tverterås *et al.* 2006 ; Alder *et al.*, 2008 ; Guillotreau, 2008).

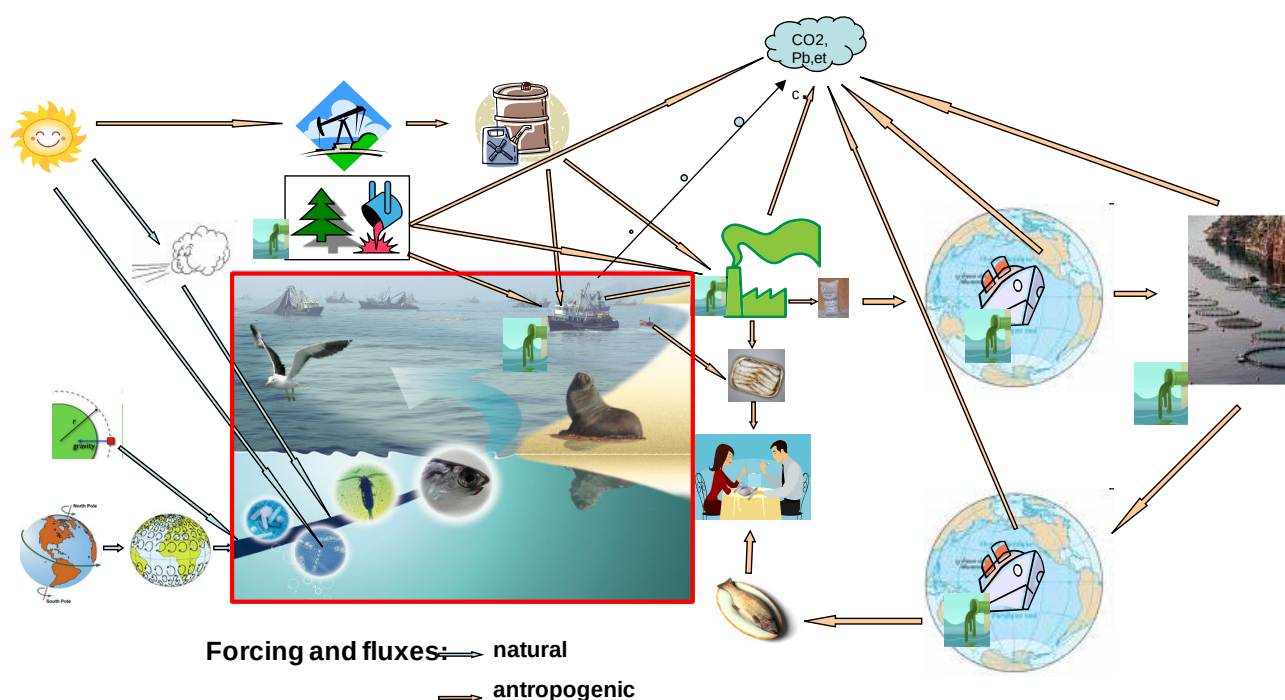


Fig. 12. Diagramme simplifié du fonctionnement et de l'impact environnemental de la filière d'anchois du Pérou. L'image composite encadrée en rouge représente l'écosystème marin. Les éléments l'entourant sur la gauche représentent les forçages naturels (énergie solaire, vent, forces de gravité et de Coriolis) et les intrants 'exosomatiques' tels que les matériaux de construction (bois, minéraux) et les énergies domestiques (carburants). Les éléments situés à droite représentent la transformation de l'anchois pour la consommation humaine directe ou indirecte, telle que l'élevage de poissons carnivores en Asie.

L'approvisionnement mondial en « produits de la mer » connaît une demande croissante liée à la démographie, l'augmentation du niveau de vie moyen, une mondialisation du négoce et l'on observe une organisation de plus en plus technique des filières. Comme les autres filières d'approvisionnement des sociétés humaines industrialisées, celle des produits de la mer voit sa durabilité/soutenabilité mise en question par plusieurs constats (Fig. 12):

- Les quantités d'énergie fossile nécessaire à son fonctionnement sont très élevées : l'efficacité énergétique de la chaîne n'est pas bonne (Tyedmers *et al.*, 2005 ; FREON *et al.*, 2010), elle s'aggrave avec l'augmentation de l'effort de pêche lié à la raréfaction de la ressource et les flottes sont en surcapacité (Gréboval, 1999 ; FREON *et al.*, 2008).
- Les impacts sur l'environnement sont importants par le biais du dégagement de gaz à effet de serre et de la toxicité des peintures anti-salissures (Ferrer *et al.*, 1997 ; Omae, 2003, Hilvarsson *et al.*, 2009 ; FREON *et al.*, en préparation) mais aussi la dégradation des fonds marins.

- Les impacts écologiques de la surpêche commencent à être pris au sérieux (réduction drastique de la biodiversité, prolifération d'espèces gênantes, baisse de productivité) du fait qu'ils coïncident avec la raréfaction des prises (Jackson et al, 2001 ; Hsieh et al., 2007).
- La répartition des revenus des filières se fait au détriment des acteurs de début de chaîne dès lors que l'organisation des débouchés n'est pas locale et artisanale.
- La finalité de l'exploitation halieutique pour le développement humain est en question au vu du détournement de ressources locales vers des filières d'export insuffisamment rémunératrices, les effets de contaminations sur la santé et l'accentuation des questions d'indépendance alimentaire au Sud.

Malgré cette remise en cause sévère, le modèle initial de l'halieutique est solidement ancré dans les esprits, notamment lors des négociations organisées par les Etats régulateurs qui tentent d'arbitrer les points de vue et les intérêts des acteurs concernés comme nous l'avons vu pour le thon rouge. Souvent, les recommandations des « scientifiques » se voient rejetées ou aménagées. Les politiques sont finalement dirigées par des compromis locaux et sectoriels, sans efficacité globale, victimes de distorsions et de contradictions juridiques, économiques ou géographiques dont l'enjeu n'est jamais suffisant pour être réformé (Mesnil, 2008).

Nous avons (Voisin et Fréon, en prép.) réuni les éléments bibliographiques sur les représentations de filières et sur les méthodes d'évaluation énergétique, environnementale et économique. Le cadre de représentation qui est proposé établit le bien-fondé de considérer les systèmes exploités (océan) et exploitant (économie humaine) comme séparés mais susceptible d'une co-évolution ou d'une synchronisation vertueuse.

6.2. Apports de l'écologie industrielle, de l'économie écologique et de la nouvelle écologie

Plusieurs courants anglo-saxons en économie des ressources et de l'environnement et en ingénierie industrielle ont proposé deux concepts-clés de la durabilité/soutenabilité des activités humaines : l'Écologie Industrielle (EI) et l'Économie Écologique (ou Eco-Économie, ou EE). Un troisième concept intéressant mais peu connu est celui de « Nouvelle Écologie » proposé par un ancien chercheur de l'IRD, Serge Frontier, dans un ouvrage (en français...) resté trop confidentiel à notre avis.

En résumé, l'**Écologie Industrielle** a développé un ensemble de méthodes et de concepts parfois empiriques très utiles pour construire ce qui est devenu le développement durable/soutenable avec le rapport Brundtland (WCED, 1987) sous l'impulsion des travaux du Club de Rome en 1972 (Meadows *et al.*, 1972). Les méthodes des premières études d'impact des pollutions sur l'environnement sont basées sur les « MEFA » (Material and Energy Flow Analyses) qui ont généré plusieurs familles de méthodes d'étude. Les « MEFA » ne déduisent pas les impacts sur l'environnement mais restent l'outil de base de l'évaluation du « Métabolisme Industriel » ou des propriétés physiques de systèmes économiques. Ces bilans ont des limites car ils agglomèrent tous les éléments en circulation en masse et parfois en énergie, quelle que soit leur pureté et leurs propriétés chimiques ou physiques (Yantovski, 2004; Bartelmus, 2002).

La définition des impacts sur l'environnement relève de disciplines variées que des méthodes d'Évaluation des Impacts Environnementaux (Environmental Impact Assessment) tentent de regrouper dans des tableaux de bord ou des analyses multicritères (Faucheux & O'Connor, 1998). L'ACV constitue la méthode centrale pour combiner le recensement des flux de matières et d'énergie dans l'industrie et l'évaluation des impacts sur l'environnement correspondant. Ces analyses sont fondées sur la détermination des matières et des énergies nécessaires à la fabrication et à l'usage d'un produit, mais aussi à son élimination lorsqu'il est usagé. Le principe est de tracer et de quantifier les flux de matières et les processus qui participent à la production, l'utilisation et l'élimination d'un produit. Par les ACV, il est possible de comparer des produits, des procédés, des filières ou des services ayant une même fonctionnalité (« unités fonctionnelles ») et un même « périmètre » de production-consommation.

Des catégories d'impacts ont été définies en faisant référence aux grands mécanismes planétaires de dégradation des couches atmosphériques, de la qualité de l'air, du climat, des sols et des propriétés chimiques des sols (acidification, contaminations...), des grands écosystèmes et de la biodiversité. Diverses méthodes répondent aux besoins d'évaluations partielles (coûts cumulés en énergies fossiles, dégagements de gaz à effet de serre, rendements énergétiques, matières organiques...) et font l'objet de normes (série ISO 14000).

Il y a une convergence entre l'**Économie Écologique** et l'Ecologie Industrielle (van den Bergh, 2008) sur des concepts opérationnels d'aménagement, généralement empiriques, partiellement redondants, qui engagent le système économique dans ses fondements physiques et biologiques (les flux qu'il génère) et doivent inspirer les stratégies de transition vers la soutenabilité des activités. Ils éclairent sur les articulations possibles entre Ecologie, Economie et Ecologie Industrielle (Ayres & Weaver, 1998 ; Robèrt *et al.*, 2002 ; Atkinson *et al.*, 2007). Les méthodes d'évaluation combinées des flux de matière et d'énergie, des impacts environnementaux et des échanges économiques (type IO-ACVE mixtes) permettent de construire des référentiels pour la modélisation, des scénarii et une prospective sur de nouveaux systèmes d'organisation des filières d'approvisionnement. Nous avons identifié dans la littérature une vingtaine de concepts qui doivent éclairer sur les objectifs d'évaluation et sur les mécanismes des nouvelles politiques halieutiques car ils intègrent les dimensions physiques et économiques des activités. Certains touchent plus le management et la normalisation, d'autres l'intervention des Etats dans les politiques publiques, le Droit et la fiscalité, les accords internationaux et éventuellement les Constitutions (Ayres & Martinas, 2005 ; Gunningham & Grabosky, 1998). Ces vingt concepts (non détaillés ici) peuvent inspirer plusieurs niveaux de réformes mettant fondamentalement en question le système économique ou non.

L'Ecologie théorique connaît aussi des courants assez récents dont nous nous sommes inspirés pour argumenter une architecture du cadre méthodologique. Sous l'impulsion du danois Sven Jorgensen (Jorgensen & Müller 2000), des spécialistes de l'éco-énergétique se sont réunis pour proposer une redéfinition des systèmes écologiques sous l'éclairage des théories de la complexité, de la thermodynamique des systèmes dissipatifs auto-organisés en non-équilibre. Serge Frontier et ses coauteurs (Frontier 1999, Frontier *et al.* 2008) ont su intégrer l'essentiel de la « **Nouvelle Écologie** » dans la théorie classique afin d'en corriger les positions sur la structure, le fonctionnement et l'évolution des écosystèmes. Ces auteurs mettent en avant des critères généraux pour évaluer les écosystèmes et les mécanismes de sélection des espèces et de régulation de la biomasse. Ils ont même avancé quelques principes très prometteurs pour traduire dans des termes plus pratiques les développements des auteurs éco-énergéticiens réunis par Sven Jorgensen (Jorgensen *et al.*, 2000, 2007). Parmi ces principes, citons le rôle des énergies auxiliaires dans les écosystèmes, les relations entre écosystème exploitant et exploité, la nature des effets de l'Homme sur l'écosystème planétaire par les énergies et biomasses auxiliaires et enfin un principe d'Ecologie Généralisée qui propose une théorie revisitée de l'organisation de l'écosystème planétaire avec l'Homme. Ces avancées restent largement ignorées de nos jours, en dehors d'une certaine école française d'écologie.

6.3. Evaluation des impacts environnementaux et socio-économiques des filières d'anchois du Pérou

L'approche ci-dessus présentée est appliquée au cas des filières artisanales et industrielles de l'anchois du Pérou, qui constituent la pêche mono-spécifique la plus volumineuse au monde (3 à 8 millions de t par an) et dont les caractéristiques permettent d'illustrer un ensemble très complet de problématiques de gestion halieutique (Fig. 13).

Les pêches du Pérou sont particulières car l'essentiel des prises est destiné à des filières d'exportation industrielle sous forme de farines et huile de poisson, elles-mêmes destinées à alimenter des filières aquacoles ou de viande (Fig. 12 et 13). Ce négoce est accessible aux pêcheries qui sont capables de gros volumes réguliers et qui acceptent l'introduction d'outils financiers et pour certaines d'une cotation du marché en bourse. Ces débouchés favorisent une filière qui est critiquable sur le plan des coûts en énergie fossile (coût en énergie de la tonne débarqué, transformation en farines, transport, stockages), des effets sur le changement climatique (bilan carbone), du rendement énergétique mauvais du produit final « viande » ou « poisson d'élevage » (protéines) (Ramade, 2002 ; Tyedmers *et al.* 2007), pour une valeur ajoutée relativement faible, dans un contexte où la consommation de viande dans le monde génère des maladies dont les soins sont coûteux (Brown, 2003). Cet approvisionnement indirect des consommateurs montre que certaines filières halieutiques peuvent prendre des formes particulières dont seule une analyse pertinente des flux, des impacts environnementaux et des chaînes de valeur peut dire si elles sont soutenables.

Ainsi, des flottes en surcapacité (FREON *et al.*, 2008), de gabarits et d'équipement très variables (artisanales, semi-industrielles et industrielles ; Fig. 13), soumises à une politique de régulation considérée comme efficace, récoltent une ressource redevenue abondante pour approvisionner essentiellement une filière d'export qui génère des revenus nets profitant aux pêcheurs mais aussi aux détenteurs des

investissements et à l'Etat péruvien. Ces filières illustrent les incohérences du modèle initial de l'halieutique marine. Les autres filières sont liées à la consommation humaine directe (frais, conserve, produits élaborés) et alimentées essentiellement par une très faible proportion (1%) des débarquements de la pêche artisanale. Paradoxalement, l'anchois acheté aux pêcheurs pour ces filières directes est payé parfois moins cher que celui qui sera transformé en farine...

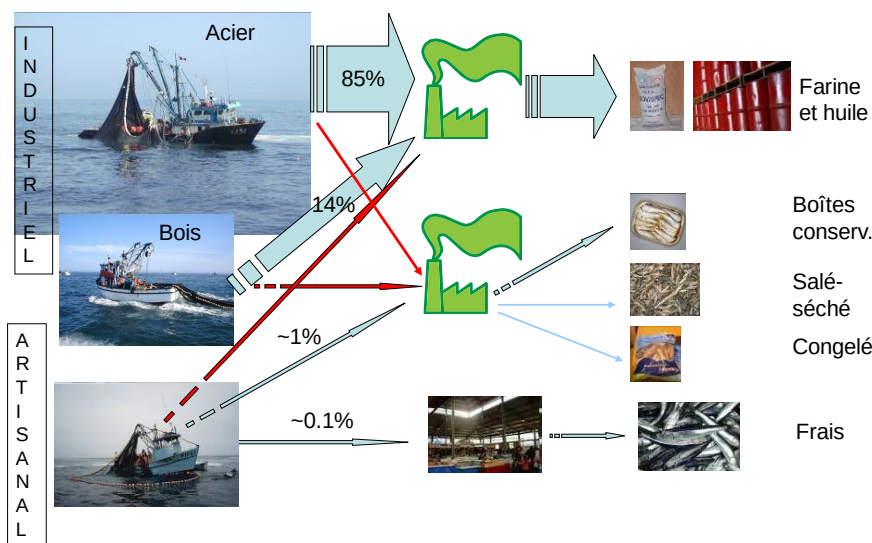


Fig. 13. Les trois flottes d'anchois du Pérou (industrielle bateaux de coque en acier ; semi-industrielle bateaux de coque en bois ; artisanales coques en bois) et la destination des captures (3 à 8 millions de t par an). Les flèches rouges représentent les flux illégaux.

L'analyse des impacts environnementaux et socio-économiques des activités et la comparaison des flottes artisanales et industrielles sur ces critères a débuté progressivement dès 2009. J'ai effectué avec mes étudiants et collaborateurs péruviens des inventaires détaillés de différents types d'unités de pêches d'anchois du Pérou : artisanale, semi-industrielle et artisanale. Il s'agissait en particulier de recenser tous les matériaux et modes de construction ainsi que les consommations en combustible, lubrifiants, etc. Les premières ACV ont été réalisées sur différentes catégories de taille de bateaux industriels et les résultats préliminaires montrent qu'en raison d'une efficacité plus grande, ce sont les bateaux de taille intermédiaire qui impactent le moins l'environnement par tonne de poisson débarqué (Fig.14). Fin 2010 nous avons démarré l'étude d'usines de farine de poissons grâce à des BFME et ACV en comparant différents types d'usine : séchage direct par gaz de combustion *versus* séchage indirect par échange thermique avec de la vapeur d'eau ; combustion de gasoil *versus* combustion de gaz naturel dont le Pérou est producteur.

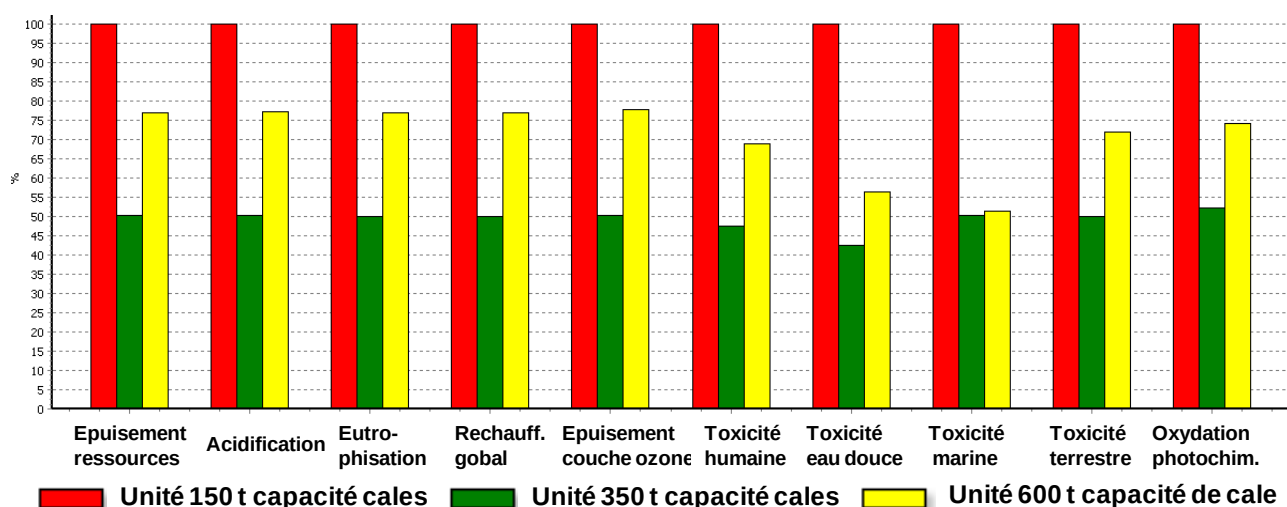


Fig. 14. Analyse d'impact environnemental de trois unités de pêche d'anchois différant par la capacité de cale du bateau, d'après l'analyse de leur cycle de vie (FREON et al., en préparation). A noter la relation non-monotone.

Nous avons également réalisés des ACV d'usine de fabrication des aliments pour poisson, puis de fermes aquacoles. Nous étendons ce dernier type d'étude à l'Asie où est exporté l'essentiel des farines et huiles de poisson du Pérou. Nous effectuons également une BFME de l'écosystème marin du Pérou à partir des données de modèles trophiques en cours dans une autre équipe de notre UMR. Toutes ces actions permettent en ce moment de débiter l'analyse complète de la filière anchois, depuis la mer jusqu'à l'assiette du consommateur, qu'il s'agisse d'anchois frais ou de poisson d'élevage ayant consommé des anchois. Plus tard les filières de longueur intermédiaire constituées par la consommation humaine de poissons préservé (conserves, congélation, salé-séché) sera également entreprise.

En parallèle aux travaux écologiques et environnementaux, un doctorant économiste péruvien que je co-encadre, Yuri Landa, étudie la rente des unités de pêche et sa distribution et va travailler sur un modèle bio-économique classique au cours des deux prochaines années. Sa thèse est centrée sur le bien-être (wealthfare) et le développement soutenable du secteur. Il effectue sous ma direction des simulations économiques de différents scénarii d'exploitation, d'abondance de la ressource en fonction du changement climatique et de prix des principaux intrants (dont les énergies fossiles) et extrants (farines et huiles de poisson).

L'analyse des coûts de cycle de vie (CCV ou LCC en anglais) est un outil très complémentaire des ACV. Il s'agit en effet d'analyser l'ensemble des coûts directs et indirects du cycle de vie d'un service ou, comme ici, d'une production. Les phases de construction (achat des équipements), usage, entretien et fin de vie sont prises en compte comme dans une ACV. L'intérêt majeur de l'approche, réside dans la comparaison économique exhaustive de diverses techniques ou méthodes de production. Ces résultats peuvent être mis au regard de ceux d'une ACV environnementales, car effectués dans un même cadre conceptuel. Nous avons déjà débuté deux CCV : changement de type de moteur à bord des bateaux de pêche (moteurs diesel conventionnels versus moteurs électroniques moins énergivore) et celle de la transformation d'unités de pêche artisanales palangrières (en surnombre) en seigneurs capturant de l'anchois pour conserveries.

En remettant en cause son « modèle initial » la recherche halieutique pourra proposer de nouveaux indicateurs et paramètres de système en mesure de préciser les objectifs de réorganisation des filières, du suivi des écosystèmes, à la pêche et à l'approvisionnement des consommateurs, jusqu'aux préoccupations de nutrition, santé et développement (McGlade, 2001).

7. PRODUCTIONS SCIENTIFIQUES

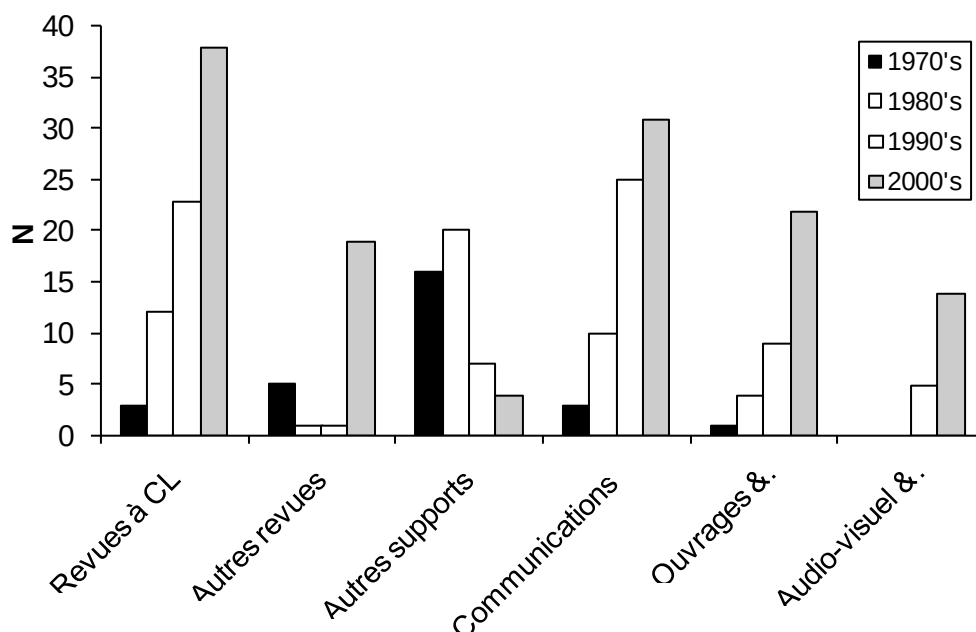


Fig. 15. Evolution par décennie des différents types de publications (CL = comité de lecture).

La figure 15 illustre la diversité de mes modes de publication et la part importante que constituent les synthèses scientifiques dans mon travail. Cette figure reflète l'évolution de ma carrière, au départ d'un jeune chercheur dans un cadre ORSTOM et de coopération, avec une part prédominante des publications sans comité de lecture et autres supports, ensuite d'un chercheur senior dans un cadre d'EPST à l'IRD, avec une forte proportion d'articles indexés et d'ouvrages ou chapitres d'ouvrages, assortis d'un effort de communication. Mon « *H index* » est de 36², cette valeur devant être replacée dans le contexte de la petite communauté des chercheurs en halieutique et prendre en compte le non-décompte de certaines de nos revues de rang A.

8. CONCLUSION

Ma trajectoire scientifique depuis 38 ans pourrait se résumer en ces termes : "diversité et continuité". La continuité dans ma perspective scientifique a été de conserver une spécialisation sur les espèces pélagiques côtières tropicales. La diversification aura consisté :

- à effectuer des recherches très appliquées au développement, mais aussi des travaux plus fondamentaux et d'une portée dépassant le cadre de l'étude locale ;
- à changer de zone géographique et à intervenir dans une dizaine de pays au Sud;
- à effectuer aussi bien des travaux de terrain (campagnes à la mer, enquêtes, recensements) que des travaux d'analyse des données et de formation à la recherche par la recherche;
- à travailler sur différents types de pêcheries (artisanales et industrielles);
- à étudier et promouvoir successivement de nombreuses facettes des écosystèmes exploités grâce à un travail d'équipe associant divers spécialistes, mais grâce aussi à un effort personnel d'ouverture ou de reconversion vers des disciplines ou méthodes diverses. L'examen de mes publications indique que 92% d'entre elles ont été réalisées avec des coauteurs, lesquels étaient soit des partenaires en provenance de 26 pays différents, soit des collègues IRD. Ceci reflète une habitude de travail en équipe et en coopération.

J'espère avoir contribué à *initier ou conforter certaines orientations de recherche porteuses à l'IRD et sur la scène internationale*, en particulier en ce qui concerne la socio-économie des pêches, les relations environnement-pêche à long terme, l'influence du comportement des poissons et des pêcheurs sur l'évaluation et la gestion des stocks, la prise en compte des structures spatiales en halieutique (SIG, modélisation IBM sur le comportement des bancs, réserves marines), les implications du surarmement et l'approche environnementale et énergétique via l'écologie industrielle. J'ai développé des *concepts et outils novateurs en leur temps* sur le couplage physique-biologie des poissons pélagiques, le comportement grégaire et les méthodes directes d'évaluation des stocks. Ces travaux m'ont valu de nombreuses *invitations à rédiger des synthèses internationales* sur tout ce qui touche aux poissons pélagiques côtiers.

Depuis mon retour en France fin 2004, je me suis d'abord consacré au *rapprochement entre les communautés scientifiques du Sud et du Nord (européenne en particulier, mais aussi USA et Canada)*, en particulier à travers mon implication dans le réseau EUR-OCEANS. Ce rapprochement a débouché sur une représentation et analyse des effets du changement global (climatique et exploitation) sur les écosystèmes marins que j'ai pu valoriser par des activités de transfert et communication via le réseau EUR-OCEANS et l'IRD. Je me consacre maintenant essentiellement à mon dernier projet: l'étude comparative des filières artisanales et industrielles de production d'anchois, *dans un cadre novateur et fédérateur d'éco-économie, écologie industrielle, nouvelle écologie et de développement durable*.

²Mis à jour le 07/01/2025

ANNEXE 2bis : Détail des actions de formation, enseignements, expertises et activités de transfert

FORMATION ET ENSEIGNEMENT

Direction et encadrement de thèses (14 au total)

- Direction scientifique de la thèse de T. CAMARENA-LUHRS (étudiant mexicain au Sénégal) ; co-encadrement avec J.J. LEVENEZ, soutenue en novembre 1986.
- Direction scientifique et encadrement de la thèse de M. SORIA (soutenance avril 1994).
- Direction de la thèse de W. PATTY, boursière Indonésienne (SFERE-CERI), travaillant au Laboratoire MAERHA de Nantes; co-encadrement avec J. MASSE. Thèse soutenue le 6/12/96.
- Direction scientifique et encadrement de la thèse de T. BAHRI (étudiante algérienne). Soutenue en janvier 2000.
- Co-encadrement et codirection (tardifs, après début encadrement J.C. LE GUEN) de la thèse de F. DJABALI, chercheur algérien à l'UBO. Thèse soumise en septembre 1997, soutenance reportée en raison d'insuffisances (à la demande des deux codirecteurs, confortée par celle des rapporteurs).
- Direction scientifique et encadrement de la thèse de E. YANEZ (chercheur chilien), soutenue en 1998.
- Co-encadrement de la thèse de J.-J. LEVENEZ avec T. DO-CHI (soutenance refusée à juste titre par le jury ; le dépôt un manuscrit a été fait contre l'avis des directeurs).
- Co-encadrement et direction de la thèse de C. PARADA avec C. MULLON, soutenue en juin 2003.
- Co-direction et co-encadrement thèse de V. KONE (étudiant ivoirien) avec V. ANDERSEN, C. LETT et E. MACHU, soutenue en juin 2006.
- Co-direction et co-encadrement thèse de A. BERRAHO (étudiante marocaine) avec A. YAHYAOU, soutenue en janvier 2007.
- Direction scientifique de T. BROCHIER et co-encadrement thèse avec C. LETT, soutenue en avril 2009.
- Co-encadrement thèse de Y. LANDA (étudiant péruvien) avec A. AGUILAR, en cours depuis janvier 2010.
- Co-direction et co-encadrement thèse de O.I. CHEIKH BAYE (étudiant mauritanien) avec N. BEZ, en cours depuis octobre 2010.
- Direction scientifique de A. AVADI (étudiant équatorien), en cours depuis avril 2011.

Participation à des jurys ou comités de thèse et parrainages (16 au total, France et étranger)

- Membre du jury de la thèse de Pierre CHEVAILLER (ENSA) soutenue le 05/01/1990
- Membre du jury de la thèse d'Etat de J.-L. BOUCHEREAU (UMII) soutenue en février 1994.
- Rapporteur de la thèse de C. MARTINEZ-LOPEZ, (étudiant uruguayen) soutenu le 11/9/92.
- Rapporteur de la thèse de A. RODRIGUEZ (étudiante Vénézuélienne), soutenue le 6/12/96.
- Membre du jury de la thèse de F. GAUTHIEZ (étudiant IFREMER), soutenue le 7/3/97.
- Rapporteur de la thèse de S. SCALABRIN (chercheuse IFREMER), soutenue le 13/11/97.
- Membre du Jury du Master of Science de J.C. COETZEE (sud-africaine), soutenue en juillet 1997.
- Encadrement de trois jeunes chercheurs ORSTOM en cours de "scolarité" : E. JOSSE, 1980; B. GOBERT, 1981.
- Directeur scientifique de deux chargés de recherche à l'ORSTOM : Ph. CURY, 1986 à 1988; P. PETITGAS, 1996-1997.
- Membre du comité de thèse d'ingénieur des pêches, Université Valparaíso, Chili, F. ESPINDOLA, 2000.
- Examineur d'une thèse de Master de Sciences l'Université du Cap, D. MILLAR, 2000.
- Parrain Scientifique d'A. Lorrain depuis janvier 2005 et de D. Lecchini depuis janvier 2006.
- Membre des comités de thèses de S. BERTRAND (2005), D. MILLER (2006), V. MIRABET (2007) et E. TUW-KAÏ (2009).

- Membre du Jury de thèse de K. NIETO (Chilienne), Université de Salamanque, Espagne, 2009.
- Membre du Jury de thèse de S O'Donoghue (Sud Africain), Université du Kwazulu-Natal, 2009.
- Membre du Jury d'HDR de David Lecchini (2009)

Cours et conférences pour étudiants (215 h)

Au cours de ma carrière j'ai réalisé les activités suivantes d'enseignement direct :

- Cours de statistiques et d'informatique appliquées à la FLASA, 1983. 20 h de cours et TP.
- Conférences données aux étudiants de DEA et de l'ISIM de l'Université de Montpellier II en 1995, 1996 et 1997 et du DEA de l'Université de Bretagne Occidentale en 1997 (10 heures au total).
- Participation à l'Université d'été 1998 co-organisée par l'ENSAR et l'ORSTOM : (i) cours et TP d'une journée sur le logiciel CLIMPROD ; (ii) conférence sur le comportement des poissons et l'évaluation des stocks. 10 h cours et TP.
- Participation à la formation IRI (International Research Institute for Climate Prediction) « Interannual Climate Variability and Pelagic Fisheries », Nouméa, Nouvelle Calédonie, 6– 24 nov. 2000, Programme de formation Co-sponsorisé by IRD (DIC/DME), SPC, IOC, NASA, GLOBEC. 12 h de cours et TP.
- Cours d'écologie halieutique à l'Université de Concepción, Chili, dans le cadre d'une école d'été sur les recherches marines, janvier 2003. 2 h.
- Module de statistiques de 2 jours (modèles linéaires) à l'université du Cap (mai 2001 ; 10 h), au MCM (juin 2002 ; 10 h) et à Lima, Pérou (sept. 2006 et juin 2008, répété pour 2 groupes différents ; 20h x 3).
- Cours et exposés pour le Module d'Halieutique à l'INRH (Maroc), juillet 2005. 15 h au total.
- Cours GLM et télédétection, module COBRAWO/COSPAR, Rabat, septembre 2005. 2 h.
- Cours de Statistiques en Halieutiques à l'INRH (Maroc) en septembre 2007. 20 h au total.
- Conférence (<http://courses.washington.edu/susfish/2008/speakers/freon.html>) et des cours (6 h) à l'Université de Washington, USA, dans le cadre de la Bevan Series (<http://courses.washington.edu/susfish/index.html>) en 2008.
- Cours sur la « Dynamique des ressources marines et environnement » à l'Université Européenne "Du bon et du mauvais usage des espaces maritimes : l'exemple de la Méditerranée", Sète juin 2008 (3 h).
- Cours « Choix et calculs de CPUE en pêche artisanale » (juillet 2009, Lima, 20 h).
- Cours sur l'écologie industrielle, Ecole d'été EUR-OCEAN, Sète Octobre 2009 (3h).
- Cours de langage R et de statistiques appliquée à l'Universidad San Marcos (Pérou) (août 2010, 4 h).
- Participation au module Master modélisation halieutique du CRH, 2005-2010, 3 à 6 h de cours par an.
- Enseignements ponctuels à Universidad Nacional Federico Villarreal (Pérou) et à l'Universidad Pontificia Católica del Perú: Impact environnemental et analyses de cycle de vie des unités de pêche (Juillet 2010, 2h x 2).

Organisation de stages de formation et de perfectionnement

- Cours de statistiques et d'informatique appliquées à l'océanographie à la FLASA, 1983.
- Organisation d'un séminaire enquêtes en pêche artisanale au FONAIAP, Vénézuéla, 1987.
- Co-incitateur d'une formation interne en Géostatistiques, Montpellier, 1997-98.
- Cours de statistiques au MCM (modèles linéaires), Le Cap, 2002.
- Cours de statistiques de 3 heures à l'IMARPE (modèles linéaires), décembre 2004.
- Organisation du Module d'Halieutique à l'INRH (Maroc), juillet 2005.
- Co-rédaction avec P. Cury d'un guide pratique pour les étudiants en thèse, février 2006.
- Organisation du module de Statistiques en Halieutique à l'INRH (Maroc), septembre 2007.

EXPERTISES, ETUDES ET ACTIVITES DE TRANSFERT

Expertise

Expertise individuelle

Mission en République Populaire du Sud Yémen en vue de l'évaluation des programmes de recherche du Centre de Recherches Océanographiques d'Aden (1-15/12/84).

Expertise collective institutionnelle³ (IRD ou autres instituts)

SENEGAL (ISRA) ET MAURITANIE

- Réunion des experts océanographes pour la commission régionale des pêches, Nouakchott, Mauritanie (4-7/06/80).
- Groupe de travail sur le stock sardinelles sénégal-mauritanien, Dakar, Sénégal, mai 1984.
- Groupe de travail "Petite Côte", Dakar, Sénégal, 17-28/2/86 (président).
- Groupe de travail sénégal-polonais en matière d'exploitation des ressources pélagiques côtières du Sénégal, Dakar, Sénégal, 17-25/6/80 (président).

FAO (COPACE et COPACO)

- Groupe de travail sur l'évaluation des stocks de pélagiques côtiers ouest-africains, Dakar, Sénégal, 19-24/06/78 (rapporteur).
- Groupe de travail sur l'évaluation des stocks de sardines des côtes nord-ouest africaines, Casablanca, Maroc, 19-24/03/79.
- Quatrième session du groupe de travail COPACE sur l'évaluation des ressources. Dakar, Sénégal, 23-27/04/79.
- Réunion spéciale sur la mesure de l'effort de pêche appliquée aux petites espèces pélagiques dans la zone nord du COPACE. Dakar, Sénégal, 1979 (président).
- Groupe de travail *ad hoc* sur les sardinelles des côtes de Côte d'Ivoire - Ghana - Togo. Abidjan, Côte d'Ivoire, 24-28/9/1979 (co-rapporteur).
- Groupe de travail sur les statistiques de pêche et l'évaluation des ressources dans la zone COPACE, Dakar, Sénégal, 13-17/10/80 (rapporteur).
- Seconde réunion du groupe de travail sur les statistiques de pêche de la Commission des pêches pour l'Atlantique Centre-Ouest, Miami, USA, 18-22/10/82.
- Sixième session du Comité pour le Développement et l'Aménagement des Pêches dans les Petites Antilles, Fort-de-France, Martinique, 21-23/07/87.
- Sixième session de la Commission des Pêches pour l'Atlantique Centre-Ouest, Mexico, Mexique, 27-31/7/87.
- Groupe de travail ORSTOM/FAC/ISRA Pêcheries Ouest-Africaines, Dakar, Sénégal, 12-17/12/88.
- Groupe de travail *ad hoc* sur les sardinelles et autres espèces de petits pélagiques côtiers de la zone nord du COPACE, Dakar, Sénégal, 19/11-3/12/1993 (présidence).

CARAIBES

- Participations aux réunions annuelles du *Gulf and Caribbean Fisheries Institute* :
 - Port of Spain, Trinidad Tobago, nov 1983
 - St. Thomas, USA 6-11/11/1988,

INDONESIE

- Groupe de travail PELFISH sur la biologie, la dynamique et l'exploitation des petits pélagiques de la mer de Java, Djakarta du 17-26/03/94.

PEROU

- Trois Expertises internationales sur l'anchois du Pérou : évaluation, gestion, aspect socio-économique, impact environnemental, (1999, 2000 et 2009).
- Expertise IRD-IMARPE sur les effets du changement climatiques sur l'écosystème marin du nord Humboldt et ses implications socio-économiques (2008-2009).

³ Le terme "expertise" est entendu ici dans son sens premier, pas dans celui du DEV.

ANGOLA, CONGO et GABON

- Expertise collective sur l'état des stocks de poissons pélagiques côtiers partagés entre l'Angola, le Congo et le Gabon. Luanda, Angola, 2-7/11/97 (FAO Fish. Rep. 618, 2000).

AFRIQUE DU SUD

- Membre du groupe de travail permanent sur les poissons pélagiques du MCM, en charge de conseiller le ministère sur les quotas annuels, depuis 1998.
- Membre du groupe de travail permanent sur la gestion écosystémique des pêches du MCM, en charge de conseiller le ministère sur l'implémentation de cette approche en Afrique du Sud, de 2003 à 2006.

Activités de transfert

Conférences de vulgarisation (quelques exemples uniquement)

- Conférence dans le cadre de l'année de la science en Afrique du Sud : "Principles of under-water detection and its application to the survey of the fish stocks off South Africa". Le Cap, Mars 1998.
- Conférence publique (<http://courses.washington.edu/susfish/2008/speakers/freon.html>) à l'Université de Washington, USA, dans le cadre de la réputée « Bevan Series » (<http://courses.washington.edu/susfish/index.html>) en 2008.
- Conférence à l'aquarium *Mare Nostrum* de Montpellier sur les marquages de grands requins blancs (auxquels j'ai participé en Afrique du Sud) le 14/10/2008, dans le cadre de la semaine européenne du requin.
- Interview au cours de la Nuit des Chercheurs, Montpellier, 25 Sept. 2009.
- Deux conférences aux journées « Sète de cœur », Sète, avril 2010.

Livres ou articles dans des revues de vulgarisation (cf publications pour détails)

- Le livre Fréon et Misund (2006) qui s'adresse non seulement à des scientifiques halieutes ou éthologues (cf. supra) mais aussi à des étudiants, à des gestionnaires des pêches, à des pêcheurs éduqués, voire à un public plus large intéressé par la science. Il comporte plus de 1200 références, dont 146 concernent des travaux de l'IRD qui sont ainsi valorisés.
- Participation à la rédaction de six revues annuelles de vulgarisation "Research Highlights" de notre partenaire sud-africain MCM, années 1998 à 2004, (68 à 99 pages par revue : Akkers et al., 1999, 2000, 2002, 2003, 2004 ; Anderson et al., 2001)).
- Chapitre de livre sur la surcapitalisation des pêches et ses dangers au Pérou (Fréon et al., 2006)
- Participation au livre de vulgarisation des programmes BENEFIT et BCLME : «Benguela current of plenty», rédaction de la section « The French connexion » (Fréon, 2008).
- Deux communications dans la lettre bi-mensuelle de GLOBEC : surcapacité de pêche au Pérou (Niquen et Fréon, 2006) et Symposium Upwelling que j'ai organisé (Fréon et al., 2008).
- Coauteur d'un article dans la revue Plongeur (Lepage et al., 2010).
- Article de vulgarisation sur l'attraction des thons par les objets flottants dans le magazine Beyond the Blue (Fréon et Dagorn, 2010).

Participation à des expositions / salons

- Participation à des expositions (Centre Culturel français du Sénégal, Océanexpo).
- Participation au montage et à l'animation d'un stand "Acoustique et comportement", Journées "La science en fête". Montpellier, octobre 1996.
- Participation au montage de deux démonstrations de méthodes de recherche dans le cadre de l'année de la science en Afrique du Sud: "Fish tagging" et "Gear selectivity". Ecriture d'un "scénario" pour des acteurs, avec P. Cury. Le Cap, Mars 1998.
- "Keynote speaker" à la troisième Conférence Européenne des Sciences Marines et de la Technologie. Exposition Internationale de Lisbonne, Portugal, Mai 1998.
- "Keynote speaker" à la conférence sur l'exploitation soutenue des pêcheries, Miami, décembre 2002.
- Présentation de l'exposition « Des poissons et des hommes » à la fête de la science 2006.

Réalisation de documents audiovisuels

- Alimentation périodique de la base d'image Indigo.
- Interview sur des radios locales (RFI, en France, RCI en Martinique, Radio Clapas à Montpellier) portant sur l'halieutique, la pêche et comportement des poissons.
- Film vidéo de 4 minutes sur le comportement des poissons pélagiques face à un prédateur : « Du leurre à la réalité » par Gerlotto, F., Soria, M. et Fréon, P. 1992.
- Interview sur radio Madagascar au cours de la conférence GLOBEC, Paris, mars 1998.
- Interview sur les chaînes télévisées espagnoles Canal 5 (sur l'exploitation des ressources marines, mai 1998) et Antena 3 (sur le symposium Upwelling en juin 2008).
- Interview sur FR3 sur le comportement migratoire du grand requin blanc en octobre 2008.
- Participation aux Dossiers Thématiques de l'IRD (Internet) : « Ecosystèmes marins ».
- Elaboration de sites Internet (VIBES, IDYLE, ECO-UP, EUR-OCEANS, site personnel).
- Ecriture du scénario et interview dans [un film de vulgarisation pour EUR-OCEANS](#) (2 langue).
- Ecriture du scénario et interview dans quatre films Internet de la [série Canal IRD](#) (français et espagnol).

Divers

- Exposés des travaux des chercheurs ORSTOM/ISRA dans cinq laboratoires NOAA du sud-est des USA (mission de deux mois financée dans le cadre de la coopération franco-américaine en 1980).
- Onze exposés scientifiques dans le cadre des forums du South African Network for Coastal and Oceanic Research (SANCOR) de 1999 à 2004.
- Cinq exposés scientifiques dans le cadre des jeudis du CRHMT de Sète entre 2004 et 2008.
- Fiche d'actualité scientifique IRD, 229 « Pêche en mer : des effondrements non prévus des stocks de poissons exploités » (article Mullon, C., Fréon, P. et Cury, P.; rédaction Romain Loury, août 2005).
- Contact auteur du Dossier thématique IRD «Les grands écosystèmes d'upwelling» (<http://www.mpl.ird.fr/suds-en-ligne/ecosys/upwelling/upwelling.htm>).
- Participation dossier de vulgarisation Agropolis «Ecosystèmes aquatiques : Ressources et valorisation».
- Participation (interview, fourniture de documents) à divers articles de presse étrangers et français, dont un dans *Le Monde*.
- Production de deux fiches techniques (fact-sheets) distribuées par la division « Knowledge Transfert » de EUR-OCEANS, à l'usage des décideurs. L'une sur la gestion adaptative des stocks fluctuants, l'autre sur la surcapacité de pêche et ses risques (Fréon et al., 2008a et b).
- Conférence de presse autour du film EUR-OCEANS « L'épopée de l'anchois », animée par Allain Bougrain-Dubourg, le 13/11/2008 à Paris.
- Constitution d'une base bibliographique sur les poissons pélagiques diffusée aux partenaires. Depuis 1988, j'ai entrepris la saisie des références de tous les tirés-à-part, livres et autres documents en ma possession, en bénéficiant de vacations sporadiques de documentalistes. A ce jour ma base bibliographique comporte 4850 titres, dont plus de 3200 sont présents dans mon fonds documentaire (papier ou pdf). Cette base, centrée sur les poissons pélagiques (biologie, dynamique des populations, génétique, modélisation) représente un outil très utile de travail et de valorisation des travaux. J'ai déjà diffusé la base elle-même vers d'autres équipes IRD au format Procite (bibliothèque du HEA, équipe COMPAS, CRHMT de Sète). Cette base a servi de point de départ à la constitution d'une banque de données bibliographiques du programme régional BENEFIT et sera versée à l'écoscope du CRHMT.
- Article dans *Science au sud* sur l'impact du changement climatique sur les écosystèmes d'upwelling (Fréon, 2008)
- *Fiche actualité IRD* sur le sardine run (Fréon et Coetzee 2010).
- *Fiche actualité IRD* sur le surarmement et la pêche responsable au Pérou (Fréon et Bouchon 2010).
- Article dans *Science au sud* sur la pêche et variabilité des peuplements d'anchois (Fréon et Bouchon 2010).