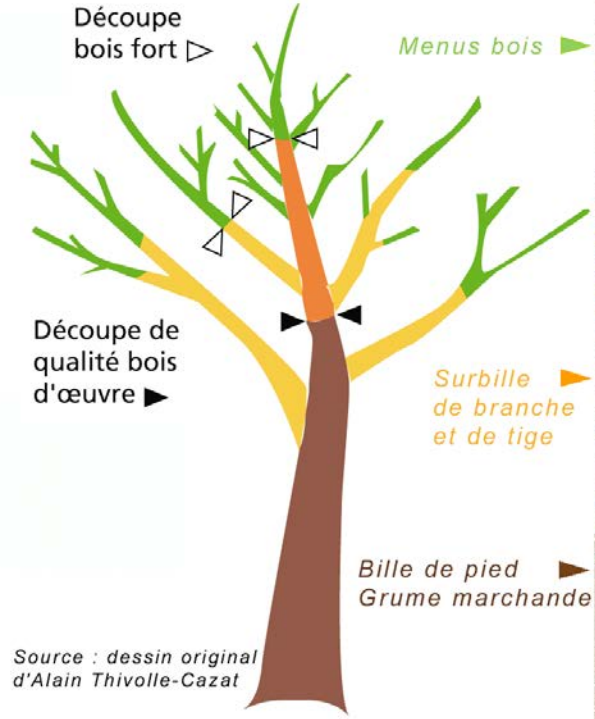
Élaboration de Modèles pour une Estimation Robuste et Générique du bois Énergie

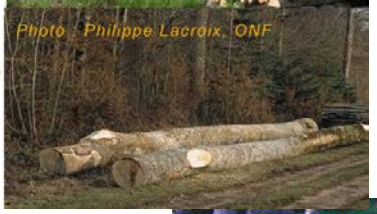
Quelques résultats sur les volumes dans le projet ANR EMERGE

Christine Deleuze, Alain Bouvet, François Morneau, Jean-Pierre Renaud, Jean-Christophe Hervé, Fleur Longuetaud, Fred Mothe, Philippe Santenoise, Michaël Rivoire, Tristan Senga-Kiessé

CAQSIS4 – 9 avril 2014 - Gembloux

Les objectifs du projet EMERGE



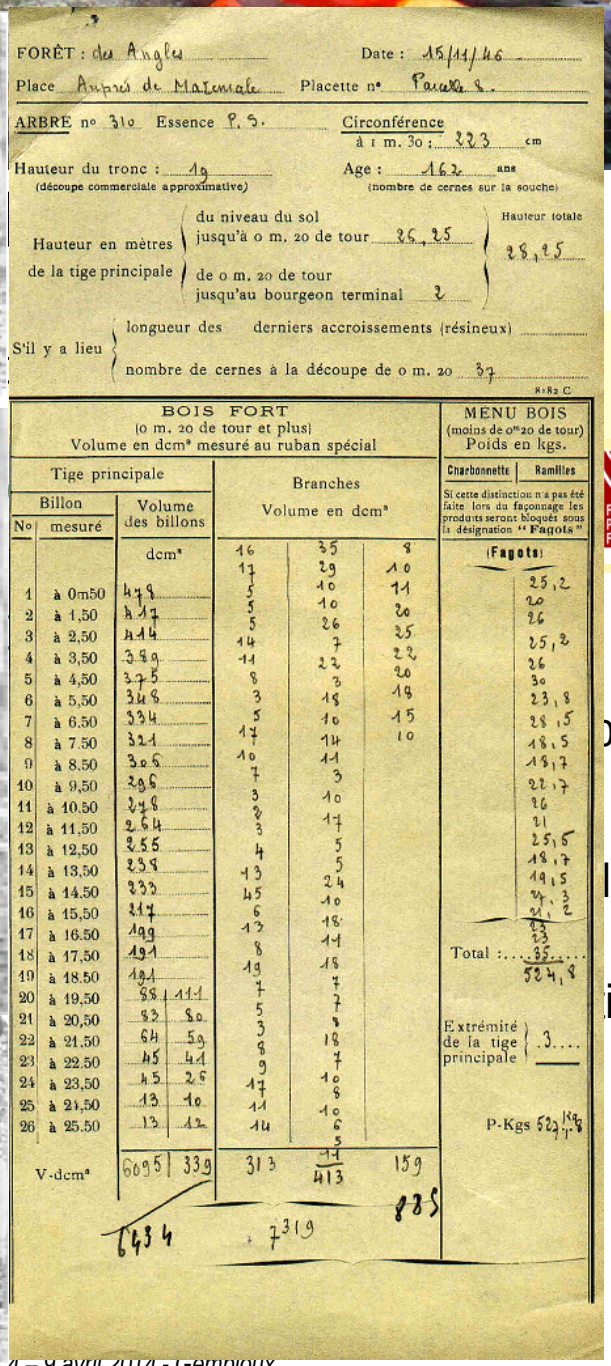


- Construire des outils d'estimation
  - Compatibles entre grandeurs utilisées (vol, biom, minéralo et PCI)
  - Génériques (différentes essences)
  - Robustes (origine des peuplements, structure, fertilité, taille)
  - Cohérents (découpe, définition commerciale)
- Tester des technologies modernes de dendrométrie
  - LIDAR Terrestre
  - Scanner tomographique à rayon X

- Subvention ANR de 715 k€ sur 2,3 M€
- Sur 4,5 ans 2009-2013

Une forte

1 106 099 arb



FORÊT : du Anglu — Date : 15/11/46

Place Auprès de Maisonale — Placette n° Parcelle 8.

ARBRE n° 310 — Essence P. S. — Circonférence à 1 m. 30 : 223 cm

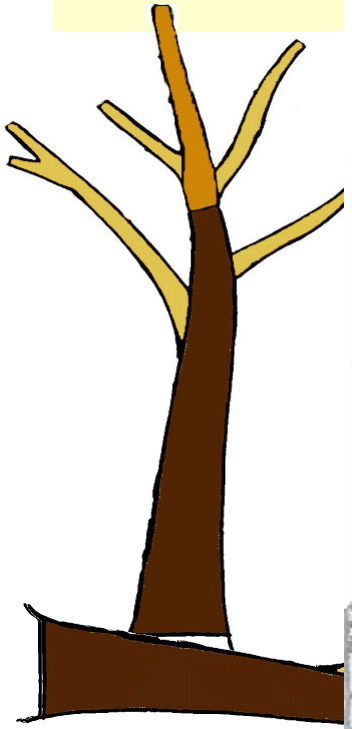
Hauteur du tronc : 19 (découpe commerciale approximative) — Age : 162 ans (nombre de cernes sur la souche)

Hauteur en mètres de la tige principale : du niveau du sol jusqu'à 0 m. 20 de tour 25,25 ; de 0 m. 20 de tour jusqu'au bourgeon terminal 2 — Hauteur totale 28,25

S'il y a lieu : longueur des derniers accroissements (résineux) ; nombre de cernes à la découpe de 0 m. 20 37

R×R2 C

BOIS FORT (0 m. 20 de tour et plus) Volume en dcm³ mesuré au ruban spécial						MENU BOIS (moins de 0m20 de tour) Poids en kgs.
Tige principale			Branches Volume en dcm³			Charbonnette / Ramilles — Si cette distinction n'a pas été faite lors du façonnage les produits seront bloqués sous la désignation "Fagots"
No	Billon mesuré	Volume des billons dcm³				(Fagots)
			16	35	8	
			17	29	10	
1	à 0m50	478	5	10	11	25,2
2	à 1,50	417	5	10	20	20
3	à 2,50	414	5	26	25	26
4	à 3,50	399	14	7	22	25,2
5	à 4,50	375	11	22	20	26
6	à 5,50	348	8	3	18	30
7	à 6,50	334	3	18	15	23,8
8	à 7,50	321	5	10	10	28,5
9	à 8,50	306	17	14		18,5
10	à 9,50	296	10	11		18,7
11	à 10,50	248	7	3		22,7
12	à 11,50	264	3	10		26
13	à 12,50	255	8	17		21
14	à 13,50	238	4	5		25,5
15	à 14,50	233	13	5		18,7
16	à 15,50	217	45	24		19,5
17	à 16,50	199	6	10		24,3
18	à 17,50	191	13	18		21,2
19	à 18,50	191	8	11		23
20	à 19,50	88 | 111	19	18		23
21	à 20,50	83 | 80	7	7		Total : 35
22	à 21,50	64 | 59	5	7		524,8
23	à 22,50	45 | 41	3	8		
24	à 23,50	45 | 26	8	18		Extrémité de la tige principale : 3
25	à 24,50	13 | 10	9	7		
26	à 25,50	13 | 12	17	10		
			11	8		
			14	10		
				6		P-Kgs 527,1 kg
				5		
V-dcm³		6095 | 339	313	11 / 413	159	
			6434	7319	885	



Office National des Forêts — FCBA — INRA — ANR

Inventaire Forestier National — CNPF IDF — Forêt Privée Française — Office National des Forêts — INRA — FCBA — Cemagref

UR2PI

ur la biomasse

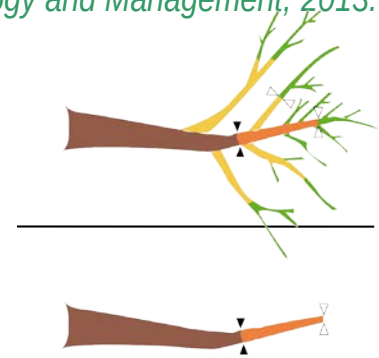
la minéralomasse

illonnés en 2009 et 2010

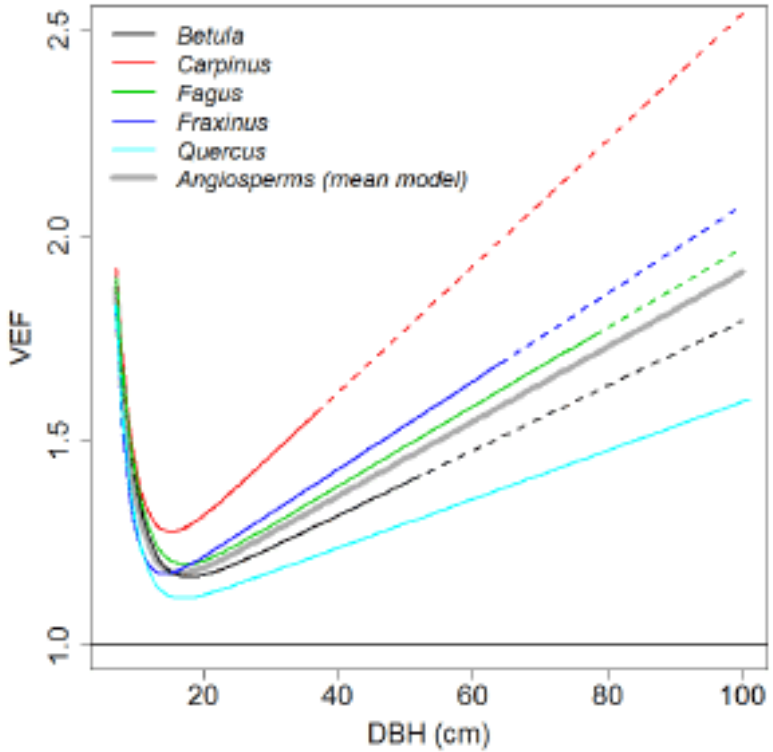
Les coefficients d'expansion

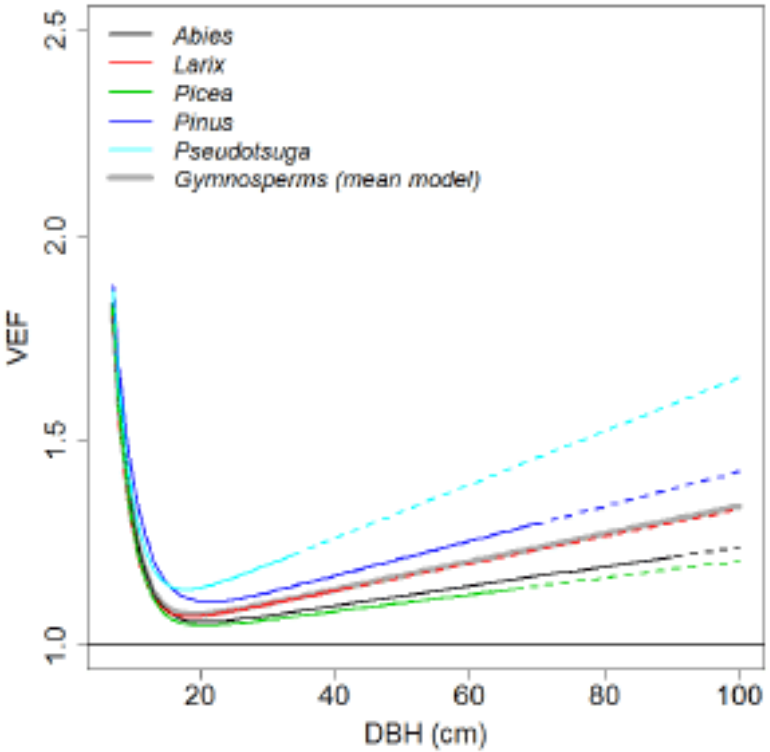
Longuetaud et al.. Forest Ecology and Management, 2013.

- Première analyse issue de la Bdd INRA
- Comportement contrasté feuillus/résineux
- Modèle pour 10 genres ou sinon feuillus/résineux

VEF = 

$$VEF = \frac{V_{tot}}{V_{BFT}} = \exp(\beta_1 - D_{130})^{\beta_2 + b_2} + \exp(\beta_3 + \beta_3' \cdot G + b_3) \cdot \frac{D_{130}}{H_{tot}^2} + 1 + \epsilon$$



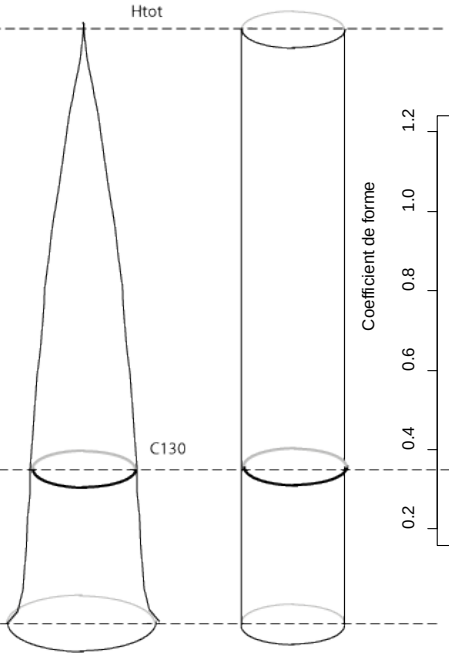


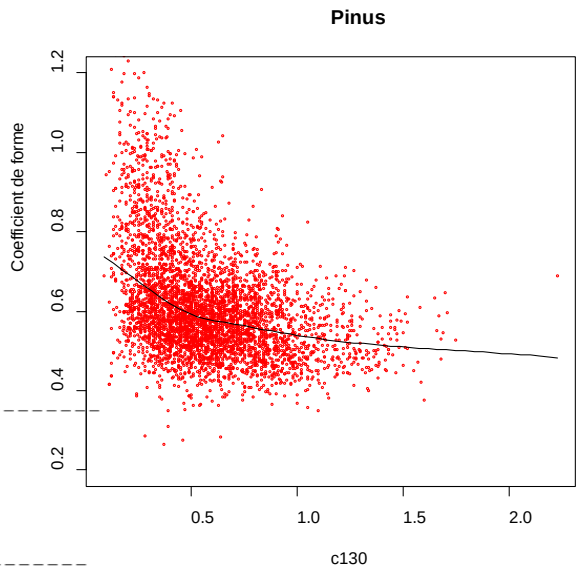
Le modèle de volume total aérien

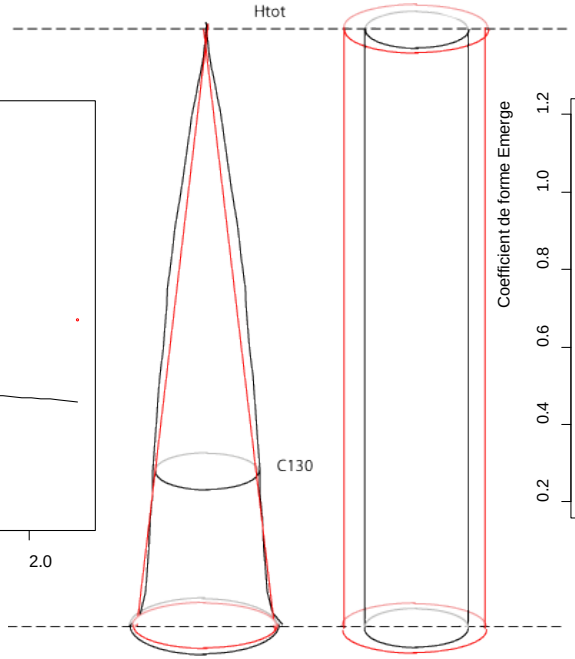
- Un nouveau coefficient de forme

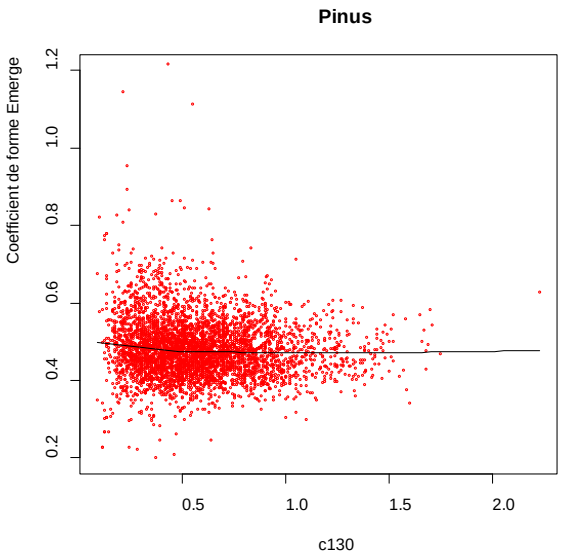
$$formTot = \frac{4.\pi.VolTot}{h_tot.C_{130}^{\ 2}}$$

$$formTotNew = \frac{4.\pi.VolTot}{h_tot.C_{130}^{\ 2}}.(1 - \frac{1.3}{h_tot})^2$$







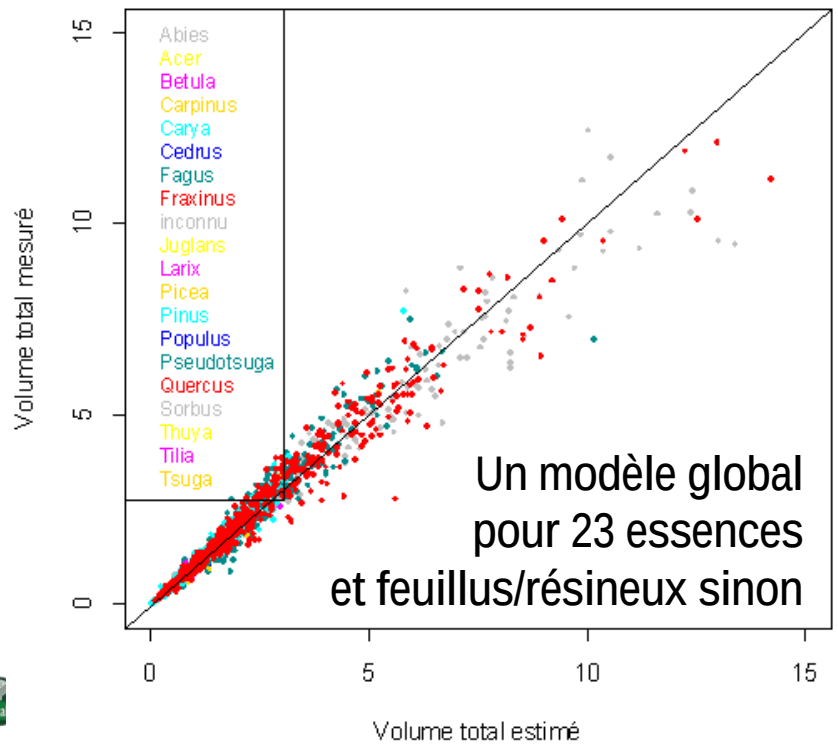


Le modèle de volume total aérien

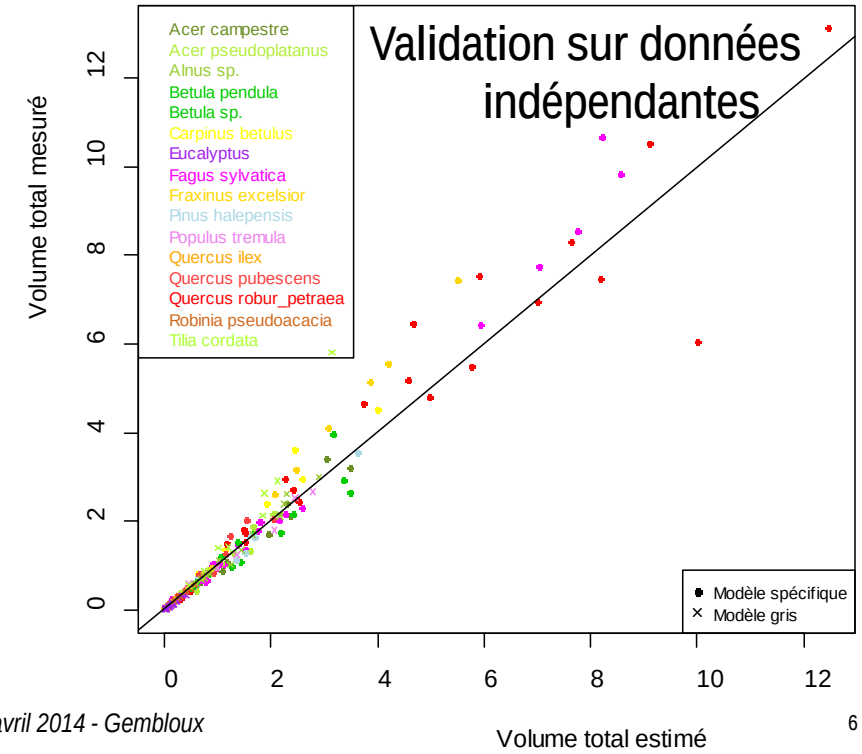
- Un modèle linéaire en fonction de robustesse et défilement

$$formTotNew_{mai2} = a + b.\frac{\sqrt{C_{130}}}{h_tot} + c.\frac{h_tot}{C_{130}}$$

Données INRA de calibration

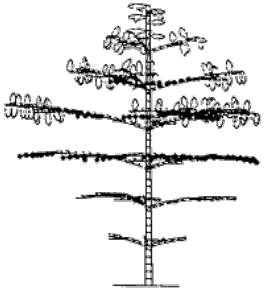


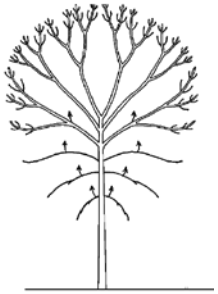
Données campagnes Emerge

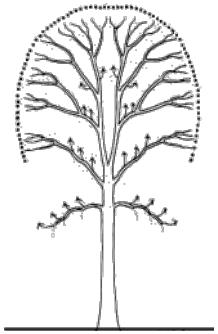


Structuration des données : organisation des espèces

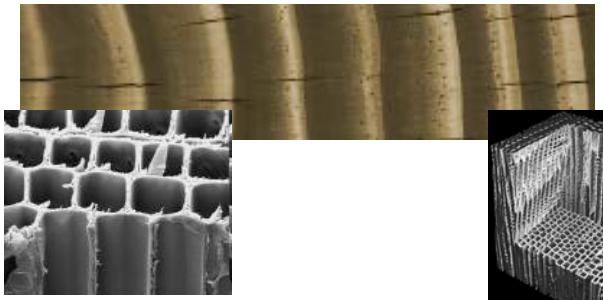
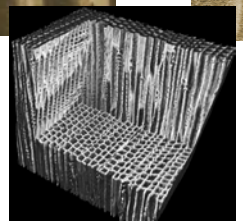
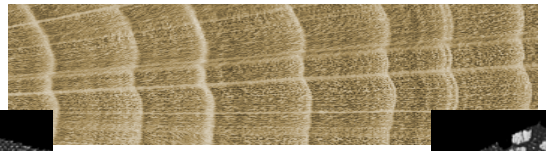
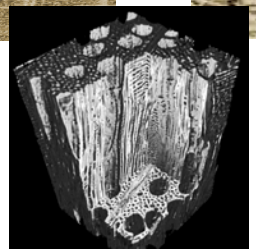
- Un gradient architectural : hiérarchie tige \ branches

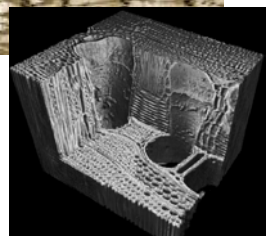






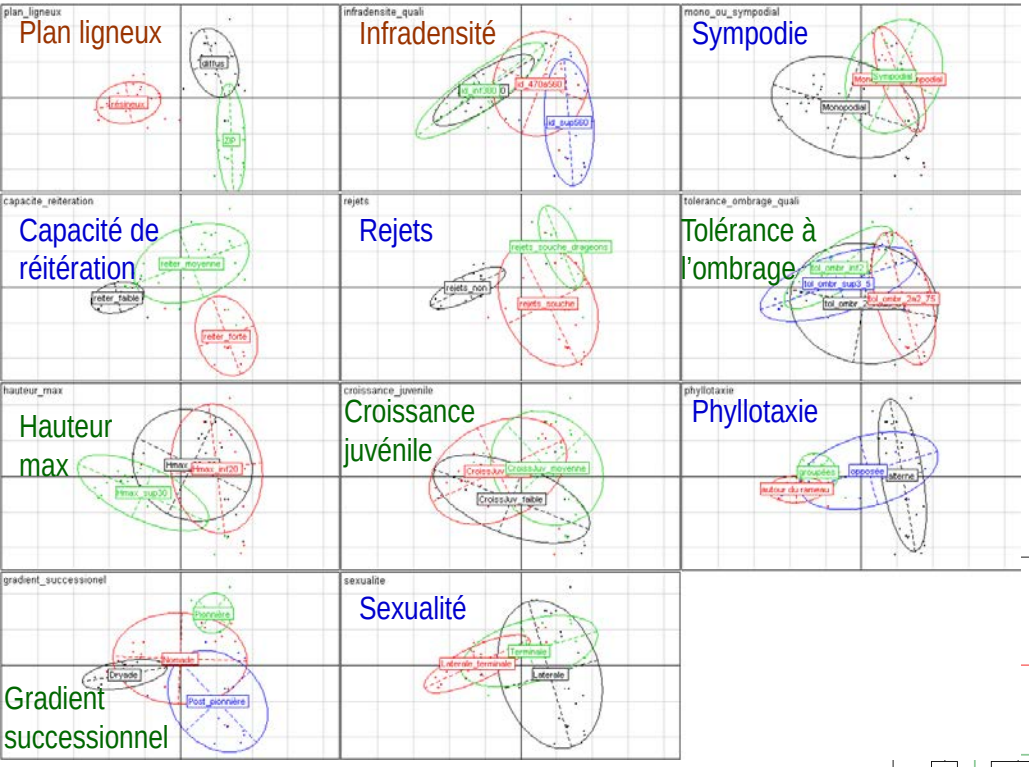
- Un gradient de plans ligneux : des stratégies soutien\conduction

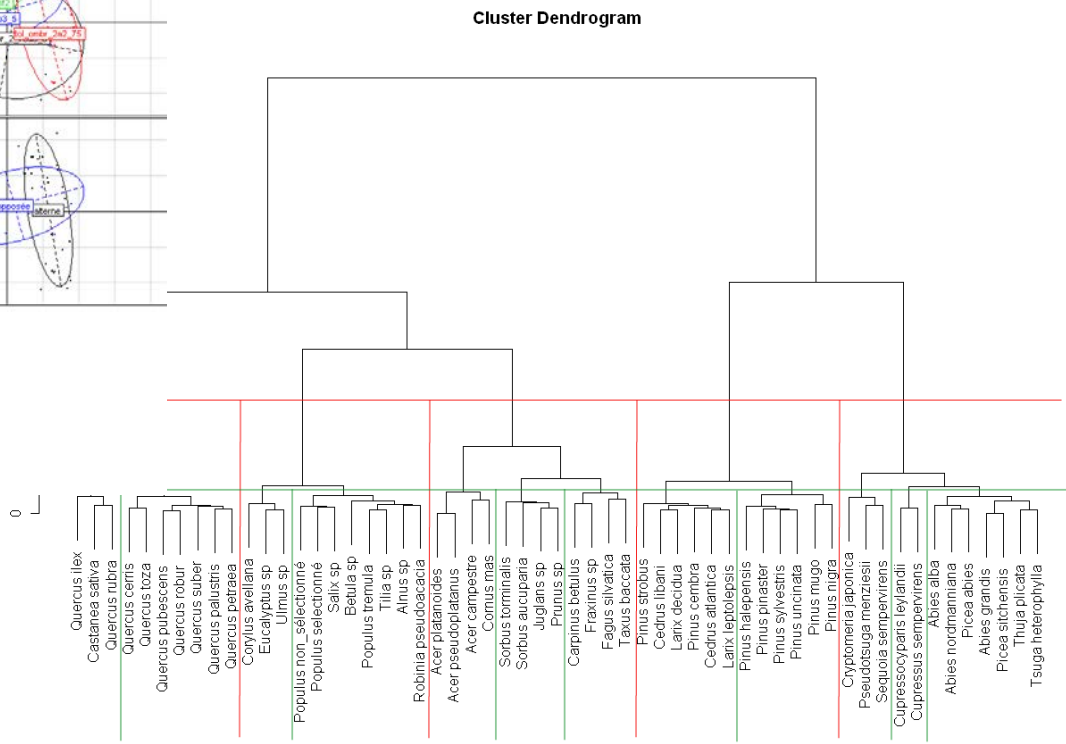


Structuration des données : organisation des espèces

- Une analyse des correspondances multiples appliquée sur 11 variables



- Suivie d'une classification ascendante hiérarchique avec distance de Ward

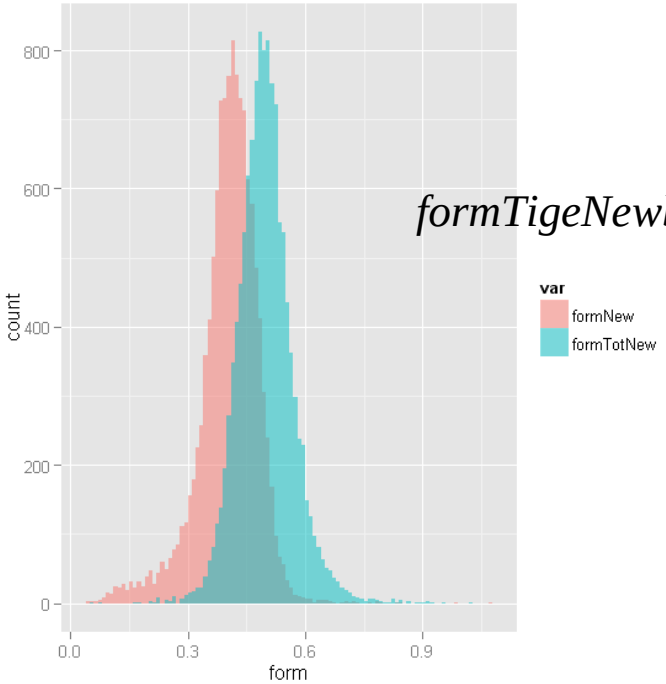


Le modèle de volume de tige

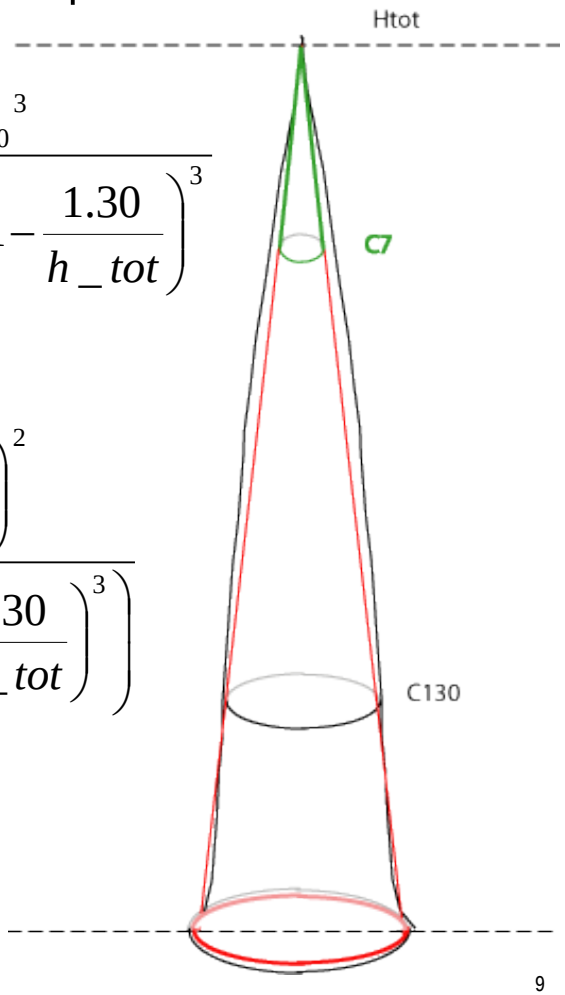
- À nouveau une modification du coefficient de forme pour prendre en compte la limite de découpe BF

$$VTT = VBFT \frac{VconeTot}{VconeTot - Vcone7}$$

$$VTT = VBFT \frac{C_{130}^{\ 3}}{C_{130}^{\ 3} - C_7^{\ 3}\left(1 - \frac{1.30}{h_tot}\right)^3}$$

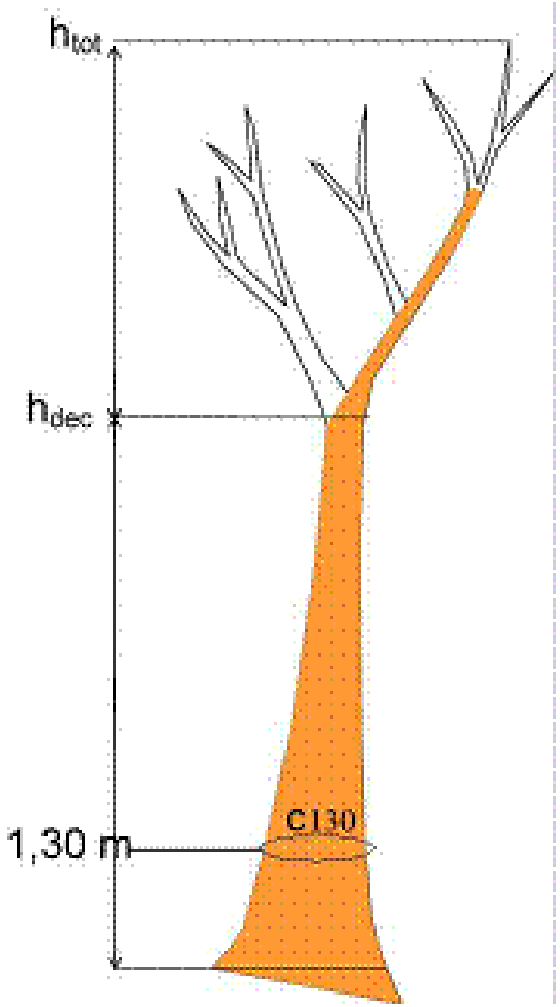


$$formTigeNewbis = \frac{4.\pi.VBFT}{\mathrm{h_tot.C_{130}}^{\ 2}} \cdot \frac{\left(1 - \frac{1.30}{h_tot}\right)^2}{\left(1 - \frac{C_7^{\ 3}}{C_{130}^{\ 3}}\left(1 - \frac{1.30}{h_tot}\right)^3\right)}$$



Le modèle de volume de tige

- Une mesure très informative issue du protocole IFN : la hauteur de décrochement



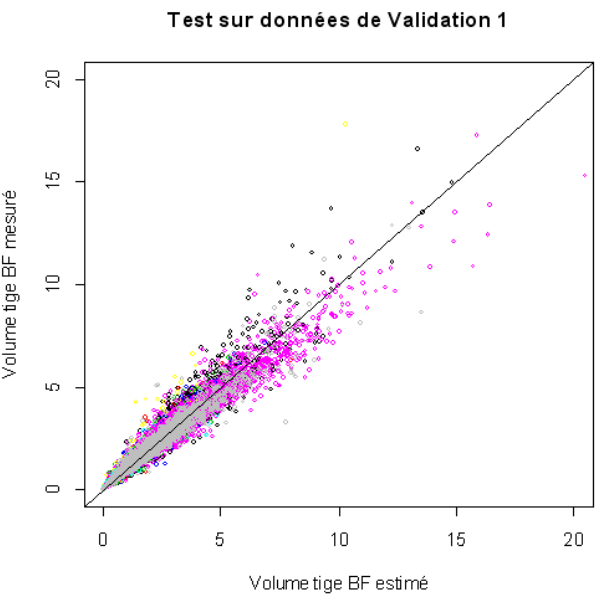
Hauteur de la première variation brusque de + de 10% du diamètre, sinon hauteur bois fort si pas de telles variations

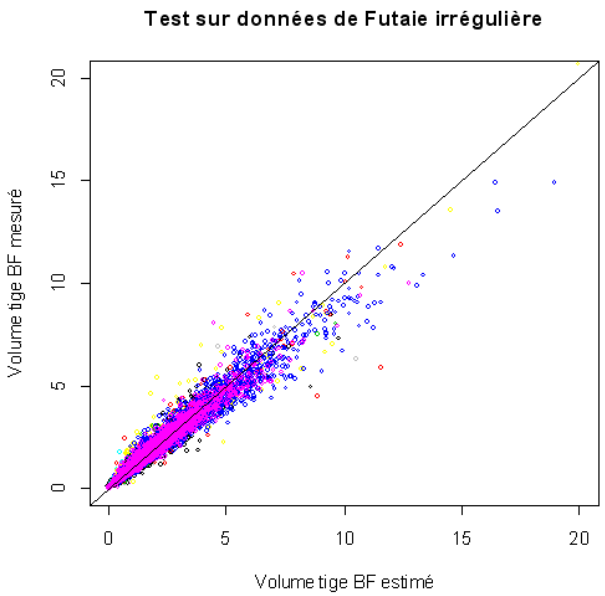
$$\log is.hec.htot = \log\left(\frac{hdec}{htot - hdec}\right)$$

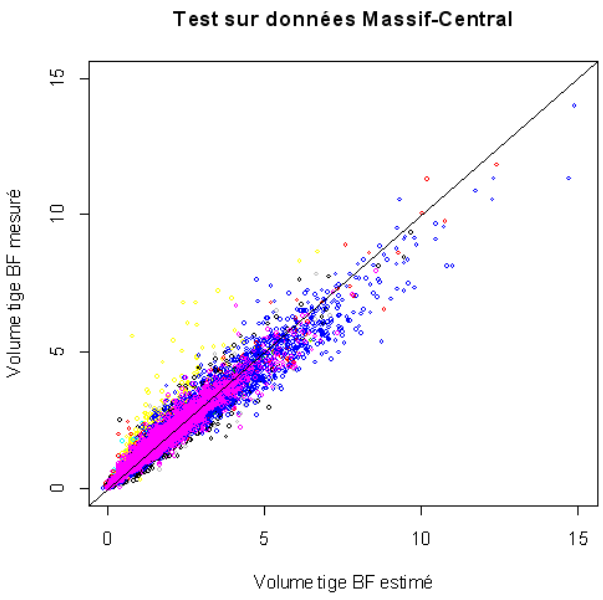
Le modèle de volume de tige

- Un modèle global pour 58 essences et 12 groupes sinon
- Ajustement sur 679 949 arbres, validation sur un échantillon indépendant de même nature (169 990 arbres), puis en extrapolation sur la futaie irrégulière (54 746 arbres) et la région Massif-Central (222 683 arbres)

$$formTigeNewbis = \left(a + b.\ln\left(\frac{h_dec}{h_tot - h_dec} \right) + c\,\frac{\sqrt{C_{130}}}{h_tot} + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{C}_{130}} \right).formTotNew$$



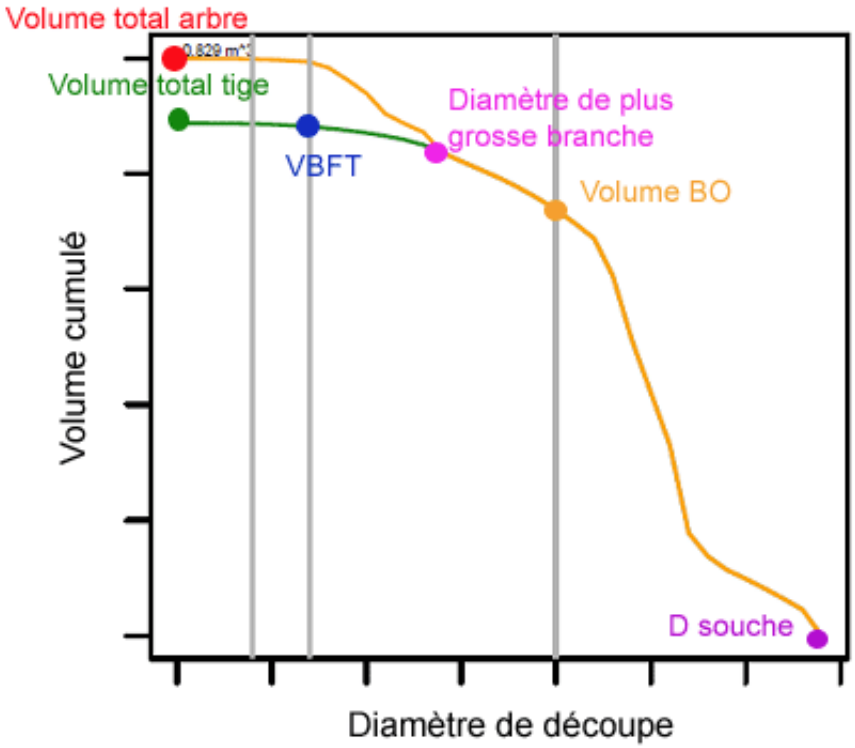


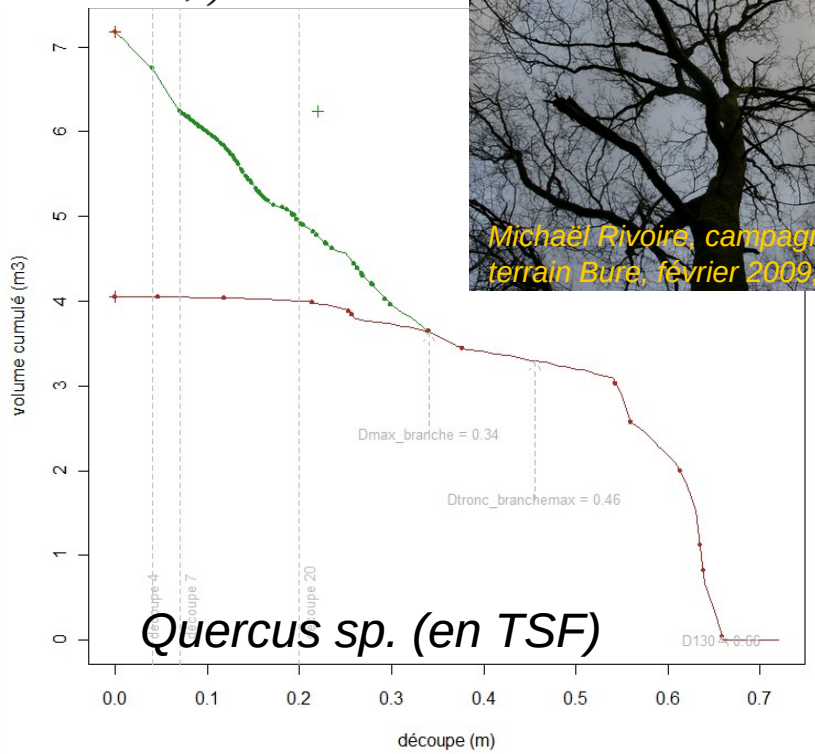


Distribution des volumes

- La distribution du volume dans la tige et dans les branches par découpe

$$\frac{v(d)}{V_{tot}} = \exp\left(-\frac{d}{D}\exp\left(b_1 * \left(1 - b_2 \frac{d}{D}\right)\right)\right)^{1-b_3 * \exp\left(1-\exp\left(b_4 - \frac{d}{D}\right)^{2*10^{\delta}}\right)}$$

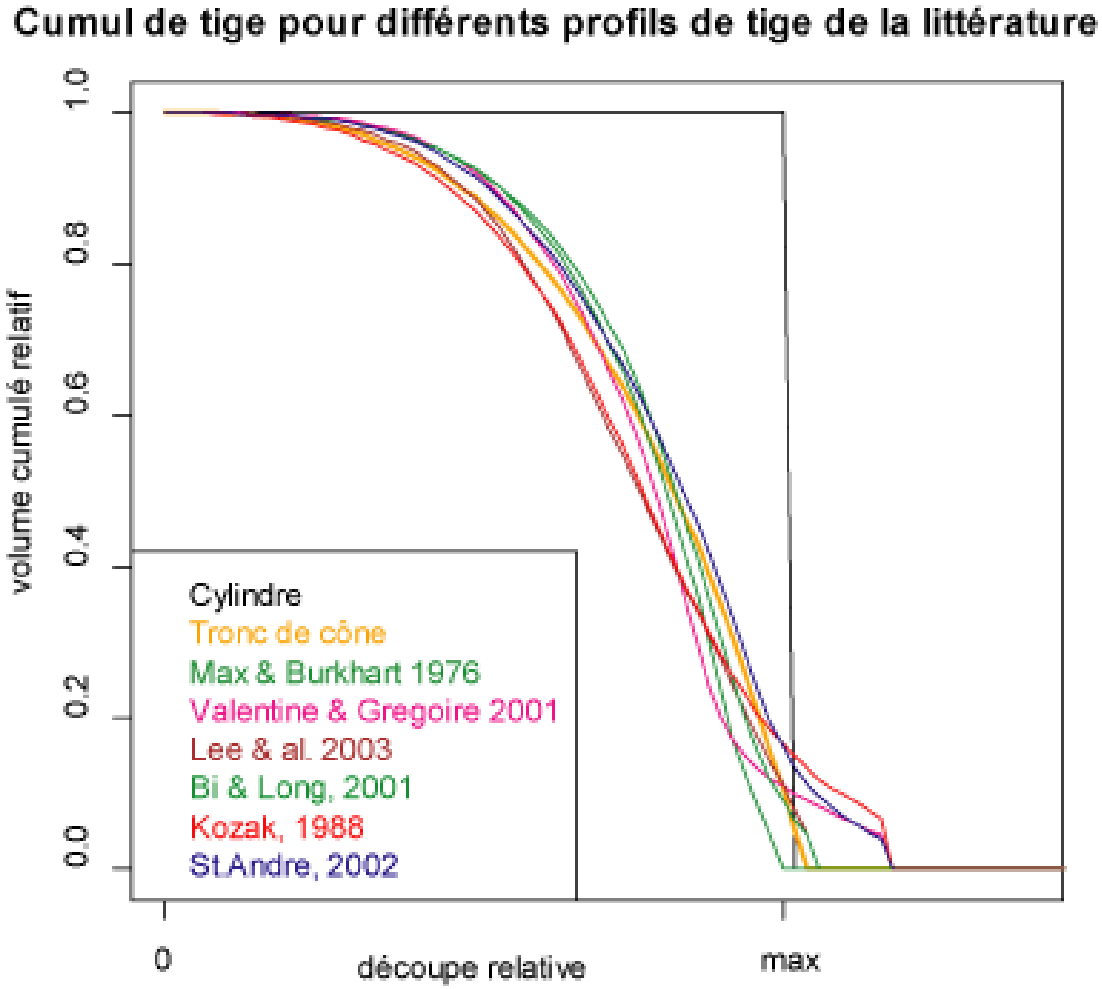




Travail de thèse de Michaël Rivoire 2011, repris par Philippe Santenoise 2012

Distribution des volumes

- Les inversions de modèles de profils de tige :

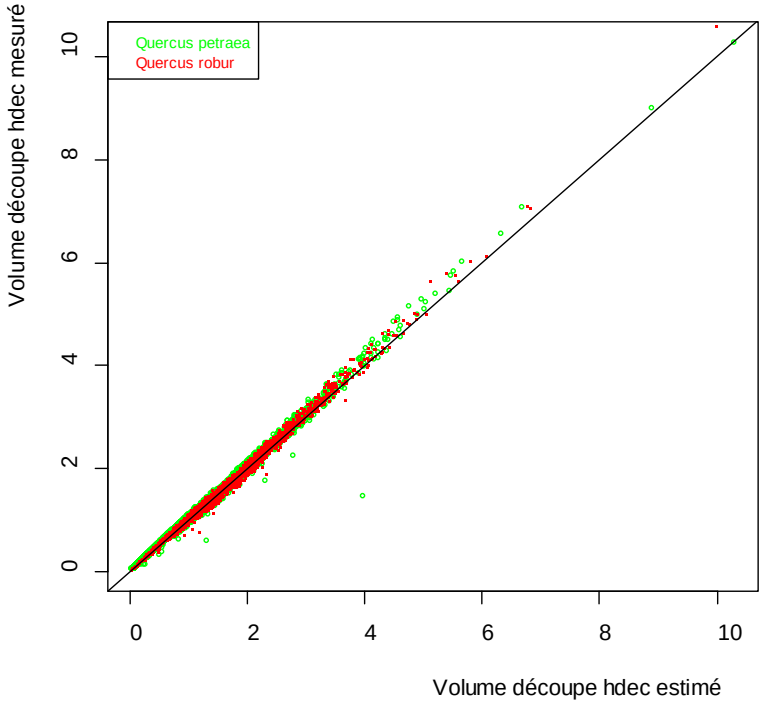


Les volumes par découpes : approche simpliste

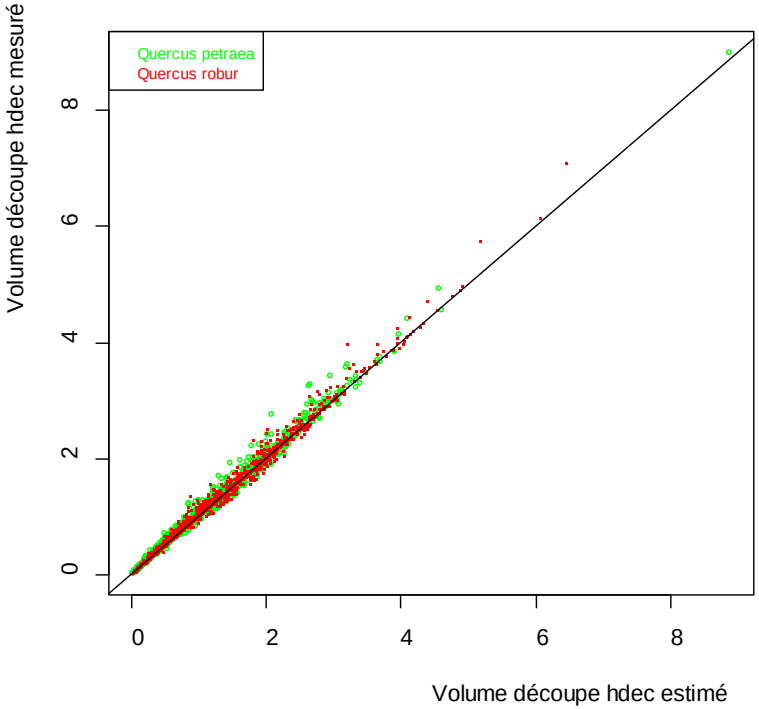
- Première approche simpliste avec l'inversion d'une forme conique

$$formTige(découpe) = \underbrace{formTotNew}_{\text{Vol tot}} . \underbrace{\left(a + b.\ln\left(\frac{h_dec}{h_tot - h_dec}\right) + c\frac{\sqrt{C_{130}}}{h_tot} + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{C}_{130}} \right)}_{\text{Part de la tige}} . \underbrace{\left(1 - \frac{C_{dec}{}^{3}}{C_{130}{}^{3}} \left(1 - \frac{1.30}{h_tot} \right)^{3} \right)}_{\text{Part selon la découpe}}$$

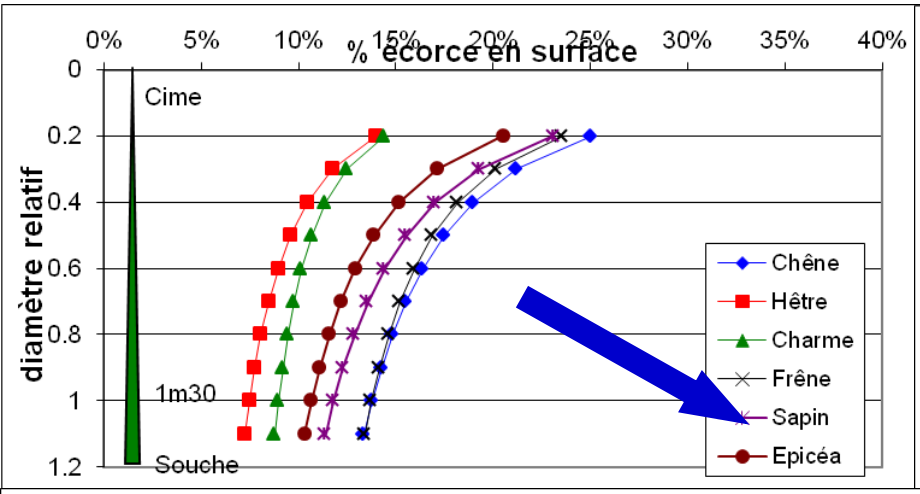
Quercus si découpe < C130/2

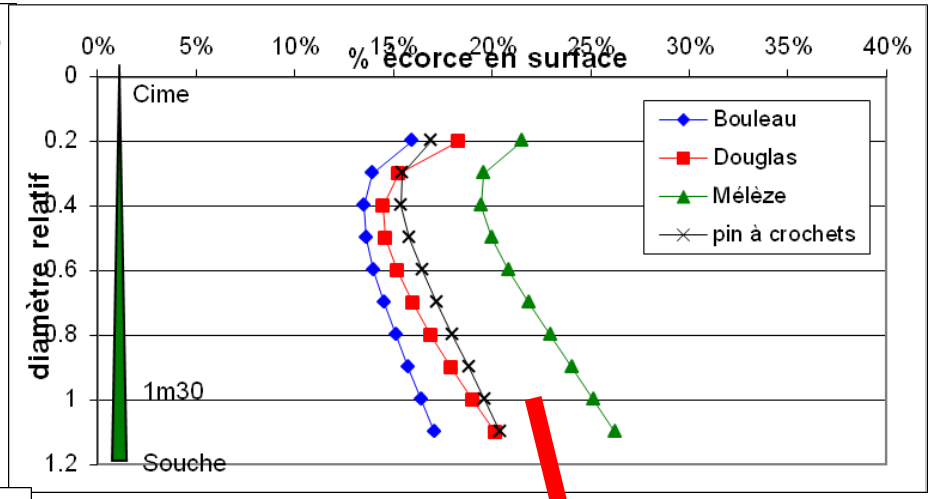


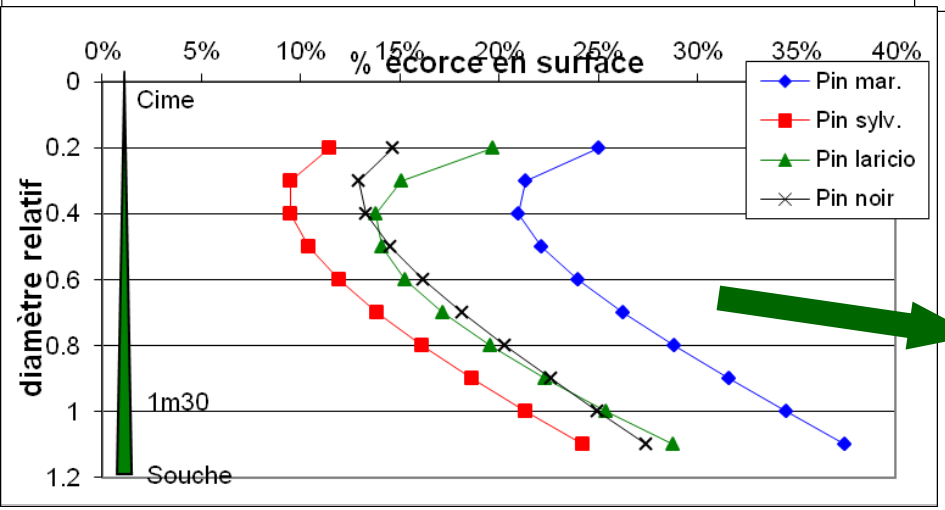
Quercus si découpe < 3*C13(



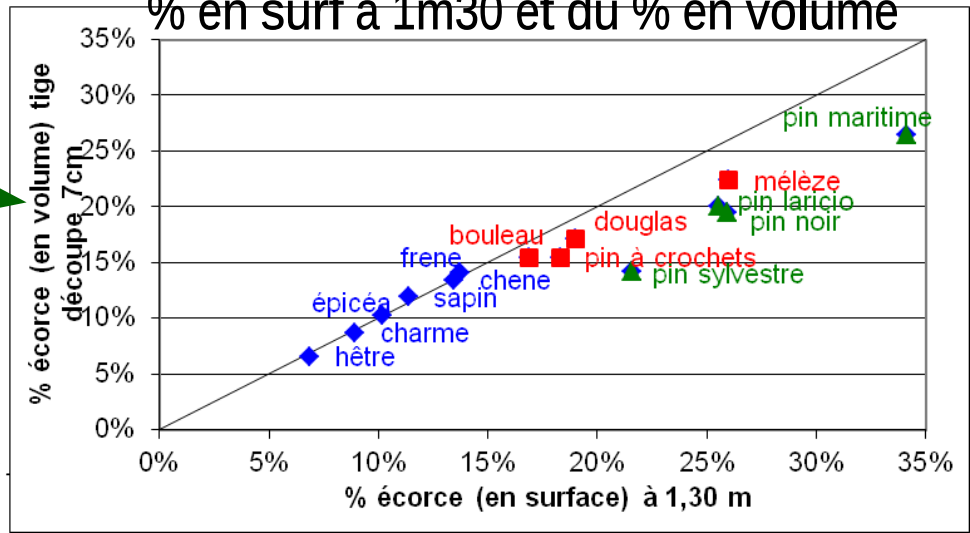
Le taux d'écorce dans une tige selon les essences





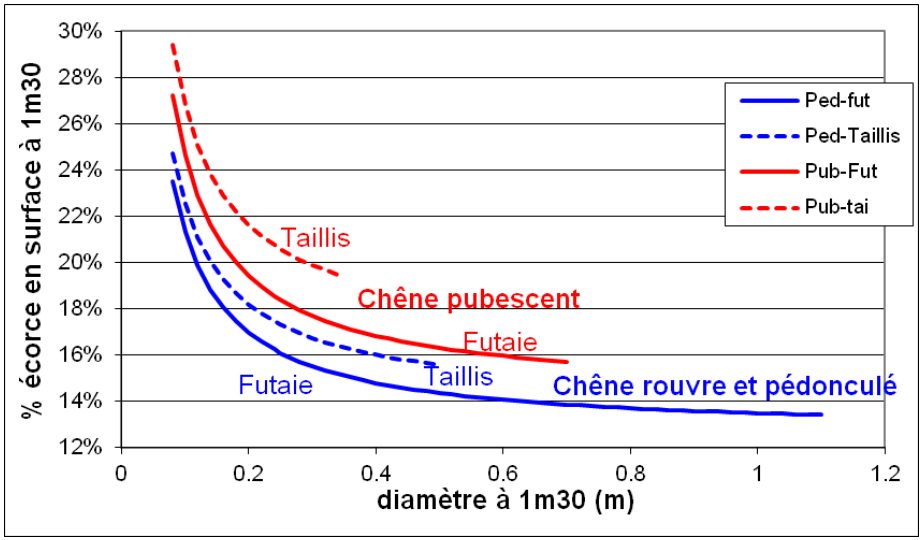


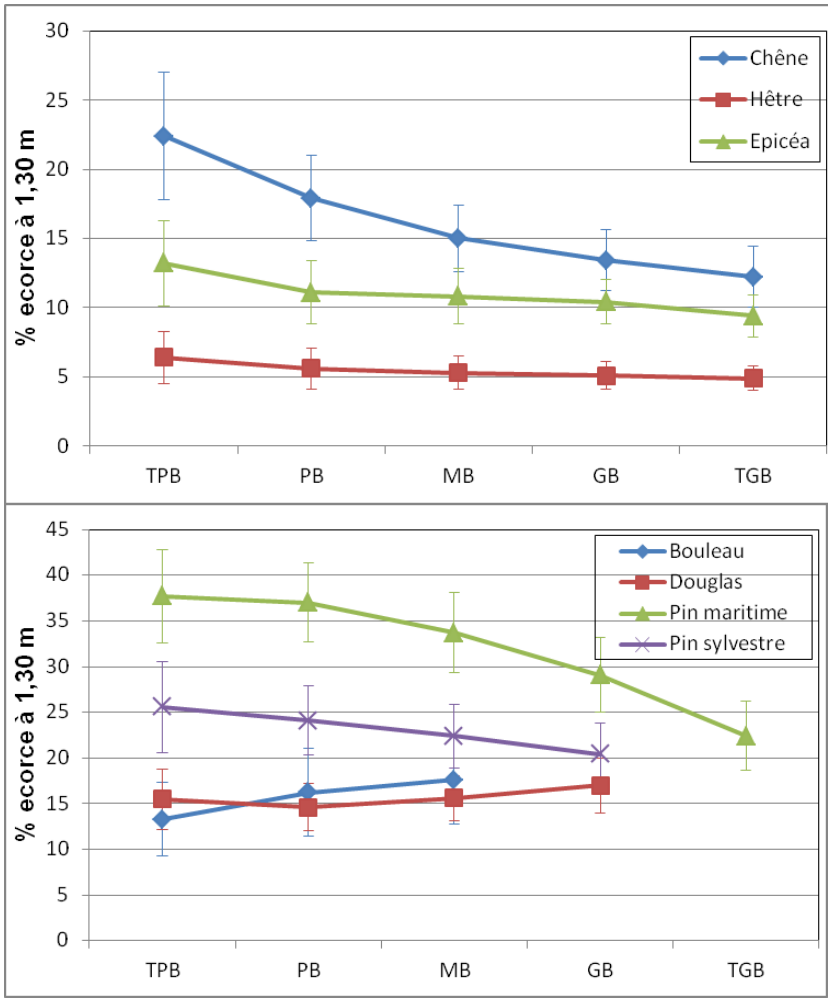
- Comparaison sur 12 000 arbres du % en surf à 1m30 et du % en volume



Variations du taux d'écorce à 1 m 30

- Taille de l'arbre
- Structure du peuplement

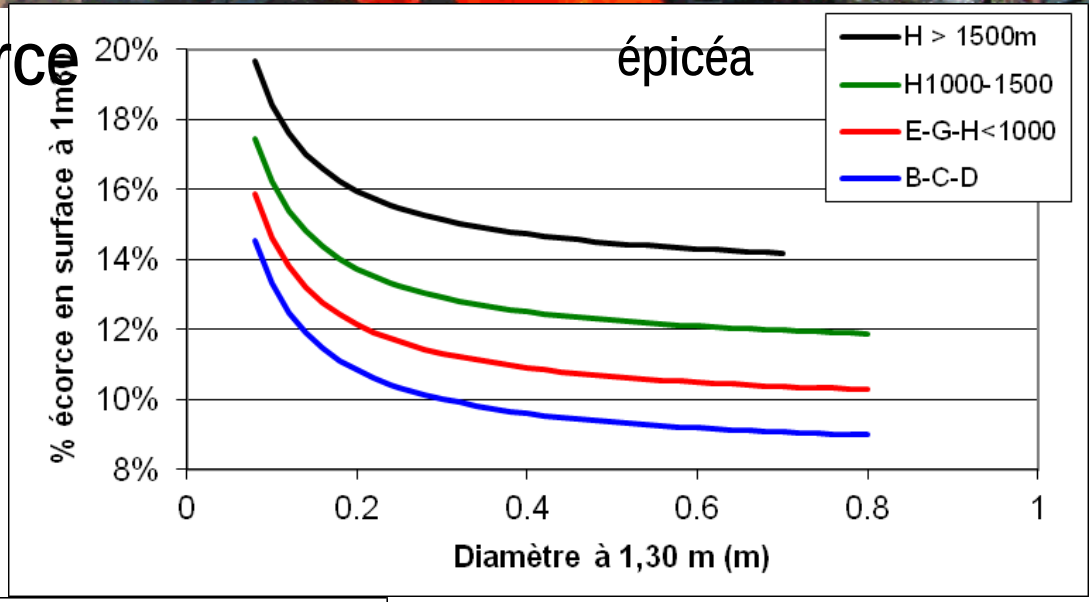


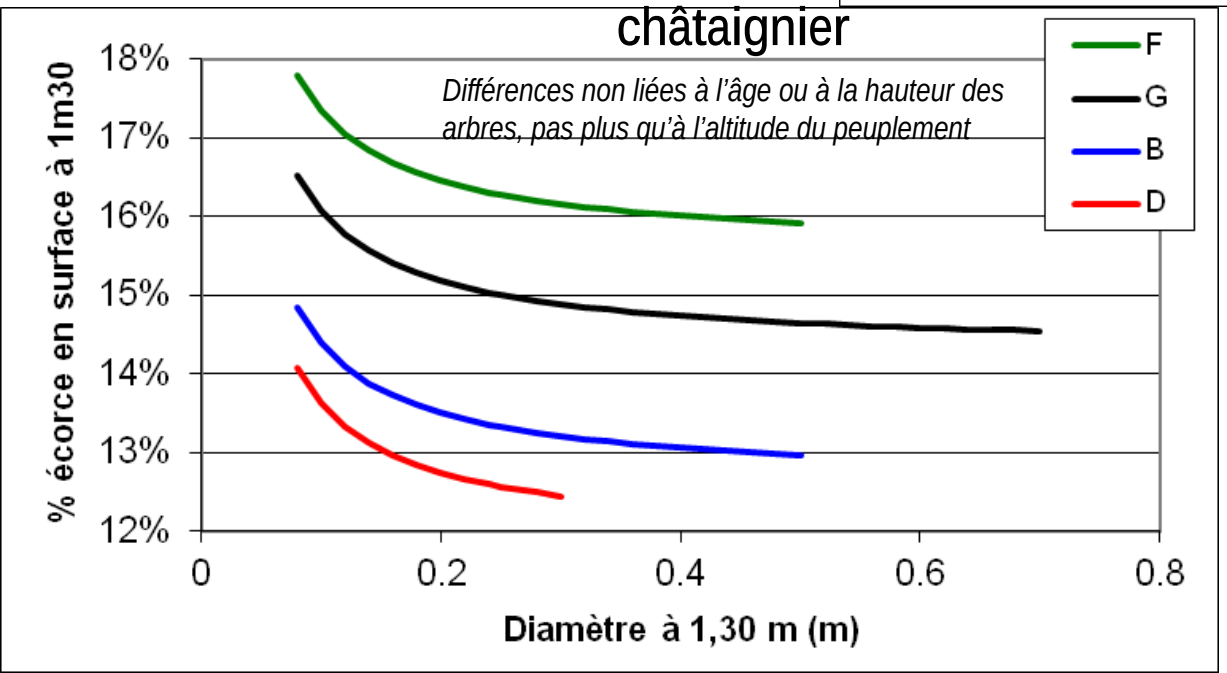


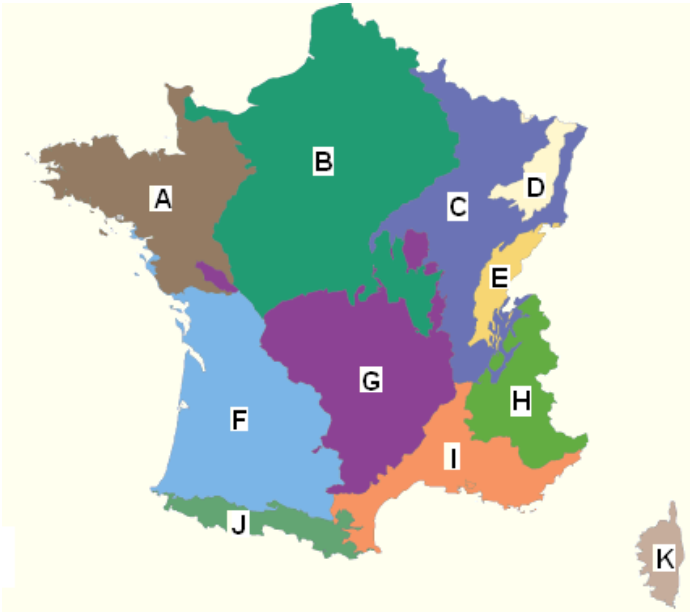
Attention pour pin maritime et pin sylvestre
% écorce tige < % écorce à 1,30 m

Variations du taux d'écorce

- Région / altitude

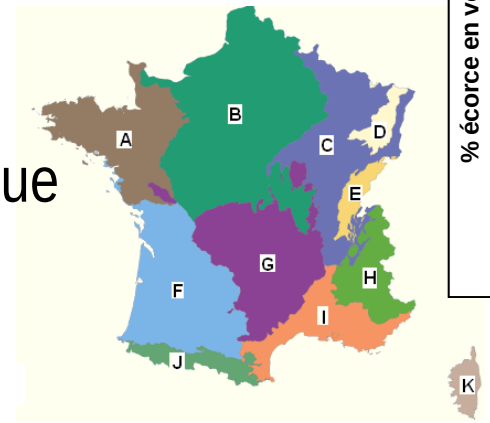


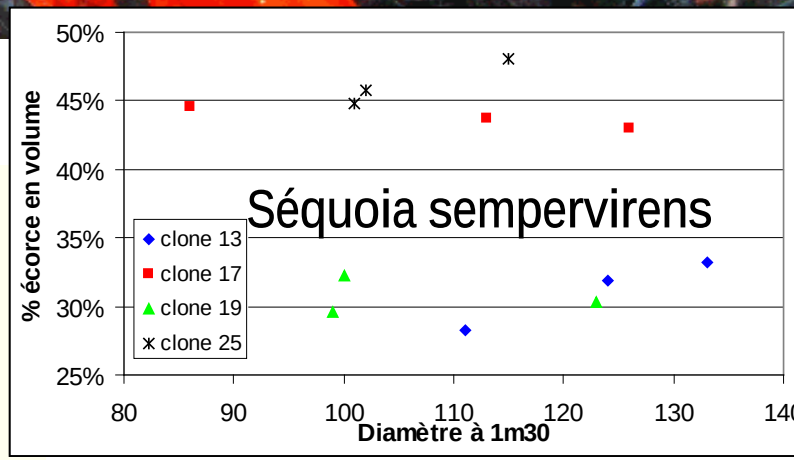




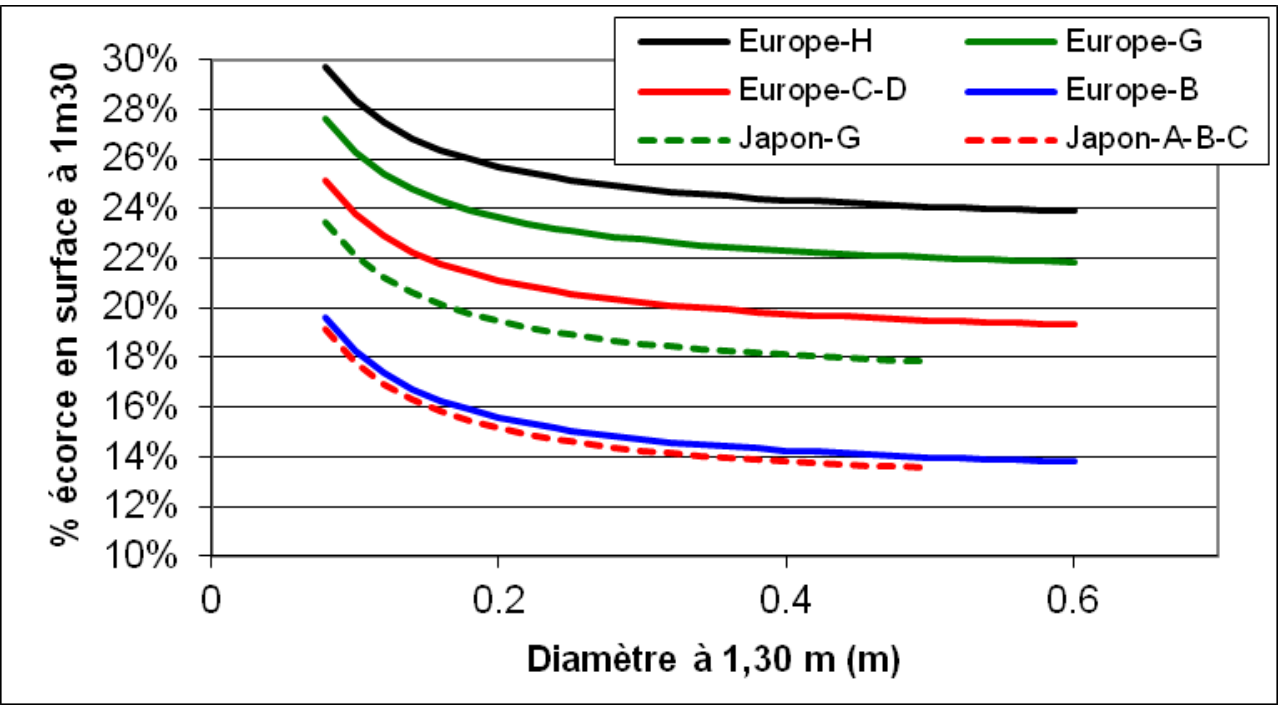
Variations du taux d'écorce

- Région
- Provenance/génétique





Mélèze Japon/Europe



Conclusions et perspectives

- Résultats
  - Avant tout la Bdd mise en partage (continuation du consortium)
  - Un dossier RDVT publié en 2013, un second en cours
  - Articles scientifiques (2013 : coef exp ; les autres à venir N°ASF)
- Méthodologie
  - Approche multi-essences sur toute la France
  - Plusieurs variables simultanément
  - Perspectives sur la formulation en volume cumulé (découpe en continu)
- Transfert en gestion
  - Analyse de la variabilité par lot
  - Application à faire en "diagnostics volumes"

Merci à tous...
David Benazech
Dominique Hergibo
Gérald Hoart
Bruno Simon
Arnaud Brunet
Rémi Gaignierre
Bénédicte Rochet
Jean-Yves Fraysse
Vincent Seigner
Pierre Gelhaye
Bénédicte Rollin
Gérard Perez
Gwénaëlle Gibaud
Aurélien Narbonne
Vincent Rousselet
Nancy Mendow
Benoît Bertin
Baptiste Ollier
Jérome Desviaux
Jean Gauvin
Thierry Fauconnier
Karine Javard
Aurélien Brochet
Abderhaman Laidani
Pascal George
Jean-Matthieu De Boissesson
Heino Passau
Viaphe Mouyengo
Charline Freyburger
Emmanuel Cornu
Jérôme Bock
Jérôme Piat
Thomas Torres
Frédéric Bordat
Philippe Desplanches
Jérôme Spriet
Pascal Pretot
Thibaud Lombart
Adeline Motz
Sandrine Perret
Frédéric Mothe
Jean Ladier
Bernard Duval
Francis Melun
Fabrice Bonne
Christophe Périnot
Jean-Pierre Rousseau
Guillaume Lo
Frédéric Kaminski
Florence Vinit-Dunand
Alain Bubéla
Merci de votre attention