

QUELQUES CONSIDERATIONS TECHNIQUES SUR LA CAPTURE, L'EFFORT ET LA PUISSANCE DE PECHE

Effort de pêche et taux de capture

Avant de considérer l'aménagement par le contrôle de l'effort ou de la capacité de la flotte, voyons dans un premier temps la relation qui existe entre le taux de capture et l'abondance pour proposer les modèles de régression utilisables pour estimer les paramètres nécessaires à l'aménagement de la pêcherie.

Si l'on considère la capture ΔC , prise par un petit élément Δf de l'effort de pêche, dans un stock de densité (N/A) , où N = taille de la population, A = surface, et q' = coefficient de capturabilité élémentaire. La relation de base entre ces paramètres est donnée par Gullied et ses collaborateurs comme le rapport:

$$\Delta C = q' \Delta f \cdot (N/A) \quad \dots 1$$

$$\text{c.a.d } \frac{\Delta C}{\Delta f} = CPUE = q' \text{ (densité)}$$

$$\text{Pour de petits intervalles } \Delta t, \quad \frac{\Delta C}{\Delta t} = FN \text{ or } \Delta C = FN \Delta t \quad \dots 2$$

$$\text{De } 1 = 2: \quad FN \Delta t = q' \frac{\Delta f N}{A} \text{ or } F = q' \left[\frac{\Delta f}{A \Delta t} \right]$$

L'expression entre parenthèses correspond à "l'intensité de pêche"¹. Si la surface occupée par la population est constante, il est convenu d'absorber Δt dans la constante q' et d'écrire " $F = qf$ " c'est à dire que la mortalité par pêche est considérée proportionnelle à l'effort de pêche standardisé, quand le coefficient de capturabilité q reste constant. On estime couramment q par régression entre la mortalité par pêche annuelle et l'effort annuel.

Caractéristiques souhaitables des unités d'effort de pêche

Lors de la conversion d'unités d'effort de pêche nominal (issues des statistiques brutes de la pêcherie) en unités d'effort standardisé, quelles sont les propriétés de ces nouvelles unités? La mesure de l'effort de pêche devrait pouvoir s'ajouter et être proportionnelle au taux exponentiel de mortalité par pêche exercée sur la population considérée.

Nous savons que les variations de q sont difficiles à mesurer, il est possible de les classer comme décrit ci-dessous, en gardant à l'esprit que l'erreur systématique liée à la non-proportionnalité entre l'effort de pêche et la mortalité est plus importante (car plus difficile à détecter) que la simple variation de l'erreur pure.

¹ Ceci conduit évidemment à la définition fonctionnelle de q comme "la mortalité par pêche exercée par une unité d'intensité de pêche".

Sources de variation du coefficient de capturabilité

1. *Variations à court terme*

L'efficacité d'un engin de pêche peut varier avec la saison, en fonction du jour et de la nuit, selon les conditions météorologiques et le comportement des poissons (par exemple la migration). Il est habituel de convenir que sauf en cas de changement net de distribution de l'effort d'une année à l'autre, ces types de facteurs n'entraînent pas d'erreur systématique.

2. *Variations liées de la distance port/lieu de pêche*

Si l'unité d'effort nominal en nombre de jours de mer provient de bateaux exerçant à partir de ports à des distances différentes des lieux de pêche, un déplacement du point de débarquement peut entraîner une erreur dans l'effort effectif. L'effet de ce type de facteur peut cependant être corrigé par des données statistiques complémentaires. Le besoin de correction est plus important quand le bateau reste en mer plus longtemps lorsque l'abondance du stock diminue, ce qui peut conduire à une sous-estimation sérieuse du déclin du stock.

3. *Variations liées de la densité*

Ces sources d'erreur les plus dangereuses et les plus difficiles à mettre en évidence, peuvent de plus comporter des facteurs liés à la compétition, quand les unités-engins contribuent à diminuer l'efficacité de l'unité d'effort de pêche, et la coopération entre unités-engins par transmission d'information (par radio téléphone) rendent l'ensemble de la flotte plus efficace en restant sur le poisson. Ces effets ne sont détectables que par comparaison de l'unité d'effort nominal avec une estimation indépendante de la mortalité (par exemple à partir de la composition en âges des captures).

4. *Saturation des engins de pêche*

Les effets de certains engins ne s'ajoutent pas toujours de manière proportionnelle. La saturation des engins peut se produire en partie durant les opérations de pêche quand la probabilité de capturer davantage d'individus est limitée par le nombre d'individus déjà capturés. Ceci conduit à une diminution réelle de capturabilité avec la densité de population ou avec le temps pendant lequel l'engin est opérationnel. Sans correction, ceci peut conduire à un effort moins efficace lorsque la densité est élevée (stocks sous exploités) que lorsque la taille de la population est réduite, et on sous-estime ainsi le déclin du stock si l'on s'en tient aux valeurs de capture par unité d'effort nominal.

Quelques Exemples

(a) Pièges à poisson, filets maillants et palangres

La diminution de q avec la durée d'immersion a été observée. Si l'on mesure l'effort en unités d'engins x temps d'immersion, on peut introduire une erreur liée à la densité qui surestime l'effort si le temps d'immersion augmente d'une année à l'autre. De la même manière, les unités d'effort exprimées comme unités d'engin x nombre d'engins, peuvent conduire à la sous-estimation de l'effort effectif si la densité diminue, lorsque le temps d'immersion augmente de manière inverse à la densité. Cette difficulté peut être résolue si une séparation des unités d'effort par temps d'immersion permet la calibration de toutes les unités selon un standard de durée d'immersion. La relation entre le temps d'immersion et la capture de ce type d'engins est décrite par:

La capture après t jours d'immersion qui s'écrit: $C_t = f_t \cdot U_t = C_{\max} \cdot (1 - e^{-kt})$ (Gullied, 1955; Munro, 1974), (où C_{\max} est la capture maximum effective de l'engin, k est une mesure du taux de capture et U_t la capture par durée d'immersion t).

En appliquant cette équation, l'effort total (f_T) calculé pour des durées d'immersion connues de 1, 2...n jours s'exprime par :

$$f_t = C_{\max} \sum_{i=1}^n \frac{1 - e^{-kt}}{U_t}$$

- (b) Des variations de l'espacement entre hameçon peuvent influencer sur le coefficient de capturabilité des palangres ou des engins fixes si cela introduit un certain niveau de compétition entre les appâts individuels pour un même poisson et si l'effort est mesuré en nombre d'hameçons qui ont pêché (Skud, 1972).

5. **Effet des Changements Technologiques**

Ils comprennent:

- (a) introduction de nouveaux bateaux ou engins, plus gros et plus efficaces;
- (b) augmentation de la taille des bateaux et des engins, de la puissance et de la vitesse des bateaux;
- (c) amélioration des aides à la pêche (sonar, meilleurs instruments de navigation, radio, téléphone, repérage aérien, etc.).

Ces facteurs, isolés ou en combinaison peuvent influencer sur q et nécessiter que l'effort nominal soit ajusté au fur et à mesure de l'apparition des changements. Nous devons donc d'une certaine manière, effectuer un étalonnage entre différents bateaux, types d'engins, puissance de pêches, bateaux individuels ou classes de bateaux (voir plus loin). Cependant, les améliorations de l'efficacité de pêche d'un certain bateau ou d'une classe de bateaux donnés peuvent se produire et être plus difficile à détecter.

6. **Le Facteur Apprentissage**

Les capacités d'un patron peuvent varier dans des proportions importantes à l'intérieur même d'une classe de bateaux, et ainsi influencer sur la valeur individuelle de q . Dans le cas de grandes flottilles il est peut-être possible de considérer que le savoir-faire se distribue normalement et ne varie pas d'année en année. On peut alors directement ajouter les unités d'effort d'une classe donnée. Cependant si un échantillon de la flotte est utilisé pour mesurer la CPUE, il est nécessaire de:

- (a) choisir au hasard les bateaux échantillonnés dans la flotte;
- (b) si un bateau sort de la flotte échantillonnée, il faut le remplacer par un autre de puissance de pêche aussi proche que possible de celle du premier.

Au début de la pêcherie, les patrons apprennent à trouver les meilleurs fonds de pêche et méthodes, ils deviennent plus adroits dans le maniement des engins et leur effort effectif s'accroît de manière plus importante que ne le reflète la simple somme des unités d'effort nominales. Ce type d'effet est difficile à détecter à partir des seules données de capture et d'effort, bien que des indications sur le niveau d'apprentissage puissent être obtenues par comparaison des taux de capture des nouveaux et des anciens pêcheurs au cours d'une série d'années

Une approche plus objective consisterait à comparer sur une base annuelle les taux de capture avec la densité obtenue par des prospections stratifiées au hasard et appliquer le modèle proposé par Brown *et al.* (1976). Ces auteurs estiment que l'effet combiné de l'apprentissage se retrouve dans les statistiques de capture et d'effort, même s'il n'est pas clairement séparé des autres causes de variation des captures. L'approche utilisée consiste à considérer que l'apprentissage est une fonction croissante de la capture par unité d'effort en fonction du temps.

Le facteur multiplicatif d'apprentissage pour une flotte donnée correspond à:

$$L_i = \frac{O_i}{P_i}$$

où O_i est la capture par unité d'effort observée, et P_i la capture par unité d'effort s'il n'y avait pas eu d'apprentissage. P_i s'obtient à partir de:

$$P_i = \left(\frac{B_i}{B_{i-1}} \right) P_{i-1}$$

où B_{i-1} et B_i sont des estimations indépendantes de l'abondance des années $i-1$ et i de la pêcherie (obtenues par exemple par prospection stratifiée par chalutage avec un chalut standard)

Ainsi, en commençant à l'année i avec $P_1 = O_1$, on obtient pour chaque année suivante i ,

$$P_i = \left(\frac{B_i}{B_1}\right)O_1$$

Une définition arbitraire est employée pour la première année de la pêcherie, c'est l'année où 20% de la capture totale de la pêcherie sont constitués de l'espèce considérée. L'apprentissage est considéré avoir cessé quand $L_{i+1} < L_i$. Ceci se produit 4 à 5 ans après le début de la pêcherie, et une courbe exponentielle est ajustée aux données de la flotte pour les trois premières années:

$$L_i = \frac{O_i}{P_i} = \frac{O_i B_1}{O_1 B_i} = [\exp(a(i-1))]e_i$$

où i = années 1, 2 et 3 après le début de la pêcherie de cette espèce
 a = constante
 e_i = erreur résiduelle, où $1n(e_i)$ se distribue comme $N(0, \sigma^2)$

On utilise des données agrégées pour l'ajustement de cette équation. Pour les flottes industrielles du Nord-Ouest Atlantique, on a obtenu $a = 0,735$ par la méthode des moindres carrés, à peu près équivalent à doubler L_i au cours de chacune des deux premières années, en d'autres termes doubler l'efficacité d'une unité d'effort pendant la période d'apprentissage. Ceci n'est peut être pas d'une très grande importance en Méditerranée où les fonds de pêche ont été exploités depuis de nombreuses années.

Les unités d'effort des quelques premières années ont été rendues comparables avec celles de la troisième année et des suivantes où U_i est la prévision de capture par unité d'effort pour l'année i :

$$U_i = \left(\frac{O_i}{L_i}\right)L_3 \quad \text{por } i = 1, 2, 3$$

L'effort en unités corrigé est calculé avec l'expression:

$$f_i = \frac{C_i}{U_i}$$

On peut remarquer que cette méthode suppose une croissance exponentielle de q , alors qu'une croissance asymptotique négative semble plus compatible avec l'expérience. Une autre méthode consiste à comparer les tendances de l'effort avec l'analyse de cohorte pour permettre à la non-linéarité de la régression entre F et l'effort de pêche d'être compensée par la correction des unités d'effort. il pourrait en fait exister de légères augmentations dans les valeurs de q de tous les bateaux après premières années dus à l'effet de légères améliorations technologiques dans la puissance de pêche des éléments de la flotte (on l'estime environ à 5% par an pour une flotte de chalutiers après les toutes premières années)

Mesure de l'Effort de Pêche

Certains des ajustements nécessaires pour rendre les unités d'effort additives ont déjà été évoqués. On peut cependant remarquer que l'on peut varier la forme des équations utilisées dans l'ajustement aux données de captures et d'effort en utilisant des courbes asymétriques de captures et d'effort, ce type d'ajustement pourraient prendre en compte certains des éléments qui ne l'étaient pas dans les variations de q .

Précision des unités d'effort

En théorie au moins, un accroissement général de la précision des unités d'effort de pêche est possible selon la séquence suivante:

- (1) Nombre de bateaux
- (2) Nombre de sorties
- (3) Jours de mer
- (4) Jours sur le lieu de pêche
- (5) Nombre de coups de chalut, nombre de calages
- (6) Nombre de coups de chalut x surface ou durée du trait

Le besoin d'améliorer la précision des statistiques d'effort dans la séquence (1) à (6), devrait être examiné en tenant compte de l'élévation du coût de collecte des statistiques que cela implique. Il faut trouver un compromis entre la collecte de données de type général (2) à (4) pour tous les bateaux et le besoin de disposer d'au moins quelques informations plus détaillées (4) à (6) sur un échantillon plus petit de la flotte, choisi au hasard.

Il existe peut être aussi d'autres raisons, à la fois théoriques et pratiques, pour lesquelles une approche légèrement différente de la définition de l'effort est nécessaire, par exemple:

Senne tournantes

La définition de l'effort dans les pêcheries à la senne tournante est plus difficile que pour les engins faisant appel à "l'aire balayée". Les senneurs tentent de caler leurs filets sur des bancs, ainsi la capture par calée est largement dépendante des bancs (elle est relativement constante) et de leur taille (elle-même pas nécessairement en relation avec la taille de la population). Ainsi, la capture par jour de pêche ne sera pas une bonne mesure de la densité de la population pour les espèces formant des bancs (voir Ulltang, 1976). Le nombre des calées pris séparément n'est pas une bonne mesure de l'effort car il est directement proportionnel au débarquement total pour une probabilité donnée de capture par calée sur des bancs déjà localisés. La mesure de l'effort la plus représentative devrait inclure le temps de recherche et le temps de pêche réel.

Ulltang (1976) a mis en évidence que pour la pêcherie de hareng à la senne, F était proportionnel à N^b où N est la taille de la population et b une constante. Pour la valeur $b=1$, la capture et la capture par unité d'effort sont indépendantes de la taille du stock, et ainsi on ne peut pas mettre en évidence de relation entre la CPUE et la taille du stock.² Ce type de phénomène peut être mis en évidence en traçant le graphique des unités d'effort (Ulltang a utilisé le nombre de bateaux x jours avec capture), en fonction de la mortalité par pêche obtenue par l'analyse de cohorte.

Puissance de pêche

Elle se définit comme la capture prélevée d'une densité connue de poissons par l'unité d'effort d'un bateau ou d'une classe de bateaux donnés. Analytiquement on peut distinguer deux composantes :

- (i) aire ou volume balayé par unité d'effort (a);
- (ii) proportion de poissons dans (a) capturés par l'engin (p)

² Ulltang note que seul quand $b = 0$ la capture et la capture par unité d'effort sont considérées proportionnelles alors que pour $0 < b < 1$, la CPUE augmente avec la taille du stock.

Si la distribution des poissons est au hasard, la capture = $(p.a/A) = N$, c'est à dire que la puissance de pêche absolue (a.p.) d'un bateau est essentiellement la même chose que q . En pratique, on n'utilise pas la valeur absolue a.p. mais la mesure de la puissance de pêche pour des bateaux ou classes de bateaux B à Z dépend de la puissance de pêche du bateau ou de la classe de bateaux A, définie comme unité. Dans le cas le plus simple, d'une flotte uniforme de bateaux, on ignore généralement les considérations sur la puissance de pêche et de petites variations de p . d'un bateau à l'autre sont traitées comme étant des variations dues au hasard. Dans ce cas (assez atypique!), la détermination de la puissance de pêche ne sera pas primordiale.

La classe de bateaux standard A est souvent choisie comme constituée du type de bateau le plus commun et présents dans la pêcherie depuis le plus longtemps. Ce devrait être la classe de bateaux présentant le moins de variations possibles de puissance de pêche entre unités individuelles et la classe où plupart des améliorations technologiques ont déjà eu lieu. La proportion des captures faites par la classe de bateaux standard ne doit pas être négligée, mais ce ne doit pas nécessairement être celle qui prend la plus grosse part des captures totales.

Pour établir la puissance de pêche des autres bateaux par rapport à ce standard, la CPUE est pour chaque classe comparée à celle de la classe A dans la même strate de temps et de zone, par exemple:

$$CPUE_B = 0.88 \cdot CPUE_A \text{ (c'est à dire } p_A = 1.0, p_B = 0.88)$$

Où la constante 0.88 a été déterminée par la pente de la droite de régression passant par l'origine. Pour obtenir l'effort total annuel pour les classes de bateaux $K = 1, 2 \dots n$ ayant des valeurs différentes de p , on peut utiliser:

$$f_T = \sum_{k=1}^n f_k p_k$$

Une autre approche a été déterminée empiriquement pour les pêcheries chalutières, la valeur de p est proportionnelle à la puissance (CV) ou au tonnage. Compte tenu de ces hypothèses, on peut additionner l'effort total en utilisant:

$$\begin{aligned} f_t &= \sum_{k=1}^n f_k (\text{tonnage})_k && \text{- en unités de tonnes-heures d'effort} \\ &= \sum_{k=1}^n f_k (CV)_k && \text{- en unités de puissance-jours d'effort} \end{aligned}$$

Pour les sennes, cette approche donne par analogie des tonnages-sorties (tonnage du bateau x nombre de sorties), ou plus précisément des tonnages-sorties-milles (nombre de milles passés à rechercher le poisson x tonnage x nombre de sorties)

Une autre approche prometteuse est basée sur l'observation que la puissance motrice (et par là la puissance de pêche) est directement liée à la consommation de carburant, qui intègre en une seule unité mesurable, à la fois l'effort et la puissance de pêche au delà des classes de tonnage.

Mesure de l'abondance

Comment estimer l'abondance moyenne quand les données d'effort et de capture sont disponibles pour une série de zones? Une simple expression permettant de pondérer les captures par unité d'effort par l'effort dans chaque strate s'écrit:

$$(c/f) = \frac{\sum [(c/f)_i \times f_i]}{\sum f_i}$$

Comme $(c/f) = q$ (densité), $N_i = \frac{A_i}{q_i} \times (c/f)$

Si q est constant, on peut estimer la taille de la population (pondérée par zone):

$$N = \frac{1}{q} \sum \left[A_x \frac{C_i}{f_i} \right]$$

Concentration de l'effort

L'effort ne s'applique pas au hasard, et il est possible que dans une pêcherie multispécifique, l'effort soit ciblé sur une espèce mais cause (en raison des captures annexes) une mortalité sur d'autres. Nous voulons aussi connaître l'impact de l'effort sur cette autre espèce. Rothschild et Robson (1972) ont proposé un index de mesure du degré de concentration de l'effort sur un stock donné:

$$I_R = \frac{(a/N) - (b/N) \cdot (c/N)}{(\sigma_{cf}^2 \cdot \sigma_f^2)^{1/2}}$$

où: $a = \Sigma$ captures dans toutes les zones;
 $b = \Sigma$ CPUE dans toutes les zones;
 $c = \Sigma$ effort dans toutes les zones, et
 σ_{cf}^2 et σ_f^2 sont les variances de la CPUE et de l'effort dans toutes les zones.

Cette expression prend la forme d'un coefficient de corrélation et présente les propriétés illustrées par la figure 1.

- (a) Si l'effort (points) se concentre sur les zones de densité élevée (ombrées):
alors $0 < I_R < 1$:
- (b) Si l'effort est distribué au hasard par rapport à la distribution des poissons:
alors $I_R = 0$:
- (c) Si l'effort est distribué de manière négative par rapport à la densité (comme c'est le cas des captures annexes):
alors $-1 < I_R < 0$:

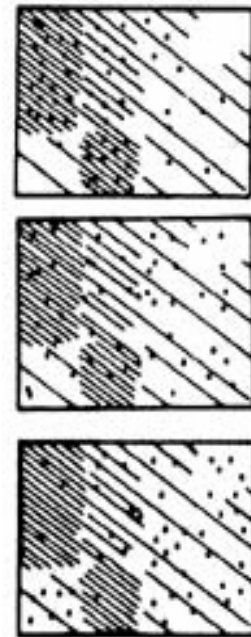


Fig. 1. Effet de la concentration et de la dispersion de l'effort de pêche d densité, illustrée par un simple index de capture et d'effort (I_R)

L'effet que possède une unité d'effort dans les trois cas de la figure 1 se range dans l'ordre $a > b > c$ et comme:

$$q = \frac{c / f}{\text{densité}} :$$

$$Q(I_R > 0) > q(I_R = 0) > q(I_R < 0);$$

c'est à dire que q est proportionnel à I_R

Les modèles de production composites

Il est reconnu qu'une série de pêcheries locales de compositions spécifiques semblables mais ayant des intensités de pêche séparées peuvent être considérées comme des "traitements" mesurant les effets de différents niveaux d'intensité de pêche sur le taux de capture qu'ils engendrent. Munro (1979) a été le premier à reconnaître que de telles estimations prises la même année peuvent être comparées au moyen du modèle de production équilibré. Il a utilisé pour cela des pêcheries tropicales multispécifiques, où les pêcheries locales dans un même écosystème permettent l'étude de l'effet des variations locales d'intensité de pêche comme dans les estimations séquentielles de l'effort de pêche et du taux de capture employées avec les modèles conventionnels de production. Caddy et Garcia (1982) ont généralisé cette approche aux situations pour lesquelles plusieurs années de données dans une série de localités permettaient d'écrire:

$$Y_{ij}/f_{ij} = A - B.(f_{ij}/A_{ij})$$

pour le modèle de Schaefer, ou de substituer le logarithme de (Y_{ij}/f_{ij}) au LHS de cette expression pour le modèle logarithmique. Dans les deux cas, (Y_{ij}/f_{ij}) sont des taux de capture annuels moyens pour $j = 1,2,3,\dots,m$ années, et $i = 1,2,3,\dots,n$ des fonds de pêches identifiés et écologiquement semblables de surface A_1, A_2,\dots,A_n km² pour lesquelles les statistiques de captures et d'effort peuvent être recueillies séparément.

Les courbes de rendement individuelles peuvent être faites pour chaque fond de pêche, mais cela demanderait un effort historique important pour permettre l'utilisation des modèles de production conventionnels. S'il existe cependant suffisamment d'arguments pour considérer que les productivités par zone ou fonds de pêche sont semblables, on pense que les taux de capture des différents fonds de pêche sont comparables pour des valeurs analogues de l'intensité de pêche.

Définition de l'effort et de la pêche "ciblée" - Le problème de la multispécificité

Plusieurs approches ont été essayées pour la répartition de l'effort de pêche des pêcheries multispécifiques. Voyons d'abord quelques méthodes qui permettent de faire cette répartition; par exemple, Brown *et al.* (1975) considèrent que si une espèce représente moins de 20% de la capture, elle doit être considérée comme capture accessoire (by-catch) et on ne doit pas lui attribuer d'effort, si une espèce représente plus de 80 % des captures on la considère comme une espèce cible et on lui attribue la totalité de l'effort. Entre 20 et 80%, l'effort dirigé est considéré comme proportionnel à la composition spécifique des captures. Les inconvénients de cette méthode sont évidents, elle suppose que la proportion de l'effort appliqué à l'espèce A (et ainsi sa mortalité par pêche) n'est fonction que de sa proportion dans la capture. En fait si deux espèces sont parfaitement mélangées, (et que l'une soit plus rare que l'autre), elles font l'objet de la même mortalité par pêche (si leurs q sont les mêmes). Il est nécessaire de trouver des moyens de résoudre les effets de l'abondance relative des espèces et l'intensité de pêche par espèce. Un certain nombre d'approches sont proposées ci-dessous, en insistant sur le fait qu'à ce jour, le problème ne semble pas avoir trouvé de solution satisfaisante.

- (1) Pour les pêcheries multispécifiques, on pourrait calculer IR pour chaque zone ou (théoriquement) chaque strate de temps et utiliser ces résultats pour pondérer les mesures de l'effort en définissant:

L'effort sur l'espèce 1: $f_1 = f_T \times I_R^1$; où f_T = effort total et I_R^1 = valeur de l'indice pour l'espèce 1.

- (2) Une approche semblable utilisant des coefficients de corrélation fractionnés a été utilisée par Chang (1974), elle comporte des avantages sur les critères arbitraires habituels utilisés pour décider si une espèce particulière i est ciblée au cours d'une sortie, ou non; c'est à dire que pour chaque unité d'effort si:

$$\frac{\text{capture}_i}{\text{capture (toutes espèces)}} > \text{CRITERE (par exemple 60\%)}$$

l'unité d'effort est acceptée; sinon elle est rejetée.

- (3) L'approche de Chikuni (1976) semble avoir des applications générales pour obtenir un indice global d'abondance dans une pêcherie multispécifique. Il a remarqué que dans la plus petite

unité statistique disponible (comme la zone, le mois, la classe de bateau), il existe une relation linéaire entre la CPUE et le de ces espèces capturées, chez les espèces qui constituent occasionnellement une part importante des captures. Les pentes de ces régressions linéaires pour chaque classe de bateau sont fonction de la différence de puissance de pêche. Dans ce type de pêcherie, il est évident qu'un changement dans la proportion de la domination dans les captures d'une espèce d'une année à l'autre, affectera la validité de la CPUE en tant qu'index d'abondance. Pour comparer les CPUE d'une espèce donnée a cours de différentes années, il sélectionne une CPUE moyenne correspondant à un pourcentage de l'espèce *i* dans toute la capture pour chaque année (par exemple 75%). On peut alors calculer un indice d'effort:

$$\text{indice d'effort (pour l'espèce } i): f_i = \frac{\text{Capture totale (del'espèce } i)}{\text{CPUE (au seuil de 75\%)}}$$

où la CPUE (niveau 75%) est la CPUE_{*i*} correspondant à 75% de l'espèce *i* dans la capture totale.

Chikuni note que cette méthode n'est pas très efficace pour les espèces qui ne représentent qu'une faible partie des captures.

- (4) La seule méthode qui donne pleinement satisfaction, consiste à utiliser d'autres sources de données (analyse de cohortes par espèce ou données des prospections acoustiques ou par chalutage pour obtenir des estimations du taux réel de mortalité ou de l'abondance relative de chacun des éléments principaux. On utilise ensuite ces données pour corriger l'effort de pêche global. Dans le cas de l'analyse de cohorte, il est possible de le faire en traçant la courbe de l'effort total en fonction du taux de mortalité par pêche, la qualité de l'ajustement sera une indication de l'impact de l'unité d'effort sur le stock en question, et la pente de la droite donnera une mesure de *q*.

Dans le cas où l'on dispose d'estimations indépendantes de biomasse, on peut obtenir une première estimation directe de la mortalité par pêche par espèce *i* avec l'expression:

$$F_i = C_i / B_i$$

Où *C_i* et *B_i* sont la capture annuelle et la biomasse moyenne de l'espèce *i* au cours de l'année, après transformation on obtient pour l'estimation de la capturabilité par espèces:

$$q_i = \frac{C_i}{B_i f_T} \quad \text{où } f_T \text{ est l'effort de pêche total par an}$$

La méthode proposée par Biseau (1998), est d'une certaine manière semblable à celles précédemment décrites, elle nécessite un certain degré de classification et de jugement pour la catégorisation des métiers et des statistiques de débarquement. Une classification utile est cependant suggérée fondée sur la comparaison de la proportion des espèces débarquées au cours d'une sortie avec celle de la sortie précédente. Il propose les catégories suivantes:

- (a) Espèce "Cible": La plus grande part des captures de l'espèce cible provient de sorties dont elle constitue 10-15% des débarquements, quelques sorties avec des proportions très faibles ou très élevées.
- (b) Espèce cible de "Masse": Les espèces formant des bancs, quand elles sont capturées constituent jusqu'à 70% ou plus des débarquements, alors qu'une faible part seulement provient de sorties où elles ne constituent qu'un faible pourcentage des captures.
- (c) Les espèces "Associées" (By-catch): presque tous les débarquements de ces espèces ne constituent qu'une faible proportion des captures

Une autre catégorisation faisant appel au schéma de distribution est proposée, (elle pourrait être indépendante de "a, b et c" ci-dessus).

- (d) Les espèces Localisées dans l'Espace: Une grande partie du temps de sortie est consacré à la localisation des zones ou les espèces (à haute valeur commerciale) constituer une faible partie des captures mais ont une grande importance.
- (e) Les espèces reparties de manière homogène: ces espèces sont capturées à peu près partout en faibles proportions et avec 2 à 10% de sorties sans débarquements de cette espèce.

Un tel schéma de classification permet de concentrer l'attention sur les catégories (a) et (b) pour définir le niveau d'effort qui s'exerce. Bien que cela implique un certain degré de subjectivité, (impliquant que les seuils peuvent varier d'une espèce ou d'une zone à l'autre), elle ne permet pas une catégorisation simple conduisant à des indices de CPUE pour les espèces essentielles. Cette classification pourrait trouver son utilité pour la mesure de l'abondance du stock, ou pour déterminer un meilleur indice de l'effort que par la simple division de la capture totale par le nombre de sorties ou de jours de mer.

Intégration de l'effort de pêche par différentes unités au moyen du modèle linéaire général

C'est une méthode plus sophistiquée basée sur l'analyse jointe de l'effort et du taux de capture, qui permet aussi de calibrer et additionner l'effort de pêche de différents engins, elle fait appel au Modèle Linéaire Général (Brown *et al.*, 1995; Kimura, D.J., 1981). Le document de Gavaris (1980) a été le premier à élargir l'approche de Robson (1966) à la calibration de la puissance de pêche et à fournir une méthode utilisant le modèle multiplicatif pour combiner l'effet des différents types de bateaux de pêche sur les ressources. Ceci pourrait constituer un cadre de travail intéressant pour une approche du contrôle de l'effort des pêcheries méditerranéennes, ou tout au moins un bon point de départ dans le cas où le besoin de méthodes plus sophistiquées se ferait sentir.

Depuis 1980, le Modèle Linéaire Général a été utilisé pour déterminer les indices standardisés d'abondance pour des modèles plus élaborés tels que ADAPT, où la structure d'âge et la biomasse par prospection sont connues. Il pourrait être utilisé dans sa forme plus simple pour des situations où une série de ports et leurs lieux de pêches plus ou moins exclusifs sont les éléments clés d'une pêcherie ciblant des ressources démersales réparties le long de plateaux continentaux étroits. Le plateau lui-même (Figure 2, partie B) pourrait être divisé en zones d'aménagement des ressources correspondant aux ports de pêches locaux situés en bordure. L'effort de pêche non-local peut aussi être spécifié s'il intervient, mais cela impose une collecte supplémentaire de données parfois localement difficile à mettre en œuvre.

Chaque port peut avoir 2 à 4 combinaisons bateau/engin pêchant les ressources en question à l'intérieur de chaque zone d'aménagement des ressources. Les captures totales de chaque zone d'aménagement des ressources pêchées par l'ensemble des ports peuvent être déterminées séparément, probablement par enquête, car les données de composition en âge des débarquements ne seront vraisemblablement pas disponibles.

Le schéma ainsi suggéré correspond à l'assemblage de i ports, chacun avec sa flotte de N_{ij} bateaux appartenant à j catégories différentes d'engins/bateaux. Ils exploitent des fonds de pêche dont l'extension correspond à l'un ou l'autre des critères géographiques évoqués dans le premier document dans ce volume, sur les catégories zoo-géographiques. Ces fonds de pêches peuvent être considérés comme des "Unités géographiques d'exploitation". Ce schéma bien évidemment permet la généralisation de l'approche composite de production et les données d'un port avec ses fonds de pêche associés, ou des "Unités géographiques d'exploitation" individuelles qui peuvent être groupées pour tenir compte de zones de la taille des subdivisions du CGPM.

On suppose que pour définir l'effort exercé par (disons) deux catégories de bateaux originaires de deux ou plusieurs ports et pêchant le même stock, il est nécessaire de comparer les taux de capture de la même population par les catégories de bateaux 1 et 2. Ils se définissent comme le rapport entre la puissance de pêche relative $P_{1,2}$ d'une catégorie de bateau/port et de l'autre, tels que:

$$U_1 = U_2 \cdot P_{1,2}$$

Gavaris (1980) a élargi cette approche pour considérer un ensemble de "catégories" qui influent sur le taux de capture global résultant des activités en question. Une expression générale de ces modèles est de définir le taux de capture U en termes de taux de capture standard U_R :

$$U = U_R \cdot \prod_{i,j} (P_{ij} \cdot X_{ij})$$

Ici le symbole \prod implique la multiplication des valeurs de $(P_{ij} \cdot X_{ij})$ pour toutes les combinaisons de i et j , où P_{ij} est la puissance relative de la catégorie de type j dans la catégorie de type i , et $X_{ij} = 1$ quand la catégorie j existe si non ce terme est égal à 0

Un exemple simple à trois types de bateaux répartis en quatre ports est donné dans le tableau ci-dessous:

TYPE DE BATEAU/ENGIN	PORT J = 1	PORT J = 2	PORT J = 3	PORT J = 4
1	12	3	11	23
2	2	121	22	
3		1	23	2

Cette approche pourrait inclure la présence ou l'absence d'autres équipements ayant un effet sur la puissance de pêche (sondeurs, aides à la navigation et au positionnement par satellite, etc.).

Une possibilité serait:

- Trouver F_{opt} (quelle qu'en soit la définition) à partir des données d'évaluation des stocks par exemple le F correspondant à un point de référence défini.
- Trouver le niveau d'effort de pêche en unités standards correspondant.
- Définir le niveau d'effort correspondant à une série de i catégories de bateaux/engins contenant chacune les N_i bateaux, en cherchant les valeurs de $q(i)$ qui permettent de résoudre l'égalité:

$$f_{opt} = F_{opt} \cdot \sum_i (N_i \cdot q_i / \sum_i N_i)$$

$$f_{opt} = F_{opt} \cdot [\text{SUM}_i (N_i \cdot q_i / \text{SUM}_i N_i)]$$

Brown et al. (1995) font aussi la distinction à partir des journaux de bord entre des sorties "ciblantes" le merlu, ils travaillent sur ces données, ce qui est probablement plus facile en Afrique du Sud qu'en Méditerranée, car presque toutes les sorties en 1987-89 ciblaient cette espèce. Les points en dehors de la distribution sont éliminés avant traitement avec l'équation:

$$\ln(\text{cpue} + \delta) = \alpha \cdot (\text{année}) + \beta \cdot (\text{profondeur}) + \lambda \cdot (\text{longueur bateau}) + \lambda \cdot (\text{longueur bateau})^2 + \varpi \cdot (\text{saison}) + \mu \cdot (\text{espèce cible}) + \rho \cdot (\text{hélice}) + \gamma \cdot (\text{tuyère}) + \varepsilon$$

Où:

- CPUE est la capture en kg par trait de chalut,
- δ est une constante ajoutée à la CPUE pour tenir compte des valeurs zéro,
- $(\alpha \cdot \text{année})$ est le facteur année
- α à γ sont les paramètres associés aux facteurs qui leurs sont attachés et ε est supposé distribué normalement.

Deux catégories de bateaux ont été définies par "hélice" qui indique la présence ou non d'hélice à pas variable et "tuyère" celle d'une tuyère Kort. La taille des bateaux est une variable continue, mais la profondeur, la saison, l'hélice à pas variable ou la Tuyère Kort sont des variables discrètes (booléennes).

L'hypothèse de base dans l'utilisation du modèle linéaire général est satisfaite, les résidus se distribuent normalement et plusieurs traitements avec différentes valeurs de δ ont été effectués pour voir quels sont les résultats qui correspondent le mieux aux critères avant de choisir les valeurs.

Cette méthode, malgré sa sophistication peut s'avérer problématique lorsque l'analyse d'un jeu de données multi-engin et multi-espèces nécessite un trop grand nombre de catégories de bateaux et de termes d'erreur, mais elle est peut être utilisable dans le cas des pêcheries (comme celles des pélagiques) où le nombre d'espèces et d'engins est limité. Les taux de capture ainsi obtenus serviront à estimer le nombre d'unités d'effort standard appliquées à la pêche

Références

- Abella, A., R. Bairo, A. Belluscio, J. Bertrand, P. Carbonara, S. De Ranieri, F. Fiorentino, P. Gentiloni, D. Giordano, S. Greco, P. Righini, M. Sbrana, F. Serena, T. Silecchia, A. Voliani et A. Zamboni (1998). Utilization of MEDITS data for a preliminary assessment of some demersal resources using a variant of Surplus Production Models (mimeo). Presented at 1998 Workshop on the MEDITS project
- Becker, H.B. (1976). The reliability of number of days absent from port as fishing effort measure. In Appendix 2 of Report of the Joint technical sessions on methods for measuring fishing effort. *ICES Gear and Behaviour Comm.*, C.M.1976/B:9:8-11
- Ben Mariem, S., H. Gharbi et S. Ezzeddine-Najai (1996). Le rouget de roche (*Mullus surmuletus*) en Tunisie: évaluation des stocks et aménagement des pêches. In Sélection de documents présentés à la Troisième consultation technique sur l'évaluation des stocks dans la Méditerranée centrale. *FAO Fish.Rep.*, 533 (Suppl): 269-84 (in French and English)
- Bennett, D.B. et C.G. Brown (1976). The problems of pot immersion time in recording and analyzing catch-effort data from a trap fishery. Paper presented to the ICES Special Meeting on Population Assessments of Shellfish Stock Control, Doc. 6
- Biseau, A. (1998). Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impacts on stock assessments. *Aquat.Living Resour.*, 11(3):119-36
- Brendel, R. (1990). Analyse de la consommation de carburant des chalutiers de pêche demersale côtière au Sénégal. Conséquences sur la rentabilité des armements et la gestion de la pêcherie. Doc.Scientifique Numéro 121, Juillet 1990. Centre de recherches océanographiques de Dakar, Tiaroye, 61p.
- Brown, B.E. *et al.* (1976). The effect of fishing on the marine finfish biomass in the Northwest Atlantic from the Gulf of Maine to Cape Hatteras. *Reg.Bull.ICNAF*, (12):49-68
- Brown, J.P., D.S.Butterworth et K.L. Cochrane (1995). Standardizing the west coast hake CPUE time series. ICES Meeting Document WG/08/95/D:H:14 24 p. (mimeo)
- Caddy, J. F. (1975). Spatial model for an exploited shellfish population and its application to the Georges Bank scallop fishery. *J.Fish.Res.Board Can.*, 32(8):1305-28
- Caddy, J.F. (1977). Some considerations underlying definitions of catchability and fishing effort in shellfish fisheries, and their relevance for stock assessment purposes. *ICES Shellfish and Benthos Comm.* C.M.1977/K:18
- Caddy, J.F. et P. Oliver (1996). Some future perspectives for assessment and management of Mediterranean fisheries for demersal and shellfish resources, and small pelagic fish. In Resource and environmental issues relevant to Mediterranean fisheries management. *GFCM Studies and Reviews*, (66):19-60
- Chang, S. (1974). An evaluation of eastern Bering Sea fisheries for Alaska pollock (*Theraya chaleogramma*): population dynamics. Ph.D. Dissertation, University of Washington, Seattle, 313 p.
- Charbonnier, D. et S. Garcia, eds. (1985). Atlas des pêcheries de la Méditerranée occidentale et centrale. ATLAS de las pesquerías del Mediterráneo occidental y central. ATLAS of the western and central Mediterranean. Rome, FAO/EEC, CGPM/GFCM, pag.var. 250077-Tri
- Chikuni, S. (1976). Problems in monitoring abundance in the multi-species and multi-gear groundfish fisheries in the Bering Sea. *FAO Fish.Tech.Pap.*, (155):23-36
- Cunningham, S. et D. Whitmarsh (1980). Fishing effort and fisheries policy. *Marine Policy*, Oct 1980, pp. 309-316

- FAO (1976). Notes on international classifications and definitions used in fishing fleet, fishing gear, fishing effort, and fishermen statistics. Part D. Notes on fishing effort statistics. *FAO Fish.Circ.*, (429)Rev.2:D1-D7
- Garcia, S.M. (1984). Un exemple d'utilisation des modèles de production composites en Méditerranée espagnole. *FAO Fish.Rep.*, (305):97-105
- Gavaris, S. (1980). Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.*, (37):2272-5
- GFCM (1988). CONSEIL général des pêches pour la Méditerranée. Rapport du Groupe de travail AD HOC sur L'aménagement des stocks dans la Méditerranée occidentale. Rome, 24-25 juin 1986, Sète, France, 10-11 février 1987. 48p., 278415-F
- Gulland, J.A. (1955). Estimation of growth and mortality in commercial fish populations. *Fish.Invest.*, Minist.Agric.Fish.Food G.B. (2 Sea Fish.), 20(5):41 p.
- Gulland, J.A. (1964). Catch per unit effort as a measure of abundance. *Rapp.P.-V.Réun.CIESM*, 155:8-14
- Gulland, J.A. (1969). Manual of methods for fish stock assessment. Part 1. Fish population analysis. *FAO Man.Fish.Sci.*, (4):154 p.
- Gulland, J.A. (1974). The management of marine fisheries, Scientifica Publishers, Bristol, U.K.
- Hillis, J.P. et R. Arnason (1995). The inadequacy of technical measures compared to effort reduction in fisheries management with a comparison of selected fisheries in the European Union and off Iceland. Paper (mimeo) presented to 4th Bio-economic modelling workshop, Edinburgh, 24-27 October 1995.
- ICES (1974). Second report of the Working Group on standardization of scientific method for comparing the catching performance of different fishing gear. ICES Gear and Behaviour Comm.C.M. 1974/B:14
- ICNAF/ICES/FAO (1957). Joint scientific meeting of ICNAF/ICES/FAO, Lisbon, Portugal. General reports, Papers E1-E3 (fishing effort); S21-S43 (selectivity of fishing)
- ICNAF/ICES/FAO (1960). Proceedings of the Joint scientific meetings of ICNAF, ICES and FAO on fishing effort, the effect of fishing on resources and the selectivity of fishing gear. *Spec.Publ.ICNAF*, (2):45 p.
- Kimura, D.K. (1988). Standardized measures of relative abundance based on modelling log (c.p.u.e.), and their application to Pacific Ocean perch. *ICES J.Cons.*, (39):211-8
- Lewy, P. et M. Vinther (1994). Identification of Danish North Sea trawl fisheries. *ICES J.Mar.Sci.*, (51):263-72
- Mayo, R.K., M.J. Fogarty et F.M. Serchuk (1992). Aggregate fish biomass and yield on Georges Bank, 1960-87. *J.Northw.Atl.Fish.Sci.*, (14):59-78
- Munro, J.L. (1979) Stock assessment models: applicability and utility in tropical small-scale fisheries. Proceedings of the International workshop, University of Rhode Island, September 1979. Kingston, R.I., University of Rhode Island Press, pp 34-47
- Munro, J.L. (1974). The mode of operation of Antillean fish traps and the relationships between ingress, escapement, catch and soak. *J.Cons.CIESM*, 35(3):337-50
- Pauly, D. et G.I. Morgan. (1982). Theory and Management of tropical fisheries. Proceedings of the ICLARM/CSIRO Workshop on the Theory and Management of Tropical Multispecies Stocks, 12-21 January 1991, Cronulla, Australia, 360 p.

- Prawit, O., H. Rosenthal et W. Thiele (1996). Relationship between fishing power and vessel characteristics of German beam trawlers fishing for brown shrimp in the North Sea. ICES Document C.M. 1996/B:96 p. (mimeo)
- Prodanov, K., K. Mikhailov, G. Daskalov, C. Maxim, A. Chashchin, A. Arkhipov, V. Shlyakhov et E. Ozdamar (1997). Environmental management of fish resources in the Black Sea and their rational exploitation. *GFCM Studies and Reviews*, (69):178 p.
- Punt, A.E. et R. Hilborn (1996). Biomass dynamic models. FAO Computerized Information Series, No 10, 62 p.
- Robson, D.S. (1966). Estimation of the relative fishing power of individual ships. *Res.Bull.ICNAF*, (3):5-14
- Rothschild, B.J. et D.S. Robson (1972). The use of concentration indices in fisheries. *Fish.Bull.NOAA/NMFS*, 70:511-4
- Skud, B.E. 1972. A reassessment of effort in the halibut fishery. *Sci.Rep.IPHC*, (54):11 p.
- Smit, W. (1996). An economic approach to measuring fishing effort: application to a dutch cutter fleet. *Marine Resource Economics*, (11):305-11
- Tsimenides, N. (1989). The acoustic survey programme in Greek waters. Appendix N, . **In** Rapport de la deuxième Consultation technique du Conseil général des pêches pour la Méditerranée sur l'évaluation des stocks dans la Méditerranée orientale. Athènes, Grèce, 28 mars – 1 avril 1988. *FAO Fish Rep.*, 412:127-34
- Ulltang, O. (1976). Catch per unit of effort in the Norwegian purse seine fishery for Atlantic-Scandinavian (Norwegian spring spawning) herring. *FAO Fish.Tech.Pap.*, (155):91-101