



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère de l'Écologie  
et du Développement Durable

# Document de travail

METHODES – ETUDES - SYNTHESSES

DE  
4

## ARTICULATION ENTRE QUOTAS ECHANGEABLES ET MESURES DE GESTION DES RESSOURCES HALIEUTIQUES

DOMINIQUE BUREAU

Site internet : <http://www.ecologie.gouv.fr>  
20 avenue de Ségur – 753002 Paris 07 SP

DIRECTION DES ETUDES ECONOMIQUES ET DE L'EVALUATION ENVIRONNEMENTLE

## SOMMAIRE

### P.3 : INTRODUCTION

### P.4 : LE MODELE

### P.5 : EQUILIBRE STATIONNAIRE DE LONG TERME AVEC LIBRE ENTREE ET AIRE PROTEGEE

### P.6 : IMPACT D'UNE MESURE DE TYPE « AIRE MARINE PROTEGEE »

### P.8 : COMBINAISON OPTIMALE DES INSTRUMENTS

### P.9 : CONCLUSION

## RÉSUMÉ

*La surexploitation des ressources halieutiques constitue à la fois un enjeu majeur du point de vue écologique, compte tenu des écosystèmes qui se trouvent affectés ou irrémédiablement détruits, mais aussi économique, car elle met en péril l'avenir des activités concernées, notamment la pêche côtière.*

*Face à cette situation, la première réponse a consisté à imposer des régulations restreignant l'accès à la ressource ou les conditions de capture. Souvent, les résultats d'une telle approche ont été décevants, la mise en place de ces réglementations générant une course à l'armement telle que l'impact sur l'état de la ressource demeure insuffisant, et ajoutant à la surexploitation de la ressource un surinvestissement qui accroît la fragilité de ces secteurs.*

*L'alternative économique à cette approche est celle des quotas échangeables. Mais la stratégie optimale pour le secteur dans une approche intertemporelle pose un problème de compensation délicat pour ceux qui à court terme se verraient restreindre leur activité. C'est dans cette perspective que sont aujourd'hui proposées la création d'aires marines protégées dont on attend - outre des effets écologiques - des effets bénéfiques pour la pêche grâce à la protection de la biomasse des géniteurs, la constitution de sources de biomasse pour les zones environnantes, et la protection de la diversité biologique.*

*Dans cette perspective, on esquisse ici, dans le cadre d'un modèle très schématique, les principes d'évaluation de l'intérêt économique, pour le secteur de la pêche, de ce type de mesure, et leur articulation avec le recours aux instruments économiques, taxe sur les captures ou marchés de quotas échangeables.*

*La constitution d'aires marines protégées ne permet pas de s'affranchir de régulations économiques des activités de pêche. Mais elles en constituent un instrument complémentaire nécessaire, même en l'absence de valeur écologique de la ressource, car la régulation économique des captures n'intervient que sur un déterminant seulement des dommages à celle-ci. On peut par ailleurs définir leur dimensionnement, à partir d'un calcul coûts-avantages.*

## INTRODUCTION

La surexploitation des ressources halieutiques constitue à la fois un enjeu majeur du point de vue écologique, compte tenu des écosystèmes qui se trouvent actuellement affectés ou irrémédiablement détruits, mais aussi économique, car elle met en péril l'avenir de ces activités, notamment la pêche côtière.

Face à cette situation, la première réponse a consisté à imposer diverses régulations restreignant l'accès à la ressource : soit en limitant les périodes de pêche pour faciliter la reconstitution de la ressource ; soit en réglementant ses conditions (type de filet par exemple) pour en limiter les effets indésirables sur les conditions de reconstitution de l'espèce concernée, ou celle d'autres espèces. Souvent, les résultats d'une telle approche ont été décevants, la mise en place de telles réglementations générant une course à l'armement telle que l'impact sur l'état de la ressource demeure insuffisant, et ajoutant à la surexploitation de la ressource un surinvestissement qui accroît la fragilité des secteurs concernés.

L'alternative économique à cette approche est celle des quotas échangeables. Elle a été expérimentée avec succès en Nouvelle-Zélande ou au Canada. Elle reste néanmoins difficile à mettre en œuvre en Europe. D'une part, il n'est en effet pas toujours bien compris que la restriction de l'accès est d'abord l'intérêt du secteur de la pêche, dans la durée. D'autre part il faut tenir compte de deux objections. La première concerne la phase transitoire, où un moratoire complet serait théoriquement justifié, tant que le niveau optimal de la ressource n'est pas rétabli. Mais cette stratégie, optimale pour le secteur dans une approche intertemporelle, pose un problème de compensation délicat pour ceux qui à court terme se verraient restreindre leur activité.

La seconde objection concerne le caractère aveugle des quotas, alors qu'il semble possible de concevoir des mesures de gestion plus fines, fondées sur une connaissance plus approfondie du fonctionnement des écosystèmes. C'est dans cette perspective que sont aujourd'hui proposées la création d'aires marines protégées dont on attend - outre des effets écologiques - des effets bénéfiques pour la pêche grâce à la protection de la biomasse des géniteurs, la constitution de sources de biomasse pour les zones environnantes, et la protection de la diversité biologique. Du point de vue économique, ce type de mesure n'est cependant qu'un cas particulier des mesures réglementaires évoquées ci-dessus. Ceci conduit donc à réexaminer l'articulation entre ce type de mesures et l'approche des quotas échangeables : sont-elles substituables ou complémentaires, et jusqu'à quel point ? Peut-on préciser au delà les conditions d'efficacité de ce type de mesure, et les règles de dimensionnement à leur appliquer ?

Dans cette perspective, on esquisse ici, dans le cadre d'un modèle très schématique, les principes d'évaluation de l'intérêt économique, pour le secteur de la pêche, de ce type de mesure, et leur articulation avec le recours aux instruments économiques, taxe sur les captures ou marchés de quotas échangeables.

## 1 – LE MODELE

On considère un modèle simple, où la pêche ne porte que sur une seule espèce, dont on note  $s$  le stock à chaque instant. On suppose qu'en l'absence de capture, la dynamique de la ressource vérifie :

$$\dot{s} = H(s_t) \text{ avec } H(s) = as\left(1 - \frac{s}{b}\right)$$

La fonction  $H$  synthétise donc le processus de développement de l'espèce en l'absence de captures, avec comme paramètres caractéristiques  $a$  et  $b$ . Sous ces conditions, le stock de long terme vaut en effet  $b$ ,  $a$  caractérisant par ailleurs la vitesse de reconstitution de la ressource (cf. schéma 1)

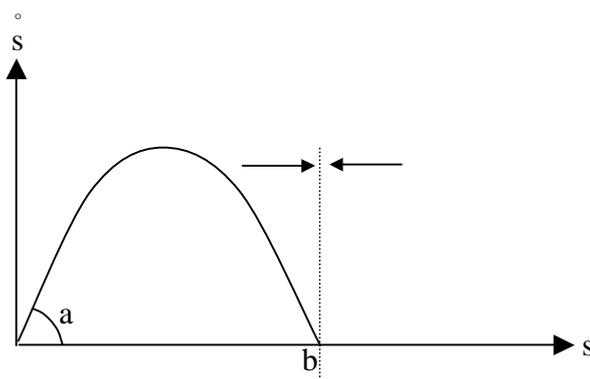


schéma 1 : dynamique de la ressource en l'absence de captures

Pour modéliser les réglementations des pratiques de pêche, on suppose que leur ampleur peut être résumée par un indice de niveau de protection unimodal auquel est associé un surcoût pour les activités de pêche (toutes choses égales par ailleurs). On note ainsi  $z$  le coefficient par lequel ces mesures de protection affectent le coût des captures ( $x$ ) en fonction de l'effort de pêche ( $e$ ). Plus précisément, on suppose que celles-ci dépendent de ces deux paramètres et de l'état de la ressource suivant la relation :

$$x = s\sqrt{ze}$$

En d'autres termes on caractérise ici le niveau de protection par le surcoût que celui-ci occasionne sur le fonctionnement de la pêche.

$z = 1$  correspond à la situation en l'absence de mesure de protection réglementaire ;  $z = 0$  au cas où l'aire protégée affecterait l'intégralité de la zone.  $z \in [0, 1]$  s'interprète donc comme un indice de non protection. Bien évidemment il faut supposer que les niveaux de protection, lorsque l'on passe de  $z = 0$  à  $z = 1$  conservent prioritairement les zones protégées les plus efficaces.

On note finalement  $k(z)$  l'impact de ce niveau de protection sur l'agressivité des captures dans le processus de renouvellement de la ressource, la dynamique de la ressource complète en présence de captures étant donnée par l'équation ci-dessous, suivant laquelle l'impact des captures ( $x_t$ ) sur le stock de ressource est réduit en présence d'aires marines protégées :

$$\dot{s} = H(s_t) - k(z)x_t, \text{ avec } k' > 0 ; k(0) \rightarrow 1 ; k(1) \gg 1^*$$

## 2 – EQUILIBRE STATIONNAIRE DE LONG TERME AVEC LIBRE ENTREE ET AIRE PROTEGEE

Notant  $w$  le coût unitaire de l'effort de pêche, le coût total associé au niveau  $x$  de capture, si l'état de la ressource vaut  $s$ , et le niveau de (non) protection des zones de pêche vaut  $z$  :

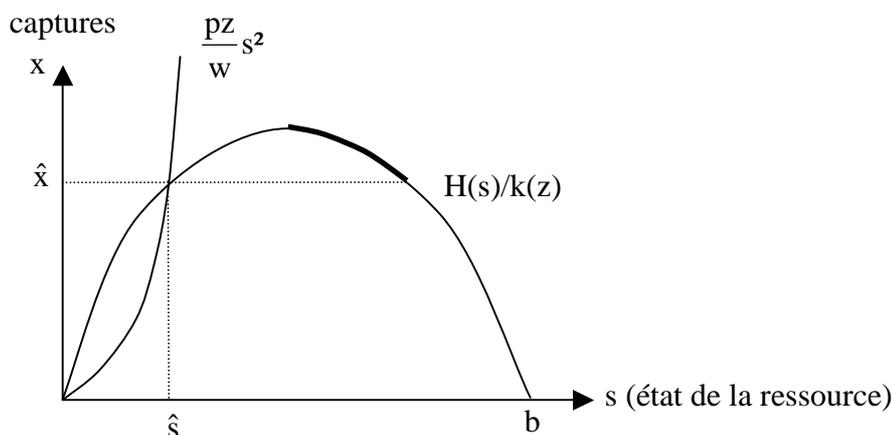
$$C(x, z, s) = we = \frac{wx^2}{zs^2}$$

Si l'accès à la zone de pêche est libre, l'entrée se poursuit jusqu'à l'égalité du prix de vente des captures ( $p$ ), vis à vis duquel on suppose que l'ensemble de la zone concernée est « price-taker », et de leur coût moyen ( $C_M = C/x$ ), le profit final du secteur de la pêche étant donc nul, d'où  $x = (p/w)zs^2$

L'équilibre à long terme avec libre entrée vérifie donc les deux équations :

$$\begin{cases} H(s) = k(z)x & (\text{équilibre stationnaire par rapport à la reconstitution de la ressource}) \\ x = (p/w)zs^2 & (\text{niveau de capture résultant des conditions économiques}) \end{cases}$$

Celui-ci est schématisé ci-dessous :



Dans l'hypothèse schématisée, celui-ci est bio-économiquement inefficace puisque l'on pourrait réaliser un niveau de capture supérieur, avec un niveau de stock de la ressource lui aussi supérieur (cf. zone en gras), et donc un coût de captures inférieur. Le développement d'instruments économiques vise justement à adresser cette inefficacité qui résulte à la fois :

- du libre accès à la ressource, qui génère une entrée excessive, tant que le profit de l'industrie demeure positif, alors qu'il serait souhaitable de l'arrêter dès que le coût marginal des captures devient égal à leur valeur sur le marché,

- de la non prise en compte par les pêcheurs de l'impact des captures sur la ressource ultérieure.

### 3 – IMPACT D’UNE MESURE DE TYPE « AIRE MARINE PROTEGEE »

Analytiquement, l’équilibre précédent vérifie :

$$as\left(1 - \frac{s}{b}\right) = k(z)\left(\frac{pz}{w}\right)s^2,$$

d’où la solution non nulle :

$$\hat{s}(z) = \frac{awb}{aw + bk(z)zp}$$

Elle se situe donc dans la zone bio-économiquement inefficace ( $\hat{s} < b/2$ ) si :

$$\frac{pz}{w} > \left(\frac{a}{bk(z)}\right)$$

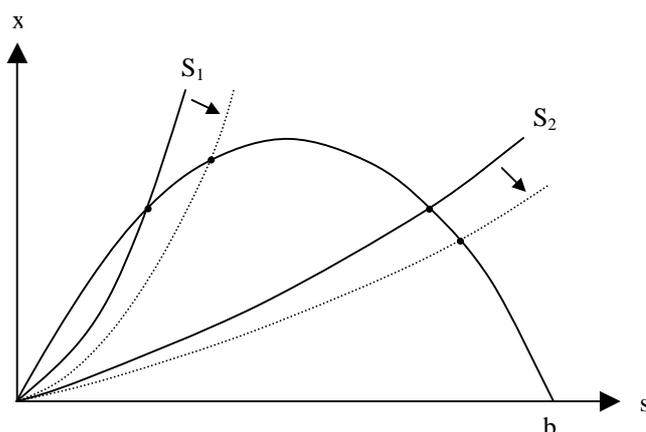
Ce sera le cas si le prix relatif des captures par rapport à l’effort de pêche ( $p/w$ ), corrigé de son facteur d’efficacité ( $z$ ) est élevé, ce qui pousse en effet à l’entrée sur le marché ; et si la capacité relative de renouvellement de l’espèce ( $a/b$ ) est faible, ou si l’effet de destruction des captures sur la ressource  $k(z)$  est particulièrement élevé.

Le niveau de capture correspondant à cet équilibre vérifie par ailleurs :

$$\hat{x}(z) = \frac{pza^2b^2w}{(aw + bk(z)zp)^2}$$

Un renforcement marginal des mesures de protection dans ce cadre correspond donc à une variation  $\delta z < 0$ , qui a par ailleurs comme impact  $\delta k = k'\delta z < 0$ , d’où l’on déduit la résultante sur  $\hat{x}(z)$  et  $\hat{s}(z)$ . La compréhension de celle-ci doit distinguer ces deux effets :

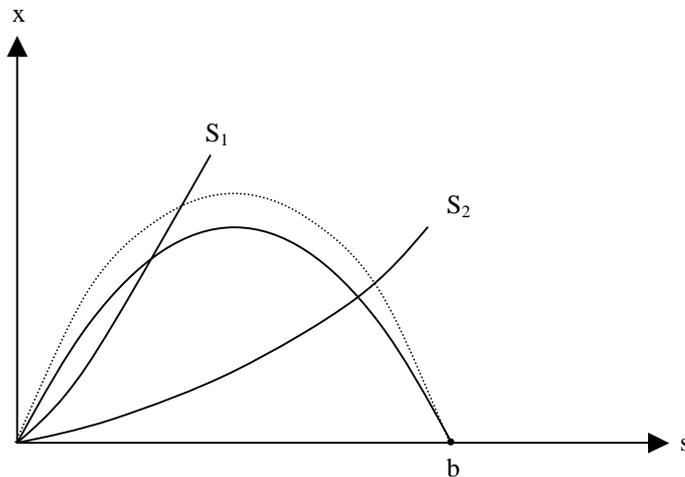
- Impact de  $\delta z < 0$  à  $k$  inchangé, c’est à dire de la moindre efficacité de l’effort de pêche. Celle-ci déplace vers le bas la courbe de captures résultant des conditions économiques, suivant le schéma suivant (qui visualise les deux cas possibles, d’un équilibre bio-économiquement inefficace ( $s_1$ ) ou non ( $s_2$ )).



Quelle que soit la nature de l’équilibre, le niveau de stock de ressource se trouve ainsi augmenté à l’équilibre de long terme. Dans le cas où l’équilibre n’était pas inefficace, la contrepartie (ou l’origine) en est un moindre niveau de captures du fait de leur coût accru. En revanche, cet équilibre est associé à un niveau de captures plus élevé lorsque l’équilibre de départ est bio-économiquement inefficace, car la

mesure de protection agit aussi comme une mesure de régulation économique, limitant l'entrée excessive sur le marché (mais au prix de coûts accrus eux aussi).

- Impact de  $\delta k < 0$ , c'est à dire de la moindre agressivité des captures. Celle-ci déplace la courbe  $H/k$  vers le haut, suivant le schéma suivant :



Quelle que soit la nature de l'équilibre, cette modification est donc bénéfique, à la fois pour l'état de la ressource (mesuré par le stock  $s$ ), et pour le niveau des captures.

En résumé, l'impact d'une mesure de type « aire marine protégée » combine ces deux effets :

- elle accroît le stock de la ressource à long terme, quelle que soit la nature de l'équilibre initial,
- elle accroît le niveau des captures, si l'équilibre est bio-économiquement inefficace, ou si la réduction de l'impact des captures sur le processus de renouvellement de la ressource l'emporte sur l'accroissement des coûts imposé à l'industrie de la pêche.

Si l'on poursuit un objectif de qualité écologique assimilable au niveau de stock de la ressource, l'introduction d'une telle mesure procure donc un bénéfice.

En revanche, du point de vue économique, on se situe toujours à profit nul dans la situation de départ et à l'arrivée, compte tenu de l'absence de régulation de l'entrée. Dans ces conditions, ce type de mesure ne peut être présenté comme une alternative à la mise en place d'instruments économiques de régulation. En l'absence de telles régulations, elle ne peut en effet être justifiée sur la base de seules considérations économiques, car ses avantages potentiels à cet égard se trouvent immédiatement « dissipés » du fait de l'inefficacité du processus d'accès à la ressource, qui conduit à surexploiter aussi l'apport des aires marines protégées.

#### 4 – COMBINAISON OPTIMALE DES INSTRUMENTS

Associées à des mesures de régulation économique, la création d'aires marines protégées retrouve un intérêt économique certain. En effet l'externalité dynamique entre les captures aujourd'hui et les conditions de pêche de demain résulte du produit  $k(z)x$ . La mise en place d'instruments économiques (taxes ou quotas échangeables) pour réguler  $x$  n'adresse donc que le premier terme, soient les dommages à réglementation des pratiques de pêches données. Mais il est intéressant aussi d'optimiser cette régulation.

L'articulation entre les deux types d'instruments et cette condition d'optimisation peuvent être précisées dans le cadre d'une approche normative visant à maximiser le bénéfice social actualisé (taux  $r$ ) de cette activité. On supposera pour cela que ce bénéfice social peut être décomposé en deux termes : le bénéfice de l'industrie considérée ; et un bénéfice « écologique » supposé proportionnel à l'état de la ressource. On note  $\lambda$  la valeur monétaire unitaire correspondante du stock  $s$ .

Avec ces notations, le programme à résoudre s'écrit :

$$(\mu_t) \left\{ \begin{array}{l} \max_{(x_t, z_t)} \int_0^{\infty} [(px - C(x, z, s)) + \lambda s] e^{-rt} dt \\ \dot{s} = H(s) - k(z)x \\ s(0) = s_0 \end{array} \right.$$

Notant  $\mu$  la variable adjointe, l'hamiltonien s'écrit donc :

$$H(s, (x, z), t) = [px + \lambda s - C(x, z, s)]e^{-rt} + \mu[H(s) - k(z)x]$$

La solution optimale doit satisfaire le principe du maximum soit :

$$(x) \quad p = C'_x + \mu k(z)e^{rt}$$

$$(z) \quad C'_z + \mu e^{rt} k'(z)x = 0$$

$$\text{et } \dot{\mu} = -\frac{\partial H}{\partial s} = [-\lambda + C'_s]e^{-rt} - \mu H'$$

$$\text{avec } \lim_{t \rightarrow \infty} \mu_t = 0$$

Ce système admet une solution stationnaire telle que  $\mu_t e^{rt} = \text{cste} = \bar{\mu}$ , valeur sociale actualisée d'une unité supplémentaire de ressource à l'instant initial, pour les périodes ultérieures. La solution correspondante (nécessairement bio-économiquement efficace), vérifie donc, outre  $k(z)x = H(s)$  :

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{\mu} = \frac{(\lambda - C'_s)}{(r - H')} \\ p - \bar{\mu} k(z) = C'_x \\ -C'_z = \bar{\mu} k'(z)x \end{array} \right.$$

La première équation exprime que, sur une trajectoire optimale, la valeur d'une unité supplémentaire de stock de ressource est égale à la valeur actualisée des bénéfices écologiques et des moindres coûts de pêche ( $C'_s < 0$ ) qu'elle permet, étant tenu compte de la dynamique propre de résorption de l'écart ( $H'$ ) du niveau de population.

La seconde précise : d'une part, que la valeur sociale d'une capture supplémentaire n'est pas égale à son prix de marché ( $p$ ), mais à celui-ci diminué de la valeur de la dégradation de l'état de la ressource qu'elle occasionne ( $\bar{\mu}k(z)$ ) ; d'autre part, que le niveau de capture doit équilibrer cette valeur sociale et son coût marginal, alors que le comportement de libre entrée se référerait à son coût moyen. Il en résulte la nécessité de mettre en place une régulation économique, qui peut prendre la forme d'un marché de quotas dont la contrainte globale doit être fixée au niveau de captures optimal défini par ce système d'équation, ou d'une taxe ( $t$ ) sur les captures telles que :

$$t = (C'_x - C'_M) + k \frac{(\lambda - C'_s)}{r - H'}$$

Le premier terme régule le comportement d'entrée. Le second terme fait internaliser les dommages créés à la ressource aux périodes ultérieures.

Enfin, et ceci est ce qui nous intéresse ici, la troisième équation établit la condition de premier ordre pour fixer l'étendue des mesures de protection. Elle exprime que l'aire marine protégée doit être élargie tant que les bénéfices qu'elle procure sur l'état de la ressource du fait des moindres destructions opérées par la pêche ( $\bar{\mu}k'(z)x$ ) est supérieure aux surcoûts ( $-C'_z$ ) qu'elle occasionne à celle-ci.

Cette solution suppose que dès l'instant initial le stock de ressource soit à son niveau optimal. Sinon la solution est de type « turnpike ». En d'autres termes, elle commence par l'application d'un moratoire tant que l'état de la ressource n'a pas été restauré. On sait que cette solution pose des problèmes d'acceptabilité, ce qui peut conduire à accepter une solution de second rang où le moratoire initial n'est que partiel. Dans ce cas, l'étendue idéale de l'aire marine protégée sera variable. A chaque instant, elle devra en effet satisfaire une équation de même type ( $-C'_z = \bar{\mu}_t k'(z)x$ ), mais dans laquelle la valorisation de la ressource  $\bar{\mu}_t$  ne sera pas constante. Celle-ci étant supérieure à sa valeur stationnaire dans la phase de transition où un moratoire serait souhaitable, les contraintes imposées à la régulation économiques justifieraient donc un surdimensionnement transitoire de l'aire marine protégée.

## CONCLUSION

En l'absence de régulation appropriée l'activité des pêcheurs est confrontée à deux, voire trois, types d'inefficacité : une entrée instantanée excessive, la non prise en compte de l'impact des captures sur l'état futur de la ressource, et éventuellement sa valeur écologique en dehors de la pêche. Ces dernières inefficacités nécessitent la mise en place de régulations environnementales. Mais elles ne peuvent jouer leur rôle que si la première est corrigée.

La constitution d'aires marines protégées ne permet donc pas de s'affranchir de régulations économiques des activités de pêche. Mais elles en constituent un instrument complémentaire nécessaire, même en l'absence de valeur écologique de la ressource, car la régulation des captures n'intervient que sur un déterminant seulement des dommages à celle-ci. On peut par ailleurs définir leur dimensionnement, à partir d'un calcul coûts-avantages.