

EFFORTS ET PUISSANCES DE PECHE : REDEFINITION DES CONCEPTS ET EXEMPLE D'APPLICATION

Didier Gascuel

*Unité Halieutique, D.E.E.R.N.,
Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes
65 Rte de St Briec, 35 042 RENNES Cedex, France*

RESUME

Les caractéristiques actuelles de nombreuses flottilles, ainsi que l'évolution récente des méthodes d'évaluation et de gestion de stocks, justifient aujourd'hui une reformulation de la définition des concepts relatifs à l'effort de pêche. L'effort nominal (f_n) doit être défini comme un paramètre de gestion, et l'effort effectif (f_e) comme un paramètre d'évaluation, égal au coefficient de mortalité par pêche (F) à un facteur de disponibilité (d) près. Par suite, la capturabilité (q) correspond au produit d'une disponibilité et d'une puissance de pêche globale (P_g). Les différentes notions peuvent être reliées par la formulation suivante : $F = q \cdot f_n = d \cdot P_g \cdot f_n = d \cdot f_e$.

Les puissances de pêche globales peuvent elles-mêmes être décomposées en différents termes, qualifiés de : puissance de pêche locale (P_l), efficacités de pêche globale (Φ_g) et locale (Φ_l), efficacité de pêche locale (e_l), soit : $P_g = \Phi_g \cdot P_l = \Phi_g \cdot \Phi_l \cdot e_l$. Ces différents termes sont reliés aux notions d'accessibilité et de vulnérabilité. On rappelle et discute brièvement les différentes méthodes qui permettent de quantifier les puissances de pêche et d'étudier leur évolution au cours du temps.

A titre d'illustration de ces définitions, on présente une analyse de l'évolution des puissances de pêche des flottilles de senneurs exploitant le thon albacore dans l'Atlantique Est. On montre qu'un effort de pêche standardisé ne constitue pas une mesure satisfaisante de l'effort effectif. Les puissances de pêche, estimées à partir de l'analyse des cohortes, croissent à un taux moyen de + 10 % par an, au cours de la dernière décennie. L'étude par catégorie d'âge et flottille conduit à mettre en évidence trois schémas différents d'évolution des stratégies de pêche. Ce type d'analyse contribue ainsi à une meilleure compréhension de la dynamique de l'effort de pêche et des flottilles.

INTRODUCTION

La notion d'effort de pêche a toujours eu une très grande importance en halieutique. D'une part, elle est à la base de nombreux diagnostics concernant l'état des stocks exploités ⁽¹⁾ et d'autre part, la gestion directe ou indirecte de l'effort est généralement considérée comme un moyen privilégié de régulation de l'activité de pêche.

Dans les cas les plus simples, qui correspondent en particulier aux situations rencontrées en période d'installation et d'expansion des pêcheries, une mesure assez rudimentaire de l'effort s'avère suffisante (Gulland, 1969). L'accroissement du nombre de navires ou du nombre de jours de pêche constitue alors l'élément essentiel de la variabilité de l'exploitation ; les modifications des caractéristiques des navires peuvent n'avoir qu'un effet marginal.

Lorsque tel n'est plus le cas, les procédures dites de standardisation permettent de quantifier l'effort de pêche, en tenant compte de l'évolution des caractéristiques de la flottille. Sont alors pris en compte le type d'engin de pêche utilisé et les catégories de navire qui interviennent (en référence notamment au tonnage ou à la puissance motrice des embarcations). On est dès lors conduit à distinguer deux notions : l'effort de pêche nominal et l'effort de pêche effectif (Laurec et le Guen, 1981). Seul ce dernier est supposé mesurer la pression réelle exercée sur le stock par l'activité de pêche. Dans la pratique, on le quantifie généralement au moyen d'un effort de pêche standardisé, exprimé dans une unité de mesure relativement "fine" (par exemple, en équivalent heure de pêche de telle catégorie de navires). Dans ce cas, les relations entre effort nominal et effort effectif ne sont plus explicitement définies.

Plusieurs raisons conduisent aujourd'hui à revenir sur la définition de ces différentes notions d'effort de pêche, ainsi que sur les concepts de capturabilité et de puissance de pêche qui s'y rattachent.

En premier lieu, l'évolution actuelle des flottilles est souvent caractérisée par une augmentation de l'efficacité de chaque navire, indépendamment des augmentations éventuelles de leur nombre, de leur taille, ou de leur puissance motrice. Ceci peut conduire à remettre en cause l'utilisation d'un effort de pêche standardisé comme mesure de l'effort effectif. Plus généralement, l'écart entre efforts nominaux et effectifs tend à s'accroître et les relations entre ces notions à se complexifier. Il s'en suit des difficultés dans les procédures d'évaluation des stocks, sources de biais potentiels dans les diagnostics établis par les biologistes.

En second lieu, on cherche de plus en plus à compléter ces diagnostics d'ordre biologique par une modélisation bio-économique de la dynamique des exploitations. Dans le premier cas, on quantifie les effets de l'exploitation sur le stock, en référence à

(1) Ceci est naturellement vrai lorsque le diagnostic est établi par l'approche dite globale de la dynamique du stock. Mais l'effort de pêche intervient également dans de nombreux diagnostics établis par l'approche structurale. En particulier, la calibration de l'analyse des cohortes (ou "tuning"), qui constitue une étape clé de cette approche, fait généralement appel à des données d'effort ou à des données de PUE qui découlent d'une mesure de l'effort.

un effort de pêche qui est nécessairement un effort effectif. Dans le second, on cherche à mesurer une quantité de travail, à laquelle peut notamment être associé un coût. L'établissement de relations explicites entre ces différents efforts est ainsi nécessaire pour assurer la cohérence des diagnostics.

Enfin, dans un certain nombre de pêcheries, et singulièrement dans le cas des pêcheries de l'Europe communautaire, des mesures de régulation directe de l'effort de pêche sont depuis peu mises en place. Jusqu'à présent, la régulation était essentiellement recherchée par une gestion indirecte de l'effort de pêche. La fixation de niveaux maximum de captures, par l'intermédiaire des TAC et quotas, était ainsi supposée réguler l'effort effectif. Sous certaines hypothèses, celui-ci n'avait alors pas nécessairement besoin d'être quantifié. Tel n'est naturellement plus le cas lorsqu'une gestion directe de l'effort est envisagée. Il importe alors de pouvoir traduire en terme d'effort effectif les mesures éventuelles de gestion de type : licences de pêche, quotas de jours de mer, etc. C'est ici l'utilisation des diagnostics comme outils d'aide à la gestion directe de l'effort qui est en cause et qui conduit à rechercher des relations explicites entre les différentes notions.

On cherchera donc à redonner des différents concepts utilisés une définition conforme à l'usage qui peut en être fait actuellement, tant en matière d'évaluation que de gestion des stocks. On essaiera en particulier de préciser les hypothèses sous-jacentes à l'utilisation de telle ou telle mesure de l'effort et d'établir une relation explicite entre efforts nominaux et effectifs.

Pour une large part, on verra que ces définitions ne sont pas fondamentalement nouvelles. Elle sont en particulier conformes aux acceptations couramment utilisées dans de nombreux travaux scientifiques. En ce sens, il s'agit plus d'une formalisation que d'une réelle redéfinition. Sur plusieurs points cependant, cette formalisation conduit à compléter, voire parfois à réviser les définitions généralement admises, au moins au sein de la communauté scientifique française où l'ouvrage de Laurec et Le Guen (1981) fait le plus souvent référence.

On illustrera cette "redéfinition des concepts" en s'appuyant sur l'exemple de l'exploitation du stock d'albacore de l'Atlantique Est, par les flottilles de senneurs français et espagnols. Cet exemple a comme intérêt de cumuler la plupart des difficultés que l'on est susceptible de rencontrer en matière de quantification de l'effort de pêche effectif.

1 - RETOUR SUR LES CONCEPTS

1.1. La capturabilité : retour sur une définition

La capturabilité (notée q) est une notion clé, qui doit en principe relier l'effort de pêche (noté f) au coefficient de mortalité par pêche (noté F). Autrement dit ce paramètre a , *a priori*, pour vocation de relier la cause à l'effet engendré.

Laurec et Le Guen (1981) en donne la définition suivante : "La capturabilité est la probabilité d'être capturé par une unité d'effort de pêche, pour un poisson pris au hasard dans un ensemble". (L'ensemble dont il est ici question est généralement soit le stock, soit l'un des groupe d'âge du stock). Cette définition ne fait pas explicitement référence à un type d'effort donné (effort effectif ou nominal). Dans le même temps, ces auteurs indiquent que la capturabilité peut être décomposée en deux termes. Le premier est qualifié de disponibilité et correspond aux facteurs d'ordre biologique susceptibles de modifier la capturabilité. Le second est qualifié d'efficience ; il quantifie la capacité d'un pêcheur à trouver les périodes et les zones de pêche favorables, lorsque la répartition spatio-temporelle du stock est hétérogène.

Sous-entendu, l'effort de pêche ici utilisé tient donc compte des caractéristiques des navires et des engins de pêche, de la capacité des équipages à capturer le poisson dans une zone et à un moment donné (...). De toute évidence, il ne s'agit pas à proprement parler d'un effort de pêche nominal. A l'inverse, il ne s'agit pas non plus d'un effort effectif dans la mesure où celui-ci doit *a priori* intégrer tous les facteurs d'ordre humain qui contribuent à ce que l'activité de pêche soit plus ou moins efficace. En particulier, l'efficience devrait alors être prise en compte au sein de la disponibilité. De toute évidence, une telle prise en compte serait peu satisfaisante.

Il semble ainsi nécessaire d'admettre une définition de la capturabilité, qui est en définitive plus large que la précédente : **La capturabilité d'un stock (ou d'une fraction du stock) est la probabilité d'être capturé pendant une unité de temps, par une unité d'effort de pêche nominal, pour un poisson pris au hasard dans le stock (ou la fraction de stock).**

Cette définition fait explicitement référence à l'effort nominal. De ce point de vue, on peut parler de "capturabilité nominale", comme le suggèrent Laurec et Le Guen (1981). Une telle dénomination a cependant l'inconvénient de laisser sous-entendre qu'une capturabilité effective peut également être définie. Nous verrons que cette dernière appellation est redondante avec la notion de disponibilité. On s'en tiendra donc ici à l'appellation de "capturabilité" ou de "capturabilité au sens large".

Par ailleurs, cette définition de la capturabilité fait référence à une unité de temps. Ceci est conforme au fait que les méthodes usuelles d'évaluation des stocks utilisent systématiquement une discrétisation du temps. Dans chaque intervalle, les paramètres utilisés sont soit supposés constants (notamment F), soit estimés en valeurs moyennes ou cumulées (notamment f). Dès lors, la référence à un intervalle de temps permet de faire abstraction de la notion d'intensité de pêche. L'intérêt théorique de cette notion reste indiscutable ; dans la pratique, elle n'est cependant que très rarement utilisée, que ce soit dans les procédures de quantification de l'effort de pêche, ou dans les méthodes d'ajustement des modèles.

1.2. Les composantes de la capturabilité : disponibilité et puissance de pêche

La capturabilité ainsi définie est susceptible d'être modifiée par deux ensembles de facteurs, se rapportant respectivement au poisson et au pêcheur (Anonyme 1979, Chadwick et O' Boyle, 1990).

- Les premiers facteurs sont d'ordre biologique ; comme précédemment, ils correspondent à la notion de disponibilité (notée d). Ainsi, **la disponibilité quantifie l'ensemble des facteurs liés à la biologie et à l'écologie du stock, susceptibles de modifier la probabilité qu'a un poisson d'être capturé par une unité d'effort nominal**. Comme le souligne Laurec et Le Guen, cette notion regroupe elle-même deux aspects : d'une part, **l'accessibilité** qui correspond au taux de présence sur les lieux de pêche ; d'autre part, **la vulnérabilité** qui dépend des interactions entre engins et poissons, souvent liées à des problèmes de comportement.

Dans la pratique, ces deux aspects sont souvent difficiles à distinguer. Très généralement, ils interviennent cependant à des échelles spatio-temporelles différentes. Les variations d'accessibilité correspondent ainsi à une variabilité soit inter-annuelle soit saisonnière, liée notamment à la variabilité des caractéristiques moyennes de l'environnement. Celle-ci se traduit par des schémas de répartition spatiale, à l'échelle de grandes zones de pêche, qui diffèrent : d'une saison à l'autre, en liaison avec les phénomènes de migration, et d'une année à l'autre, en liaison, par exemple, avec les anomalies majeures de l'environnement.

La vulnérabilité, quant à elle, varie le plus souvent à des échelles de temps et d'espace beaucoup plus fines. Les rythmes nyctéméraux induisent par exemple des modifications de la structure des bancs ; plus généralement les variations inter ou intra-journalières de paramètres tels que la température, la teneur en oxygène, la luminosité, les courants marins (etc.) se traduisent par des changements de comportements, notamment trophiques, qui influent sur la vulnérabilité du stock. Des variations intra ou inter-annuelles de vulnérabilité peuvent également intervenir. Pour l'essentiel, elles dépendent de changements d'occurrence des phénomènes climatiques intervenus à échelle fine (par exemple, forte fréquence de vents forts,...).

- Le deuxième ensemble de facteurs intervenant dans la capturabilité correspond aux facteurs d'ordre humain. Il peut être désigné sous l'appellation de puissance de pêche globale (notée Pg). **La puissance de pêche globale quantifie ainsi l'ensemble des facteurs liés au pêcheur, et qui contribuent à ce qu'une unité d'effort de pêche nominale se traduise par des captures plus ou moins importantes.**

Lorsqu'on raisonne sur un intervalle de temps donné, caractérisé par une abondance et une disponibilité du stock données, la définition qui précède à une conséquence directe : les différences de captures observées entre navires (ou entre catégories de navires) développant un même effort de pêche nominal sont en totalité imputables à des différences de puissances de pêche. Autrement dit, le rapport entre les puissances de pêche globales de deux navires est alors égale au rapport des PUE

(Prises par Unités d'Effort) réalisées par ces navires. On retrouve là une situation identique à celle envisagée par Beverton et Holt (1957) ou Gulland (1956 et 1969) : dans les cas simples, la puissance de pêche d'un navire peut être définie par le rapport des PUE de ce navire à celles d'un navire standard.

Lorsqu'on raisonne sur des intervalles de temps successifs, les variations de PUE dépendent cette fois de trois facteurs : les variations d'abondance réelle du stock (liées aux phénomènes de recrutement et de mortalité), les variations de disponibilité (liées essentiellement à l'impact de l'environnement), et les variations de puissance de pêche globale, liées aux changements de pratiques de pêche, aux modifications des caractéristiques de l'embarcation ou des engins de pêche, à l'équipement en appareils d'aide à la navigation, (etc.). Ainsi, **la puissance de pêche globale d'un navire (ou d'une catégorie de navire) quantifie la capacité de ce navire (ou de cette catégorie) à capturer le poisson disponible.** On reviendra plus loin sur les différentes manières de quantifier cette notion. Le recours à un simple rapport de PUE reste parfois valide. Tel n'est cependant pas toujours le cas, et il paraît alors peu satisfaisant de définir la notion par l'une de ses méthodes de mesure.

En définitive, la définition proposée ici pour la puissance de pêche couvre donc aussi bien des situations simples que complexes (par exemple, variabilité des puissances de pêche de tous les navires). En ce sens, cette définition apparaît comme étant plus générale que celles antérieurement proposées (Beverton et Holt, 1957 ; Gulland, 1956 et 1969).

1.3. Effort nominal, effort effectif : définitions et relations

Fondamentalement, la nécessité de distinguer deux notions d'effort différentes a une raison simple : ces notions se rapportent respectivement à deux catégories de problèmes distincts et n'ont donc pas la même utilité (la même raison d'être). D'une part, on cherche à évaluer l'impact de l'activité de pêche sur le stock (sur son abondance ou sa structure démographique) ; on doit alors mesurer la pression réelle exercée sur le stock. D'autre part, on cherche à formuler des recommandations de gestion ; on doit alors quantifier une activité humaine. Pour aller jusqu'au bout de cette distinction, il semble nécessaire d'adopter pour les deux notions d'effort, les définitions qui suivent ⁽¹⁾.

(1) Ces définitions, et plus particulièrement la seconde, diffèrent de celles proposées par Laurec et Le Guen (1981). L'ouvrage de ces auteurs a eu l'immense intérêt de clarifier grandement les concepts, en insistant sur l'existence de deux notions d'effort différentes, nominal et effectif, et sur leur intérêt respectif. En revanche, on ne peut plus retenir aujourd'hui certaines précisions. Ainsi, Laurec et Le Guen indiquent, à propos de l'effort nominal, que l'on doit tenir compte : des caractéristiques des navires (taille, jauge, puissance, autonomie, nombre d'hommes), du niveau d'activité et des capacités humaines en jeu, etc. Pour l'essentiel, ces grandeurs se rapportent à l'effort effectif et non nominal. De même, l'effort effectif est défini comme étant un effort nominal corrigé, "c'est une notion un peu abstraite (...), aussi proche que possible de la mortalité par pêche". A l'inverse de cette définition "floue", il

. Effort nominal

L'effort de pêche nominal est un paramètre de gestion qui mesure l'accumulation des moyens de capture mise en oeuvre par les pêcheurs, pour exploiter un stock pendant une unité de temps. La référence à la notion de gestion implique qu'on doit *a priori* retenir comme unité d'effort de pêche nominal, un paramètre susceptible, au moins théoriquement, de faire l'objet d'une régulation par des mesures d'ordre réglementaire.

Aussi, à de rares exceptions près (par exemple, la coquille St Jacques), un nombre d'heures de pêche ne relève déjà plus *sensu stricto* de la notion d'effort nominal. Il en va très généralement de même pour un nombre de coups de chalut ou d'opérations de senne. A l'inverse, le choix de l'unité d'effort de pêche nominal doit s'appuyer sur un critère de simplicité. Il doit en ce sens viser deux qualités. D'une part, être simple d'accès, c'est à dire se déduire directement ou facilement des statistiques disponibles. D'autre part, avoir une signification aisément perceptible par les non scientifiques, et notamment par les responsables administratifs ou politiques de la pêche. Bien souvent, un nombre de navires, un nombre de jour de pêche, ou un nombre de jours x engins de pêche constitue une unité satisfaisante. Ils sont théoriquement susceptibles d'être réglementés par l'intermédiaire, respectivement : de licences, de licences et saisons de pêche, de licences et limitation du nombre d'engins par licence.

Lorsque plusieurs catégories de navires distincts, utilisant par exemple des engins de pêche différents, participent à l'exploitation d'un stock, **un effort de pêche nominal global** peut également être défini. Le recours aux méthodes usuelles de standardisation (Robson, 1966 ; Laurec, 1977) conduit à exprimer l'effort en équivalent bateau (ou jour-bateau,...) d'une catégorie de navires donnée. Du point de vue de l'effort nominal, une telle démarche n'est cependant pleinement justifiée que dans la mesure où une gestion différenciée de l'effort de chaque catégorie paraît envisageable. (Ce qui ne veut pas nécessairement dire qu'elle est envisagée...).

Par ailleurs, l'effort de pêche nominal doit viser une autre qualité essentielle : il doit constituer une grandeur "adaptée" à la modélisation bio-économique du stock. On peut ainsi proposer une définition complémentaire de la première : **l'effort de pêche nominal mesure la quantité de capital et de travail mise en oeuvre par les pêcheurs pour exploiter un stock pendant une unité de temps**. A cet effort nominal doit pouvoir être associé, pour un intervalle de temps donné (par exemple l'année), un coût d'exploitation. Ce coût de l'unité d'effort est évidemment susceptible d'évoluer dans le temps, ce qui requiert alors une analyse d'ordre économique. Ce problème est

semble nécessaire de donner une définition précise du concept. L'utilisation pratique du concept ainsi défini est naturellement un autre problème. En particulier, il est clair que les difficultés qui existe en matière de quantification de l'effort effectif conduisent souvent à utiliser un instrument de mesure imparfait. Le "flou" concerne ici l'écart susceptible d'exister entre l'estimation et la valeur vraie (et inconnue), et non pas l'existence ou la définition théorique de cette valeur vraie.

d'ailleurs conceptuellement très proche de celui concernant l'évolution des puissances de pêche.

En définitive, les deux définitions renvoient à la notion de gestion. La première s'inscrit dans une approche qualifiée de biologique, qui vise le plus souvent à formuler des recommandations d'ordre réglementaire. La seconde relève de l'approche économique et vise à analyser les effets de régulations économiques (volontaristes ou subies).

. Effort effectif et relations simples

L'effort de pêche effectif est un paramètre d'évaluation qui mesure la pression réelle exercée par les pêcheurs sur un stock, pendant une unité de temps. La notion de pression réelle et la référence à l'évaluation impliquent que soit pris en cause l'ensemble des facteurs liés aux pêcheurs et qui contribuent à ce que l'activité de pêche ait un impact plus ou moins grand sur le stock.

Pour un intervalle de temps donné, caractérisé par une disponibilité donnée, deux efforts effectifs identiques conduisent nécessairement à la même mortalité par pêche. Réciproquement, on peut considérer que la mortalité par pêche est ici la seule mesure parfaitement rigoureuse de l'effort effectif.

La confusion entre mortalité par pêche et effort effectif n'est cependant pas souhaitable. En effet, d'un intervalle de temps à un autre, le même effort effectif engendre *a priori* des mortalités différentes. La définition ci-dessus indique simplement que ces changements sont indépendants du pêcheur ; ils sont exclusivement liés à des facteurs d'ordre biologique ou écologique. Autrement dit, l'effort de pêche effectif est égal au coefficient de mortalité par pêche, à un facteur de disponibilité près. Soit : $f_e = F/d$.

Ceci donne d'ailleurs un nouveau sens à la notion de disponibilité qui est ainsi le rapport entre l'effet engendré et la pression réelle exercée. C'est en quelque sorte, un coefficient de réponse du stock à l'activité du pêcheur. En outre, cette disponibilité peut dès lors être définie comme la probabilité qu'a un poisson d'être capturé par une unité d'effort effectif.

Des définitions qui précèdent, découle également que l'effort effectif prend en compte la puissance de pêche globale. Soit : $f_e = P_g \cdot f_n$ (Réciproquement, la puissance de pêche globale est donc le rapport entre effort effectif et effort nominal).

Par suite, la très classique relation $F = q \cdot f$ correspond à :

$$\begin{array}{ll} \cdot & q = d \cdot P_g \quad \text{si } f = f_n \\ \cdot & q = d \quad \text{si } f = f_e \end{array}$$

La notation théorique rigoureuse s'écrit ⁽¹⁾ : $F = q \cdot fn = d \cdot Pg \cdot fn = d \cdot fe$

Lorsqu'on raisonne dans le cadre de l'approche structurale, les notions se compliquent un peu, dans la mesure où les coefficients de mortalité par pêche sont alors définis à chaque âge. Comment relier alors le vecteur [F] au scalaire fn ?

Si on s'intéresse à un engin de pêche donné, il est généralement satisfaisant d'utiliser une puissance de pêche scalaire (susceptible d'évoluer dans le temps de la même manière pour tous les groupes d'âge) et une disponibilité vectorielle (qui mesure les interactions entre l'engin et chacun des groupes d'âge). Cette démarche est valide à deux conditions : que la sélectivité, et donc les caractéristiques de l'engin n'évoluent pas dans le temps ; que le pêcheur n'ait pas la possibilité de choisir, de par ces pratiques de pêche, tel ou tel groupe d'âge. On a alors : $[F] = [q] \cdot fn = [d] \cdot Pg \cdot fn = [d] \cdot fe$

Lorsque les conditions pré-citées ne sont pas remplies, (cf. exemple au § 3), la puissance de pêche globale et l'effort effectif doivent être quantifiés par âge, soit : $[F] = [q] \cdot fn = [d] \cdot [Pg] \cdot fn = [d] \cdot [fe]$. Une puissance et un effort moyen entre différents âges peuvent naturellement être définis.

Bien évidemment, cette formalisation des concepts ne résout que partiellement le problème. Elle ne présente d'intérêt pratique que dans la mesure où les puissances de pêche, et par suite l'effort effectif, peuvent être quantifiées.

2 - LES PUISSANCES DE PECHE : COMPOSANTES ET QUANTIFICATION

2.1 - Les composantes de la puissance de pêche - Schéma de synthèse

. Puissance locale et efficacités

La notion de puissance de pêche globale recouvre deux aspects différents (Laurec, 1977). Le premier correspond à la capacité des navires à choisir les périodes et les zones de pêche favorables ; il est qualifié de "capacité stratégique" (Laurec, 1977 ;

(1) Parallèlement, on peut formaliser de manière simple les relations entre prises par unité d'effort (PUE notées U) et biomasse du stock exploitable (notée B). Soit, pour des captures notées C :

$U_e = \frac{C}{fe} = d \cdot B$ Ce qui indique que les PUE "effectives" mesurent la biomasse disponible, c'est à dire la biomasse vraie sous hypothèse de disponibilités constantes.

$U_n = \frac{C}{fn} = q \cdot B = d \cdot Pg \cdot B$ Ce qui indique que les PUE "nominales" mesurent la biomasse disponible sous hypothèse de puissances de pêches constantes. (Cette équation montre également que le rapport des puissances de pêche est égal au rapport des PUE nominales, sous hypothèse de biomasse et disponibilité identiques)

Ces formulations ne sont cependant rigoureuses que sous l'hypothèse d'un stock réparti sur une aire de surface constante. Lorsque tel n'est pas le cas, le terme de biomasse B doit être remplacé par un terme de densité D.

Biseau, 1991 a et b) ou d'efficience de pêche (Laurec et Le Guen, 1981). On retiendra ici, la dénomination d'efficience de pêche globale (notée Φ_g).

Généralement, cette efficience globale se réfère à une échelle spatio-temporelle de grande amplitude ; elle correspond au choix d'une grande zone de pêche au cours d'une saison hydrologique. Dans tous les cas, elle est en relation directe avec la notion d'accessibilité. **L'efficience de pêche globale quantifie en définitive, la capacité d'un navire (ou d'un groupe de navire) à tenir compte des variations d'accessibilité du stock exploité**, en terme de choix des zones de pêche fréquentées au cours de chaque saison. C'est en quelque sorte, une capacité à trouver le poisson accessible.

Le second aspect de la puissance de pêche globale, correspond à la capacité des navires à capturer le poisson dans une zone et à un moment donné. Cette capacité est qualifiée de puissance de pêche locale (Laurec, 1977), **La puissance de pêche locale mesure en définitive, la capacité d'un navire (ou d'un groupe de navires) à capturer le poisson accessible**. Comme le souligne Laurec (1977), c'est à cette notion que se réfère la méthode de Robson (1966) communément utilisée pour l'estimation des puissances de pêche.

Au sein de chaque zone de pêche, la ressource est dans certains cas répartie de manière très hétérogène. L'exemple le plus frappant en est celui des espèces vivants en bancs. Pour l'essentiel, les variations spatio-temporelles de disponibilité au sein d'une zone sont ici liées à des variations de vulnérabilité. La puissance de pêche locale intègre alors deux notions qu'il convient de distinguer :

- **L'efficience de pêche locale** (notée Φ_l) quantifie la capacité des navires à repérer les bancs ou les zones de fortes concentrations, au sein d'une zone géographique donnée. Elle correspond généralement à la capacité à trouver le poisson vulnérable (pour une pêche à la senne, elle dépend notamment de l'aptitude des navires à minimiser les temps de recherche des bancs, à trouver de gros bancs, ...).

- **L'efficacité de pêche locale** (notée e_l) peut être définie comme une capacité à capturer le poisson vulnérable. Elle quantifie la capacité du pêcheur à utiliser ses moyens de pêche, une fois le banc ou la concentration repéré. (Dans l'exemple précédent, elle dépend notamment de la durée de l'opération de senne, de l'aptitude de l'engin et de l'équipage à cerner tout le banc,...).

La décomposition de la puissance de pêche globale en ses différentes composantes (fig.1), peut être formalisée de manière simple comme suit :

- la puissance globale est le produit d'une efficience globale et d'une puissance locale, soit : $P_g = \Phi_g \cdot P_l$

- la puissance locale est le produit d'une efficience locale et d'une efficacité locale, soit : $P_l = \Phi_l \cdot e_l$, d'où : $P_g = \Phi_g \cdot \Phi_l \cdot e_l$

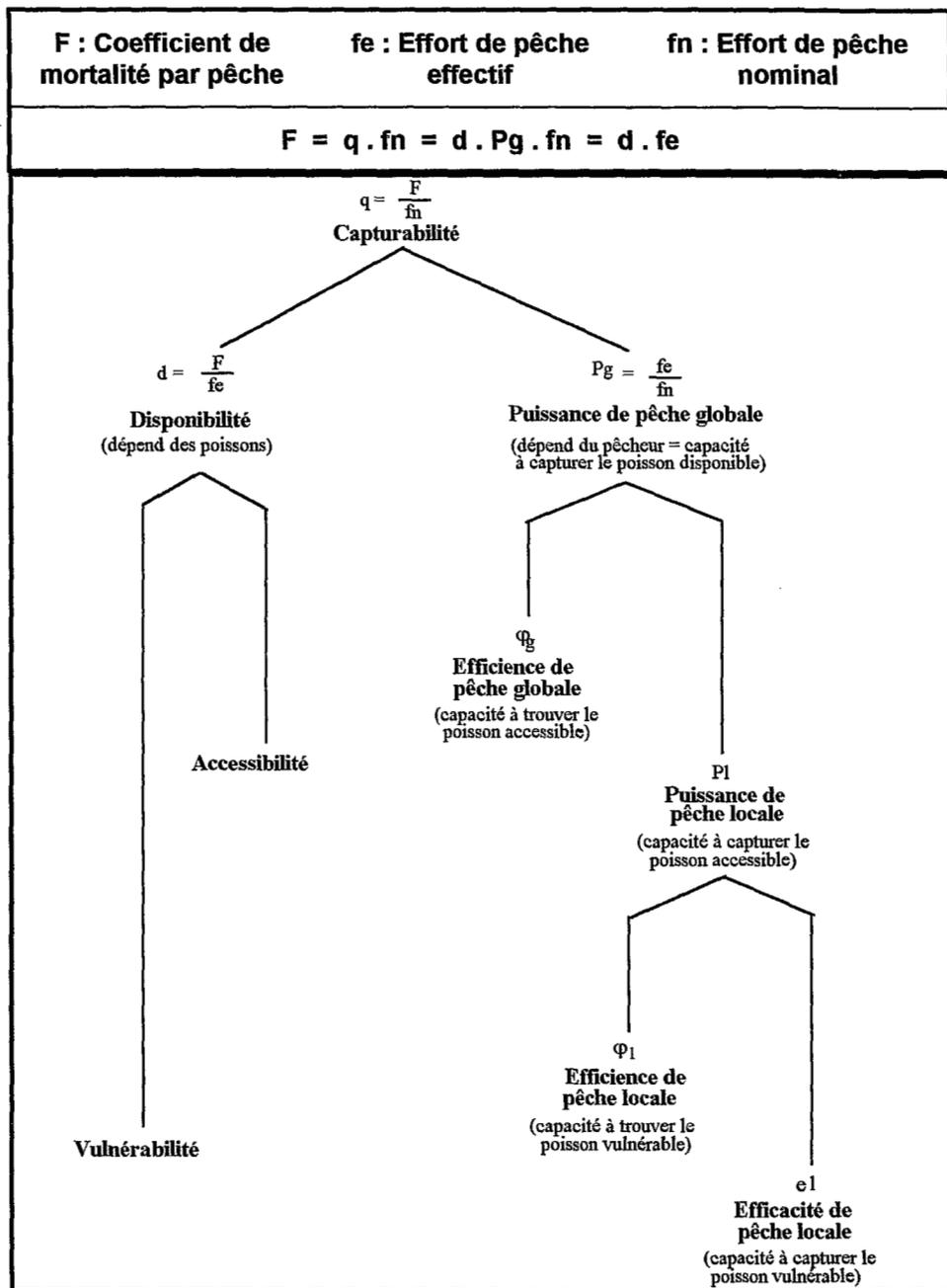


Figure 1 : Les différentes composantes de la capturabilité

Dans la pratique, distinguer les différents termes, n'est naturellement pas toujours possible, (voire même, dans certains cas, pas justifié). En particulier, lorsque l'accessibilité et la vulnérabilité sont peu discernables, ou lorsque les variations de vulnérabilité peuvent être négligées, on tend à confondre : d'une part, efficacité globale et efficacité locale ; et d'autre part, puissance locale et efficacité locale. On considère alors, les puissances globales comme le produit d'une efficacité et d'une puissance locale. Ceci revient à faire l'hypothèse, soit que la vulnérabilité est constante par zone et unité de temps (répartition spatio-temporelle homogène), soit que la manière dont le pêcheur tient compte des éventuelles variations de vulnérabilité ne dépend pas de l'intervalle de temps considéré ($\Phi = \text{cte}$). De même, assimiler puissance globale et puissance locale revient à considérer soit la répartition homogène à l'échelle du stock, soit l'efficacité de pêche constante. **Distinguer, au plan des concepts, les différentes composantes de la puissance de pêche globale, permet ainsi de préciser les hypothèses sous-jacentes de telle ou telle méthodes de quantification de l'effort effectif.**

. Facteurs technologiques et facteurs humains

Une autre manière de décomposer la puissance de pêche globale, est de considérer les différents facteurs qui contribuent à ce qu'elle soit différente d'un navire à l'autre ou d'une année à l'autre. Ces facteurs sont de deux ordres.

Les premiers peuvent être qualifiés de **facteurs technologiques**. Ils concernent :

- l'engin de pêche, plus ou moins efficace selon sa taille, son maillage, son gréement, ...
- l'embarcation dont la puissance de pêche est (parfois) relié à la taille, à la puissance motrice, aux capacités des cales, ...
- l'équipement du navire, notamment en appareil d'aide à la navigation ou d'aide au repérage du poisson.

Les second **facteurs** sont **d'ordre humain**. Ils correspondent à la capacité de l'équipage à utiliser les moyens de capture dont il dispose (engin de pêche, navire et appareillage). Cette capacité s'accroît souvent au cours du temps ; c'est la notion de courbe d'apprentissage, telle qu'elle est définie par Low (1976). Dans bien des cas cependant, l'impact respectif des facteurs technologiques et humains est difficilement discernable (l'expérience acquise dans l'interprétation d'un écho de sondeur, va par exemple de paire avec des améliorations techniques de l'appareil lui-même). Estimer la courbe d'apprentissage s'avère alors impossible.

On notera enfin que les facteurs technologiques comme les facteurs humains sont susceptibles d'influer sur chacun des trois termes : efficacité globale, efficacité locale et efficacité locale. On y reviendra dans l'exemple traité plus loin.

2.2 - Estimation des puissances de pêche

Pour estimer sur un intervalle de temps donné, les puissances de pêche de différents navires ou catégories de navires, dans un but de comparaison, les méthodes usuelles (Robson, 1966 ; Laurec, 1977 ; ...) constituent des outils appropriés sur lesquels on ne reviendra pas ici. Quelques précisions s'imposent, en revanche, en ce qui concerne l'étude de l'évolution des puissances de pêche au cours du temps. Plusieurs cas sont à distinguer.

1. Le premier est naturellement le cas simple qui ne doit pas être négligé. Dans un certain nombre de situations, et notamment en période d'installation et de développement d'une pêcherie, l'accroissement de l'effort effectif est essentiellement lié à celui de l'effort nominal. Les variations de puissance de pêche peuvent raisonnablement être négligées. Au moins dans une première approche, une mesure assez rudimentaire de l'effort nominal est alors considérée comme représentative de l'effort effectif (Il n'est pas toujours nécessaire de faire compliqué !).

Il n'y a alors pas de réelle nécessité de distinguer les deux types d'effort (nominal et effectif), et on parle d'**effort de pêche au sens large**. C'est, par exemple, à ce genre de situation simple, que s'applique sans difficultés la définition de l'effort donnée par Poinard et Le Guen (1975).

2. Bien souvent cependant, on est amené à tenir compte des facteurs technologiques susceptibles de modifier l'efficacité réelle d'une unité d'effort de pêche nominal. On a recours alors à la notion d'**effort nominal corrigé**. Selon les cas, différents facteurs peuvent être considérés pour définir l'unité d'effort correspondante (on tiendra compte par exemple, du temps de pêche effectif, de la taille ou du nombre d'engins, de l'effectif de l'équipage, du tonnage ou de la puissance motrice du navire...). Les possibilités sont ici très nombreuses et bien connues par ailleurs (cf. Gulland, 1969 ; Postel, 1973 ; Laurec et Le Guen, 1981 ; Brethes et O'Boyle, 1990 ; ...).

Trois remarques s'imposent néanmoins. Premièrement, une telle correction n'est justifiée que si une relation certaine existe entre le facteur pris en compte et la puissance de pêche globale des navires (les "mauvais exemples" sont malheureusement nombreux). Deuxièmement, cette mesure de l'effort n'enlève rien à l'intérêt de la notion d'effort nominal (Laurec et Le Guen, 1981) ; il peut en particulier être utile d'analyser les relations entre ces deux efforts (et de ré-exprimer les diagnostics en fonction de l'effort nominal). Enfin, il est souvent impossible de vérifier que l'effort nominal corrigé est une mesure de la pression réelle exercée sur le stock. **C'est donc par hypothèse (généralement invérifiable) que l'effort nominal corrigé est considéré comme une mesure de l'effort effectif.**

L'effort effectif reste une notion strictement définie (un concept "dure"). En revanche, cette notion, quantifiée par l'intermédiaire d'un effort nominal corrigé, est l'objet d'une estimation ; elle est donc sujette à une incertitude plus ou moins grande, et elle-même difficile voire impossible à quantifier (une mesure "floue"). Une démarche pragmatique s'impose alors pour juger du caractère "raisonnable" de l'hypothèse

suivante : la puissance de pêche globale (et donc chacun des termes : efficacité globale, efficacité locale, efficacité locale) d'une unité d'effort de pêche nominal corrigé est supposée constante dans le temps. Admettre cette hypothèse, conduit à valider la mesure réalisée (et réciproquement).

3. Le calcul d'un **effort de pêche standardisé** est sans doute la méthode la plus usuelle dans les groupes de travail chargés de l'évaluation des stocks. Cet effort standardisé constitue, en fait, un cas particulier d'effort nominal corrigé. Il tient généralement compte de l'hétérogénéité de la flottille considérée, et parfois de la variabilité spatio-temporelle qui affecte la disponibilité de la ressource. Comme précédemment, l'utilisation de ce type de méthode est valide sous l'hypothèse que l'unité d'effort standard (effort nominal du navire ou de la catégorie de navire pris comme standard) présente une puissance de pêche constante au cours de la période étudiée.

4. Dans un certain nombre de situations, il s'avère impossible de choisir un standard qui ne présente pas des écarts importants à cette hypothèse. C'est actuellement le cas pour de nombreuses flottilles dans lesquelles les caractéristiques des navires (tonnage, puissance motrice,...) évoluent peu, alors qu'un processus continu d'innovations technologiques (concernant l'appareillage électronique, le gréement des engins, l'équipement de pont,...) est susceptible d'entraîner de fortes hausses des puissances de pêche globales.

L'étude des seules PUE (nominales ou corrigées) s'avère ici insuffisante. Leur accroissement éventuel peut être lié à une augmentation soit de la biomasse accessible, soit des puissances de pêche, sans que l'indétermination puisse être levée. En l'absence d'évaluations directes de l'abondance du stock, **l'analyse des puissances de pêche ne peut ainsi être abordée qu'à partir d'une comparaison entre les coefficients de mortalité par pêche et les efforts de pêche nominaux** (Laurec et Le Guen, 1981). L'analyse des cohortes permet l'estimation des mortalités par pêche requises pour une telle étude.⁽¹⁾

On notera que la perspective est ici renversée. L'estimation d'un effort de pêche effectif n'est plus un préalable à la modélisation de la dynamique du stock. Cette grandeur n'est pas utilisée dans la modélisation. A l'inverse, l'analyse des cohortes fournit une estimation des coefficients F par âge et intervalle de temps. Une estimation des capturabilités peut en être déduite. Elle est utilisée pour étudier l'évolution passée des puissances de pêche globales. On cherche donc ici à s'appuyer sur la

(1) Ceci est vraie à condition que les résultats de cette analyse soient eux-mêmes indépendants des données d'effort de pêche. C'est le cas des résultats obtenus dans la "zone de convergence" de l'analyse, quelque soit la méthode d'ajustement utilisée. C'est également le cas lorsqu'on utilise des méthodes d'ajustement telles que : l'analyse non calibrée, l'analyse descendante ou l'analyse combinée (Gascuel *et al*, 1993).

connaissance des captures passée pour analyser la dynamique d'évolution de l'effort de pêche effectif, développé par les flottilles.

Une des voies d'approche possible est de modéliser l'évolution de la puissance de pêche de chaque flottille en fonction du temps. Les variations de capturabilité sont ainsi scindées en deux termes : une tendance, considérée par hypothèse comme étant représentative d'une dérive des puissances de pêche globales ; des fluctuations autour de cette tendance, liées notamment aux changements erratiques de disponibilité. Par ailleurs, le calcul de capturabilités partielles par zone et la modélisation linéaire permettent d'estimer des puissances de pêche locales. On peut ainsi décomposer les puissances globales P_g en puissances locales P_l et efficacités globales Φ_g . On en trouvera une illustration dans l'exemple qui suit.

3 - UN EXEMPLE : L'EXPLOITATION DU THON ALBACORE DANS L'ATLANTIQUE EST

En matière de quantification des puissances de pêche, l'exploitation thonière constitue en quelque sorte un cas d'école : les évolutions technologiques y ont été rapides dans ces dernières années ; la zone de pêche potentiellement très vaste et le caractère migratoire des espèces laissent supposer des variations spatiales d'accessibilité et des changements temporels de l'efficacité de pêche globale ; la répartition des animaux en bancs induit des variations de vulnérabilité et d'efficacité de pêche locale ; la présence, au sein des captures, d'espèces ou de catégories d'âge de valeurs commerciales différentes peut entraîner des changements de tactique de pêche. Il s'en suit des évolutions de puissances de pêche variables selon les espèces et les catégories d'âge.

Dans un récent travail, Gascuel *et al* (1993) analysent l'évolution des puissances de pêche de 1980 à 1990, pour les deux principales flottilles exploitant l'albacore (*Thunnus albacares*) dans l'Atlantique Est : la flottille de senneurs Franco-Ivoir-Sénégalais (dite flottille FIS) et la flottille de senneurs espagnols. Afin d'illustrer les précédentes définitions, on reprendra ici les principaux résultats de cette étude, complétés de quelques données additionnelles.

3.1 - Méthodes

Les statistiques d'effort de pêche nominal, de captures numériques ou pondérales, totales ou par classe de taille, sont disponibles pour chacune des flottilles exploitant le stock, par mois et par carré géographique de 5° de latitude et longitude de côté (sources : Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye, et International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas). Un **effort nominal global** est estimé (en équivalent jours de mer senneur). Les captures par groupe d'âge trimestriel sont estimées au moyen de clés de conversion taille/âge mensuelles, ajustées chaque année à l'abondance des cohortes (Gascuel, 1993). L'analyse des

cohortes est conduite selon une méthode qui combine, d'une part, calcul en mode inverse (ou analyse ascendante) pour les cohortes pleinement exploitées, et d'autre part, calcul en mode direct (ou analyse descendante) initialisé par un recrutement estimé, pour les cohortes les plus récentes (Gascuel *et al*, 1993). On montre en particulier que les estimations de mortalités par pêche F , ainsi obtenues, sont indépendantes des données d'effort de pêche.

Les mortalités par pêche totales sont "ventilées" *au prorata* des captures, d'une part par flottille (ensemble des senneurs, soit environ 80% des captures totales ; senneurs FIS ; senneurs espagnoles), et d'autre part, par flottille et grandes zones de pêche. On en déduit les capturabilités totales et partielles correspondantes ($q = F/fn$).

A partir des capturabilités par âge trimestriel, année et flottille, on calcule des capturabilités moyennes ($q_{a,y,h}$) par catégorie d'âge, année et flottille (respectivement a, y, h). (Il s'agit ici de moyennes pondérées par le poids des captures.) Les catégories d'âge correspondent à des groupements écologiques *a priori* susceptibles de définir les stratégies de pêche des flottilles : les juvéniles (âges trimestriels 3 à 8), les pré-adultes (9 à 16) et les adultes (17 à 24+). Sous l'hypothèse, *a priori* réaliste dans le cas présent, que la disponibilité du stock fluctue sans tendance, les variations de capturabilité observées à l'échelle de quelques années sont interprétées comme des variations de **puissance de pêche globale**. Une régression exponentielle entre capturabilité et année permet ainsi d'estimer des taux d'accroissement inter-annuels ($\alpha_{a,h}$) des puissances de pêche globales appliquées par chaque flottille à chaque catégorie d'âge. (Soit : $q_{a,y+n,h} = Pg_{a,h}(y+n) \cdot \varepsilon_{a,y+n,h} = Pg_{a,h}(y) \cdot (1 + \alpha_{a,h})^n \cdot \varepsilon_{a,y+n,h}$). Une puissance globale moyenne tous groupes d'âge confondus, ainsi que son taux d'accroissement inter-annuel, sont également estimés. On en déduit un effort effectif moyen ($f_e = f_n \cdot P_g$).

Un modèle linéaire est par ailleurs appliqué aux capturabilités partielles par groupe d'âge annuel, trimestre, année, flottille et zone de pêche (soit : $q_{a,s,y,h,z} = d_{a,s,z} \cdot Pl_{a,y,h} \cdot \varepsilon_{a,s,y,h,z}$). On en déduit deux termes : le premier, commun aux différentes années et flottilles, est interprété comme une disponibilité moyenne par groupe d'âge, trimestre et zone de pêche. Le second, est commun à l'ensemble des trimestres et zones de pêche ; son évolution tendancielle sur plusieurs années est interprétée comme une variation de **puissances de pêche locale** par groupe d'âge et flottille. Comme précédemment, on estime par régression exponentielle, un taux d'accroissement inter-annuel ($\beta_{a,h}$) des puissances locales appliquées par chaque flottille à chaque catégorie d'âge (ou en valeur moyenne des différents âges).

Enfin, les efficacités de pêche globale étant égales au rapport entre puissances globales et locales ($\Phi_g = P_g/Pl$), on déduit des différentes grandeurs précédentes des taux d'accroissement des efficacités globales.

3.2 - Résultats et interprétation

. Evolution globale de l'effort

De 1980 à 1990, les puissances de pêche globales moyennes (i.e. tous groupes d'âge confondus) de l'ensemble des senneurs s'accroissent significativement avec un taux moyen de +13% par an. Pour l'ensemble des flottilles (senneurs, canneurs et palangriers), l'accroissement moyen est d'approximativement +10% par an, soit une multiplication par un facteur 2,5 au cours de la période de 11 ans. Cette évolution moyenne cache cependant des différences entre le début de la décennie, marquée par un accroissement extrêmement rapide (+18% et +12% par an entre 1980 et 1986, respectivement pour les senneurs et pour l'ensemble de la flottille) et la fin marquée par un accroissement plus modéré (+10% et +7% par an entre 1986 et 1991).

La courbe d'évolution de l'effort nominal appliqué sur le stock (fig. 2) accuse en 1984, une chute d'un facteur 2, liée au départ d'une partie de la flottille vers l'océan Indien. Cet effort nominal reste ensuite sensiblement constant. **L'estimation des puissances de pêche permet cependant de montrer que l'effort effectif, et donc, la pression réelle exercée sur le stock, retrouve dès 1988, le niveau de l'année 1983.**

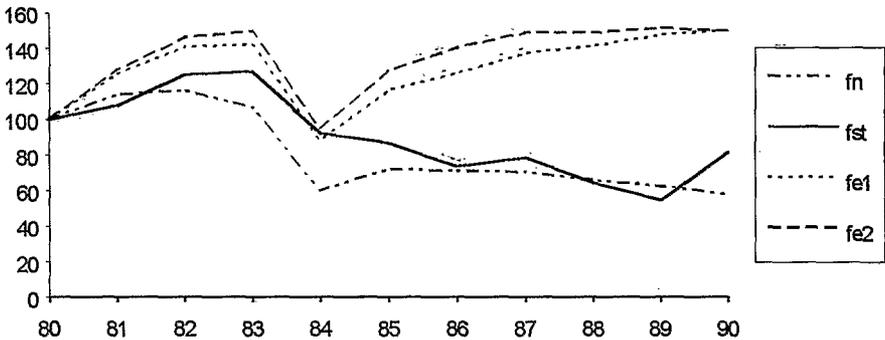


Figure 2 - Evolution relative (unités arbitraires base 100 en 1980) des différentes séries d'efforts de pêche développés par l'ensemble des flottilles exploitant l'albacore dans l'Atlantique Est.

- *fn* : effort nominal global (en équivalent temps de mer des senneurs) ;
- *fst* : effort standardisé (en équivalent temps de recherche des senneurs FIS de catégorie de tonnage classe 5) ;
- *fe1* : effort effectif estimé sous l'hypothèse d'un taux d'accroissement des puissances de pêche globales de 10% par an de 1980 à 1991 ;
- *fe2* : effort effectif estimé sous l'hypothèse d'un taux d'accroissement des puissances de pêche globales de 12% par an de 1980 à 1986 et de 7% par an de 1986 à 1991 (voir texte).

Ces résultats peuvent être comparés avec ceux obtenus par les méthodes usuelles de standardisation de l'effort de pêche (in Fonteneau et Diouf, 1992). Au cours de la décennie 70 et jusqu'en 1984, le *ratio* effort standardisé sur effort nominal, s'accroît régulièrement à un taux moyen de +7% par an (fig. 3). Les procédures de standardisation permettent donc d'estimer, ici, un taux théorique d'accroissement de la puissance globale. Le taux d'accroissement obtenu (+7% par an) est cependant sous-estimé si on le compare, entre 1980 et 1984, à celui issu de l'analyse des cohortes (+10% ou 12% selon les hypothèses). Autrement dit, jusqu'en 1984, la standardisation de l'effort permet de rendre compte, mais de manière imparfaite, de l'accroissement des puissances de pêche.

Au delà de 1984, la modification de la structure même de la flottille a pour conséquence que l'effort standardisé apparaît cette fois totalement inadapté comme mesure de l'effort effectif. Ainsi, le rapport *fst/fn* diminue, alors que la flottille connaît de nombreuses innovations technologiques (Fonteneau et Pallares, 1991 ; Ariez *et al*, 1991 ; Hervé *et al*, 1991) et que les résultats précédemment présentés montrent une poursuite de l'accroissement des puissances de pêche à un rythme soutenu.

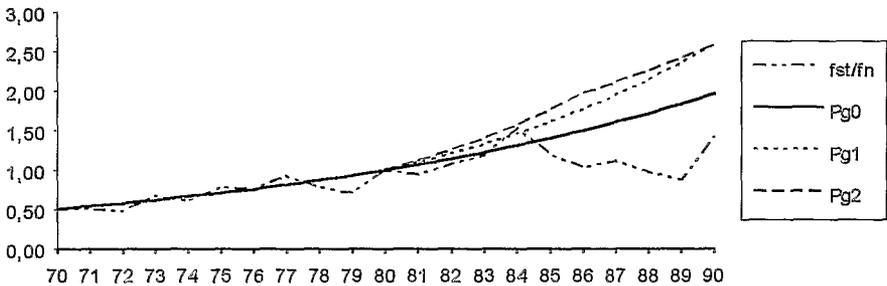


Figure 3 - Evolution comparée du ratio effort standardisé/effort nominal (*fst/fn* : valeurs observées - *Pg0* : modèle exponentiel ajusté sur la période 1970-1984) et de la puissance de pêche globale estimée (*Pg1* et *Pg2* se rapportent aux hypothèses *fe1* et *fe2* de la figure 2)

. Schémas d'évolution par catégorie d'âge et par flottille

Les résultats obtenus par catégorie d'âge et flottille, pour différents intervalles d'années, peuvent être présentés de manière synthétique en distinguant trois schémas types d'évolution (Tab. 1)

- Le premier schéma correspond à l'évolution de la flottille FIS durant la période 1980 à 1988 ; il traduit une stratégie de recherche toujours plus performante des zones riches en gros albacores ; l'efficacité de pêche globale appliquée aux adultes s'accroît ainsi significativement (+9% par an). Dans le même temps, cette recherche

s'effectue au détriment des petits et moyens albacores, aboutissant à une stagnation de l'efficience globale moyenne. Elle n'exclut naturellement pas un accroissement de la puissance locale, variable selon les catégories d'âge. Au total, l'accroissement de la puissance globale moyenne (+10%) reste cependant essentiellement lié à celui de la puissance globale appliquée aux adultes.

Un tel schéma paraît relativement logique quand on sait que les équipages de la flottille FIS sont incités à capturer les gros albacores, par l'intermédiaire d'un système de rémunérations proportionnelles à la production en valeur. Il peut, par ailleurs, être mis en parallèle avec l'une des innovations spécifiques à cette flottille : la diffusion de cartes satellitaires de la température de surface. Ces cartes constituent *a priori* un facteur d'accroissement de l'efficience globale (Tab. 2).

Tableau 1 : Schémas d'évolution des puissances de pêche des flottilles de senneurs franco-ivoiro-sénégalais (FIS) et espagnols, au cours de la période 1980-1990 : taux d'accroissement inter-annuels (en %) des puissances de pêche globales (Pg), des puissances de pêche locales (Pl) et des efficacités de pêche globales (ϕg). Les évolutions significatives à plus de 90 % de certitude sont en gras ; celles significatives entre 80 et 90 % de certitude en italiques ; seule la tendance est indiquée, pour celles significatives à moins de 80 % de certitude.

	Pg	Pl	ϕg
Schéma 1 (senneurs FIS (1980-1988))			
Moyenne	+10	+ 10	0
Adultes	+16	+ 6	+9
Pré-adultes	+ 8	+ 12	- 3
Juveniles	-	+	-
Schéma 2 (senneurs espagnols 1980-1986)			
Moyenne	+ 16	+ 15	+ 1
Adultes	+ 22	+ 28	- 5
Pré-adultes	+ 11	+ 9	+ 2
Juveniles	- 9	-	-
Schéma 3 (senneurs espagnols 1985-1990)			
Moyenne	-	- 4	-
Adultes	-	-	-
Pré-adultes	- 11	- 12	+1
Juveniles	+ 8	+ 13	- 4

Tableau 2 : Quelques exemples de facteurs technologiques et humains susceptibles d'expliquer l'accroissement des différentes composantes de la puissance de pêche globale des flottilles de senneurs exploitant l'albacore dans l'Atlantique Est.

		Facteurs technologiques	Facteurs humains
Pg	φg	- diffusion des cartes satellitaires de la température de surface (flottille FIS) - augmentation de l'autonomie des navires (puissances motrices, capacités en cale, ...)	- accumulation de l'expérience concernant les zones et périodes favorables - prise en compte des avis satellitaires
	φl	- introduction et développement des radars à oiseaux - utilisation d'engins flottants artificiels (flottille espagnole) - amélioration des sonars	- coopération dans la recherche des bancs, entre navires d'une même flottille - expérience en matière d'utilisation des radars, sonars,...
	el	- accroissement de la puissance des power-blocks et de la taille des sennes - introduction des sennes avec anneaux ouvrants - augmentation du lest des sennes	- diminution de la compétition entre navires, pour l'exploitation d'une concentration (diminution du nombre de bateaux depuis 1984)

Pg : puissance de pêche globale ; Pl : puissance de pêche locale ; el : efficacité de pêche locale
φg : efficacité de pêche globale ; φl : efficacité de pêche locale

- Le second schéma d'évolution concerne la flottille espagnole en début de décennie ; il traduit une **stratégie de concentration de l'effort effectif sur les gros albacores, dans les zones de pêche traditionnelles**. Ainsi, concernant les adultes, c'est cette fois la puissance locale qui augmente (+28% !), tandis que l'efficacité de pêche régresse ; la puissance globale résultante s'accroît pour cette catégorie d'âge (+22%), entraînant une augmentation de la puissance globale moyenne (+16%) plus forte que dans le schéma précédent. On note qu'une telle stratégie s'effectue au dépend de la prospection de zones nouvelles et de la puissance de pêche appliquée localement aux juvéniles (les deux effets se cumulent d'ailleurs pour cette catégorie d'âge, entraînant une diminution sensible de Pg).

- Le troisième schéma d'évolution concerne la flottille espagnole en fin de décennie ; il traduit une **concentration de l'effort effectif sur les juvéniles, dans les zones de pêche traditionnelles** (augmentation de la Puissance locale correspondante). Cette évolution s'effectue au détriment, d'une part, de la prospection de zones nouvelles, et d'autre part, de la puissance de pêche appliquée localement aux autres catégories d'âge. Contrairement aux précédentes, une telle stratégie est caractérisée par des puissances de pêche moyennes qui semblent orientées à la baisse.

Cette évolution, apparemment paradoxale, correspond à la recherche des concentrations pluri-spécifiques de listao et petits albacores. Elle apparaît en réalité logique, lorsqu'on sait que les équipages sont ici rémunérés proportionnellement à leur production en tonnage. Elle peut enfin être mise en parallèle avec le développement récent d'une pêche sur engins flottants artificiels. Cette technique, relativement spécifique à la flottille espagnole, constitue, en effet, *a priori* un facteur d'accroissement des puissances de pêche locales (Tab. 2).

En définitive, les facteurs d'évolution des puissances de pêche diffèrent ainsi pour les deux flottilles. Dans le cas de la flottille FIS, les variations d'efficacité globale jouent un rôle majeur. Dans le cas de la flottille espagnole, les variations de puissance globale sont presque exclusivement liées à des variations de puissances locales.

CONCLUSION

Les flottilles prises ici à titre d'exemple ont connu, au cours de la dernière période, des évolutions importantes, tant en ce qui concerne les aspects technologiques que les aspects humains (Tab. 2). Ces évolutions sont de nature à expliquer les fortes variations de puissance de pêche observées (Gascuel *et al*, 1993). Compte tenu de leur caractère progressif, et de l'imbrication entre effets liés à des causes diverses, l'impact respectif de chaque innovation technologique reste très difficile à estimer.

Une telle évolution a pour conséquence que les procédures de standardisation de l'effort de pêche apparaissent insuffisantes pour estimer un effort de pêche effectif. Les méthodes d'évaluation de l'état du stock, qui requièrent une mesure de l'effort effectif (modèle global ou calibration de la VPA sur des données d'effort ou de PUE ⁽¹⁾), risquent alors de conduire à des diagnostics biaisés.

A l'inverse, certaines procédures d'ajustement de l'analyse des cohortes (cf. note infra paginale p.172) conduisent à des diagnostics indépendants de la mesure de l'effort de pêche. Elles permettent d'analyser rétrospectivement les évolutions de l'effort de pêche effectif et des puissances de pêche.

Dans le cas présenté, on montre, par exemple, que l'accroissement des puissances de pêche des deux flottilles, intervenu au cours de la dernière décennie, se traduit, à effort nominal constant, par un doublement de l'effort effectif tous les 5 à 8 ans. L'analyse par catégorie d'âge met également en évidence des stratégies d'évolution des puissances de pêche, différentes entre flottilles et entre périodes de temps.

(1) La méthode de Pope et Shepherd (1985) permet de calibrer la VPA sous l'hypothèse d'une dérive linéaire ou exponentielle des puissances de pêche. En revanche, elle semble inadaptée à des situations marquées par des inversions de tendance sur de courtes périodes, comme c'est le cas pour la flottille espagnole dans l'exemple présenté.

Les méthodes de modélisation de la dynamique des stocks sont ainsi utilisées, non pas directement pour établir des diagnostics, mais plutôt comme outils d'analyse de la dynamique de l'effort de pêche. Elles contribuent ainsi à l'étude de la dynamique d'un système de nature complexe : le système pêche. Réciproquement, une telle étude qui se rapporte à la situation passée est précieuse, lorsqu'on cherche à aller au delà du diagnostic concernant la situation présente, et à formuler des pronostics ou des recommandations de gestion, concernant l'évolution future.

Naturellement, l'extrapolation dans l'avenir des tendances observées dans le passé reste hasardeuse. De même, elle n'est pas à elle seule suffisante pour définir des modes de régulations pertinents du système pêche. (D'autres approches disciplinaires sont ici nécessaires).

Il reste néanmoins vraie, que la situation actuelle de nombreuses pêcheries rend nécessaire une distinction claire entre les deux notions d'effort de pêche, effectif et nominal. On doit ainsi chercher à traduire en "diagnostics de gestion" (i.e. exprimés en fonction de l'effort nominal) les "diagnostics d'évaluation" (i.e. estimés à partir d'un effort effectif). De ce point de vue, on insistera pour conclure sur l'intérêt de la quantification de ces deux notions d'effort, et sur celui de l'analyse de l'évolution des puissances de pêche des flottilles.

REFERENCES

- Anonyme, 1979. Monitoring of fish stock abundance : the use of catch and effort data. *FAO Fish. Tech. Paper*, **155** : 101 p.
- Ariz J., P. Pallarés, A. Delgado de Molina, J.C. Santana, 1991. Analisis de los datos obtenidos en campanas de observadores en el Atlantico intertropical durante el Programa Ano del Rabil. *Rec. Doc. Sci. ICCAT*, **36**, 109-157.
- Beverton R.J.H., S.J. Holt, 1957. On the dynamics of exploited fish population. *U.K.Min. Agric. Fish. Food, Fishery Investigations (Ser. 2)*, **19**, 533 p.
- Biseau A., 1991a. Use of fishing powers to estimate strategic choices of the Celtic Sea French fleets. *ICES C.M.1991 / B* :25, 20 p.
- Biseau A., 1991b. Relationships between fishing powers and some vessels characteristics commonly used to estimate "fishing capacity". Example of the Celtic Sea French fleets. *ICES C.M.1991 / B* : 24, 18 p.
- Brêthes J.C., R.N. O'Boyle (éd.), 1990. Méthodes d'évaluation des stocks halieutiques, Univ. Québec à Rimouski, Vol. I et II, 931 p.

- Chadwick M., R.N. O'Boyle, 1990. L'analyse des données de captures et d'effort. In: *Méthodes d'évaluation des stocks halieutiques*, Brêthes J.C., R.N. O'Boyle éd., Univ. Québec à Rimouski, Vol. I et II, 77-101.
- Fonteneau A., T. Diouf, 1992. Analyse de l'état du stock d'albacore de l'Atlantique Est (*Thunnus Albacares*) fin 1991. *Com. ICCAT SCRS/92/157*, 22 p.
- Fonteneau A., P. Pallarés, 1991. Evolution récente des pêcheries thonières à la senne dans le Golfe de Guinée. *Rec. Doc. Sci. ICCAT*, **36**, 427-478.
- Gascuel D., 1994. Une méthode simple d'ajustement des clés taille/âge : application aux captures d'albacores (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique Est. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **51**, 723-733.
- Gascuel D., A. Fonteneau, E. Foucher, 1993. Analyse de l'évolution des puissances de pêche par l'analyse des cohortes : application aux senneurs exploitant l'albacore (*Thunnus albacares*) dans l'Atlantique Est. *Aquat. Living Resour.*, **6**, 15-30.
- Gulland J., 1956. On the fishing effort in the English demersal fisheries. *Fish. Invest. London*, Ser. 2, **20**(5), 41 p.
- Gulland J., 1969. Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie : analyse des populations. *Man. FAO Sci. Halieut.*, **4**, 160 p.
- Hervé A., F. X. Bard, F. Gonzales Costas, 1990. Facteurs d'accroissement potentiels de la puissance de pêche des senneurs tropicaux français et espagnols entre 1985 et 1989. *Rec. Doc. Sci. ICCAT*, **35**, 8-13.
- Laurec A., 1977. Analyse et estimation des puissances de pêche. *J. Cons. int. Explor. Mer*, **37**, 173-185.
- Laurec A., J. C. Le Guen, 1981. Dynamique des populations marines exploitées. Tome I : concepts et modèles. *Rapp. Sci. et Tech. CNEXO*, **45**, 117 p.
- Low L.L., 1976. Derivation of catch per unit of effort from commercial fishing statistics for the Bering Sea, 1964-73. In: *Monitoring of fish stock abundance : the use of catch and effort data. FAO Fish. Tech. Pap.* 155 : 69-84.
- Poinsard F., J.C. Le Guen, 1975. Observation sur la définition d'une unité d'effort de pêche applicable à la pêcherie de thon de l'Atlantique tropical africain. *Rapp. P V réunion Cons. int. Explor. Mer*, **168**, 39-43.
- Pope J.G., J.G. Shepherd, 1985. A comparison of the performance of various methods for tuning VPAs using effort data. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, **42**, 129-151.
- Postel E., 1973. La théorie des pêches (dynamique des populations exploitées). *Univ. de Rennes*. 116 p. (miméo).
- Robson D. S., 1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. *ICNAF Res. Bull.*, **3**, 5-15.