

# La simulation de pêcheries avec des logiciels simples

par Guy FONTENELLE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, Département Halieutique

## SUMMARY

*Many parameters (biological, economical, political...) should be considered in Fisheries management. To understand and to teach their interrelationships and relative impacts on the final schedule, in order to choose an appropriate management strategy, is not a very easy task. Simulations using interactive games softwares (available for less than eight years) seem to be very interesting pedagogic tools.*

*Three simple softwares issued from global and structural models are described. However, to be closer the reality, the simulations should need more integration of results from fisheries modelling and computer-graphics technologies improvements. A great development in this field must be expected for the next years.*

## RÉSUMÉ

La gestion des ressources halieutiques nécessite de prendre en compte de nombreux paramètres (biologiques, économiques, politiques...). Comprendre et faire comprendre leurs interrelations et leurs actions respectives sur le bilan global, pour choisir une stratégie d'aménagement, n'est pas chose aisée. Les simulations au travers de logiciels de jeux interactifs, disponibles depuis moins de huit ans, semblent des outils pédagogiques intéressants.

Trois logiciels simples construits à partir des modèles globaux et structuraux sont présentés. Cependant, pour mieux traduire la réalité, les simulations devront associer davantage les résultats des modélisations halieutiques et les progrès infographiques. On peut s'attendre à un développement important de ce domaine dans les prochaines années.

## INTRODUCTION

Au plan pédagogique, expliquer et illustrer la gestion des ressources revient à être confronté à deux types de problèmes selon qu'on s'adresse à des personnes en formation initiale (niveau supérieur ou autre) ou à des acteurs impliqués dans un processus décisionnel.

Pour les ressources aquatiques vivantes, on privilégie, souvent par analogie aux ressources terrestres, des activités liées à l'aquaculture parce qu'elles sont plus démonstratives (visibles et contrôlables). En effet, il y a visualisation sur un court terme du stock et des résultats obtenus, à partir des modalités de production ou d'aménagement qui lui sont appliquées.

Qu'en est-il des stocks d'animaux aquatiques dont l'essentiel de la production est assurée par la pêche ?

Il est nettement plus difficile de faire passer les messages. En effet, il subsiste une trop grande abstraction des concepts et une absence de contacts physiques entre les ressources et les personnes à

convaincre. De plus, le délai d'observation des résultats se trouve souvent plus long.

C'est pour répondre à ces difficultés que depuis quelques années seulement, on assiste au développement et à la promotion de logiciels de simulations à vocation pédagogique pour les ressources aquatiques.

Ces logiciels sont développés à partir des modèles de dynamique de populations et des simulations mis au point par les diverses équipes de chercheurs impliquées dans la recherche halieutique et son application opérationnelle. Cette tendance est de plus en plus facilitée par la vulgarisation et la dissémination de la micro-informatique dont le coût a fortement diminué ces dernières années.

Les modèles de dynamique de populations sont devenus des aides performantes dans la gestion opérationnelle des ressources aquatiques. Ils constituent, en effet, lorsqu'ils existent, un des outils essentiels aux instances gouvernementales ou intergouvernementales pour assurer, tant bien que mal, la gestion des ressources des eaux sous leurs juridictions.

A cet égard, le cas des thonidés est particulièrement démonstratif car il semble y avoir eu, dès le départ des pêcheries thonières, une concertation entre les nations exploitantes et les organismes de recherches. Cette collaboration a permis de développer et de vérifier, presque en temps réel, des modèles de dynamique de population dont les avancées méthodologiques font toujours référence.

Mais développer un modèle, même simple, tentant d'expliquer la réalité n'est pas tout, si en terme d'aménagement, on veut comprendre et surtout faire comprendre que la gestion d'une ressource est indispensable pour assurer, à terme, la rentabilité des filières d'exploitation. En effet, la visualisation des résultats devant découler de différents scénarii est rarement observable directement (ressources non visibles) et jamais à court terme. Or, la démonstration exige souvent un contact visuel.

Aussi faut-il considérer les modèles utilisant des données réelles et/ou simulées comme des aides à la décision. Mais il faut alors que les décideurs soient eux-mêmes convaincus du bien fondé de cette approche. C'est pourquoi son illustration par l'intermédiaire de modèles de simulations, non plus à but scientifique, mais à but pédagogique, sous forme de jeux interactifs peut réellement contribuer à former ou informer tous les opérateurs du système halieutique.

L'objet de cette intervention sera donc de présenter brièvement la genèse de quelques exemples de logiciels disponibles et d'en discuter la portée future.

# 1. La modélisation étape nécessaire

Un des objectifs de la dynamique de populations en halieutique est de fournir des outils aux gestionnaires pour évaluer l'état des stocks et les résultats de la gestion des pêcheries concernant ces stocks.

Pour cela, on a recours à la modélisation de plusieurs grandeurs dont les principales sont l'abondance du stock (en effectifs et en biomasse) et les captures, elles-mêmes fonction de l'effort de pêche et de l'âge à la première capture. Cette modélisation peut être globale ou discrétisée par classes d'âge et/ou de taille.

Un modèle est défini comme une entité mathématique qu'on substitue à la réalité pour rendre celle-ci manipulable. Il constitue toujours une simplification abusive dans l'absolu (1). Ainsi, les stocks sont généralement considérés comme des unités fermées géographiquement, ce qui est rarement le cas, en particulier pour les thonidés. De même, on suppose généralement que l'état du stock ne dépend que de l'exploitation; on ne tient pas compte de l'influence des conditions de l'environnement.

On est donc amené à réaliser un compromis entre la simplification et la simplicité des modèles. Ceux-ci peuvent être simples (demandant peu de variables mais apportant des enseignements assez rudimentaires) ou complexes. Ils sont alors plus performants mais plus exigeants.

La première génération de logiciels de simulation à vocation pédagogique s'est tout naturellement appuyée sur les modèles globaux (Schaefer ou Graham-Schaefer et Pella and Tomlinson), et structuraux (Beverton et Holt). Il n'est pas nécessaire dans ce propos de rappeler la démonstration de ces modèles (2). Tout au plus, peut-on mentionner leurs principales caractéristiques et utilisations possibles.

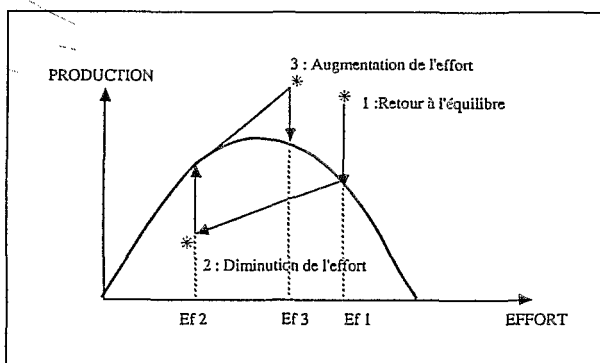


Fig. 1. — Captures équilibrées et de transition dans le modèle de Schaefer. Lorsque l'effort annuel varie, le stock ne s'installe pas instantanément à la position d'équilibre correspondant au nouvel effort. Un certain délai est nécessaire. Sont ici figurées trois situations de transition qui, après variations de l'effort, donnent lieu à retour à l'équilibre (d'après Laurec et Le Guen, 1981)

(1) Certaines limites seront discutées par Alain Fonteneau dans sa communication

(2) Pour de plus amples renseignements, le lecteur est invité à consulter par exemple Laurec et Le Guen (1981).

Le Modèle de Schaefer rend compte d'un stock dans lequel les prises par unité d'effort diminuent linéairement en fonction de l'effort.

A chaque niveau d'effort de pêche correspond ainsi une situation d'équilibre pour laquelle l'abondance du stock et la production en biomasse restent constantes d'une année sur l'autre. On peut en déduire des prévisions à long terme de la production équilibrée en fonction de l'effort, et calculer les situations de transition, après modification de l'effort en partant d'une situation quelconque, équilibrée ou non (fig. 1).

En particulier, on peut rechercher l'effort susceptible de fournir une production maximale équilibrée (fig. 2). Cet effort ne correspond pas nécessairement à l'optimum. Si on dispose de données sur la valeur des captures et les différents éléments des coûts de production (capital, salaire, énergie, entretien), on peut transformer le modèle biologique en un modèle bioéconomique à l'échelle d'une pêcherie et rechercher l'effort maximisant la production en valeur ou la marge brute d'exploitation.

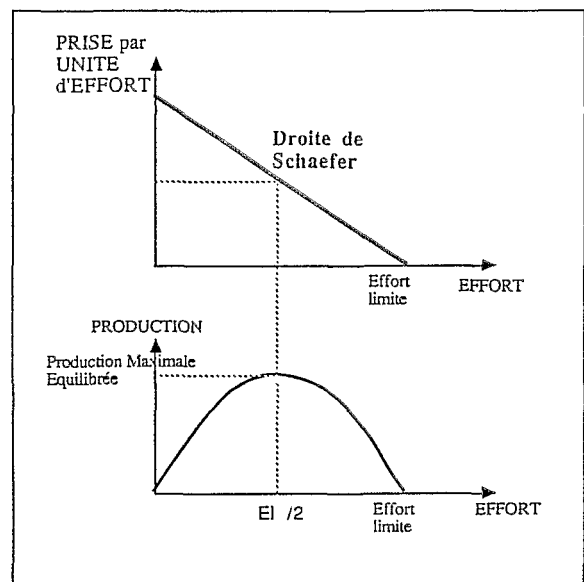


Fig. 2. — Représentation schématique de la courbe de production en fonction de l'effort dans le cas d'un modèle de Schaefer. La production maximale équilibrée est obtenue en appliquant la moitié de l'effort limite ( $E1/2$ ). On peut calculer l'effort limite par la droite de Schaefer représentative de l'évolution de la capture par unité d'effort en fonction de l'effort.

Dans ce cas, gérer une pêcherie consiste donc à déterminer l'effort de pêche permettant d'atteindre un compromis entre les contraintes biologiques et la rentabilisation des outils de l'effort de pêche (entre C et D sur la figure 3) compte-tenu des objectifs décidés par les gestionnaires. Une simulation de ce type pourra être réalisée à l'aide du logiciel « Tuna ».

Les modèles structuraux, dont celui de Beverton and Holt est le plus simple, sont une autre famille donnant lieu à des applications pédagogiques. Ils

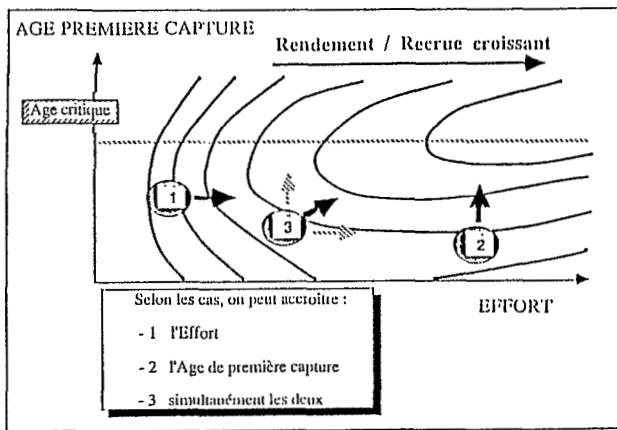


Fig. 3. — Représentation schématique des isoplètes de rendement par recrue dans le cas d'un modèle de Beverton and Holt. Sont illustrées les trois possibilités susceptibles d'être utilisées pour accroître le rendement par recrue.

sont mieux adaptés si on dispose de davantage de données sur la biologie que sur l'exploitation d'un stock.

Leur principe repose sur le suivi d'une seule cohorte durant toute sa vie depuis le moment où les poissons, nés la même année, entrent dans la pêcherie à un âge donné (appelé âge de recrutement) jusqu'à la mort du dernier survivant. On suppose dans ce cas que l'effectif au recrutement est indépendant de la taille du stock de géniteurs; il dépend exclusivement du milieu.

Le problème à illustrer revient à définir la stratégie à appliquer pour tirer le meilleur parti du recrutement d'une cohorte quel qu'il soit, c'est à dire pour optimiser le rendement par recrue.

Sachant que l'on peut influencer sur la taille de première capture (réglementation sur la taille minimale légale ou sur le maillage) et l'effort de pêche (les poissons capturés seront d'autant plus jeunes que l'effort sera élevé), il s'agit donc de tester, au travers de ce modèle, l'âge auquel il vaut mieux pêcher un stock. Deux phénomènes biologiques an-

## 2. Illustration par présentation de quelques logiciels simples

D'ores et déjà, il y a la possibilité de pouvoir disposer de plusieurs logiciels de simulation. Mais les connaissances nécessaires en Dynamique de population ou en biomathématiques sont très variables selon leur utilisation (experts, universités ou lycées pour un enseignement à plusieurs niveaux, démonstration au grand public, formation et/ou information de décideurs politiques et d'opérateurs économiques...).

A titre d'exemple, trois logiciels simples s'appuyant sur les éléments de dynamique des populations présentés précédemment seront décrits succinctement :

- Modèle global : « Tuna »
- Modèle structural : « Plaiçe » (1)

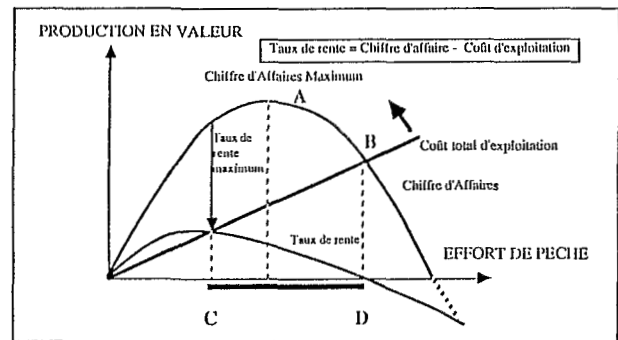


Fig. 4. — Schéma de l'évolution de la production en valeur en fonction de l'effort de pêche qui, composée avec la droite des coûts d'exploitation, permet d'obtenir la courbe du taux de rente. Le compromis à rechercher se trouve entre C et D pour tenter de se trouver plus proche, soit du taux de rente maximum, soit du chiffre d'affaires maximum.

tagoniques seront ici pris en compte : la Croissance (plus on attend, plus les poissons seront gros) et la Mortalité (plus on attend, moins les poissons sont nombreux). L'établissement d'isoplètes de rendements par recrue (fig. 4) permettra alors de visualiser les effets simultanés des actions envisagées sur l'effort de pêche et sur l'âge de première capture. Ce sera l'objet du logiciel « Plaiçe ».

La simplicité extrême de cette approche (une seule année d'étude peut permettre d'aborder la gestion de l'effort et de l'âge à la première capture) ne doit cependant pas masquer les inconvénients majeurs d'une prévision à long terme peu réaliste. En effet, que dire de la mortalité supposée comme constante alors que dans la réalité il existe une très grande variabilité des pêcheries (sélectivités, multimers...).)

Si la modélisation théorique s'avère une étape incontournable, les utilisateurs de logiciels de simulation qui en sont issus devront cependant se prémunir contre toute généralisation abusive s'ils veulent les présenter comme exemples traduisant une réalité.

- Modèle structural avec relation Stock-Recrutement : « Gérez vos pêcheries » (2)

Ces trois logiciels écrits en Basic ou GW-Basic sont utilisables sur des matériels IBM-PC ou compatibles disposant d'au moins 256 K octets de mémoire vive.

(1) Ce deux logiciels ont été aimablement communiqués par D. Orth, Dept of Fisheries and Wildlife Sciences Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, Virginia 24061, USA.

(2) Ce logiciel développé par C. De Verdelhan (IFREMER, La Rochelle, France) est commercialisé par le Centre régional de documentation pédagogique de Poitiers, France.

## 2.1 « Tuna »

Il s'agit, dans ce jeu de simulation, de réguler une pêcherie de Thon albacore de la région inter-tropicale Est de l'Océan Pacifique sur une période de dix années. Les moyens de régulations de l'effort à notre disposition sont la durée de la saison de pêche et/ou le nombre de licences de pêche autorisées.

Le programme est initialisé pour un stock vierge et une flottille de 100 bateaux. Pour chaque année suivante, on doit donc rentrer au clavier la durée en jours de la saison et le nombre de licences à accorder selon la demande.

Pour chaque année, la simulation donne alors la capture totale, la capture par unité d'effort, le prix moyen, la valeur totale des captures et la valeur de la capture moyenne par bateau. Il est à noter qu'une fonction d'inflation est intégrée au programme pour faciliter la comparaison des valeurs annuelles. A l'issue de ces dix années, un bilan rétrospectif peut être présenté pour résumer la simulation (Tableau 1).

Tableau 1

Année	Effort Bateau.jours	Captures (en livres)	Captures/ Effort
Première .....	20 000	190 000 000	9 500
Deuxième .....	25 000	150 893 728	6 036
Troisième .....	30 000	217 650 480	7 255
Quatrième.....	45 000	243 450 944	5 410
Cinquième.....	45 000	140 880 080	3 131
Sixième .....	45 000	151 662 800	3 370
Septième .....	45 000	155 333 184	3 452
Huitième .....	45 000	156 325 136	3 474
Neuvième .....	45 000	156 570 704	3 479
Dixième.....	45 000	156 630 048	3 481

Tableau 1. Résumé des résultats de la simulation de pêcherie d'albacore illustrant une production et une prise par effort équilibrée à partir de la septième année après un accroissement et une stabilisation de l'effort.

A l'aide de ce logiciel relativement simple, on peut donc répondre à plusieurs questions selon les objectifs pédagogiques que l'on s'est fixés comme par exemple :

- Comment varient la production à long terme et les prises par unité d'effort correspondantes en fonction de l'effort développé ?
- Quel peut être l'effort qui permet la production maximale équilibrée et à combien s'élèvent cette PME et la PUE correspondante ?
- Comment varient la PME et les PUE en valeur au terme d'une simulation sur dix ans pour une saison de pêche fixe ?
- L'effort aboutissant à la PME est-il un bon critère d'optimisation économique ?
- Peut-on fixer un niveau maximum déterminant un seuil de rentabilité ?
- Comment varient les marges brutes totales et par bateau-jour en fonction de l'effort ?

– A long terme, à quel(s) objectif(s) peuvent correspondre différents efforts ?

Après avoir fait plusieurs simulations, l'établissement de courbes permettra, en outre, d'illustrer et de faire des choix.

## 2.2. « Plaice »

Ce logiciel propose de gérer la pêcherie d'une espèce demersale (la Plie) dans la Mer du Nord à l'aide d'une simulation des effets des variations d'effort de pêche (au travers du nombre de licences) et d'âge à la première capture (au travers du maillage) sur les rendements par recrue et les prises par unité d'effort.

Le jeu consiste à proposer dix essais annuels d'effort et d'âge de première capture qui seront appliqués à une cohorte annuelle pour constater la réponse en terme de rendement pondéral terminal de cette cohorte (Tableau 2).

Tableau 2a

Année	Effort Nbre bateaux	Age de 1ère capture	Rend./Recrue (grammes)
1 .....	100	3,7	183
2 .....	100	4	198
3 .....	100	5	250
4 .....	100	6	298
5 .....	100	7	340
6 .....	100	8	375
7 .....	100	9	401
8 .....	100	10	417
9 .....	100	11	422
10 .....	100	12	410

Tableau 2b

Année	Effort Nbre bateaux	Age de 1ère capture	Rend./Recrue (grammes)
1 .....	10	10	156
2 .....	25	10	290
3 .....	50	10	382
4 .....	75	10	410
5 .....	100	10	418
6 .....	150	10	419
7 .....	200	10	416
8 .....	300	10	413
9 .....	500	10	410
10 .....	700	10	409

Tableau 2. Résumé de la simulation de la pêcherie de Plie de la Mer du Nord illustrant la variation des valeurs de rendement par recrue (en grammes) en faisant varier pour chaque cohorte annuelle les paramètres d'exploitation :

a) Effort constant – Age de première capture variable.

b) Effort variable – Age de première capture constant

Cette application du modèle structural permet donc de répondre à un certain nombre de questions exposées ici à titre d'exemples :

- Etant donnée une réglementation sur le maillage, comment la production équilibrée et les prises par unité d'effort varient-elles en fonction de l'effort ?
- Quel quota de licences permet d'atteindre la PME ?
- Sachant que des considérations socio-politiques excluent toute diminution de l'effort, quel âge de première capture et quel maillage procureraient une production maximale ? Permettent-ils simultanément une PUE maximale ?
- Si un changement de maillage est envisagé, quelles en seront les conséquences ?
- Quelle combinaison de régulation de l'effort (nombre de licences) et d'âge de première capture permettrait de maximiser la production ?
- Comment interpréter ces résultats au regard de la biologie de l'espèce ?
- Quelles considérations économiques semblent devoir être prises en compte pour formuler des recommandations finales ?

### 2.3. « Gérez vos pêcheries »

Le but de ce jeu est de rechercher un optimum bio-économique d'une ressource (le Merlu dans cet exemple) au terme d'une simulation sur 60 ans. Au cours de cette période, il est possible de modifier les paramètres annuels d'exploitation concernant l'effort (nombre de navires et/ou durée de la saison de pêche) et l'âge minimum de capture. Ce logiciel a l'avantage de se présenter sous forme graphique à l'écran, ce qui le rend très accessible. Cette visualisation permet de mieux se rendre compte de l'évolution de douze paramètres halieutiques selon les choix stratégiques et politiques que l'on désire pour une telle pêcherie. A tout instant, on peut intervenir pour changer les conditions d'exploitation et observer immédiatement les répercussions de ces modifications. Il est également possible d'imprimer tous ces graphiques ainsi qu'un tableau final de résultats (tableau 3).

Tableau 3. – Paramètres susceptibles d'être obtenus et imprimés lors de l'utilisation du logiciel « Gérez vos pêcheries ». Outre le nombre total d'individus présents en début de chaque année pour une quinzaine de classes d'âge, on peut obtenir plusieurs bilans annuels sur :

- l'effort de pêche;
- le nombre de navires;
- le nombre de jours de mer par an et par navire;
- la production totale;
- la valeur totale des débarquements;
- le bénéfice total dégagé par la flottille;
- le rendement pondéral (production/effort);
- le chiffre d'affaires d'un navire;
- l'âge minimum des poissons capturés;
- l'âge maximum des poissons capturés;
- la biomasse féconde en fin d'année;
- la biomasse totale en fin d'année.

Tous ces éléments peuvent être visualisés graphiquement à l'écran.

C'est une démonstration de ce logiciel qui a été présenté lors de la Conférence thonière. Nous en rappellerons ici les points essentiels sur un exemple considérant une flottille de trente navires travaillant pendant 200 jours annuels sur un stock dont les individus peuvent être capturés immatures (< 1 an). L'âge maximum est supposé égal à 20 ans. L'évolution annuelle de l'exploitation sera suivie en étudiant simultanément la production de la flottille et le chiffre d'affaires d'un navire. Au terme de chaque décennie et après diagnostic, les paramètres seront susceptibles d'être modifiés (fig. 5).

- **Décennie 1** : le chiffre d'affaires par navire est très important et malgré la production totale qui diminue, on peut supposer que d'autres navires (20) attirés par ces bénéfices vont entrer dans la pêcherie.
- **Décennie 2** : après une éphémère et logique augmentation de la production totale, l'effort supplémentaire s'est traduit en dix ans par un effondrement des bénéfices individuels. Dans un milieu ouvert, on peut s'attendre à une réaction susceptible de compenser ces pertes en travaillant davantage (accroissement de 80 jours de pêche).
- **Décennie 3** : même phénomène que précédemment et de moindre amplitude pour la production totale avant un effondrement total. Seulement les deux premières années ont permis de dégager un bénéfice. Dès la troisième, les navires deviennent déficitaires à un point tel que quinze d'entre eux quittent la flottille, soit par des armements, soit par déplacement sur d'autres zones.
- **Décennie 4** : malgré une atténuation, les pertes financières subsistent, ce qui conduit les pêcheurs à demander des subventions pour équilibrer leurs bilans d'exploitation. Celles-ci leur sont accordées en contrepartie d'une augmentation de maillage pour élever l'âge minimum de capture à cinq ans.
- **Décennie 5** : logiquement et immédiatement, la production totale diminue d'environ 50 % et les pertes sont multipliées par trois. Les subventions sont supposées prévues pour maintenir la flottille pendant quatre à cinq ans. Après ce laps de temps, la reprise de la production et des bénéfices est spectaculaire puisque de nouveaux navires (35) vont entrer dans cette flottille en nouvelle expansion.
- **Décennie 6** : à l'issue de cette dernière période, la ressource pour laquelle on a opéré des modifications dans le diagramme d'exploitation (dont un accroissement de l'âge de première capture) supporte une flottille de soixante-dix bateaux contre trente au départ qui dégagent un bénéfice.

Cet exemple a permis d'illustrer le comportement d'une flottille sur la base de quelques résultats d'exploitation.

Bien qu'encore imparfait, le caractère ludique de ce type de logiciel peut aussi mettre les auditeurs en situation pseudo-réelles. En effet, on peut leur demander de faire des choix politiques différents et d'agir sur les paramètres d'exploitation pour atteindre

leurs objectifs. Ces derniers peuvent concerner la maximisation de l'approvisionnement alimentaire de la population (production totale), ou la réduction

du déficit commercial des produits de la mer (valeur totale), ou la réduction du chômage (nombre de navires), ou le profit maximum (bénéfices).

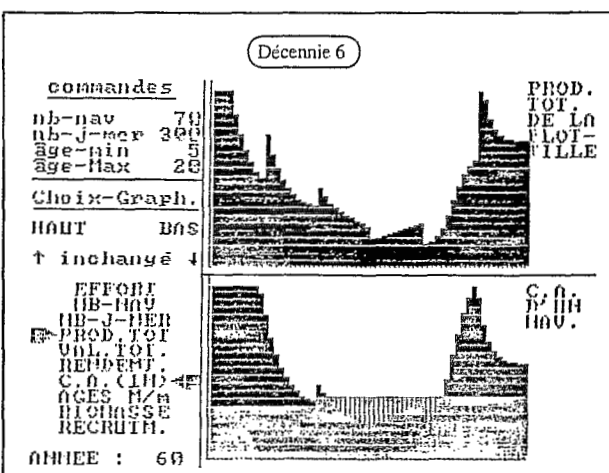
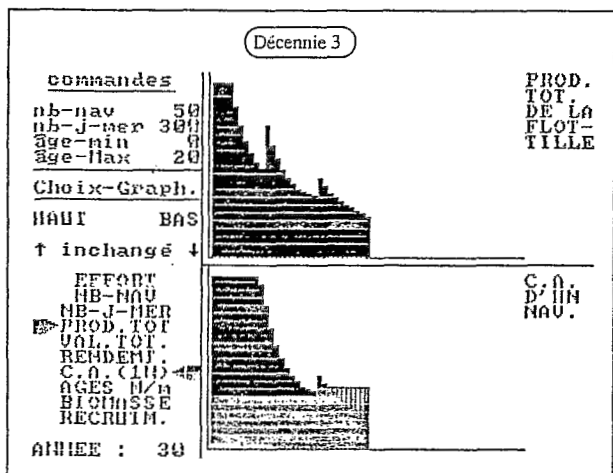
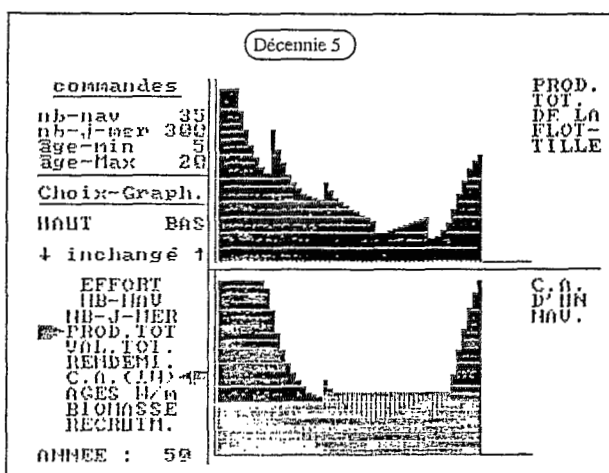
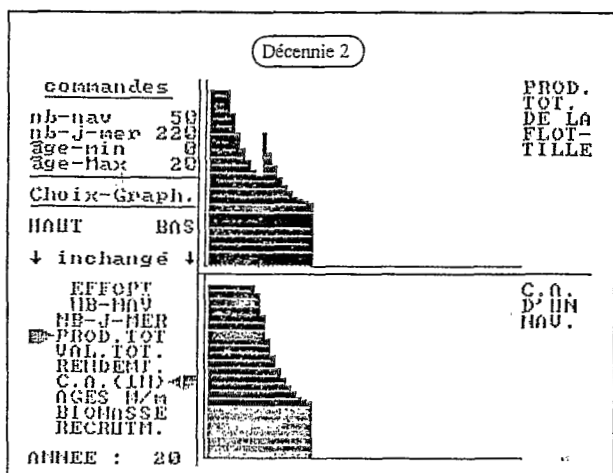
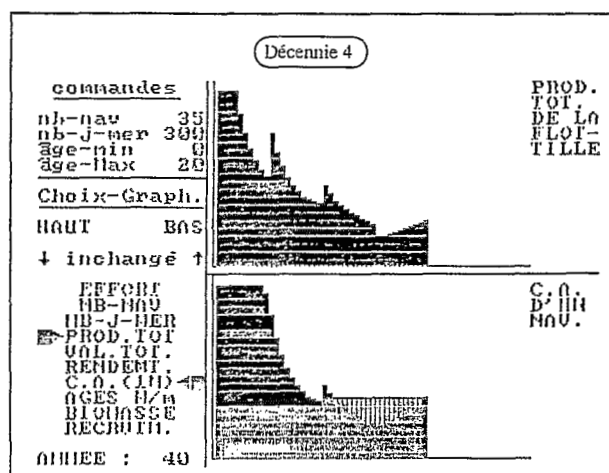
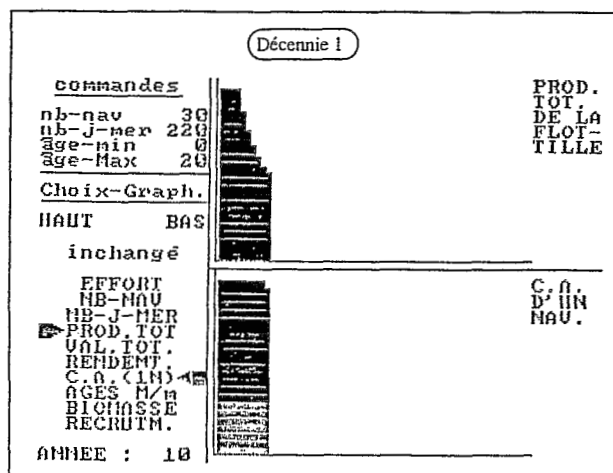


Fig. 5. — Exemples de copies d'écran obtenues lors d'une simulation avec le logiciel « Gérez vos pêcheries » qui illustrent les situations décrites dans le texte pour six décennies en suivant les paramètres « Production totale » et « Chiffre d'affaires par navire ».

## Conclusion

Il est vrai que les trop nombreuses hypothèses sous-tendant ces modèles monospécifiques rendent ces simulations relativement peu réalistes pour l'instant. Mais elles constituent en fait des prototypes car ce n'est que depuis très peu de temps (moins de huit ans) que des logiciels interactifs se développent à partir des avancées dans le domaine de la dynamique des populations exploitées et des modèles bio-économiques.

Plusieurs logiciels sont d'ores et déjà disponibles parmi lesquels on peut citer :

- Finman : « Simulated fishery research and management decision making » de W.W. Fox et J.S. Ault disponible auprès de l'American Fisheries Society (Computer Users Section).
- Modeleco : Logiciel bio-économique simple de simulation d'une pêcherie de C. Chaboud, S. Gautier et A. Pesin. Contacter Chaboud (économiste ORSTOM affecté au CRODT/ISRA de Dakar, Sénégal).
- BEAM 1 à 4 : Simulations de multipêcheries séquentielles S. Garcia et P. Sparre disponible auprès du Département des Pêches de la FAO, Rome.
- TOPS : Tuna research vessel Observer Simulation de P. Kleiber et L. Vetter disponible auprès de South West Fisheries Center, National Marine Fisheries Service, La Jolla, Californie, USA.

Mais une meilleure adéquation avec les réalités économiques et politiques devra être développée pour dépasser le simple stade d'outil pédagogique. L'amélioration des capacités infographiques favorisera sans aucun doute la création et la diffusion de ces logiciels.

Comme le recommande Walters (1989), il s'agira à l'avenir de confronter les étudiants à des simulations complexes et réalistes pour les forcer à tenir compte de données incomplètes, des contraintes opérationnelles et des conflits entre toutes les parties concernées.

De là, ces simulations et ces jeux interactifs ne seront plus destinés uniquement à la formation mais aussi à l'analyse des situations complexes qui, en testant diverses hypothèses et ensembles de données disponibles, permettront aux décideurs d'explorer et de relativiser les conséquences de telle ou telle impasse dans la connaissance des ressources. N'oublions jamais que l'on est loin de tout connaître sur la variabilité extrême des ressources aquatiques et que l'on est cependant obligé de les gérer.

C'est pourquoi, dans la prochaine décennie, on peut s'attendre à un développement très significatif des logiciels de simulations réalistes. La qualité de la collaboration entre les exploitants, les agences gestionnaires et les scientifiques, à l'image de celle existant actuellement pour les thonidés, sera un gage du réalisme pour ces logiciels. Ceux-ci seront de moins en moins simples, mais ils deviendront de moins en moins des gadgets pour être considérés davantage comme des auxiliaires indispensables dans la gestion des ressources halieutiques.

## Références bibliographiques

- Laurec A. et J.C. Le Guen, 1981. Dynamique des populations marines exploitées. Tome 1. Concepts et modèles. Rapports scientifiques et techniques du CNEXO (Brest, France), 45, 118 p.
- Walters C.J., 1989. Development of microcomputer use in fisheries research and management (3-6). In Edwards E.F. and Megrey B.A. (Ed.), 1989. Mathematical analysis of fish stock analysis. American Fisheries Society Symposium 6, Bethesda, Maryland (USA), 214 p.