

Halieutique* : peut-on exploiter les ressources vivantes marines de manière durable ?

Introduction

Les ressources vivantes d'origine aquatiques contribuent aujourd'hui de manière très significative à l'alimentation humaine. En effet, tous secteurs confondus (pêche et aquaculture, mer et eau douce), la production halieutique mondiale est de l'ordre de 140 millions de tonnes par ans (FAO, 2007), soit un chiffre qui est presque du même ordre de grandeur que celui de la production de viande (environ 260 millions de tonnes). Les produits animaux d'origine aquatique constituent ainsi plus de 15 % de l'apport protéinique du terrien moyen, et plus de 50 % dans certains pays. Même si la part de l'aquaculture est aujourd'hui fortement croissante, une forte majorité de cette production (environ 60 %) est issue de la pêche maritime. Autrement dit, nous ne sommes vraiment passés de la chasse à l'élevage que dans le domaine terrestre et il n'est pas certain que nous y passions d'ici longtemps dans le domaine marin. Pour un part, notre alimentation provient de l'exploitation d'une ressource vivante sauvage, d'une ressource renouvelable ...et donc de notre capacité à permettre son constant renouvellement.

Le secteur des pêches constitue ainsi un domaine d'interaction très important entre activités humaines et ressources naturelles, un domaine où se pose de manière particulièrement aiguë les problèmes de durabilité des activités humaines, un domaine où les scientifiques ont acquis une expérience singulière en matière d'analyse de la dynamique des ressources naturelles. Dans ce chapitre, on s'appuie sur la présentation succincte de trois grandes catégories d'approche, qui ont été successivement mises en oeuvre dans le domaine de l'halieutique, pour expliquer les déterminants essentiels de la dynamique des ressources marines exploitées et pour montrer comment la connaissance scientifique (ici de la dynamique des populations) peut contribuer à la définition de mesures de régulation des activités humaines (ici la pêche), dans un objectif de développement durable.

1 - L'exploitation des ressources vivantes marines : éléments de contexte

Même si la pêche est une activité aussi ancienne que l'homme, la réelle mise en exploitation des océans mondiaux est elle extrêmement récente. Quelques éléments de contexte sur cette évolution permettent de mieux comprendre les enjeux actuels.

▪ *Evolution des captures mondiales*

Pour l'essentiel, la pêche maritime est restée cantonnée dans des zones côtières localisées, jusqu'au début du vingtième siècle. La production mondiale ne dépassait alors pas 5 millions de tonnes. Elle s'est ensuite rapidement accrue, d'abord avec l'apparition des navires motorisés dans l'entre deux guerres, puis avec le développement de grandes flottes de pêche industrielles qui ont progressivement «conquis» les différents océans mondiaux. Deux points sont ici à souligner : 1. à l'échelle des écosystèmes, cette évolution est extrêmement rapide ; on est ainsi passé en quelques décennies de situations proches de l'état vierge à un impact anthropique massif ; 2. cette croissance est aujourd'hui stoppée, avec une production qui plafonne depuis une quinzaine d'années aux environs de 85 millions de tonnes. Si on fait exception de la Chine (qui est le premier producteur mondial, mais dont les captures sont connues pour être surestimées), on assiste même à une régression significative des prises. Ceci traduit très vraisemblablement le fait que les potentiels de production du milieu marin ont été globalement atteints et même dépassés en de nombreux endroits.

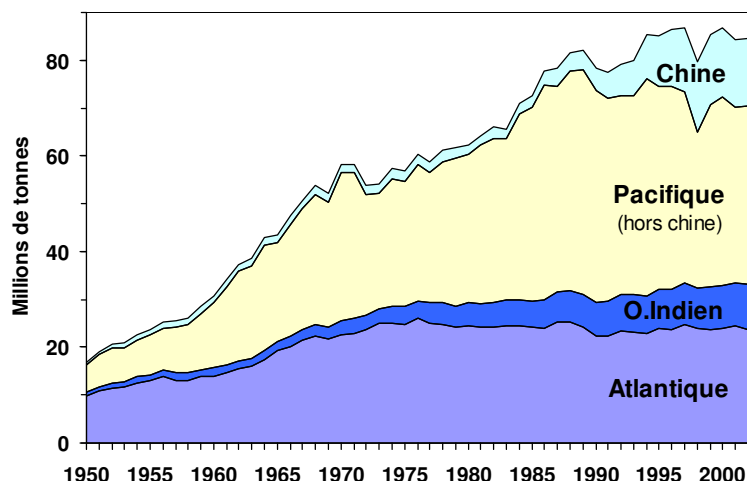


Figure 1 – Evolution des captures mondiales de la pêche maritime, par océan (Source : FAO)

▪ *En France : quand la stagnation cache une dégradation*

En France, comme d'ailleurs dans l'ensemble de l'Atlantique Nord, la production des pêches maritimes est globalement stagnante depuis le début des années 70. Cette stagnation cache cependant des évolutions fortes. D'une part, le nombre de navires et surtout le nombre de marins est en forte régression (- 50 % depuis 30 ans, pour le second) ce qui est évidemment source de difficultés économiques et sociales. D'autre part, tous les secteurs n'ont pas évolués de la même manière. Les espèces de fonds (dites espèces «démersale », généralement de forte valeur commerciale et qui se situent relativement haut dans les réseaux trophiques) ont été et sont encore fortement surexploitées ; leurs captures ont globalement été diminuées par 2, entraînant des situations de crises, notamment pour les chalutiers industriels Bretons. A l'inverse, la pêche thonière a connu un important développement, notamment en zone inter-tropicale. Elle concerne des stocks à très vaste aire de répartition, longtemps sous-exploités mais qui sont aujourd'hui en situation de pleine exploitation (sauf le thon rouge de Méditerranée, déjà très surexploité).

▪ *La généralisation des situations de surexploitation*

Le développement des pêches mondiales s'est fait au prix d'une diminution très forte de l'abondance des ressources exploitées. La biomasse des stocks cibles a souvent été divisée par 3 ou 4, et parfois par 10, voir par 20 ou 30. Parallèlement, la proportion des stocks considérés comme étant surexploités s'est rapidement accrue, tandis que le nombre de stocks sous-exploités diminuait (Fig. 2). Fort heureusement, nous verrons que la notion de surexploitation n'implique pas une disparition des stocks concernés ; elle traduit cependant un mauvais état de la ressource et une faible efficacité du système d'exploitation. Dans les eaux européennes, on estime ainsi que la majorité des captures provient aujourd'hui de stocks en mauvais état.

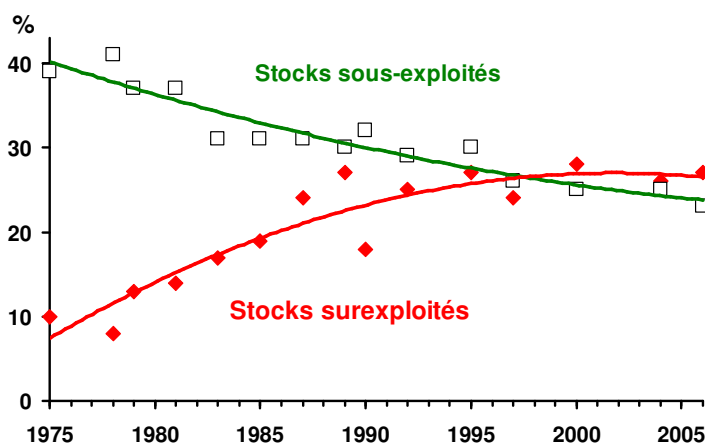
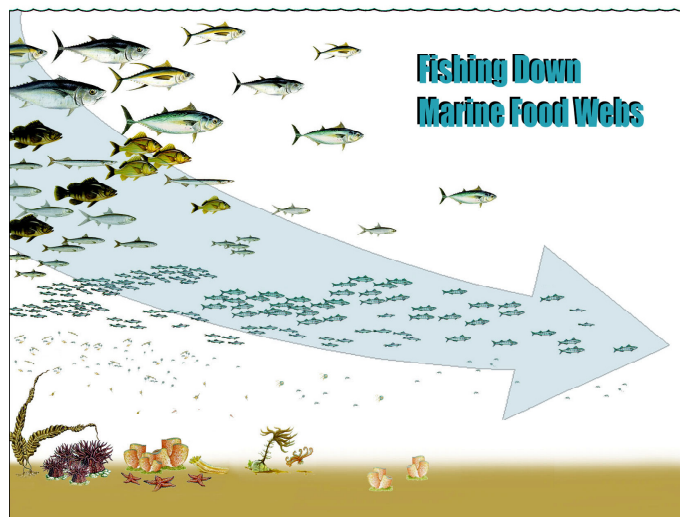


Figure 2 – Proportion de stocks halieutiques sur et sous-exploités dans le monde (D'après : FAO 2007)

- *Evolution qualitative : le « Fishing down marine food web »*

La diminution des biomasses des espèces cibles s'accompagne souvent d'une modification qualitative des prises, qui traduit un changement de l'écosystème sous-jacent (Fig. 3). Les espèces prédatrices et à forte longévité sont généralement les premières et les plus affectées. Leur surexploitation a des effets en cascades sur les espèces proies, dont l'abondance peut augmenter ...avant qu'elles ne soient à leur tour surexploitées. On assiste ainsi à diminution progressive du niveau trophique* moyen des prises. Dans le même temps, les habitats sont affectés par certains modes de pêches, et en



particulier par le chalutage qui a des effets destructeurs sur les communautés benthiques. Même si les cas de disparition d'espèces directement imputables à la pêche restent limités, cette évolution traduit une diminution de la biodiversité fonctionnelle de l'écosystème. Elle s'accompagne souvent d'une plus grande instabilité et d'une plus grande sensibilité à la variabilité de l'environnement.

Figure 3 – Représentation schématique du processus de « fishing down marine food web » (d'après Pauly et al, 1998)

2 - Les modèles usuels de dynamique des populations : retour sur un échec

L'histoire des pêches mondiales est donc à la fois l'histoire d'un succès, marqué par le spectaculaire développement du secteur, et celle d'un échec cinglant dans l'anticipation d'une dégradation aujourd'hui avérée et lourde de conséquences du capital écologique. Pourtant, dès les années cinquante, les scientifiques halieutes ont développé un cadre conceptuel, basé sur des modèles de dynamique de populations mono-spécifiques, et qui devaient permettre une gestion dite « rationnelle » des pêches. Ces modèles ont joué et jouent encore aujourd'hui un rôle essentiel dans l'aménagement des pêches ; comprendre leur porté et leurs limites est donc riche d'enseignements.

- *Principe des modèles – Notions de sur-exploitation et de MSY*

Les modèles les plus simples (les seuls que nous évoquerons ici), dits modèles globaux ou modèles de production, s'appuient sur l'idée suivante : un stock à l'état vierge (i.e. sans exploitation) présente une biomasse plus ou moins constante au cours du temps. Ceci signifie que sa production biologique est globalement nulle, les gains de biomasses liés à la reproduction ou à la croissance individuelle étant compensés par la mortalité naturelle. Dans ces situations inexploitées l'abondance du stock est forte ; ceci induit une forte compétition intra-spécifique, qui se fait en particulier ressentir sur les stades les plus jeunes. Lorsqu'une exploitation intervient, elle tend à faire diminuer la biomasse et donc la compétition intra-spécifique (Fig.4). Par suite la production biologique devient positive (elle permettrait au stock de revenir dans son état d'origine, si la pêche était stoppée). Pour des efforts de pêche* faibles, la production biologique est ainsi une fonction croissante de l'effort. Ceci n'est cependant vrai que sous un certain seuil, car si l'effort de pêche devient trop élevé et l'abondance trop faible, la production biologique diminue à son tour et tend vers zéro ; fort logiquement, un stock de biomasse nulle a une production biologique nulle !

Dès lors, on montre que tout niveau de biomasse peut être maintenu constant (donc exploité de manière durable), en prélevant la production biologique qui lui est associée ; on parle alors de capture équilibrée. Réciproquement, lorsque l'effort de pêche reste constant, on montre que l'abondance du stock, ainsi que la production biologique et la capture correspondante tendent progressivement vers leur valeur d'équilibre respectif. Ainsi, un effort de pêche très faible autorise un stock abondant mais peu productif ; bien sur, il est possible de pêcher beaucoup une année donnée, mais pas en maintenant la biomasse identique ou proche de celle d'un stock vierge. A l'inverse, un effort élevé implique une abondance faible et donc des captures également faibles. Entre les deux, le modèle montre qu'il suffit de régler l'effort de pêche sur la valeur EMSY, pour maximiser la production de

manière durable. Cet effort est dit effort de maximisation et la capture qui lui est associée et appelée « rendement maximum soutenable (RMS) » ou « Maximum Sustainable Yield (MSY) ». La situation au-delà de l'effort de maximisation est elle qualifiée de situation de surexploitation. Elle peut être durable (on y reviendra), mais toute diminution de l'effort de pêche (donc des coûts d'exploitation) permettrait d'accroître la capture totale (donc les gains).

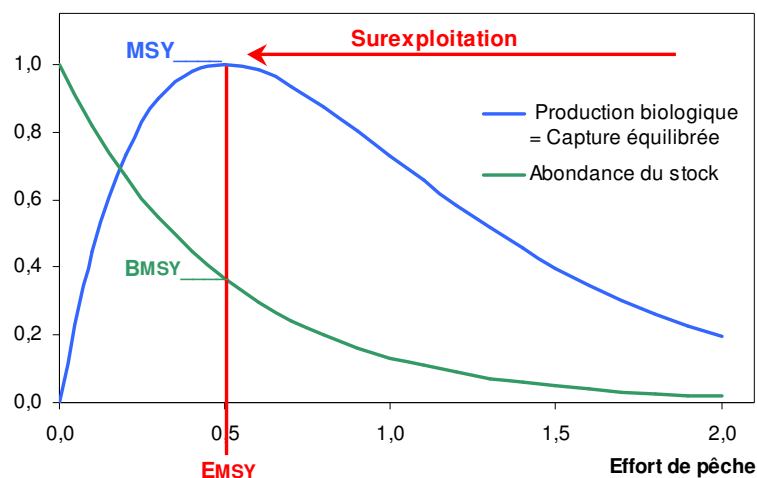


Figure 4 – Principe du modèle global de production. La biomasse du stock et sa production biologique sont exprimées en fonction de l'intensité d'exploitation. Lorsqu'une pêcherie se développe, l'effort de pêche augmente ; la capture est d'abord croissante, mais diminue dès que la surexploitation est atteinte (les axes sont ici exprimés en valeurs relatives, sans dimension).

▪ *Quand l'expérience confirme le modèle : un exemple d'application*

Ce modèle a été appliqué avec succès à l'étude de très nombreux stocks. Il est généralement ajusté aux données d'abondance observées lors de la phase de développement d'une pêcherie. On modélise ainsi la fonction de réponse du stock à l'accroissement progressif de la pression de pêche. Dans l'exemple des pêcheries démersales Sénégalaises (Fig.5), on observe clairement la diminution d'abondance des 5 stocks étudiés, au fur et à mesure que l'effort de pêche s'accroît. La capture passe par un maximum qui correspond approximativement au MSY, au milieu des années 80 (environ 25 000 t, pour la somme des 5 espèces). Elle diminue ensuite, en raison d'une forte surexploitation (en particulier, pour le Thiof et le Pageot). Le modèle de production indique qu'une division par 2 de l'effort de pêche permettrait d'augmenter très sensiblement les captures (de 15 à 25 000 T).

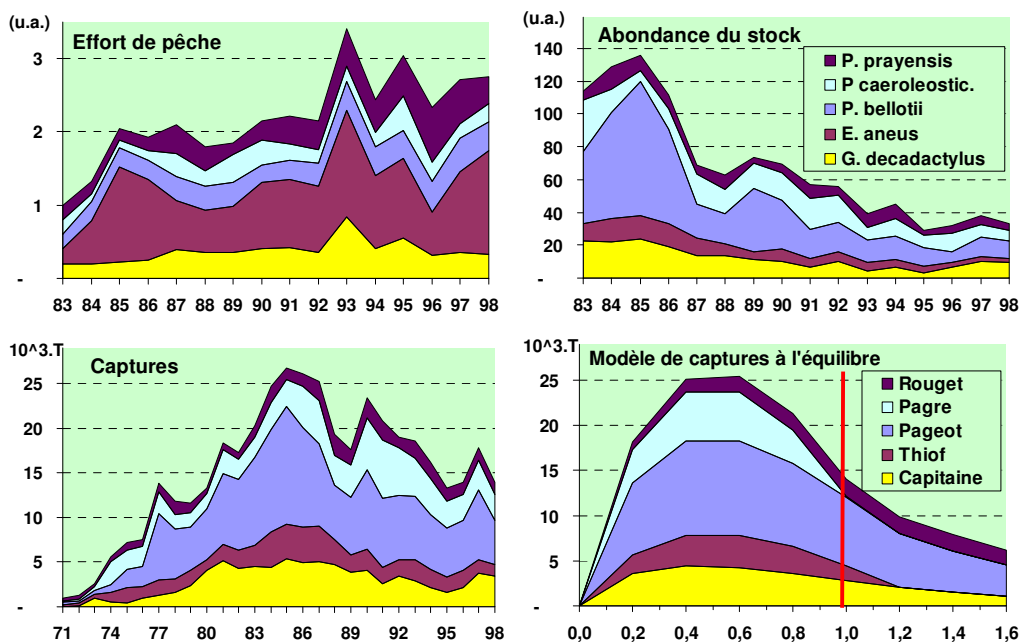


Figure 5 - Un exemple d'évolution d'une pêcherie et d'ajustement du modèle global : évolution de l'effort de pêche, de l'abondance du stock et des captures pour 5 espèces démersales importantes du Sénégal ; modèle de captures à l'équilibre (Conventionnellement, la valeur de 1 correspond à l'effort de pêche de la dernière année connue) – D'après Gascuel et al 2005a.

▪ *Du modèle à la décision : 4 raisons «objectives» pour ne pas agir*

La surexploitation conduit à des biomasses faibles, et généralement à une faible rentabilité économique des pêcheries. Dès lors, la recherche du MSY a été affichée comme un objectif prioritaire pour la gestion de nombreux stocks. Pourtant cet objectif n'a été que rarement atteint et nous avons vu que les situations de surexploitation tendent à se généraliser. Quatre raisons principales peuvent l'expliquer :

i. L'opposition entre intérêts individuels ou nationaux et intérêt collectif. Même lorsque tout pousse à une diminution globale de l'effort, chacun a intérêt à prélever la plus grosse part possible du gâteau. Chacun cherche donc à avoir l'engin de pêche ou le navire le plus performant, ce qui contribue à l'accroissement de l'effort de pêche et à l'aggravation des problèmes de surcapacité des moyens de capture.

ii. L'opposition entre court terme et long terme. A court terme, il est toujours tentant de pêcher plus, quitte à entamer le capital écologique et à devoir en payer le prix à long terme. Réciproquement, une diminution de l'effort de pêche implique toujours une période transitoire de diminution des captures, qui peut être économiquement et socialement difficile ; les gains éventuels ne se font sentir qu'au bout de quelques années, lorsque le stock a eu le temps de se reconstituer.

iii. L'opposition, au moins apparentes, entre impératifs de gestion et considérations sociales. La manière a priori la plus simple (et finalement la plus brutale) de diminuer l'effort de pêche est de diminuer le nombre de navires et de marins ...ce qui est difficile socialement et surtout politiquement, notamment dans les sociétés marquées par le chômage.

iv. Le caractère pluri-spécifique des pêcheries et leur capacité d'adaptation. Lorsqu'un stock est surexploité, une partie de l'effort de pêche se reporte généralement sur d'autres ressources ...toujours plus loin, toujours plus en profondeurs, ou toujours plus bas dans les réseaux trophiques. La dégradation est réelle, mais n'est pas nécessairement ressentie comme telle par les pêcheurs.

Il n'y a donc pas de transcription simple ; la construction de modèle de dynamique des populations, fussent-ils parfaitement fiables (ils ne le sont pas toujours, mais souvent) et même s'ils conduisent à des diagnostics et à des pronostics pertinents, ne suffit pas à assurer une gestion rationnelle des stocks et des pêcheries.

▪ *Des mesures de gestion... insuffisantes*

En s'appuyant sur les approches de dynamique des populations, des mesures de gestion ont pourtant été prises. La plupart des grands stocks européens fait par exemple l'objet d'un contingentement des captures, visant en principe à limiter l'effort de pêche (ce sont les fameux TAC* et quotas décidés chaque année en conseil des ministres de pêches, sur la base des avis scientifiques). En outre, l'instauration de permis d'exploitation a conduit à une réduction très significative du nombre de navires. Dans bien des cas, ces mesures sont socialement douloureuses et sont contestées par les pêcheurs. Pourtant, elles s'avèrent globalement insuffisantes pour enrayer la dégradation des ressources et le déclin des pêcheries. La raison principale en est que les innovations technologiques font plus que compenser les mesures prises. Souvent, le nombre de navires diminue, mais ceux qui restent s'équipent de moteurs, d'engins de pêche, de radars, d'appareil de détection du poisson (etc.) toujours plus efficaces, de telle manière que la pression de pêche réelle n'est finalement pas diminuée. Plus généralement, on observe que le secteur des pêches reste très fortement subventionné, ce qui contribue au maintien des surcapacités de pêches.

Il existe donc un décalage certain entre les impératifs d'une « bonne gestion », dont les pêcheurs eux-même pourraient être les bénéficiaires à long terme, et les mesures réellement mises en œuvre. Pourquoi n'agit-on pas de manière plus énergique ? Pour les 4 raisons citées ci-dessus, mais aussi et de manière plus fondamentale parce que la société ne l'a pas vraiment « exigé ». D'une certaine manière, les logiques économiques de court terme l'ont jusqu'à présent emporté ; il existait un consensus implicite pour accepter les mesures aptes à maintenir un minimum de rentabilité, mais pas pour prendre celles assurant une réelle durabilité écologique, économique et sociale à l'exploitation. Ce « consensus à la surexploitation » tend cependant à être remis en cause, d'abord avec l'approche de précaution et plus franchement avec l'approche écosystémique des pêches.

3 - L'approche de précaution : une démarche empirique

L'approche de précaution a des fondements scientifiques et juridiques. Elle est ainsi la traduction pratique du « principe de précaution* », adopté lors de la conférence de Rio sur le développement durable (1992). Dans le domaine de l'halieutique, elle se traduit par la définition de niveaux de référence limites et de règles de gestion à adopter lorsque ces seuils sont franchis.

▪ *Dynamique du recrutement* : le modèle en deux phases*

L'approche de précaution, telle qu'elle est notamment mise en œuvre en Europe, s'appuie principalement sur l'étude des processus de renouvellement du stock. Schématiquement, on considère que ces processus peuvent être traduits par un modèle en 2 phases (Fig. 6). Lorsque la biomasse du stock est importante, et donc que son potentiel reproducteur* est suffisant, on admet que le nombre de poissons recrutés chaque année dans le stock est indépendant de la taille du stock. Autrement dit, ce n'est pas l'abondance des géniteurs qui détermine l'abondance des jeunes recrues, mais les conditions du milieu environnant. Ceci a une conséquence qui peut paraître surprenante : dans cette situation, la pêche n'a pas d'impact significatif sur le renouvellement du stock ; même si la biomasse est diminuée, le recrutement n'est pas affecté et aucune mesure de gestion ne se justifie en matière de protection du potentiel reproducteur. Bien sur, ce raisonnement a une limite et à l'inverse, lorsque la biomasse du stock devient très faible le recrutement diminue. Cette diminution peut être relativement brutale et entraîner un phénomène d'effondrement du stock, moins de recrue produisant moins de géniteurs, donc encore moins de recrues à la génération suivante, etc. Le stock de morues de Mer du Nord constitue une illustration frappante de cette dynamique en 2 phases, avec un recrutement variable mais indépendant de l'abondance du stock et de l'effort de pêche jusqu'en 1986 ; et à l'inverse à partir de 1987, une surexploitation qui devient telle qu'elle a un effet direct sur le renouvellement du stock et entraîne son effondrement.

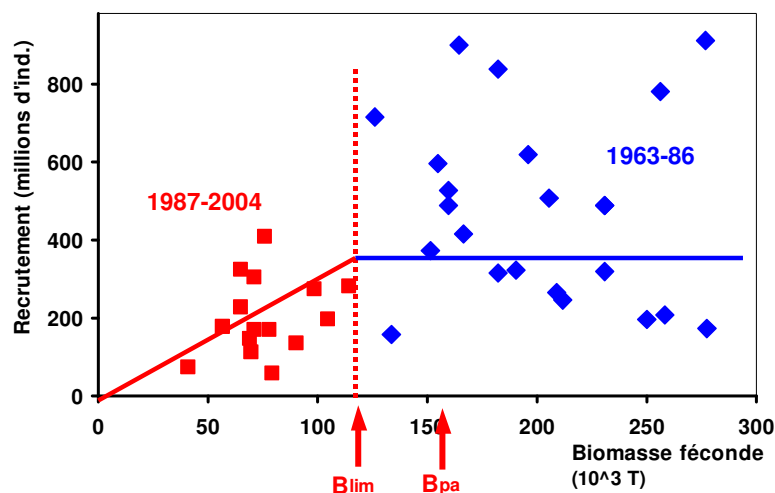


Figure 6 – Relation entre le potentiel reproducteur d'un stock et le recrutement qui en est issu ; fixation des seuils B_{lim} et B_{pa} : exemple du stock de morues de Mer du Nord (d'après les données CIEM 2005)

▪ *Valeurs seuil et règles de décision – Principe de l'approche de précaution*

Dans ce schéma, l'approche de précaution vise non plus à maximiser la capture (comme on peut le faire en recourant au modèle global), mais simplement à s'assurer que le stock n'entre pas dans la zone dangereuse où la pêche a un impact sur le recrutement. Il faut donc éviter que la biomasse féconde du stock passe en dessous de la valeur seuil notée B_{lim} (cf. fig. 6). Généralement, cette valeur est déterminée de manière empirique à partir des travaux d'évaluation de stock. Comme l'estimation comporte une certaine imprécision, on se donne une marge de sécurité en retenant comme valeur seuil une biomasse notée B_{pa} , dite biomasse de précaution. Selon un raisonnement identique, on montre que la zone dangereuse est atteinte au-delà d'un effort de pêche limite noté E_{lim} , auquel est associée une valeur de précaution notée E_{pa} . Pour chaque stock étudié, ces différentes valeurs définissent le « graphique de précaution » (Fig. 7), sur lequel il est possible de reporter la trajectoire du stock et sa situation actuelle. Le stock est dans la « zone de sécurité » tant que sa biomasse féconde reste élevée (supérieure à B_{pa}) et que l'effort de pêche qui lui est appliqué reste faible (inférieur à E_{pa}). Dès qu'il sort de cette zone, des mesures de limitation de la pêche doivent être prises. L'Europe a notamment retenu comme principe de fixer chaque année les quotas de pêche au niveau qui permettrait en principe un retour dans la zone de sécurité, dès l'année suivante.

▪ *Mise en œuvre en Europe : le début d'un succès ?*

La procédure décrite ci-dessus a été adoptée en Europe en 1998. Même si les principes affichés n'ont été que partiellement appliqués, cette approche a incontestablement contribué à un renforcement des mesures de limitation de l'effort de pêche. Les effets en sont contrastés et font l'objet de débats scientifiques.

Un certain nombre d'études semblent indiquer que la dégradation des ressources aurait été récemment stoppée. L'étude de Garcia et De Leiva (2005) met par exemple en évidence un retournement de tendance, en ce qui concerne la trajectoire moyenne de 14 stocks européens sur le graphique de précaution (Fig. 7).

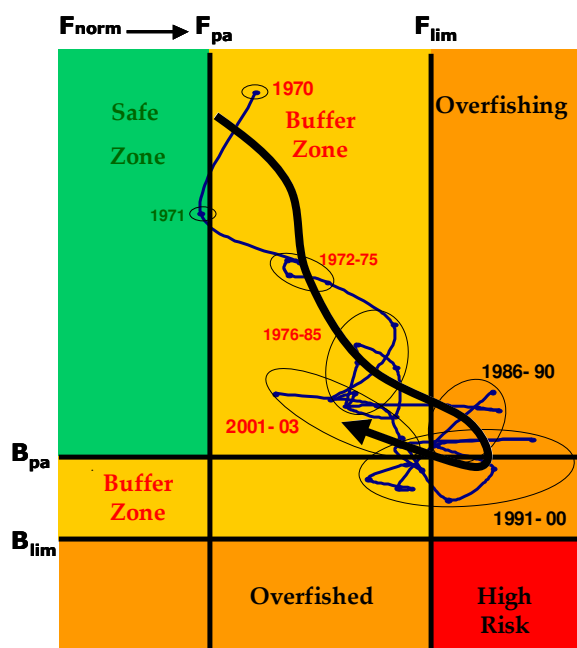


Figure 7 – Trajectoire moyenne de 14 stocks européens importants, sur le graphique de précaution (D'après Garcia et De Leiva, 2005).

Interprétation : Entre 1970 et 2000, on observe une diminution des biomasses en même temps que l'effort de pêche augmente, tandis que les années 2001-03 semblent marquer un retour vers la zone de sécurité

Néanmoins ce résultat reste très fragile et la situation d'un certain nombre de stocks continue à se dégrader. D'une manière plus générale, cette approche autorise une surexploitation sensible (les seuils E_{pa} sont toujours supérieurs à l'effort de maximisation EMSY) qui est actuellement remise en cause, à la fois par les recherches concernant le fonctionnement des écosystèmes, par une demande de durabilité écologique formulée de manière croissante par les opinions publiques, et par les textes issus des conférences intergouvernementales, au premier rang desquelles se place le sommet de Johannesburg (2002).

4. Un nouveau paradigme : l'approche écosystémique des pêches

La pêche a d'abord un impact sur les stocks exploités, mais aussi sur les proies, les prédateurs ou les compétiteurs de ces espèces, puis finalement, par une réaction en chaîne, sur l'ensemble des compartiments de l'écosystème. Ainsi, lorsque la pression de pêche s'accroît, l'approche mono-spécifique devient insuffisante et les effets de la pêche doivent être étudiés à l'échelle de l'ensemble de l'écosystème. Ceci fait actuellement l'objet de très nombreux travaux scientifiques dont on ne citera ici que quelques axes principaux, en s'appuyant sur des exemples d'application.

▪ *Approches pluri-spécifiques : un exemple d'application*

A partir des modèles mono-spécifiques classiques, il est assez facile de construire des modèles d'interaction entre un petit nombre d'espèces. Le modèle crevettes/poissons de Mauritanie (Fig. 8) illustre par exemple une situation proie/prédateurs. La surexploitation des prédateurs (dont la pêche crevettière est pour partie responsable, car elle capture ces mêmes poissons en tant que prises accessoires) a ici des effets positifs sur les proies et permet ainsi des captures plus importantes de crevettes. Comme souvent, le bilan reste cependant négatif en terme de captures totales, parce que le relâchement de prédation bénéficie aussi à des espèces non-exploitées et à des compétiteurs de la crevette. Plus généralement, on est ici dans un schéma typique de succession écologique associée à un processus de « fishing down marine food web ». A l'échelle mondiale, on observe ainsi un développement des stocks de crustacés et de céphalopodes. Ce qui est à craindre c'est qu'après les crevettes ou les poulpes, les espèces émergentes soit difficilement valorisables. Les méduses, par exemple, semblent désormais en augmentation !

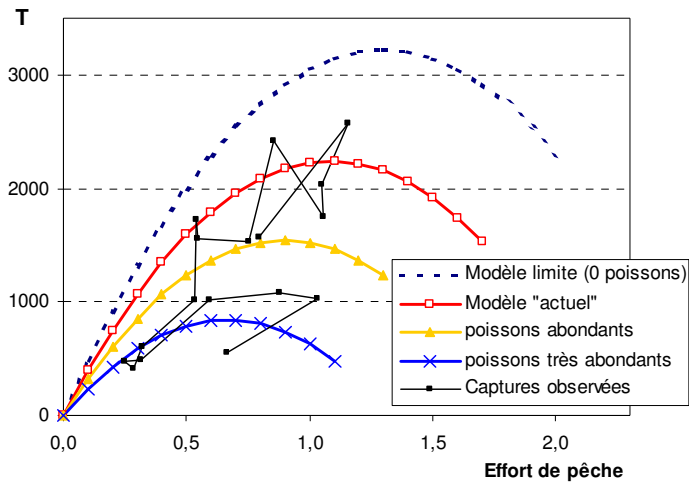


Figure 8 – Un exemple d'approche pluri-spécifique : Modèle de production des crevettes côtière *P. notialis* en Mauritanie, et interaction avec l'abondance des poissons démersaux prédateurs (Gascuel, données non publiées).

Interprétation : La surexploitation des poissons prédateurs de la crevette modifie le modèle de production de cette dernière. On passe ainsi d'un MSY de moins de 1000 T, lorsque les poissons étaient très abondants, à plus de 2000 T actuellement, et à plus de 3000 si tous ces poissons étaient supprimés (ce qui ne serait évidemment pas une bonne chose, car ils représentent plus de 30 000 T de captures par ans !).

▪ *Modèle écosystémique : le standard EwE*

Prendre en compte les effets de la pêche à une échelle plus large nécessite de construire des modèles écosystémiques de nature sensiblement différente. Le modèle actuellement le plus utilisé est un modèle de fonctionnement trophique dénommé Ecopath*. Dans ce modèle, les espèces de même régime alimentaire et qui possèdent les mêmes prédateurs sont regroupés dans différentes « boîtes trophiques » (Fig. 9). On quantifie ensuite la taille des boîtes (i.e. l'abondance de chaque groupe) et les flux de prédation entre boîtes. La pêche est également considérée comme un (ou plusieurs) flux de prédation. Le modèle permet donc d'analyser les interactions entre espèces et les effets en cascade de l'exploitation. En outre, une version dynamique du modèle (dénommée « Ecopath with Ecosim » ou EwE) peut être ajustée sur des séries chronologiques d'observations (afin d'analyser les évolutions passées) et permet de simuler des évolutions futures. Plusieurs centaines de modèles de ce type ont actuellement été construits de par le monde. Même s'ils ne débouchent que rarement sur des recommandations de gestion à court terme, ils aident incontestablement à comprendre le fonctionnement des écosystèmes et fournissent ainsi une vision stratégique de long terme, notamment en ce qui concerne l'impact de la pêche.

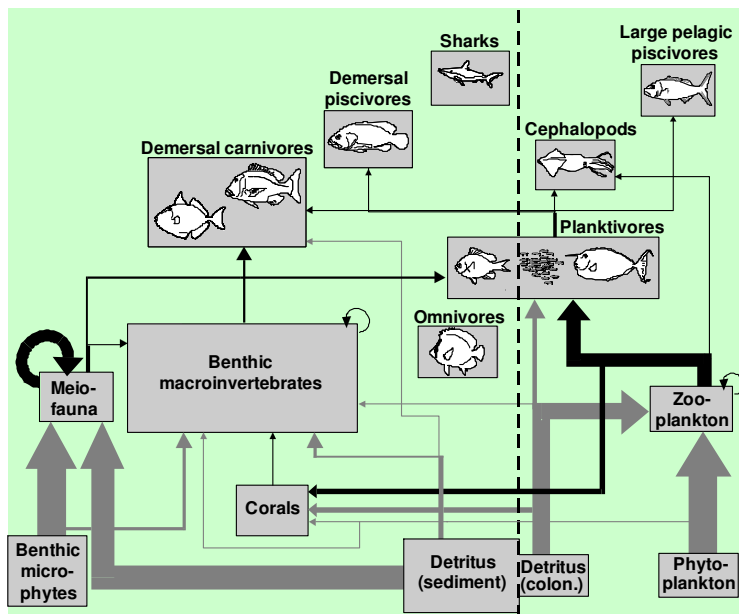


Figure 9 – Un exemple d'application du modèle Ecopath : fonctionnement trophique de l'atoll d'Ouvéa en Nouvelle Calédonie (d'après Bozec et al., 2004).

Interprétation : Ce modèle concerne un système sans pêche et vise un objectif de compréhension du fonctionnement de l'écosystème. On analyse en particulier les relations entre les compartiments benthique/ démersale (à droite) et pélagique (à gauche)

▪ *Modèle de flux trophique EcoTroph*

Le modèle EcoTroph* est plus récent et vise à donner du fonctionnement de l'écosystème une représentation plus théorique et plus générale (i.e. indépendante du cas d'étude). Dans ce modèle on

analyse la distribution de la biomasse (ou plus exactement de la zoomasse), en fonction du niveau trophique ; c'est ce qu'on appelle le spectre trophique. Le fonctionnement de l'écosystème est ici assimilé à un flux de biomasse qui transite de manière continue depuis les bas niveaux trophiques (les producteurs secondaires) vers les prédateurs supérieurs, en raison de la prédation mais aussi de l'ontogénie. La pêche est assimilée à une perte de flux et a des effets sur l'ensemble du spectre trophique. Le modèle permet par exemple d'expliquer la plus grande sensibilité à la pêche des niveaux trophiques supérieurs ; il montre que les vitesses de transit du flux trophique et les relations prédateurs/proie sont des déterminants essentiels de la résilience* des écosystèmes.

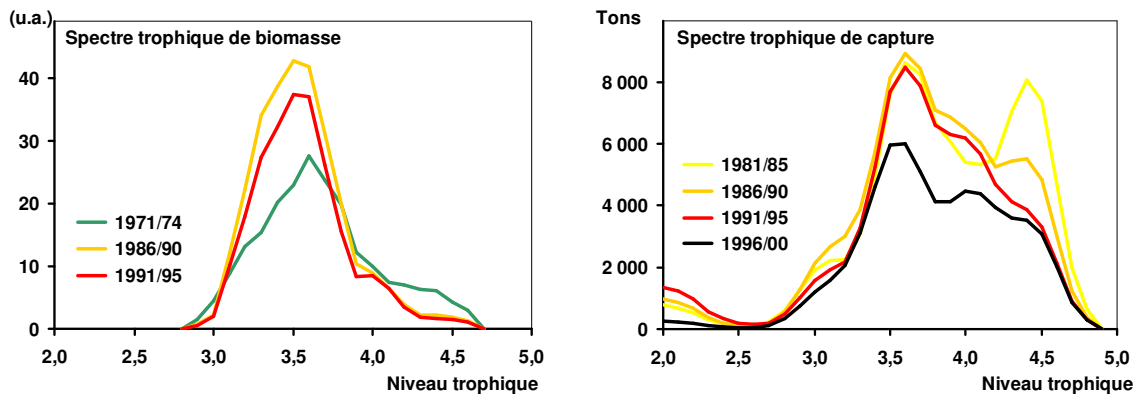


Figure 10 – Un exemple d'approche basée sur les spectres trophiques : évolution des spectres de biomasse et de capture des ressources démersales du Sénégal (d'après Gascuel et al. 2005b)

Interprétation : Entre 1971 et 1995, l'accroissement de la pression de pêche se traduit par une diminution de l'abondance (et des captures) des hauts niveaux trophiques ; dans un premier temps, ceci induit un relâchement de prédation qui permet une augmentation de biomasse des niveaux intermédiaires (et un maintien de leur capture). Mais dans la période récente les captures chutent, comme si une certaine capacité de réaction de l'écosystème avait été dépassée.

▪ **Indicateurs et propriétés des écosystèmes**

Parallèlement aux travaux de modélisation, de très nombreuses recherches visent actuellement à caractériser les propriétés des écosystèmes et l'impact de la pêche, en recourant à différents indicateurs. On cherche notamment à quantifier les capacités de productivité halieutique, de stabilité et de résilience des écosystèmes ; on tente de les relier à des caractéristiques de diversité, de fonctionnement trophique, de composition spécifique ou de répartition des tailles observées dans l'écosystème. Les possibilités sont ici nombreuses et les études de cas ne sont pas toutes convergentes. D'une manière générale, on admet cependant que la pêche induit une baisse de diversité et une plus forte instabilité des biomasses et des prises. Il reste pourtant difficile de fixer des valeurs seuils et ont identifié plutôt des directions d'évolution jugées favorables ou défavorables (cf. exemple Fig. 11).

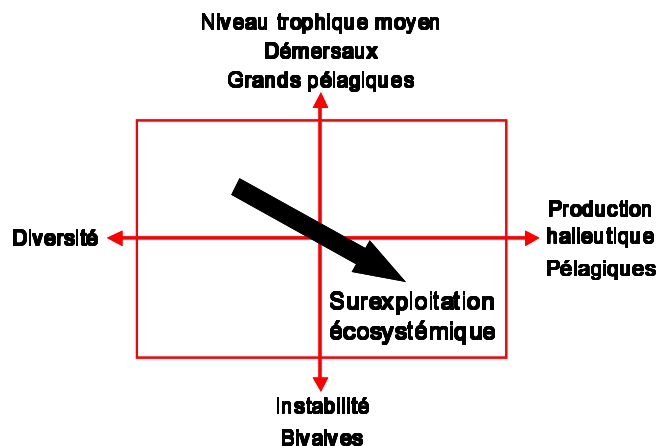


Figure 11 – Un exemple d'une approche indicateurs, basée sur l'analyse des pêcheries européennes (D'après Chassot, 2005)

Interprétation : Dans cette approche multidimensionnelle, l'accroissement de la pression de pêche induit une baisse de la diversité des captures et de leur niveau trophique moyen, et une hausse de l'instabilité et de la production totale (par suite d'une hausse des captures de petits pélagiques et de bivalves). Le déplacement des indicateurs dans le quadrant inférieur droit est ici interprété comme un signe de surexploitation écosystémique.

▪ *Science et gestion : Johannesburg, le retour au MSY et l'importance des AMP*

On l'a vu, les approches écosystémiques débouchent rarement sur des règles de gestion directement applicables. Plusieurs enseignements généraux se dégagent cependant de ces travaux :

- i. Les baisses de biomasses des espèces exploitées ont des effets en chaîne, qui ont sans doute été sous-estimés pendant longtemps.
- ii. L'exploitation successive de différentes ressources n'est pas écologiquement neutre ; elle traduit une dégradation du patrimoine écologique et s'accompagne du développement d'espèces peu ou pas exploitables.
- iii. La pêche a également des effets directs sur la biodiversité fonctionnelle, généralement reconnue comme étant un facteur de stabilité et de résilience des écosystèmes.
- iv. Les écosystèmes présentent des capacités de réaction, mais ces capacités pourraient bien être limitées, avec comme perspective des processus d'effondrement des capacités productives des écosystèmes marins.

Exploiter de manière durable suppose donc d'abord de limiter l'impact sur les espèces cibles. De manière empirique, la conférence internationale de Johannesburg a ainsi retenu comme objectif à atteindre rapidement de « maintenir ou restaurer les stocks, au niveau de la production maximale équilibrée ». L'objectif n'est pas tant de maximiser les captures (atteindre le MSY) que de retrouver un niveau de biomasse jugé minimal (le BMSY). Autrement dit, il est implicitement admis que diminuer la biomasse d'un stock exploité est acceptable tant que les captures augmentent, mais pas au-delà. Atteindre un tel objectif (qui désormais s'impose légalement à tous les états signataires, dont la France et l'Europe) implique une diminution très significative de l'effort de pêche. Si on veut limiter le coût social de cette nécessaire évolution, des moyens de régulation nouveaux doivent sans doute être développés : utilisation d'engins de pêche plus sélectifs et plus économes en énergie ; instauration de périodes de fermetures de la pêche et limitation du temps de travail ; attribution de quotas individuels par navire ou par pêcheur afin de casser la course à l'accroissement individuel des capacités de pêche ; etc. Parallèlement, un consensus semble de plus en plus se faire sur l'idée que le maintien de la biodiversité passe nécessairement par le développement d'Aires Marines Protégées. Les chiffres qui sont souvent cités comme objectif à atteindre (jusqu'à 30 % de la surface des océans mondiaux en 2012, d'après l'IUCN), montrent l'ampleur de la révolution à entreprendre. Enfin, il est clair que cette adaptation ne se fera pas sans un consensus sociétal fort et sans l'implication des pêcheurs eux-mêmes. On insiste donc généralement sur les notions de gestion participative et de gestion adaptative.

Conclusion

Le domaine des pêches n'échappe pas à un mouvement général de la société, marqué par une montée des préoccupations environnementales. Bien au contraire, la gestion durable des ressources marines émerge de plus en plus comme un enjeu important et comme une exigence sociétale forte, presque au même titre que la lutte contre le réchauffement climatique. Toutes les lignes sont ainsi modifiées, celles de l'exploitation comme celles de l'aménagement ou de la recherche. En particulier, les scientifiques n'ont plus seulement à fournir les meilleurs diagnostics et les meilleurs avis possibles. Ils doivent toujours le faire, au service des pêcheurs et des décideurs politiques, et plus généralement au service de l'ensemble des acteurs de la société. Mais ils doivent également assurer une fonction d'alerte et de recherche de solutions. D'une certaine manière, ils sont eux aussi des acteurs ; ils ont une responsabilité particulière dans la définition de ces exigences sociétales, qui détermineront in fine les conditions d'une exploitation durable des ressources et des écosystèmes marins.

Pour en savoir plus : module ENVAM de E-learning « Dynamique des populations marines exploitées et gestion de pêches ».

Références

- Bozec Y-M., Gascuel D., Kulbicki M., 2004 - Trophic model of lagoonal communities in a large open atoll (Uvea, Loyalty islands, New Caledonia). *Aquatic Living Resources*, 17: 151-162
- Chassot E., 2005 - Approche écosystémique des pêches : de l'utilisation d'indicateurs à la simulation théorique ; vers un modèle couplé écologie/économie appliqué au Finistère. Thèse de Doctorat Agrocampus Rennes mention Halieutique, 319p.

- Christensen, V., and Pauly, D. 1992. Ecopath II - A software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological modelling* 61: 169-185.
- FAO 2007 – The state of World fisheries and aquaculture, 2006. Rome, 164 p.
- Garcia S., et De Leiva Moreno, 2005 - Evolution of the state of fish stocks in the Northeast Atlantic within a precautionary framework, 1970-2003: a synoptic evaluation. *ICES Journal of marine Sciences*, 62 : 1603-1608.
- Gascuel D., 2005 - The trophic level based model: A theoretical approach of fishing impact on marine ecosystems. *Ecological modelling*, 189:315-332.
- Gascuel D., Laurans M., Sidibé A., Barry M.D., 2005a - Diagnostic comparatif de l'état des stocks et évolutions d'abondance des ressources démersales, dans les pays de la CSRP. In : Chavance P. et al (éds), Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi siècle de changement. Edition Office des publications des Communautés Européennes, ACP-UE 15, Luxembourg, pp. 205-222.
- Gascuel D., Bozec Y-M., Chassot E., Colomb A., Laurans M., 2005 - The trophic spectrum : theory and application as an ecosystem indicator. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 443-452.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., and Torres, F. J. 1998 - Fishing down marine food webs. *Science* 279.
- Walters, C., Christensen, V., and Pauly, D. 1997 - Structuring dynamics models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 7: 139-172.

* Glossaire

Ecopath : Le modèle de fonctionnement trophique Ecopath est initialement dû à Polovina (1984), mais a ensuite été développé et diffusé par Christensen et Pauly (1992). La version dynamique Ecopath with Ecosim (c'est aussi le nom du logiciel correspondant) est due à Walter et al. (1997).

EcoTroph : Ce modèle écosystémique a été développé par Gascuel (2005) sous l'appellation « trophic level based model » et récemment renommé EcoTroph.

Effort de pêche : mesure de l'intensité de l'exploitation. Dans les cas les plus simples l'effort de pêche peut être mesuré par un nombre de navires. Généralement, il faut cependant tenir compte de nombreux facteurs : le temps réel de pêche, l'engin utilisé, les caractéristiques de chaque navire, l'expérience des équipages, ...

Haliéutique : science de l'exploitation des ressources vivantes aquatiques (NB. L'haliéutique n'est pas une discipline à proprement parler ; elle mobilise différentes disciplines : l'océanographie, la biologie, l'écologie, l'économie, ...)

Niveau trophique : mesure de la place d'un organisme ou d'une espèce dans la chaîne alimentaire. Par définition, les producteurs primaires sont de niveau 1, ceux qui les mangent de niveau 2, ceux qui les mangent de niveau 3, etc. Ceux qui mangent moitié de phytoplancton (niveau) et moitié de zooplancton phytophage (niveau 2), sont de niveau 2,5. Les prédateurs supérieurs atteignent des niveaux 4 voir 5 (en milieu aquatique uniquement).

Potentiel reproducteur : capacité d'un stock à assurer son propre renouvellement. Ce potentiel est généralement mesuré par la biomasse féconde du stock qui est la biomasse totale des femelles matures présentes dans le stock.

Principe de précaution : Ce principe s'adresse à l'ensemble des activités humaines considérées à risques et a été adopté dans le domaine de l'environnement lors du sommet de Rio sur le développement durable (1992). Il est défini comme « une exigence d'action face à un risque potentiellement grave (immédiat ou pour les générations futures), sans attendre une confirmation scientifique du risque ». L'Approche de précaution est la traduction opérationnelle du Principe, sous forme de procédures et de règles visant à sa mise en œuvre. Dans le domaine des pêches, elle a fait l'objet de plusieurs textes internationaux, et en particulier du « Code de conduite pour une pêche responsable », établi sous l'égide de la FAO (1995).

Recrutement : En haliéutique, le recrutement correspond à l'arrivée des jeunes issues de la reproduction sur les fonds de pêche, ou plus généralement à l'entrée des jeunes dans la « phase exploitée ». Généralement les stades larvaires et les premiers stades juvéniles se situent avant recrutement.

Résilience : Capacité d'une ressource, d'une communauté écologique ou d'un écosystème à résister face à une perturbation naturelle ou anthropique, ou capacité à revenir, plus ou moins rapidement, dans son état initial, suite à cette perturbation.

TAC : Total Autorisé de Capture (mais c'est en fait une traduction peu heureuse de l'appellation anglaise : Total Acceptable Catches). Dans le cadre de la Politique Commune des Pêches, c'est la capture autorisée chaque année sur un stock donné, par décision du conseil des Ministres des pêches, en principe sur la base des avis scientifiques. Ce Tac est ensuite réparti en différents quotas nationaux.