

## Eléments de réflexion sur le déterminisme et la modélisation des pratiques de pêche d'un écosystème marin côtier

J.B. Pérodou<sup>1</sup>, A. Guillou<sup>1</sup> et P. Lespagnol<sup>1</sup>

**Résumé :** Ce papier a pour objectif de contribuer à la conception d'un cadre théorique d'étude de la structure, du fonctionnement et de l'évolution des pratiques de pêche côtière. Cette recherche est difficile à appréhender à cause de l'étendue de l'espace occupé, de l'intense biodiversité du milieu et de la grande diversité des pêches pratiquées. Elle utilise comme théorie générale la théorie des écosystèmes et de l'auto-organisation. Son objet est de décrire et surtout de comprendre la succession des métiers pratiqués par chaque navire au cours d'une année. Une typologie des pratiques peut ensuite être menée à l'aide des méthodes d'analyses factorielles et des techniques de classification. Dans ces typologies les navires sont regroupés en flottilles qui sont définies comme des ensembles ayant des fonctions de coûts homogènes et exerçant des pratiques similaires. L'élément de base du système étudié, indivisible par définition, est donc *le métier*. Il est considéré comme structurellement stable, évolutif, adaptatif et auto-organisé. C'est du moins l'hypothèse principale du modèle implicitement utilisé. La difficulté principale que l'on peut rencontrer dans la détermination des métiers est de trouver les discontinuités qui permettent de discriminer à bon escient les activités de pêche. Distinguer trop peu de métiers intègre des activités à un niveau qui les dénature. Au contraire, c'est le cas le plus fréquemment rencontré, une typologie trop fine apporte trop de détails pour déterminer les différents métiers, et ne présente que peu d'intérêt pour leur gestion. Une fois la structure décrite, son fonctionnement peut être modélisé de façon à mesurer l'évolution au cours du temps des effectifs de bateaux par métier. La conclusion montre comment une telle représentation des activités de pêche peut agir sur son organisation et la faire évoluer, montrant les retombées organisationnelles d'une telle recherche.

## Reflection on the determinism and the modelling of the fishing practices of an inshore marine ecosystem

J.B. Pérodou, A. Guillou and P. Lespagnol

**Abstract:** The objective of this communication is to contribute to the conception of a theoretical frame on the structure, the functioning and the evolution of the inshore fishing practices. This research is difficult to lead because of the large occupied area, the intense biodiversity of the inshore marine ecosystem and the wide diversity of the fishing practices. It uses like support the theory of ecosystems and self-organization. Its object is to describe and to understand the succession of "métiers" practised by every boat during one year. A typology of these practices can be led with the help of the factorial analysis methods and the classification techniques. In these typologies the boats are gathered in fleets that have, by definition, homogeneous cost functions and practise similar practices. The basic element of the system, indivisible per definition, is therefore *the métier*. It is considered like structurally stable, evolutionary, adaptive and self-organized. It is the main hypothesis of the implicit model used. The main difficulty that one can meet in these classifications is to find the discontinuities that permit to discriminate properly the fishing activities. To distinguish too few métiers integrates some activities to a level that denatures them. On the contrary, a too fine typology brings too many details to characterize the different métiers and presents only little interest for their management. Once the structure described, its functioning can be modelled in order to measure the change during the time of the boat's number by métiers. The conclusion shows how a such representation as the fishing activities can act on its organization and make evolve it, showing the organising fallout of such a research.

---

1 IFREMER B.P. 171, 34 203 Sète Cedex, France  
e-mail : [perodou@ifremer.fr](mailto:perodou@ifremer.fr)  
tél : 33 (0)4 99 57 32 49

## **1. Introduction : La grande diversité des pratiques de pêche côtière**

La pêche est une activité singulièrement disparate qui va depuis la pêche à pied jusqu'à la pêche industrielle à forte intensité capitalistique. Sur un même territoire de pêche, on n'a pas affaire à une pêche mais bien à des pêches. Cette pluri-activité est engendrée par trois principales sources : un milieu naturel qui offre un foisonnement d'espèces toutes exploitables, l'immensité spatiale et la répartition en mosaïque des territoires de pêche, enfin la multitude d'engins de pêche utilisée simultanément pour exploiter une même ressource. Regardons de plus près ces causes de diversité dans l'activité halieutique ?

En termes de répartition écologique des espèces du règne animal, c'est le milieu marin qui est le plus varié, avec la présence de 28 embranchements dont 13 endémiques tandis que l'on en dénombre seulement 14 en eau douce, 11 en milieu terrestre (dont un seul endémique) et 15 en mode de vie symbiotique (Barbault, 1994). Ainsi, hormis les insectes, 90 % des espèces animales sont inféodés au milieu marin (Raup, 1991). Pour donner un exemple marquant, dans un récif corallien, des représentants de tout le règne animal apparaissent d'un seul regard aux yeux de l'observateur. C'est le seul écosystème qui présente une aussi grande diversité spécifique. Et pratiquement toutes les espèces animales marines sont potentiellement exploitables, depuis les coquillages enfouis dans le sédiment jusqu'aux grandes espèces pélagiques situées en haut de la chaîne alimentaire.

La zone côtière présente naturellement une grande diversité de nature de fonds, que ce soient des fonds durs, meubles ou vaseux, ce qui favorise la multiplication et la dispersion des espèces qui y vivent. De plus, le littoral est une zone de discontinuité hydrodynamique où existe un gradient spatial et saisonnier intense d'énergie auxiliaire, baptisée ergocline (Frontier et al., 1998) dont le rôle est de faire se rencontrer et interagir les éléments qui conditionnent la productivité biologique (sels nutritifs, lumière, production primaire, secondaire, etc.). Ces zones côtières sont ainsi de véritables « oasis d'abondance dans un désert d'océan » et sont beaucoup plus productives que l'océan environnant. Les fluctuations spatio-saisonniers des paramètres de l'environnement côtier entraînent à leur tour des fluctuations spatio-saisonniers de l'abondance des ressources biologiques. Les pêcheurs côtiers s'adaptent à ces modifications du milieu en changeant d'espèces-cible, de lieux de pêche et d'engins de capture. Ainsi s'explique pourquoi la diversité des métiers pratiqués dans un secteur côtier est particulièrement élevée.

Les ressources halieutiques, comparées aux ressources agraires, sont mobiles, en quantités limitées et libres d'accès. L'exploitation d'une telle ressource partagée entre tous les exploitants génère de fortes interactions, directes et surtout différées. Cela entraîne le paradoxe suivant qui est une caractéristique bien connue de la pêche : le profil diminue lorsque l'investissement augmente, alors que dans les autres secteurs de l'activité économique, on est en droit d'attendre le contraire, du moins tant que le marché n'est pas saturé. D'où des conflits potentiels importants entre les intérêts du court terme et ceux du long terme. Ces conflits concernent aussi bien l'occupation de l'espace que l'exploitation de la ressource et affectent aussi bien les pêcheurs pratiquant le même métier que ceux pratiquant des métiers différents. C'est le rôle de la gestion des pêches que de prendre en compte les effets négatifs générés par l'activité de chaque exploitation halieutique sur les autres entreprises. Le type d'étude envisagé se situe donc à un niveau englobant l'exploitation halieutique et intègre l'environnement écologique, économique et social. La gestion des pêches consiste donc à mettre en place les niveaux de gestion de façon à prendre en compte les effets externes générés par les entreprises de pêche. On ne s'intéresse pas ici à l'analyse microéconomique d'une exploitation halieutique qui repose sur les lois de l'offre et de la demande d'une part, et sur la loi des rendements décroissants d'autre part. L'analyse

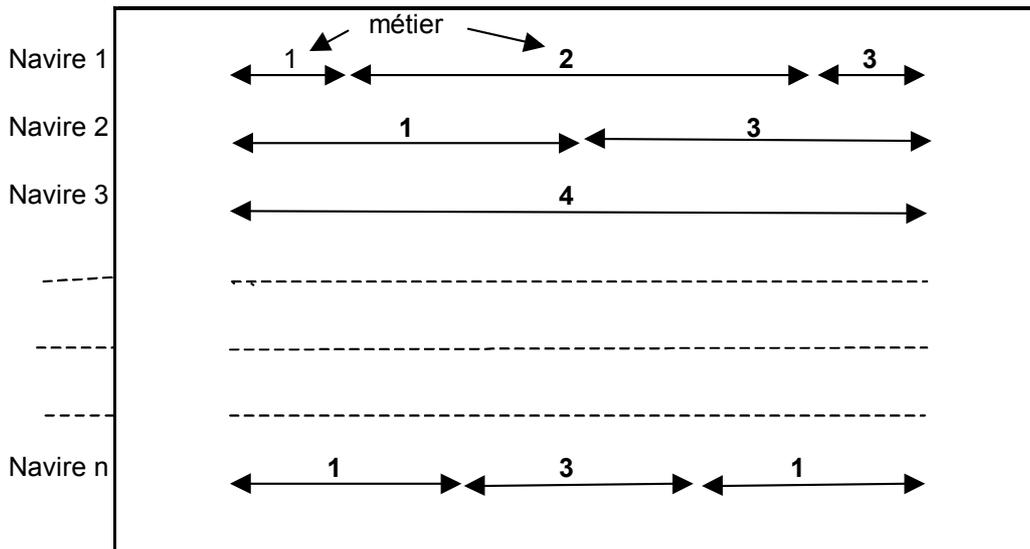
microéconomique renseigne directement l'exploitant, permet de modéliser son activité et de prévoir ce qu'il devrait faire, à quel niveau, et avec quels facteurs de production.

L'étude des pratiques de pêche recherche une similitude, épisodique, entre ce qui se passe maintenant et ce qui se passe à un autre moment. Elle cherche à expliquer ces similitudes et à mettre en évidence un processus de changement évolutif. Elle décrit donc l'organisation d'une activité halieutique à l'échelle d'un ensemble d'exploitations. Plutôt que de continuer à amasser des détails isolés d'anatomie halieutique, nous avons élaboré une sorte de « génétique halieutique » et de « physiologie halieutique » que nous résumons par l'expression « déterminisme halieutique ». C'est un changement fondamental de nos conceptions. Nous sommes passés d'une approche descriptive et empirique à une approche scientifique plus orthodoxe qui cherche des régularités dans le comportement halieutique. Il ne s'agit plus de décrire mais de comprendre comment le système fonctionne, selon une approche transdisciplinaire de nature bio-économique. Cette évolution s'est produite graduellement pendant les vingt dernières années, et n'est probablement pas finie. Si la dynamique des populations exploitées est adaptée à la gestion globale de quelques stocks et quelques métiers, elle devient inadéquate pour la gestion d'ensembles composés de plusieurs dizaines de stocks et plusieurs dizaines de métiers, ce qui oblige à redéfinir l'objet de recherche sous un angle plus vaste.

## **2. Redéfinition de l'objet de recherche**

*La pratique de pêche* d'un pêcheur est définie par la succession des métiers pratiqués par lui au cours d'une année, *un métier* étant défini lui-même par l'association d'un engin de pêche, d'un groupe d'espèces cibles et d'une zone de pêche à un moment donné (Anon., 1987). On étudie donc les pratiques de pêche mises en œuvre par l'ensemble des exploitations halieutiques d'une zone donnée à un moment donné. L'unité opérationnelle est l'unité d'exploitation qui représente l'unité élémentaire de décision. C'est en général un navire piloté par un patron pêcheur, mais tous les cas sont possibles, depuis la pêche à pied individuelle jusqu'à la pêche regroupant plusieurs bateaux sur les lieux de capture, comme par exemple le chalutage en couple ou l'association de plusieurs bateaux senneurs pour la capture d'un banc de poissons pélagiques. La succession des métiers pratiqués forment une chaîne d'opérations techniques mutuellement dépendantes dont la description préalable permet de mieux cerner les facteurs influençant la mise en œuvre de tel ou tel métier. Cela revient à dresser pour chaque exploitation - un navire équivaut en général à une exploitation - un calendrier d'activité ou carte halieutique comme le montre le schéma suivant :

STRATE SPATIALE ET SAISONNIERE



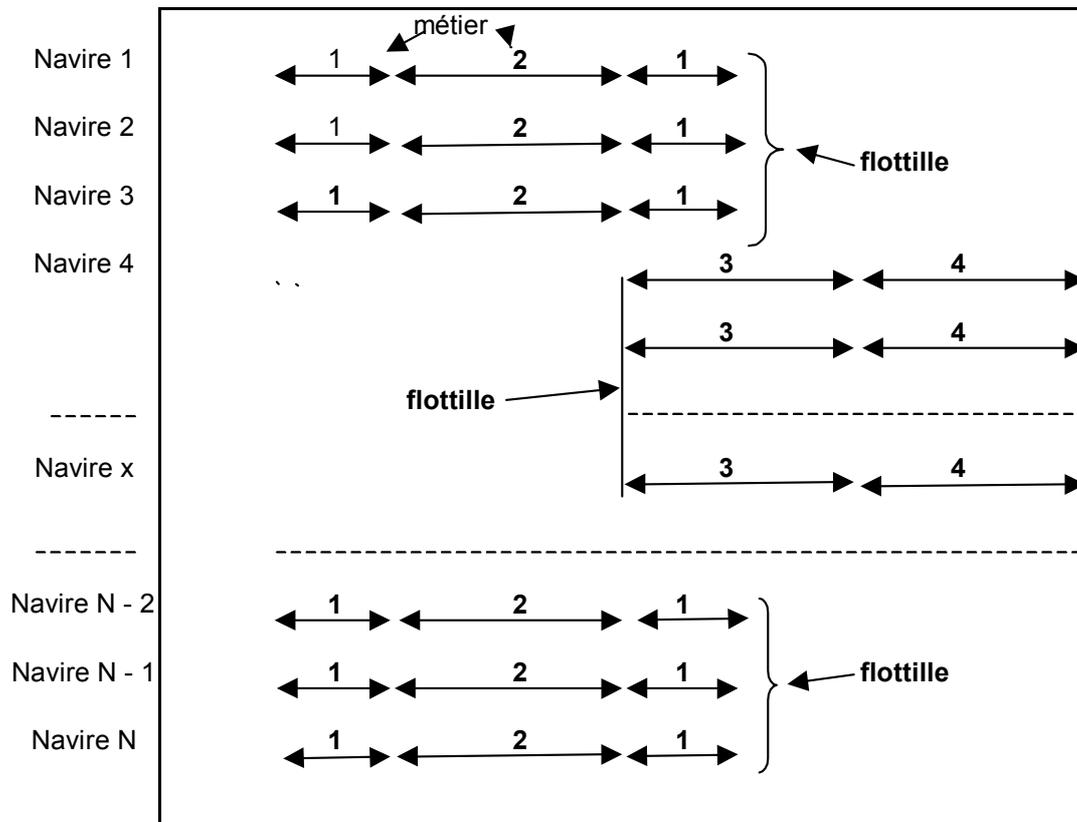
**Fig. 1 : Calendrier d'activité de pêche ou carte halieutique.**

Le déterminisme des activités halieutiques fonctionne ainsi comme un programme informatique, un « programme ouvert » qui dépend simplement d'un facteur d'apprentissage et de l'acquisition d'information nouvelle pour le passage d'un métier à un autre.

Ces études, rarement ponctuelles et instantanées, sont étendues à l'évolution des pratiques dans le temps, ainsi que dans l'espace en considérant l'ensemble des exploitations qui exploitent les ressources halieutiques d'un secteur donné à un moment donné. Une typologie des pratiques rassemble les exploitations halieutiques en groupes homogènes puis compare chaque exploitation à son groupe de référence. La démarche descriptive consiste donc à ne pas retenir les singularités individuelles pour s'attacher aux régularités qui peuvent être observées au niveau d'un espace géographique à un moment donné. Dans cette description des pratiques de pêche, il peut être utile de dissocier l'action de détermination de celle de classification (Conruyt, 1994). La classification ou typologie d'une activité multiple de pêche a pour objet d'expliciter les caractères distinctifs des métiers pratiqués à l'aide à la fois de la description des activités des bateaux qui appartiennent à un type donné mais aussi de ceux qui, au contraire, n'y appartiennent pas. La détermination concerne la recherche du nom de la classe d'appartenance d'une exploitation halieutique.

Les unités d'exploitation sont regroupées en flottilles qui sont définies comme suit : « une flottille est définie par l'ensemble des bateaux qui ont les mêmes caractéristiques physiques (longueur, puissance, jauge), le même équipement, ont des fonctions de coût homogènes et exercent des métiers similaires ». Voici défini notre objet d'étude dont le schéma ci-dessous regroupe la répartition de l'activité halieutique en fonction des pratiques de pêche d'une part et des flottilles d'autre part.

STRATE SPATIALE ET SAISONNIERE



**Fig.2: Schéma descriptif de l'activité de pêche en fonction des pratiques de pêche et des flottilles.**

Il y a autant de systèmes halieutiques à étudier qu'il y a de niveaux de gestion. En premier lieu, c'est au niveau international que sont élaborés les principes généraux de la politique des pêches comme la gestion par licences et par t.a.c. et quotas, etc. Ensuite, au niveau d'une grande région, comme le golfe du Lion, la mer Celtique ou le golfe de Gascogne, la gestion consiste à réguler l'effort pour stabiliser les stocks à tel ou tel niveau remarquable de la dynamique des populations en jouant sur l'activité des pêches par quotas, licences et règlements. Au niveau inférieur, comme le territoire saisonnier de pêche, la gestion consiste à réguler l'accès direct à la ressource en s'intéressant à la distribution des territoires individuels de pêche entre exploitants, à la superposition des métiers pratiqués, et au partage individuel de la ressource. Enfin l'unité d'exploitation halieutique représente l'unité élémentaire de décision. Ces principales échelles spatio-temporelles intéressant la ressource et son exploitation sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

<u>Echelle</u>	<u>Ordre de grandeur</u>	<u>Observations</u>
Station	1 km – 1 heure	Unité de prélèvement : unité élémentaire de décision
Strate spatio-saisonnaire	100 km – 1 à 3 mois	Territoire saisonnier de pêche
Pêcherie	1000 km – 1 an	Niveau privilégié de décision : unité de gestion
Bassin océanique	5000 km – 10 ans (mer ; plateau continental)	Critères globaux de gestion

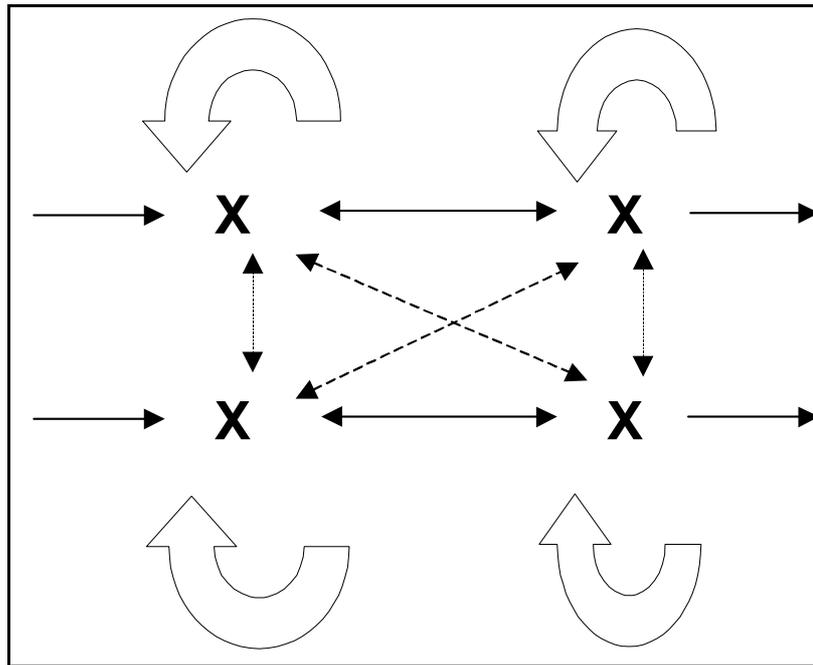
**Tab.1 : Schéma des principaux niveaux de gestion intéressant la pêche.**

Tous ces niveaux méritent d'être étudiés simultanément, mais les niveaux d'étude privilégiés correspondent à la pêcherie et à la strate spatio-saisonnaire.

Remarquons que le niveau d'observation se rapporte au domaine spatio-temporel étudié et ne doit pas être confondu avec le grain de résolution de la plus petite entité observée (Auger et al., 1992), qui détermine la finesse de l'observation et qui se rapporte aux unités de mesure choisies pour observer un phénomène. Tout dépend de la variable que l'on cherche à mesurer : des observations fines à l'échelle de l'opération de pêche sont nécessaires pour décrire les principales catégories de terrain, leur rendement et leur indice de biodiversité. Par contre des données agrégées par mois ou par an sont souvent suffisantes pour discriminer les métiers pratiqués.

### **3. La notion clé et problématique de métier**

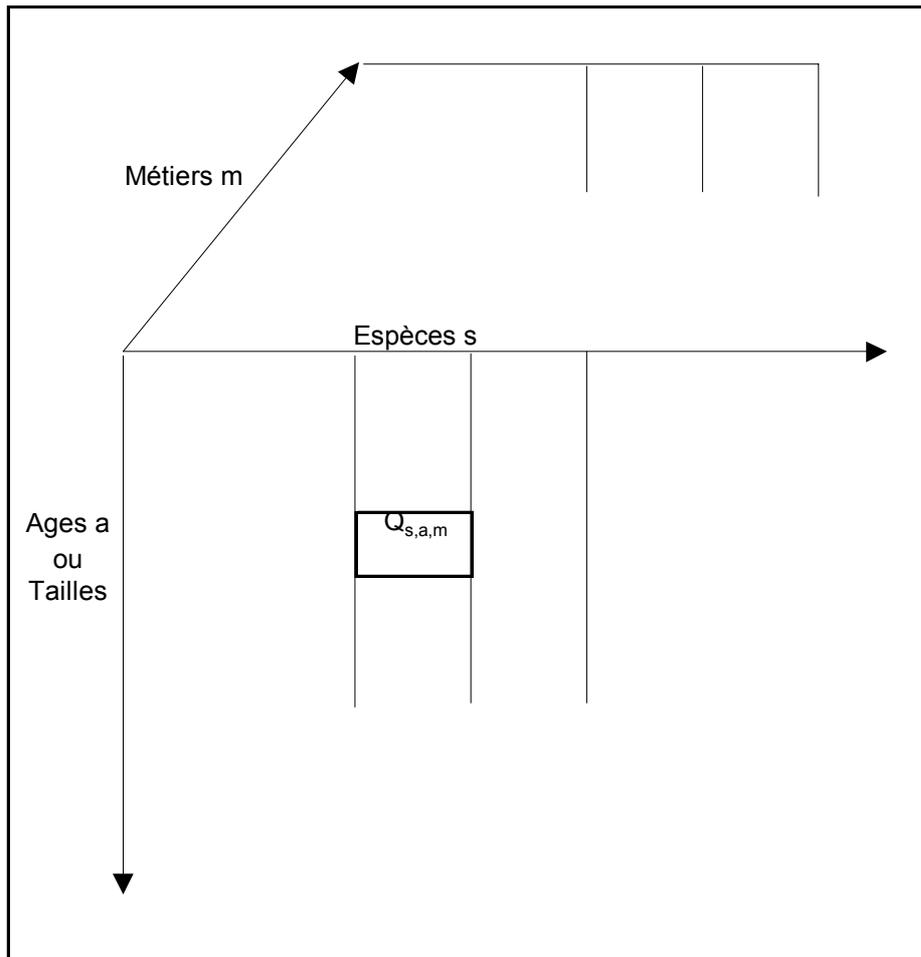
L'approche systémique que nous présentons n'est ni réductionniste comme peuvent l'être des listes d'espèces, d'engins ou de secteurs de pêche, ni holistique comme peuvent l'être des indicateurs globaux de suivi de l'état des pêcheries. Elle se situe entre les deux et utilise comme cadre théorique la théorie des écosystèmes. Un système est par définition un ensemble d'éléments interactifs - ici *les métiers* – tels que le fonctionnement de chaque élément est conditionné par ces voisins. Les métiers présentent de fortes interactions les uns avec les autres et l'ensemble est plus que la somme des parties selon la formule consacrée. L'élément de base du système étudié est donc le métier, indivisible par définition sans l'altérer. Les résultats d'une action de pêche – l'exercice d'un métier par un bateau – sont renvoyés de manière récursive à l'entrée du système sous forme de décision de poursuivre ou non l'action, l'effet agissant sur la cause. Cette boucle de rétroaction peut être positive ou négative dans le choix d'exercer un métier donné, activité qui reste par essence très aléatoire. Les interactions entre bateaux qui pratiquent le même métier reposent sur une forme duale de compétition et de coopération. En effet, si les pêcheurs d'une même flottille mettent en place des stratégies de coopération pour rechercher le poisson, ils n'en sont pas moins en situation de compétition ouverte pour le capturer. Les interactions entre navires pratiquant des métiers différents peuvent être directes lorsqu'elles concernent la compétition pour l'occupation du territoire de pêche, mais aussi en compétition indirecte avec un effet retard lorsque les métiers exploitent des classes d'âge successives. Ces effets indirects, invisibles, sont en général plus importants que les effets directs.



**Fig. 3 : Schéma d'interactions entre les métiers X.**

Ce mode de régulation par interactions et rétroactions a pour effet de rendre le système autonome. Cette autonomie peut être considérée comme une propriété émergente du système, engendrée par un effet de composition. L'individualité d'un métier est plus ou moins marquée et peut être plus ou moins perméable au passage d'information. L'élément métier n'est pas un pur être de raison mais a une existence réelle et correspond à un fait observable sur le terrain. Il fait référence, sur le plan pratique, à une activité opérationnelle de base autour de laquelle s'organise la pêche, et, sur le plan théorique, à une entité abstraite liée à une matrice de capturabilité, parfaitement définie d'un point de vue mathématique, utilisée pour quantifier l'impact de la pêche sur la ressource.

La classification des activités de pêche en différents métiers n'est pas absolue mais repose sur un schéma d'analyse structurale et fonctionnelle qui fait référence à la théorie de la dynamique des populations exploitées : chaque métier est caractérisé par une matrice de coefficients de capturabilité constants par espèce et par âge, représentée dans la figure 4 ci-dessous. Rappelons que le coefficient de capturabilité est défini par la probabilité qu'a une unité de biomasse d'être capturée par une unité d'effort de pêche.



**Fig. 4 :** Matrice des coefficients de capturabilité par espèces, âges et métiers.

En pratique il n'y a pas besoin de mesurer les valeurs des coefficients  $q$  pour déterminer les métiers pratiqués. Il suffit simplement de mesurer a priori la présence de caractères d'appartenance à tel ou tel métier. Concrètement la détermination du métier pratiqué par un bateau à un moment donné peut être faite par simple enquête. Si la correspondance entre le bateau et le métier pratiqué n'est pas univoque, alors l'enquête préliminaire doit être complétée par une analyse approfondie de facteurs susceptibles de différencier les métiers pratiqués. Le facteur le plus couramment utilisé est la proportion débarquée par espèce et classe d'âge au cours d'une opération de pêche. Ce cas est fréquemment rencontré dans les flottilles de chalutiers qui subdivisent leur activité en recherche d'espèces benthiques, démersales ou pélagiques.

En résumé, l'élément métier est structurellement stable, évolutif, adaptatif et auto-organisé. C'est du moins l'hypothèse principale du modèle implicite utilisé. Les métiers sont des entités historiques qui ne sont invariables que temporairement. En effet, la relative stabilité des circonstances au cours du temps et la relative ignorance des formes intermédiaires quand elles existent, nous incitent à postuler la réalité stable pour ne pas dire inaltérable des métiers. Mais, on sait aussi par expérience que les contraintes exercées par l'environnement socio-économique peuvent sur plusieurs années transformer un métier donné en un métier nouveau. Un métier a donc une durée de vie depuis son apparition jusqu'à sa disparition par extinction

ou transformation, avec ou sans persistance du métier souche. Chaque métier aurait ainsi un degré de mutabilité qui caractériserait son aptitude au changement.

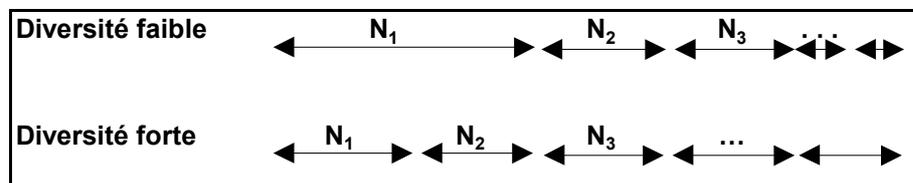
La détermination du métier pratiqué par un bateau peut poser problème selon que les caractéristiques propres à chaque métier sont distribuées de manière discontinue ou continue. Dans le premier cas les caractéristiques propres à chaque métier ont une distribution corpusculaire, dans l'autre, au contraire, ces caractéristiques ont une gradation individuelle. La difficulté pour définir des métiers est donc de trouver des discontinuités qui permettent de discriminer l'activité de pêche. Distinguer trop peu de métiers intègre une activité à un niveau qui dénature la réalité. Au contraire, une typologie trop fine apporte trop de détails pour caractériser les différents types de pêche et ne présente que peu d'intérêt pour leur gestion. En pratique, si l'on peut rencontrer un nombre de cas limites qui rendent la détermination du métier problématique dans l'absolu, cela ne devrait pas être un prétexte à la remise en cause radicale de l'entité métier comme élément de base du système étudié.

Une fois la structure du système halieutique établie et les effectifs de bateaux et pêcheurs par métier dénombrés, il reste à quantifier cette diversité halieutique pour mieux la comprendre et la resituer dans le fonctionnement du système pêche.

#### **4. Modélisation de la diversité des pratiques de pêche et interprétation de leur dynamique**

En halieutique l'élément métier se trouve dans une situation analogue à celui d'espèce en écologie, à tel point qu'on peut paraphraser les méthodes utilisées en écologie pour étudier la biodiversité. Chaque métier occupe ainsi une niche dans son environnement bioéconomique. La niche bioéconomique qu'est le métier est une généralisation de la notion d'habitat en écologie, à savoir un domaine de tolérance vis-à-vis des principaux facteurs, ces derniers étant représentés dans un hyper-espace avec autant de dimensions qu'il y a de facteurs considérés.

La diversité des métiers pratiqués par une flottille dans le domaine d'espace-temps considéré recouvre deux aspects : le nombre de métiers, c'est le dénombrement des métiers et la régularité, c'est la façon selon laquelle les bateaux se répartissent entre ceux-ci comme le montre le schéma ci-dessous, emprunté à Frontier et al. (1998), dans un cas de diversité faible et un cas de diversité forte :



**Fig. 5 : Représentation de la répartition des navires en métiers, pour un même nombre de métiers, dans un cas de diversité faible et un cas de diversité forte.**

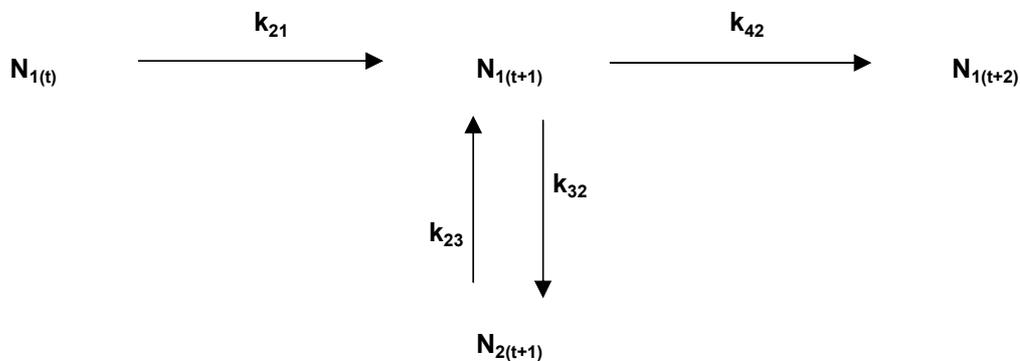
Cette diversité halieutique peut être mesurée par des indices identiques à ceux utilisés en écologie comme par exemple l'indice de Gleason, qui est fondé, une fois transposé à l'halieutique, sur la croissance logarithmique du nombre  $S$  de métiers recensés en fonction du logarithme du nombre  $N$  de bateaux examinés. On mesure alors la diversité halieutique  $I$  par la pente de la droite obtenue  $I = (S - 1) / \ln(N)$ . Quant à l'indice de Shannon, il mesure la

quantité moyenne d'information donnée par le métier pratiqué par un bateau dans la population de métiers. La diversité maximale est réalisée par l'équifréquence des métiers inventoriés et on appelle la régularité  $R$  d'un échantillon le rapport de la diversité observée à la diversité maximale. La redondance se définit comme le complément de la régularité. On pourrait aussi étudier la distribution de l'activité des bateaux en Diagramme Rang Fréquence (DRF), etc.

Cette étude de la diversité structurelle se prolonge par une étude de la diversité fonctionnelle, qui est définie par l'ensemble des fonctions bioéconomiques qui se dégagent de l'exploitation d'un écosystème. D'un point de vue fonctionnel les métiers suivants se reconnaissent facilement : les métiers clefs du système, les métiers secondaires, les métiers accessoires et saisonniers, les métiers indicateurs de qualité, les métiers emblématiques, les métiers confidentiels, etc. Cette assignation de fonction est liée pour partie à un concept de fonctionnement global qu'il convient de rechercher et d'explicitier. Ainsi doit-on opérer l'explication des métiers pratiqués en terme de fonction et de téléonomie et faire ressortir l'orientation axée sur un projet, un programme. Et cette organisation orientée devrait se dégager de l'analyse étiologique des métiers exercés, car ce qui suscite les métiers pratiqués doit être leur tendance à produire un certain résultat (Duchesneau, 1997).

Pour poursuivre dans cette voie, l'hypothèse implicite est de dire, même si elle n'est pas souvent explicitée, qu'il y a un ordre dans la distribution des navires dans les différents métiers pratiqués, c'est un ordre qui émerge spontanément par différenciation et par sélection. Cet ordre, s'il se dégage spontanément, ne correspond pas à celui que l'on obtiendrait par optimisation. C'est un ordre dit de rationalité limitée ou procédurale (H.S. Simon in Kourilsky, 2002) par référence à un ordre de rationalité substantielle. Cela signifie que des possibilités d'amélioration de la situation en place existent. Les flottilles ont très probablement la possibilité de faire mieux que ce qu'elles font spontanément pourvu que les différents décideurs – les pêcheurs et les gestionnaires principalement – disposent d'une meilleure connaissance à la fois de la distribution de la ressource dans les différentes strates spatio-saisonniers et de la distribution des activités des autres exploitants dans ces mêmes strates spatio-temporelles.

Une fois l'analyse structuro-fonctionnelle réalisée, il reste à reproduire l'évolution au cours du temps - par opération de pêche, par mois et/ou par année - des effectifs de bateaux par métier. L'ensemble peut être modélisé par un modèle standard comme un modèle à compartiments - les métiers - entre lesquels circulent des effectifs de navire. Considérons un modèle schématisé par la figure 6 suivante qui représente l'effectif  $N_{1(t)}$  du métier 1 à trois instants  $t$  successifs :



**Fig. 6 : Schéma d'un modèle à compartiments entre lesquels circulent les navires.**

Deux types de variables se distinguent, les variables d'état (N) et les variables de flux (k). Les premières représentent les variations d'effectifs qui ont lieu par l'intermédiaire de variables de flux. L'évolution des processus comporte des variations de ces variables d'états et ces variations sont dues à l'action de facteurs externes, mais aussi à des décisions prises à l'intérieur du système qui génère alors son propre comportement, l'objectif étant de cerner les causes régissant ces transferts. Les variables de flux sont susceptibles d'être mesurées. Elles fournissent les bases pratiques pour agir sur le système.

Le modèle du schéma précédent peut s'écrire :

$$N_{1(t+1)} = k_{21} - (k_{32} + k_{42}) + k_{23}$$

avec :

$$k_{21} = f(N_{1(t)})$$

$$k_{32} = f(N_{1(t+1)})$$

$$k_{42} = f(N_{1(t+1)})$$

$$k_{23} = f(N_{2(t+1)})$$

L'hypothèse essentielle concerne les vitesses de transfert. Le modèle le plus simple est le modèle à coefficient constant : durant un intervalle de temps très court, le nombre de bateaux passant d'un compartiment à un autre est proportionnel à l'effectif du compartiment, le coefficient de proportionnalité étant k. Elle nous permet de décrire directement l'évolution de la variable d'état de chaque compartiment :

$$N_{1(t+1)} = k_{21}N_{1(t)} - (k_{32} + k_{42})N_{1(t+1)} + k_{23}N_{2(t+1)}$$

Deux sortes de prévision peuvent être faites. L'une, de nature quantitative, porte sur les dynamiques des effectifs de bateaux par métier et leur transfert d'un métier dans un autre. L'autre, de nature qualitative, porte sur le déterminisme des métiers rencontrés et permet de comprendre les mutations bioéconomiques observées, souvent soumises à des nouveautés et des surprises. Il est donc important de connaître et de formaliser l'évolution historique du système étudié. Les travaux théoriques actuels, que ce soit en sciences sociales ou en sciences naturelles, privilégient les concepts d'irréversibilité, de non linéarité, d'effet de seuil et de bifurcation entraînant le basculement d'un équilibre sur un autre.

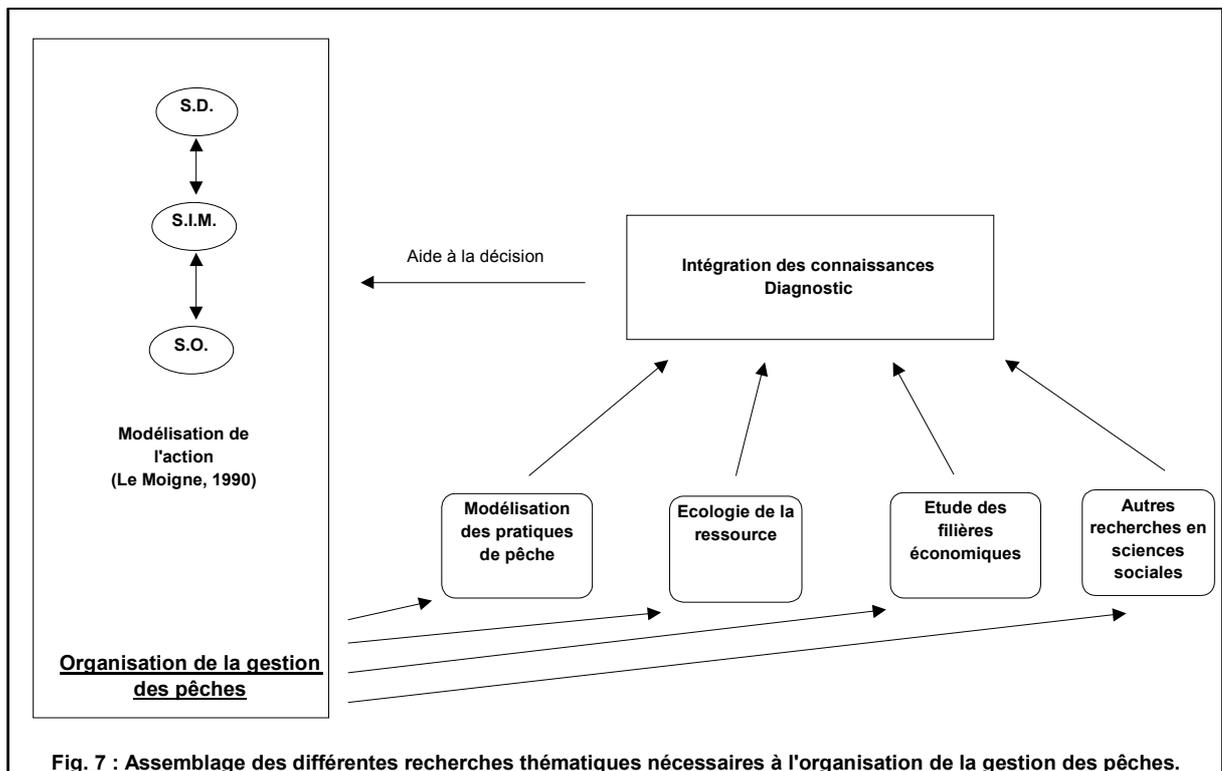
Ainsi serons nous en mesure de remplacer les fonctions de production classiques, symétriques et réversibles par des trajectoires complexifiantes et irréversibles. Aujourd'hui l'évolution irréversible des écosystèmes marins exploités est bien établie (Cury, 2003).

## **5. Conclusion : organisation du système halieutique**

Toutes les informations présentées sur la structure et le fonctionnement des pêches pratiquées dans une zone donnée sont un préalable indispensable à la gestion de la pêche. Il est en effet intéressant de chercher les facteurs responsables des métiers pratiqués afin d'avoir la possibilité d'agir sur eux, l'intérêt étant de simuler des changements de réglementation et de voir leur impact sur tel ou tel aspect de la pêche.

Les effets différés contrôlent en grande partie la dynamique des écosystèmes exploités et c'est pourquoi les études envisagées sont forcément à long terme. Il est important de rappeler que les processus écologiques et socio-économiques qui contrôlent la dynamique des exploitations halieutiques se déploient dans des domaines d'espace et de temps bien supérieurs à ceux utilisés dans la plupart des études. Dans ces conditions, Il faut penser simultanément la dynamique actuelle de l'écosystème exploité et son histoire. Il est donc important de retracer son évolution historique, avec ses dynamiques irréversibles et souvent imprévisibles comme le sont les changements de métiers. Les exploitations halieutiques évoluent de deux manières, par sélection et par adaptation aux contraintes de la contingence. Ce que nous proposons ici c'est une démarche pour aller vers une science halieutique qualitative qui inclue les sciences quantitatives et de brosse, en quelque sorte, un paysage halieutique évolutif. La modélisation mathématique du paysage évolutif est actuellement développée par S. Kauffman (1993, 2000).

Par ailleurs, cette recherche sur les pratiques de pêche demande de mobiliser d'autres recherches thématiques, en particulier celles qui portent sur l'écologie de la ressource, sur les filières économiques et sur les sciences sociales. Cet assemblage des différentes disciplines thématiques est nécessaire au pilotage du système pêche et peut être schématisé de la façon suivante :



**Fig. 7 : Assemblage des différentes recherches thématiques nécessaires à l'organisation de la gestion des pêches.**

Le niveau thématique correspondant à l'intégration des connaissances et au diagnostic analyse l'information acquise par les différentes recherches thématiques et fait le lien de manière systémique avec l'organisation de gestion. C'est une recherche centrée sur la relation récursive information-organisation. C'est par définition un espace interdisciplinaire qui repose sur une théorie de l'organisation, qui est par ailleurs en cours de développement. Ce niveau de recherche, quand il est éludé, est caractéristique d'une organisation halieutique en phase de constitution, comme le montre Vallerand (in Brossier et al., 1990) dans sa description des différents degrés de maturation de l'organisation d'un système agricole.

Où en est le degré d'organisation de la plupart de nos pêcheries ? Il faut bien voir que nous travaillons avec les données que nous avons sous la main, ce qui n'est pas la meilleure

stratégie pour résoudre le problème posé, à savoir gérer les pêcheries. La véritable pierre d'achoppement de l'amélioration de nos diagnostics est la qualité des données, plus précisément la méconnaissance de l'évolution des pratiques de pêche et l'imprécision dans les mesures de rendements de pêche commerciale. Il nous faut recueillir des données complètes à l'échelle de l'opération de pêche, c'est le principal facteur limitant aujourd'hui l'amélioration de nos diagnostics. Il nous faut trouver un artefact évolutif pour promouvoir une coopération durable entre les scientifiques et les professionnels. Ces derniers sont dans nos analyses des auxiliaires incontournables. C'est l'occasion de les faire participer à la gestion de leur propre ressource et de favoriser ainsi la mise en place d'un système de gestion décentralisé. C'est aussi l'opportunité de prendre en compte les connaissances des pêcheurs, de les formaliser et de les intégrer dans la modélisation des pêcheries. Cela ne peut que favoriser le degré de confiance que peuvent avoir les pêcheurs à l'égard des scientifiques.

Cette recherche sur les pratiques de pêche conduit au choix de la complexité, en donnant toute leur place aux sciences sociales comme aux sciences naturelles. Les partenaires des chercheurs sont objets de recherche mais aussi sujets car ils sont les premiers intéressés par les résultats obtenus. Il ne s'agit pas tant de produire des solutions toutes faites, que d'aider les acteurs et les organisations impliquées à transformer la situation observée en développant leur capacité d'organisation et de mise en œuvre des solutions techniques, institutionnelles et politiques de maîtrise de leur propre devenir : c'est une recherche récursivement organisatrice. Le classique critère d'objectivité scientifique est alors remplacé par de la communication intersubjective qui reconnaît les propriétés auto-organisatrices de la société des pêcheurs. « L'organisation forme l'information qui la forme » selon la maxime didactique de Morin et Le Moigne, 1999. Elle explique la spirale de l'auto-organisation (Benkirane, 2002). Mais l'amorçage d'un tel processus auto-entretenu est la partie la plus longue et la plus délicate à mettre en œuvre.

## 6. Références

- Auger P., Baudry J., et Fournier F. (édit.), 1992. Hiérarchies et échelles en écologie. Comité français du SCOPE. Naturalia Publications, 300p.
- Anon., 1987. Assessment of technical interactions in mixed fisheries. Report of a workshop held at Ifremer in Nantes (France) under the auspices of EC (DG XIV). Contrat n°86/1210441/F, 75p.
- Brossier J., Vissac B., Le Moigne J.L. (édit.), 1990. Modélisation systémique et système agricole. Décision et organisation. INRA Publications, 365 p.
- Brossier J., De Bonneval L., E. Landais (édit.), 1994. Systems studies in agriculture and rural development. INRA Publications, 415 p.
- Barbault R., 1994. Des baleines, des bactéries et des hommes. Editions Odile Jacob, 327p.
- Benkirane R., 2002. La complexité, vertiges et promesses. Editions Le Pommier, 419 p.
- Conruyt N., 1994. Amélioration de la robustesse des systèmes d'aide à la description, à la classification et à la détermination des objets biologiques. Thèse de doctorat spécialité informatique. Université Paris IX-Dauphine.
- Cury P., 2003. Les prédateurs ne sont plus ceux qu'ils étaient. La Recherche hors série avril 2003. La Terre : 26-29.
- Duchesneau F., 1997. Philosophie de la biologie. Edition PUF, 437 p.
- Frontier S. et A. Leprêtre, 1998. Développements récents en théorie des écosystèmes. Ann. Inst. Oceanogr., Paris, 74(1) : 43-87.

- Frontier S. et D. Pichod-Viale, 1998. Ecosystèmes. Structure, Fonctionnement, Evolution. Edition Dunod, 447p.
- Kauffman S., 1993. The origins of order : self-organisation and selection in evolution. Oxford University press.
- Kauffman S., 2000. Investigations. The nature of autonomous agents and the words they mutually create. Oxford University Press.
- Kourilsky F. (édit.), 2002. Ingénierie de l'interdisciplinarité. Un nouvel esprit scientifique. Edition L'Harmattan, 153p.
- Le Gallou F. et Bouchon-Meunier B. (édit.), 1992. Systémique. Théorie et applications. Edition Lavoisier, coll. Tec. et Doc., 341p.
- Le Moigne J.L., 1990. La modélisation des systèmes complexes. Editions Dunod, collection Afcet systèmes, 178 p.
- March J.G. et H.A. Simon, 1991. Les organisations. Problèmes psychologiques. Editions Dunod, 2<sup>ème</sup> édition (1961, 1<sup>ère</sup> édition). Collection sciences humaines, 254p.
- Morin E. et J.L. Le Moigne, 1999. L'intelligence de la complexité. Editions L'Harmattan, collection cognition et formation, 332 p.
- Pech N., Samba R., Drapeau L., Sabatier R. et F. Laloë, 2001. Fitting a model of flexible multifleet-multispecies fisheries to Senegalese artisanal fishery data. Aquat. Living Resour., 14 : 81-98.
- Pelletier D. et J. Ferraris, 2000. A multivariable approach for defining fishing tactics from commercial catch and effort data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57 : 51-65
- Raup D.M., 1991. De l'extinction des espèces. Editions Gallimard, collection essais, 233p.
- Sebillotte M. (édit.), 1994. Recherches-système en agriculture et développement rural. Conférences et débats. Symposium international Montpellier, 21-25 novembre 1994. CIRAD publications, 476 p.
- Simon H.S., 1991. Sciences des systèmes. Sciences de l'Artificiel. Editions Dunod, collection Afcet systèmes, 229p.