

L'ESTIMATION DES PUISSANCES DE PECHE PAR MODELISATION LINEAIRE DES CAPTURABILITES.

Laurent MILLISCHER, Olivier MAURY, Didier GASCUEL .

ENSAR Halieutique
65, rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex
tel : 02-99-28-75-32 / fax : 02-99-28-75-35 / email : millisch@roazhon.inra.fr

Abstract :

We suggest a statistical method to estimate the fishing power of vessels (i.e. their fishing efficiency), based on linear modeling of catchabilities using the SAS-GLM procedure. This method, applied to the industrial fleet of Lorient, permits an identification of strategic choices of fleets and an analysis of their evolution.

Résumé :

On propose une méthode d'estimation des puissances de pêche des navires (c'est à dire de leur efficacité de pêche), reposant sur une modélisation linéaire des capturabilités, à l'aide de la procédure SAS-GLM. Cette méthode, appliquée ici à la flottille industrielle de Lorient, permet d'identifier les choix stratégiques des flottilles et d'analyser leur évolution.

INTRODUCTION : QUELQUES POINTS DE DEFINITION.

Pour l'essentiel, l'évaluation des stocks halieutiques, et la gestion des pêcheries, reposent sur les données de captures et d'effort de pêche, établies à partir d'un suivi statistique des exploitations commerciales. Les observations directes, établies par les navires océanographiques restent en effet rares, souvent partielles, et toujours coûteuses. Ainsi, la relation liant les captures commerciales, l'effort de pêche et l'abondance des stocks exploités constitue l'une des questions centrales de la recherche en dynamique des populations halieutiques. Le pivot théorique de cette relation est le facteur de capturabilité, selon les formulations usuelles suivantes : $U = q \cdot B$; $F = q \cdot f_n$ (avec U , la prise par unité d'effort ; B , la biomasse totale ; F , le coefficient de mortalité par pêche ; f_n , l'effort total, dit aussi effort nominal ; et q , la capturabilité). De façon synthétique, le facteur q fait le lien entre le développement d'une activité (quantité d'effort nominal de pêche, comptabilisé par exemple en heures de pêche) et son impact sur la ressource (mortalité par pêche F). Ainsi définie, la capturabilité peut être considérée comme le produit de deux termes : le premier, fondamentalement dépendant de l'activité du pêcheur, est la puissance de pêche P_g développée sur le stock ; le second, dépendant fondamentalement de la ressource, est la disponibilité d du stock (Gascuel, 1993) :

$$q = \frac{F}{f_n} = \frac{d \cdot f_e}{f_n} = d \cdot P_g \quad (1)$$

La puissance de pêche fait donc le lien entre le développement d'une activité de pêche (quantité d'effort nominal f_n) et la pression réelle exercée sur le stock par cette activité (effort effectif f_e). En un mot, elle correspond à l'efficacité de l'activité de pêche, pour une disponibilité de la ressource donnée. Son estimation s'avère souvent délicate. Dans la plupart des cas, elle s'appuie sur l'étude des prises par unité d'effort U , en s'appuyant sur la relation $U = q.B$ (Robson, 1966 ; Laurec, 1977 ; Laurec et Le Guen, 1981). Mais il est alors souvent difficile de discerner, au sein des variations de prise par unité d'effort, ce qui relève de changements de puissance de pêche, et donc de capturabilité, et ce qui relève de variations d'abondance.

On propose ici une méthode d'estimation des puissances de pêche des navires s'appuyant sur une modélisation G.L.M. (General Linear Model) des capturabilités, quantifiées à partir des coefficients de mortalité par pêche F issues de l'analyse des cohortes (généralement notée V.P.A., d'après la dénomination anglo-saxonne "Virtual Population Analysis"). A titre d'illustration, la méthode est appliquée au cas de la flottille industrielle de Lorient.

METHODE DE QUANTIFICATION DES PUISSANCES DE PECHE.

Rappel : G.L.M. et Halieutique

L'utilisation en halieutique des méthodes de modélisation de type G.L.M. ne constitue pas une nouveauté. Notamment, l'estimation d'indices d'abondance annuelle des ressources halieutiques, ou encore l'estimation des puissances de pêche, à partir des données de Prises par Unité d'Effort (P.U.E.) fait couramment appel à ce type de méthode (Beverton et Holt, 1957 ; Robson, 1966 ; Kimura, 1981 ; Lo et al., 1992).

Cet intérêt tient à deux grands points. Tout d'abord, la grande difficulté à mesurer et à suivre directement l'abondance des ressources halieutiques conduit à chercher et à séparer au sein des indicateurs disponibles, en l'occurrence les P.U.E., des tendances reflétant l'effet des facteurs pris en compte dans ces indicateurs. Cette recherche et cette séparation de tendances trouvent un appui assez naturel dans les modèles d'analyse de variance. D'autre part, la plupart des données fiables servant d'indicateurs proviennent de l'activité de pêche elle-même, et rarement de campagnes océanographiques. De ce fait, ces données ne correspondent pratiquement jamais à un plan d'échantillonnage équilibré. Au regard de ces deux points, le G.L.M. s'avère être un outil précieux d'analyse des données halieutiques.

Ainsi, partant de l'hypothèse classique de proportionnalité entre les P.U.E. et l'abondance, à un facteur de capturabilité près, la modélisation par modèle linéaire de ces P.U.E. permet de calculer des indices d'abondance. Les modèles les plus courants, à deux ou trois facteurs¹, font intervenir un effet A_n , interprété comme un indice annuel de l'abondance sous l'hypothèse que les puissances de pêche des navires considérées ont varié sans tendance inter-annuelle, sur l'ensemble de la période d'étude (Gascuel et Thiam, 1994). Cette hypothèse, bien qu'acceptable dans de nombreux cas, constitue une forte restriction à la validité de ces modèles.

La méthode proposée ici permet précisément de quantifier ces puissances de pêche, et de suivre ainsi leur évolution. Elle se base sur le même principe d'utilisation du modèle linéaire, appliqué cette fois directement sur des estimations de capturabilité, et non plus sur des P.U.E.. Ainsi, posant la relation théorique (1) : $q = d.Pg$, l'hypothèse qui soutient l'interprétation de l'effet des facteurs impliqués dans les modèles porte ici sur le facteur de disponibilité d , dont on suppose la fluctuation sans tendance.

¹ Robson (1966) propose un modèle à trois facteurs, qui s'exprime comme suit :

$U_{an, saison, zone, navire} = IA_{an} * q_{saison, zone} * Pg_{navire}$. Laurec (1977) montre l'intérêt d'un modèle à deux facteurs :

$U_{an, saison, zone, navire} = IA_{an} * Pg_{navire}$.

Application à l'estimation des puissances de pêche

Les mortalités par pêche F sont estimées en routine chaque année, pour les principaux stocks exploités, par les groupes scientifiques internationaux chargés d'établir des recommandations de gestion de la pêche². De ces mortalités globales sont déduites des mortalités par navire, calculées au prorata des captures de chaque navire ; celles-ci sont alors divisées par les efforts de pêche annuels individuels. Les capturabilités de chaque stock exploité sont ainsi estimées pour chaque navire, appartenant à l'une des flottilles considérées. Elles peuvent s'interpréter comme la probabilité (pour une année et un stock donnés) qu'un poisson d'être capturé par une unité d'effort du bateau considéré, sachant que ce bateau se trouve sur l'aire de répartition du stock.

Un modèle linéaire des capturabilités est ensuite ajusté à l'aide de la procédure G.L.M. (General Linear Model) du logiciel SAS (SAS Institute Inc., 1987). A une capturabilité correspond un stock, un navire, une flottille (celle à laquelle appartient le navire), et une année de pêche (sur laquelle est calculée la capturabilité). A partir de ces différents facteurs explicatifs, deux types de modèles sont ajustés. D'une part, les capturabilités sont regroupées dans différents fichiers classés par stock ; pour chaque stock, les effets statistiques An, Flottille, et l'effet d'interaction An*Flottille sont testés. D'autre part, les capturabilités sont regroupées par flottille, et sont alors testés pour chaque flottille, les effets An, Stock, et l'interaction An*Stock. La part de chaque effet dans la variabilité totale et sa significativité sont quantifiées par analyse de variance. Les différentes moyennes utilisées par l'analyse de variance, moyennes cellulaires et marginales, sont estimées par la fonction "LsMeans" du logiciel, suivant le critère des moindres carrés non pondérés (Searle et al, 1980 ; Littell et al, 1987). Enfin, la nature multiplicative des processus en cause et la distribution asymétrique des variables étudiées conduisent à travailler sur le logarithme des capturabilités.

Les différents modèles linéaires appliqués peuvent être formalisés de la manière suivante. Soit : $Y_{i,j,k} = \text{Ln}(q_{i,j,k} \cdot 10^7 + 1)$, avec $q_{i,j,k}$ la capturabilité d'un stock i , l'année j , relative à la flottille k . Le multiplicateur 10^7 est utilisé pour minimiser l'influence de l'unité ajoutée, les valeurs de capturabilité étant toujours très proches de zéro, de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-8} .

Le modèle par stock s'écrit, pour un stock i donné³:

$$E(Y_{j,k,n}) = \mu_{j,k} = \mu + \alpha_j + \beta_k + \gamma_{j,k} \quad (2)$$

- avec :
- $Y_{j,k,n}$, la $n^{\text{ième}}$ observation de Y (pour le $n^{\text{ième}}$ navire) correspondant à la combinaison (j, k) ;
 - μ le terme moyen ;
 - α_j et β_k les effets simples dues respectivement, à l'année j et la flottille k ;
 - $\gamma_{j,k}$ le terme d'interaction.

De la même façon, le modèle par flottille s'écrit, pour une flottille k donnée⁴ :

$$E(Y_{i,j,n}) = \mu_{i,j} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{i,j} \quad (3)$$

- avec :
- $Y_{i,j,n}$, la $n^{\text{ième}}$ observation de Y correspondant (pour le $n^{\text{ième}}$ navire) à la combinaison (i, j) ;
 - μ le terme moyen ;

² Plus précisément, les groupes scientifiques estiment des mortalités pour chaque groupe d'âge et en déduisent une mortalité moyenne, calculée pour les principaux groupes d'âge exploités.

³ Ce modèle par stock correspond à un modèle d'analyse de variance de type : $Y_{j,k} = E_j + E_k + E_{j,k}$, avec E_j , E_k , $E_{j,k}$ les effets statistiques correspondant respectivement aux facteurs An, Flottille, et à l'interaction An*Flottille.

⁴ Ce modèle par flottille correspond à un modèle d'analyse de variance de type : $Y_{i,j} = E_i + E_j + E_{i,j}$, avec E_i , E_j , $E_{i,j}$ les effets statistiques correspondant respectivement aux facteurs Stock, An, et à l'interaction Stock*An.

- α_i et β_j les effets simples dues respectivement, au stock i et à l'année j ;
- $\gamma_{i,j}$ le terme d'interaction.

Interprétation des effets

Trois analyses sont conduites successivement.

La première découle de la modélisation par stocks et permet d'étudier l'évolution de l'efficacité de l'heure de pêche appliquée à chacun des stocks pris en compte. On mesure ainsi l'évolution tendancielle des capturabilités annuelles moyennes, toutes flottilles confondues (effet statistique An). Théoriquement, cette évolution peut être le fait de variations de la puissance de pêche des navires, de la disponibilité des stocks, ou bien sûr, des deux à la fois. Néanmoins, sous l'hypothèse d'une évolution sans tendance de la disponibilité, l'évolution inter-annuelle des capturabilités est interprétée comme une dérive des puissances de pêche. Pour chaque stock étudié, l'effet statistique An permet ainsi d'analyser l'évolution tendancielle de la puissance de pêche globale, c'est à dire de l'efficacité réelle de l'heure de pêche d'un navire, toutes flottilles confondues.

La seconde analyse est commune aux deux types de modèles, par stock et par flottille. Elle conduit à calculer les "moyennes cellulaires" des modèles, c'est à dire les capturabilités moyennes par stock, par flottille et par an. Sous l'hypothèse ici aussi d'une fluctuation sans tendance de la disponibilité des différentes espèces, l'évolution de ces capturabilités rend compte des changements de puissance de pêche spécifique. On analyse ainsi comment chaque flottille est devenue plus ou moins efficace vis-à-vis de chacune des espèces étudiées.

Enfin, la troisième analyse découle des modèles par flottilles. Elle conduit à étudier cette évolution en termes d'allocations spécifiques des puissances de pêches, au travers de l'effet d'interaction An*Stock. Pour chaque flottille considérée, l'évolution globale de l'efficacité de pêche, toutes espèces confondues, est prise en compte dans l'effet statistique An. L'effet Stock est interprété comme un indice de disponibilité, constant sur la période. L'effet An*Stock, quant à lui, permet de mesurer les différences d'évolution de la capturabilité d'un stock à l'autre. On calcule ainsi un indice d'allocation de la puissance de pêche, noté APg, à partir des estimateurs de moyennes marginales, correspondant aux effets simples, et de moyennes cellulaires, correspondant à l'effet croisé. Ces estimateurs (notés LSM, pour "LsMeans") sont calculés de la manière suivante (Searle et al., 1980).

A partir du modèle (3), $E(Y_{i,j,n}) = \mu_{i,j} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{i,j}$:

$$\begin{aligned}
 LSM(\alpha_i) &= \sum_{j=1}^J \frac{\hat{\mu}_{i,j}}{J} = \sum_{j=1}^J \frac{\bar{Y}_{i,j}}{J} \\
 LSM(\beta_j) &= \sum_{i=1}^I \frac{\hat{\mu}_{i,j}}{I} = \sum_{i=1}^I \frac{\bar{Y}_{i,j}}{I} \\
 LSM(\gamma_{i,j}) &= \hat{\mu}_{i,j} = \bar{Y}_{i,j}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Un facteur correctif (Laurent, 1963) est appliqué lors de la transformation inverse, effectuée pour le retour aux valeurs brutes. L'indice APg, correspondant à l'effet d'interaction seul, s'exprime alors comme suit :

$$APg_{i,j \text{ estimée}} = \frac{[\exp(LSM(\gamma_{i,j}) + \frac{\sigma_{i,j}^2}{2}) - 1]}{[\exp(LSM(\alpha_i) + \frac{\sigma_i^2}{2}) - 1] \cdot [\exp(LSM(\beta_j) + \frac{\sigma_j^2}{2}) - 1]} \quad (5)$$

avec :

- LSM(α_i), LSM(β_j), LSM($\gamma_{i,j}$), les estimateurs de moyennes marginales, relatifs respectivement aux effets Stock, An et Stock*An ;
- σ_i , σ_j , $\sigma_{i,j}$, les erreurs standards d'estimation associées ;

L'effet d'interaction An*Stock est ainsi interprété comme une mesure de la répartition de la puissance de pêche des navires, entre les différents stocks considérés. Autrement dit, pour chaque flottille, caractérisée par une efficacité globale donnée, on analyse la manière dont l'heure de pêche est plus ou moins efficace, vis-à-vis de chacun des différents stocks exploités. Cette analyse permet d'identifier des stratégies de pêche par flottille, ciblées sur telle ou telle espèce parmi celles prises en compte, et d'étudier l'évolution de ces stratégies d'année en année.

Le modèle de capturabilité sur lequel repose cette dernière analyse peut donc être formalisé de la manière suivante :

$$q_{i,j,k} = ID_{i,k} \cdot IE_{j,k} \cdot APg_{i,j,k} \quad (6)$$

- avec :
- $q_{i,j,k}$: la capturabilité moyenne par stock i , année j , et relative à la flottille k ;
 - $ID_{i,k}$: l'indice de disponibilité du stock i , supposé constant sur la période relativement à la flottille k ⁵ ;
 - $IE_{j,k}$: l'indice d'efficacité globale de la flottille k , pour l'année j ;
 - $APg_{i,j,k}$: l'indice d'allocation spécifique de la puissance de pêche de la flottille k , sur le stock i , par année j .

Ceci revient à considérer un modèle de puissance globale de pêche Pg à deux facteurs :

$$Pg_{i,j,k} = IE_{j,k} \cdot APg_{i,j,k} \quad (7)$$

Cette représentation de l'efficacité de pêche individuelle consiste donc finalement à scinder en deux les causes de ses variations : entre, d'une part, l'appartenance à telle ou telle flottille, plus ou moins efficace de façon globale par rapport aux autres flottilles, et d'autre part, l'identité du stock auquel se rapporte cette puissance de pêche, au sein d'une même flottille.

⁵ Soit : $ID_{i,k} = \exp[LSM(\alpha_i) + \frac{\sigma_i^2}{2}] - 1$

⁶ Soit : $IE_{j,k} = \exp[LSM(\beta_j) + \frac{\sigma_j^2}{2}] - 1$

UN EXEMPLE D'APPLICATION : LA FLOTTILLE INDUSTRIELLE DE LORIENT.

La méthode présentée a été utilisée sur les données des flottilles industrielles de Bretagne Sud (Millischer et al., 1999 ; Millischer, 1996). Nous ne présentons ici que les résultats concernant la flottille industrielle de Lorient, sur la période 1983-1994. Les stocks considérés sont la Morue, le Merlan, l'Eglefin et le Lieu Noir, capturés à l'ouest de l'Ecosse.

Les paramètres d'ajustement des différents modèles sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Ceux-ci sont globalement très significatifs, à 99.99% de certitude. Les modèles par stock permettent d'expliquer entre 49 et 70% de la variabilité totale de l'échantillon des capturabilités, selon le stock considéré. Le modèle par flottille, appliqué à la flottille de Lorient, permet d'expliquer quant à lui, 91% de la variabilité totale.

| Stocks | Effets testés | ddl | % d'inertie | P.level |
|---------------------------------|-----------------|-----|-------------|---------|
| Morue zone VI n = 706 | Modèle | 35 | 48.7 | 0.0001 |
| | Effet Flottille | 2 | 43.1 | 0.0001 |
| | Effet An | 11 | 42.9 | 0.0001 |
| | Effet croisé | 22 | 14.0 | 0.0001 |
| Merlan zone VI n = 706 | Modèle | 35 | 59.9 | 0.0001 |
| | Effet Flottille | 2 | 2.7 | 0.0001 |
| | Effet An | 11 | 87.4 | 0.0001 |
| | Effet croisé | 22 | 9.9 | 0.0001 |
| Eglefin zone VI n = 706 | Modèle | 35 | 63.1 | 0.0001 |
| | Effet Flottille | 2 | 21.7 | 0.0001 |
| | Effet An | 11 | 73.2 | 0.0001 |
| | Effet croisé | 22 | 5.1 | 0.0001 |
| Lieu Noir zone VI n = 778 | Modèle | 47 | 68.7 | 0.0001 |
| | Effet Flottille | 3 | 80.6 | 0.0001 |
| | Effet An | 11 | 12.9 | 0.0001 |
| | Effet croisé | 33 | 6.5 | 0.0001 |

Tableau 1 . - Paramètres d'ajustement des modèles par stocks (n : nombre total d'observations ; ddl : nombre de degrés de liberté ; zone VI : zone CIEM Nord-Ouest Ecosse). Les pourcentages d'inertie expliquée sont donnés : relativement à la variance totale pour le modèle complet ; relativement à la variance expliquée par le modèle pour chacun des facteurs du modèle (effet Flottille, effet An et effet croisé).

| Flottilles | Effets testés | ddl | % d'inertie | P level |
|-------------------------|---------------|-----|-------------|---------|
| IND Lorient n = 1204 | Modèle | 59 | 90.9 | 0.0001 |
| | Effet Stock | 4 | 90.3 | 0.0001 |
| | Effet An | 11 | 5.1 | 0.0001 |
| | Effet croisé | 44 | 4.6 | 0.0001 |

Tableau 2. - Paramètres d'ajustement des modèles par flottille (n : nombre total d'observation ; ddl : nombre de degrés de liberté ; IND LO : Industriels de Lorient). Les pourcentages d'inertie expliquée sont donnés : relativement à la variance totale pour le modèle complet ; relativement à la variance expliquée par le modèle pour chacun des facteurs du modèle (effet Stock, effet An et effet croisé).

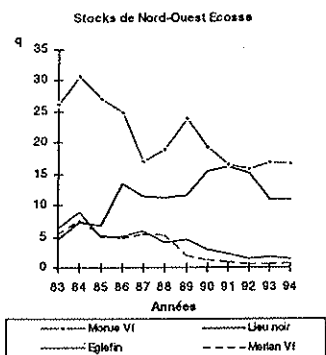


Figure 1 : Evolution des capturabilités spécifiques moyennes relatives aux flottilles industrielles de Bretagne Sud (effet An des modèles par Stocks).

Dans un second temps, l'analyse par flottille appliquée aux navires de Lorient permet de quantifier la part, en termes de puissance de pêche, que cette flottille a eu dans ces variations globales de capturabilités. Ainsi, l'examen des capturabilités par navire moyennes (fig. 2 et tab.3), nous donne l'évolution de l'efficacité de l'heure de pêche d'un navire "moyen" de la flottille lorientaise. On a ainsi une indication des variations de puissance de pêche de cette flottille, et donc de l'impact réel de son activité sur chacun des stocks étudiés.

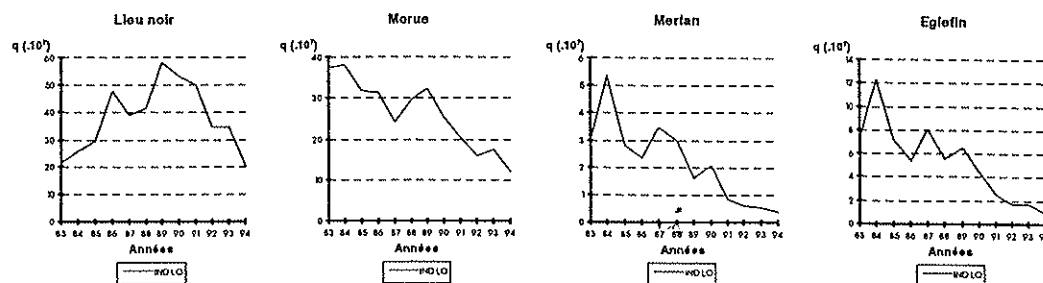


Figure 2 : Evolution de la capturabilité moyenne par navire du Lieu Noir, de la Morue, du Merlan et de l'Eglefin, relatives à la flottille industrielle de Lorient.

Ainsi, la puissance individuelle de pêche moyenne développée sur le Lieu Noir de N-W Ecosse présente une séquence en deux temps : un accroissement de 16.5% par an entre 1983 et 1989, suivi d'une forte dérive négative, de l'ordre de -18% par an entre 1989 et 1994. La chute de l'efficacité de pêche sur les stocks de Morue, de Merlan et d'Eglefin, observée pour l'ensemble des flottilles de Bretagne sud, se retrouve au niveau de la flottille de Lorient, avec des taux moyens de croissance annuelle respectifs de -9%, -19%, -17.5%.

| Lieu Noir | Morue | Eglefin | Merlan |
|----------------|--------|---------|--------|
| 83-89: +16.5 % | | | |
| 89-94: -18.0 % | -8.9 % | -17.5 % | -19 % |

Tableau 3. - Taux d'accroissement inter-annuels des capturabilités individuelles spécifiques de la flottille industrielle de Lorient.

Aux vues de telles variations de la puissance de pêche des navires, il semble raisonnable, pour les expliquer, de penser à des phénomènes de changement de stratégie de la part des pêcheurs, se traduisant par des reports de puissance de pêche d'un stock sur un autre. L'analyse des allocations de puissance de pêche (fig.3) permet en effet d'interpréter ces variations d'efficacité moyenne en termes stratégiques, et notamment d'identifier les orientations stratégiques adoptées par la flottille au cours de la période considérée.

Le schéma d'évolution de la flottille lorientaise comporte ainsi deux séquences successives. Entre 1983 et 1989, on observe un accroissement important de la puissance de pêche orientée sur le Lieu Noir ; en sept ans, cette puissance spécifique est multipliée par trois. Une telle dérive se fait, comme le montre la figure 3, au détriment des puissances allouées aux stocks d'Eglefin et de Merlan, qui sont progressivement délaissés par la flottille. L'allocation de puissance relative à la Morue reste quant à elle approximativement constante. A partir de 1989, le Lieu Noir semble à son tour délaissé, comme l'indique la dérive négative de -18% par an de l'efficacité de pêche correspondante. On passe ainsi d'une stratégie "Lieu Noir" à une stratégie de pêche orientée sur d'autres espèces, et notamment sur les espèces profondes, qui ne sont pas prises en compte dans la présente analyse.

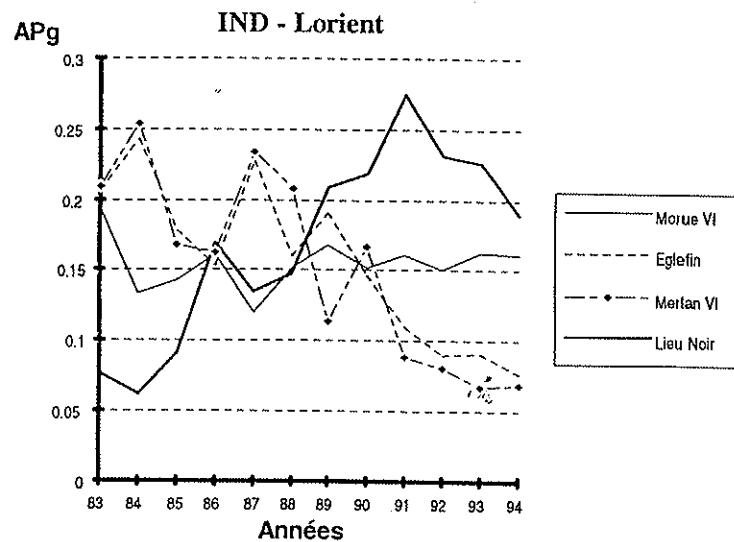


Figure 3 : Evolution des allocations spécifiques de puissances de pêche individuelles (Interaction An*Stock des modèles par flottilles), de la flottille industrielle de Lorient.

On note qu'entre 1989 et 1991, l'allocation spécifique de puissance "Lieu Noir" augmente, alors que la puissance spécifique correspondante décroît. Ceci s'explique par la chute plus importante des puissances de pêche orientées sur la Morue, l'Eglefin et le Merlan. En effet, il faut rappeler que l'indice d'allocation donne une valeur relative de la puissance de pêche en fonction des autres stocks considérés.

Ces fortes variations de puissance de pêche mettent en évidence d'importants processus de régulation au sein de la pêcherie. Ainsi, la période allant de 1983 à 1988-1989 correspond à une chute importante de l'abondance des stocks d'Eglefin, de Merlan et de Morue dans la zone Nord-Ouest Ecosse (Anonyme, 1995), voit les navires effectuer un report de puissance (un transfert d'efficacité de pêche) vers le stock de Lieu Noir. Il est à noter que ce report se fait à effectif de la flottille à peu près constant (autour de 23 navires à Lorient), et n'est donc pas le fait d'un arrêt

d'activité de certains pêcheurs. Au contraire, la chute d'abondance du Lieu noir, qui commence sensiblement en 1986, est suivie par un renforcement de la stratégie "Lieu noir" de la part des Lorientais, confirmant les tendances des premières années de la période.

A partir de 1989, le stock de Lieu Noir ayant été presque divisé par deux en deux ans, l'effectif de la flottille régresse fortement, jusqu'à 13 navires. Cette seconde période semble donc correspondre à une sélection des navires les plus efficaces, le Lieu Noir restant une espèce cible.

Parallèlement se développe à Lorient l'exploitation du Grenadier, qui peut expliquer la baisse de la puissance individuelle de pêche moyenne "Lieu Noir", et de l'allocation APg correspondante, dans les dernières années (Biseau, 1996). En ce sens, Lorient aurait adopté une stratégie de différenciation des captures, en réponse à la chute d'abondance du Lieu Noir, alors que la flottille de Douarnenez par exemple, est restée spécialisée sur le Lieu Noir.

CONCLUSION.

La principale limitation de cette méthode d'estimation des puissances de pêche réside en ce qu'elle nécessite l'existence d'évaluations des coefficients de mortalité par pêche pour chacun des stocks. Ainsi, l'absence d'évaluation sur le stock de Grenadier et sur les stocks de Lingues franches et bleues empêche de quantifier la part effective de ces stocks, en termes de puissances allouées. Pourtant, les Lingues représentent une part importante des captures de Lorient sur toute la période, et le développement de la pêche du Grenadier est une des caractéristiques fortes de la période. Il est certain que l'existence de telles évaluations aurait sensiblement amélioré la qualité de l'analyse des allocations de puissances de pêche.

Néanmoins, la méthode présentée permet de mettre en évidence de fortes variations de puissances de pêche au sein des flottilles étudiées. Ce résultat n'est pas négligeable, connaissant les hypothèses couramment émises concernant le modèle de capturabilité, qui soutiennent les méthodes de calibration de l'analyse des cohortes : modèle constant, modèle linéaire, ou modèle exponentiel. D'une façon générale, la dérive des capturabilités est considérée comme une simple perturbation, pouvant être, sinon négligée, du moins ramenée à un processus très secondaire. Cette conception reste valable dans de nombreux cas. Toutefois, cette étude montre que cette dérive peut également constituer un aspect essentiel de l'histoire d'une pêcherie.

Enfin, l'analyse a permis de traduire ces variations d'efficacité en termes de comportements stratégiques des pêcheurs lorientais : mesurant les effets, nous avons déduits les causes probables. Ainsi, cette étude montre bien la nécessité, qui se pose aujourd'hui à la recherche halieutique, de l'étude de ces comportements de pêche, qui constituent l'un des déterminants majeurs de l'évolution des pêcheries.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- Anonyme, 1995. Report of the working Group on the Assesment of the Northern Shelf Demersal Stock. *ICES CM 1996/Assess:1*.
- Beverton R.J.H., Holt S.J., 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fishery Invest., Lond. Ser. 2*, 19:533 pp.

- Bliseau A., 1996. Definition of a directed fishing effort, and its impact on CPUE trends : the case of the French demersal fishery off the west coast of Scotland *ICES CM 1996/G:17*.
- Gascuel D., 1993. Efforts et puissances de pêche : redéfinition des concepts et exemple d'application. in : *Actes du Premier Forum Halieumétrique, ORSTOM Editions coll. colloques et séminaires, 159-181*.
- Gascuel D., Thiam M., 1994. Evolution de l'abondance des ressources démersales sénégalaises : estimation par modélisation linéaire des P.U.E. in : *L'évaluation des ressources exploitées par la pêche artisanale au Sénégal, Symposium, Dakar, 8 au 13 février 1993*.
- Kimura D.K., 1981. Standardized measures of relative abundance based on modelling log(c.p.u.e.), and their application to Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*). *J. Cons. int. Explor. Mer*, 39: 211-218.
- Laurent A.G., 1963. Lognormal distribution and the translation method : description and estimation problems. *J. Amer. Statist. Ass.*, 58 :231-5.
- Laurec A., 1977. Analyse et estimations des puissances de pêche *J.Cons.Int.Explor.Mer*, 37(2): 173-185.
- Laurec A., Le Guen J.C., 1981. Dynamique des populations marines exploitées. Tome 1 : concepts et modèles. *Rap. Scient. et techn. N°45. Publications du CNEOX*.
- Littel R.C., Freund R.J., Spector P.C., 1991. SAS System for Linear Models, Third edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1991, 329 pp.
- Lo N.C., Jacobson L.D., Squire J.L., 1992. Indices of Relative Abundance from Fish Spotter Data based on Delta-Lognormal Models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 2515-2526.
- Millischer L., 1996. Evolution des puissances et des stratégies de pêche des navires hauturiers de Bretagne sud. *Rapport DAA Laboratoire Halieutique, DEERN, ENSA-Rennes*.
- Millischer L., Gascuel D., Bliseau A., 1999. Estimation of the overall fishing powers : a study of the dynamics and fishing strategies of Brittany's industrial fleets, *Aquat. Living Resour.* 12 (2) (1999) 89-103.
- Robson D.S., 1966. Estimation of the relative Fishing Power of individual ships. *ICNAF Research Bulletin*, (3), 1966.
- SAS Institute Inc. SAS/STAT Guide for Personal Computers, Version 6 Edition. Cary, NC : SAS Institute Inc., 1987, 1028 pp.
- Searle S.R., Speed F.M., Milliken G.A., 1980. Population marginal means in the linear model : an alternative to least squares means. *The american statistician*, November 1980, 34 (4), 216-221.