

4.4 La CPUE et la LPUE comme indices d'abondance

La section 4.2.4 a présenté les sources d'information sur les pêcheries de thonidés en indiquant qu'elles sont associées en grande partie aux pêcheries commerciales. La présente section analyse l'utilisation des données dépendant des pêcheries concernant les débarquements ou la capture par unité d'effort (respectivement LPUE et CPUE) en tant qu'indices de l'abondance relative des poissons. Le paragraphe final aborde très brièvement les données de CPUE indépendantes des pêcheries.

On considère, en général, que la CPUE est proportionnelle au nombre de poissons, N , dans le stock présent dans un secteur :

$$CPUE = q.N$$

La constante de proportionnalité, q , est appelée la « capturabilité ». L'équation pourrait être réécrite avec des indices inférieurs, l , pour se rapporter à des classes de taille spécifiques en cas de besoin. Les postulats solides sont inhérents dans la relation générale (Paloheimo et Dickie, 1964; Maunder et Punt, 2004), par exemple :

- La CPUE moyenne est estimée pour les mêmes période, profondeur et région géographique que celles qui supportent le N de poissons du stock.
- q est constante dans toutes les conditions de pêche.
- q n varie pas avec N .

La différence entre la LPUE et la CPUE suscite malheureusement une plus grande incertitude si l'on ne dispose pas d'information sur les rejets ou autres pertes de poissons en mer. Lorsqu'on estime l'abondance comme étant un indice basé sur la LPUE ou CPUE moyenne par strate spatio-temporelle, il est nécessaire de tenir compte de plusieurs facteurs et de savoir, entre autres :

- si la pêche a couvert le même secteur que celui du stock ;
- si la pêche a couvert la même profondeur que celle du stock ;
- quels seraient les effets des migrations, aussi bien horizontalement que verticalement, sur l'abondance locale (ou q) ;
- si les poissons se regroupent et sont moins accessibles dans un stock moins nombreux ; et
- si les technologies et les stratégies utilisées par la flottille de pêche sont suffisamment stables dans le temps pour postuler que q est constante. On constate souvent une amélioration progressive de l'efficacité de pêche d'un bateau au fur et à mesure que le capitaine acquiert plus d'expérience dans la pratique de la pêche et que le bateau est équipé de meilleurs équipements de détection de poissons, parfois accompagnée d'une plus grande capacité d'exploration des zones de pêche, etc. C'est ce que l'on appelle l'évolution technique (« technical creep »).

D'autres questions peuvent être spécifiques aux thonidés :

- les effets de la migration saisonnière sur les données de CPUE d'un seul pays ;
- l'effet des dispositifs de concentration de poissons (DCP) sur la CPUE ;
- la collaboration entre différents types d'engin lors de la pêche sous DCP⁴ ;
- le calcul de la CPUE comme indice d'abondance de la population pour une espèce dont les individus forment des bancs ;

⁴ Il arrive que les canneurs maintiennent un grand banc de poissons en surface tandis que les senneurs prélèvent une partie de ces poissons. Une partie de la prise peut être cédée au canneur qui a coopéré à cette opération. Dans ce cas, lorsque les canneurs sont échantillonnés au port, la composition de leurs prises sera différente de celles qu'ils obtiennent dans des circonstances normales. L'effort déployé pour capturer ces poissons sera également différent de l'effort exercé dans des conditions normales. Il pourrait être nécessaire d'ajouter une catégorie d'engin pour les canneurs participant à la pêche à senne, ce qui renvoie à la question de la détermination de la pêcherie qui doit être soumise à l'échantillonnage. La collaboration des senneurs dans la recherche et la capture du thon rouge en Méditerranée constitue une situation similaire. Dans ce cas, les CPUE des bateaux individuels ne sont pas cohérentes.

- le calcul de la CPUE lorsque les thonidés sont capturés à des fins d'élevage. Les données de taille et de poids obtenues sur le marché (par ex. au Japon) ne seront pas comparables aux données correspondant à des « poissons sauvages ».

Comme on dispose rarement de réponses claires à ces questions, il faudra soit accepter le postulat de proportionnalité avec grande prudence, soit recourir à une modélisation pour essayer d'améliorer la LPUE ou la CPUE comme indice d'abondance (Xiao *et al.*, 2004, part I). Les arbres de régression offrent une autre approche, moins normative, basée sur un modèle (Watters et Deriso, 2000).

La standardisation des CPUE est un véritable exercice de recherche. Les variables explicatives doivent généralement être sélectionnées dans une longue liste de variables candidates qui doivent inclure les interactions entre ces variables (ex. Rodríguez-Marín *et al.*, 2003). L'omission d'une variable importante pourrait provoquer un fonctionnement erratique du modèle lorsqu'il est utilisé pour faire des prédictions au-dehors du cadre spatio-temporel des observations utilisées pour ajuster le modèle. Les connaissances biologiques a priori sont le meilleur guide pour opérer une sélection initiale des variables indépendantes qui pourront ensuite être affinées par des méthodes statistiques (Burnham et Anderson, 2002). Une approche à éviter est celle de la sélection par degrés passant par toutes les variables disponibles. En effet, la signification statistique d'un prédicteur avec un jeu de données et un jeu de prédicteurs additionnels variera souvent de façon considérable en présence de conditions légèrement différentes. La distribution des valeurs résiduelles (=observées-ajustées) doit être sélectionnée parmi plusieurs possibilités statistiques qui comprennent la possibilité d'une CPUE de valeur zéro (Ortiz et Arocha, 2004). Le choix de la modélisation doit être fait en fonction de la distribution de l'erreur. La situation la plus simple est lorsqu'on peut considérer que $\log(\text{CPUE})$ a une distribution à peu près normale autour d'un modèle linéaire ignorant les zéros ; on appliquera dans ce cas les méthodes de régression linéaire des moindres carrés, qui sont décrites dans de nombreux manuels. Les autres distributions, comme celle de Poisson, impliquent l'utilisation d'un Modèle Linéaire Généralisé (McCullagh et Nelder, 1989). Les relations non linéaires peuvent être estimées avec des Modèles Additifs Généralisés (Hastie et Tibshirani, 1990). Ces derniers exigent de déterminer le degré de flexibilité qui sera admis dans les courbes ajustées et de spécifier la forme non linéaire des variables prédictives utilisées. Une autre considération à prendre en compte dans la modélisation est le fait que la pondération différentielle des observations aura différents degrés de fiabilité (Cotter et Buckland, 2004). On trouvera un résumé utile de la théorie de la modélisation dans le contexte des pêcheries chez Venables et Dichmont (2004).

Compte tenu de cette flexibilité associée aux approches de modélisation pour standardiser la LPUE et la CPUE, il est **essentiel** que les responsables qui transmettent les résultats du travail de modélisation à l'ICCAT résumant tous les choix et postulats réalisés et, dans la mesure du possible, justifient leurs décisions. Les graphiques de diagnostic ainsi obtenus (par ex. évolution des résidus par rapport aux CPUE prédites, normalité des résidus) doivent également être présentés pour démontrer que le modèle et la structure d'erreur ont été correctement choisis. La compréhension générale des bases d'une étude de modélisation, de ses points forts et de ses points faibles sera très utile lorsqu'on examinera l'information obtenue aux fins de l'évaluation et de la gestion d'un stock.

Les LPUE des bateaux de pêche peuvent varier considérablement d'une sortie à l'autre. Il est donc important d'utiliser l'estimateur approprié pour la LPUE moyenne dans une strate spatio-temporelle. Pour simplifier, on considérera uniquement deux sorties marquées comme $i = 1, 2$ dans lesquelles on aura retenu L_i poissons pour le débarquement après l'application de E_i unités d'effort de pêche. Il y a deux estimateurs différents de la LPUE moyenne :

$$\text{moyenne}_1(LPUE) = \frac{(L_1/E_1) + (L_2/E_2)}{2}$$

(1)

et

$$\text{moyenne}_2(LPUE) = \frac{L_1 + L_2}{E_1 + E_2}$$

(2)

Supposons, à titre d'exemple, qu'il y ait eu des prises contrastées de poissons de sorte que $L_1 = 1$, $L_2 = 100$, $E_1 = 1$, et $E_2 = 2$. Alors,

Il se peut qu'on dispose de données de CPUE provenant de sources indépendantes des pêcheries telles que des études menées par des bateaux de recherche ou des avions de détection. Ces informations offrent l'avantage de ne pas être influencées par les décisions commerciales affectant les lieux et les périodes de pêche ou, si elles sont correctement standardisées et documentées dans des SOP, par les changements d'engin et de techniques de pêche dans le temps. Par contre, les inconvénients de ces études sont qu'il est peu probable qu'elles couvrent toute la zone occupée par un stock et que le degré de chevauchement peut varier avec la saison, les migrations, voire d'une année sur l'autre. La conception de l'étude est également très importante. Ainsi, un quadrillage systématique sera peu efficace pour détecter des poissons si le stock est limité et regroupé dans de petites concentrations localisées qui se situent entre les nœuds du quadrillage. En général, les indices d'abondance de ces études ont une variance supérieure aux valeurs moyennes de LPUE issues d'une pêcherie commerciale étendue. Par ailleurs, ils sont souvent biaisés à cause de la disparité existant entre les lieux où se trouvent les poissons et les points d'observation des études. L'utilisation d'une série temporelle des résultats d'une étude exige le postulat solide selon lequel le biais de l'étude est constant dans le temps.

4.4.1 Questions spécifiques à l'ICCAT

Une question qui acquiert de plus en plus d'importance est le chevauchement entre le temps-espace « échantillonné » par l'engin et le temps-espace habité par les poissons ; le degré de chevauchement varie-t-il dans le temps ?

Pour les prises accessoires comme le makaire blanc de l'Atlantique, les seules séries temporelles disponibles de l'abondance relative sont les indices de CPUE issus des pêcheries. Les indices commerciaux proviennent de pêcheries très étendues, mais celles-ci peuvent avoir modifié leur distribution spatiale, l'engin (en passant à l'utilisation de palangres pouvant opérer à des eaux plus profondes) ou l'espèce visée dans le temps (des

hameçons placés sur des lignes plus profondes indiquent un changement de cible vers le thon obèse). D'autres données de CPUE proviennent de pêcheries sportives plus localisées qui ont toujours ciblé les makaires. On a proposé des formulations alternatives de GLM afin d'essayer d'éliminer les biais causés par les modifications de profondeur de pêche dans le temps (Babcock et McAllister, 2004).

Une autre méthode destinée aux espèces d'istiophoridés est l'application de modèles de standardisation « basés sur l'habitat » (Hinton et Nakano, 1996). Ces modèles intègrent la connaissance de paramètres comportementaux (préférences de profondeur et de température) et océanographiques pour standardiser des données historiques de séries temporelles de CPUE, ainsi que la prise en compte de changements importants d'engins dans le temps. L'idée de base est que si un hameçon est utilisé dans un environnement préféré par une espèce, il aura plus de probabilité de capturer des poissons de cette espèce (Hinton et Maunder, 2004). Bigelow *et al.* (2002) a utilisé la méthode de standardisation basée sur l'habitat pour créer des indices d'abondance relative basés sur la CPUE pour le thon obèse et l'albacore dans l'océan Pacifique. Ces indices ont été utilisés dans les évaluations menées dans l'océan Pacifique centre-ouest par le SPC (Hampton, 2002) et dans le Pacifique oriental par la CIATT (Maunder 2002). Le débat sur l'utilisation de modèles de standardisation « basés sur l'habitat » bat son plein.

4.4.2 Bibliographie

- BABCOCK, E.A. and M.K. McAllister (2004). Modelling biases and contradictions among catch rate indices of abundance for Atlantic white marlin (*Tetrapterus albidus*). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 56(1): 110-119.
- BIGELOW, K.A., J. Hampton, and N. Miyabe (2002). Application of a habitat-based model to estimate effective longline fishing effort and relative abundance of Pacific bigeye tuna (*Thunnus obesus*). Fish. Oceanogr. 11(3): 143-155.
- BURNHAM, K.P. and D.R. Anderson (2002). Model Selection and Multimodel Inference. New York, Springer
- COTTER, A.J.R. and S.T. Buckland (2004). Using the EM algorithm to weight data sets of unknown precision when modeling fish stocks. Mathematical Biosciences 190: 1-7.
- HAMPTON, J. (2002). Stock assessment of bigeye tuna in the western and central Pacific. Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia, SCTB 15, BET-1, 37 p.
- HASTIE, T.J. and R.J. Tibshirani (1990). Generalized Additive Models. Boca Raton, Chapman & Hall/CRC.335
- HINTON, M.G. and N. Nakano (1996). Standardizing catch and effort statistics using physiological, ecological or behavioural constraints and environmental data, with an application to blue marlin (*Makaira nigricans*) catch and effort data from Japanese longline fisheries in the Pacific. Bull. IATTC 21(4), 171-200.
- HINTON, M.G. and M.N. Maunder (2004). Methods for standardising CPUE and how to select among them. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 56(1): 169-177.
- MAUNDER, M.N. (2002). Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Stock Assessment Report 3: 47-134.
- MAUNDER, M.N. and A.E. Punt (2004). Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. Fish. Res. 70(2-3): 141-159.
- MCCULLAGH, P. and J.A. Nelder (1989). Generalized Linear Models. Boca Raton, Chapman & Hall/CRC.511
- ORTIZ, M. and F. Arocha (2004). Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. Fish. Res. 70: 275-297.
- PALOHEIMO, J.E. and L.M. Dickie (1964). Abundance and fishing success. Rapports et Procès-verbaux des Réunions, Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer 155(28): 152-163.
- RODRÍGUEZ-MARÍN, E., H. Arrizabalaga, M. Ortiz, C. Rodríguez-Cabello, G. Moreno, and L.T. Kell (2003). Standardisation of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, catch per unit effort in the baitboat fishery of the Bay of Biscay (Eastern Atlantic). ICES J. Mar. Sci. 60, 1216-1231.
- VENABLES, W.N. and C.M. Dichmont (2004). GLMs, GAMs and GLMMs: an overview of theory for applications in fisheries research. Fish. Res. 70(2-3): 319-337.

- WATTERS, G.M. and R.B. Deriso (2000). Catch per unit of effort of bigeye tuna: a new analysis with regression trees and simulated annealing. *Bulletin of the Inter-American tropical Tuna Commission* 21(8): 531-571.
- XIAO, Y.S., A.E. Punt, R.B. Miller, T.J. Quinn, II, eds. (2004). Models in fisheries research: GLMs, GAMs and GLMMs., *Fish. Res.* 70:137-428.