

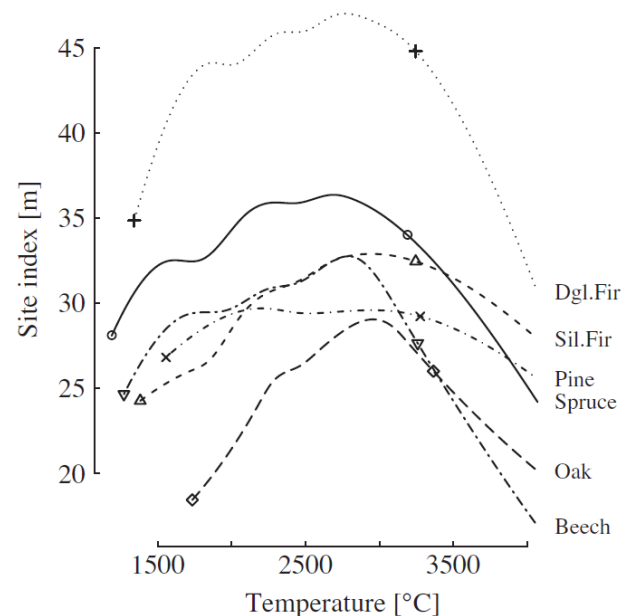
# Évaluation de différents modèles pour estimer l'indice de fertilité de l'épicéa en fonction de l'environnement fluctuant

Axel Albrecht, Gerald Kändler, Cristabel Duran-  
Rangel, Matthias Schmidt, Chaofang Yue, Ulrich  
Kohnle

CAQSI 2018  
Clermont-Ferrand

# Pourquoi et quoi?

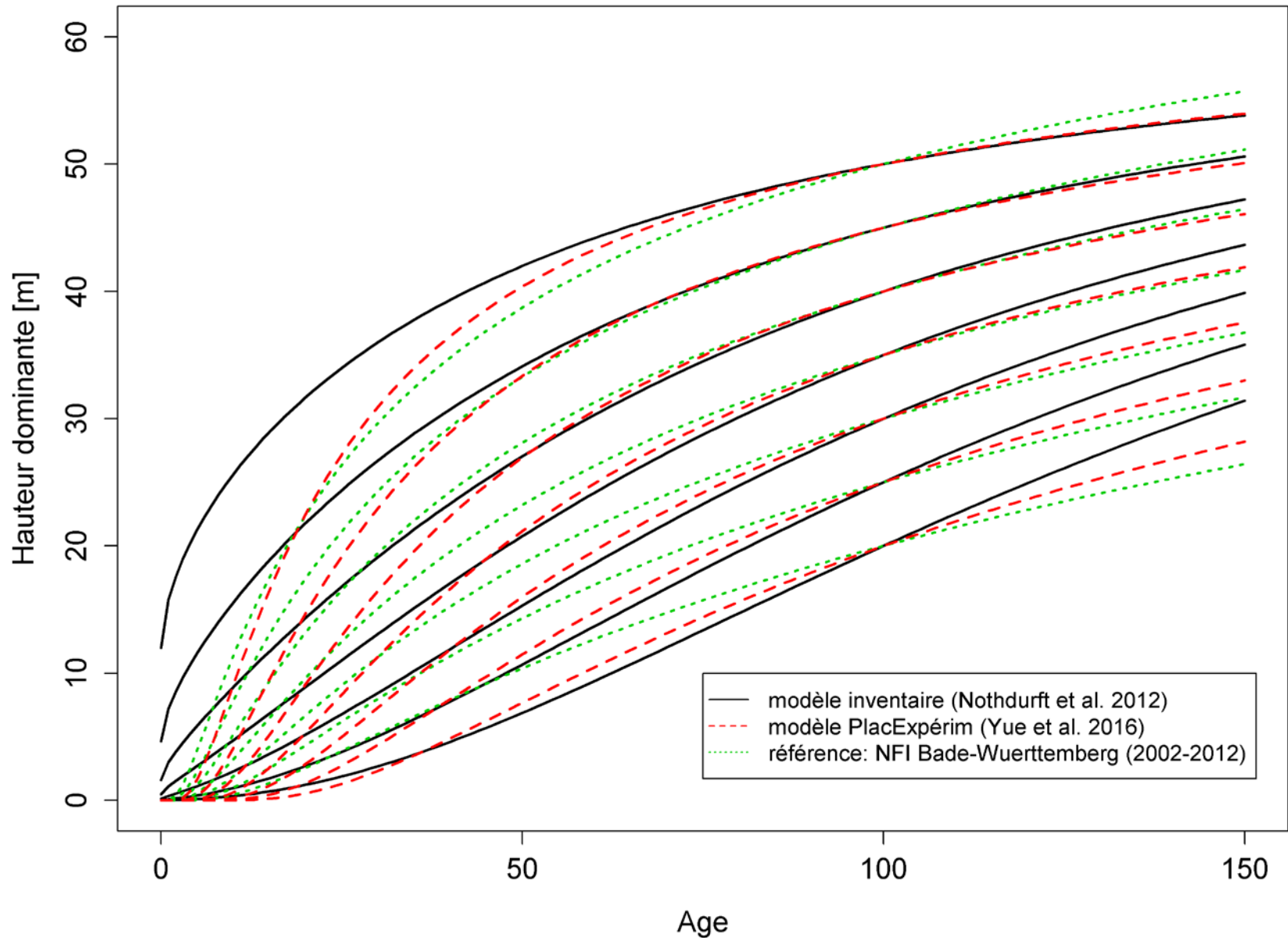
- Productivité sous changement climatique / environnemental
- Indice de fertilité (autres approches: iG, iD, iR, modèles mécanistes...)
- Test d'application, pas seulement une simulation ou des courbes d'effets partielles



# L'approche

- Appliquer trois modèles à deux enjeux de données „externes“ (placettes expérimentales et „NFI“ [„inventaire“])
- Indices de fertilité [IF] sont connues pour 2 dates (~ 1987, ~ 2012)
- IF:  $H_{dom}$  à l'âge 100 ans
- Estimation de l'indice pour la 2ème date
- Écart entre le modèle et l'observation
- Chaque modèle utilise ses courbes propres de l'indice de fertilité

# Courbes de l'indice de fertilité en comparaison



# Les modèles

## Yue et al. 2016

- Basée sur placettes expérimentales permanentes long-termes (N=604)
- avec série chronologique véritable (>100 ans, 1890 - 2010)
  - $dIF_{t1} \sim f(IF_{t0}, T_{veg}, Precip_{veg}, \text{indice d'aridité}, \text{dépoAzote}_j, Precip_{veg} \times \text{dépoAzote}_j)$

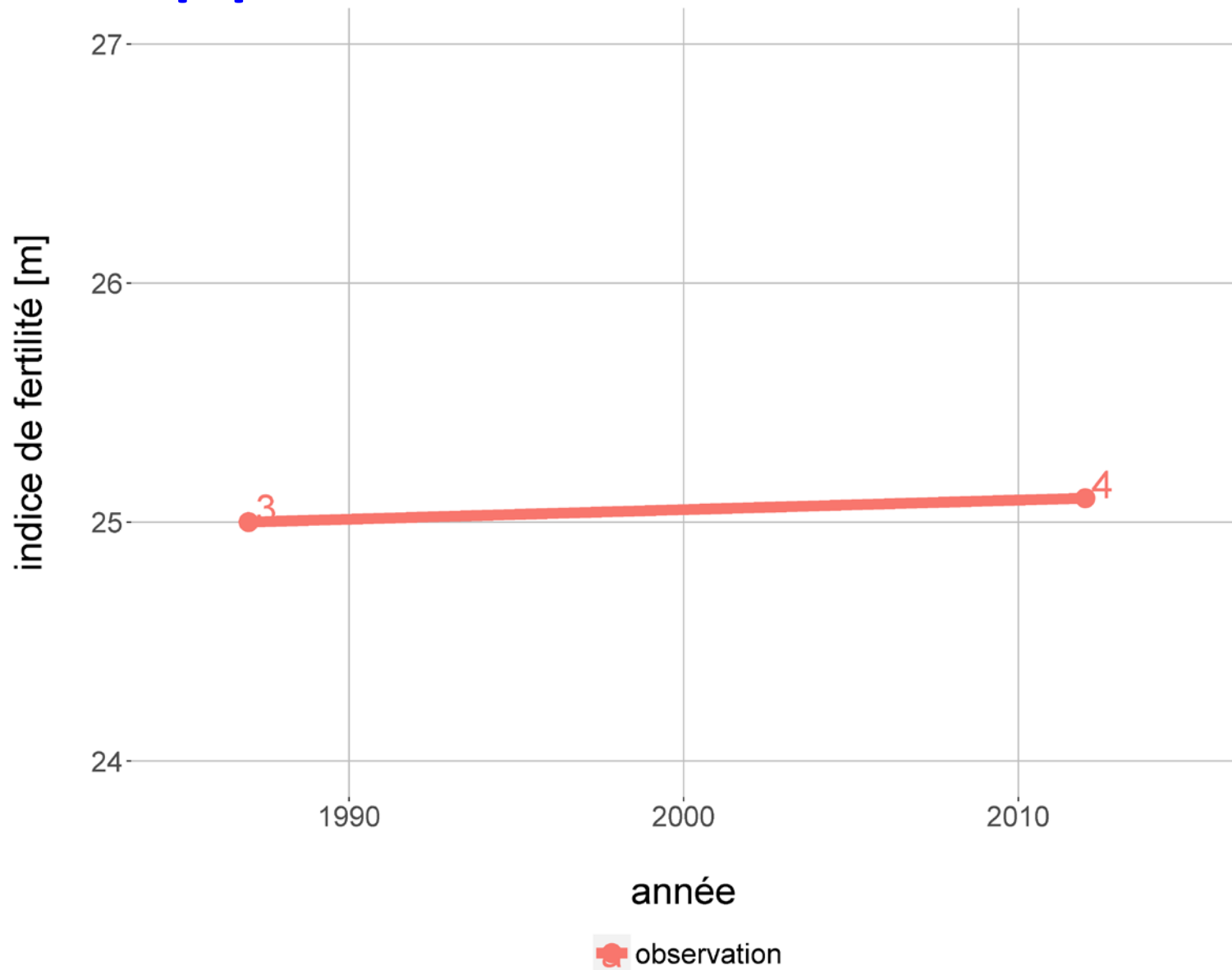
## Nothdurft 2012

- Basée sur des inventaires statistiques type grille (Betriebsinventur, BWI)
- GAM avec série chronologique artificielle
  - $IF \sim f(TSum_{veg}, Précip_{veg}, \text{altitude}, \text{age (!)})$

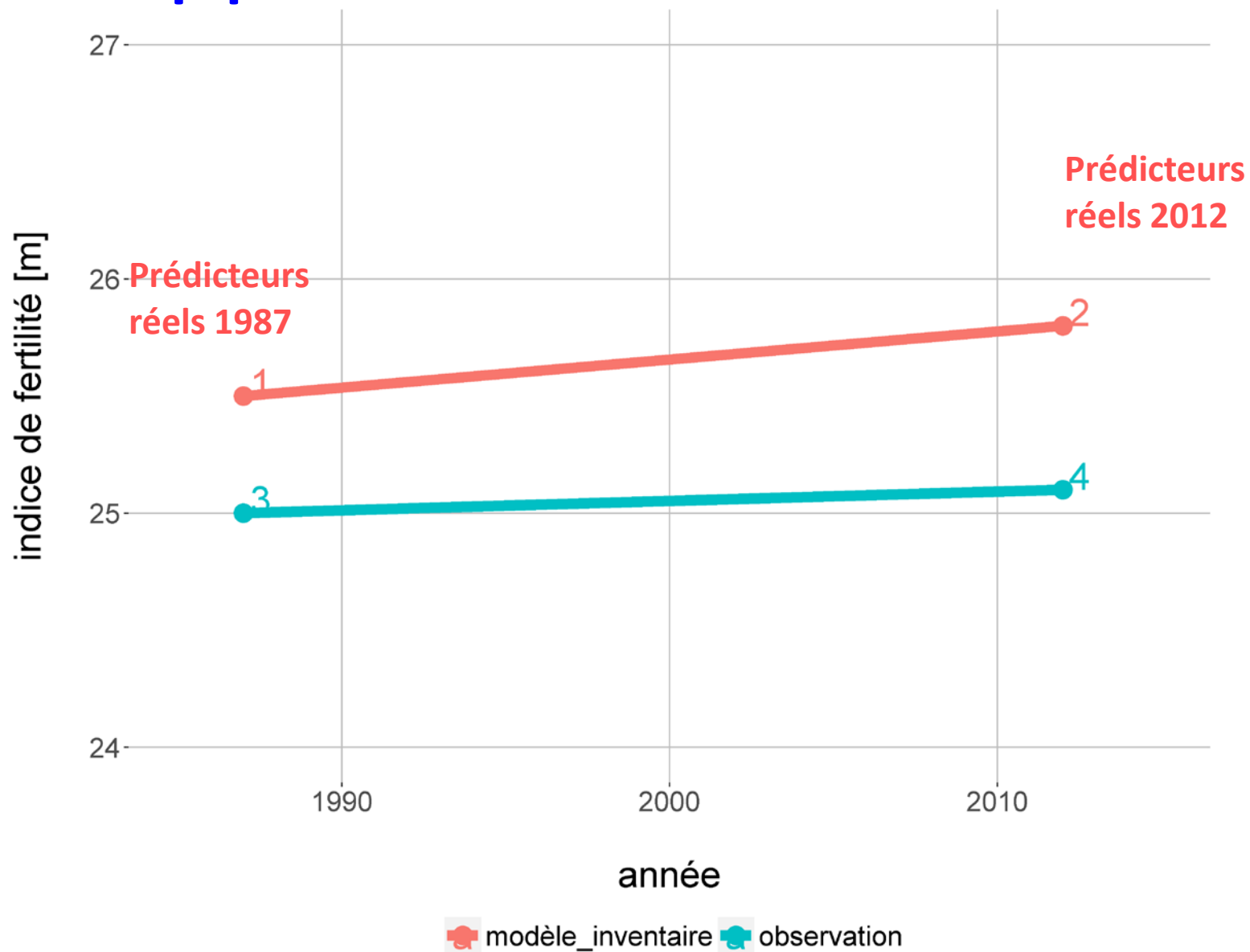
## Schmidt 2017

- Modèle hauteur moyenne – diamètre moyen (Dg - Hg)
  - $Hg \sim s(\text{age}) + s(TSum_{veg}) + Précip_{veg} + s(BAL) + \text{IndiceNutriment} + \text{IndiceRégimeDEau} + s(X, Y) + \text{age:dhp}_{\text{transf}}$  [modèle Korf d'après Lappi]
- Les valeurs Hg était transformées en indice de fertilité avec les courbes des Placettes Expérimentales

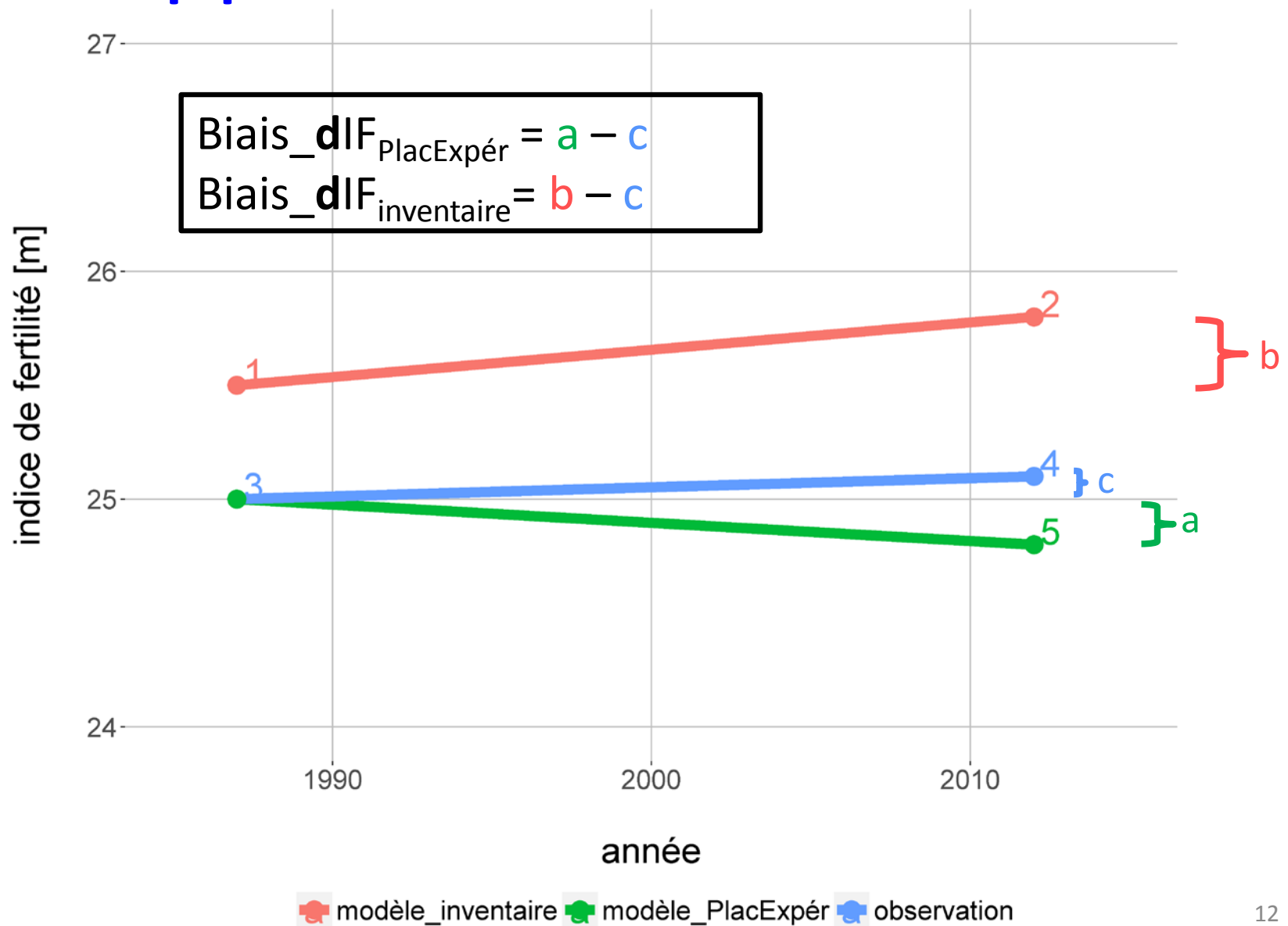
# Approche – visuellement



# Approche – visuellement

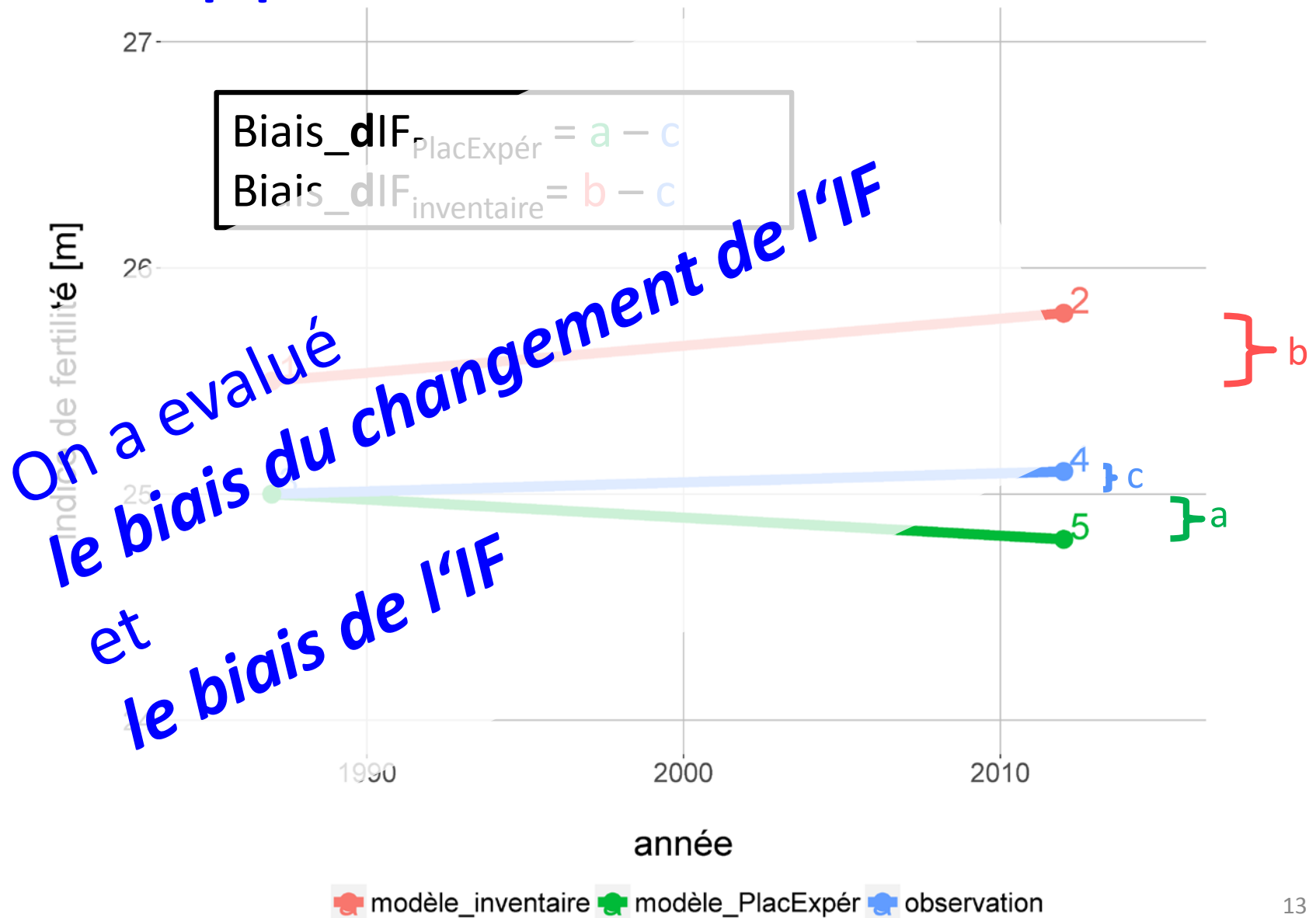


# Approche – visuellement





# Approche – visuellement

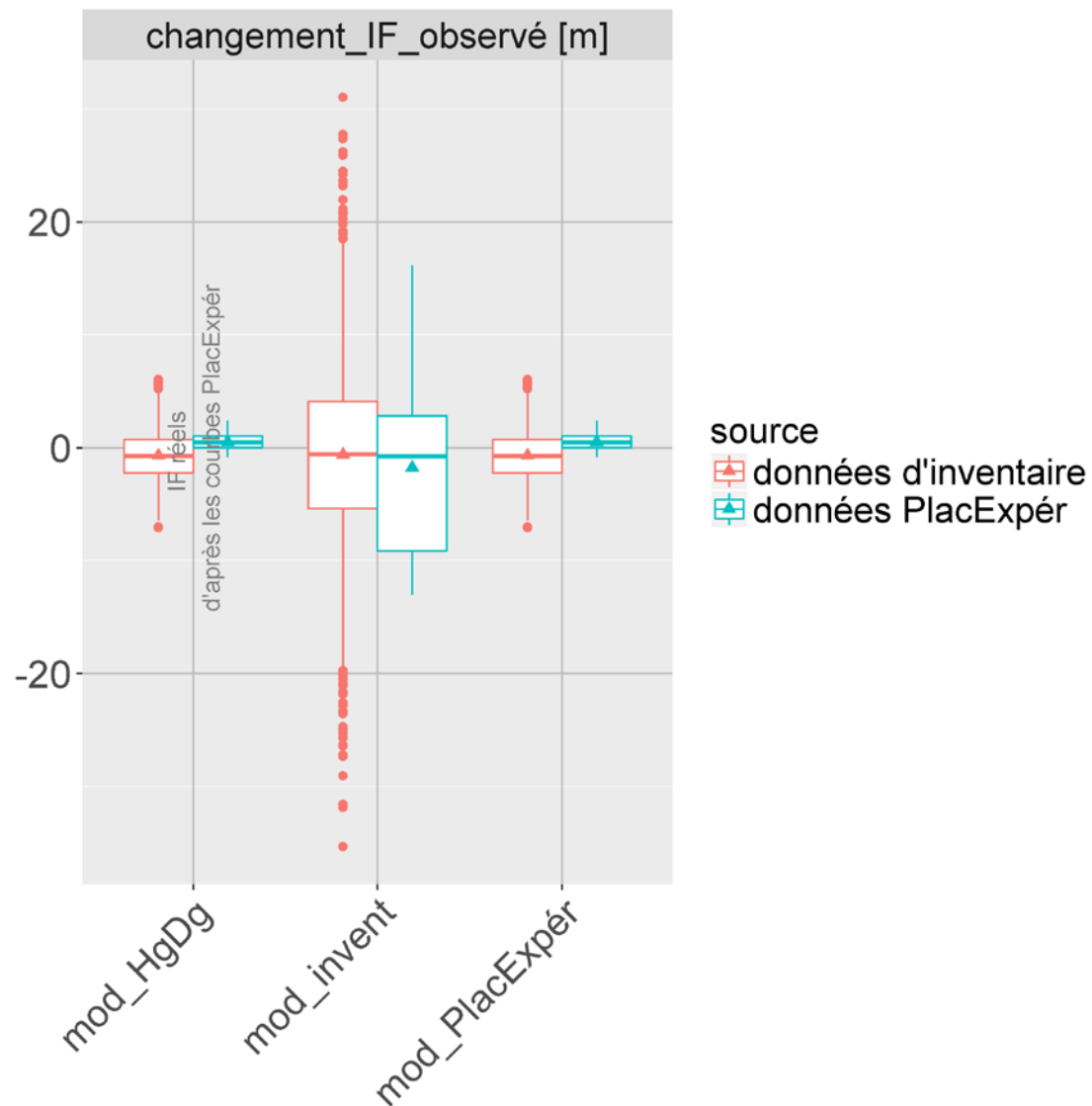


# Données d'évaluation

- 2830 observations
  - Dont 2795 placettes inventaire et
  - 35 placettes expérimentales
- Filtres généraux:
  - Placettes épicéa uniquement
  - recensées en 1987 et en 2012
- Filtres pour les placettes inventaires:
  - Age moyen pendant cette période devrait augmenter de 25 ans (20-30)
  - Age minimal en 1987: 30 ans
  - Age maximal 200 ans
  - Hauteur finale > hauteur initiale
  - Hauteur minimale en 1987: 8m
  - Élimination de valeurs extrêmes

# Résultats: changement IF

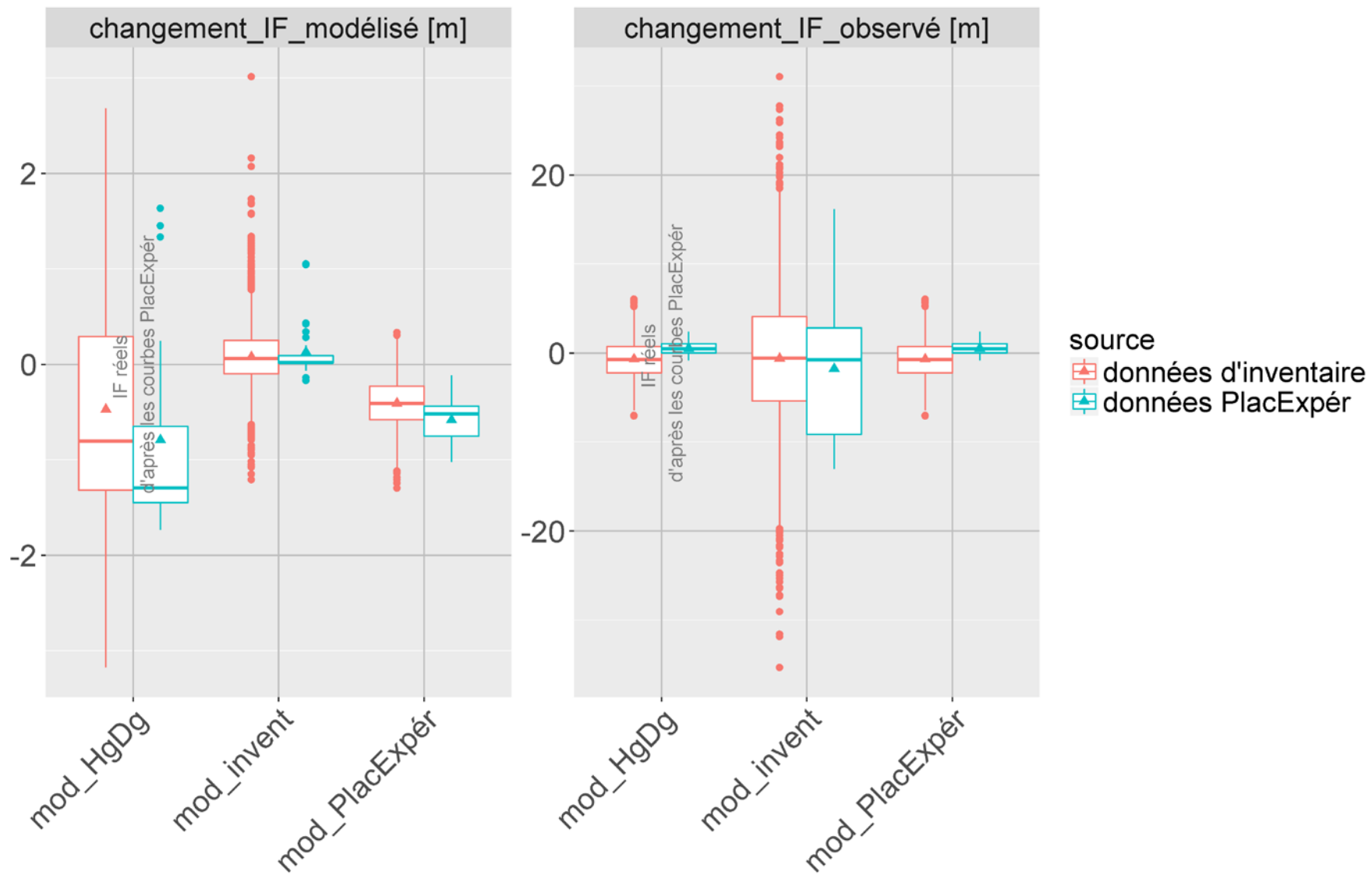
changement de l'indice de fertilité



modèle

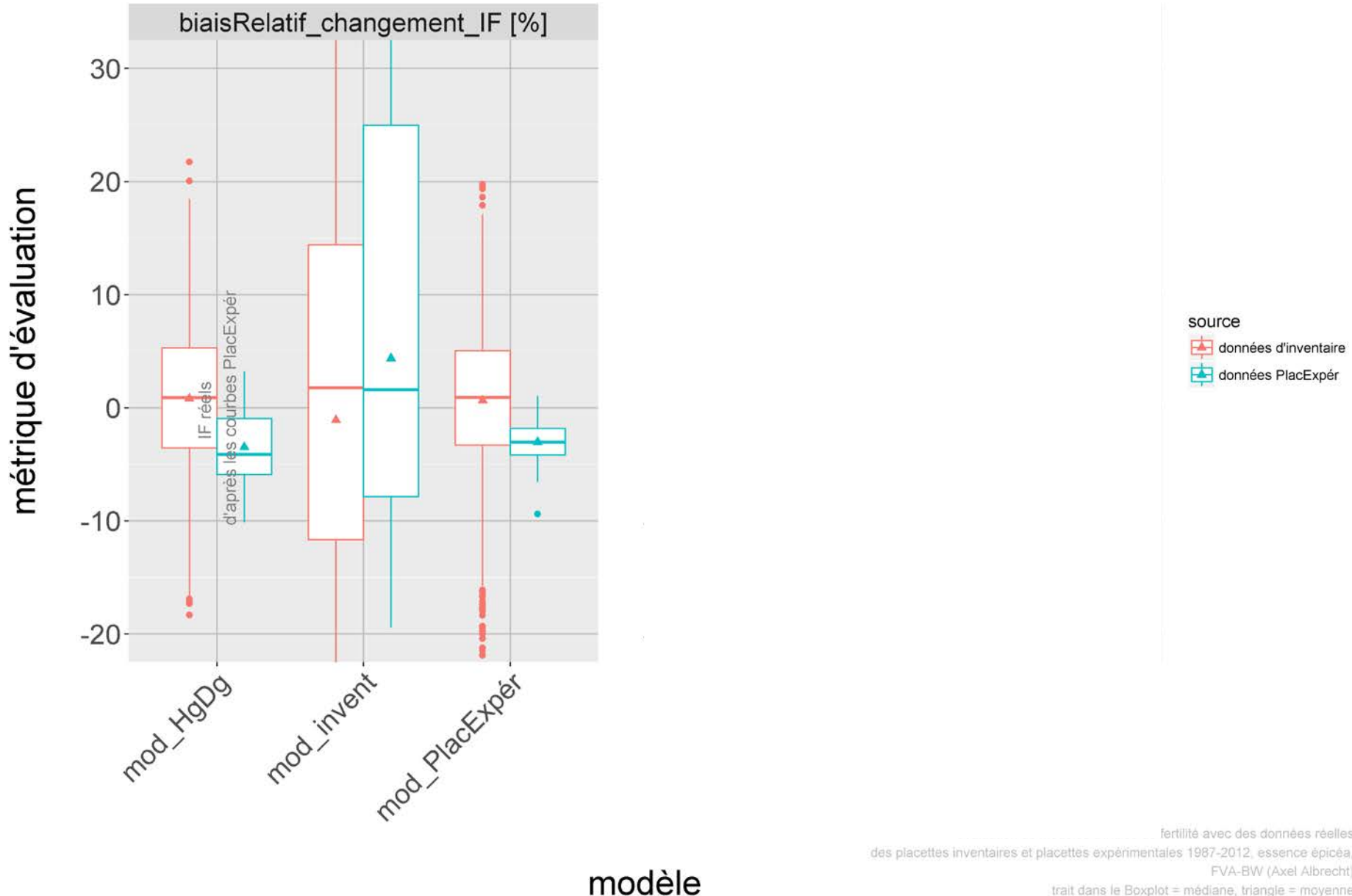
# Résultats: changement IF

changement de l'indice de fertilité

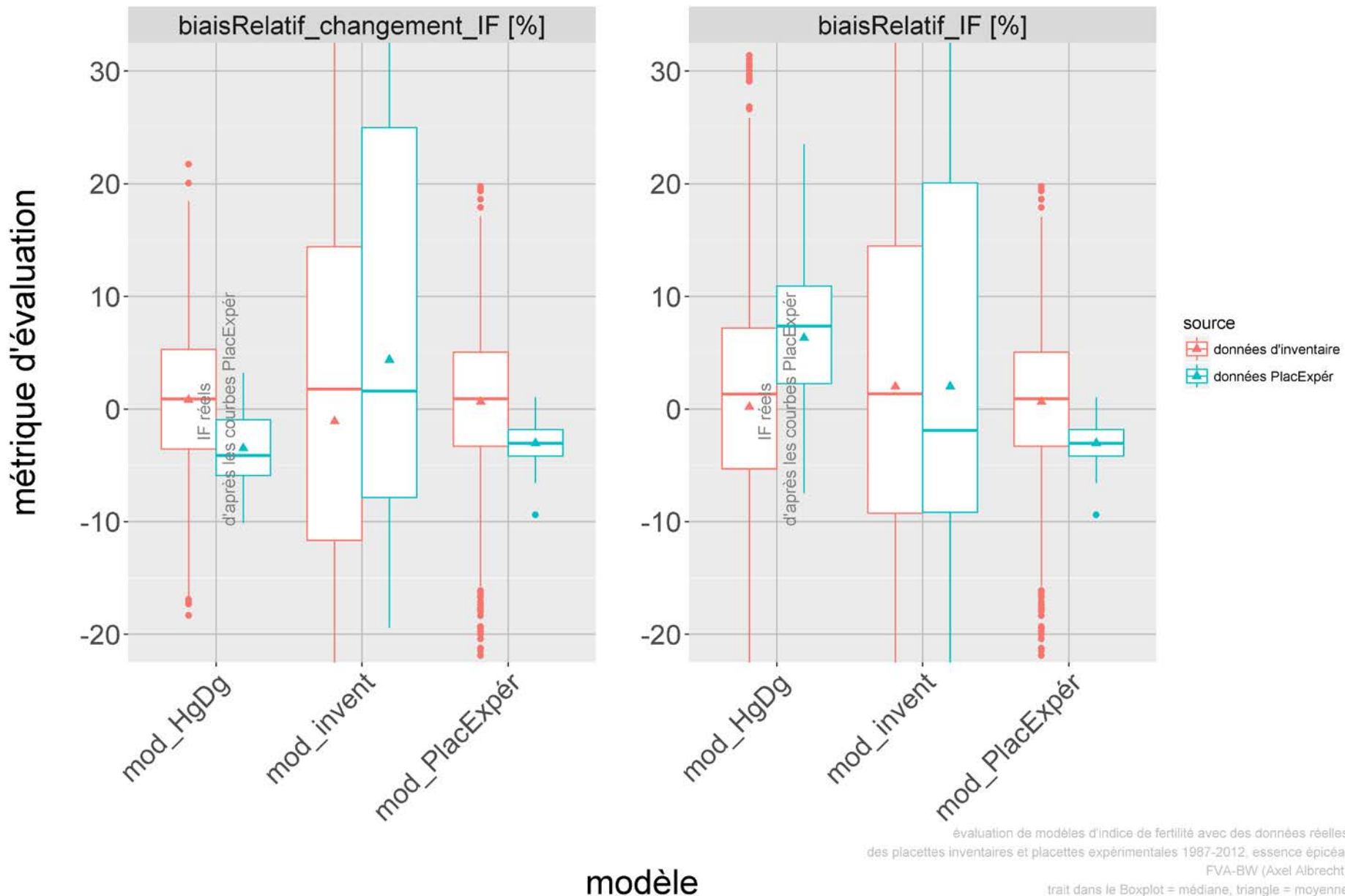


modèle

# Résultats: Biais relatif de l'IF



# Résultats: Biais relatif de l'IF



# Les métriques d'évaluation en tableau

$$\bar{e} = \sum_{i=1}^n (x_i - X_i) / n$$

**Biais**

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}{n-1}}$$

**Précision** [*sd(biais)*]

## Resultats: Biais relatif (%) du changement de l'IF

<b>modèle</b>	<b>source de données</b>	<b>biais</b>	<b>précision</b>
mod_inventaire	inventaire	-1.09	28.86
mod_inventaire	placettes expérimentales	4.36	20.15
mod_HgDg	inventaire	0.81	6.37
mod_HgDg	placettes expérimentales	-3.49	3.29
mod_PlacExpér	inventaire	0.64	6.35
mod_PlacExpér	placettes expérimentales	-3.05	2.17



# Resultats: Biais relatif (%) du changement de l'IF

modèle	source de données	biais	précision
mod_inventaire	inventaire	-1.09	28.86
mod_inventaire	placettes expérimentales	4.36	20.15
mod_HgDg	inventaire	0.81	6.37
mod_HgDg	placettes expérimentales	-3.49	3.29
mod_PlacExpér	inventaire	0.64	6.35
mod_PlacExpér	placettes expérimentales	-3.05	2.17

**Sense opposé!**

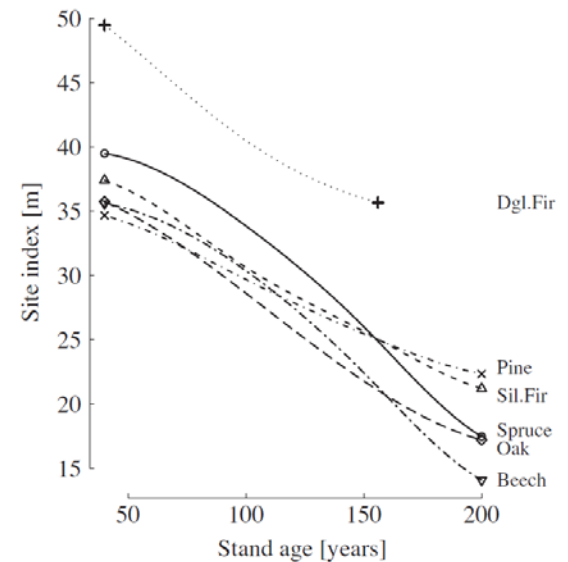
**Mauvaise précision!**

# En synthèse

- La productivité pourrait augmenter ou s'amoinrir
- Les changements de l'IF observés „réels“ sont faibles dans les 25 ans ( $\pm 0,5m$ )
- Le biais moyen de tout les modèles est faible (accompagné de changements de l'IF faible...)
- Le sense du biais diffère entre les modèles (et entre les sources de données)
- Les courbes de l'IF sont très importantes
  - Et celles-ci ne sont pas un critère de qualité pour un modèle fertilité - climat
- Les données d'inventaire comportent une grande variabilité
  - Ce qui se retrouve dans le „modèle inventaire“
- L'impact de l'azote est fort (compensation effets climat par l'azote?)
- La précision du modèle „placettes expérimentales“ est la meilleure
  - Ce qui peut être dû aux courbes de l'IF précises...

# Pas clarifié et a réfléchir...

- Attention en appliquant les modèles de façon *ceteris paribus*: résultats peuvent être fondamentalement différents comparé à ceux obtenus avec des données des populations réelles
- Cheval de retour: chronologies artificielles
- Toutes les approches ont besoin de l'âge
- L'application des modèles n'étaient pas si claire même pour les modélisateurs
  - Période de référence pour les données climatiques
  - Modifier l'âge?
- Est-ce on a le droit d'utiliser l'âge comme prédicteur du tout?
- D'autres approches non-phyto-centré?
- Combien de biais est trop?
  - Valeur seul à priori?
  - Ou favoriser le modèle avec le biais le plus faible?



# Références

- Nothdurft, A., Wolf, T., Ringeler, A., Böhner, J., and Saborowski, J. 2012. Spatio-temporal prediction of site index based on forest inventories and climate change scenarios. *Forest Ecology and Management* **279**: 97-111, DOI: **110.1016/j.foreco.2012.1005.1018**.
- Yue, C., Kahle, H.-P., von Wilpert, K., and Kohnle, U. 2016. A dynamic environment-sensitive site index model for the prediction of site productivity potential under climate change. *Ecological Modelling* **337**: 48-62.

Merci