

Modèle de déplétion

Didier Gascuel, Institut Agro Rennes

❖ Origine et références

- A l'origine, modèle d'estimation de populations par captures successives (modèle de régression de Leslie and Davis, 1939) - **Modèle de De Lury** (1947)
- **Modèle de déplétion** : Hilborn and Walters 1992, Agnew et al. 1998
- **Approche bayésienne** : McAllister et al., 2004 - A Bayesian hierarchical formulation of the De Lury stock assessment model for abundance estimation of Falkland Islands' squid (*Loligo gahi*), Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61: 1048–1059. [doi: 10.1139/f04-084]
- **Applications** en Afrique de l'Ouest : Poulpe du Maroc (Robert et al. 2010) et de Mauritanie (Tfeil 2010)

Introduction



❖ Cas d'application (en mer)

- L'exploitation porte essentiellement sur **une seule cohorte annuelle**, avec un recrutement (principal) chaque année (et éventuellement un recrutement secondaire)
- L'exploitation fait significativement décroître l'effectif de la cohorte au cours de l'année (**déplétion**)

❖ Principe

- Suivre l'évolution des captures et des CPUE, sur un pas de temps court (généralement le mois, éventuellement la quinzaine...)
- Dédurre de la décroissance observée la capturabilité du stock et l'effectif au recrutement
- Exemple simple (effort cts, et $M \approx 0$) :
 - Je pêche 50 puis 25 puis 12,5 ... Donc chaque pêche réduit l'effectif par 2 ($q = 0,5$). Il était donc de $N_1=100$ au début
 - Je pêche 50, puis 40, puis 32... $q = 0,2$ $R=250$ ($N_2=200$ $N_3=160$...)

Equations de base



❖ Evolution des effectifs (processus), sur une saison de pêche

- Inspirée de l'équation de Pope

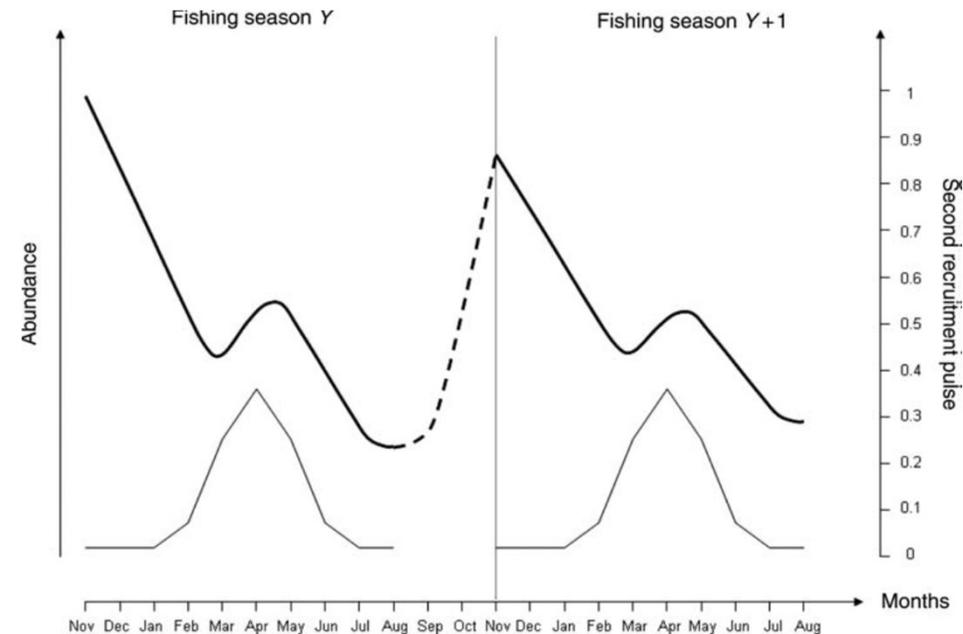
$$N_{t+1} = N_t \cdot \text{Exp}(-M_t) - C_t \cdot \text{Exp}(-M_t/2) + \lambda_t \cdot R \cdot \text{Exp}(-M_t/2)$$

avec : N_t effectif en début de mois t
 M_t mortalité naturelle (exprimée en mois⁻¹)
 C_t capture du mois t
 R recrutement secondaire
 λ_t fraction de R au mois t

❖ Equation d'observation

- Décroissance des CPUE sur l'intervalle $[t, t+1[$

$$U_t = q \cdot (N_t + N_{t+1}) / 2$$



Ajustement

❖ Résolution (fréquentiste)

- Sont connus : les $\{C_t\}$, les $\{U_t\}$, les $\{M_t\}$ et les $\{\lambda_t\}$
- Sont estimés : N_1 le recrutement principale, et q la capturabilité, et R recrutement secondaire

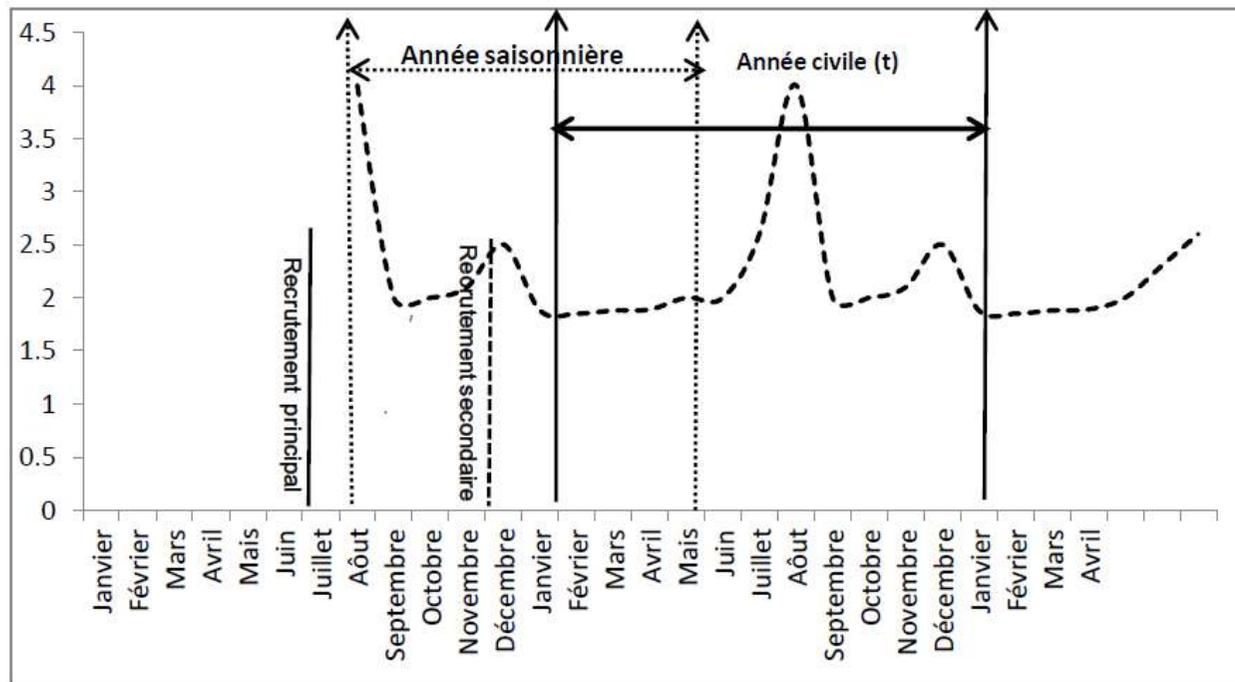
❖ Ajustement bayésien

- Erreur de process : $N_{t+1} = [N_t \cdot \text{Exp}(-M_t) - C_t \cdot \text{Exp}(-M_t/2) + \lambda_t \cdot R \cdot \text{Exp}(-M_t/2)] \cdot \text{exp}(\varepsilon_t)$
avec : $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_p)$
- Erreur d'observation : $U_t = [q \cdot (N_t + N_{t+1}) / 2] \cdot \text{exp}(\omega_t)$
avec : $\omega_t \sim N(0, \sigma_o)$
- Paramètres fixés : M_t (généralement $\forall t, M_t = M$) et λ_t
- Priors sur $N_1, R, q, \sigma_p, \sigma_o$ (généralement $\sigma_p = \sigma_o = \sigma$)

Exemples d'application

❖ Poulpe de Mauritanie (B. Tfeil, 2010)

- Cycle du poulpe et saisonnalité (pas de temps = mois)

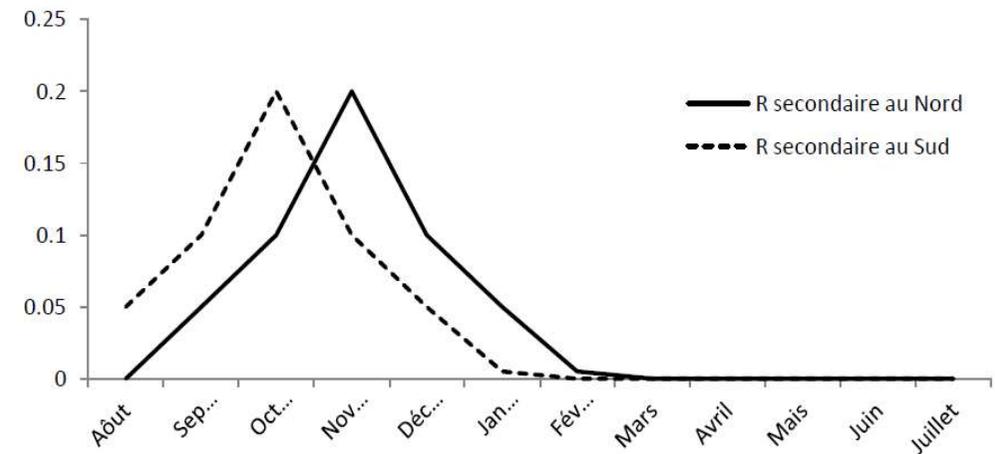
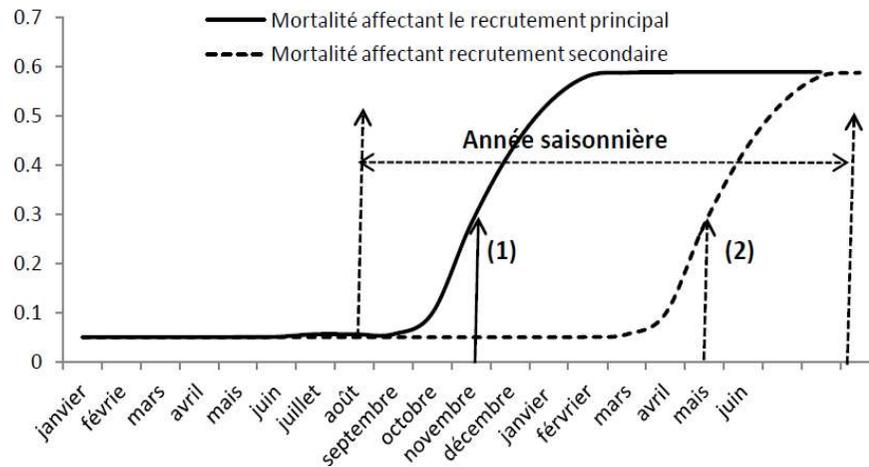


Variation saisonnière
de l'abondance du
poulpe en Mauritanie

Exemples d'application

❖ Poulpe de Mauritanie (B. Tfeil, 2010)

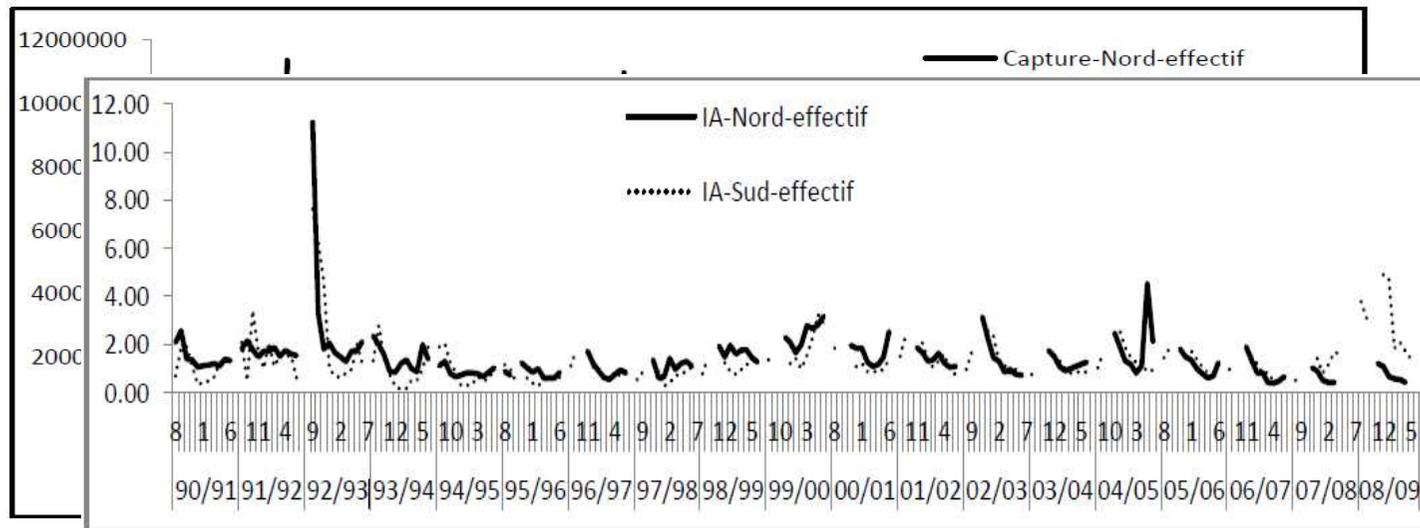
- Cycle du poulpe et saisonnalité (pas de temps = mois)
- Données de mortalité (ici zone Nord) et recrutement secondaire



Exemples d'application

❖ Poulpe de Mauritanie (B. Tfeil, 2010)

- Cycle du poulpe et saisonnalité (pas de temps = mois)
- Données de mortalité et recrutement secondaire
- Données de capture et d'abondance (GLM sur les CPUE)

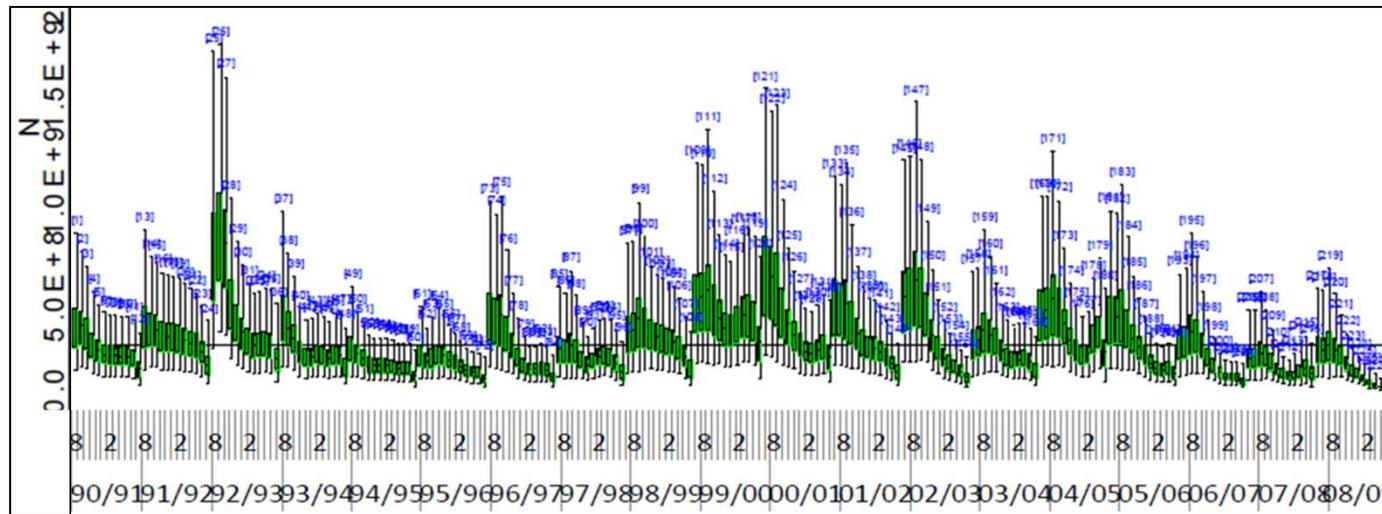


Série chronologique des captures et indices d'abondance mensuels (en effectif), dans les deux zones

Exemples d'application

❖ Poulpe de Mauritanie (B. Tfeil, 2010)

➤ Résultats (zone Nord)



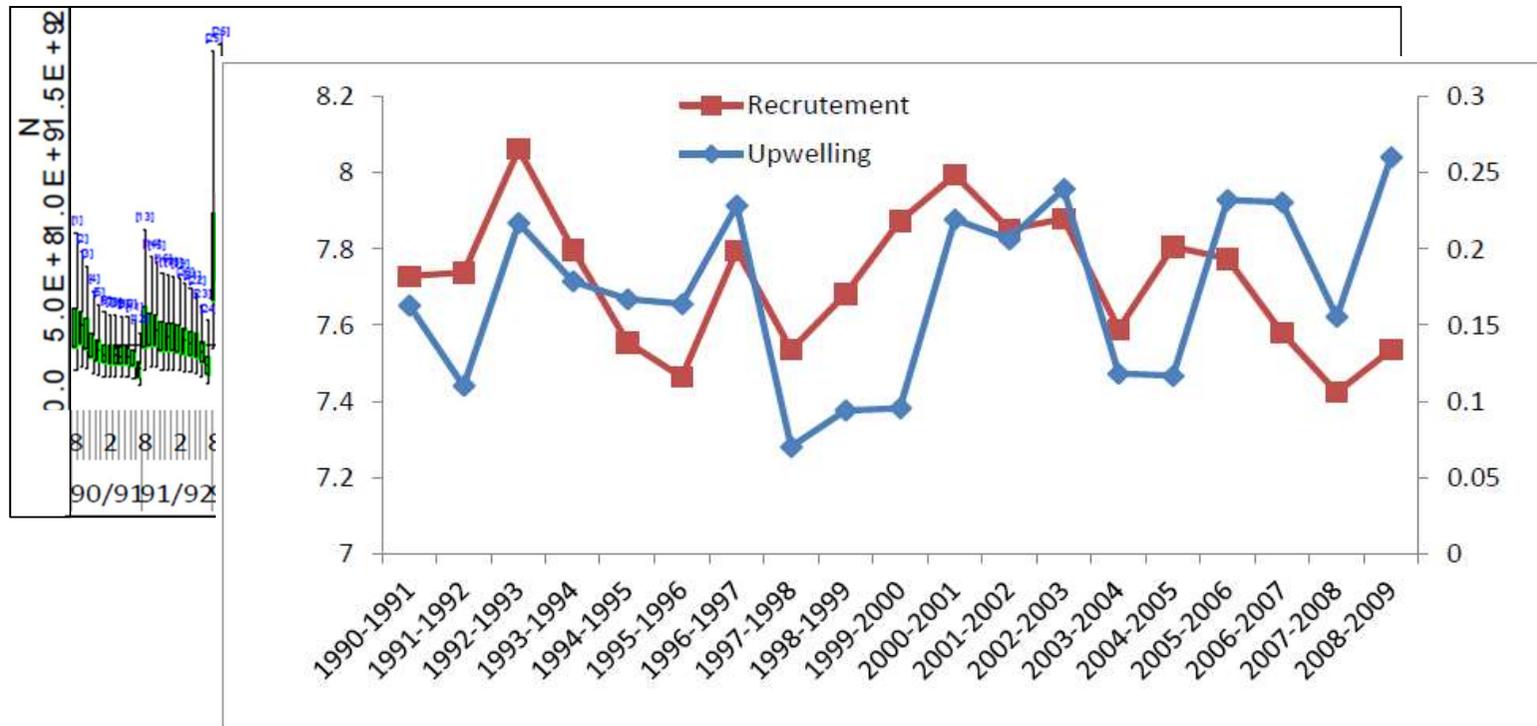
Effectifs
mensuels
prédits

Exemples d'application



❖ Poulpe de Mauritanie (B. Tfeil, 2010)

➤ Résultats (zone Nord)

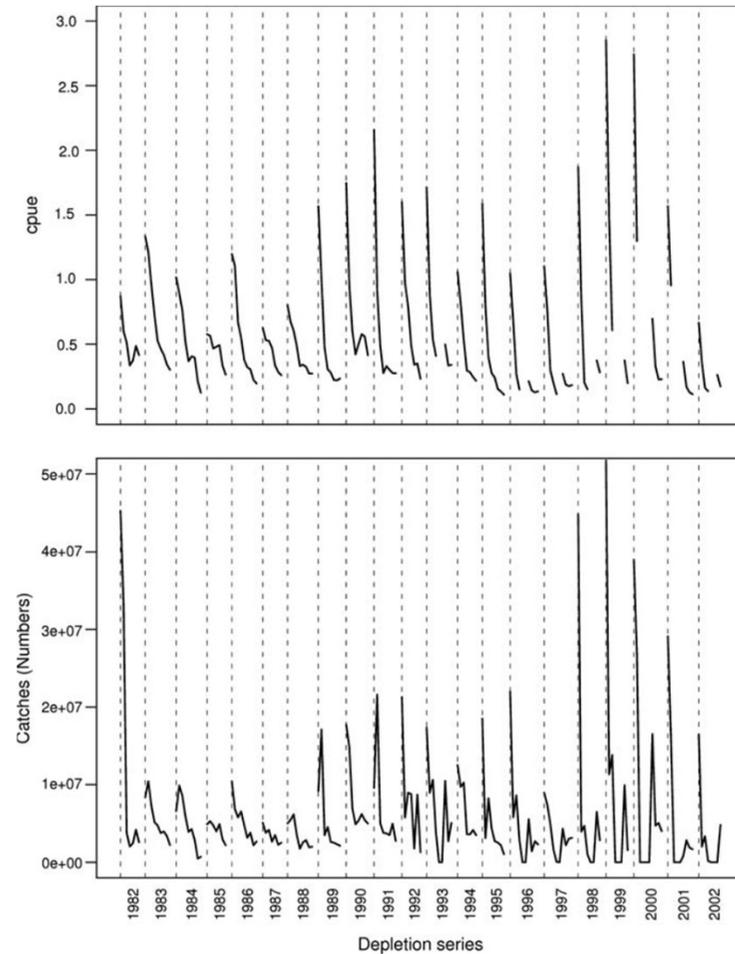


Recrutement principal (et indice d'Upwelling)

Exemples d'application

❖ Poulpe du Maroc (Robert et al., 2010)

- Data : catches and CPUE times series



Total catches (in numbers) and abundance indices (cpue of the industrial fleet; thousands per day at sea)

Exemples d'application



❖ Poulpe du Maroc (Robert et al., 2010)

- Data : catches and CPUE times series
- Prior on N , R , q and σ

Table 2. Prior distributions for the four unknown parameters of the reference scenario of the SE approach (S1).

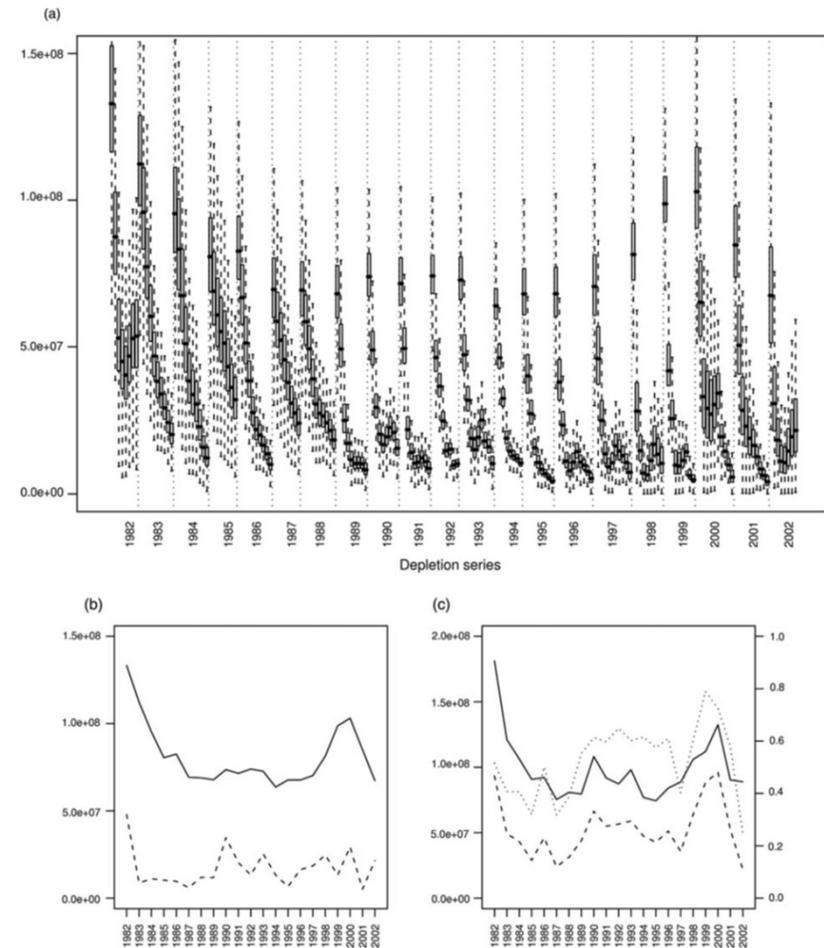
Parameter	Distribution	Parameter
N_1	\sim Lognormal	Mode = 10^8 , CV = 2
R	$R = \alpha_R N_1$	$\alpha_R \sim$ uniform (0,1)
q	\sim Lognormal	Mode = 10^{-7} , CV = 2
σ^2	$\log(\sigma^2) \sim$ uniform ($\log(\sigma_{\min}^2)$, $\log(\sigma_{\max}^2)$)	$CV_{\min} = 0.01$, $CV_{\max} = 10$; $\sigma^2 = \log(CV^2 + 1)$

Exemples d'application

❖ Poulpe du Maroc (Robert et al., 2010)

- Data : catches and CPUE times series
- Prior on N , R , q and σ
- Results
- Harvest rate : C/R

- (a) Box-plot of the posterior distributions of the **number of octopus taken each month** between 1982 and 2002;
- (b) Posterior medians of $N1$ (solid line) and R (dashed line) by number;
- (c) Posterior medians of **total recruitment** $N1+R$ (solid line) and total annual catches (dashed line). **Harvest rate** (dotted line; right axis) estimated as the ratio of the annual catches vs. the total recruitment ($N1 + R$).



Intérêt et limites du modèle de déplétion

❖ Atouts

- Une méthode adaptée aux **espèces à vie courte**
- Qui suppose peu de données (captures et CPUE, sur qq années)
- Et qui fournit un diagnostic : évolution du **recrutement** et du **taux d'exploitation (C/R)**
- ... et potentiellement des outils de gestion : fermeture saisonnière de la pêche, en temps réel

❖ Limites

- Une méthode adaptée aux espèces à vie courte
- Nécessité d'un taux d'exploitation suffisant pour « observer » la déplétion de la cohorte
- Forte sensibilité à la valeur de M (donnée en input)...
- ... et aux hypothèses : q constant, et schéma saisonnier de recrutement secondaire