

34 • Abondance apparente des sardines marocaines de la zone A et variabilité du recrutement

ABDELLATIF ORBI,

Chercheur ISPM, 2, rue de Tiznit Casablanca. Maroc

CLAUDE ROY,

Chercheur ORSTOM, CRÓDT/ISRA B.P. 2241 Dakar. Sénégal

PHILIPPE CURY,

Chercheur ORSTOM, CRÓDT/ISRA B.P. 2241 Dakar. Sénégal

SALAH BENCHERIFI

Chercheur ISPM, 2, rue de Tiznit Casablanca. Maroc

RÉSUMÉ

Les relations entre CPUE (Capture Par Unité d'Effort), l'effort de pêche et l'intensité de l'upwelling sont étudiées dans la zone A du Maroc. Aucune relation simple n'apparaît entre ces facteurs caractérisant l'évolution de l'activité de pêche ou celle de l'intensité de l'upwelling entre 1966 et 1987. Cependant, une relation en forme de dôme existe entre les CPUE et les indices d'upwelling calculés durant la période de reproduction une et deux années antérieures à celle de la pêche. Un modèle simple utilisant une relation de type polynomial décrit ces relations et permet de les comparer avec les précédents résultats obtenus sur cette pêcherie.

ABSTRACT

Relations between CPUE (Catch Per Unit of Effort), fishing effort and upwelling intensity are investigated in zone A of Morocco. No simple relationship appears between these factors which characterize the evolution of the fishing activity or the upwelling intensity between 1966 and 1987. However a dome shape relationship exists between CPUE and upwelling indices during the reproductive period one and two years before the fishing year. A simple model, which utilizes a polynomial regression for describing these relations, allows a comparison with previous results obtained on this fishery.

INTRODUCTION

Au Maroc, l'évolution des prises de sardine (*Sardina pilchardus*) depuis 1966 jusqu'à nos jours a connu, dans la zone A, des fluctuations de grande ampleur (fig. 1). Certaines années, les débarquements furent très importants (331 000 tonnes en 1973), d'autres années, ils furent très faibles (64 000 tonnes en 1985) (tab. 1). Nous proposons dans cette note de reconsidérer les hypothèses faites jusqu'à présent sur la nature des liens existant entre les fluctuations environnementales et les variations des prises de sardines dans la zone A. Les longues séries temporelles de données environnementales et de pêche ainsi que des hypothèses récentes sur les relations entre l'intensité de l'upwelling et le succès du recrutement (Cury et Roy, 1989) permettent de considérer sous un jour nouveau la dynamique des populations de sardine des côtes marocaines.

RELATIONS ENTRE CPUE, EFFORT DE PÊCHE ET INDICES D'UPWELLING

Si la pêcherie a connu un accroissement important de l'effort de pêche entre 1969 et 1971, celui-ci est resté relativement stable après cette date (fig. 2). Une tendance à la baisse se dessine pour les CPUE (Capture Par Unité d'Effort) qui sont classiquement considérées comme des indices d'abondance apparente (fig. 3). Des variations importantes des CPUE sont observées, même

Tableau 1

Effort de pêche (en nombre de sorties * tjb), captures (en tonnes), CPUE (tonnes par unité d'effort) et indices d'upwelling ($t \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$)

Année	Effort	Captures	CPUE	IUC	IUCREP
1966		237 657		0,50	0,41
1967		286 595		0,42	0,35
1968	932,5	155 397	166,65	0,42	0,33
1969	876,8	157 169	179,25	0,32	0,24
1970	1140,4	150 095	131,62	0,43	0,36
1971	1466,7	172 976	117,94	0,40	0,30
1972	1469,7	159 202	108,32	0,36	0,29
1973	1633,5	331 261	202,79	0,56	0,43
1974	1441,0	204 267	141,75	0,57	0,41
1975	1463,9	146 614	100,15	0,32	0,45
1976	1545,0	176 162	114,02	0,10	0,11
1979	1487,7	101 877	68,48	0,23	0,16
1978	1522,0	91 141	59,88	0,23	0,22
1979	1762,6	163 442	92,73	0,19	0,12
1980	1914,9	181 198	94,63	0,24	0,13
1981	1959,5	200 395	102,27	0,31	0,33
1982	1547,2	104 738	67,70	0,39	0,21
1983	1801,2	174 430	96,84	0,33	0,37
1984	1609,0	69 535	43,22	0,44	0,17
1985	1473,7	63 924	43,38	0,44	0,39
1986	1570,5	110 228	70,19	0,53	0,43
1987	1663,0	118 221	71,09	0,22	0,23

Fig. 1

Evolution des captures totales (en tonnes) dans la zone A entre 1966 et 1987 (Cf. tab.1).

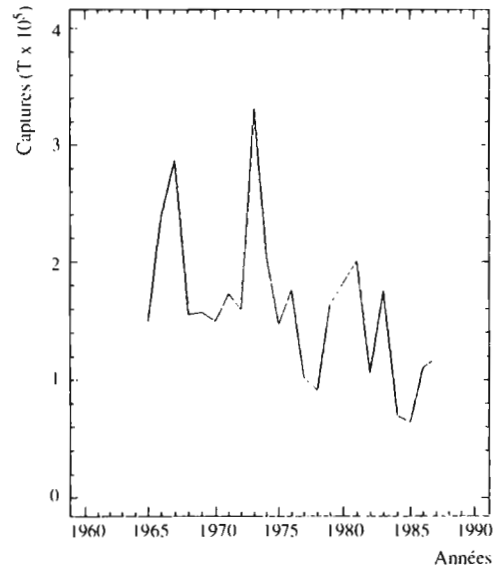


Fig. 2

Evolution des efforts de pêche totaux (en tonnes par tjb * nombre de sorties) dans la zone A entre 1968 et 1987 (Cf. tab.1).

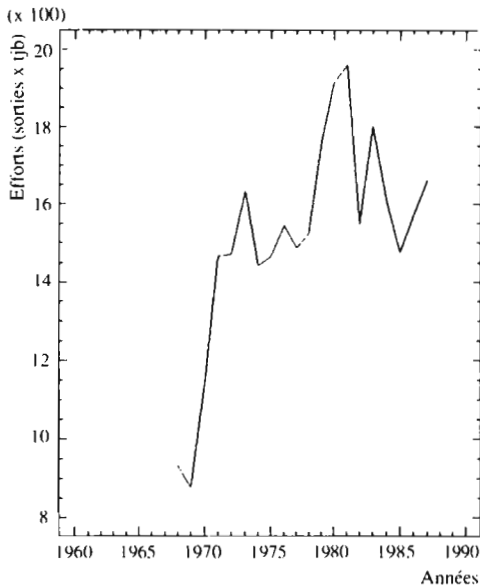


Fig. 3

Evolution des CPUE (en tonnes par unité d'effort) dans la zone A entre 1968 et 1987 (Cf. tab.1).

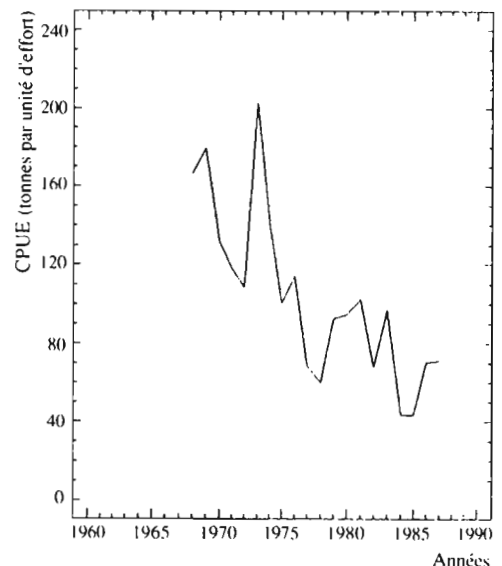


Fig. 4

CPUE dans la zone A en fonction de l'effort de pêche.

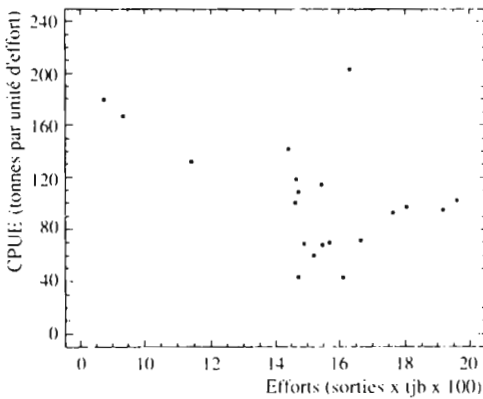


Fig. 5

Capture dans la zone A en fonction de l'effort de pêche.

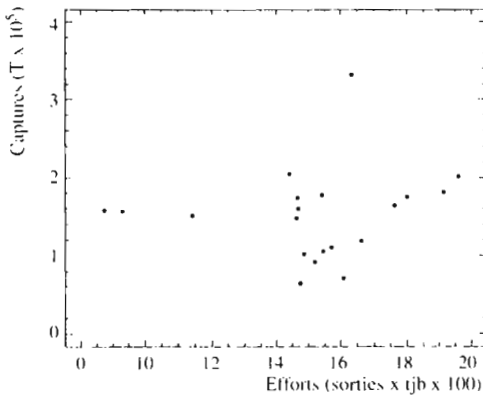
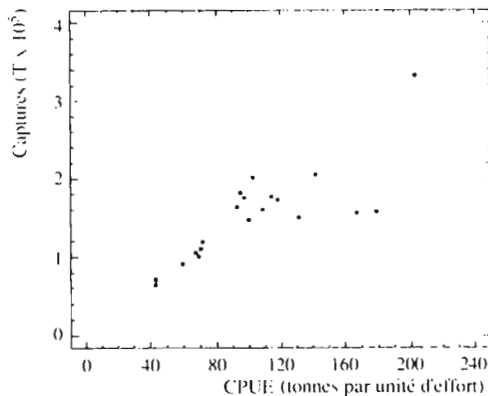


Fig. 6

Capture dans la zone A en fonction des CPUE.



dans la période récente où l'effort de pêche n'a guère fluctué. La diminution de la CPUE en fonction d'un accroissement de l'effort de pêche ne présente pas la forme classique d'une décroissance exponentielle ou linéaire (fig. 4). On peut seulement noter que les CPUE sont relativement élevées en 1968, 1969 et 1970, périodes durant lesquelles l'effort était à son minimum. De même, il ne semble pas exister de liens entre les captures totales réalisées dans la zone et les efforts de pêche développés simultanément (fig. 5). Cependant, une relation quasi linéaire apparaît entre les captures et les CPUE (fig. 6), relation qui, pour des pêcheries pélagiques indique généralement que le volume des captures dépend de l'abondance du stock, elle-même contrôlée par des facteurs du milieu.

Les nombreux travaux menés ces dix dernières années sur la dynamique des stocks pélagiques côtiers au Maroc soulignent la grande sensibilité du recrutement aux facteurs environnementaux et la variabilité de l'intensité des upwellings dans la région marocaine a été maintes fois quantifiée (Belvèze et Erzini, 1983; Belvèze, 1984, présent volume; Orbi *et al.*, présent volume).

Les fluctuations interannuelles de l'upwelling sont estimées à partir de la composante du transport d'Ekman parallèle à la côte (Bakun, 1973). Cet indice est calculé à partir des données de vent tri-horaires recueillies à Essaouira (tab. 1). Un premier calcul d'un indice journalier ne tenant compte que des valeurs positives du transport d'Ekman est réalisé, ensuite ces données sont moyennées sur la période annuelle. Les fluctuations de cet indice d'upwelling (IUC) sont présentées sur la figure 7. Un calcul analogue (IUCREP), mais réduit à la période durant laquelle a lieu la reproduction des sardines (fig. 8), permet de tenir compte d'un éventuel impact du vent durant la période «critique» du stade larvaire (Peterman et Bradford, 1987).

Les relations entre les CPUE et des événements climatiques (intensité de l'upwelling) concomitants ou antérieurs d'une année ou de deux années sont complexes. La relation entre CPUE et indice d'upwelling de la même année indique que l'enrichissement dû à l'upwelling ne peut à lui seul expliquer les variations d'abondance apparente observées (fig. 9). Si cette relation trouvait une certaine validité durant la période 1968-1981 (Belvèze, présent volume; Orbi *et al.*, présent volume), on peut s'interroger sur sa robustesse sur le long terme, elle pourrait être le reflet de tendances similaires des indices considérés et non pas celui d'un lien de causalité direct entre CPUE et intensité de l'upwelling. Les fluctuations récentes des CPUE et de l'indice d'upwelling montrent que cette corrélation n'avait peut-être pas une action continue dans le temps. Un décalage d'une ou de deux années ne permet pas non plus de faire ressortir les relations simples entre l'abondance et l'intensité de l'upwelling (fig. 10 et 11). A ce stade de l'analyse, nous pouvons dire qu'il n'y a pas de relations linéaires entre les CPUE et un des facteurs climatiques pris en compte. Cependant, les

Fig. 7

Indice d'upwelling moyen annuel de 1966 à 1987 à Essaouira.

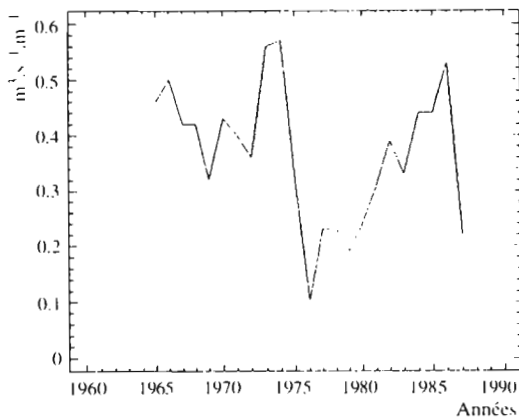
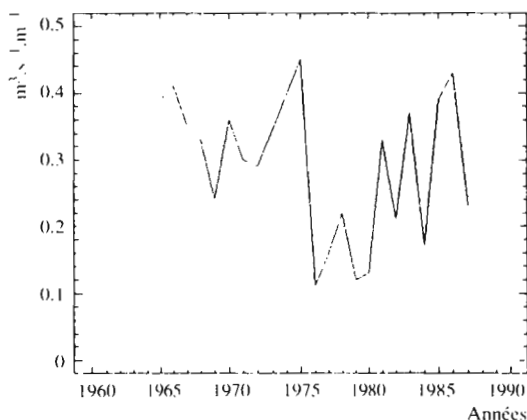


Fig. 8

Indice d'upwelling moyen durant la période de reproduction (octobre à avril) de 1966 à 1987 à Essaouira.



relations entre CPUE et l'indice de l'upwelling durant la saison de reproduction une ou deux années auparavant suggèrent une relation en forme de dôme (fig. 10 et 11), en accord avec les résultats obtenus sur la relation existant entre le recrutement des poissons pélagiques côtiers et l'intensité de l'upwelling (Cury et Roy, 1989).

Il est possible d'aborder ces problèmes de non-linéarité en utilisant une technique statistique développée par Breiman et Friedman (1985) qui permet de calculer les transformations optimales dans les régressions multiples. Cette analyse exploratoire des données dans le domaine non linéaire a été décrite et utilisée dans le domaine des pêches par Mendelsohn et Cury (1987), Mendelsohn et Mendo (1987), Cury et Roy (1989) et Roy (présent volume). Elle permet de trouver les transformations des variables qui maximisent le coefficient de corrélation tout en permettant d'identifier la forme des relations existant entre les différentes variables analysées.

Les sardines sont exploitées sur sept classes d'âge. Ce sont essentiellement les classes d'âge de un et deux ans qui constituent la majeure partie des prises dans la zone située entre Safi et Agadir (Belvèze 1984). L'hypothèse classiquement retenue aujourd'hui pour les pélagiques côtiers est que le succès de la pêche dépend en grande partie du succès du recrutement (Lasker, 1985; Lasker et MacCall, 1983). le recrutement constitue en effet «un goulot d'étranglement» au niveau de la population et il

Fig. 9

CPUE dans la zone A en fonction de l'indice d'upwelling à Essaouira (moyennes annuelles) de 1968 à 1987.

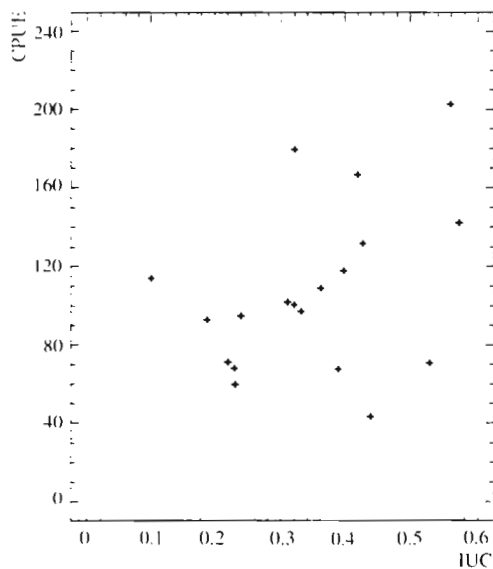


Fig. 10

CPUE dans la zone A en fonction de l'indice d'upwelling durant la période de reproduction une année auparavant.

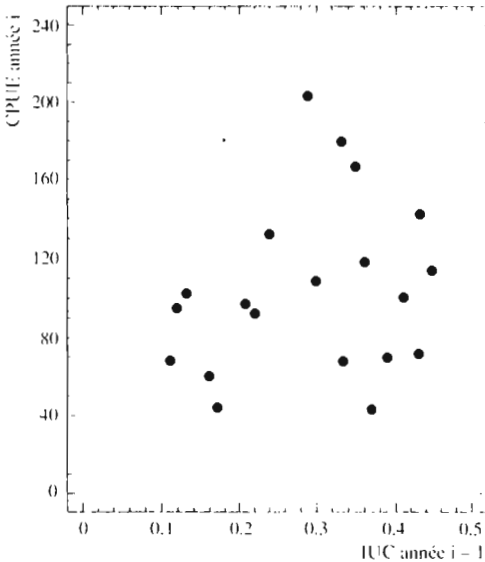
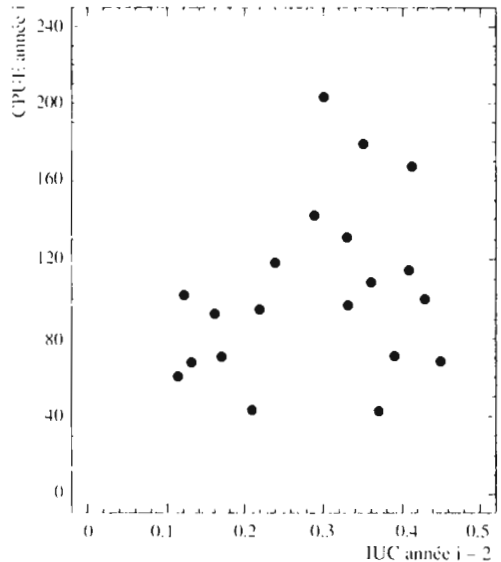


Fig. 11

CPUE dans la zone A en fonction de l'indice d'upwelling durant la période de reproduction deux années auparavant.



semble que tout se joue durant une période très courte de la durée de vie des larves («période critique») durant laquelle les mortalités peuvent être considérables (Peterman et Bradford, 1987). Les CPUE d'une année seraient en partie fonction du succès du recrutement des années précédentes; nous avons donc été amenés à étudier la relation entre l'abondance annuelle et les indices d'upwelling durant la saison de reproduction. Les transformations obtenues sont présentées sur la figure 12. La transformation de la CPUE est quasiment linéaire, avec toutefois une légère incurvation pour les deux plus bas niveaux de CPUE. Les transformations des indices d'upwelling une et deux années auparavant sont toutes deux en forme de dôme avec un point d'inflexion situé autour de 0,3 et 0,35 t.m⁻¹.s⁻¹. En tenant compte de ces transformations, le pourcentage de variance expliquée par cette régression est de 47 %. Ceci apparaît comme un chiffre raisonnable comparé aux pourcentages très faibles de variance expliquée, obtenus lorsque l'on utilise l'effort de pêche ou l'indice d'upwelling annuel.

Ces valeurs (0,3 et 0,35) de l'indice d'upwelling durant la reproduction représentent des valeurs de vent voisines de 4 m.s⁻¹. Il est bon de noter que cette vitesse correspond à la composante moyenne sur plusieurs mois du vent parallèle à la côte; elle sous-estime par conséquent la vitesse réelle du vent. Cette valeur «seuil» possède une réalité physique et biologique (Cury et Roy, 1989).

Suite à ces différents résultats, on peut modéliser aisément les relations entre CPUE et l'indice d'upwelling durant la reproduction de l'année précédente et de deux années auparavant en utilisant une relation de type polynomial:

$$CPUE = a * xi^2 - b * xi^3$$

Si x1 est l'indice d'upwelling durant la reproduction de l'année précédente:

$$a = 3674,7 (\pm 606,9)$$

$$b = -7391,6 (\pm 1544)$$

Si x2 est l'indice d'upwelling durant la reproduction deux années auparavant:

$$a = 3817,1 (\pm 565,9)$$

$$b = -7772,8 (\pm 1452,2)$$

Les résultats obtenus grâce aux transformations optimales suggèrent qu'il y a une relation entre CPUE et indice d'upwelling, on peut reprendre ces deux descriptions mathématiques en forme de dôme afin de connaître leurs contributions relatives pour expliquer les variations de CPUE.

La régression linéaire entre CPUE et les deux formulations des indices d'upwelling durant la saison de reproduction trouvées précédemment est de la forme:

$$CPUE = 0,41377 (3674,7 * x1^2 - 7391,6 * x1^3) + 0,61903 (3817,1 * x2^2 - 7772,8 * x2^3)$$

Fig. 12

Transformations optimales empiriques des CPUE, de l'indice d'upwelling durant la période de reproduction une année auparavant et deux années auparavant.

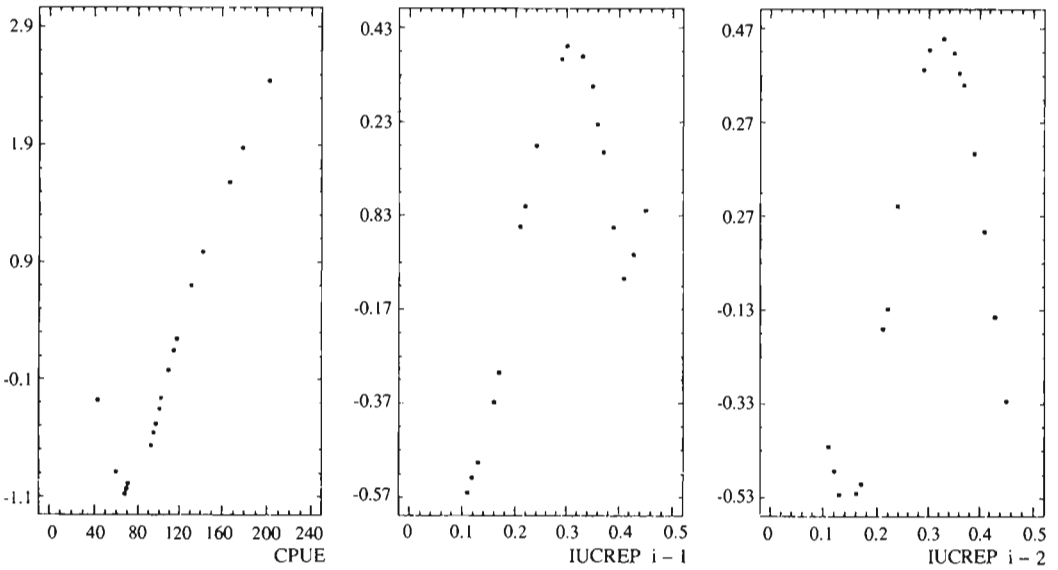


Fig. 13

Valeurs des CPUE observées et prédites par le modèle tenant compte de l'indice d'upwelling durant la période de reproduction une année et deux années auparavant.

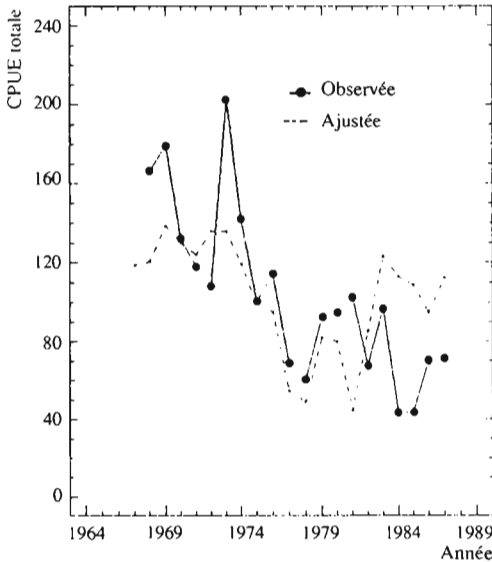
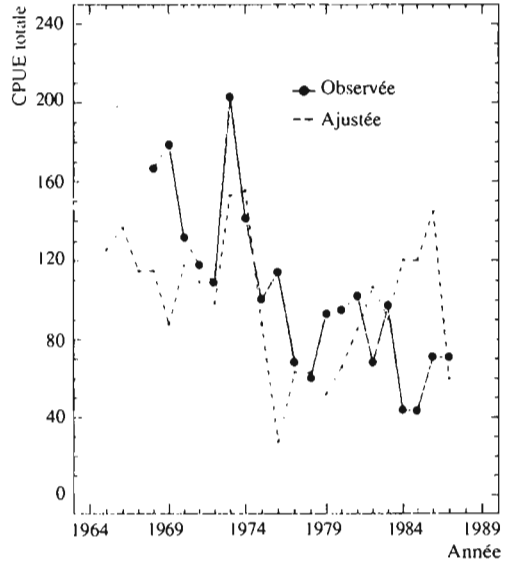


Fig. 14

Valeurs des CPUE observées et prédites par le modèle tenant compte de l'indice moyen annuel d'upwelling de l'année en cours.



Ce modèle permet d'expliquer 89 % de la variance des CPUE. Les valeurs calculées à l'aide de cette équation ainsi que les valeurs observées sont présentées sur la figure 13. L'ajustement apparaît sur l'ensemble de la série comme satisfaisant. Il est intéressant de comparer ce résultat avec celui produit par une régression linéaire simple entre CPUE et indice d'upwelling annuel, comme cela avait été avancé dans les travaux par Belvèze (1984) qui proposait une relation linéaire entre CPUE et intensité moyenne du carré de la vitesse des vents de l'année en cours. L'ajustement obtenu (fig. 14) ne permet pas de décrire après 1975 les fluctuations de CPUE observées, il produit des ajustements moins bons que ceux proposés sur la figure 13. L'ajustement produit sur la figure 14 souligne la nécessité d'utiliser des facteurs autres que l'indice d'upwelling de l'année de la pêche. Le modèle intégrant les indices d'upwelling calculés durant la période de reproduction permet d'avoir une description entre les années 1967 et 1984 assez bonne; les années récentes (1984 et 1985) sont assez mal prises en compte. Ce problème soulevé par les deux années de plus faibles CPUE était souligné dans les transformations (fig. 12) qui présentaient une pente négative pour les très faibles valeurs de CPUE.

CONCLUSION

Il ressort plusieurs points importants en terme de dynamique des populations de sardines de la zone A. L'effort de pêche, tel qu'il a été calculé jusqu'à présent et pour les ordres de grandeurs observés, ne permet pas de rendre compte des variations d'abondance et de prises observées. Les fluctuations de l'indice d'upwelling annuel n'ont pas non plus de relation avec celles des CPUE observées la même année. La disponibilité, en relation avec la dynamique de l'upwelling, ne serait pas un des facteurs clés assurant le succès ou l'échec de la pêche. Les relations obtenues entre l'abondance annuelle et le succès du recrutement une et deux années auparavant semblent dépendant être prises en compte. Belvèze (1984) soulignait déjà que le succès de la pêche dépendait en grande partie du recrutement produit les années précédentes. En 1984, il n'était pas encore possible de réaliser des corrélations entre ces facteurs qui n'avaient pas varié avec suffisamment d'ampleur. Les longues séries temporelles nous autorisent aujourd'hui à identifier un des facteurs clés du succès de la pêche et à analyser son lien avec un facteur climatique. Les résultats obtenus sur la sardine de Californie, l'anchois du Pérou, les sardinelles du Sénégal et de Côte d'Ivoire convergent (Cury et Roy, 1989) et montrent l'importance du lien entre le succès du recrutement et l'intensité de l'upwelling durant les phases larvaires. Ce schéma semble être général pour nombre de pêcheries pélagiques comme celle de la sardine du Maroc. Toutefois, il semble qu'il existe d'autres facteurs écologiques qui peuvent, à un moment donné, modifier la dynamique de ces stocks, comme en témoignent les travaux sur la sardinelle de Côte d'Ivoire présentés dans le présent volume.

BIBLIOGRAPHIE

- Bakun, A. 1973. Daily and weekly upwelling indices, West Coast of north America 1946-71. U.S. Dep. Comm., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-671, 103p.
- Belvèze, H. 1984. Biologie et dynamique des populations de sardine (*Sardina pilchardus*) peuplant les côtes Atlantiques marocaines et propositions pour un aménagement des pêcheries. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Bretagne Occidentale, 532p.
- Belvèze, H. and K. Erzini. 1983. The influence of hydroclimatic factors on the availability of the sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum) in the Moroccan atlantic fishery. In: G.D. Sharp and J. Csirke (eds.). Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources, FAO, Fish. Rep. 291 (2): 285-327.
- Breiman, L. and J.H. Friedman. 1985. Estimating optimal transformations for multiple regression and correlation. J. Amer. Stat. Assoc. 80: 580-619.
- Cury, P. and C. Roy, 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46:670-680.
- Lasker, R. 1985. What limits clupeoid production ? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42 (Suppl. 1): 31-38.
- Lasker, R. and A. MacCall. 1983. New ideas on the fluctuations of the clupeoid stocks off California. In: Proceedings of the Joint Oceanographic Assembly 1982; General Symposia. Canadian National Committee Scientific Committee on Oceanic Research. Ottawa. Ont: 110-117.
- Mendelssohn, R. and J. Mendo. 1987. Exploratory analysis of anchoveta recruitment off Peru and related environmental series: 294-306. In D. Pauly and I. Tsukayama (eds.). The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. ICLARM studies and Reviews 15, 351p. IMARPE, Callao, Peru; GTZ, Eschborn, Federal Republic of Germany; and ICLARM, Manila, Philippines.
- Mendelssohn, R. and P. Cury. 1987. Fluctuations of a fortnightly abundance index of the Ivoirian coastal pelagic species and associated environmental conditions. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 408-428.
- Mendelssohn, R. and P. Cury. 1989. Temporal and spatial dynamics of a coastal pelagic species *S. maderensis* off the Ivory Coast. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 46: 1686-1697.
- Peterman, M.R. and M.J. Bradford. 1987. Wind speed and mortality rate of a marine fish, the northern anchovy (*Engraulis mordax*). Science (Wash.) 235: 354-356.