



Effet du stade développement sur l'allométrie des arbres pour dix essences commerciales québécoises

Franceschini T., Schneider R.

Université du Québec à Rimouski

7^{ème} colloque annuel du Centre d'Étude sur la Forêt
22 – 24 avril 2013 à Montebello (Québec)

Définition de l'allométrie

- Allométrie = concept **reliant deux dimensions** d'un organisme

$$B = B_0 \cdot A^\alpha$$

B et A deux dimensions des organismes
 B₀ constante de normalisation
α exposant allométrique supposé invariant

- **Deux** grandes théories allométriques

- ✓ **Théorie géométrique de l'allométrie (TGA)**

- ➔ Les relations dépendent de la **géométrie** des organismes (*von Bertalanffy 1951; Yoda et al. 1963, 1965; Gorham 1979*)

- ➔ Exposants = multiples de 1/3

- ✓ **Théorie métabolique de l'écologie (TME)** (*West et al. 1999*)

- ➔ Relie la **structure** et le **fonctionnement** des organismes

- ➔ Exposants = multiples de 1/4

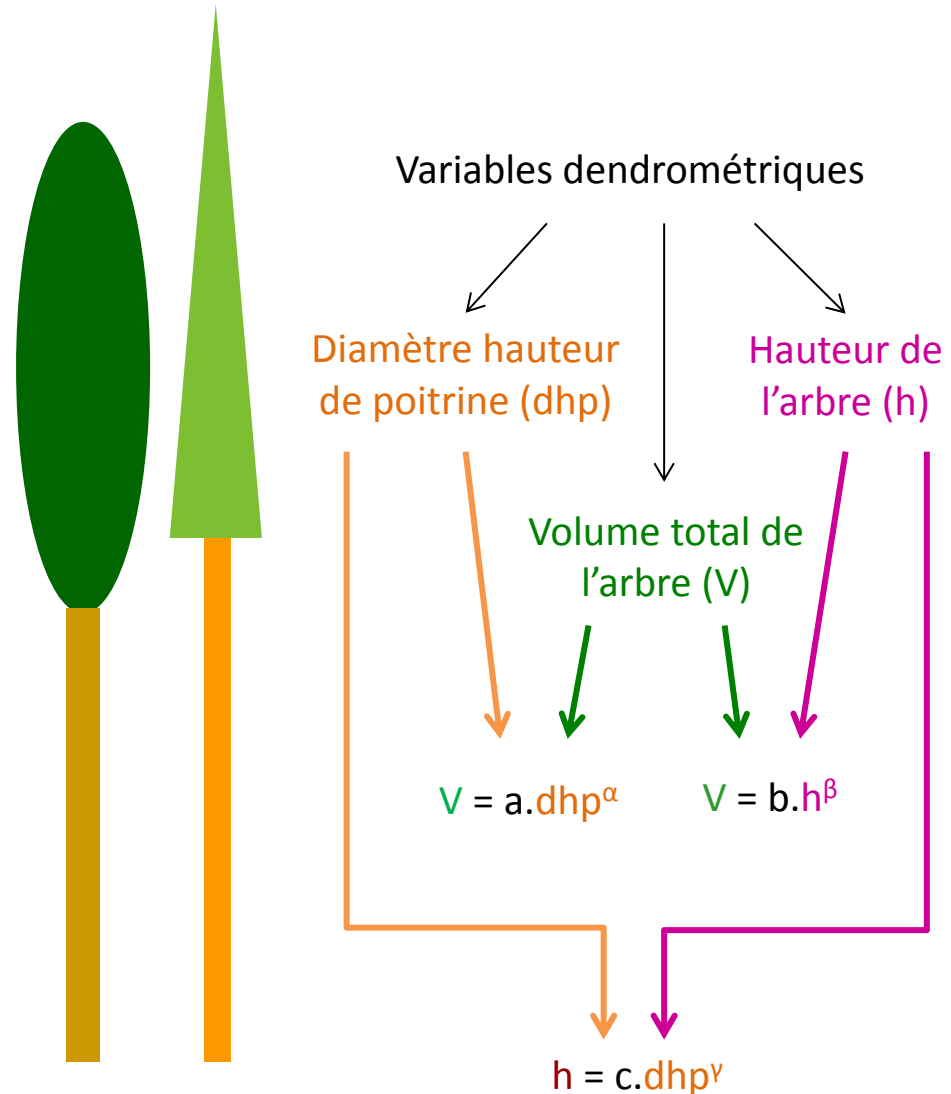
Les relations allométriques dans les écosystèmes forestiers

➤ **Estimation** de la ressource forestière : biomasse et stocks de carbone (*Jozsa et Middleton 1994, Van Leeuwen et al. 2011, Zhang 2003*)

➤ **Relations allométriques** = moyen d'acquérir cette connaissance

➤ 3 exposants allométriques reliant hauteur, diamètre à hauteur de poitrine et volume

- ✓ $\alpha_{v,dhp}$
- ✓ $\beta_{v,h}$
- ✓ $\gamma_{h,dhp} = \alpha_{v,dhp} / \beta_{v,h}$



Prédictions des théories allométriques

- Éventail de prédictions pour **améliorer la compréhension** de la structure, la dynamique et la productivité **des écosystèmes forestiers** (West et al. 1999, 2009)

Exposant allométrique	TGA	TME
$V_{h,dhp}$	1	2/3

- Résultats d'études empiriques:
 - ✓ **Aucune théorie** confirmée de manière claire (Duursma et al 2010, Pretzsch et al 2012, Pretzsch et Dieler 2012)
 - ✓ **Remise en cause de l'invariabilité** des exposants (Deng et al 2008)

Problématique

- Nécessité de **mieux établir** les relations allométriques (Price et al 2010)

- Hypothèses :
 - ✓ L'exposant allométrique $\gamma_{h,dhp}$ varie **d'une espèce à l'autre** (Duursma et al 2010, Charru et al 2012)
 - ➔ Étude sur **plusieurs espèces**

 - ✓ L'exposant allométrique $\gamma_{h,dhp}$ varie en fonction du **stade de développement** (Genet et al 2012, Pretzsch et al 2012)
 - ➔ Étude sur des **valeurs interannuelles** et non pas au niveau individuel

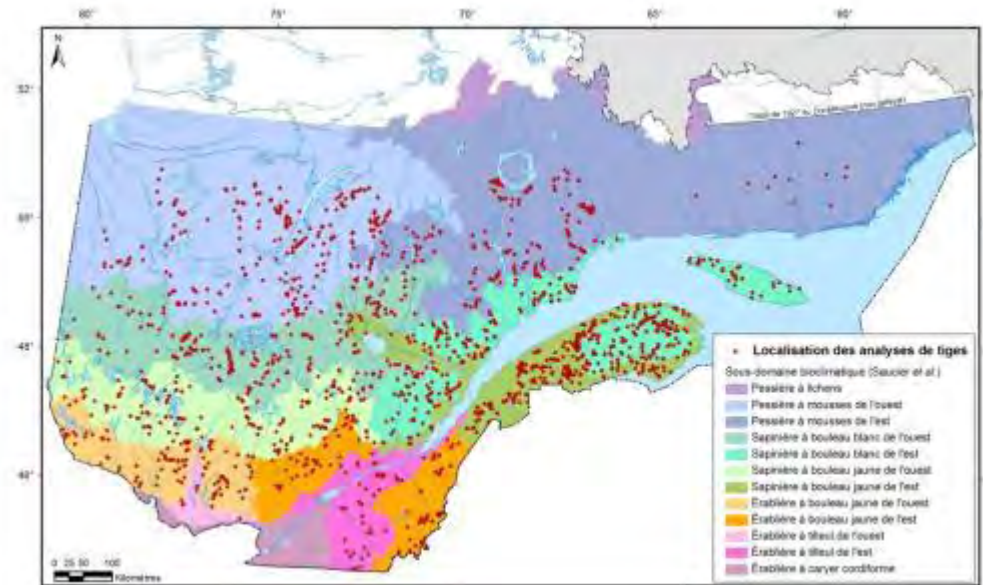
Zone d'étude

➤ Forêts aménagées du Québec

➤ Sur chaque site, 5 à 10 arbres dominants sélectionnés.
+ 10 000 arbres échantillonnés

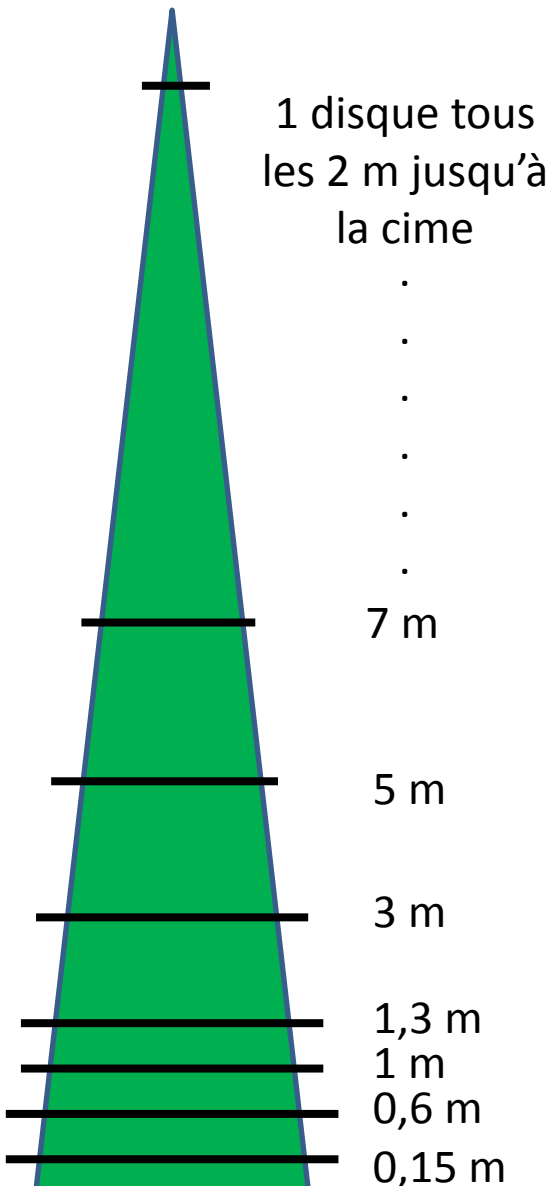
➤ 10 essences commerciales

- ✓ Bouleau à papier
- ✓ Peuplier faux-tremble
- ✓ Peuplier à grandes dents
- ✓ Pin gris
- ✓ Pin blanc
- ✓ Épinette blanche
- ✓ Épinette noire
- ✓ Épinette rouge
- ✓ Sapin baumier
- ✓ Thuya occidental



Schneider et al. 2013

Analyses de tige



➤ Largeurs de cerne mesurée sur chaque disque

➤ Hauteurs interpolées (Carmean 1972, Newberry 1991)

➤ Calcul de $\gamma_{h,dhp}$ pour **toutes les années de croissance des arbres**

$$h = c \cdot dhp^{\gamma_{h,dhp}} \longrightarrow \gamma_{h,dhp} = \frac{dH/H}{dDHP/DHP}$$

➤ Augmentation de **1 %** du DHP = augmentation de γ % de H

Valeurs moyennes

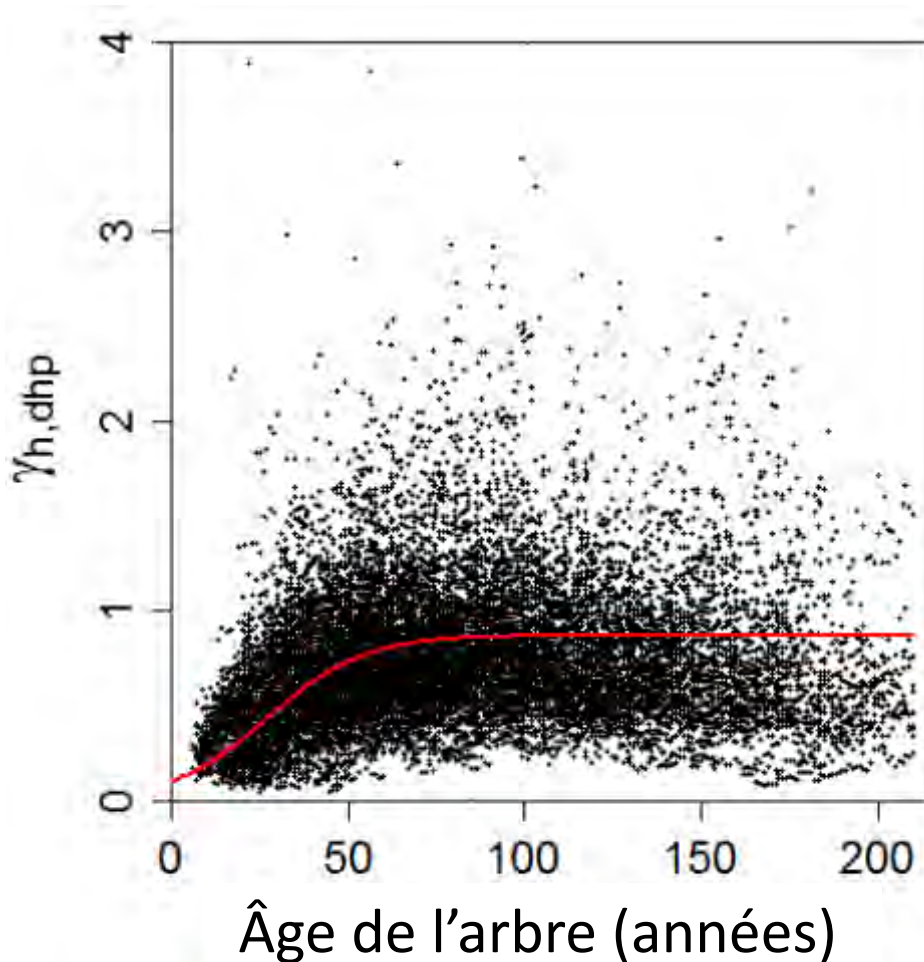
	Âge moyen	Intervalle d'âge	DHP (cm)	Hauteur (m)	$Y_{h,dhp}$
Bouleau à papier	73 (14)	37 – 125	17.1 (4.2)	17.4 (2.4)	0.94 (0.95)
Épinette blanche	91 (27)	36 – 317	25.9 (6.3)	18.8 (3.5)	1.00^G (0.85)
Épinette noire	96 (31)	45 – 262	17.0 (3.9)	15.7 (2.8)	1.04 (0.69)
Épinette rouge	89 (27)	64 – 191	22.5 (3.5)	17.9 (1.7)	1.00^G (0.68)
Peuplier à grandes dents	70 (16)	44 – 122	27.0 (4.9)	25.2 (3.2)	0.79 (0.62)
Peuplier faux tremble	70 (15)	32 – 127	24.9 (5.1)	22.4 (2.9)	0.83 (0.71)
Pin blanc	100 (25)	44 – 142	35.9 (9.2)	25.5 (4.7)	1.06 (0.79)
Pin gris	85 (18)	33 – 157	18.5 (5.6)	16.7 (3.3)	1.18 (0.78)
Sapin baumier	88 (28)	30 – 235	19.8 (4.4)	16.7 (2.9)	1.08 (0.93)
Thuya occidental	132 (46)	54 – 286	22.8 (7.2)	13.8 (2.3)	0.74 (0.37)
Total			20.2 (5.9)	17.4 (3.7)	1.03 (0.81)

➤ Grande **variabilité** des exposants allométriques ➔ **Aucune** théorie vérifiée de manière probante

Rappel	TGA	TME
$Y_{h,dhp}$	1	2/3

Variations de $\gamma_{h,dhp}$ avec l'âge des arbres

➤ Exemple : thuya occidental

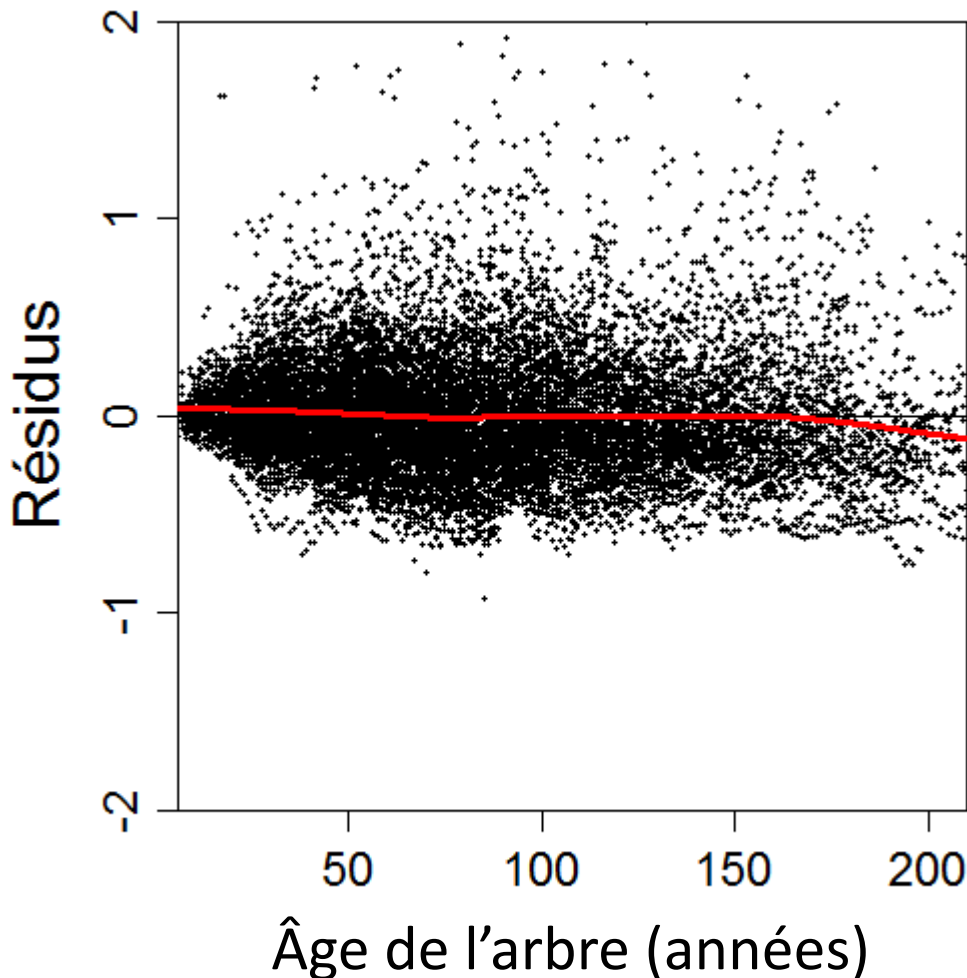


- ✓ Modèle **logistique**
- ✓ Données hiérarchisées → cadre des **modèles à effets mixtes**
- ✓ Niveau hiérarchique **site**
- ✓ **Effets aléatoires** sur asymptote horizontale et pente

$$\gamma_{h,dhp} = \frac{0,874}{1 + 7,22 \cdot e^{-0,0733 \cdot Age}} + \varepsilon$$

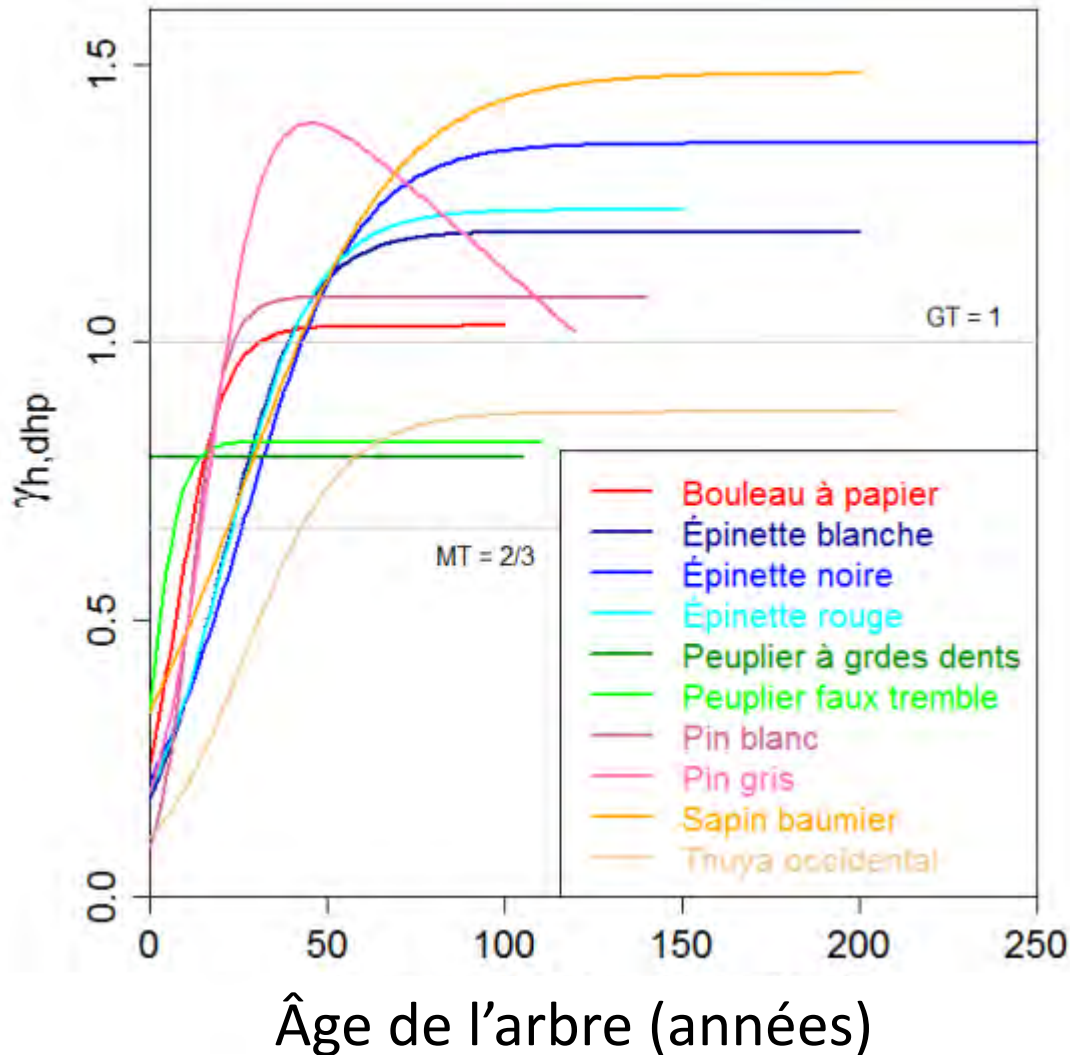
Variations de $\gamma_{h,dhp}$ avec l'âge des arbres

➤ Exemple : thuya occidental



- ✓ Autocorrélation = 0.802
- ✓ Analyse de **résidus** → plus d'effet de l'âge de l'arbre
- ✓ Erreur standard résiduelle = 0.319
- ✓ $R^2 = 29\%$

Variations de $\gamma_{h,dhp}$ avec l'âge des arbres



- **Augmentation puis plateau**
- **Peuplier à grandes dents** → pas d'effet de l'âge
- **Résineux** : plateaux élevés
- **Maximum local pour pin gris**
- **Thuya** valeurs de $\gamma_{h,dhp}$ faibles

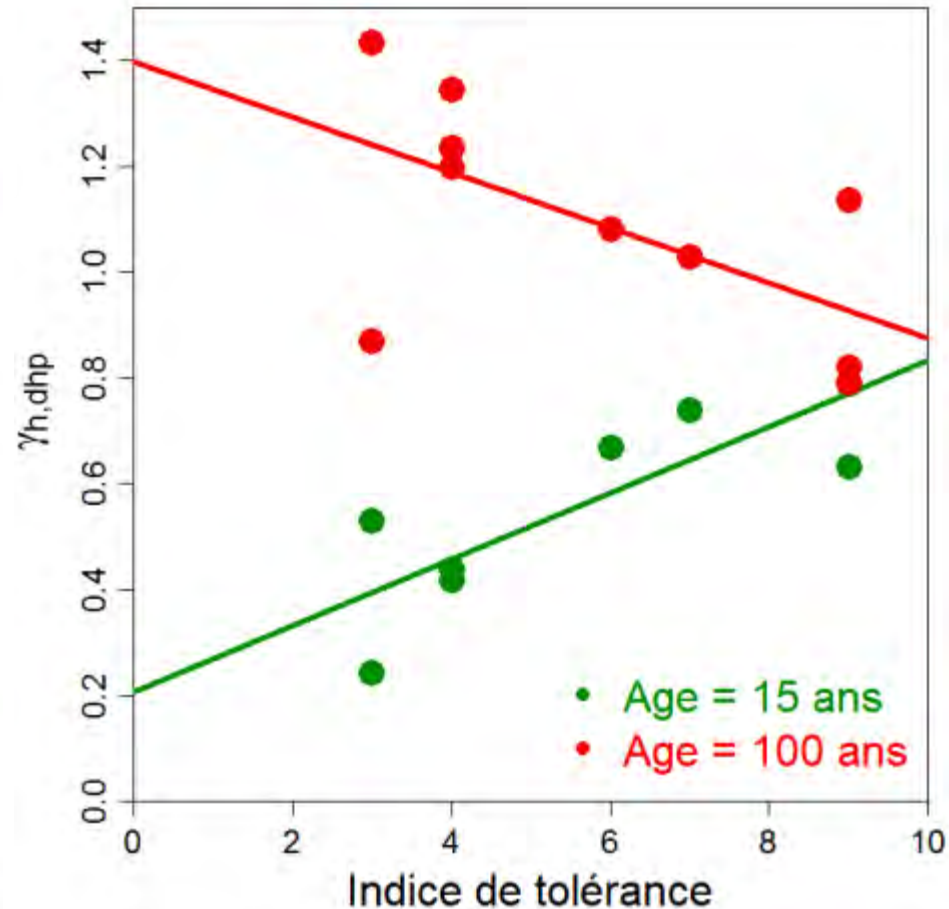
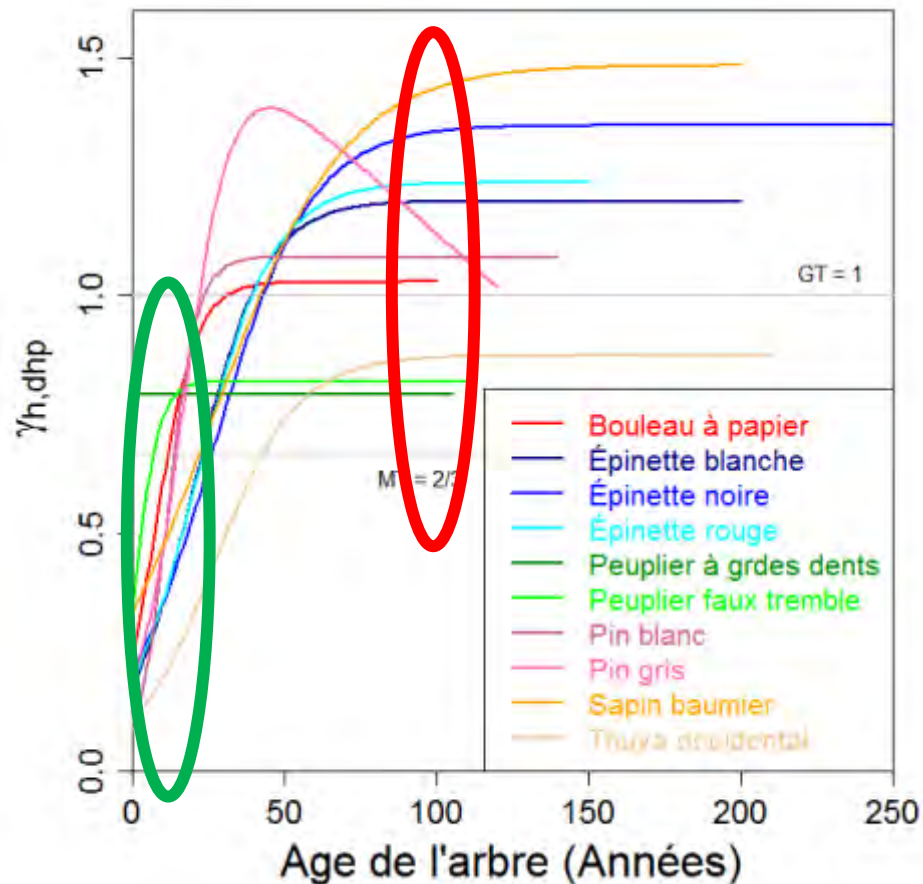
Interprétations de l'effet du stade de développement

- En **contradiction** avec la littérature qui prévoit une baisse de $\gamma_{h,dhp}$ avec âge de l'arbre (Niklas 1995). Originalité du travail, **large intervalle d'âge, grand nombre d'espèces** et **modélisation à l'échelle inter-annuelle**.
- *RAPPEL : Augmentation de 1 % du DHP = augmentation de γ % de H*
- **Augmentation** dans le stade **juvénile** et **stabilité** relative (plateau) dans le stade **mature** → **Stratégie d'allocation** différente (Lachenbruch et al 2012)
 - ✓ Dans le stade juvénile: fort investissement en H et en DHP
 - ✓ Dans le stade mature : stabilisation de l'investissement en H et investissement en DHP augmente → **$\gamma_{h,dhp}$ augmente**

Variations spécifiques et tolérance à l'ombre

➤ Variabilité spécifique **en accord** avec la littérature (Duursma et al 2010, Charru et al 2012)

➤ Tolérance à l'ombre ?



Conclusions et perspectives

- Plusieurs espèces et large intervalle d'âge → caractère **global** des résultats
- Mise en évidence de **variabilité inter- et intra-spécifique**
- **Interaction** entre tolérance à l'ombre et stade de développement sur $\gamma_{h,dhp}$
- Questions soulevées par ces résultats :
 - ✓ Quid des **autres exposants allométriques** $\alpha_{v,dhp}$ et $\beta_{v,h}$?
 - ✓ D'où provient la **variabilité interannuelle non expliquée** ?
 - ➔ Variabilité géographique ?
 - ➔ Effet du climat ?
 - ✓ Est-il possible de **redéfinir les théories allométriques** ? Intégrer les traits fonctionnels dans ces théories ?

Merci à :

Vincent Gauthray,
Li Li,
Olivier Martin,
Ulysse Rémillard,
Héloïse Allec

Merci particulier à :

Jean-pierre Saucier (MRN – DRF)
Vincent Laflèche (MRN – DIF)
Mathieu Fortin (AgroParisTech)

Merci de votre
attention

*« Et j'en dirai et j'en dirai
Tant fut cette vie aventure
Où l'homme a pris grandeur nature
Sa voix par-dessus les forêts
Les monts les mers et les secrets
Et j'en dirai et j'en dirai »*
Louis Aragon, Je chante pour passer le temps