

# 9 • Quelques réflexions sur l'étude de l'environnement en vue d'analyser ses relations avec les ressources

ALAIN HERBLAND

CREMA-L'Houmeau, BP 5, 17137 L'Houmeau, France

## MIEUX INTÉGRER L'ENVIRONNEMENT ET SA VARIABILITÉ

Pendant des décennies, les halieutes ont négligé la composante environnementale : le poisson était perçu au travers des débarquements et il est vrai que les mesures systématiques et nombreuses de température lors des pêches programmées par les scientifiques n'apportaient pas grand chose. Certains pensent et écrivent encore aujourd'hui (Walters et Collie, 1988) que les phénomènes sont bien trop compliqués et qu'il est donc vain de mettre des crédits dans une recherche vouée d'avance à l'échec. Cependant si le prix à payer paraît élevé, parce que beaucoup de chercheurs empruntent des voies qui ne mènent nulle part, il est nécessaire parce que les découvertes majeures ne peuvent émerger des applications de «lois» déjà connues (et qui, en plus, se révèlent parfois approximatives ou même fausses).

Il est réjouissant que les halieutes soient sensibles aux influences de l'hydroclimat sur l'abondance et la distribution de la ressource, et la frustration évoquée plus haut est agréable en comparaison de l'absence totale de dialogue qui peut exister en d'autres lieux, entre halieutes et «environnementalistes...». Comment aller plus loin ?

## L'UPWELLING, UN PHÉNOMÈNE À TROIS «DIMENSIONS» : INTENSITÉ, FRÉQUENCE, LOCALISATION

Les petits pélagiques côtiers tropicaux et subtropicaux sont le plus souvent associés à des zones d'upwelling dont, tout le monde le sait, la principale conséquence est d'enrichir le milieu oligotrophe qui les entoure. Le premier réflexe des biologistes des pêches est donc de caractériser l'upwelling par un indice global qui refléterait l'intensité de l'upwelling. Ainsi parle-t-on d'upwelling «fort» et d'upwelling «faible», sans que la validité de ces notions ait été réellement établie.

Qu'est-ce qu'un upwelling fort ? «C'est par exemple, un upwelling où la valeur moyenne de la composante du vent parallèle à la côte est au dessus d'une certaine valeur seuil» peut-on être tenté de répondre.

### *Importance de la dimension «fréquence»*

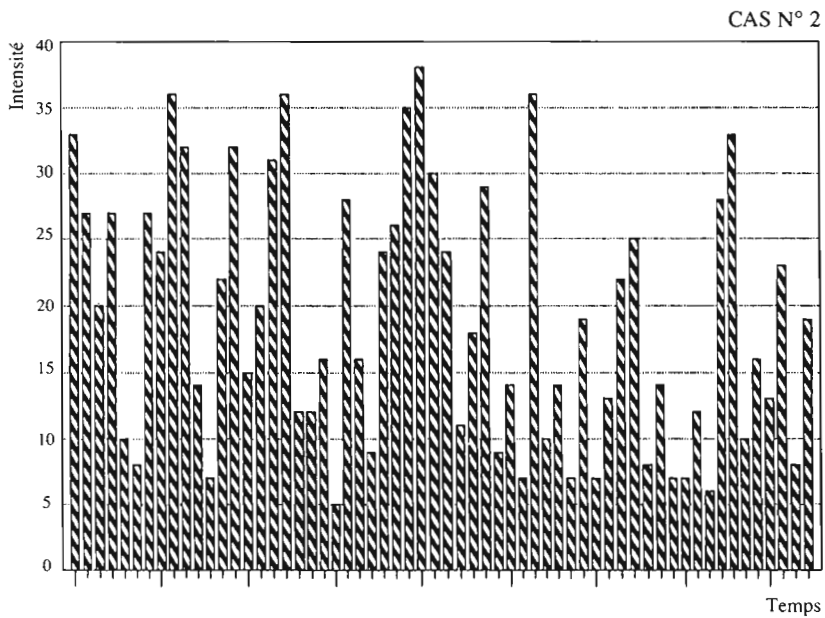
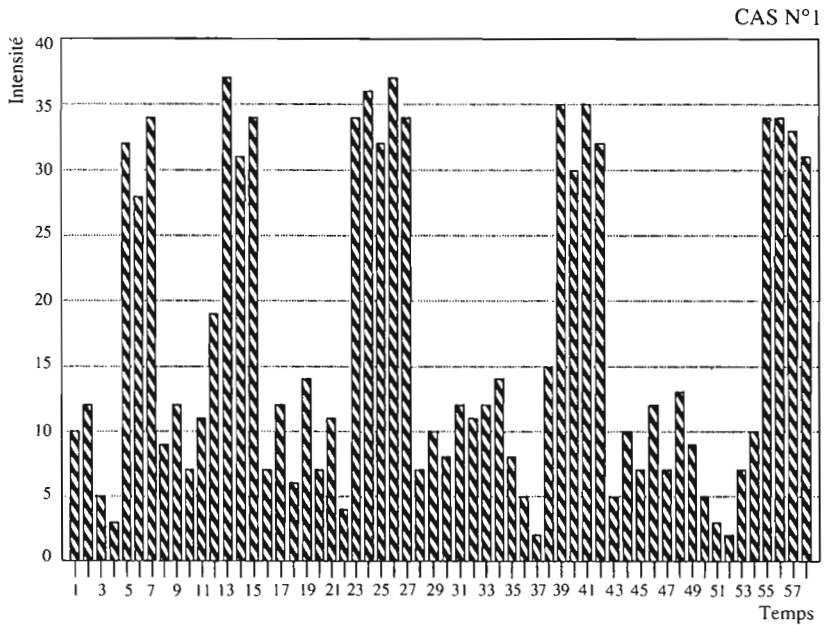
Cette réponse n'est pas fausse, mais est-elle pertinente pour les questions posées ? Si une valeur moyenne est toujours quantitativement juste, elle peut se révéler qualitativement fausse, dans la mesure où elle gomme, dans le cas précis du vent, la fréquence des événements biologiquement significatifs.

A titre d'exemple (volontairement simplifié), on a représenté fig.1 deux séries chronologiques de vents. Il est probable que les effets sur la production primaire et secondaire ne seront pas les mêmes dans le cas n°1 et dans le cas n°2, alors que les valeurs moyennes de l'indice d'upwelling sont égales.

Le phytoplancton, le zooplancton, les bactéries ont des temps de réponse incompressibles aux différents stimuli. Par exemple, le taux de croissance des diatomées

Fig. 1

Exemple théorique de l'intensité des vents (ordonnée) en fonction du temps (abscisse). Cas n°1 : des périodes de calme (relatif) succèdent à des intensités de vents élevées. Cas n°2 : pas de périodicité dans la force du vent. Bien que les moyennes des vents soient égales dans les 2 cas, les effets sur la productivité phytoplanctonique seront probablement différents.



des grands upwelling tropicaux et subtropicaux est de l'ordre d'une division par jour (dans les conditions optimales de turbulence, de sels nutritifs, de lumière). Cela implique qu'il faut nécessairement un minimum de quatre jours pour passer de  $1 \mu\text{g Chl. l}^{-1}$  à  $16 \mu\text{g. l}^{-1}$  (sans compter le broutage du zooplancton). Si une turbulence excessive ou une diminution de la disponibilité en sels nutritifs intervient, ce n'est pas  $16 \mu\text{g. l}^{-1}$  de chlorophylle qui seront produits mais beaucoup moins. En conséquence, le cas n°1, avec des périodes de vent fort qui enrichissent la zone euphotique en sels nutritifs, suivies de périodes de relaxation suffisamment longues, qui permettent une croissance optimale du phytoplancton aboutira, avec nos hypothèses<sup>(1)</sup>, à une biomasse phytoplanctonique bien supérieure au cas n°2. Sera-t-elle exploitée par le zooplancton ou directement par les petits pélagiques à un moment de leur existence, c'est une autre histoire, mais ce qu'on peut dire avec Munk et Farmer (1988), c'est que «there is some evidence that most of the significant physical biological interaction occurs in a very limited fraction of the total space time observation space». C'est en quelque sorte la notion de «résonance» qu'on retrouve ici, quand la durée et l'intensité des phénomènes qui interagissent avec la biologie coïncident avec les caractéristiques physiologiques des organismes planctoniques capables de les exploiter (temps de génération, constantes d'assimilation des sels nutritifs...). On parle aussi d'ergocline quand le maximum d'énergie se transmet d'un échelon à l'autre.

### *Importance de la «géographie» (2)*

Une anecdote en guise d'illustration: chaque année, la plage de la baie de N'gaparou (70 km au sud de Dakar) subit des transformations morphologiques qui aboutissent à la formation d'une grande mare, isolée du rivage par un banc de sable. Selon les années, cette mare se forme plus ou moins tôt, elle est plus ou moins grande, et n'est pas rigoureusement au même endroit, mais l'important, c'est qu'elle coïncide avec l'établissement des alizés donc avec l'orientation et la force de la houle par rapport au rivage.

Cet exemple pourra sembler fort éloigné des réflexions faites sur les poissons pélagiques. Je pense au contraire qu'il illustre bien ce qui se passe dans l'océan ouvert et sur le plateau continental, à savoir que l'océan n'est pas un chaos totalement imprévisible: les lois de l'hydrodynamique s'appliquent aussi bien en pleine mer qu'au bord du rivage, les masses d'eau circulent en se contraignant; elles sont guidées par la bathymétrie, la forme des côtes, la direction des vents... Bref, il existe de grandes chances pour que des structures océanographiques particulières (fronts, tourbillons) soient géographiquement localisées, évidemment associées à une certaine variabilité spatio-temporelle, mais avec néanmoins suffisamment de répétitivité pour que les organismes comme les poissons pélagiques les exploitent pour se nourrir et/ou pour se reproduire.

Comme pour la dimension temporelle, il doit exister des dimensions spatiales et des localisations privilégiées où

l'interaction entre la physique et la biologie est déterminante. Compte tenu de la taille des populations de poissons pélagiques, il y a de fortes chances pour que la dimension clef soit de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres, c'est-à-dire à l'échelle des tourbillons et des courants et contre-courants côtiers.

Il est frappant de constater à quel point la géographie à méso-échelle des upwellings est mal connue. Là encore, ce n'est évidemment pas un hasard, car les phénomènes à cette échelle sont difficiles pour ne pas dire impossibles à échantillonner avec un bateau océanographique ou à l'aide des données recueillies par les navires marchands. Mais est-ce une raison pour ne pas les étudier s'ils constituent la clef de la compréhension de la variabilité des abondances?

En résumé, un upwelling se définit par trois caractéristiques indissociables qui sont l'intensité, la fréquence et la localisation géographique. Pour comprendre comment les processus vivants intègrent et exploitent l'upwelling, il faut se placer dans ces trois dimensions à des échelles qui présentent un maximum d'impact sur la biologie. Vouloir les dissocier, comme on le fait jusqu'à présent, en privilégiant l'aspect intensité parce que c'est plus facile, ou vouloir plaquer des variations d'indices globaux de l'environnement à des échelles qui ne tiennent pas compte de la dimension et de la durée des structures qui contraignent le plus la biologie, équivaut à porter des oeillères. Il ne faudra pas s'étonner, ensuite, de ne voir qu'un horizon limité...

### *VERS UNE «BIOGÉOGRAPHIE DYNAMIQUE» (3)*

Citons une nouvelle fois Munk et Farmer (1988): «On the basis of historical precedent one might expect that some of the interaction models may not survive the revolution of observing techniques...». Ce fut le cas lorsque la sonde CTD remplaça le thermomètre à renversement et aussi lorsque l'observation satellitaire révéla des structures inconnues auparavant. L'océan est mal connu parce que des événements marquants passent au travers de la maille spatio-temporelle de l'échantillonnage. On perçoit un bruit alors que, sous-jacente, invisible, se cache une succession de continuités/discontinuités qui structurent la biologie. Il faut donc résolument utiliser l'information satellitaire, qui, bien qu'elle donne une information beaucoup moins précise que celles des instruments embarqués, présente l'incomparable avantage de la vision globale et continue. Comment utiliser cette information dans le cas de la relation ressource-environnement et plus précisément dans celui de la liaison upwelling-poissons pélagiques?

### *1ère étape: la cartographie des événements océanographiques*

En commençant par le plus simple, c'est-à-dire en dressant un inventaire des événements océanographiques les plus marquants de la zone à étudier. Bien que l'on ne dispose que d'une signature thermique de surface, cette seule information permettra de définir quels sont

statistiquement la nature, les lieux, les époques, les durées et l'intensité de ces événements. Une analyse statistique de ces informations devrait aboutir à une «cartographie», ou mieux à une typologie de l'upwelling. Si rien de cohérent n'émergeait de cette analyse, il serait inutile d'aller plus loin. Mais, si comme on peut le pressentir et comme la modélisation de la circulation résiduelle le montre (Salomon et Breton, 1990), il apparaît dans ce désordre apparent des structures relativement pérennes mais variables, ou éphémères mais reproductibles, on pourra passer à la seconde étape.

*2ème étape : l'étude des relations de ces structures mésoéchelles avec les cycles de vie des espèces en question*

A quelle période de sa vie, telle population est-elle localisée dans telle structure ou au voisinage de tel front ? Il est probable que l'information dont on dispose aujourd'hui ne soit pas suffisante pour répondre d'emblée à toutes les questions qui ne manqueront pas de se poser mais la confrontation des connaissances antérieures de la biologie des espèces et la révélation des structures devraient au moins permettre de guider l'échantillonnage. Comme l'emploi de la sonde a permis de localiser précisément les niveaux de prélèvement sur la verticale et de révéler la «structure tropicale typique», la mise en évidence des événements océanographiques à mésoéchelle devrait permettre de savoir où et quand échantillonner avec un bateau ; le progrès sera notable puisque l'océanographe, aveugle, bute toujours sur un problème de sous-échantillonnage.

*3ème étape : étude du fonctionnement écologique des structures méso-échelles*

Quelle est l'intensité de l'enrichissement en sels nutritifs au cœur d'un tourbillon ? Quels sont les temps de réponse du phytoplancton et du zooplancton ? Où se localisent-ils ? Existe-t-il des concentrations larvaires «anormales» à proximité de ces «patches» ?...

Toutes ces questions sont aujourd'hui sans réponse parce que le phénomène à étudier est mal localisé, il se déplace, se déforme. Bref, il est inaccessible au moyen d'études dont on dispose.

Encore une fois, le satellite, avec la vision globale et continue qu'il apporte permettra de guider le navire océanographique à l'intérieur d'un système et donc de l'étudier avec un minimum de bruit.

De plus, ces entités géographiques (événements océanographiques) peuvent être assimilées à des «phénomènes unitaires». Or, l'intérêt d'étudier un phénomène unitaire est que, lorsqu'on en a compris le mécanisme, on a compris celui de tous les autres. Ainsi une étude de l'intensité et de la cinétique des échanges trophiques d'un certain type d'enrichissement dans l'upwelling de Mauritanie aura-t-elle une application générale, puisque selon toute vraisemblance, c'est la somme de tous ces enrichissements plus ou moins transitoires et localisés qui constitue les grands upwellings tropicaux.

De la même façon qu'une zone euphotique stratifiée dans le Dôme d'Angola ressemble comme une soeur jumelle à celle du Dôme de Guinée et de la Divergence Equatoriale en saison chaude, il y a fort à parier que le fonctionnement des cellules unitaires de la mosaïque tourbillonnaire de l'upwelling de Mauritanie est voisin de celui de l'upwelling d'Angola ou de Californie.

Si l'on veut que les océanographies physique et biologique rejoignent la dynamique des populations marines, il faudra que les deux (ou trois) communautés acceptent de «descendre» au niveau de la méso-échelle (quelques jours à quelques semaines, quelques dizaines, à quelques centaines de kilomètres) pour y étudier la dynamique des phénomènes océanographiques présumés essentiels pour la ressource. C'était impossible avant l'arrivée des satellites, c'est encore aujourd'hui très difficile et cela ne résoudra pas tout. Mais au terme des trois étapes décrites plus haut, je suis convaincu que nous nous étonnerons de la naïveté (feinte ou réelle) des écrits d'aujourd'hui et du peu de pertinence des descripteurs de l'environnement utilisés à l'heure actuelle.

## NOTES

(1) Il n'est pas exclu que les hypothèses soient fausses et que le cas n°2 conduise à des biomasses plus élevées. C'est l'étude du phénomène qui pourra le dire.

(2) On préférera le terme «géographie» à celui de «spatial» parce qu'il fait référence à une localisation; le terme «spatial» reste trop conceptuel.

(3) Terme récemment introduit par Platt et Sathyendranath 1988.

## RÉFÉRENCES

- Platt T. and Sathyendranath S. 1988. Oceanic primary production : Estimation by remote sensing at local and regional scale. *Science*, 241 : 1613-1620.
- Munk W.H. and Farmer D.M. 1988. Bringing physical and biological observations into harmony. *In*: B.J. Rothschild toward a theory on biological, physical interactions in the world ocean. (éd.), 549-554.
- Salmon J.C. et Breton M. 1990. Courants de marée et courants résiduels dans la Manche. Environnement des mers épicontinentales. Colloque International, Lille, 20-22 mars 1990
- Walters C.J., and Collie J.S. 1988. Is research on environmental factors useful to fisheries management ? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 1848-1854.