

Demersal Ecosystem



- Evaluation de stock - Modèles de production

Didier Gascuel, Institut Agro Rennes



GT4 - Formation à l'évaluation des stocks, 1-5 Février 2021

0 - Petit retour sur le calcul des indices d'abondance par les méthodes Delta-GLM

01 – Sur les interactions entre facteurs

- ❑ Il faut rechercher le modèle de **répartition spatio-saisonnaire de l'espèce**
 - **Bathy + Saison** (+ zone ?)
 - **Bathy*Saison ? ...** (+ zone ?)
 - La distribution bathymétrique dépend de la saison (mais pareil dans toutes les zones). Ex : à la cote en sais.SEC, au large en sais.HUM (2 fois plus au Nord)
 - **Bathy*Zone ? ...** (+ Saison ?)
 - La distribution bathymétrique dépend de la zone (mais pareil à toutes saisons) Ex : à la cote au Nord, au large au sud (2 fois plus en sais.SEC que sais.HUM)

01 – Sur les interactions entre facteurs

□ Il faut rechercher le modèle de **répartition spatio-saisonnaire de l'espèce**

- **Bathy + Saison** (+ zone ?)
- **Bathy*Saison ?** ... (+ zone ?)
 - La distribution bathymétrique dépend de la saison (mais pareil dans toutes les zones). Ex : à la cote en sais.SEC, au large en sais.HUM (2 fois plus au Nord)
- **Bathy*Zone ?** ... (+ Saison ?)
 - La distribution bathymétrique dépend de la zone (mais pareil à toutes saisons) Ex : à la cote au Nord, au large au sud (2 fois plus en sais.SEC que sais.HUM)
- **Bathy*zone*saison**
 - La distribution bathymétrique dépend de la zone et de la saisons ???
 - Modèle a priori à éviter ... choisir le meilleur des précédents

A faire dans chaque sous modèle (et les 2 peuvent être différents)



01 – Sur les interactions entre facteurs

□ Interactions avec l'effet année ?

- Bathy (+/* Zone) + Saison*Année
 - La saisonnalité dépend des années = L'évolution n'est pas la même dans les 2 saisons.
 - On regarde les deux évolutions sais.SEC et sais.HUM ... et **on fait la moyenne**

01 – Sur les interactions entre facteurs

□ Interactions avec l'effet année ?

- Bathy (+/* Zone) + **Saison*Année**
 - La saisonnalité dépend des années = L'évolution n'est pas la même dans les 2 saisons.
 - On regarde les deux évolutions sais.SEC et sais.HUM ... et **on fait la moyenne**

- Saison (+/* Zone) + **Bathy*Année**
 - La distribution bathymétrique dépend des années = évolutions différentes par classe de bathy. Ex. L'abondance baisse à la cote, reste stable au large
 - Changement climatique ? ... ou classes bathymétriques trop larges (et protocole d'observation changeant) ? -> essayer des classes bathy plus étroites, ou des répartitions par période

01 – Sur les interactions entre facteurs

□ Interactions avec l'effet année ?

- Bathy (+/* Zone) + **Saison*Année**
 - La saisonnalité dépend des années = L'évolution n'est pas la même dans les 2 saisons.
 - On regarde les deux évolutions sais.SEC et sais.HUM ... et **on fait la moyenne**

- Saison (+/* Zone) + **Bathy*Année**
 - La distribution bathymétrique dépend des années = évolutions différentes par classe de bathy. Ex. L'abondance baisse à la cote, reste stable au large
 - Changement climatique ? ... ou classes bathymétriques trop larges (et protocole d'observation changeant) ? -> essayer des classes bathy plus étroites, ou des répartitions par période

- **Bathy*Saison*Année** (+ Zone) ??? Attention, risque de modèle instable
- **Bathy*Année + Saison*Année** ??? Les IA ne sont pas calculables

02 – Prochaines étapes

□ Etudier le schéma de répartition spatio-saisonnier et sa stabilité dans le temps. Changement climatique ?

- Saison (+/* Zone) + **Bathy*Année**
 - En théorie OK : $IA_{an} = \text{Somme} (IA_{bathy,an} * S_{bathy}) / \text{Somme} (S_{bathy})$
 - Mais avoir une répartition par an ???
 - Regarder les courbes $IA_{bathy,an}$ et chercher les shifts (donc des périodes)

02 – Prochaines étapes

□ Etudier le schéma de répartition spatio-saisonnier et sa stabilité dans le temps. Changement climatique ?

- Saison (+/* Zone) + **Bathy*Année**
 - En théorie OK : $IA_{an} = \text{Somme} (IA_{bathy,an} * S_{bathy}) / \text{Somme} (S_{bathy})$
 - Mais avoir une répartition par an ???
 - Regarder les courbes $IA_{bathy,an}$ et chercher les shifts (donc des périodes)

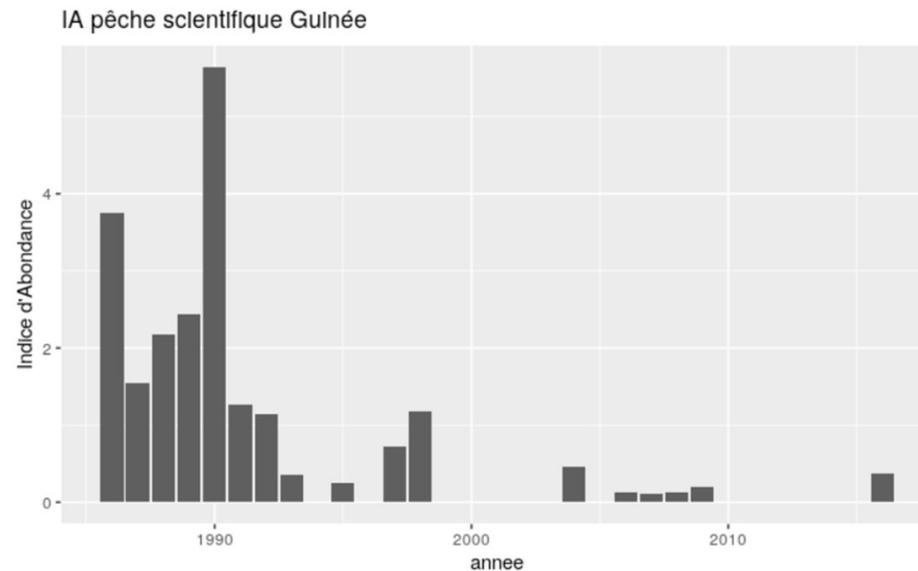
- Construire des Périodes (décades ou (mieux) séries de campagnes homogènes) et rechercher d'éventuelles répartition spatio-sais. par période
 - Bathy*période + Saison (+/* Zone)
 - Saison*Période + Bathy (+/* Zone)
 - Bathy*Saison*Période (+ Zone) (?)
 - Puis reconstruire une variable Strate {P1B1, P1B2... P2B1... }
et modèle Strate + Année

02 – Prochaines étapes

❑ Problème de la standardisation entre navires océanographique

- Les changements de protocoles d'échantillonnage (i.e. nombre et distribution des traits de chaluts par Bathy., zone, saison) sont « corrigés » par le GLM
- Mais pas les changement de puissance de pêche (chalut, moteur, équipage...)

- Il est IMPERATIF d'avoir d'autres indices pour standardiser (et compléter la série)



02 – Prochaines étapes

□ Corriger les indices « commerciaux » des puissances de pêche

➤ $IA_{cor\ an} = IA_{an} \cdot Pg_{an} = IA_{an} \cdot (1 + \alpha)^{(an - \text{andébut})}$

- α coef. empirique d'accroissement annuelle des Pg (% par an)
- Essayer : $\alpha = 0$ et $\alpha = 5\%$?

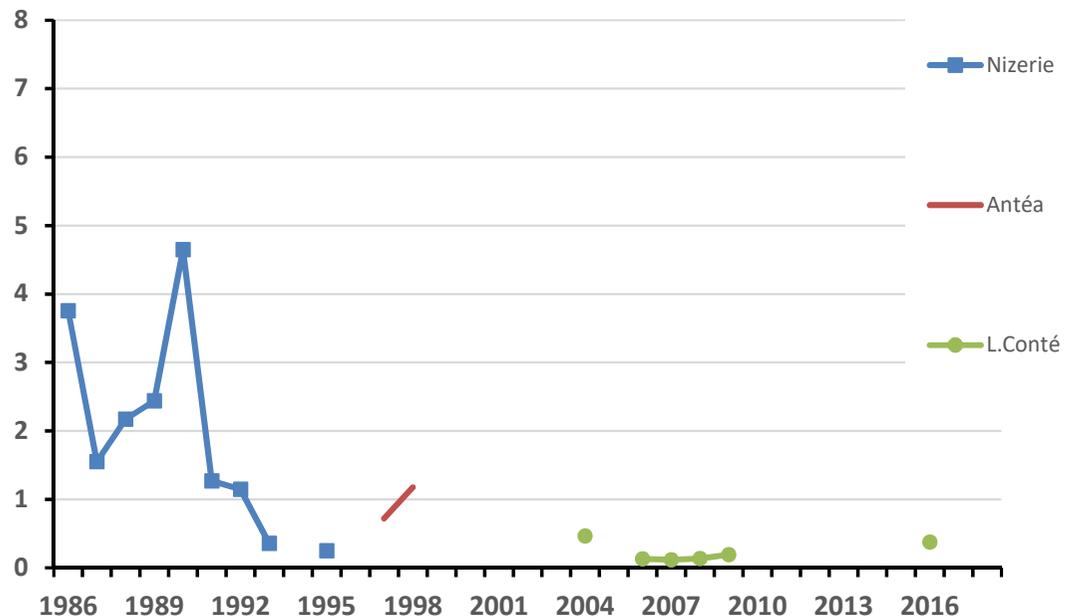
02 – Prochaines étapes

❑ Corriger les indices « commerciaux » des puissances de pêche

➤ $IA_{cor_{an}} = IA_{an} \cdot Pg_{an} = IA_{an} \cdot (1 + \alpha)^{(an - \text{andébut})}$

❑ Standardiser et combiner différentes séries d'indices

➤ Trois indices



02 – Prochaines étapes

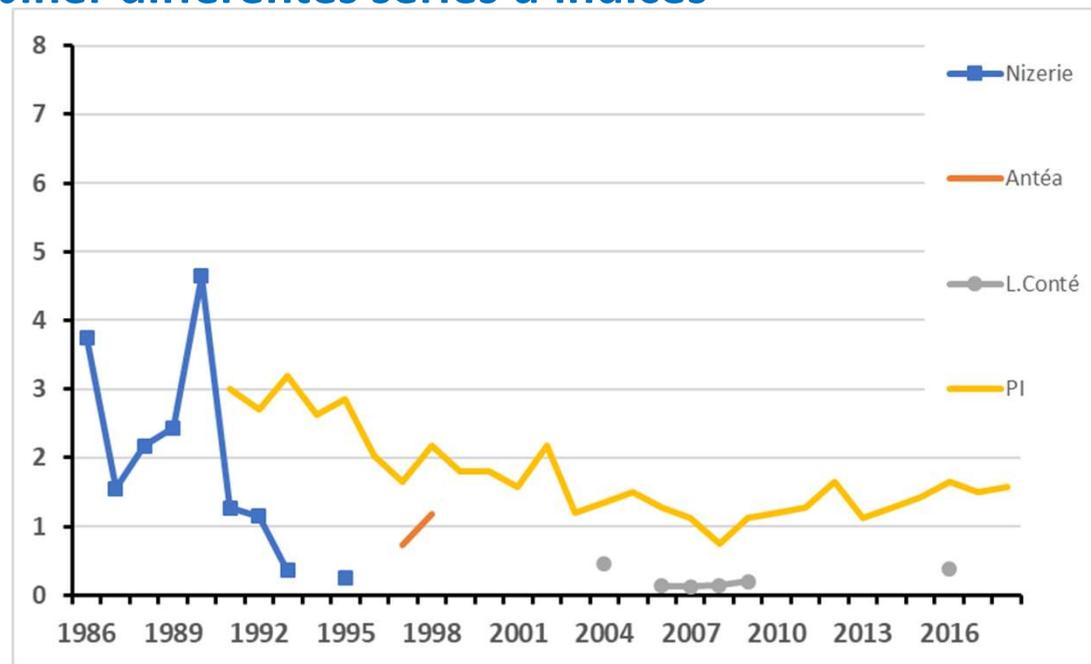
❑ Corriger les indices « commerciaux » des puissances de pêche

➤ $IA_{cor_{an}} = IA_{an} \cdot Pg_{an} = IA_{an} \cdot (1 + \alpha)^{(an - \text{andébut})}$

❑ Standardiser et combiner différentes séries d'indices

➤ Trois indices

➤ + PI



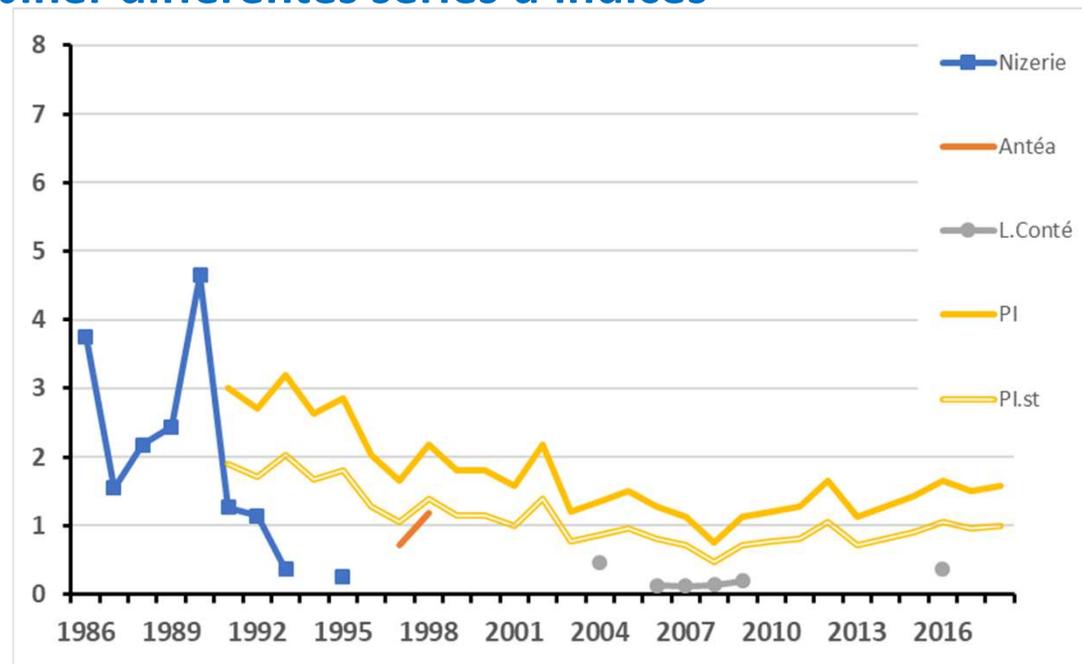
02 – Prochaines étapes

❑ Corriger les indices « commerciaux » des puissances de pêche

➤ $IA_{cor_{an}} = IA_{an} \cdot Pg_{an} = IA_{an} \cdot (1 + \alpha)^{(an - \text{andébut})}$

❑ Standardiser et combiner différentes séries d'indices

- Trois indices
- + PI Standardisé



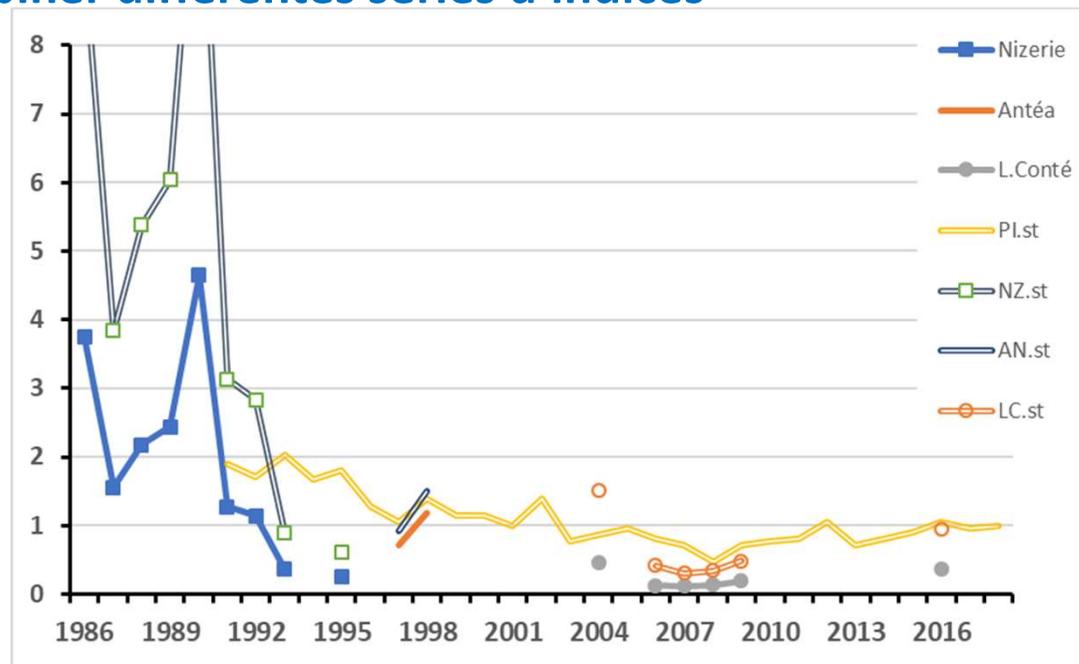
02 – Prochaines étapes

❑ Corriger les indices « commerciaux » des puissances de pêche

➤ $IA_{cor_{an}} = IA_{an} \cdot Pg_{an} = IA_{an} \cdot (1 + \alpha)^{(an - \text{andébut})}$

❑ Standardiser et combiner différentes séries d'indices

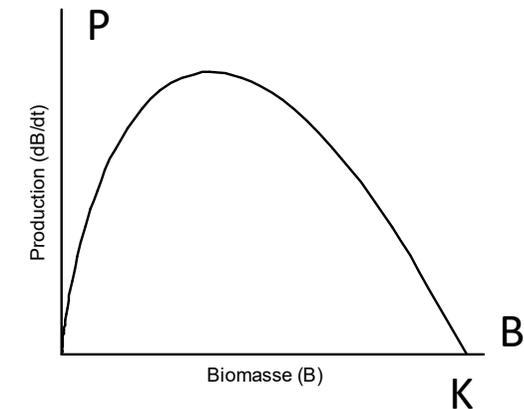
- Trois indices
- + PI Standardisé
- 4 séries standardisées



Modèles de production

1 - Rappel : les modèles de production

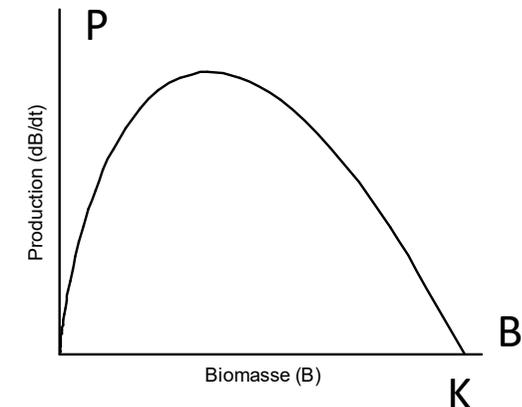
- Ho : La production naturelle du stock est fonction de la biomasse, avec $P_t = 0$ pour $B = K$, la capacité biotique



Modèles de production

1 - Rappel : les modèles de production

- Ho : La production naturelle du stock est fonction de la biomasse, avec $P_t = 0$ pour $B = K$, la capacité biotique



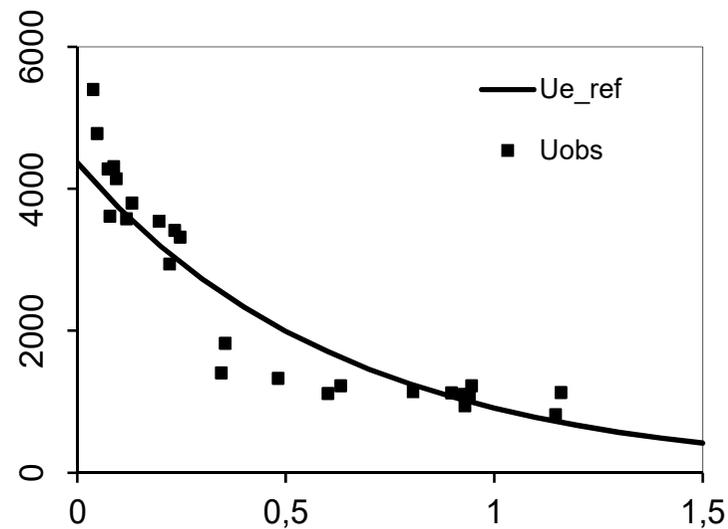
- **Modèle de Fox**

- Fonction de production :
$$P_t = r \cdot B_t \cdot \left(1 - \frac{\ln(B_t)}{\ln(K)}\right)$$
- Evolution de la biomasse
$$B_{t+1} = B_t + P_t - Y_t$$
- Condition d'équilibre
$$P_{e_t} = Y_{e_t} = q \cdot E \cdot B_{e_t}$$
 - D'où on déduit : $U_e(E) = q \cdot B_e(E) = a \cdot \exp(-b \cdot E)$
 - et : $Y_e(E) = E \cdot B_e(E)$

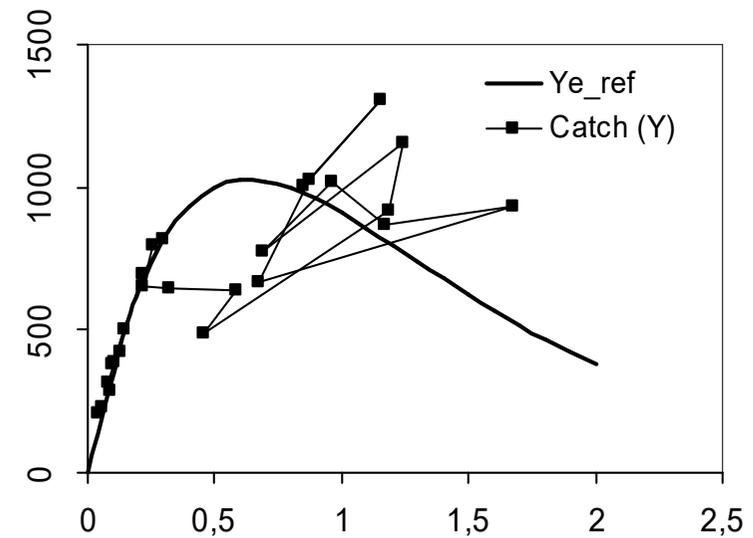
Modèles de production

1 - Rappel : les modèles de production

$$U_e(E) = a \cdot \exp(-b \cdot E)$$



$$Y_e(E) = E \cdot B_e(E)$$



Modèles de production

2 - Calcul de l'effort de pêche

➤ Effort théorique : $Y_t / U_t = Y_t / (Y_t / E_t) = E_t$

2 - Calcul de l'effort de pêche

- Effort théorique : $Y_t / U_t = Y_t / (Y_t / E_t) = E_t$
- Effort théorique : Y_t / IA_t avec $IA_t = c \cdot B_t = c \cdot q \cdot U_t$
d'où : $Y_t / IA_t = Y_t / (c \cdot q \cdot Y_t / E_t) = d \cdot E_t$

Le ration Y_t / IA_t est une mesure de l'effort de pêche

- En multiplicateur : $mE_t = Y_t / IA_t \cdot (IA_{ref} / Y_{ref})$

3 - Ajustement en pseudo-équilibre

- Hypothèse de pseudo-équilibre : L'abondance observée chaque année est en équilibre avec (i.e. résulte de) les efforts des années antérieures
- Ajustement : IA_t^{obs} sur $IA_t^{pred} = a \cdot \exp(-b \cdot mE_{fox_t})$

Modèles de production

3 - Ajustement en pseudo-équilibre

- Hypothèse de pseudo-équilibre : L'abondance observée chaque année est en équilibre avec (i.e. résulte de) les efforts des années antérieures
- Ajustement : IA_t^{obs} sur $IA_t^{pred} = a \cdot \exp(-b \cdot mE_{fox_t})$

- Avec : $mE_{fox_t} = \frac{k \cdot mE_t + (k-1) \cdot mE_{t-1} + \dots + mE_{t-k}}{k + (k-1) + \dots + 1}$

Ex. : $mE_{fox_t} = \frac{3 \cdot mE_t + 2 \cdot mE_{t-1} + E_{t-2}}{6}$

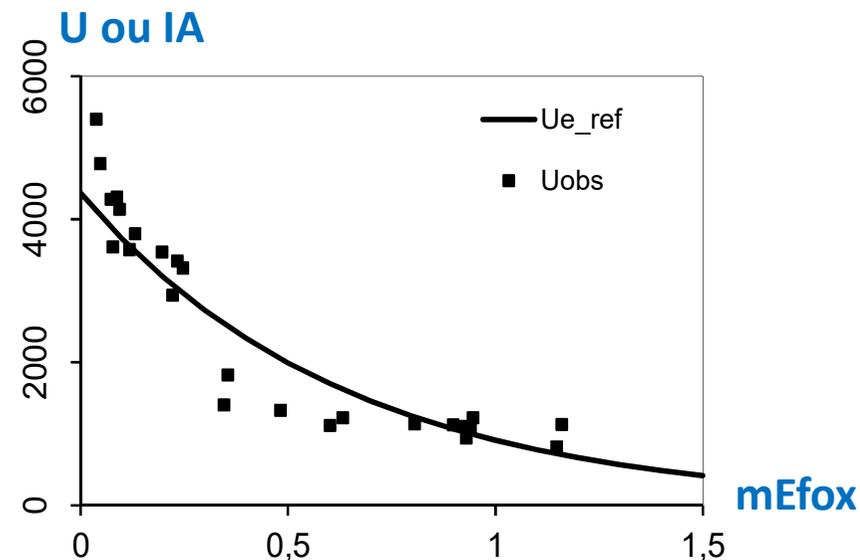
- En théorie, K est le nb. de classes d'âge... en pratique 1, 3 ou 5

Année t	Année t-1	Année t-2
Age 1	Age 1	Age 1
Age 2	Age 2	
Age 3		
3 groupes d'âge en t	Dont 2 en t-1	Dont 1 en t-1

3 - Ajustement en pseudo-équilibre

- Hypothèse de pseudo-équilibre : L'abondance observée chaque année est en équilibre avec (i.e. résulte de) les efforts des années antérieures
- Ajustement : IA_t^{obs} sur $IA_t^{pred} = a \cdot \exp(-b \cdot mEfox_t)$

- Fonction nls
- ... package



Modèles de production

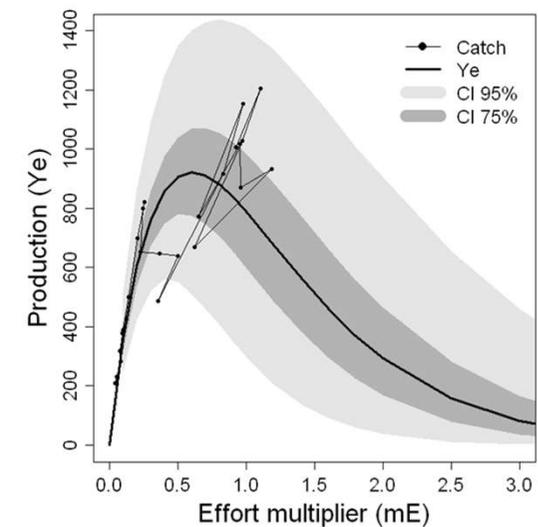
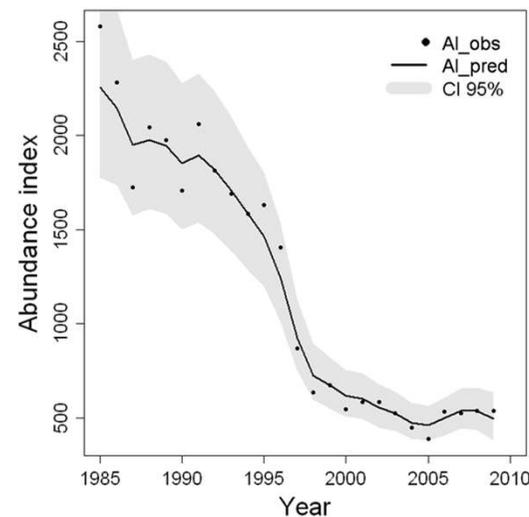
4 - Modèle dynamique - Ajustement

- Evolution de la biomasse $B_{t+1} = B_t + P_t - Y_t$

$$B_{t+1} = B_t + r \cdot B_t \cdot \left(1 - \frac{\ln(B_t)}{\ln(K)}\right) - Y_t$$

- Ajustement : IA_t^{obs} sur $IA_t^{pred} = q \cdot B_t^{pred}$

- Paramètres du modèle :
q, Bo, r, K



4 - Modèle dynamique – Ajustement bayésien

➤ Modèle d'état : $B_{t+1} = [B_t + r \cdot B_t \cdot \left(1 - \frac{\ln(B_t)}{\ln(K)} \right) - Y_t] \cdot \varepsilon_{tp}$

avec : $\varepsilon_{tp} \sim \mathcal{LN}(1, \sigma_{\text{proc.}})$ et $B_0 = \alpha \cdot K$

4 - Modèle dynamique – Ajustement bayésien

➤ Modèle d'état : $B_{t+1} = [B_t + r \cdot B_t \cdot \left(1 - \frac{\ln(B_t)}{\ln(K)}\right) - Y_t] \cdot \varepsilon_{tp}$

avec : $\varepsilon_{tp} \sim \mathcal{LN}(1, \sigma_{\text{proc.}})$ et $B_0 = \alpha \cdot K$

➤ Modèle d'observation : $IA_t = q \cdot (B_{t+1} + B_t) \cdot \mathcal{L}\varepsilon_{tb}$

avec : $\varepsilon_{tb} \sim \mathcal{LN}(1, \sigma_{\text{obs.}})$

➤ Paramètres du modèle :

α	=>	Fixé
q, r, K	=>	Prior
$\sigma_{\text{proc.}}, \sigma_{\text{obs.}}$	=>	Prior

Modèles de production

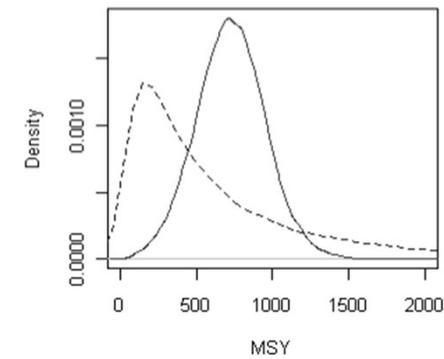
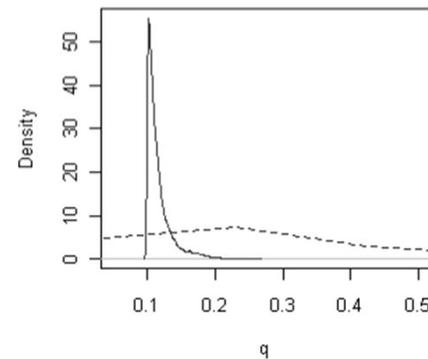
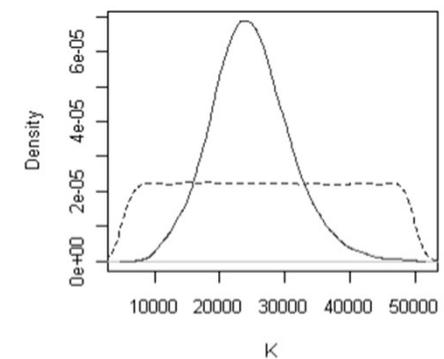
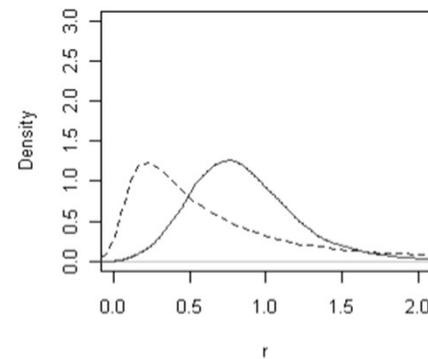
4 - Modèle dynamique – Ajustement bayésien - **Prior**

➤ Priors : apporter une « connaissance experte » :

- σ_{proc} , σ_{obs} : exprimé en CV
- q : uniforme (en Log)

Schaefer

- $r \approx 2. M$
- $K \approx MSY.2/M$



5 - Prochaines étapes

➤ Modèles de production

- IA: données, stabilité schémas de répartition spatio-temporelle (Changement climatique), standardisation des puissance de pêche
- Ajustement en pseudo-équilibre ET ajustement dynamique
- Modèles avec effets de l'environnement ?

Modèles de production

5 - Prochaines étapes

- Modèles de production

- Approches Data Poor
 - Règle de diagnostic
 - Méthodes Cmsy
 - LBB (Length based bayesian approche)
 - ...

5 - Prochaines étapes

- Modèles de production
- Approches Data Poor
- Approche en âge – Modèles structuraux
 - Décomposition polymodale des captures
 - Analyse rectifiée des pseudo-cohortes
 - Modèles de rendements et biomasse par recrue

 - Analyse des cohortes sur tableau complet FLR-XSA
 - Modèle à espace d'état FLR-SAM

Complémentarité des approches

Calcul d'indices d'abondance par les méthodes Delta-GLM



Merci



GT4 - Formation à l'évaluation des stocks, 1-5 Février 2021