

Diagnostic de l'état du stock de poulpe (*Octopus vulgaris*) mauritanien Synthèse et nouvelles évaluations par approche globale

E. Chassot, E. Balguerías, J. Guitton, D. Jouffre, B. Tfeil, D. Gascuel

L'état du stock du poulpe en Mauritanie a été évalué à plusieurs reprises par les modèles de production. En particulier, le groupe de travail COPACE 2004 (sous presse) et plus récemment le GT démersal IMROP-RIVO en janvier 2006 (Ould Mahmoud *et al.*, 2006) ont permis d'évaluer l'état du stock de poulpe (*Octopus vulgaris*) et de la pêche à partir de modèles globaux. Le dernier diagnostic datant de l'année 2006, le groupe de travail s'est attaché à synthétiser les données et résultats disponibles et à approfondir certains aspects des évaluations. Les axes de travail ont porté sur :

- l'analyse descriptive de la pêcheries,
- la synthèse des précédentes évaluations de stock de poulpe mauritanien réalisées à l'échelle de la zone économique exclusive (ZEE),
- le développement d'un modèle global dynamique sur le poulpe à l'échelle de la ZEE mauritanienne,
- le développement d'un modèle global à l'équilibre sur le stock Sud de poulpe,
- le développement d'un modèle global dans un contexte Bayésien à l'échelle de la ZEE mauritanienne.

1. La pêche

1.1. Données

La description de la pêche céphalopodière de la Mauritanie est essentiellement basée sur les séries des données utilisées par le groupe de travail (GT) démersal IMROP-RIVO 2006. Ces séries s'étendent jusqu'en 2004 (Ould Mahmoud *et al.*, 2006). Les données statistiques de la pêche industrielle proviennent de la Délégation à la Surveillance Pêche et au Contrôle en Mer (DSPCM). L'IMROP reçoit des données brutes basées sur les journaux de pêche, qui sont ensuite agrégées pour définir des captures et efforts totaux par flottille. Dans le cadre d'une étude récente, l'IMROP a trouvé un grand nombre d'inconsistances dans les séries utilisées par le GT démersal IMROP-RIVO 2003 (Ould Mahmoud *et al.*, 2006). Par conséquent, les données ont été corrigées pour les années précédant 2003 au cours du GT démersal IMROP-RIVO 2006. Les corrections ont également porté sur les données d'effort de pêche.

Pour la pêche artisanale, une nouvelle méthode d'analyse mis en œuvre par la commission « pêche artisanale » du présent groupe de travail a permis d'établir une nouvelle série de captures totales et efforts totaux. Bien qu'elle n'ait pas encore été validée, on suppose que cette nouvelle série est plus réaliste que la série utilisée par le passé et elle est donc utilisé ici, pour actualiser les évaluations.

1.2. Flottes

La pêche céphalopodière dans la ZEE mauritanienne a été initiée par des bateaux japonais au début des années 60 ; des navires de différentes nationalités se sont ajoutés dans les années suivantes. La flottille industrielle de la Mauritanie a commencé à se développer au début des années 80 en incluant des bateaux glacières et congélateurs qui ont eu l'exclusivité de l'exploitation de la ressource pendant plus d'une décennie. Le nombre de chacune de ces composantes de la flotte a varié au fil des années et est actuellement de l'ordre de 42 pour les bateaux glacières et de 102 pour les congélateurs. A partir de 1994, des accords de pêche ont été signés entre la Mauritanie et l'Union Européenne, ce qui a permis l'entrée dans la pêche de chalutiers céphalopodiers congélateurs à partir de 1996. Leur nombre a ensuite fluctué selon les conditions d'accès à la ressource ; il a été fixé à un maximum de 43 dans le dernier accord de 2006.

Par ailleurs, une nouvelle pêcherie artisanale ciblant les céphalopodes s'est développée à partir de 1989. La flottille est composée par des embarcations en bois, de tailles et types différents, qui sont basées tout le long de la côte mauritanienne. Les unités de la région de Nouadhibou ciblent le poulpe tandis que celles de Nouakchott sont plutôt intéressées par la seiche. Les engins de pêche utilisés dans la pêcherie sont dominés par les pots au poulpe mais on trouve aussi toute une variété de turlottes à la main et de casiers.

1.3. Captures de la pêche industrielle

Les captures de poulpe proviennent surtout de la flottille céphalopodière. Les captures accessoires de poulpe déclarées dans les autres segments de la pêcherie industrielle sont relativement faibles.

Globalement, les données actualisées par le GT démersal IMROP-RIVO 2006 indiquent un niveau de capture plus élevé que celui du GT IMROP-RIVO 2003 (Figure 1). Cependant, les tendances sont les mêmes. Les deux séries montrent un pic en 1992, une baisse en 1997-1998, et un deuxième pic moins prononcé en 2000.

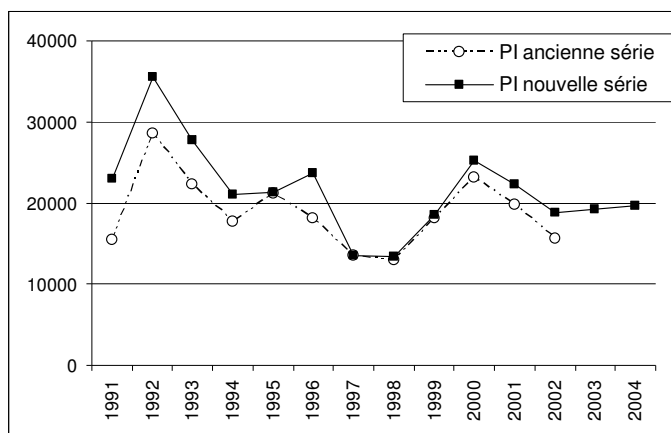


Figure 1. Captures totales de poulpe (tonnes) de la pêche industrielle. Ancienne série (GT IMROP-RIVO 2003) et nouvelle série utilisée par le GT IMROP-RIVO 2006 et par le GT actuel.

1.4 Captures de la pêche artisanale

Les captures de poulpe dans la pêche artisanale pour les années 1991-2004 sont présentées en Figure 2. Comme dans la pêche industrielle, un écart substantiel entre les deux séries utilisée en 2003 et 2006 a été constaté, mais les tendances sont voisines. Des niveaux de captures relativement élevés (1992-1994) sont suivis par une chute continue aboutissant aux faibles niveaux actuels.

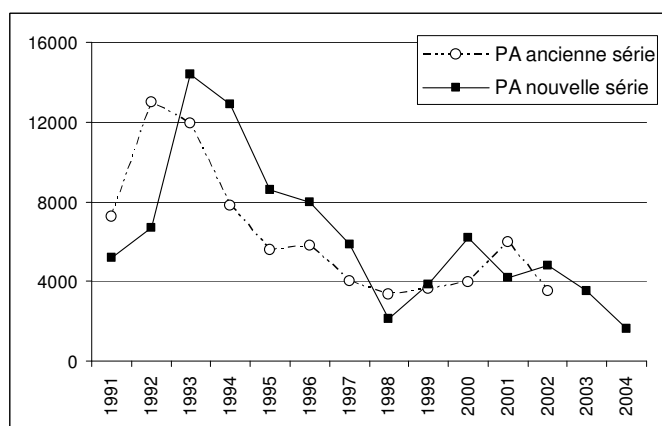


Figure 2. Captures totales de poulpe (tonnes) dans la pêche artisanale. Ancienne série GT IMROP-RIVO 2003) et série utilisée par le GT IMROP-RIVO 2006 et par le présent GT.

1.5 Captures de poulpe toutes pêcheries confondues

Les captures totales de poulpe dans les pêcheries industrielle (flottilles nationale et étrangère) et artisanale présentent une tendance à la baisse sur la période 1991-2004 (Figure 3). Cette diminution est surtout liée à la réduction des captures dans la pêche artisanale.

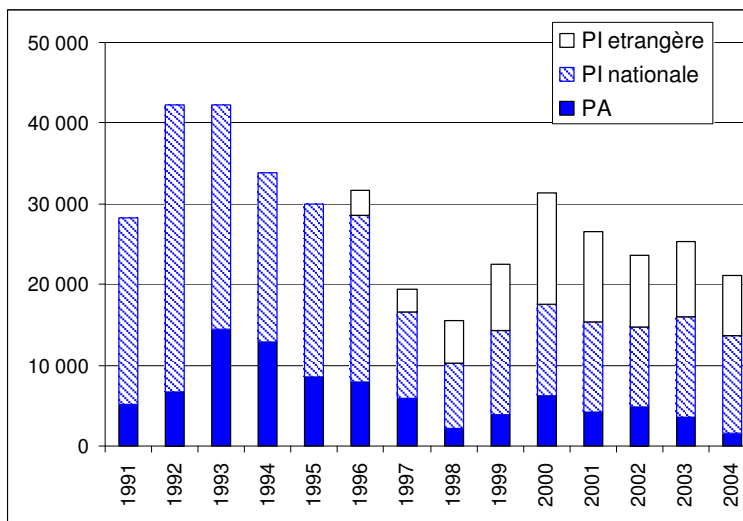


Figure 3. Captures totales de poulpe (en tonnes) dans toutes les pêcheries confondues.

1.6 Effort de pêche sur le poulpe

La Figure 4 présente l'effort de pêche ciblant le poulpe dans les pêcheries industrielle (uniquement la pêche céphalopodière) et artisanale. On note une forte tendance à l'augmentation au début de la série pour la pêche industrielle (1991-1997) et pour la pêche artisanale (1991-1996). Ensuite l'effort dans la pêche industrielle s'est stabilisé à un niveau élevé (avec une légère tendance à la hausse dans les années 1997-2004), tandis que celui de la pêche artisanale a chuté à partir de 1997 pour rester à un niveau globalement inférieur à 100 000 sorties.

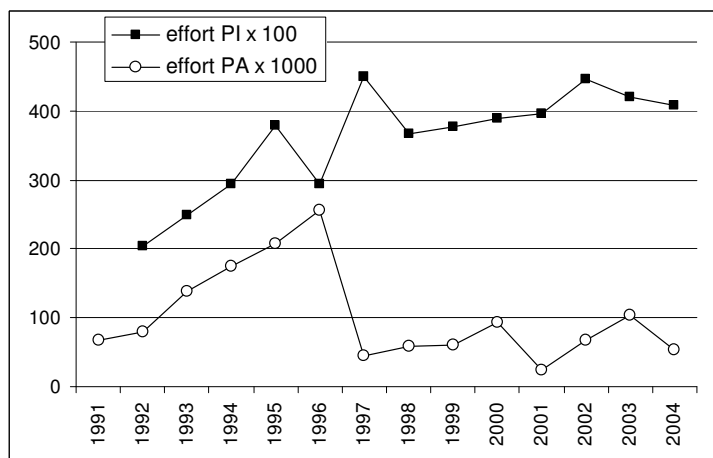


Figure 4. Effort sur le poulpe dans la pêche industrielle (jours de pêche x 100) et la pêche artisanale (nombre de sorties x 1000).

Il faut noter que les chiffres pour l'effort de pêche sont des valeurs nominales. Ils n'ont pas été corrigés pour une éventuelle augmentation de l'efficacité (puissance moteur dans la pêche industrielle et nombre de pots dans la pêche artisanale).

2 - Synthèse des précédentes évaluation du stock de poulpe

2.1 Groupe de travail COPACE (2004)

Données : La série de données de captures totales de 1991 à 2003 reconstituée sur une année allant de novembre à octobre (au lieu de l'année calendaire habituellement utilisée) a servi d'entrée au modèle d'évaluation du stock de poulpe de Mauritanie. Comme série d'indices d'abondance correspondants, on a utilisé la série de CPUE annuelles des chalutiers congélateurs mauritaniens calculée sur le même pas de temps. Deux autres séries de données ont été aussi considérées dans l'analyse de la situation du poulpe. Il s'agit des séries de captures totales par cohorte qui constitueraient des composantes assez distinctes et exploitées durant des saisons différentes : de novembre à mai pour le stock dit de la « saison froide » et de juin à octobre pour le stock dit de la « saison chaude ». Ces trois séries de données ont été constituées sur la base des captures par mois disponibles pour les différentes flottilles ciblant le poulpe.

Méthode : Un modèle global de production dynamique, basé sur le modèle des Schaefer et développé sur feuille Excel (BioDyn ; Punt et Hilborn, 1996) a été utilisé pour les évaluations.

Résultats : Le modèle basé sur une année de novembre à octobre a donné un très bon ajustement. Comme dans les évaluations précédentes, la biomasse actuelle est largement en-dessous de celle qui produit le rendement maximal soutenable (RMS ou MSY pour l'appellation anglophone), et la mortalité due à la pêche est très élevée par rapport à celle nécessaire pour capturer toute la production naturelle du stock. Les diagnostics indiquent que le stock de poulpe du Cap Blanc était alors fortement surexploité. La biomasse était de 25 % de celle correspondante au MSY dont la valeur calculée était de 46 485 tonnes. En ce qui concerne la mortalité par pêche, l'excédent était de 49 % par rapport à celle nécessaire pour conduire au MSY.

Ce constat de surexploitation restait valable si on considérait les composantes saisonnières comme des stocks indépendants, la situation de la composante côtière de la saison chaude étant plus inquiétante ; ce qui pouvait être par ailleurs considéré comme une surexploitation locale à l'échelle du tout le stock.

2.2 Groupe de travail IMROP (2005) sur l'arrêt biologique

Le groupe de travail IMROP/IRD réuni à Nouadhibou du 8 au 14 avril 2005 avait pour objectif de conduire une évaluation globale de l'impact des arrêts de pêche (dits « arrêts biologiques »). Ce groupe a également pris en compte les aspects économiques et sociaux de la fermetures.

Données : Les données de captures mensuelles de poulpes de janvier 1998 à décembre 2003 sont utilisées. Deux sources de données sont combinées pour obtenir les quantités de poulpes pêchées en Mauritanie par catégories commerciales (ou calibres de taille selon classification Mitsubishi). Ce sont :

- les quantités totales capturées par chacune des pêcheries (chalutiers glaciers nationaux, chalutiers congélateurs nationaux, chalutiers congélateurs étrangers, et pêche artisanale),
- un profil des captures par catégories commerciales pour chacune des pêcheries précitées.

Méthode : Les captures structurées en tailles sont converties en captures structurées en âges, ce qui permet de réaliser une analyse démographique détaillée de l'histoire du stock sur la période considérée, en recourant aux méthodes usuelle de VPA (ou analyse des populations virtuelles ou encore analyse des cohortes). Les résultats de cette analyse servent ensuite d'entrée pour un modèle d'évaluation de l'état du stock et de simulation de divers scénarios d'exploitation. Dans le cas présent les scénarios testés portent sur la fermeture (c'est à dire: qu'est-ce qui se passerait en terme de captures si on supprimait la fermeture ou si on en modifiait la date et/ou la durée?). Le modèle de VPA est développé sur feuille Excel, sur une base mensuelle et avec approximation de Pope. Le modèle de simulation est également développé sur feuille Excel. Il s'agit d'un modèle de type Thompson et Bell (1934) qui s'apparente à un modèle de rendement par recrue (c'est en fait

un modèle de production annuelle par recrutement de l'année). La démarche méthodologique dans son ensemble est décrite exhaustivement dans Jouffre et al. (2002).

Diagnostic : Sur la période analysée (1998-2003), les résultats par année confirment une forte variabilité du potentiel de production, variabilité déjà constatée lors du groupe de travail IMROP 2002 (dans une analyse qui portait sur une période plus courte). En moyenne on constate une situation de surexploitation, même si la capture totale réalisée chaque année reste souvent proche de la capture maximale possible.

Si l'effort est excessif « la plupart du temps » il arrive cependant qu'on puisse se trouver en situation de légère sous-exploitation certaines années de fort recrutement. Au cours des six années analysées, c'est le cas de l'année 1998. Par ailleurs, il semble que les pêcheurs aient tendance à moduler leur effort en fonction du recrutement c'est à dire de l'abondance de la ressource dont ils disposent. Cela pourrait être interprété comme un signe favorable du strict point de vue biologique si ce n'était que :

- Cette adaptation annuelle a certainement un coup économique et social non négligeable et qui n'est pas chiffré ici. Une modélisation bio-économique permettrait sans doute d'apporter des informations intéressantes à ce sujet,
- L'analyse historique de ces six ans est sans doute insuffisante pour évaluer les limites ou la robustesse de cette adaptation (ou modulation de l'effort en fonction des recrutements). On peut donc penser qu'une pleine exploitation associée à une capacité capture sous utilisée les années de faibles recrutements, n'exclue pas un risque fort de surexploitation ces années-là.

Impact des fermetures sur la production : Les résultats confirment ceux préliminaires du GT2002, à savoir que les fermetures peuvent avoir des effets variables sur la production. Cela dépend notamment de leur position (ou date de démarrage) et de leur durée. Une fermeture peut éventuellement avoir des effets négatifs si elle est trop longue ou mal positionnée. Il semble que dans sa configuration actuelle (deux mois de fermeture en septembre-octobre) mais aussi dans la configuration « nouvelle » envisagée en Mauritanie (trois mois en mai et septembre-octobre), la fermeture soit relativement bonne, c'est à dire à la fois bien positionnée (date) et bien calibrée (durée) pour espérer induire « en moyenne » un effet optimal sur la production. Néanmoins cet effet reste faible, la fermeture ne modifiant pas sensiblement le volume annuel des captures par rapport à une situation sans fermeture.

L'arrêt biologique ne constitue donc pas un gage d'amélioration du niveau des captures de poulpes, ni à court ni à long terme. Pour autant, on ne doit pas en conclure que la fermeture est une mauvaise mesure au niveau biologique. Au contraire, on peut estimer qu'elle demeure une démarche de précaution, tant par rapport au potentiel reproducteur du poulpe, que vis à vis des prises accessoires.

2.3 Groupe de travail IMROP-RIVO (2006)

Données : Trois séries d'indices d'abondance du stock de poulpe ont été utilisées par le groupe de travail pour les ajustements de modèles globaux. En complément à l'indice combiné estimé par le groupe de travail de 1998 qui couvre la période 1966-97, deux indices d'abondance ont été estimés par des modèles linéaires à partir des données de campagnes scientifiques qui couvrent la période 1982-2004 et des données de la pêche industrielle pour la période 1990-2005.

Méthode : Des modèles globaux de production ont été ajustés aux données d'abondance et d'effort de pêche. Ces modèles expriment la réaction du stock, en terme d'abondance, aux modifications de la pression de pêche. Compte tenu de la faible longévité du poulpe (de l'ordre d'un an), les modèles ont été ajustés à l'équilibre, sans recourir aux méthodes de pseudo-équilibre de Fox (1975). Les ajustements ont été conduits sous feuille XL, par la méthode du maximum de vraisemblance sous hypothèse d'une distribution log-normale des erreurs.

La sensibilité des diagnostics a été testée en considérant :

- des fonctions de production différentes, i.e. le modèle exponentiel de Fox (1970) et le modèle généralisé de Pella et Tomlinson (1969),
- deux séries d'indices d'abondance,
- des séries de données de longueurs différentes.

Résultats : Les indices d'abondance montrent que l'abondance du poulpe a très fortement diminué du début de la pêcherie dans les années 60, au début des années 80. Elle semble ensuite avoir connu une période de relative stabilité, avant une nouvelle et forte dégradation à partir du début des années 90. La légère reprise observée en 2000, n'a pas été confirmée ensuite et les années 2001 à 2004 sont les plus basses de la période.

L'analyse de l'effort de pêche théorique estimé à partir d'un indice d'abondance combiné et des captures totales met en évidence :

- le caractère très fluctuant de l'effort de pêche des flottilles artisanales traduisant sans doute les fortes capacités d'adaptabilité de ces pêcheries pluri-spécifiques
- l'augmentation de l'effort de pêche des flottilles industrielles qui aurait été multiplié par plus de 2, au cours des 15 dernières années, malgré une légère baisse dans les 2 dernières années. La pêche industrielle représente ainsi plus de 75 % de la pression exercée sur le stock de Poulpe, et cette proportion est croissante.

En terme de diagnostic, les modèles d'évaluation concluent tous à une situation de surexploitation plus ou moins marquée (Fig. 5). Les modèles ajustés sur l'ensemble de la période (depuis 1966 ou 1971) indiquent une situation de très nette surexploitation avec un excédent d'effort chiffré entre 25 et 45 % et une perte de capture qui pourrait atteindre 20 %. Le potentiel de production serait de l'ordre de 34 à 38 000 tonnes. Les modèles ajustés sur la période récente (1990-2004) semblent quant à eux plus optimistes en ce sens que l'excédent d'effort serait de "seulement" 10 à 25 %, pour une perte de capture estimée proche de 0. Le potentiel de production est estimé entre 25 et 28 000 tonnes.

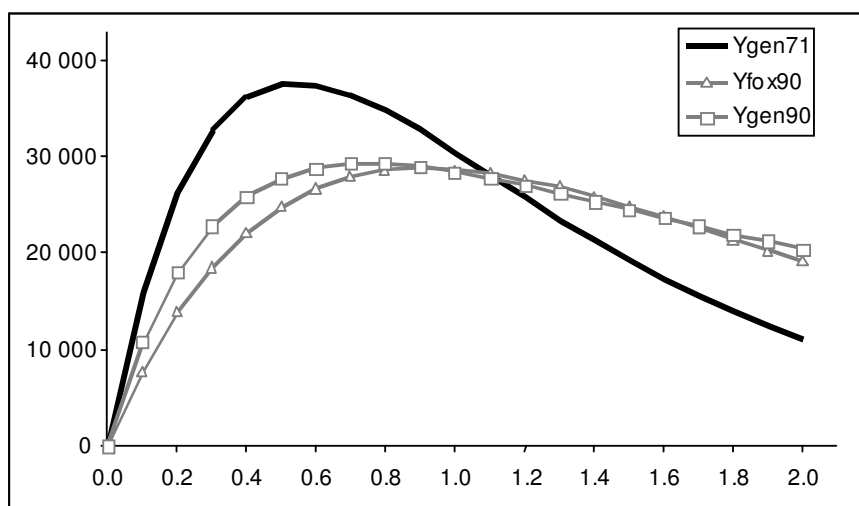


Figure 5. Modèle de production du stock de poulpe en Mauritanie : captures observées et captures prédites à l'équilibre, selon les différents modèles retenus (gen : modèle généralisé ; fox : modèle exponentiel de Fox (1970). La date indique le début de la série temporelle utilisée.

3 - Modèle dynamique de production

Données : Les trois séries de captures totales et d'indices d'abondance du stock de poulpe utilisées dans le GT démersal IMROP-RIVO tenu en janvier 2006 (Ould Mahmoud *et al.*, 2006) ont été employées pour les ajustements de modèles globaux dynamiques. Ces séries correspondent aux périodes 1966-2004, 1971-2004 et 1990-2004. Le but de l'analyse était de comparer les diagnostics sur l'état d'exploitation du stock de poulpe par deux méthodes d'évaluation différentes appartenant à la même famille.

Méthode : Un modèle global de production dynamique de Schaefer (1954) développé sur feuille Excel (BioDyn ; Punt et Hilborn, 1996) a été utilisé pour les évaluations.

Résultats : Les résultats des évaluations sur les trois séries de données sont synthétisés dans le Tableau I. Les ajustements des modèles ont été considérés acceptables bien qu'il y a des écarts significatifs entre les valeurs observées et les valeurs calculées par le modèle pour certaines années des périodes considérées.

Tableau I – Indicateurs de diagnostic de l'état du poulpe en Mauritanie, évalué par le modèle global de production dynamique.

	1966 - 2004	1971 - 2004	1990 - 2004
Potentiel de production (MSY)	35451	30411	23832
Mortalité par pêche de maximisation	0,74	0,25	0,28
Excédent de mortalité par pêche	80%	74%	46%
Perte de capture	40%	30%	12%
Perte de biomasse	88%	83%	53%

Les trois modèles concluent à une situation de surexploitation plus ou moins marquée dépendant de la série de données analysée. Les potentiels de production varient entre 35 500 tonnes et 24 000 tonnes et sont plus faibles pour la série la plus courte (1990 – 2004). Ces valeurs sont légèrement inférieures à celles obtenues lors du GT démersal IMROP-RIVO 2006. La tendance des indicateurs montre une diminution des valeurs associée au nombre d'années de la série de données et suggère une situation plus dégradée de la ressource. Néanmoins, il faut souligner que les résultats ne sont pas comparables en ce qui concerne la mortalité par pêche de maximisation et l'excédent de mortalité par pêche. Le modèle dynamique donne ici un diagnostic plus pessimiste que le modèle ajusté par les méthodes dite d'équilibre.

4 - Actualisation de l'évaluation par l'approche globale à l'équilibre

Alors que les évaluations du stock de poulpe ont essentiellement été conduites jusqu'à maintenant à l'échelle de la ZEE mauritanienne, on se propose à la fois d'actualiser l'évaluation de Janvier 2006 et de conduire une évaluation à l'échelle des stocks Nord et Sud pour compléter l'approche initiée au groupe de travail IMROP de 2002. Cette séparation repose sur l'hypothèse d'une absence de lien entre les stocks de Cap Blanc (Nord) et Nouakchott (Sud) (Hatanaka, 1979) visibles sur la figure 6.

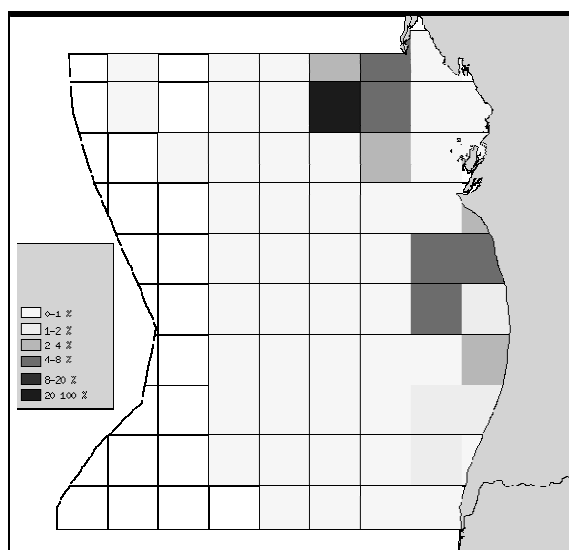


Figure 6. Répartition des captures totales moyennes de poulpe par carré statistique sur la période 1991-2005.

4.1. Données et méthode – calcul des indices d'abondance

▪ Données

Les données de PUE de poulpe issues des campagnes scientifiques (1982-2005) ont été extraites de la base de données Trawlbase Mauritanie. Les données de PUE de la flottille de céphalopodières (1991-2005) ont été extraites de la base de données des journaux de pêche de la DSPCM (Délégation à la Surveillance de la Pêche et Contrôle en Mer). Les captures à l'échelle de la ZEE et pour les zones Nord et Sud ont été extraites de la base de statistiques de L'IMROP. Les données de captures de la pêche industrielle ont été réparties entre les zones Nord et Sud en revenant à l'information « secteurs de pêche » et en considérant les secteurs dont la latitude est supérieure à 19°N pour le stock Nord et inférieure à 19°N pour le stock Sud. La série de données de captures de la pêche artisanale est basée sur les données disponibles dans le rapport de groupe de travail « Pêche artisanale » de janvier 2006 (1991-2004) et des données rendues disponibles au cours du présent groupe de travail (1997-2005).

▪ Indice d'abondance basé sur les données de campagne scientifique (IAS)

Les modifications de chalut du navire scientifique N'Diogo intervenues en 1988 n'avaient pas été prises en compte lors des évaluations précédentes du stock de poulpe (cf. Gascuel et al, présent document). Les deux campagnes d'intercalibration réalisées en 1988 et 1989 ont mis en évidence une augmentation importante de l'efficacité de pêche du nouveau chalut : un coefficient correctif de 2,78 a été estimé pour le poulpe. Un nouvel indice d'abondance scientifique (IAS) sur la période 1982-2005 a été calculé par modélisation linéaire à l'échelle globale et pour les zones Nord (strates spatiale Nord) et Sud (strates spatiales Centre et Sud) de la ZEE mauritanienne, en intégrant la correction liée à la modification de l'engin de pêche (Gascuel et al, présent document).

▪ Indice d'abondance basé sur les données de pêche industrielle (IPI)

Une approche identique à celle utilisée pour modéliser les indices d'abondance à partir des PUE de la pêche industrielle des céphalopodières, pour la période 1991-2005. Les indices sont estimés à l'échelle de la ZEE mauritanienne et pour les zones Nord (latitude > 19°) et Sud (latitude < 19°). Les données de captures issues des carnets de bord étant disponibles à l'échelle des carrés statistiques, on a approximé la zone Nord par les carrés statistiques de latitude supérieure à 19°N bien qu'elle soit définie pour une latitude supérieure à 19.15°N. La modélisation linéaire permet de « filtrer » les données de PUE pour en extraire la variabilité inter-annuelle de l'abondance en considérant à la fois des effets de puissance de pêche et des changements de répartition spatio-saisonniers du poulpe. Les PUE (en kg/heure de pêche) sont d'abord calculées par navire, par mois et demi-carré statistique (de 1/2° de latitude sur 1/2° de longitude). On recherche dans le modèle :

- un effet "catégorie de navire", correspondant à des différences de puissances de pêche ; dans cette optique, sont testés les effets : type de navire (glacier, congélateur et congélateur-glacier), type de licence (AD, LD et ND), et classe de tonneaux de jauge brute, ainsi que leurs interactions ;
- un effet spatio-saisonnier fondé sur les effets saison, strate de latitude ou carré statistique, et leurs interactions ;
- un effet année.

▪ Indice d'abondance combiné

Un indice d'abondance combiné est ensuite estimé à l'échelle de la ZEE mauritanienne comme la moyenne géométrique des indices standardisés basés sur : les données des campagnes scientifiques (1982-2006), les PUE de la flottille industrielle des céphalopodières (1991-2005) et la série d'indice d'abondance combiné du groupe de travail 1998. Cette série intègre une composante des PUE de campagnes scientifiques biaisée par le changement de chalut de 1988. Le recours à l'indice combiné de 1998 a été contraint par la non disponibilité des séries de PUE le composant.

Un indice d'abondance est estimé pour les stocks Nord et Sud comme la moyenne géométrique des indices standardisés basés sur les données de PUE des campagnes scientifiques (1982-2005) et de la flottille industrielle des céphalopodières (1991-2005).

▪ Evaluations

Les évaluations sont conduites avec un modèle global à l'équilibre sur l'ensemble du stock de la ZEE pour les périodes 1971-2005 et 1990-2005 et sur les stocks Nord et Sud pour la période 1991-2005. L'année 1992 n'a pas été prise en compte pour l'ajustement pour le stock Sud du fait des niveaux exceptionnels de captures de la pêche industrielle pour cette année qui pourraient être liés à un problème dans les données ou à un recrutement exceptionnel liés aux conditions environnementales.

4.2 Résultats

▪ Indice d'abondance basé sur les données de campagne scientifique

La sélection des données et la méthode d'agrégation diffèrent légèrement de celles réalisées au GT 2006 et surtout les coefficients de standardisation sont désormais utilisés. Par suite, l'IAS corrigé (**Annexe**) montre une tendance différente de l'indice utilisé dans le GT et est caractérisé par une diminution quasi-continue de 1982 à 2005 (Fig. 7).

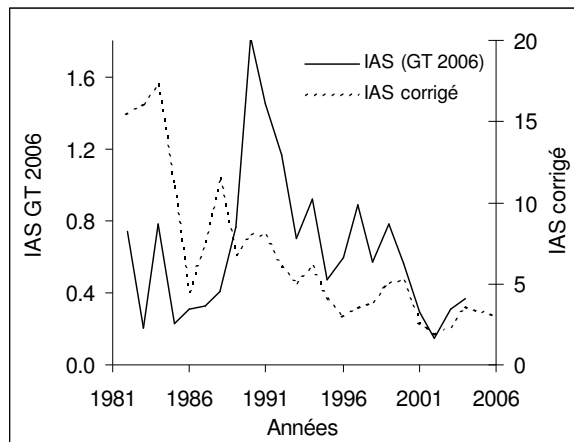


Figure 7. Indices d'abondance scientifique (IAS) utilisé dans le GT IMROP-RIVO de janvier 2006 et corrigé en tenant compte de la modification en 1988 de l'engin de pêche utilisé lors des campagnes scientifiques du N'Diogo.

Les IAS estimés pour les zones Nord et Sud montrent des tendances similaires de décroissance au cours de la période 1982-2006, marquées par une diminution importante en 1986 (Fig. 8).

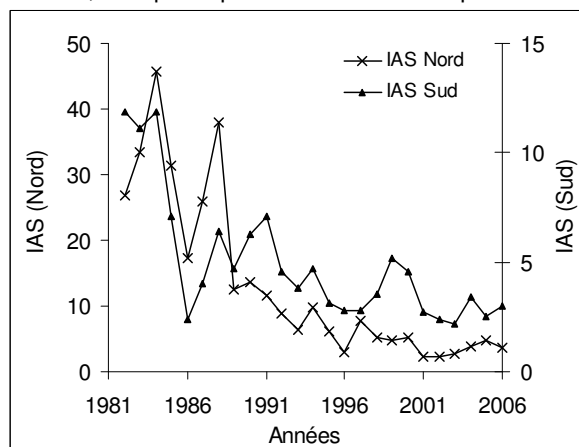


Figure 8. Indices d'abondance scientifique pour les zones Nord et Sud (Centre et Sud) estimés à partir des données de campagne scientifique.

- **Indice d'abondance basé sur les données de pêche industrielle (IAP)**

L'indice d'abondance estimé à partir des données de pêche industrielle (**Annexe**) est très similaire à celui estimé au cours du GT IMROP-RIVO de janvier 2006 (Fig. 9).

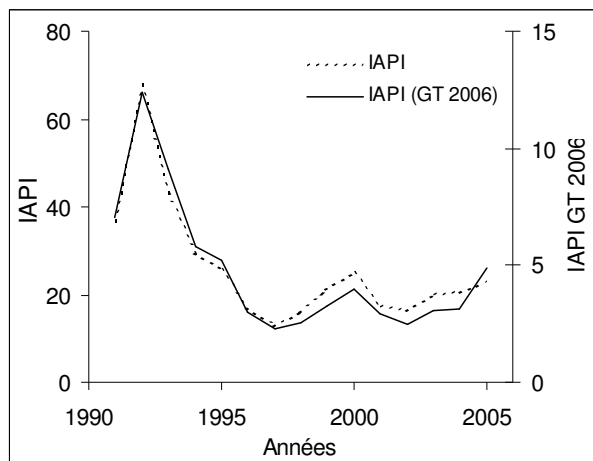


Figure 9. Indices d'abondance utilisé dans le GT IMROP-RIVO de janvier 2006 et estimé à partir des PUE de la flottille des céphalopodiers par modélisation linéaire sur la période 1991-2005.

- **Indice d'abondance combiné**

La correction de l'indice d'abondance issu des PUE des campagnes scientifiques modifie significativement l'indice combiné (**Annexe**) par rapport à l'indice utilisé dans le groupe de travail de janvier 2006 (Fig. 10). La décroissance de l'IA apparaît plus continue au cours de la période 1971-2005.

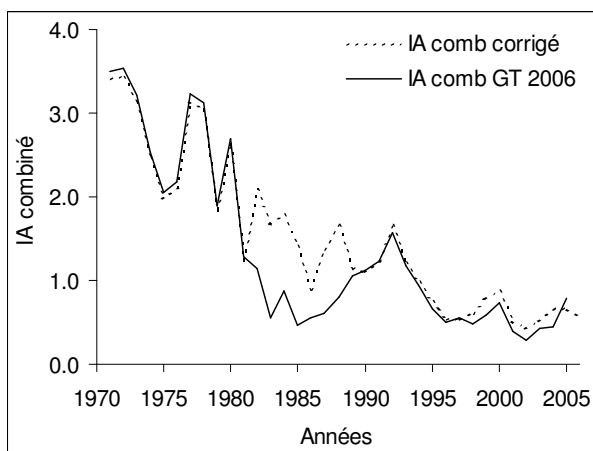


Figure 10. Indices d'abondance combiné utilisé dans le GT IMROP-RIVO de janvier 2006 et estimé après correction du changement de chalut pour le calcul de l'indice d'abondance scientifique.

▪ **Evaluations du stock à l'échelle ZEE Mauritanienne**

L'ajustement du modèle de Fox sur les séries d'IA combiné 1971-2005 et 1990-2005 conduit à des résultats et un diagnostic très proches des conclusions du GT IMROP-RIVO 2006 (Fig. 11-12 et Tab. I).

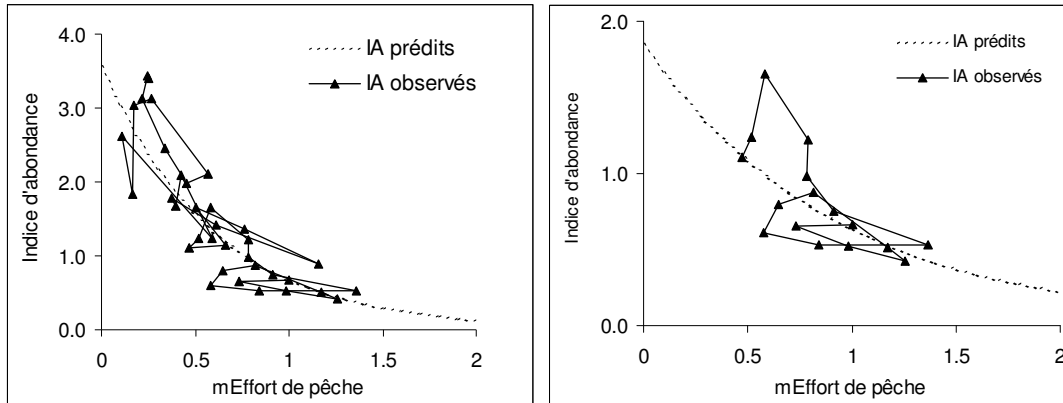


Figure 11. Séries d'IA observés et prédits par le modèle de Fox sur les périodes 1971-2005 (gauche) et 1990-2005 (droite). L'effort de pêche est exprimé en multiplicateur par rapport à l'année 2005.

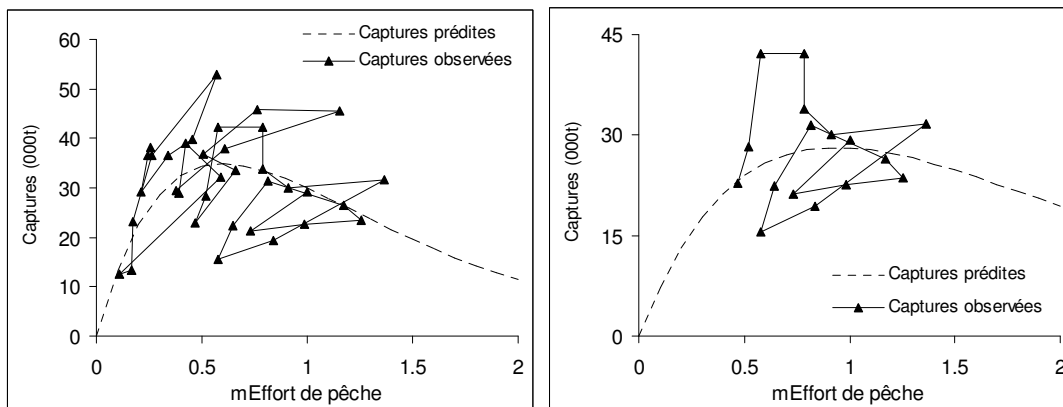


Figure 12. Séries de captures observées et prédites par le modèle de Fox sur les périodes 1971-2005 (gauche) et 1990-2005 (droite). L'effort de pêche est exprimé en multiplicateur par rapport à l'année 2005.

Tab. I. Indicateurs de diagnostic de l'état du stock de poulpe en Mauritanie, évalué par le modèle global de production à l'équilibre. Note : la perte de capture est estimée relativement à une capture à l'équilibre correspondant à l'effort de pêche de 2005.

	1971-2005	1990-2005
MSY	34 900	28 200
EMSY	0,60	0,94
Excédent d'effort	40%	6%
Perte de capture (en 2005/MSY)	12%	0,2%
Perte de biomasse (B/Bv)	81%	65%

Lorsque l'on considère la série la plus longue, les résultats montrent que l'effort de pêche actuel excède de 40 % l'effort qui permettrait la prise maximale équilibrée (PME ou MSY) et que la réduction de cet effort devrait permettre d'augmenter les captures de plus de 10 %. La série plus courte (1990-2005) conduit à un diagnostic plus optimiste puisque le stock serait légèrement

surexploité et l'effort serait proche de l'effort permettant la PME. Cependant, dans cette situation, la production maximal équilibrée (MSY) serait de 28 000 t par rapport aux 35 000 t prévues par le modèle ajusté sur la série longue. Deux hypothèses ont été avancées par le GT IMROP-RIVO 2006 pour expliquer cette différence entre les résultats (Ould Mahmoud *et al.*, 2006) :

- l'existence d'une situation « provisoire » qui pourrait être liée à des questions environnementales particulières et la série longue (1971-2005) doit alors être utilisée pour l'ajustement,
- un changement profond de la fonction de production du poulpe lié à des changements de diagramme d'exploitation ou de modifications de la structure et du fonctionnement de l'écosystème sous-jacent. Ces changements pourraient être dus à des modifications d'ordre climatique et/ou écologique (changement de l'abondance des proies, prédateurs ou compétiteurs, notamment sous l'influence de la pêche) qui auraient affecté le recrutement ou les paramètres biologiques (croissance, fécondité) du poulpe et auraient entraîné une diminution du potentiel de production du poulpe en Mauritanie.

▪ Evaluations des stocks Nord et Sud

Les résultats d'ajustement des modèles globaux sur les séries d'indice d'abondance pour les stocks Nord (Cap Blanc) et Sud (Nouakchott) pour la période 1991-2005 suggèrent que le stock Nord serait proche de la pleine exploitation avec un MSY de 25 000 tonnes et que le stock Sud serait dans une situation de sous-exploitation avec un MSY de l'ordre de 6 500 tonnes (Fig. 13).

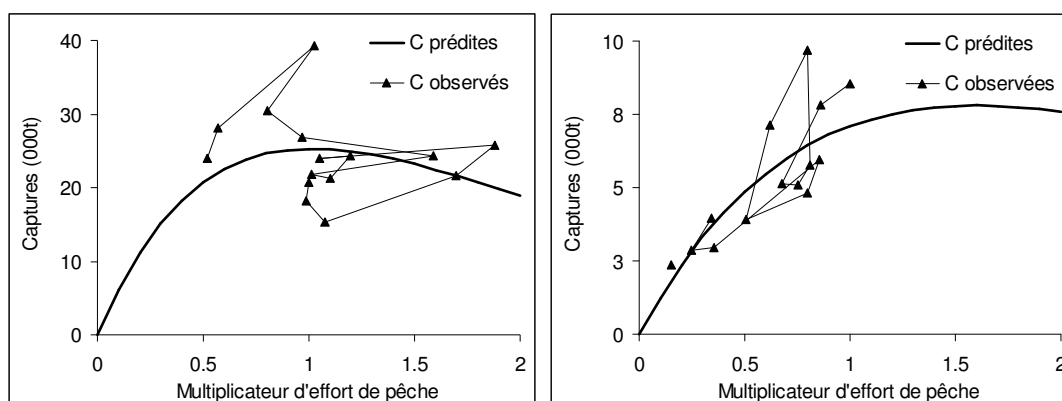


Figure 13. Séries de captures observées et prédites par le modèle de Fox sur le stock Nord (gauche) et Sud (droite). L'effort de pêche est exprimé en multiplicateur par rapport à l'année 2005.

Ce premier diagnostic conduit sur les stocks Nord et Sud doit néanmoins être considéré avec prudence compte tenu de la faible longueur de la série de données (le diagnostic doit ici être comparé à celui du stock unique ajusté sur la série courte), et également de la difficulté de collecte des données de capture pour la pêche artisanale et de leur ventilation entre les stocks Nord et Sud.

5 - Un modèle global Bayésien

La modélisation statistique Bayésienne, couplée aux méthodes d'estimation numérique par échantillonnage (e.g. méthodes de Monte Carlo) offre un cadre de modélisation particulièrement flexible et adapté au traitement de modèles complexes rencontrés en écologie (Dennis, 1996 ; Clark, 2005). Les modèles Bayésiens se révèlent particulièrement utiles en halieutique compte tenu de l'incertitude liée à la complexité des écosystèmes marins et aux problèmes de collecte de données (Ludwig *et al.*, 1993). Suivant les travaux de Meyer et Millar (1999), un modèle global dynamique a été développé dans un cadre Bayésien et appliqué au stock de poulpe à l'échelle de la ZEE mauritanienne. Ce modèle stochastique d'état permet en particulier de prendre en compte à la fois les erreurs de processus liées à la variabilité naturelle sous-jacente de la dynamique de la

population et les erreurs d'observation associées à l'incertitude sur les indices d'abondance (erreurs de mesure et d'échantillonnage).

5.1. Données et méthodes

Les données de captures et l'indice d'abondance combiné ré-estimés précédemment sont utilisés et concernent le stock de poulpe à l'échelle de la ZEE mauritanienne pour la période 1971-2004.

On considère un modèle exponentiel de Fox (1970) et on suppose que les structures d'erreur sont lognormales. L'équation du processus s'écrit :

$$B(t+1) = \left[B(t) + r \left(1 - \frac{\log(B(t))}{\log(K)} \right) - C(t) \right] \times e^{\varepsilon_t}$$

où B est la biomasse, r est le taux intrinsèque de croissance, K est la capacité biotique et C représente les captures totales de poulpe. ε suit une loi de distribution normale de moyenne 0 et de variance σ .

L'équation d'observation permet de relier les indices d'abondance observés à la biomasse :

$$I(t) = qB(t) \times e^{\sigma_t}$$

où I est l'indice d'abondance et q la capturabilité. σ suit une loi de distribution normale de moyenne 0 et de variance τ .

Les valeurs des paramètres r et K estimées par les modèles globaux dans les précédents groupes de travail permettent de définir des lois de distribution a priori informatives. Des lois de distribution a priori non informatives sont considérées pour les paramètres t, sigma et q :

```
r ~ dlnorm(1.1, 1.5)
K ~ dnorm(460000, 0.000000002)
logsigma ~ dunif(-10, 10)
logtau ~ dunif(-10, 10)
iq ~ dunif(10000, 1000000)
```

Dans un premier temps, on fait l'hypothèse que la biomasse initiale (année 1971) est égale à 90 % de la capacité biotique. D'autres valeurs sont considérées pour analyser la sensibilité des résultats à cette hypothèse. Le modèle est développé sous le logiciel BUGS qui utilise un algorithme de « Metropolis-Hastings within Gibbs » pour échantillonner dans les lois a posteriori des paramètres. On considère que 500 000 itérations réalisées par MCMC (Monte Carlo Markov Chain) permettent d'obtenir la convergence des chaînes. Le code BUGS est joint en annexe.

5.2. Résultats

L'information contenue dans la série de données (captures et indices d'abondance) a permis de « mettre à jour » les lois de distribution a posteriori des paramètres r et K qui sont plus étroites que les distributions a priori (Figures 14 et 15). L'incertitude sur la valeur de r exprimée par la loi a priori peu informative sur ce paramètre, de moyenne égale à 4.2 et d'écart type 4.1, est beaucoup plus faible à l'issue de l'ajustement puisque la loi a posteriori de ce paramètre a une moyenne de 2.0 et un écart type de 0.37. En revanche, les lois a priori et a posteriori sur K sont peu différentes ; l'information fournie a priori sur K peut avoir une influence importante sur les résultats puisque les données modifient peu la loi choisie a priori.

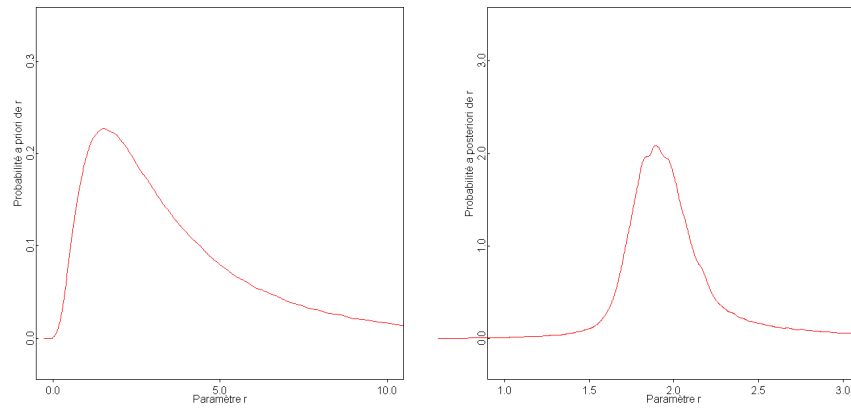


Figure 14. Lois de distribution a priori (gauche) et a posteriori pour le taux intrinsèque de croissance r . Les échelles en abscisse ne sont pas identiques entre les deux figures.

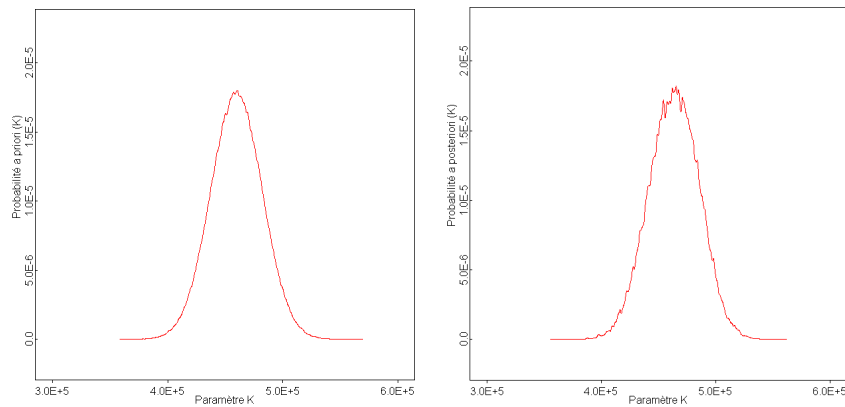


Figure 15. Lois de distribution a priori (gauche) et a posteriori pour la capacité biotique K .

L'ajustement sur la série d'indice d'abondance permet d'estimer la loi a posteriori sur le MSY (Fig. 16). La moyenne de la loi a posteriori sur le MSY est de 26 250 tonnes avec les quantiles 5 % et 95 % respectivement à 22 050 tonnes et 35 208 tonnes. Les valeurs de MSY estimées par le modèle dynamique sont inférieures à celles estimées par la méthode d'équilibre pour la période 1971-2005 et sont plus proches des valeurs estimées pour la période 1990-2005. Les captures observées au cours des quatre dernières années d'exploitation en-dessous du MSY et les efforts de pêche supérieurs à l'effort de pêche au MSY indiquent une surexploitation importante du stock.

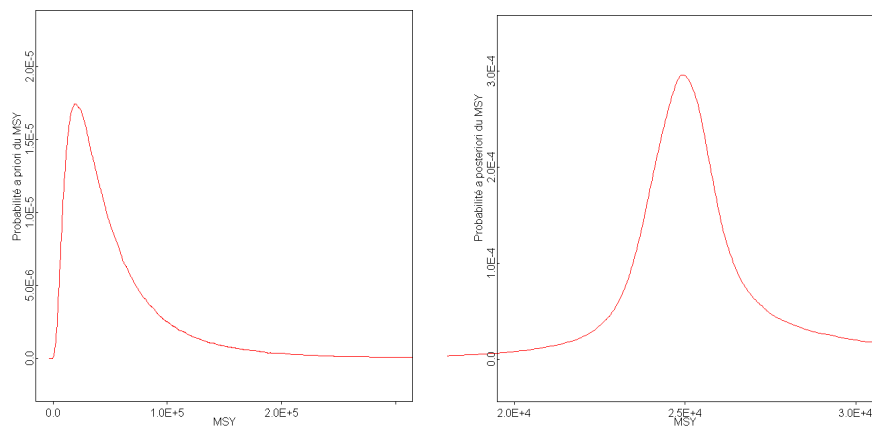


Figure 16. Lois de distribution a priori (gauche) et a posteriori pour la prise maximale équilibrée (MSY). Les échelles en abscisse et en ordonnée ne sont pas identiques entre les deux figures.

Le modèle global dynamique développé dans un contexte Bayésien permet ainsi d'évaluer l'état du stock en exprimant en fine l'incertitude autour des paramètres d'intérêt tels que le MSY et l'effort de pêche au MSY. De la même manière, les valeurs de biomasse estimée par le modèle rendent compte de l'incertitude liées aux erreurs de processus (variabilité naturelle) et d'observation (indices d'abondance entachés d'erreur) pour donner une représentation plus réaliste des dynamiques du stock de poulpe (Fig. 17). La biomasse du stock aurait ainsi diminué de plus de 80 % entre 1971 et 2005.

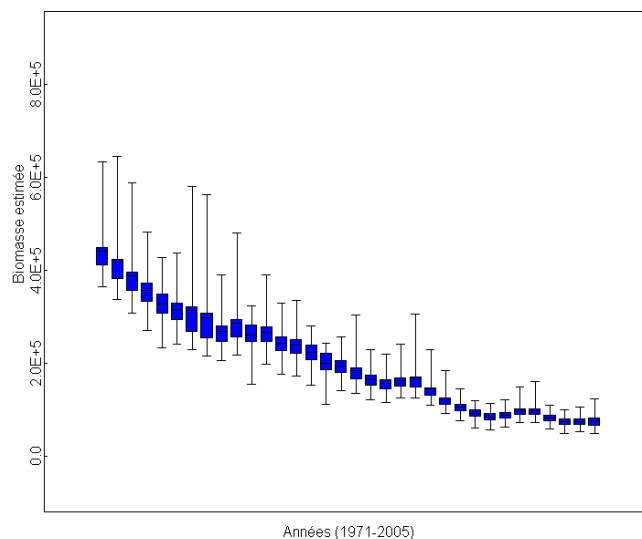


Figure 17. Evolution de la biomasse estimée par le modèle global dynamique Bayésien pour le stock de poulpe de Mauritanie de 1971 à 2005.

6 - Discussion – Conclusion

Globalement, l'évaluation menée en 2006 confirme un diagnostic de surexploitation sensible du stock de poulpe en Mauritanie. Comparativement aux évaluations de 1998 et 2002, l'état du stock semble s'être dégradé avec des niveaux de biomasse très faibles depuis 2001. On atteint ainsi des niveaux de biomasse qui dans les hypothèses les plus pessimistes sont proche de 10 % de la biomasse à l'état vierge. A terme, ceci peut faire craindre l'apparition de phénomène d'effondrement du recrutement et de plus grande sensibilité du stock aux conditions environnementales. Dans une approche de précaution, cette situation impose de réduire l'effort de pêche pour accroître les biomasses et assurer la durabilité du stock et de l'exploitation.

Une baisse de 30 % de l'effort effectif (relativement à la moyenne des années 2002-2005) semble souhaitable. Elle aurait des conséquences nulles ou positives sur les captures (gain de 0 à 20 %). Elle induirait une baisse des coûts de production et une hausse des rendements. Elle permettrait un accroissement de la biomasse du poulpe et une diminution de l'impact de la pêcherie céphalopodière sur le reste de l'écosystème (dégradation des habitats et effets sur les autres poissons commerciaux).

Références

- Clark, J.S. 2005. Why environmental scientists are becoming Bayesians. *Ecology Letters* 8 : 2-14.
- COPACE. Sous presse. Rapport du Groupe de Travail d'évaluation des ressources demersales de la région nord du COPACE. Saly (Sénégal), avril 2004. *COPACE/PACE Séries*.
- Dennis, B. 1996. Should ecologists become Bayesians ? *Ecological Applications* 6(4) : 1095-1103
- Ludwig, D., Hilborn, R., et Walters, C. 1993. Uncertainty, Resource Exploitation, and Conservation: Lessons from History. *Nature* 260: 17-18.
- Meyer, R. et R.B. Millar 1999. BUGS in Bayesian stock assessments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 56: 1078-1086
- Ould Mahmoud, E., K. Ould Mohamed Fall, D. Gascuel et A. Corten, 2006. Evaluation des ressources démersales en Mauritanie. Groupe de Travail IMROP – RIVO, Nouadhibou 19 – 20 janvier 2006. *Document Technique de l'Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches*, 3 : 17 pp.
- GT démersal IMROP-RIVO 2003**
- Punt, A.E. et R. Hilborn. 1996. Biomass dynamics models. User's manual. *FAO Computerised Information Series*. FAO, Rome. 66p.

Annexe

Tab. 1. Indices d'abondance scientifique (IAS) estimés à partir d'une modélisation linéaire des données de PUE des campagnes scientifiques à l'échelle de la ZEE mauritanienne et pour les stocks Nord et Sud. En l'absence de campagne en 1985, l'IAS pour cette année a été estimé comme la moyenne arithmétique des années 1984 et 1986.

	IAS ZEE	IAS Nord	IAS Sud
1982	15.4	26.8	11.9
1983	16.1	33.3	11.1
1984	17.3	45.6	11.8
1985	10.9	31.4	7.1
1986	4.6	17.2	2.4
1987	7.6	25.9	4.0
1988	11.5	37.9	6.4
1989	6.8	12.5	4.7
1990	8.1	13.5	6.2
1991	8.0	11.6	7.1
1992	6.1	8.8	4.6
1993	5.0	6.4	3.8
1994	6.0	9.8	4.7
1995	4.1	6.0	3.2
1996	3.0	2.9	2.8
1997	3.6	7.8	2.8
1998	3.9	5.1	3.5
1999	5.1	4.7	5.2
2000	5.2	5.3	4.6
2001	2.6	2.4	2.7
2002	1.9	2.4	2.4
2003	2.3	2.7	2.2
2004	3.6	3.9	3.4
2005	3.3	4.7	2.5
2006	3.1	3.5	3.0

Tab. 2. Indices d'abondance de la pêche industrielle (IAPI) estimés à partir d'une modélisation linéaire des données de PUE de la flottille de céphalopodières à l'échelle de la ZEE mauritanienne et pour les stocks Nord et Sud.

	IAPI ZEE	IAPI Nord	IAPI Sud
1991	37.0	46.5	21.3
1992	67.8	69.5	55.1
1993	43.1	57.7	22.6
1994	29.7	37.0	17.6
1995	25.8	32.2	14.2
1996	17.2	20.5	10.9
1997	12.9	15.1	8.3
1998	16.1	18.3	11.0
1999	21.1	21.9	16.2
2000	25.0	24.9	20.5
2001	17.4	19.8	11.8
2002	16.2	17.2	12.3
2003	20.0	19.2	17.1
2004	20.5	21.6	15.5
2005	23.0	23.0	18.5

Tab. 3. Indices d'abondance combinés estimés comme la moyenne géométrique des indices d'abondance du groupe de travail 1998, des campagnes scientifiques et de la pêche industrielle à l'échelle de la ZEE mauritanienne, et des campagnes scientifiques et de la pêche industrielle pour les stocks Nord et Sud.

	IAC ZEE	IAC Nord	IAC Sud
1971	3.40		
1972	3.44		
1973	3.13		
1974	2.46		
1975	1.99		
1976	2.11		
1977	3.14		
1978	3.04		
1979	1.84		
1980	2.62		
1981	1.24		
1982	2.10		
1983	1.67		
1984	1.79		
1985	1.41		
1986	0.90		
1987	1.37		
1988	1.65		
1989	1.15		
1990	1.10		
1991	1.24	1.8	1.5
1992	1.66	1.9	1.9
1993	1.22	1.5	1.1
1994	0.98	1.5	1.1
1995	0.75	1.1	0.8
1996	0.53	0.6	0.7
1997	0.53	0.8	0.6
1998	0.61	0.7	0.8
1999	0.79	0.8	1.1
2000	0.87	0.9	1.2
2001	0.52	0.5	0.7
2002	0.43	0.5	0.7
2003	0.52	0.6	0.7
2004	0.66	0.7	0.9
2005	0.67	0.8	0.8

Code BUGS – Modèle stochastique d'état appliqué au poulpe mauritanien à l'échelle de la zone économique exclusive.

```
# Biomass surplus production model applied to Mauritanian octopus
# FOX MODEL - Erreur de processus + Erreur d'observation 1971-2004

# Remarque : Les lois informatives sur les paramètres s'appuient sur
# les paramètres estimés à partir d'applications de modèles de production à
# l'équilibre et en pseudo-équilibre

model ;
{

# prior sur q
iq ~ dunif(10000,1000000)
q <- 1/iq
iq_p ~ dunif(10000,1000000)
q_p <- 1/iq_p

# Priors sur r et K
r ~ dlnorm(1.1,1.5)
r_p ~ dlnorm(1.1,1.5)

K ~ dnorm(460000,0.000000002)
K_p ~ dnorm(460000,0.000000002)

# Priors sur MSY et E_MSY
MSY_p <- r_p*K_p/(exp(1)*log(K_p))
# Fishing effort at MSY
E_MSY_p <- (MSY_p / (K_p/exp(1)))/q_p

# Variance de l'erreur du processus
logsigma ~ dunif(-10,10)
sigma <- exp(logsigma)
isigma <- 1/sigma

# Variance de l'erreur d'observation
logtau ~ dunif(-10,10)
tau <- exp(logtau)
itau <- 1/tau

# Equation du processus
Btrue_m[1] <- alpha*K ;
for (i in 1:(n-1))
{
Btrue_m[i+1] <- max(Btrue[i] - Cobs[i] + r*Btrue[i]*(1-log(Btrue[i])/log(K)),0.01)
}

# Erreur de processus
for (i in 1:n)
{
logBtrue_m[i] <- log(Btrue_m[i])
logBtrue[i] ~ dnorm(logBtrue_m[i],isigma)
Btrue[i] <- exp(logBtrue[i])
ltrue[i]<-exp(logltrue[i])
}

# Residus
for (i in 1:n) {
```

```

residuals[i] <- logItrue[i]-logIobs[i] ;

}

# Equation d'observation (Noyau d'émission)
for (i in 1:n)
{
logItrue[i] <- log(Btrue[i]*q) ;
logIobs[i] <- log(Iobs[i]) ;
logIobs[i] ~ dnorm(logItrue[i],itau) ;
}

# Quantities of Interest
# Maximum surplus production
MSY <- r*K/(exp(1)*log(K)) ;
# Biomass at maximum surplus production
B_MSY <- K/(exp(1)) ;
# Fishing mortality at MSY
F_MSY <- MSY / B_MSY ;
#Fishing effort at MSY
E_MSY<-F_MSY/q ;

# Projection de la biomasse pour l'année 2005
Btrue_m[n+1] <- max(Btrue[n]-Cobs[n]+r*Btrue[n]*(1-log(Btrue[n])/log(K)),0.001)
logBtrue_m[n+1] <- log(Btrue_m[n+1])
logB_2005 ~ dnorm(logBtrue_m[n+1],isigma) ;
B_2005 <- exp(logB_2005) ;

}
# end of model

# DATA
list(
n = 34,
alpha = 0.9,

Iobs=c(3.40,3.44,3.13,2.46,1.99,2.11,3.14,3.04,1.84,2.62,1.24,2.10,1.67,1.79,1.41,0.90,1.37,1.65,1.
15,1.10,1.24,1.66,1.22,0.98,0.75,0.53,0.53,0.61,0.79,0.87,0.52,0.43,0.52,0.66),

Cobs=c(
38200,36600,29200,36600,39900,
52900,36600,23300,13400,12500,32200,39100,29000,29500,38000,45600,
45700,36700,33500,22840,28237,42208,42182,33883,29992,31630,19447,
15456,22453,31389,26531,23556,22700,21281)
);

# Initialisation 1
list(
r = 1, K = 300000, r_p = 1, K_p = 1, iq_p=120000,
iq=120000,
logtau = 0, logsigma = 0,
logBtrue = c(
12.67, 12.69, 12.73, 12.55, 12.38,
12.21, 12.66, 12.79, 12.80, 12.88, 12.18, 11.87, 11.26, 11.89, 10.29, 10.23, 10.50, 11.49,
11.95, 12.35, 12.26, 12.13, 11.83, 11.80, 11.50, 10.92, 11.83, 11.94, 11.75, 11.57, 10.74,
10.26, 11.21, 11.44),

logB_2005 = 12
)

```