



Mémoire de fin d'études pour l'obtention :
Diplôme d'Agronomie Approfondie (DAA) Spécialisation halieutique

**Modélisation statistique bayésienne du modèle
de déplétion
Application à la pêche de poulpe, *Octopus
vulgaris*, du Maroc**

Présenté par : Marianne Robert

Soutenu le : 10/09/08

Maître de stage : Etienne Rivot

Plan

- I. Contexte et objectifs
- II. Modèle de déplétion et statistiques bayésiennes
- III. Approche par simulation-ajustement
- IV. Application au cas d'étude marocain
- V. Discussion et conclusion



Plan

- **Contexte et objectifs**
- Modèle de déplétion et statistiques bayésiennes
- Approche par simulation-ajustement
- Application au cas d'étude marocain
- Discussion et conclusion

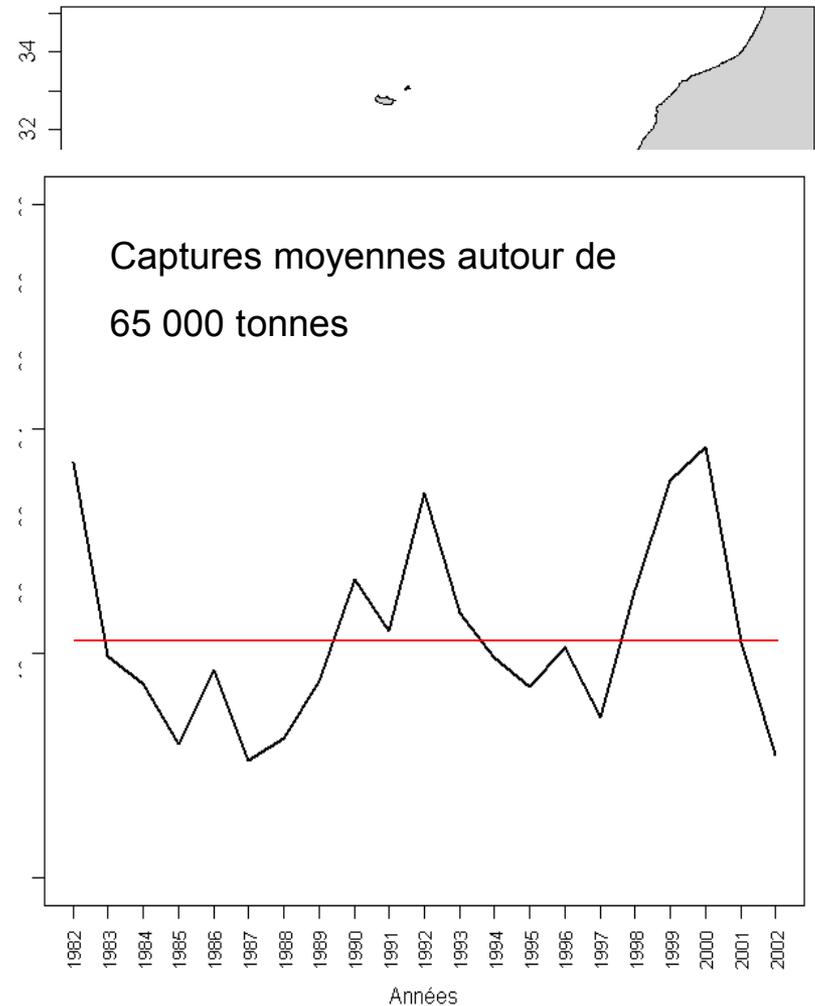
Contexte

Zone de pêche : Sud Maroc

60's: Développement important de la pêche aux poulpes

Fluctuations importantes des captures au cours de la période 1982-2002.

Forte chute dans les années récentes



Le poulpe commun: *Octopus vulgaris*

- Céphalopode
- Espèce néritique de milieu tempéré
- Durée de vie courte
- Semelpare
- Stratégie R
- Fortement dépendante de l'environnement
(Triade de Bakun, 1995 ; Cushing, 1990)

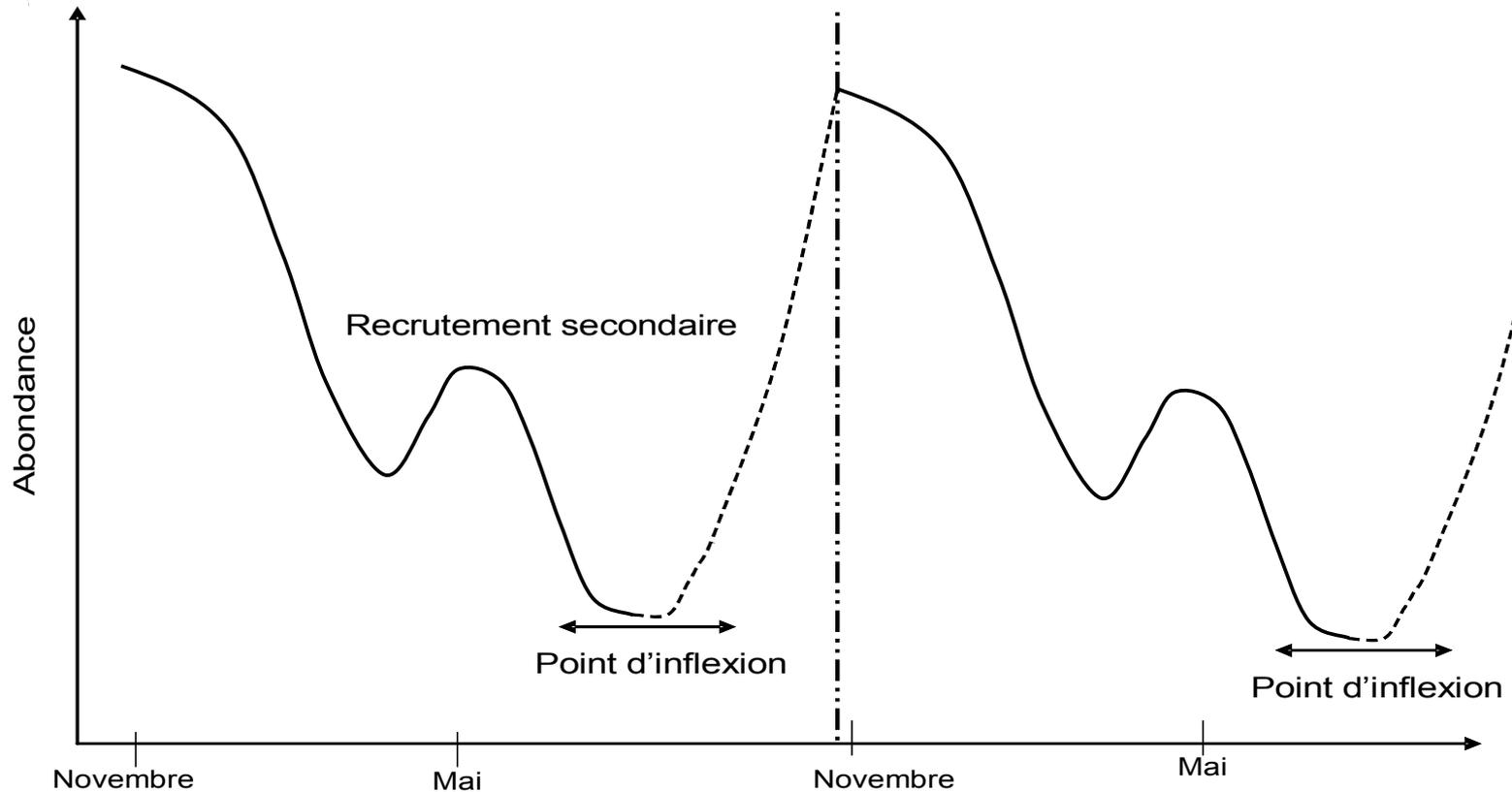


Cycle de vie dans les eaux marocaines



Cohorte principale issue du pic de recrutement principal
Cohorte secondaire issue du pic de recrutement secondaire

Evolution typique de l'abondance au cours d'une saison de pêche



Gestion des stocks de poulpe

- **Evaluation des stocks au sein du COPACE**

- Modèle de production de biomasse dynamique
- Surexploitation

→ Limites des méthodes sur pas de temps annuel (Pierce et Guerra, 1994)

Développer des méthodes d'évaluation pour les espèces à durée de vie courte :
Le modèle de déplétion (Leslie and Davis, 1939 ; De Lury, 1947; Agnew *et al.* 1998)

- **Gestion des stocks de poulpe au Maroc**

Méthodologie

Approche bayésienne:

- Prise en compte des **incertitudes dans les diagnostics et les décisions** (Punt et Hilborn, 1997 ; Harwood et Stockes, 2003).

→ Quantifier les risques

Modèle à états latents (SSM)

- Prendre en compte **deux sources d'incertitudes** (Rivot et al 2004)
Faibles connaissances sur la biologie et la dynamique de population
Données souvent entachées d'erreurs

Objectif

Développer une approche bayésienne du modèle de déplétion en tant que modèle dynamique à états latents pour le cas d'étude du poulpe marocain

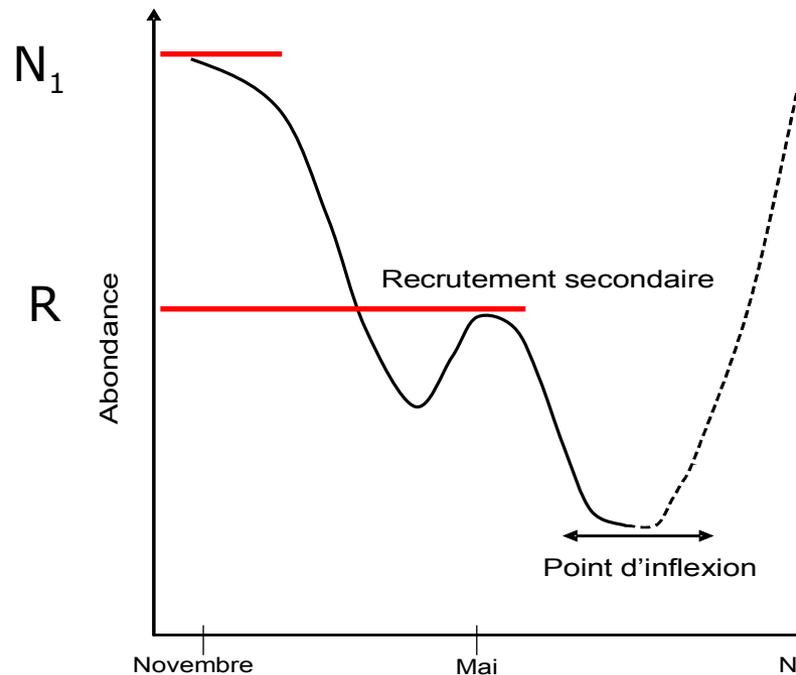
Plan

- Contexte et objectifs
- **Modèle de déplétion et statistiques bayésiennes**
- Approche par simulation-ajustement
- Application au cas d'étude marocain
- Discussion et conclusion

Modèle de déplétion

Equation de processus

$$\left\{ \begin{array}{l} N_1 : \text{abondance initiale} \\ N_{t+1} = (N_t e^{-M/2} - c_t) e^{-M/2} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} N_1 : \text{abondance initiale} \\ N_{t+1} = (N_t e^{-M_t} - c_t e^{-Mt/2} + \lambda_t R e^{-M_t'/2}) \end{array} \right.$$



Principe d'ajustement

○ Données

- C captures
- i observations, Indice d'abondance

$$\{i_t = qN_t$$

- M_t, M'_t mortalité naturelle
- λ_t rythme d'arrivée du recrutement

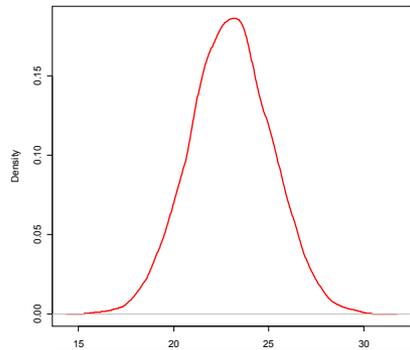
○ Estimations

- N effectif a chaque pas de temps
- N_1 effectif initial
- R recrutement secondaire
- q
- σ

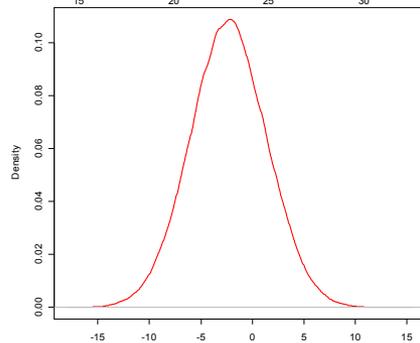
Ajustement bayésien

- Rentrer de l'information *a priori*
- Obtient un distribution *a posteriori*

Prior

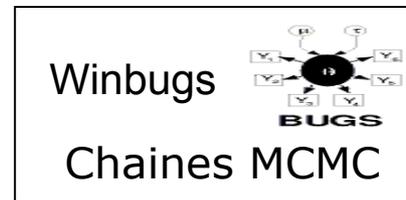


N_1



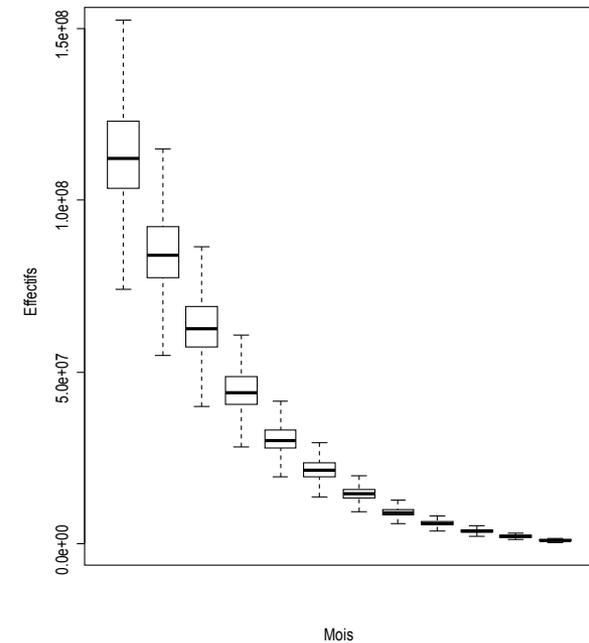
q

Modèle



Données

Postérieur N



Mois

Ajustement bayésien du modèle de déplétion en tant que SSM

$$\left\{ \begin{array}{l} N_1 : \text{abondance initiale} \\ N_{t+1} = (N_t e^{-M_t} - c_t e^{-Mt/2} + \lambda_t \text{Re}^{-M_t'/2}) e^{\varepsilon_t} \\ \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_p^2) \\ i_t = q \left(\frac{N_t + N_{t+1}}{2} \right) e^{\omega_t} \\ \omega_t \sim N(0, \sigma_o^2) \end{array} \right.$$
$$\sigma_o^2 = \sigma_p^2$$

Plan

- Contexte et objectifs
- Modèle de déplétion et statistiques bayésiennes
- **Approche par simulation-ajustement**
- Application au cas d'étude marocain
- Discussion et conclusion



○ Pourquoi cette approche

- Première développement du modèle de déplétion en tant que SSM bayésien
- Dans la littérature (Restrepo, 2001) : Problème d'identifiabilité entre N_1 et q
- Etude de sensibilité sur l'information apportée *a priori*

Identifier dans quelles configurations de données et de priors les inférences sont de bonne qualité

Paramètres

Connus

$M_t, M'_t, \lambda_t, h, t$

N_1, q, R, σ^2

Modèle

$$N_{t+1} = (N_t e^{-M_t} - C_t e^{-M_t/2} + \lambda_t R e^{-M_t'/2}) e^{\varepsilon_t}$$

$$C_t = h_t N_t e^{-M/2}$$

$$\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_p^2)$$

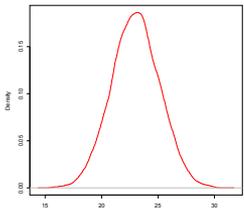
$$i_t = q_t \left(\frac{N_t + N_{t+1}}{2} \right) e^{\omega_t}$$

$$\omega_t \sim N(0, \sigma_o^2)$$

Données simulées

$\left\{ \begin{array}{l} c_t \\ i_t \\ N_t \end{array} \right.$

Inconnus



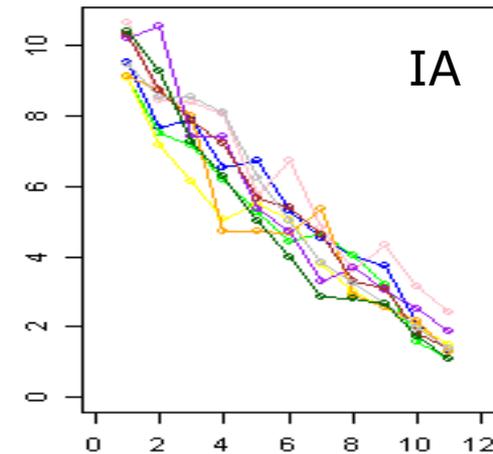
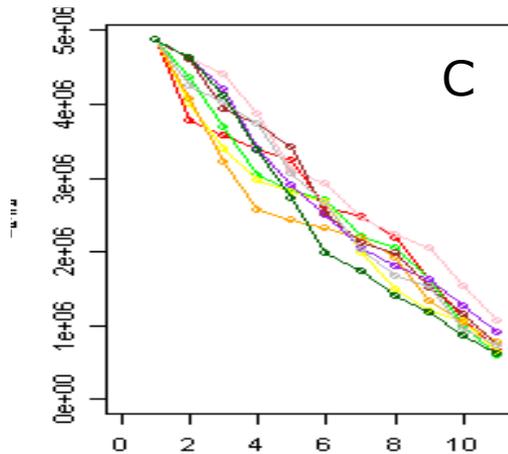
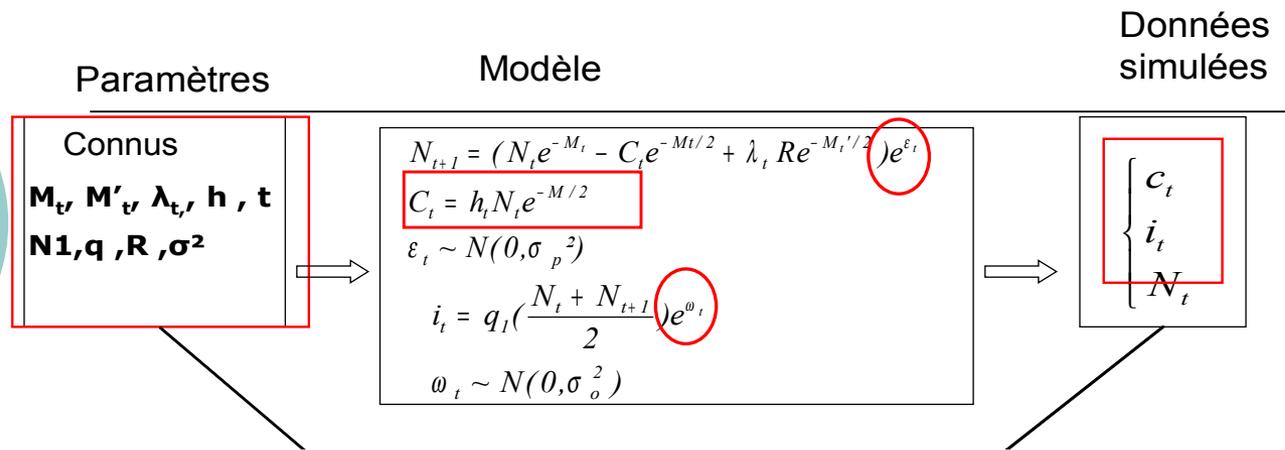
Priors

N_1, q, R, σ^2

Ajustement
Winbugs

Comparaison

Modèle stochastique



10 trajectoires différentes => chaque trajectoire = une estimation

3. Comparaison

- Comparer les résultats des ajustements avec les valeurs vraies ayant servies lors de la simulation de données
-
- Prior / Posterior / valeur vrai
 - EQM : Ecart quadratique moyen
 - Estimation du biais et des incertitudes
 - ERM : Ecart relatif moyen
 - Estimation du biais

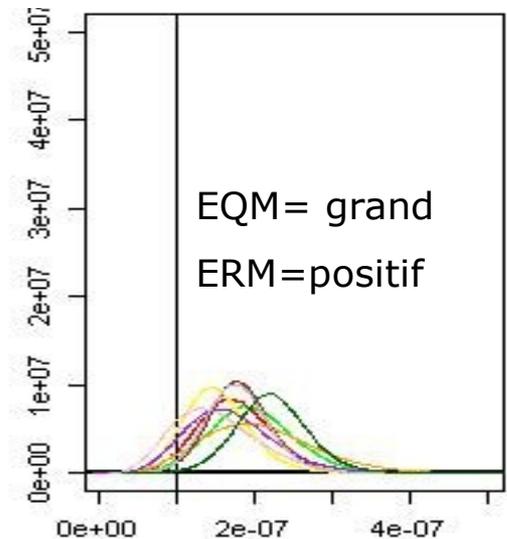
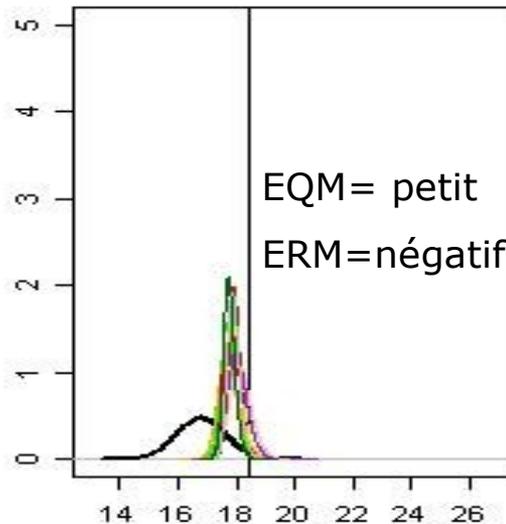
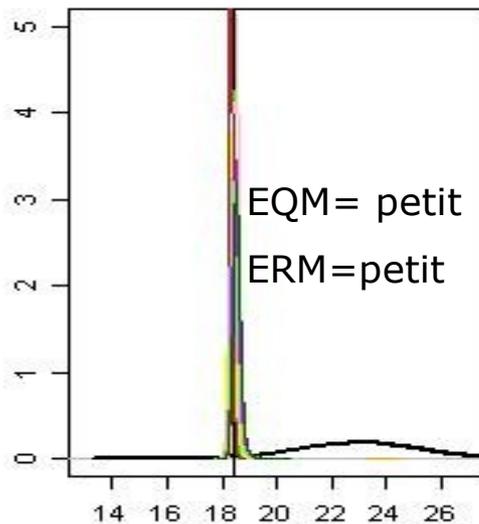


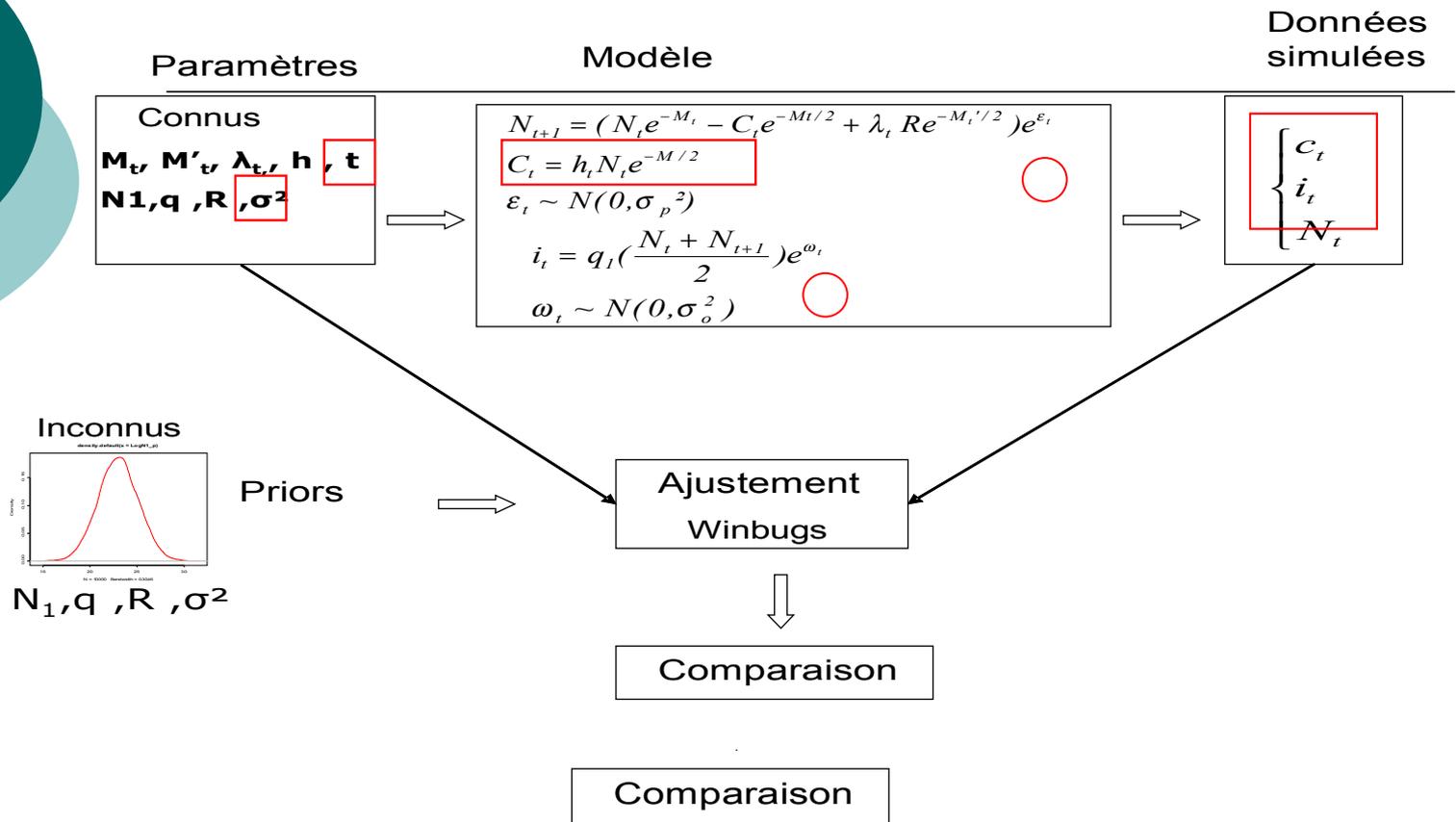


Tableau de 23 scénarios contrastés

- 5 grandes problématiques
 - Influence du niveau d'information contenu dans les données
 - Sensibilité aux priors
 - Influence du nombre d'équations d'observation
 - Estimation du recrutement secondaire
 - Hypothèses de mortalité naturelle

Niveau d'information contenu dans les données

- Le taux d'exploitation

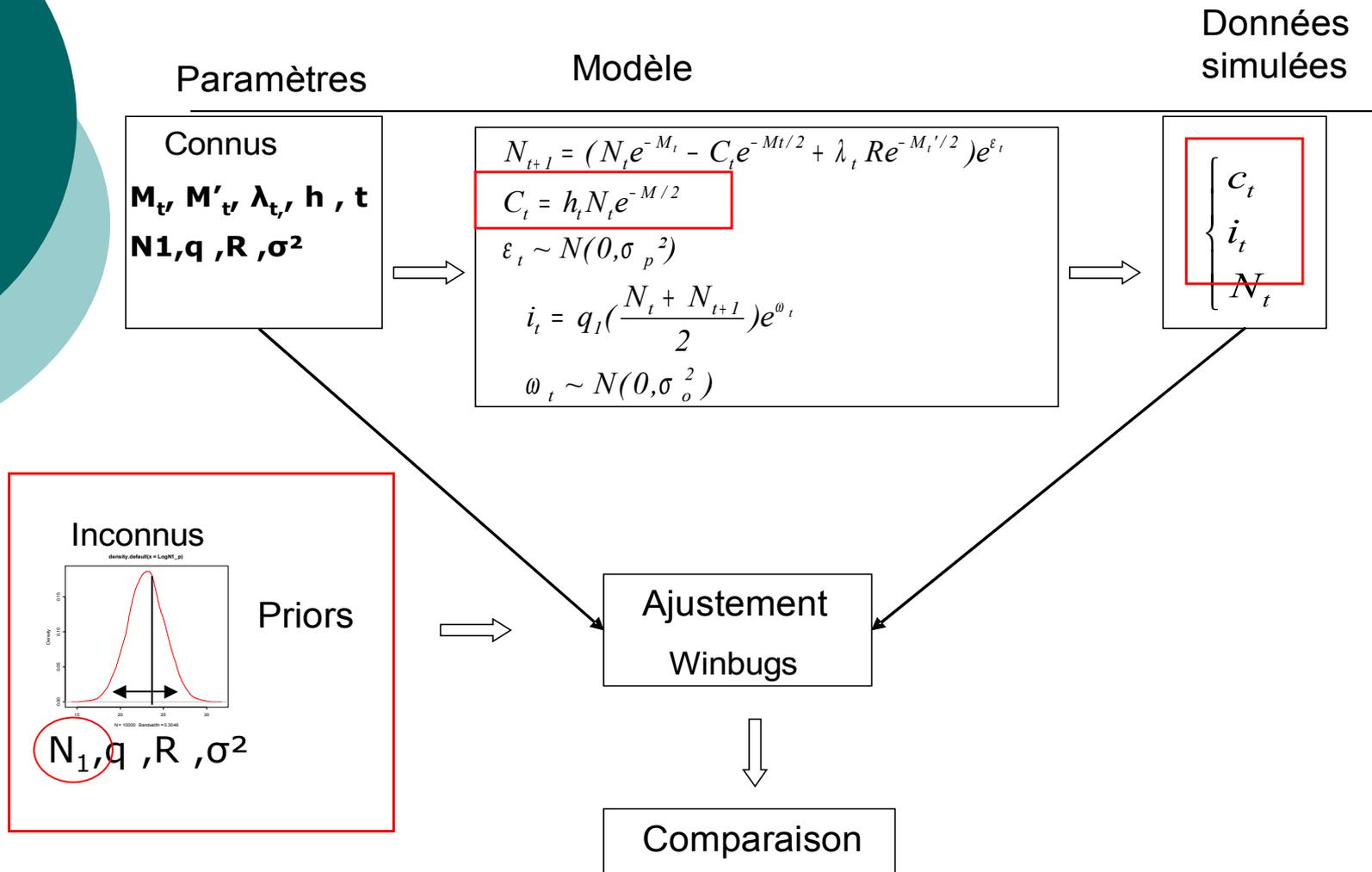


Lien avec le cas marocain

Niveau d'information contenu dans les données

- La configuration des vraies données est favorable à des inférences de bonne qualité.
- Lorsque les saisons de déplétion seront courtes les inférences seront possibles.
- Lorsque le bruit dans les données est élevé, la qualité des inférences se dégrade.

Sensibilité aux priors de N_1

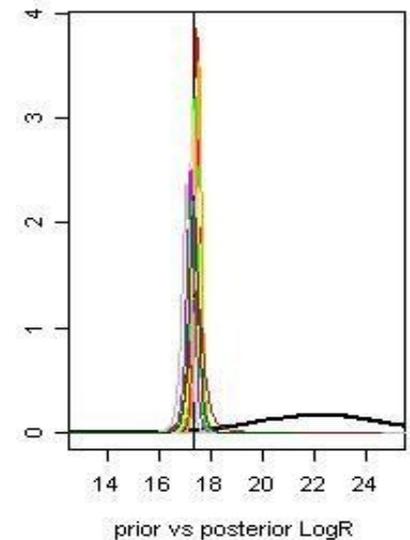
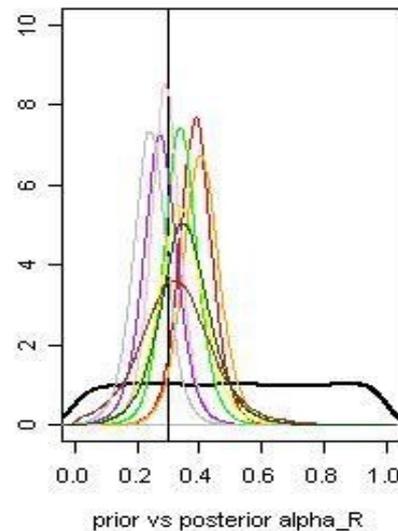
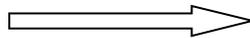
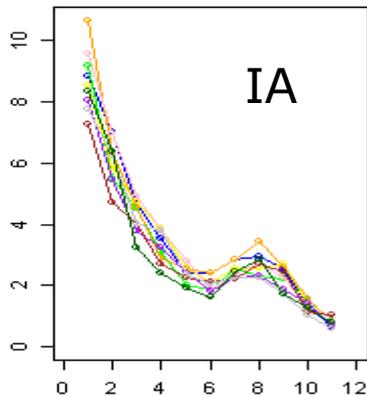
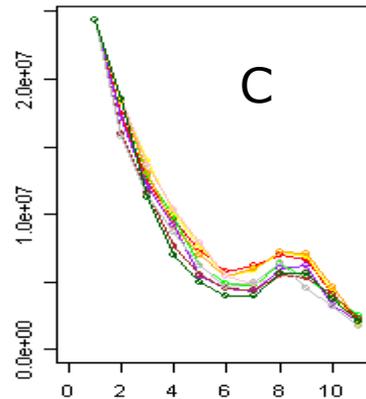


Lien avec le cas marocain

Sensibilité aux priors sur N_1

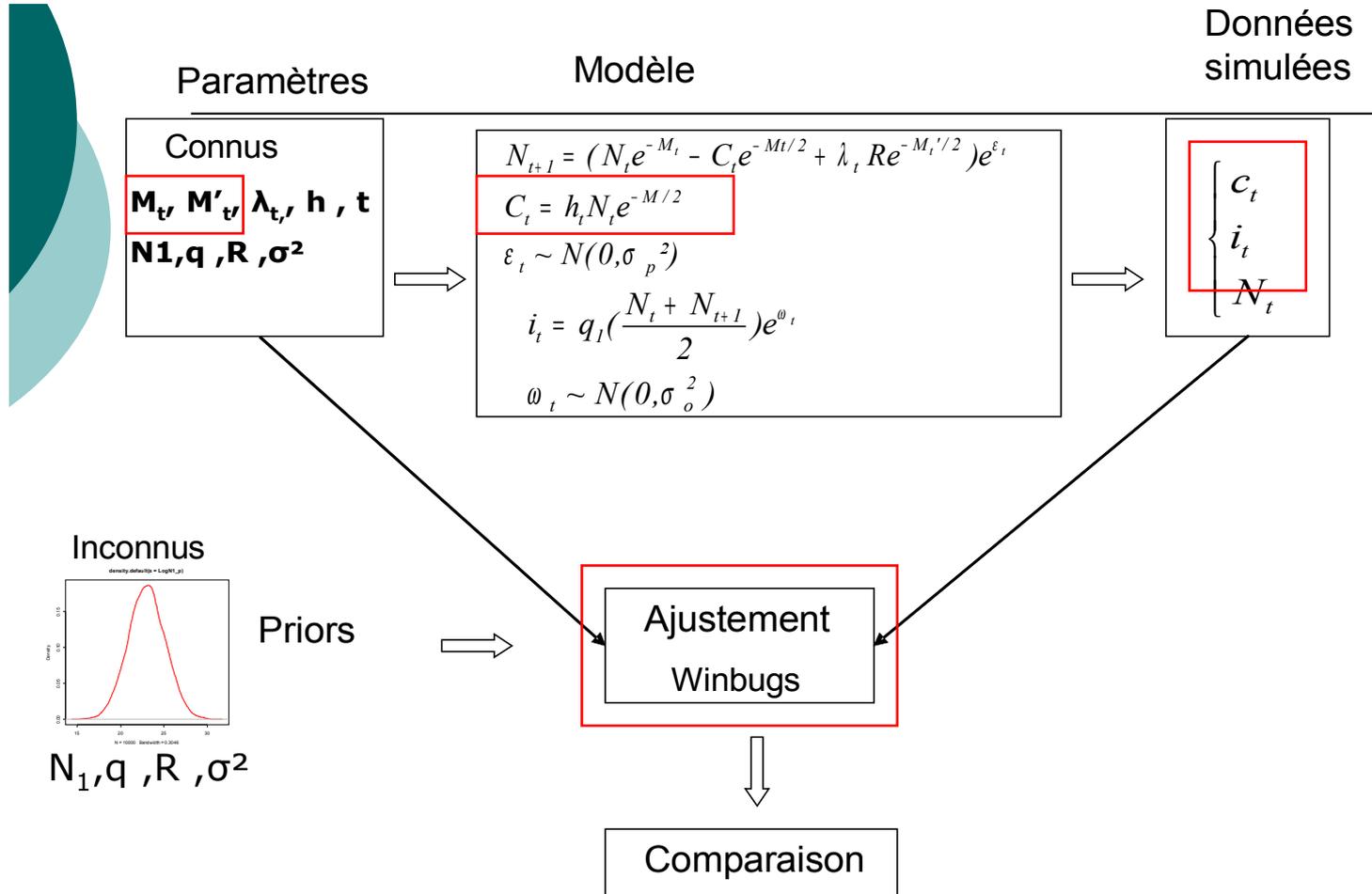
- Prior informatif → améliorer les inférences pour les années où les données marocaines ne seront pas assez informatives.
- Attention
 - Forte sensibilité
 - Prior faussement informatif

Estimation du recrutement secondaire



- Dans la configuration des données marocaines
=> le modèle permet d'obtenir des inférences de bonne qualité sur les paramètres R et α .

Hypothèses de mortalité naturelle



Les
la mortalité naturelle.

Conclusion

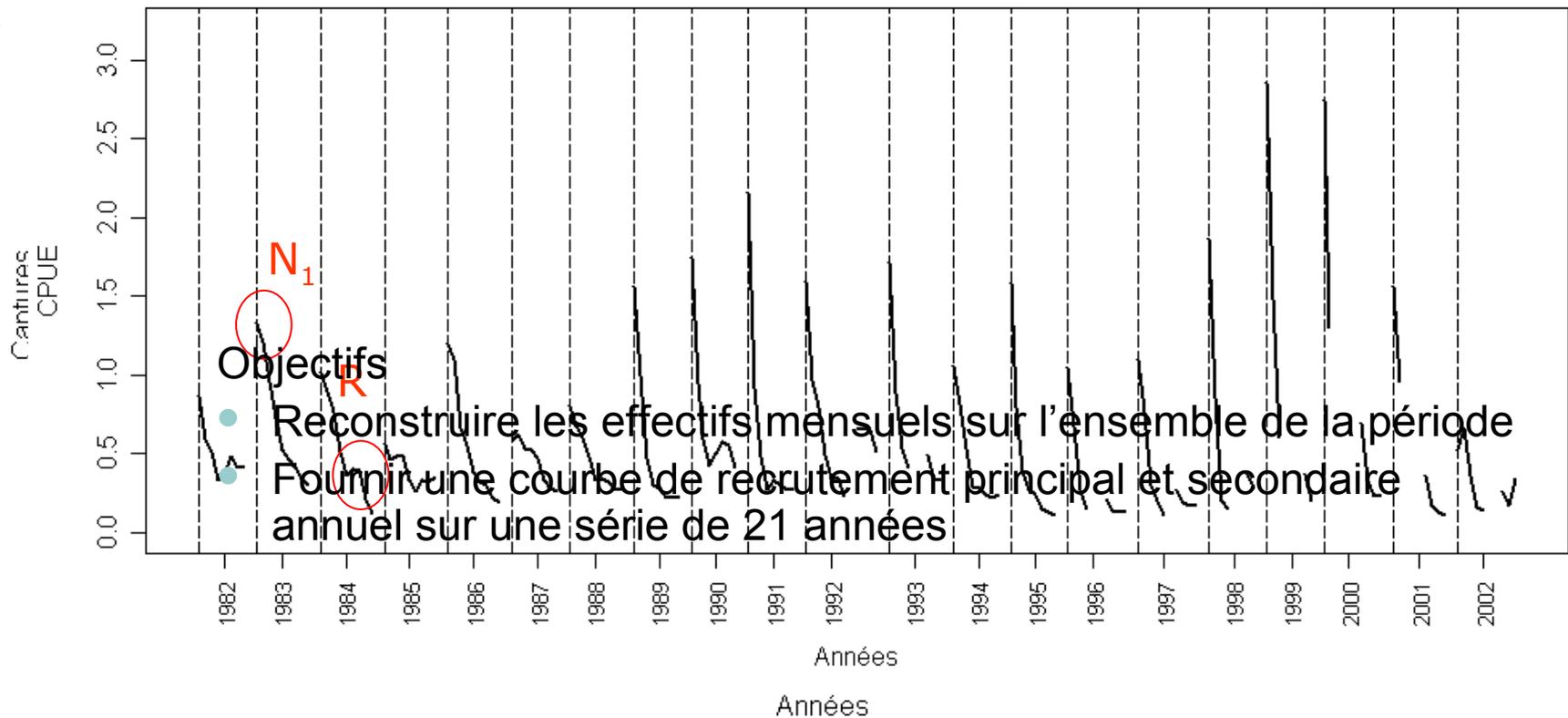
- Approche par simulation-ajustement
 - Pas souvent mise en œuvre
 - Approche méthodologique lourde
- Apports importants
 - Bon niveau de confiance attribué dans les sorties du modèle dans le cas d'application aux données réelles

Plan

- Contexte et objectifs
- Présentation du modèle de déplétion et des statistiques bayésiennes
- Approche par simulation-ajustement
- **Application au cas d'étude marocain**
- Discussion et conclusion

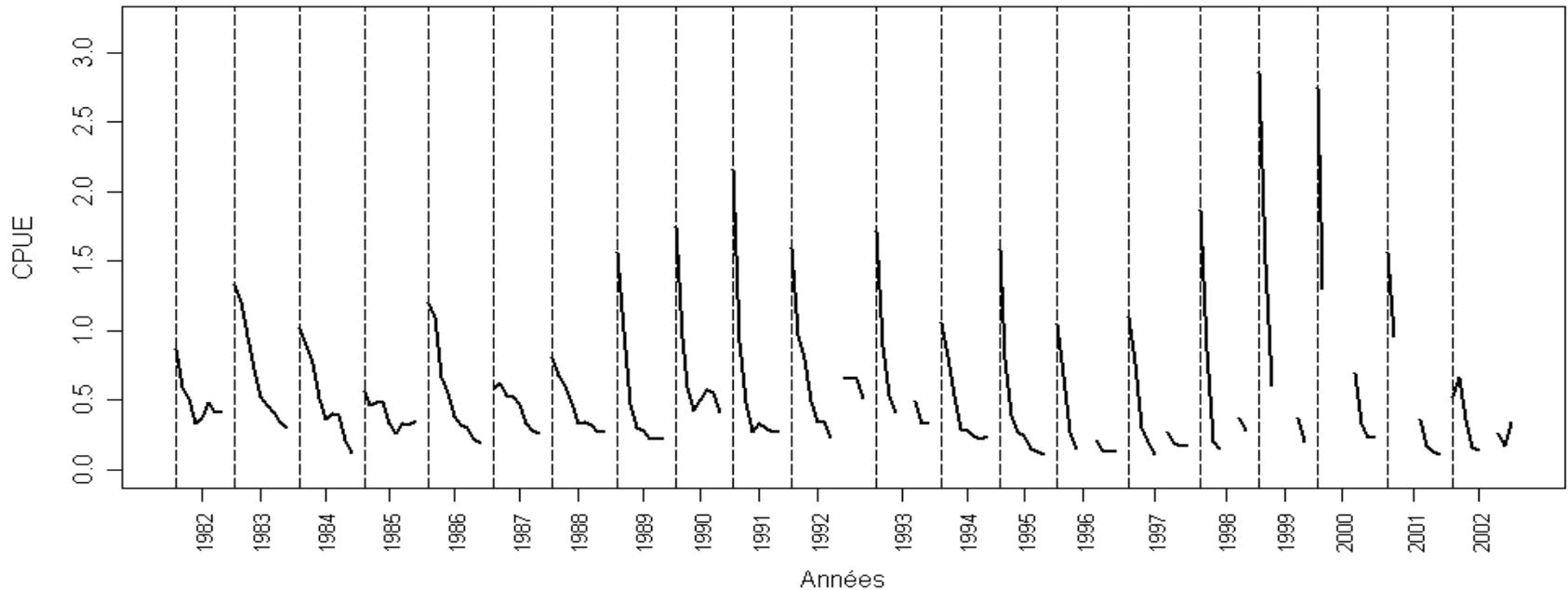
- Données disponibles de 1982 à 2003 = 21 années

- Captures
- CPUE flottille hauturière marocaine



Stratégie de modélisation

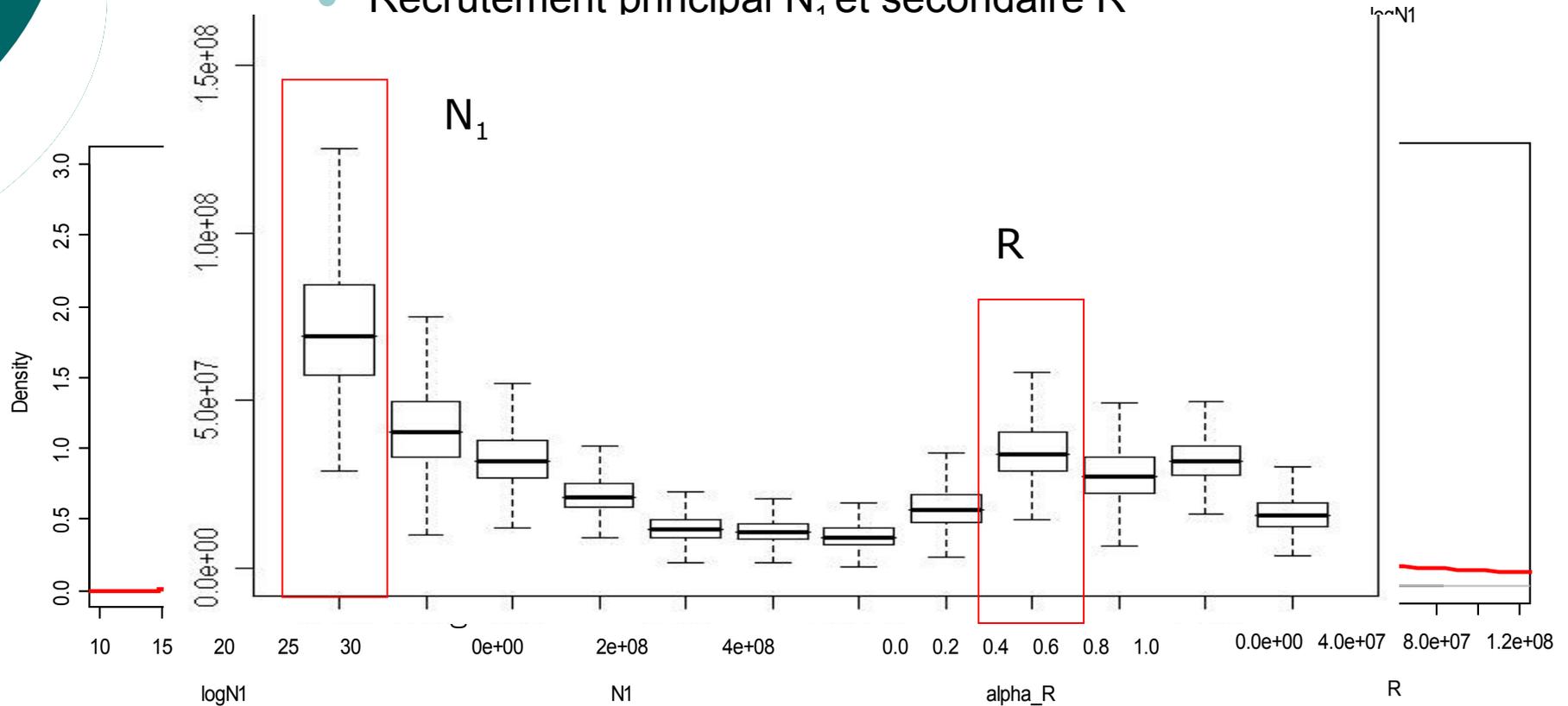
- 3 hypothèses différentes : objectif est d'améliorer la qualité des inférences
 - **Application du modèle validé par l'approche de simulation estimation**
 - M1



Pour chaque saison de pêche

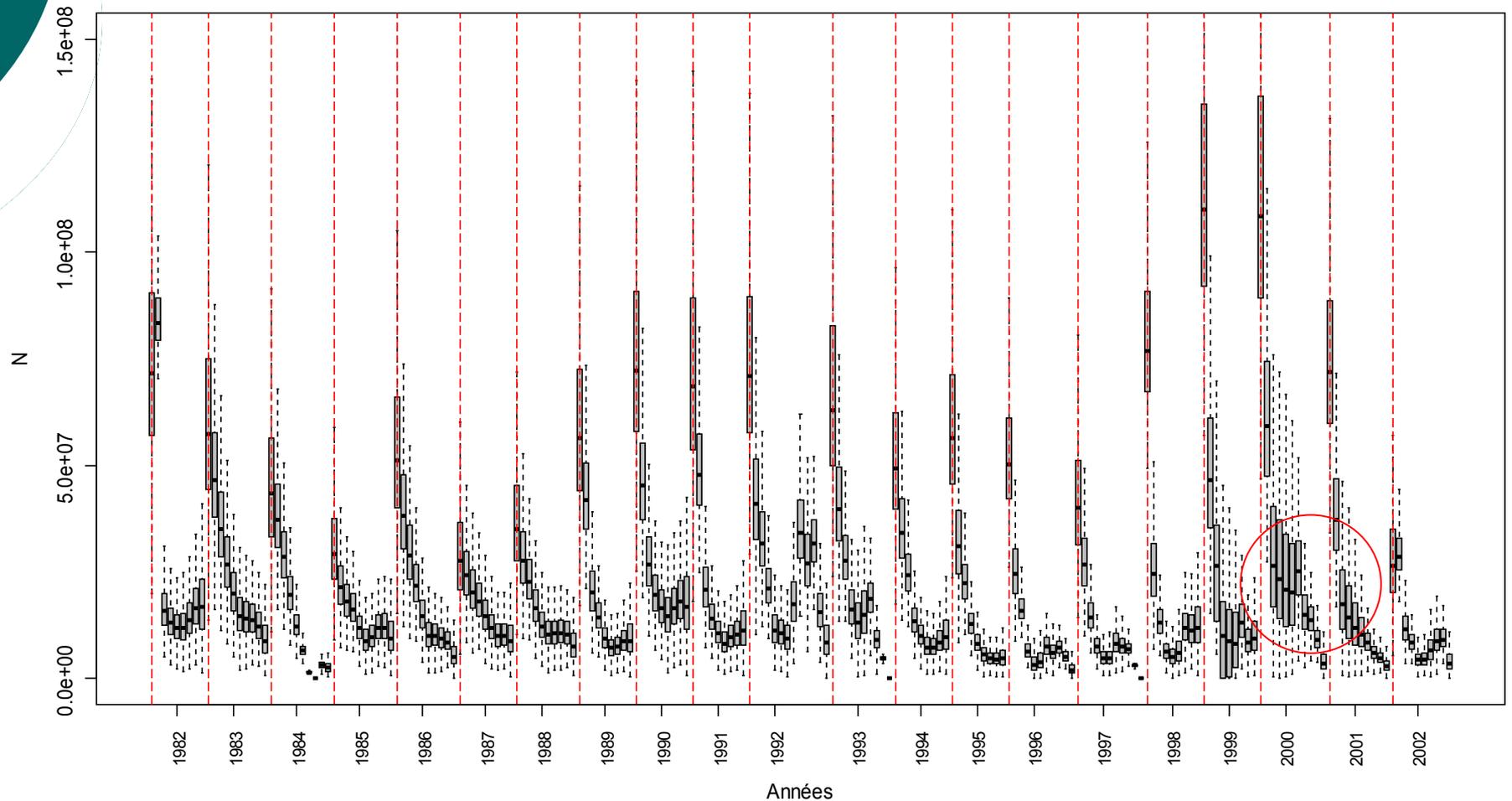
- Evolution des effectifs

- Recrutement principal N_1 et secondaire R



Sur les 21 années

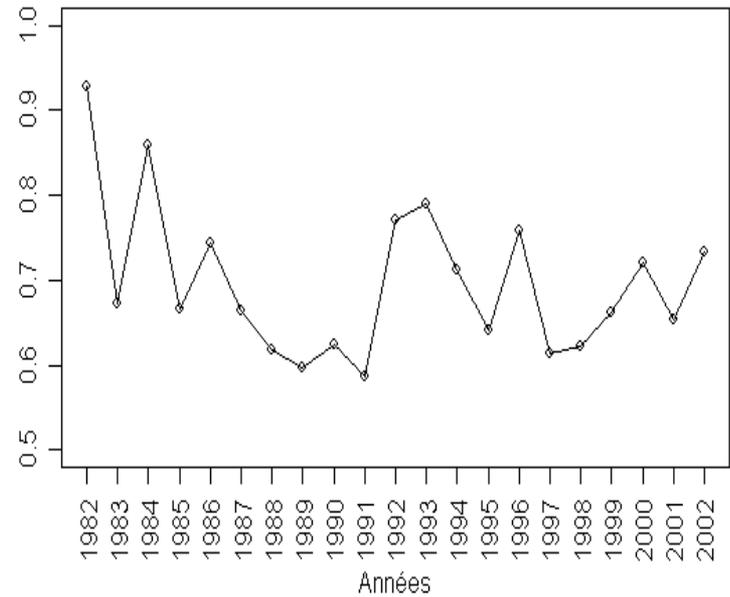
- La capturabilité et le bruit
- Effectifs



Sur les 21 années

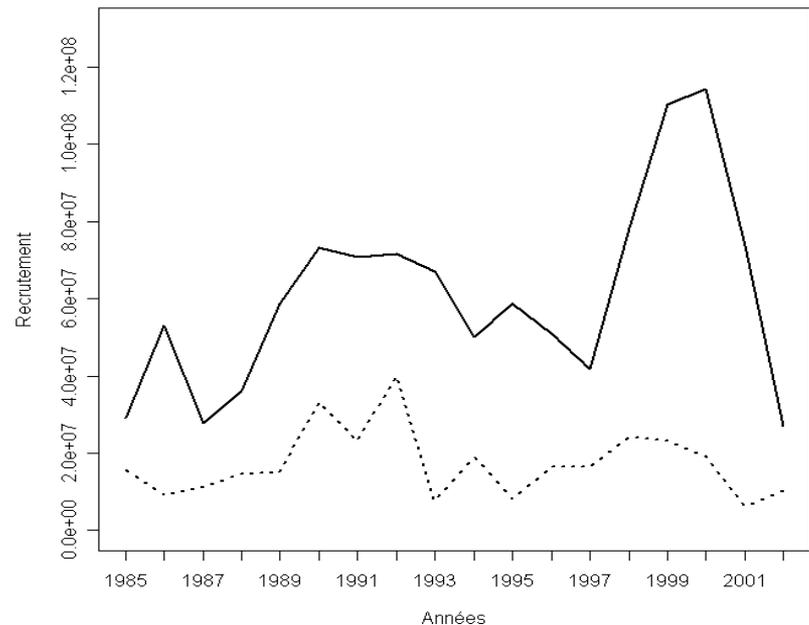
Sorties du modèle cohérentes

- Taux d'exploitation rétrocalculé
 - Captures cumulées/ Recrutement total



Séries de recrutements variables

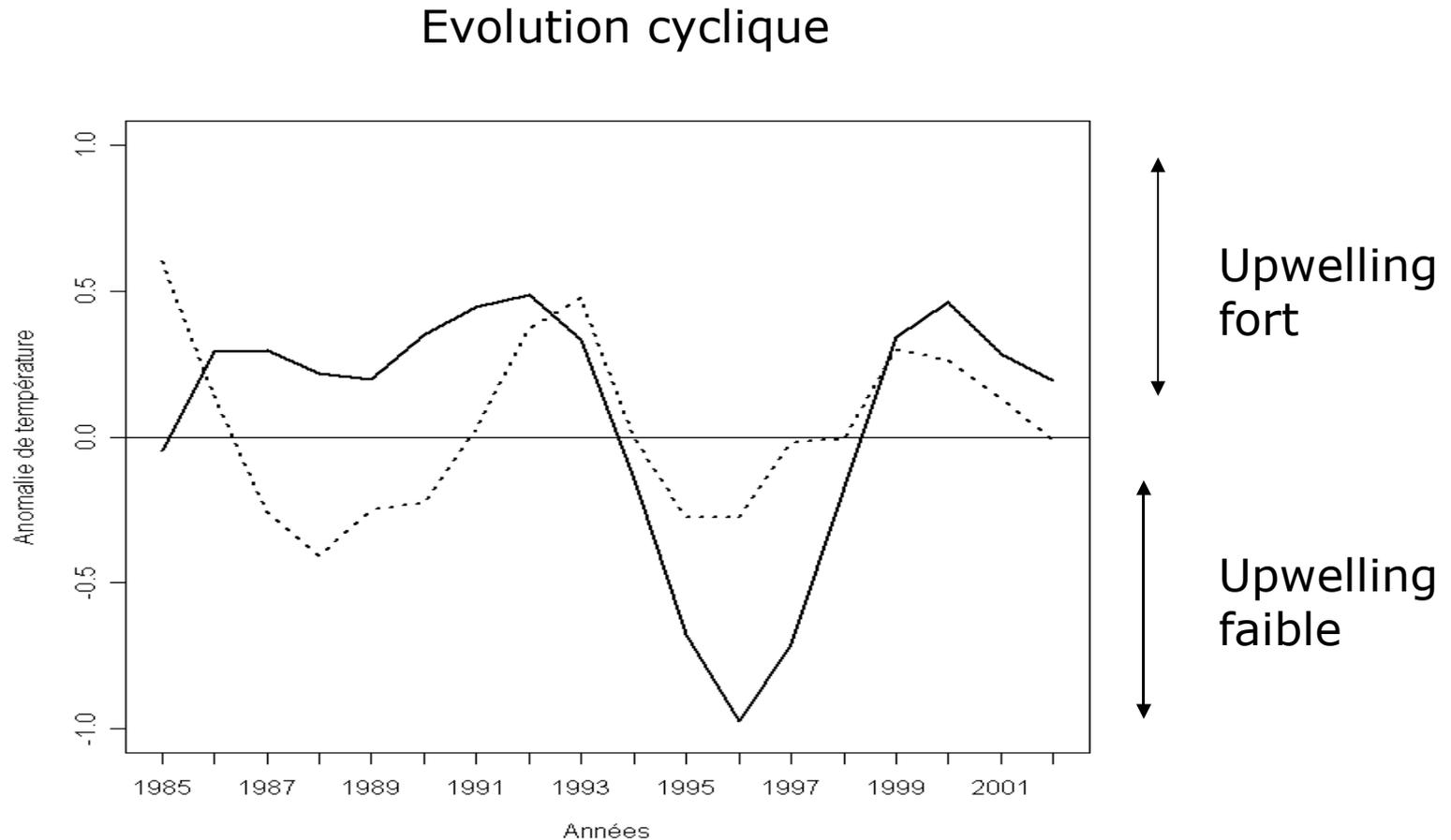
- $R \text{ secondaire} = 1/3 R \text{ principal}$



Trait plein (R principal) Trait pointillé (R secondaire)

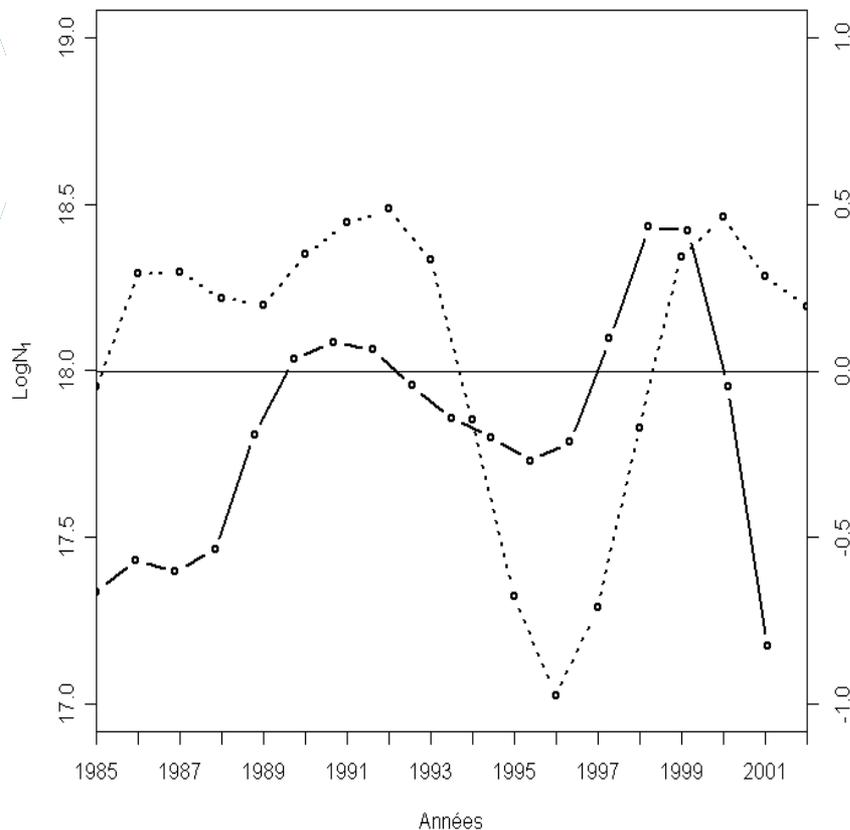
Etude lien avec environnement

Indice d'anomalie de température (Santos *et al.*, 2005)

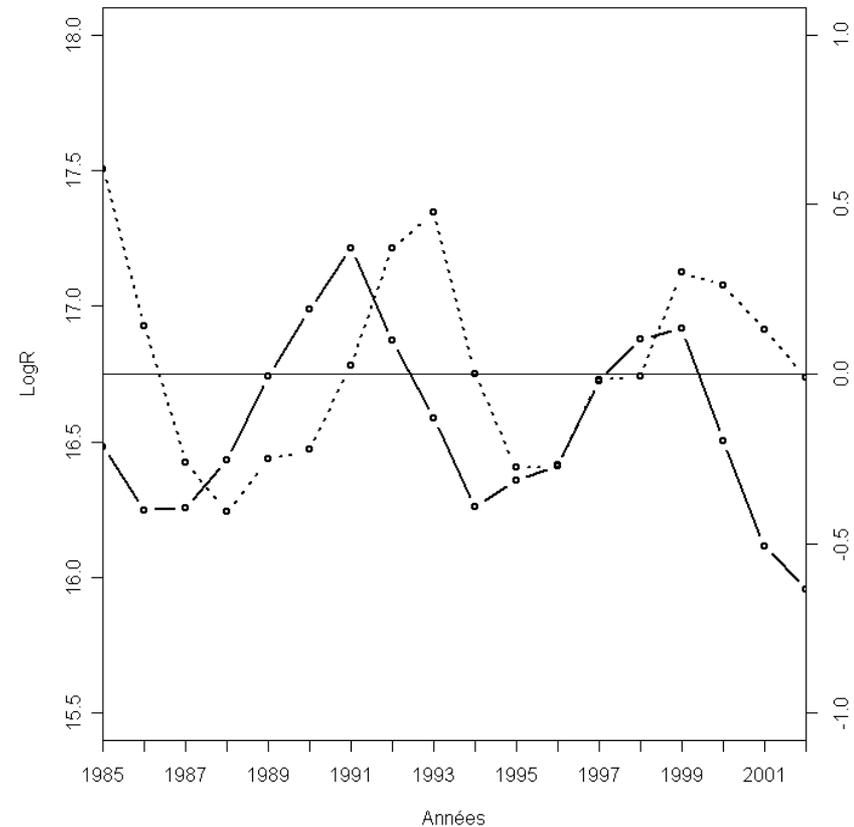


Anomalie de température : au printemps (trait plein) et à l'automne (trait pointillé).

Etude lien avec environnement



Evolution du recrutement principal (trait plein) et de l'anomalie de température printanière (trait pointillé)



Evolution du recrutement secondaire (trait plein) et de l'anomalie de température automnale (trait pointillé)

Plan

- Contexte et objectifs
- Présentation du modèle de déplétion et des statistiques bayésiennes
- Approche par simulation-ajustement
- Application au cas d'étude marocain
- **Discussion et conclusion**

Résumé

- **Un cadre de modélisation statistique flexible**
 - Prises en compte des risques et des incertitudes
- **Une approche de simulation ajustement**
 - Application aux données marocaines,
 - Fortes chances pour que les paramètres du modèle soient identifiables.
- **Application au cas d'étude de la pêcherie de poulpe marocaine**
 - Recrutement principal et secondaire sur 21 années.
 - Cycle de 4 à 5 ans

Limites

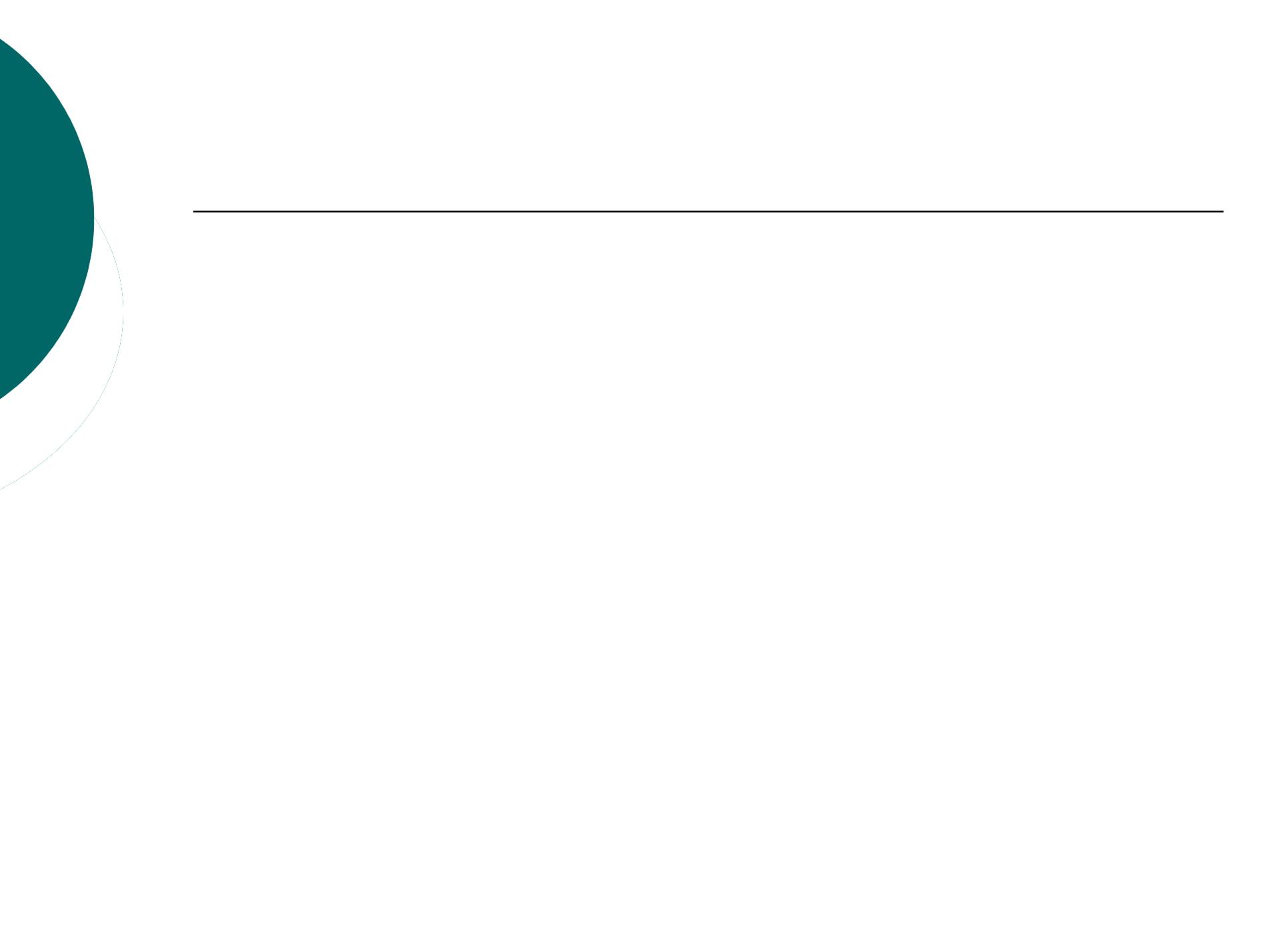
- **Qualité des données**
 - Indice d'abondance = CPUE
- **Hypothèse de modélisation**
 - q : Prior et capturabilité constante
 - Rythme d'arrivée du recrutement secondaire fixé
- **Etude lien avec l'environnement**
 - Anomalie de température pas un bon indicateur ?

Perspectives

- **Séries de données**
 - Indice d'abondance scientifique
- **Mieux représenter la dynamique de population et relation avec l'environnement**
 - Relier les années de déplétion entre elles par un modèle de stock-recrutement
 - Dimension spatiale
- **Application à la gestion : Outil d'aide à la décision**
 - Transférabilité de la méthode au modèle de déplétion sur pas de temps semaine : « In season stock assessment »

Merci de votre attention



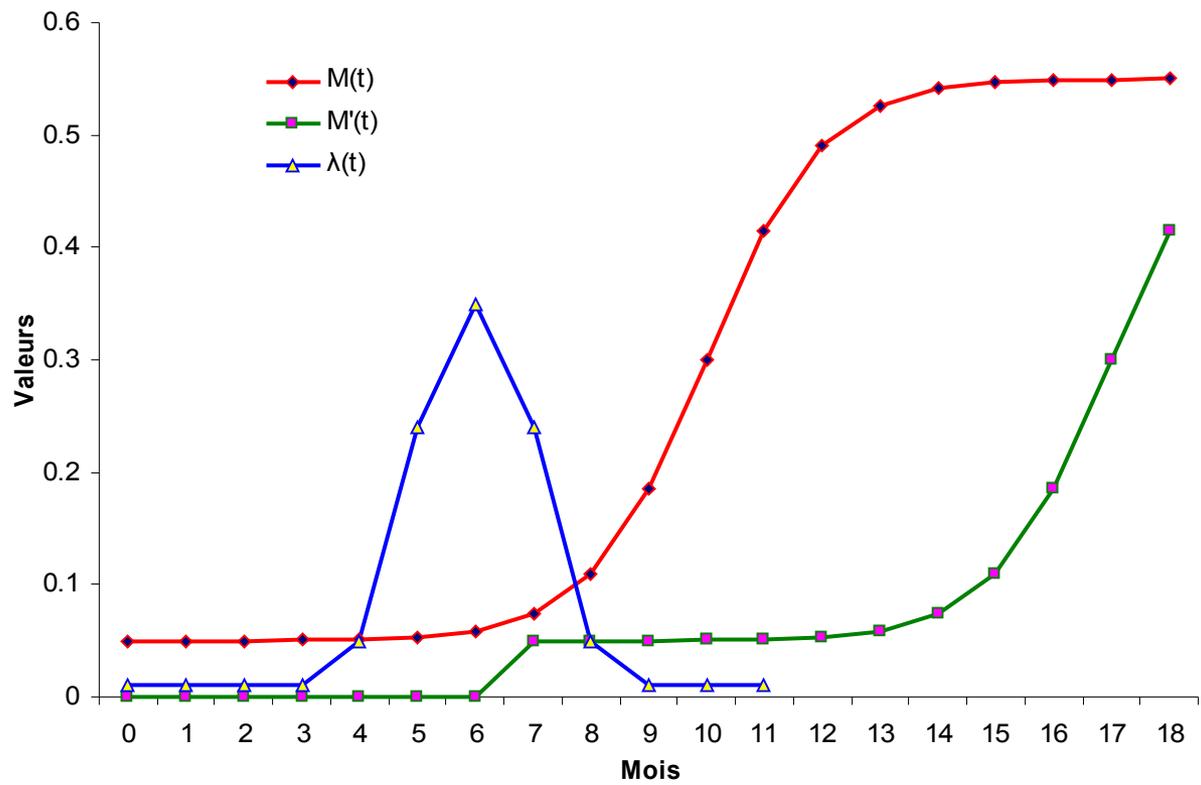


Statistique bayésienne

Exprime la probabilité de la cause (les états X et les paramètres θ) sachant les effets (les données observées).

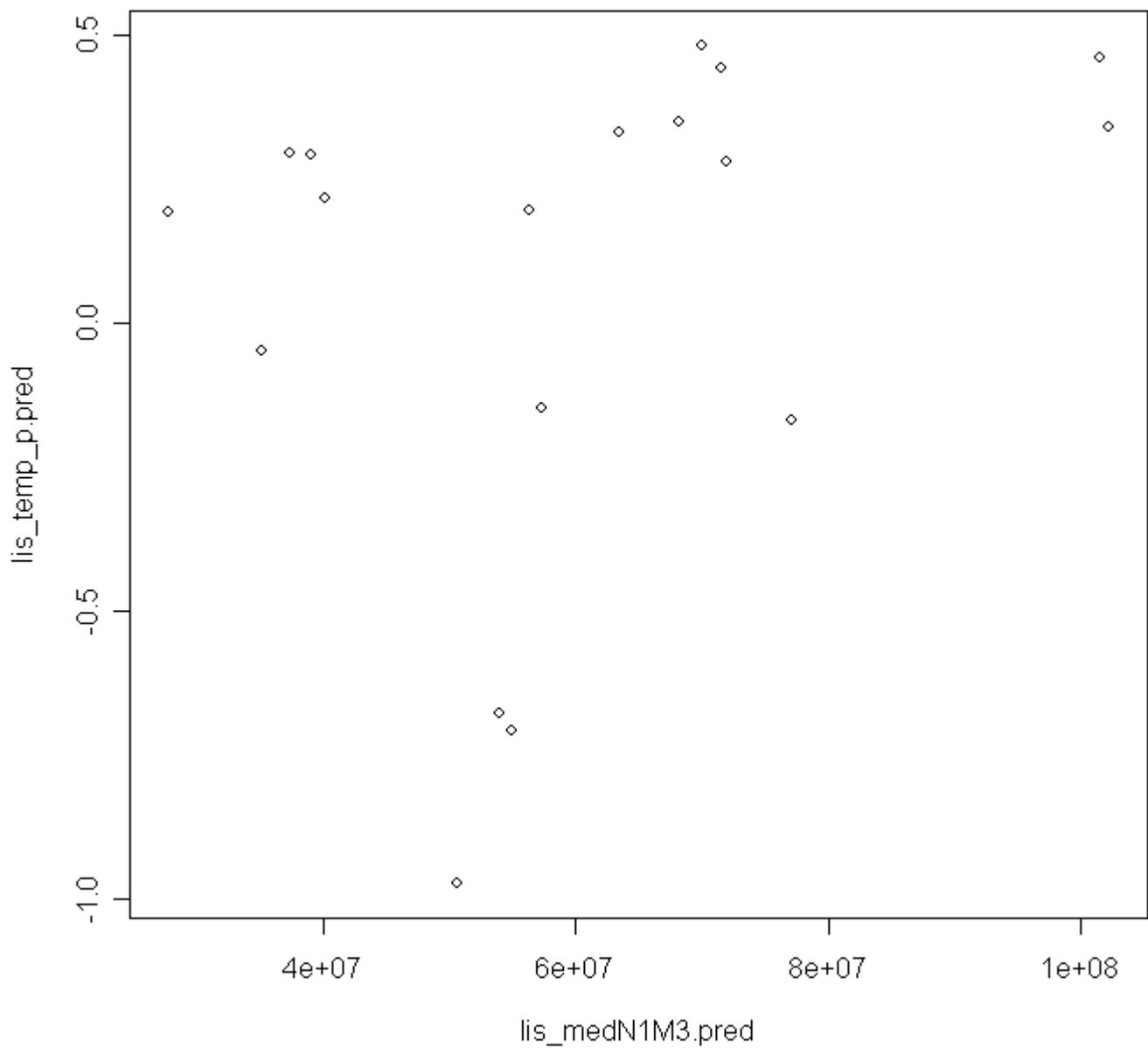
$$p(\psi / \text{données}) = \frac{p(\psi) p(\text{données} / \psi)}{\int p(\psi) p(\text{données} / \psi) d\psi}$$

Les données ,à travers la fonction de vraisemblance, update le prior en un posterior

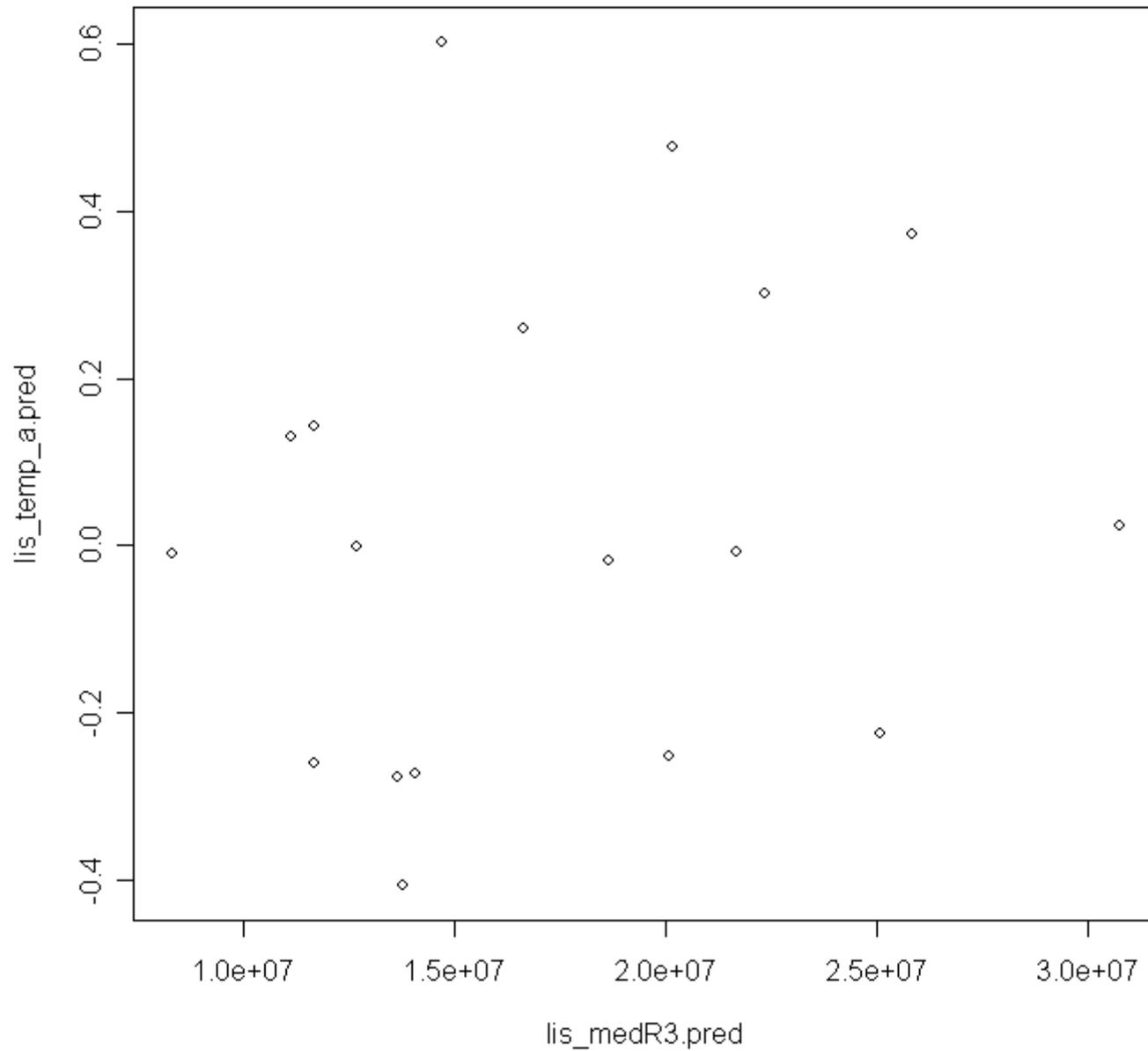


Variable	Loi	Paramètre
N_1	LogNormale	mode = 10^8 CV = 10
q	LogNormale	Mode= 10^{-7} CV = 1000
R	$\alpha_R \sim \text{Uniforme}(\alpha_{\min}, \alpha_{\max})$ $R = \alpha_R * N_1$	$\alpha_{\min} = 0$ $\alpha_{\max} = 1$
$\sigma_{o,y}^2$	$\text{Log}(\sigma_{o,y}^2) \sim \text{Uniforme}(\sigma_{\min}, \sigma_{\max})$ $CV_{o,y} = e^{\sigma_{o,y}^2} - 1$	$CV_{\min} = 0.001$ $CV_{\max} = 100$

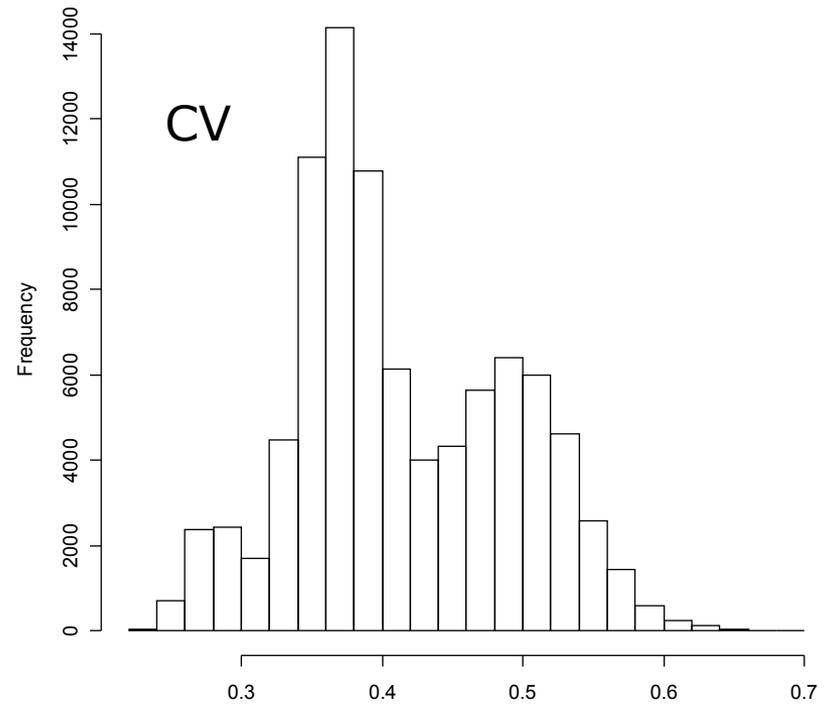
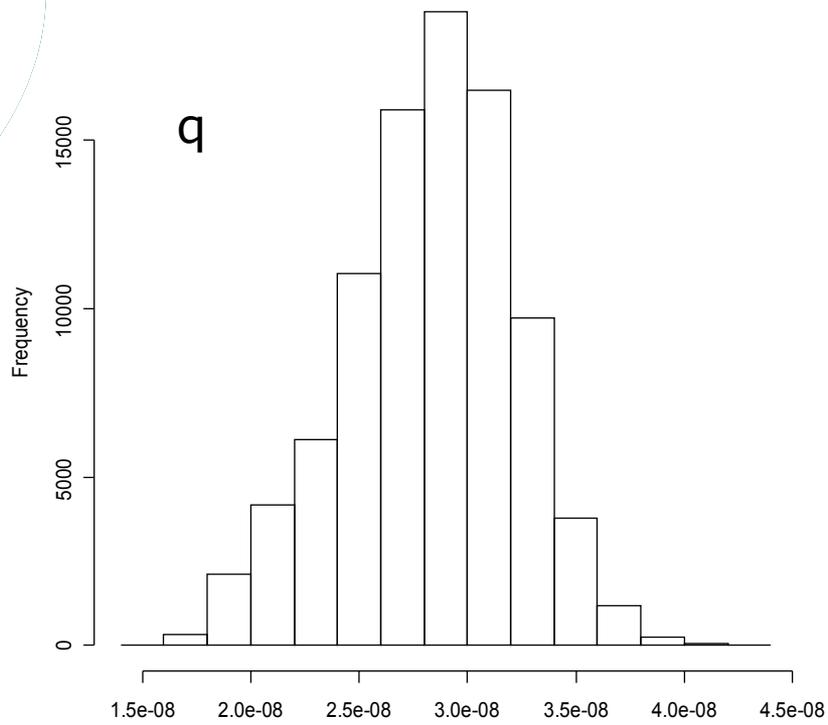
N1 et anomalie

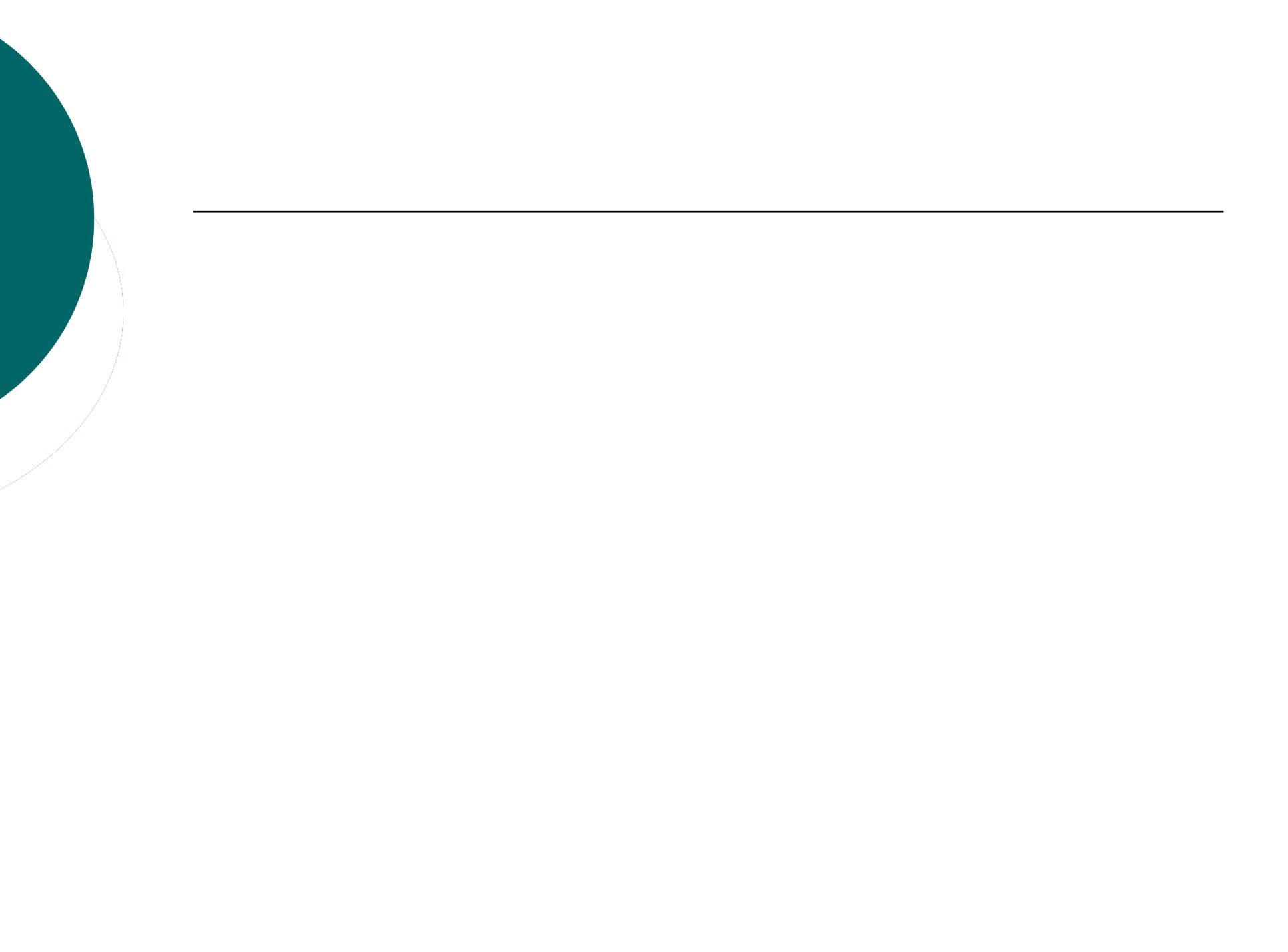


R3 et anomalie



—





Scénario	Prior de N_1		Taux d'exploitation à 12 mois	Erreur $CV_o = CV_p$	Pas de temps (n)	Nombre d'IA	R	M
	CV	Mode						
1	*	*	*	*	*	*	*	*
2	*	*	30%	*	*	*	*	*
3	*	*	80% variable	*	*	*	*	*
4	*	*	*	0.05	*	*	*	*
5	*	*	*	0.3	*	*	*	*
6	1	10^8	*	*	*	*	*	*
7	1	10^7	*	*	*	*	*	*
8	1	10^9	*	*	*	*	*	*
9	10	10^7	*	*	*	*	*	*
10	10	10^9	*	*	*	*	*	*
11	1	10^8	30%	*	*	*	*	*
12	1	10^7	30%	*	*	*	*	*
13	1	10^9	30%	*	*	*	*	*
14	10	10^7	30%	*	*	*	*	*
15	10	10^9	30%	*	*	*	*	*
16	*	*	*	*	*	*	*	Constant
17	*	*	*	*	*	*	*	Surestimé 99%
18	*	*	*	*	*	*	*	Sous estimé 50%
19	*	*	*	*	*	*	*	Linéaire
20 (**)	*	*	*	*	*	*	$\lambda_t R$	*
21	*	*	*	*	6	*	*	*
22	*	*	*	*	*	3	*	*
23	*	*	*	*	*	3	*	*