

**SIMULATION DU MOUVEMENT DES ALBACORES
DANS LE PACIFIQUE TROPICAL EST
A L'AIDE D'UN MODÈLE À TROIS PARAMÈTRES**

M. Goujon^a, R. B. Deriso^b and R. G. Punsly^b

I - INTRODUCTION

Au début des années 1990, la Commission Inter-Américaine du Thon Tropical (IATTC) a envisagé la mise en place de mesures de réduction des captures de dauphins par les senneurs du Pacifique tropical est. Afin d'en prévoir les conséquences sur les captures de thons, l'IATTC a essayé de modéliser la pêcherie (ressource et flottille). Une simulation du mouvement des albacores utilisant un modèle markovien de mouvement à trois paramètres, a donc été développée sous la direction scientifique de R. Deriso.

II - MATÉRIELS ET MÉTHODES

A- Utilisation d'un modèle de mouvement

Les données de base proviennent d'une part de l'IATTC, pour ce qui concerne les captures et fréquences des longueurs d'albacores pêchés à la senne, et d'autre part du National Institute of Far Seas Fisheries of Japan, pour les captures et fréquences des longueurs d'albacores pêchés à la palangre. L'analyse des cohortes permet d'obtenir la mortalité par pêche mensuelle pour chaque groupe d'âge. La combinaison des taux de captures par cellules de $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ et des abondances obtenues par l'analyse des cohortes permet d'obtenir pour chacune de ces cellules des abondances estimées mensuelles par groupe d'âge (Punsly et Deriso, 1991). Le Pacifique tropical a donc été divisé en 327 cellules de $2,5 \times 2,5$. Une moyenne des abondances estimées sur la période 1980-1986 (en excluant 1982 et 1983 à cause du El Niño).

^a - Laboratoire Halieutique de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes - 65, rte de St Briec, 35042 Rennes cedex, France.

^b - Inter-American Tropical Tuna Commission - c/o Scripps Institution of Oceanography - 8604 La Jolla Shores Dr., La Jolla, CA 92037, U.S.A.

La simulation du mouvement des albacores utilise le modèle dynamique décrit par Deriso, Punsly et Bayliff (1991), illustré par la figure 1. Le modèle est construit sur trois paramètres α , V et D . A l'instant t , les poissons occupent une surface unitaire représentée par le carré central. A l'instant $t+1$, il se sont déplacés dans une direction caractérisée par l'angle α , à une vitesse V (vecteur OO'), en se dispersant sur une surface (carré hachuré) définissant le facteur de diffusion D .

L'unité de temps (période) a été fixée à un cinquième de mois de façon à ce que les thons ne se déplacent pas de plus d'une cellule par unité de temps.

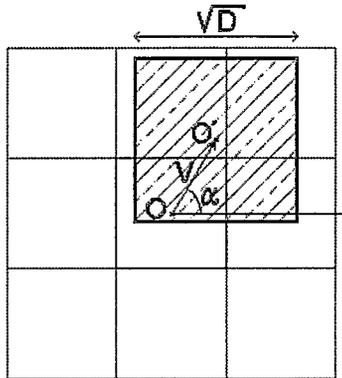


Figure n° 1 : Représentation cellulaire du modèle du mouvement des albacores utilisé dans la simulation. α et V représentent l'angle et la vitesse du mouvement d'advection et D mesure la diffusion du mouvement.

B- Calcul des paramètres α , V et D

Un algorithme a été écrit pour estimer les trois paramètres pour chaque groupe d'âge d'albacore dans chaque cellule et à chaque période (figure 2).

Le processus de calcul est initialisé avec la distribution des abondances au 1^{er} jour d'un mois de l'année, ensuite le calcul se fait avec les résultats des itérations précédentes.

Au début de la période, les abondances attendues en fin de période sans mouvement sont calculées en prenant en compte la mortalité naturelle et les captures. On calcule ensuite pour chaque cellule la différence entre l'abondance ainsi obtenue et celle estimée au 1^{er} jour du mois $M+1$. On définit alors pour chaque cellule, une cellule cible à une distance d (inférieure à 5 fois la taille des cellules), qui est celle ayant le plus grand rapport Δ/d .

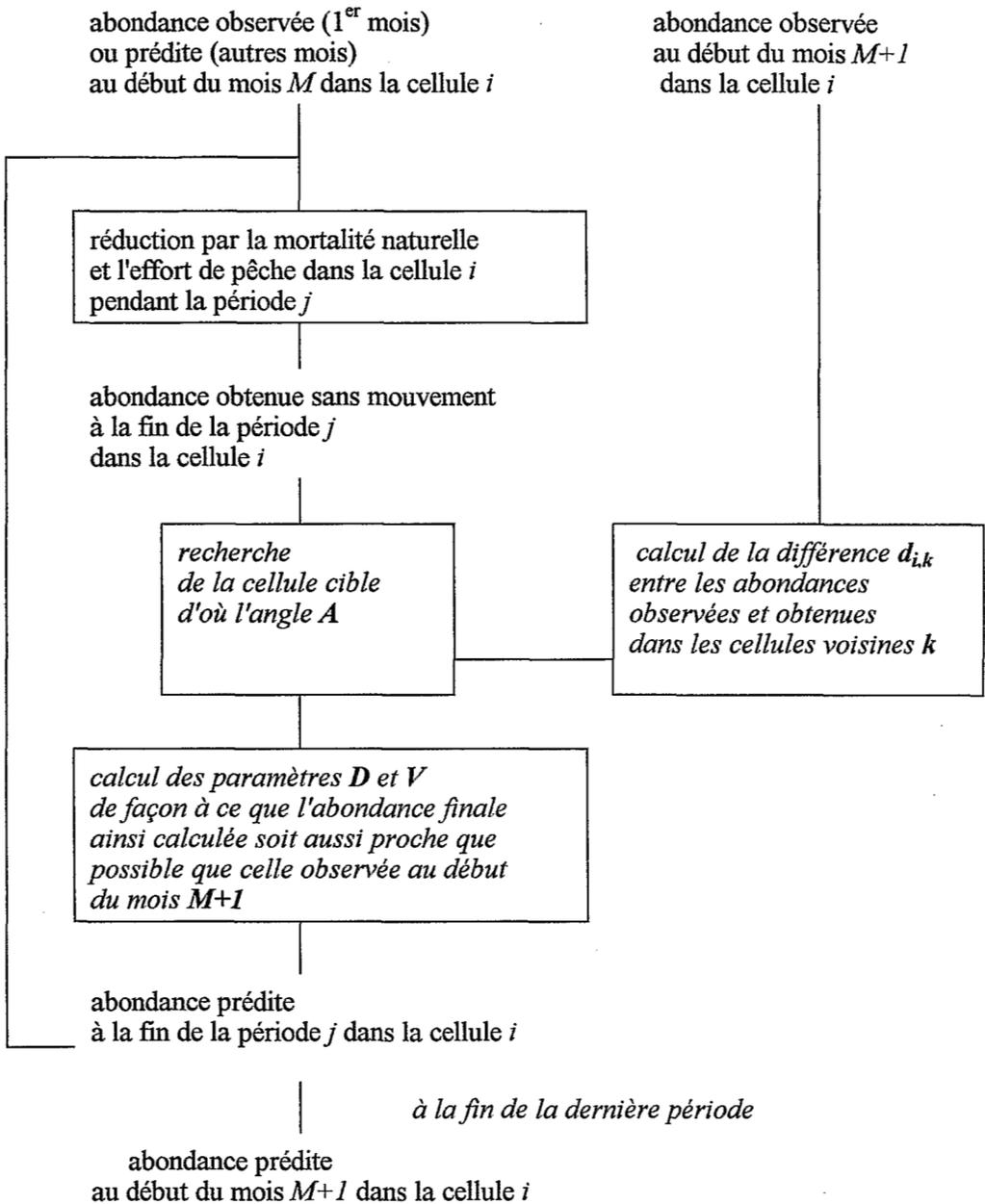


Figure 2. Algorithme utilisé pour l'estimation des paramètres du mouvement des albacores.

Pour les cellules dont le résidu Δ est positif, ou proche de 0, ou qui sont leur propre cible, la vitesse est nulle et le facteur de diffusion égal à 1. Pour les autres, l'angle α du mouvement est défini comme celui entre la cellule source et la cellule cible. Les valeurs de V et D sont alors calculées en fonction des abondances attendues, des distances et des Δ des cellules voisines; ce calcul faisant intervenir des tests sur l'augmentation de l'effectif dans la cellule cible et l'effort de pêche réalisé dans la cellule source et des fonctions paramétrées

Pour les périodes suivantes, le même processus est appliqué en partant des abondances obtenues à la fin de la période précédente pour calculer les abondances attendues.

Ceci est réalisé pour chaque groupe d'âge d'Albacore et chaque mois de l'année à partir de l'abondance simulée par le mois précédent (Si M_1 est le premier mois estimé à partir d'abondances estimées, M_2 est estimé à partir de M_1 , M_3 à partir de M_2 , etc... Enfin, M_1 est ré-estimé à partir de M_{12}).

III- RÉSULTATS

On obtient, à la fin de ce processus une matrice contenant les 327 (nombre de cellules) \times 60 (nombres de 1/5^{ème} de mois dans l'année) \times 12 (nombre de groupes d'âge considérés) triplets de paramètres α , V et D , ainsi que des distributions mensuelles de la population simulée que l'on peut cartographier et comparer avec les abondances estimées (figure 3).

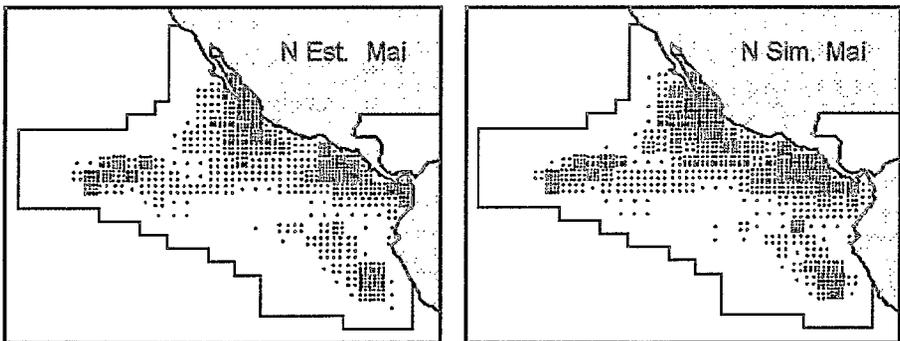


Figure n°3: Comparaison mensuelle (en exemple, le mois de mai) des abondances moyennes estimées (à gauche) et simulées (à droite), d'Albacores dans le Pacifique Est.

Un autre résultat de la simulation a été de reconsidérer les estimations d'abondance à l'ouest du 120°W car il apparaissait impossible de simuler un mouvement de thons vers cette zone aussi rapide que celui de la flottille à la fin des tempêtes inter-tropicales d'octobre à avril.

En terme d'erreur, le résidu moyen entre abondances estimées et simulées par cellule est principalement compris entre 0,5 et 1,5 fois l'abondance moyenne par cellule. Comme l'illustre la figure 3, la distribution spatiale des abondances simulées est donc sensiblement identique à celle des abondances estimées.

Par grandes régions de la pêcherie, les erreurs sont de l'ordre de -30% à +30% de l'abondance par groupe d'âge de chaque région. Pour les régions extérieures (large de la Californie, Ouest et large du Pérou) à saisonnalité marquée, les erreurs sont généralement négatives en début de saison de maximum d'activité et positives à la fin; ce qui traduit une certaine inertie de la simulation à faire migrer les albacores vers les zones éloignées à fortes concentrations temporaires. Pour les zones centrales (le long des côtes d'Amérique Centrale), les erreurs sont plutôt positives.

Une analyse de sensibilité sur l'effet des coefficients utilisés dans le calcul des paramètres du mouvement des Albacores, montre que l'on obtient plusieurs minima de la somme des carrés des différences entre abondances estimées et simulées. D'une part, le modèle comporte deux composantes, advection et diffusion, dont plusieurs combinaisons permettent d'obtenir une convergence vers une zone de forte concentration. D'autre part, ces minima résultent de l'hétérogénéité des mouvements dans la pêcherie : les mouvements apparents rapides des albacores vers les régions extérieures et les pulsations lentes de la pêcherie le long des côtes.

IV- DISCUSSION

Si l'expression mathématique du déplacement apparaît assez simple, la résolution du problème sur un ensemble de cellules interagissant entre elles, limitées par un contour non régulier et présentant une régionalisation des mouvements, demeure compliquée. Cependant, les résultats de cette simulation permettent d'obtenir une distribution des abondances proche de celle que l'on peut estimer à partir des captures et de l'analyse des cohortes. Les erreurs pour les groupes d'âge les plus exploités restent faibles et peuvent sans doute être réduites par l'utilisation de coefficients différents pour chaque région dans les tests et équations qui permettent le calcul de V et D .

Enfin l'utilisation de ces paramètres de mouvement dans la simulation de la pêche mentionnée en introduction, a abouti à des résultats cohérents en terme de captures de thons : dans le cas d'une distribution de l'effort identique à celle observée pour les dernières années, les résultats sont proches de la réalité et dans le cas d'une modification de l'effort due à des limitations des captures de thons associés avec des dauphins, les résultats sont identiques à ceux obtenus à l'aide d'autres méthodes prospectives.

Avant d'aller plus loin dans l'utilisation de cette population simulée, plusieurs études pourraient être menées. Au lieu d'utiliser une distribution moyenne sur plusieurs années, la comparaison des paramètres de mouvements obtenus pour chacune des années pourrait s'avérer intéressante. Une étude de sensibilité plus approfondie pourrait porter sur le choix de l'unité de temps, et sur l'utilisation d'autres tests et fonctions pour le calcul des paramètres du mouvement. Enfin, les albacores du Pacifique ne présentant pas de migrations très nettes, il serait sans doute très intéressant d'appliquer ce modèle aux albacores de l'Atlantique, pour lesquels des schémas de migrations ont pu être décrits.

BIBLIOGRAPHIE

- PUNSLY (R.G.), DERISO (R.B.), 1991 - Estimation of the abundance of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, by age groups for different regions within the eastern Pacific ocean. *Inter-Amer. Trop. Comm. Bull.*, **20** (2) : 95-131.
- DERISO (R.B.), PUNSLY (R.G.), BAYLIFF (W.H.), 1991. A markov movement model of yellowfin tuna in the eastern Pacific ocean and some analysis for international management. *Fish. Res.*, **11** : 375-395.