

# Une extension pluriannuelle du modèle bioéconomique de la pêche crevettière malgache

CHRISTIAN CHABOUD



© A. de Rodélec/PNRC

## Introduction

La version annuelle du modèle bioéconomique de la pêche crevettière malgache, présentée précédemment dans cet ouvrage, a été développée sur une base annuelle. Ce choix était justifié par un certain nombre d'arguments et d'hypothèses :

- courte durée de vie de l'espèce ;
- absence d'une relation entre la biomasse féconde de l'année  $t$  et le recrutement des crevettes à l'année  $t+1$  ;
- caractère annuel des décisions de gestion ;
- évaluation annuelle des résultats de l'exploitation au moyen des comptes économiques des entreprises et de la filière ;
- gain en temps de calcul.

D'un point de vue scientifique, le passage à un modèle pluriannuel présente des avantages par rapport à la version annuelle. Il permet tout d'abord de ne plus reposer sur certaines hypothèses fortes du modèle annuel, notamment celle d'indépendance entre années successives, tant du point de vue de la ressource que des décisions de gestion. Il permet également de représenter, en

une seule simulation, les impacts de plusieurs décisions de gestion et de diverses hypothèses sur les paramètres exogènes. Une des recommandations de l'atelier de modélisation bioéconomique organisé en octobre 2004 par le PNRC était aussi, entre autres, de passer à une version pluriannuelle. Les résultats de ce travail sont présentés dans cette contribution.

Sur la base du modèle bioéconomique annuel, on a développé un modèle pluriannuel permettant de représenter la dynamique de la pêcherie crevettière sur une période pouvant aller jusqu'à dix ans. Ses principales caractéristiques sont présentées et les perspectives nouvelles offertes par cet outil sont discutées. Il est désormais possible d'introduire des « chocs » exogènes en cours de simulation sur les principaux paramètres économiques et sur le recrutement. Les principaux outils de gestion peuvent être également redéfinis chaque année. Quelques résultats de simulation sont présentés et discutés par rapport à ceux obtenus à partir du modèle annuel. Pour l'essentiel, ils confirment ou renforcent l'intérêt de propositions d'aménagement inspirées des résultats du modèle annuel. Enfin, on discutera en termes scientifiques et d'aide à la décision de l'intérêt de cette expérience de modélisation.

## Les arguments en faveur d'un modèle pluriannuel

L'hypothèse d'indépendance entre années initialement retenue peut être remise en cause par divers arguments.

Ceux-ci sont d'abord biologiques. Il y a évidemment un continuum biologique interannuel du fait de l'existence de cohortes « à cheval » sur deux années. Les conditions initiales d'exploitation d'une cohorte à l'année  $t$  vont conditionner ses effectifs et donc les résultats de son exploitation en  $t+1$ . L'hypothèse de l'absence d'une relation stock-recrutement peut également être discutée. Par exemple, on peut considérer qu'il existe un niveau de biomasse féconde critique en dessous duquel le recrutement de l'année suivante peut être remis en cause. La baisse d'abondance observée dans les zones A et B depuis 2005 peut amener à s'interroger sur la possibilité de ce phénomène.

Ces raisons tiennent également à la dynamique de l'exploitation. Les décisions de gestion prises en l'an  $t$  conditionneront en partie les résultats de l'an  $t+1$  à travers l'impact sur la composante de la ressource présente en  $t$  et survivante en  $t+1$ . Par ailleurs, il semble important de prendre en compte le fait que la dynamique d'entrée-sortie des unités de pêches peut être en partie fonction des résultats de l'exploitation au cours des exercices précédents, que l'effort soit contrôlé par un système de licences, par un marché des droits de pêche, ou bien encore qu'il soit non régulé<sup>75</sup>.

Un autre argument tient à la possibilité de prendre en compte l'interdépendance temporelle des décisions d'aménagement (une décision est prise en partie en fonction des conséquences des politiques antérieures) et également au fait que la résultante de plusieurs décisions est fonction des dates et de l'ordre de leurs mises en place respectives. On peut considérer que les décisions de gestion s'inscrivent dans un contexte qui est pour partie le résultat des décisions (ou de l'absence de décisions) prises au cours des années précédentes, de leur contexte économique et social, de leur impact sur la ressource et les résultats économiques de l'exploitation. L'autre intérêt de procéder à des simulations pluriannuelles provient alors de la possibilité de représenter l'impact de chocs exogènes ou de décisions de gestion de façon séquentielle, alors que dans la version annuelle du modèle cela imposait de procéder à la comparaison de simulations annuelles successives.

## La structure du modèle bioéconomique pluriannuel

Le modèle reprend la structure modulaire du modèle annuel. Certains modules initiaux ont été modifiés, des modules complémentaires ont été ajoutés. Il permet désormais de modéliser jusqu'à dix années d'exploitation. Le pas de temps est choisi comme dans le modèle initial (de 1 à 15 jours).

Les modules modifiés sont essentiellement ceux consacrés à la dynamique de la ressource crevettière et la définition des politiques. Le modèle initial comprenait 18 cohortes mensuelles. Le modèle pluriannuel permet de simuler jusqu'à dix années, soit 120 cohortes de crevettes pour chaque espèce et sexe. Les politiques ne sont plus définies seulement en début de simulation, mais peuvent être modifiées chaque année.

Pour la composante économique du modèle, les seules modifications significatives concernent le calcul des variables principales de sortie cumulées par exercice (années) et non plus sur la période totale de simulation. Par ailleurs, pour les principaux indicateurs de résultats on a introduit des variables récapitulant les valeurs annuelles moyennes en fin d'exercice.

### **La variabilité interannuelle de la ressource biologique**

Dans un modèle pluriannuel il est nécessaire de tenir compte de la variabilité du recrutement d'une année à l'autre, indépendamment de la biomasse féconde. Ceci permet de simuler l'impact de l'environnement hydroclima-

75. La pêche traditionnelle reste, à ce jour, en accès quasi libre, et les résultats économiques semblent être le facteur principal des pressions à l'entrée dans le secteur. Pour la pêche industrielle et artisanale, le nombre d'unités est limité par le système d'octroi de licences qui fixe un plafond annuel aux flottilles. Au cours des années récentes, la dégradation des résultats économiques a conduit des armements à réduire le nombre de leurs unités.

tique, qui constitue le facteur principal de variation du recrutement et donc des captures de crevettes. Dans le modèle annuel, la variabilité du recrutement était abordée par la méthode de Monte Carlo (simulations répétées avec tirage d'un facteur multiplicatif du recrutement dans une loi log-normale). La méthode retenue dans le modèle pluriannuel est différente, elle permet d'introduire différentes sources de variabilité du recrutement :

- une variabilité interannuelle du recrutement total en crevettes (effet année). Il semble que le signal annuel soit le plus déterminant au niveau de chaque façade marine de Madagascar ;
- une variabilité inter-zone de la répartition du recrutement annuel par zone (effet zone). La répartition du recrutement selon les zones peut varier selon les années dans la mesure où le contraste des conditions environnementales entre zones n'est pas constant ;
- une variabilité inter-mois de la répartition mensuelle (effet mois) du recrutement - c'est-à-dire pour chaque cohorte -. On sait que selon les années, pour un même niveau de recrutement total, peuvent exister des décalages temporels, dans les pics de recrutement qui semblent liés à des facteurs environnementaux et notamment climatiques (intensité et répartition temporelle de la pluviométrie sur les bassins versants).

Chacun de ces effets est modélisé par un facteur stochastique tiré dans une loi normale d'espérance 1 ; on précise pour chaque facteur ses valeurs minimale, maximale et son écart-type. L'effet année peut être commun ou distinct pour les deux espèces de crevettes, à la différence des effets zones et mois qui sont communs.

La figure 147 présente le résultat d'une telle simulation, sur 10 ans, tous les autres paramètres bioéconomiques étant considérés comme constants, le calcul étant réalisé avec un pas de temps de 4 jours. Les paramètres des trois effets stochastiques sont les suivants :

Effet	Maximum	Minimum	Écart-type
<b>Année</b>	1,2	0,8	0,3
<b>Zone</b>	1,1	0,9	0,1
<b>Mois</b>	1,1	0,9	0,1

Pour la zone C, sont représentées les évolutions de la capture (1), de la biomasse (2) et de la rente économique (3). On obtient ainsi sur les 10 ans de simulations une capture industrielle annuelle moyenne de 5 188 tonnes qui s'avère très proche de la moyenne estimée à partir de la base statistique nationale Banacrem pour la période 1995-2003 (5 033 t). On constate également que la rente simulée ne deviendrait positive qu'au-delà de 6 000 tonnes de captures. Ceci s'explique par le choix des paramètres économiques identiques à ceux de la simulation de référence du modèle annuel (année 2003) ; ces paramètres restant constants durant les dix années simulées.

### L'introduction de chocs exogènes dans les simulations

Il est possible d'introduire des perturbations exogènes pour trois paramètres économiques :

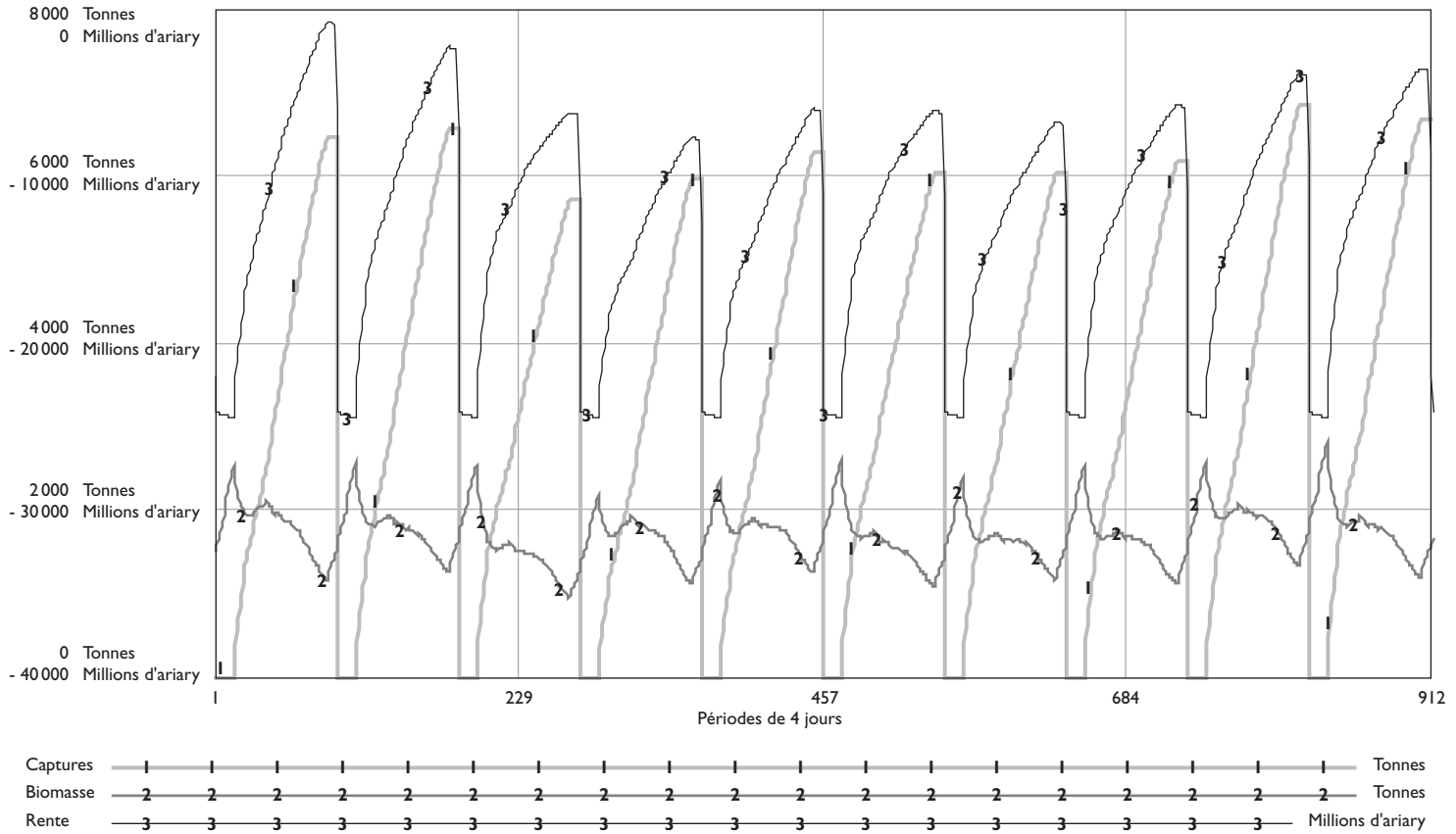


Fig. 147  
 Exemple de modélisation stochastique sur 10 ans :  
 biomasse, captures de crevettes et rente économique de la zone C.

- le taux de change des trois principales devises (euro, dollar US, yen japonais) ;
- le prix du carburant ;
- le prix international de la crevette, en considérant que le choc exogène est le même pour tous les marchés d'exportation.

Pour chacune des variables économiques on peut introduire jusqu'à cinq chocs par simulation, dont l'ampleur est définie par un facteur multiplicateur s'appliquant, à partir d'une date choisie, à la valeur courante de la variable avant la perturbation, et prend donc en compte l'impact des perturbations préalablement introduites.

Pour la ressource biologique on peut également introduire des perturbations pour le recrutement mensuel des crevettes, au moyen d'un facteur multiplicatif par zone, par année et par mois, identique pour les deux espèces de crevettes.

### **Introduction de changements dans la politique des pêches**

Chaque simulation est lancée avec des valeurs des variables de décisions de politiques des pêches définies dans les paramètres de référence du modèle. L'intérêt principal d'une simulation pluriannuelle est ici de pouvoir modifier les décisions de politiques des pêches au début de chaque année, ou bien encore en cours d'année. Un autre intérêt est de présenter les politiques alternatives de gestion au cours de périodes successives, ce qui peut montrer les interactions temporelles entre décisions (une décision à l'année  $t$  modifie le contexte dans lequel une autre décision sera prise en  $t+1$ ) ou des effets d'inertie (une décision à l'année  $t$ , supprimée en début ou en cours de  $t+1$ , continue cependant à produire des effets sur les résultats de l'année  $t+1$ ). Pour chaque instrument de gestion, cinq changements peuvent être appliqués par simulation.

Les instruments de politiques publiques des pêches pour lesquels peuvent être introduits des chocs dans la version actuelle du modèle pluriannuel sont :

- les effectifs des flottilles par segment de pêche en début d'année ;
- les effectifs des flottilles par segment de pêche pour une période intra-annuelle (ce qui permet de simuler une fermeture en cours de campagne de pêche) ;
- les dates d'ouverture et de fermeture de la pêcherie ;
- la longueur de la corde de dos des chaluts ;
- la sélectivité des engins de pêche (modification de maillage).

## **Quelques exemples de résultats du modèle pluriannuel**

Le modèle pluriannuel a été testé en utilisant les données économiques pour l'année 2003 estimées par l'observatoire économique de la filière crevette.

## Une nouvelle appréciation de l'impact des changements de dates d'ouverture et de fermeture de la pêche

L'intérêt d'une réduction de la saison de pêche a déjà été souligné lors des simulations réalisées au moyen de la version annuelle du modèle. Ces analyses ont aussi montré que les gains retirés d'un recul de l'ouverture étaient beaucoup plus importants que ceux liés à l'avancement de la date de fermeture. Le report d'ouverture génère un impact biologique et économique sensible sur l'ensemble de la période de pêche, tandis que l'avancement de la période de fermeture ne conduisait qu'à des effets économiques plus limités sur l'année courante. Ceci s'explique aisément dans la mesure où l'un des effets principaux attendus d'une fermeture plus précoce est une mortalité par pêche réduite sur les crevettes en fin d'année. Une part de ces crevettes épargnées (celles n'ayant pas subi la mortalité naturelle en période de fermeture) sera capturée à l'ouverture suivante. On espère logiquement en retirer un gain en poids (effet croissance) et donc aussi en prix (effet calibre commercial). Comme le souligne cependant A. Caverivière (com. pers.), il est possible que la fermeture protège plutôt des individus âgés, dont le nombre diminuera beaucoup par mort naturelle d'ici l'ouverture (d'où peu de gains) ; à l'inverse le report de la date d'ouverture protégerait beaucoup de juvéniles et présente donc plus de gains potentiels. Ces phénomènes s'expliquent par la répartition saisonnière du recrutement qui connaît un pic durant les premiers mois de l'année.

L'évaluation de l'impact de ces mesures a été réalisée tout d'abord avec un recrutement déterministe (constant d'une année à l'autre) puis avec un recrutement stochastique (les effets retenus étant similaires à ceux mentionnés précédemment). Dans le cas déterministe on a simulé la pêche sur 5 ans, et dans le cas stochastique, sur 10 ; avec un pas de temps de 4 jours dans les deux cas. Ces simulations concernent l'ensemble de la côte ouest de Madagascar (zones A à C). Pour une plus grande clarté, on distinguera successivement les effets sur la ressource, les captures, le chiffre d'affaires, les coûts, les résultats économiques nets pour les firmes, l'État, et l'ensemble de la collectivité.

Les simulations suivantes ont été réalisées :

Tableau 57  
Caractéristiques des simulations sur la réduction de la saison de pêche.

	Date ouverture	Date fermeture
Simulation de base	Dernière semaine février (jour 55)	Fin novembre (jour 334)
Simulation n° 1	Fin mars (jour 85)	Fin novembre (jour 334)
Simulation n° 2	Fin février (jour 55)	Fin octobre (jour 304)
Simulation n° 3	Fin mars (jour 85)	Fin octobre (jour 304)

La simulation 1 correspond à une ouverture de la pêche retardée de 30 jours, la simulation 2 à une fermeture plus précoce de 30 jours et la simulation 3, combinant les deux mesures, à une période de fermeture plus longue de 60 jours.

Tableau 58

Impact de la réduction de la saison de pêche sur la biomasse de crevettes : résultats des simulations avec un recrutement constant ou variant de façon stochastique.

Simulation	Biomasse à l'ouverture (tonnes)	Écart relatif par rapport à la simulation de base
Simulation de base déterministe	4 588	–
1 Retard ouverture	5 731	+ 24 %
2 Avancement fermeture	5 379	+ 17 %
3 Retard et avancement	6 559	+ 42 %
Simulation de base stochastique	4 702	–
1 Retard ouverture	6 067	+ 29 %
2 Avancement fermeture	5 562	+ 18 %
3 Retard et avancement	6 877	+ 46 %

### Effet sur la ressource (biomasse)

Les mesures de gestion concernant les dates d'ouverture et de fermeture sont prises dès l'année 1. Dans le cas déterministe (tabl. 58), l'effet sur la ressource d'une fermeture avancée est d'autant plus net qu'il s'accompagne d'un report de la date d'ouverture. L'avancement seul de la fermeture permet d'avoir une biomasse, à l'ouverture de l'année 4<sup>76</sup> de 5 379 t contre 4 588 t pour la simulation de base (+ 17 %). Par contre, si cette mesure est accompagnée d'un recul de l'ouverture, la biomasse à l'ouverture passe à 6 559 t (+ 42 %). Le seul report d'ouverture conduit à un gain de 1 143 t (+24 %).

Pour les simulations stochastiques, on compare la biomasse moyenne à l'ouverture sur les 10 années de simulation. Le gain relatif en biomasse à l'ouverture est légèrement plus sensible que dans le cas déterministe pour les simulations 1 (+ 29 % contre + 24 %) et 3 (+ 46 %), tandis que l'effet obtenu de la seule fermeture avancée est quasi similaire à celui obtenu précédemment.

### Effet sur les captures

Les résultats pour les captures sont très proches de ceux du modèle annuel : le retard d'ouverture a un effet bénéfique faible tandis qu'une fermeture avancée conduit à une légère diminution des captures.

Les modifications de dates de campagne de pêche ne conduisent donc qu'à des effets très limités en termes de captures annuelles totales de crevettes. Le tableau 59 montre des écarts relativement réduits tant pour les simulations stochastiques que déterministes. Dans tous les cas, l'effet ressource, permis par la réduction de la saison de pêche, est en partie compensé par celui de la réduction de l'effort de pêche. L'augmentation des rendements, obtenue essentiellement en début de saison, ne permet pas de compenser significativement l'impact de la réduction de l'effort de pêche sur les captures.

76. Pour les simulations déterministes, les résultats de fin d'année 4 ou 5 sont identiques dans la mesure où il n'y a pas de chocs exogènes ou d'autres décisions de gestion. On observe de légères différences entre années 1 à 3 au cours desquelles la simulation converge vers un état stationnaire.



Par type de pêche les résultats sont plus contrastés. Pour la pêche industrielle les trois scénarios de modification de dates de campagne conduisent à une légère croissance des captures de crevettes, ainsi que pour la pêche artisanale (mais à un moindre degré). Par contre, ces mesures conduisent toutes à une baisse des prises de la pêche traditionnelle. L'explication plausible tient au fait que cette dernière est moins susceptible de bénéficier de l'impact d'une augmentation de la période de fermeture sur la taille des crevettes ; en effet, la croissance des crevettes s'accompagne, dans le modèle, d'une moindre vulnérabilité aux engins de la pêche traditionnelle<sup>77</sup>.

L'impact sur les captures en fin d'année<sup>78</sup> est synthétisé au tableau 59.

### Impact sur les résultats économiques

L'impact sur le chiffre d'affaires est beaucoup plus net que sur les captures (tabl. 60), ce qui traduit l'existence d'un effet prix, significatif, dû aux gains en calibre à l'ouverture en raison d'une augmentation de un à deux mois de la période de fermeture.

Tableau 59  
Impact de la réduction de la saison de pêche sur les captures.

Simulation	Débarquements totaux côte ouest		PI	PA	PT
Simulation de base déterministe	10 384		7 636	653	2 094
1 Retard ouverture	10 583	(+ 2 %)	7 752	743	2 089
2 Avancement fermeture	10 344	(- 0,3 %)	7 673	672	1 999
3 Retard et avancement	10 485	(+ 1 %)	7 789	711	1 996
Simulation de base stochastique	11 025		8 034	700	2 290
1 Retard ouverture	11 250	(+ 2 %)	8 158	809	2 283
2 Avancement fermeture	10 903	(- 1,1 %)	8 003	725	2 176
3 Retard et avancement	11 075	(+ 0,4 %)	8 133	768	2 172

Unités : tonnes

Tableau 60  
Impact de la réduction de la saison de pêche sur le chiffre d'affaire (CA).

	CA Pêcherie	CA PI	CA PA	CA PT	Activité non imputées
Simulation de base déterministe	62	47	4,5	2,6	7,7
1 Retard ouverture	67 (+ 8 %)	50	5,4	2,7	8,1
2 Avancement fermeture	65 (+ 4,8 %)	50	4,8	2,6	7,6
3 Retard et avancement	70 (+ 13 %)	54	5,5	2,7	8
Simulation de base stochastique	66	50	4,9	2,9	8,5
1 Retard ouverture	72 (+ 9 %)	54	5,9	3	8,9
2 Avancement fermeture	69 (+ 4,5 %)	52	5,3	2,8	8,3
3 Retard et avancement	74 (+ 12,1 %)	56	6	3	8,7

Unités : milliards d'ariary

77. La croissance s'accompagne d'une modification de la répartition spatiale des crevettes (déplacement vers le large).  
78. Il s'agit de la moyenne de la capture annuelle cumulée en fin d'années 2, 3, 4...10.

Tableau 61  
Impact financier net des mesures de réduction de la saison de pêche.

Simulation	Variation Chiffre d'affaires	Variation Coût total privé	Effet financier net
Simulations déterministes			
1 Retard ouverture	4,8	- 1	5,8
2 Avancement fermeture	3,2	- 1,5	4,7
3 Retard et avancement	7,8	- 2,9	10,7
Simulations stochastiques			
1 Retard ouverture	5,1	- 1	6,2
2 Avancement fermeture	2,5	- 1,8	4,3
3 Retard et avancement	7,5	- 3	10,5

Unités : milliards d'ariary

L'impact positif d'une ouverture retardée d'un mois sur le chiffre d'affaires, mis en évidence par le modèle annuel, est confirmé. Les résultats montrent aussi que la mesure de fermeture anticipée exerce un effet positif sur le chiffre d'affaires de la pêcherie, ce qui n'était pas le cas avec le modèle annuel. Cet effet est particulièrement net pour la pêche industrielle et la pêche artisanale. La fermeture anticipée a un effet neutre sur le chiffre d'affaires de la pêche traditionnelle dans le cas déterministe et très légèrement négatif dans le cas stochastique. Elle réduit également le chiffre d'affaires des activités à terre non imputées aux segments de pêche pour le cas stochastique, ce qui s'explique par le fait que ces activités comprennent essentiellement la collecte et la transformation à terre de produits provenant de la pêche traditionnelle.

L'effet de réduction des coûts est a priori identique à celui du modèle annuel (il n'y pas de transfert de coûts d'une année sur l'autre, le modèle pluriannuel ne doit donc pas fournir de résultats différents) : la réduction des charges variables des segments de pêche étant quasi proportionnelle à celle de la durée de la campagne de pêche<sup>79</sup>. L'effet financier net des mesures (qui représente le gain des opérateurs privés<sup>80</sup>) est la différence entre la variation de chiffres d'affaires et celle des coûts<sup>81</sup>. Cet effet net est présenté au tableau 61.

Les résultats des simulations déterministes et ceux des simulations stochastiques sont très proches. L'effet sur le chiffre d'affaires (compris entre + 8 et + 14 %) est toujours supérieur à celui sur le coût, mais ce dernier reste toujours significatif.

En termes macro-économiques et du point de vue de la collectivité, l'impact de ces mesures de gestion est mesuré par les variations de la rente économique, de la valeur ajoutée nette directe, des revenus de l'État, des ménages et de l'effet net sur la balance commerciale (tabl. 62). Les indicateurs macro-économiques enregistrent des gains absolus et relatifs significatifs en ce qui concerne la création de richesse (rente et valeur ajoutée) et la contribution nette à la balance commerciale.

79. La majeure partie des charges variables est proportionnelle au nombre de jours de mer (cf. chapitre 11).

80. Il est équivalent à la variation du revenu net d'exploitation après impôts et taxes.

81. Le coût total inclut l'ensemble des charges supportées par les firmes, c'est-à-dire y compris les impôts, taxes et redevances prélevés par l'État.

Tableau 62  
Impact macro-économique de la réduction de la saison de pêche.

Simulation	Variation de :				
	Rente économique totale	VAN directe	Revenus de l'État	Revenus disponibles des ménages	Effet net sur la balance commerciale
Simulations déterministes					
1 Retard ouverture	6,3	6,3	0,5	0,06	5
2 Avancement fermeture	5,1	5,1	0,3	- 0,01	4,2
3 Retard et avancement	11,6	11,6	0,8	- 0,01	9,6
Simulations stochastiques					
1 Retard ouverture	6,8	6,8	0,6	0,05	5,7
2 Avancement fermeture	4,6	4,6	0,3	- 0,05	3,9
3 Retard et avancement	11,5	11,5	0,9	- 0,023	9,8

Unités : milliards d'ariary

La distribution de ces gains entre agents économiques pose néanmoins problème. Le revenu disponible des ménages ne progresse (très modérément) que dans la simulation 1. Les revenus de l'État n'enregistrent pas non plus de progression très significative. Le secteur privé industriel peut donc être considéré comme le principal bénéficiaire de ces mesures. Les gains estimés de ces décisions sont cependant suffisants pour qu'une redistribution plus équilibrée soit envisageable. Cette dernière supposerait que les redevances de pêche soient ajustées au cours de la période simulée, ce qui correspondrait à la situation réelle où l'on procède à une révision annuelle des droits de pêche sur la base des résultats économiques récents de la pêche industrielle.

### Exemple d'introduction de chocs externes et de politiques de gestion séquentielles

Nous allons maintenant analyser le comportement du modèle pluriannuel sur dix ans, en introduisant plusieurs chocs exogènes et des politiques de gestion étalées dans le temps, visant à corriger les impacts des chocs externes.

#### Caractéristiques des simulations

Les différentes caractéristiques des simulations, des perturbations et des décisions introduites sont explicitées dans le tableau 63.

Les chocs exogènes introduits sont représentatifs de ceux connus dans l'histoire récente de la pêcherie crevettière malgache : accident de recrutement (cas de l'année 2005), variation de taux de change, hausse du prix du carburant (en nette accélération en 2003), baisse du prix international en devises des crevettes.

Les politiques de gestion introduites dans les simulations à partir de l'année 6 correspondent aux principaux outils d'aménagement qui ont été mis en œuvre ou envisagés au cours des années récentes dans la pêcherie industrielle malgache : réduction de la corde de dos des chaluts, augmentation du maillage, réduction de la durée de la campagne de pêche. En supplément, on a voulu tester l'impact d'une

Tableau 63  
Introduction de chocs exogènes et de politiques séquentielles :  
caractéristiques des simulations.

Nombre d'années de simulation	10		
Pas de temps des simulations	4 jours		
Zones retenues	Côte ouest (zones A à C)		
Recrutement des crevettes	Déterministe (première simulation) Stochastique (seconde simulation) : effet année, effet zone et effet mois Facteurs stochastiques tirés dans une loi normale d'espérance égale à 1 : Effet année : min = .8, max = 1.2, écart-type = .3 Effet mois : min = .9, max = 1.1, écart-type = .3 Effet zone : min = .9, max = .1, écart-type = .3		
Date ouverture initiale	Jour 55		
Date fermeture initiale	Jour 334		
	<b>Chocs exogènes</b>		
<b>Nature</b>	<b>Ampleur</b>	<b>Début</b>	<b>Obs.</b>
Valorisation des devises étrangères (Euro, Yen, Dollar)	+ 20 %	Année 3, jour 1	Maintenu
Hausse prix des carburants et lubrifiants	+ 30 %	Année 4, jour 1	Maintenu
Baisse du recrutement des crevettes de novembre à mars	- 40 %	Année 5 (nov. à déc.) Année 6 (janv. à mai)	Uniquement années 5 et 6
Baisse prix international des crevettes	- 20 %	Année 5, jour 1	Maintenu
	<b>Décisions de politique des pêches</b>		
<b>Nature</b>	<b>Ampleur</b>	<b>Début</b>	<b>Obs.</b>
Modification de la corde de dos	Réduction de 10 %	Année 6, jour 1	Maintenu
Augmentation du maillage des chaluts	$L_{50}$ passe de 21,5 à 24 mm de LCT	Année 7, jour 1	Maintenu
Date ouverture	Report d'un mois (jour 86)	Année 8	Maintenu
Date fermeture	Avancée d'un mois (jour 303)	Année 9	Maintenu
Réduction flotte industrielle zones A, B et C	- 30 %	Année 10	Maintenu

mesure de réduction générale de 30 % de la flotte de pêche industrielle (mesure qui n'a pas été envisagée à ce jour pour l'ensemble de la pêcherie, mais qu'il nous semble pertinent de simuler car elle a été appliquée *de facto* dans l'une des zones).

On a réalisé deux simulations, pour lesquelles le recrutement des jeunes crevettes est respectivement déterministe ou stochastique<sup>82</sup>, et l'ensemble des chocs exogènes et politiques précédents a été introduit. Elles ont été réalisées en complément de deux simulations de référence, déterministe et stochastique, mais sans chocs exogènes ni décisions de gestion. On présente sur la figure 148, l'évolution de la biomasse de crevettes pour ces quatre simulations.

82. Cette dernière prend également en compte le choc externe supplémentaire sur le recrutement de jeunes crevettes aux années 5 et 6.

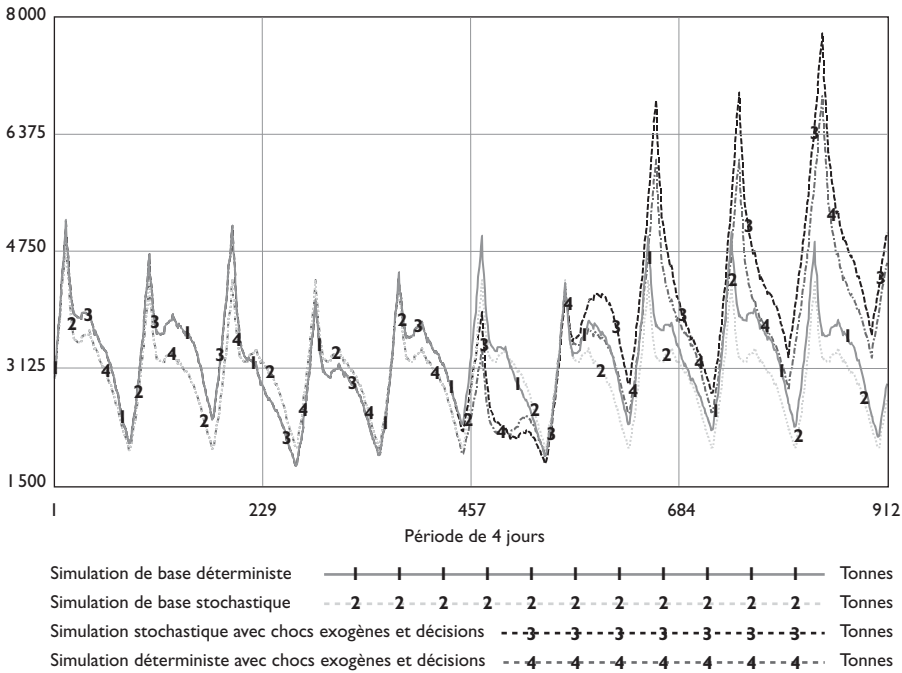


Fig. 148  
 Évolution de la biomasse sur 10 ans à partir des simulations de base déterministe et stochastiques, et de l'application de chocs exogènes à ces dernières.

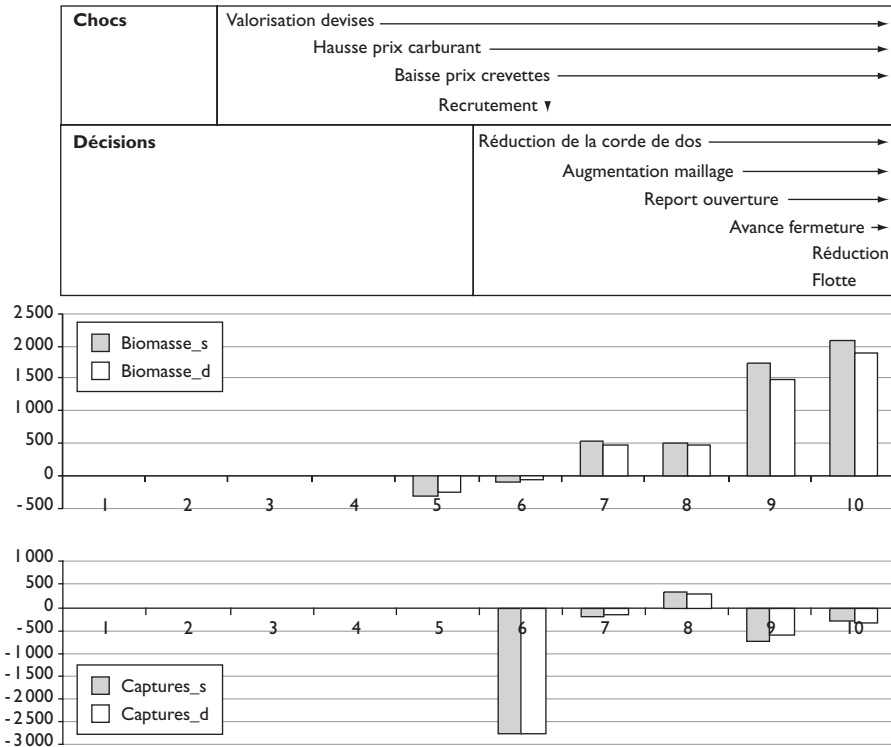
### Les résultats des simulations décennales

On traitera en parallèle des résultats obtenus en simulations déterministe et stochastique. Pour les principales variables de sortie du modèle, on analyse les écarts absolus, en fin d'année, entre les simulations de référence et celles où sont introduits les chocs exogènes et les décisions de gestion. La synthèse de ces résultats est donnée sur les figures 149 (biomasse et captures) et 150 (variables économiques).

L'appréciation générale des devises (ou la baisse de la monnaie nationale) en année 3 conduit à une amélioration nette des résultats : l'effet chiffre d'affaires l'emporte, toutes choses égales par ailleurs, sur l'effet coût.

Une hausse de 30 % du prix du carburant à l'année 4 conduit à effacer l'amélioration obtenue au cours de l'année précédente : des écarts négatifs, par rapport aux deux simulations de référence, sont observés pour les deux variables de résultats économiques (RNE et rente économique).

L'impact de la baisse de recrutement de 40 % en fin d'année 5 et début d'année 6 produit évidemment une chute importante des captures et, à un degré moindre, de la biomasse en fin d'année. Une dégradation est aussi observée pour l'ensemble des indicateurs économiques de la pêche : on pourra mettre en perspective ces résultats avec la situation de la pêche en 2005, au cours de laquelle un accident similaire de recrutement semble observé.



NB : Captures\_s : simulation stochastique, Captures\_d : simulation déterministe, idem pour les autres variables

Fig. 149

Écarts des simulations déterministes et stochastiques (avec chocs exogènes et décisions de gestion) par rapport aux deux simulations correspondantes de base, pour la biomasse et les captures totales de crevettes (en tonnes).

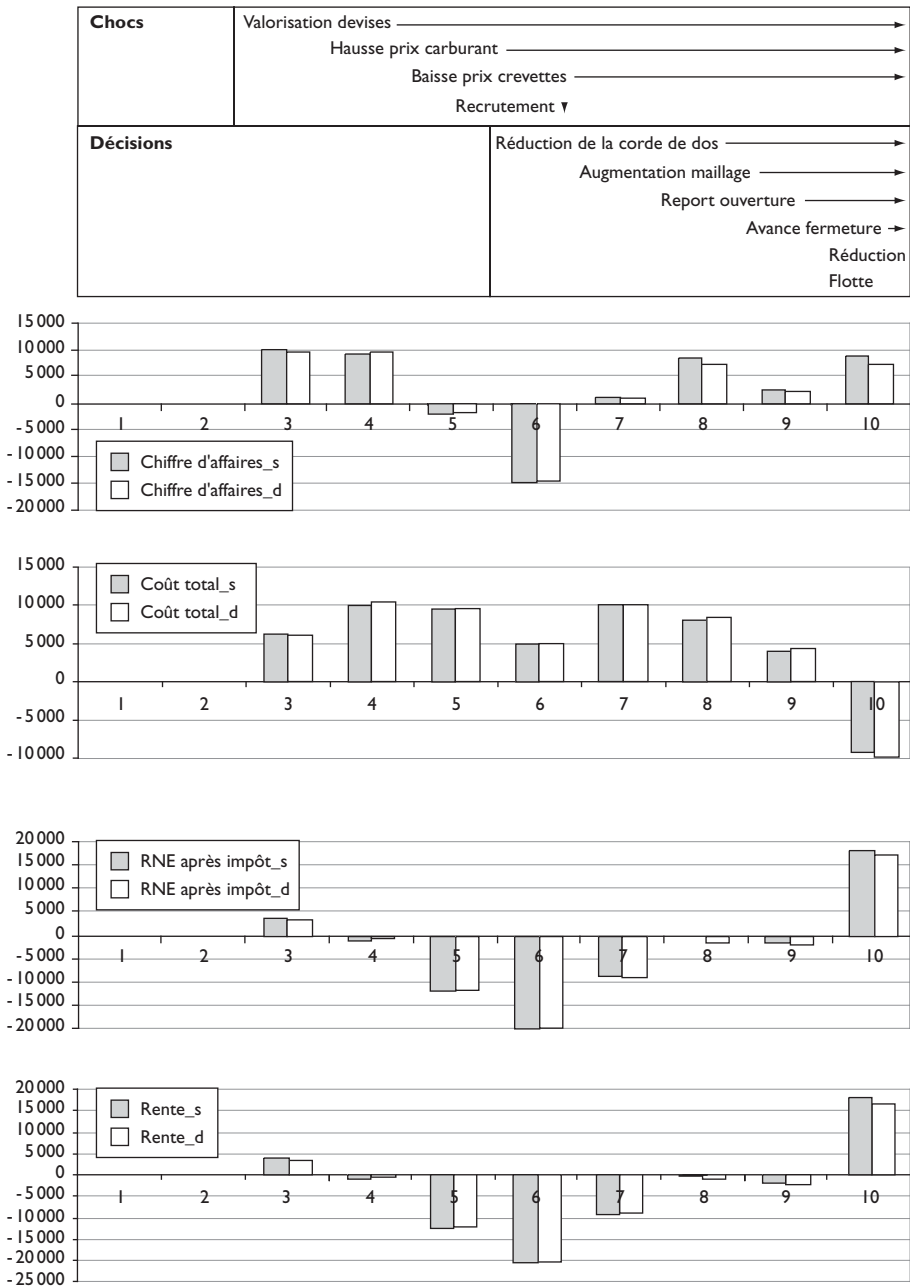
La baisse du prix des crevettes sur le marché mondial en année 5 conduit à une dégradation très significative des résultats.

Voyons maintenant l'impact des décisions de politique des pêches censées rétablir la situation de la pêche.

La réduction de la corde de dos prise à l'année 6 a un effet très limité, ceux de l'augmentation de maillage à l'année 7 sont légèrement plus sensibles mais ces deux mesures sont loin de pouvoir, à elles seules, rétablir la situation économique de la pêche.

La mesure de report d'ouverture à l'année 8 a un effet positif très net. À l'année 9, la fermeture anticipée conduit à des résultats immédiats négatifs (mais on sait que les résultats de cette mesure ne sont réellement sensibles qu'à l'année suivante). La réduction générale de l'effort, en année 10, en complément des décisions précédentes, conduit à des gains relatifs très importants qui rétablissent les comptes annuels mais ne compensent pas les pertes accumulées sur les périodes précédentes.

Extension pluriannuelle du modèle bioéconomique de la pêche crevettière malgache



NB : Rente\_s : simulation stochastique, Rente\_d : simulation déterministe, *idem* pour les autres variables

Fig. 150

Écart des simulations déterministes et stochastiques (avec chocs exogènes et décisions de gestion) par rapport aux deux simulations correspondantes de base, pour les principales variables économiques (en millions d'ariary).

Ici aussi l'amélioration de la rentabilité privée ne coïncide pas, toutes choses égales par ailleurs, avec une augmentation des revenus nets des ménages ou de l'État. Pour ce dernier, les pertes en redevances liées à la réduction de l'effort ne sont pas compensées par une hausse suffisante des prélèvements fiscaux de l'État sur les résultats des firmes. Les simulations avec recrutement stochastique conduisent à des résultats très proches de ceux des simulations déterministes.

## Discussion et conclusion

Les résultats des simulations obtenues avec le modèle pluriannuel confirment celles du modèle annuel quant à l'efficacité des mesures de gestion relatives à la durée de la campagne de pêche, à la modification des caractéristiques des engins de pêche ou bien encore à une réduction générale de l'effort de pêche industriel. L'effet d'une fermeture de pêche avancée est cependant mieux apprécié en raison de la prise en compte de son impact sur l'année suivante.

Les simulations réalisées jusqu'ici avec le modèle pluriannuel n'ont donc pas apporté de résultats significativement différents de ceux acquis avec le modèle annuel. Toutes les possibilités offertes par le modèle n'ont cependant pas été explorées, notamment celles permises par la prise en compte d'une dynamique endogène de l'effort de pêche, qui a été observée récemment par une diminution « endogène » des effectifs de navires industriels dans certaines zones. Il convient cependant de reconnaître que le modèle pluriannuel a une complexité accrue, qu'il nécessite des paramètres supplémentaires, alors que ces paramètres sont déjà très nombreux dans le modèle annuel, ce qui semble en limiter à ce jour les perspectives de transfert pour des usages non scientifiques.