



Atelier régional de validation Brazzaville du 23 au 24 avril 2014

Session 2

présentation de la méthodologie régionale

Caractéristiques du modèle désiré

Consortium



Caractéristiques du modèle désiré

1. Objectifs et approche méthodologique
2. Données utilisées
3. Tests de prédiction et discussion
4. Ajustement de modèles et discussion
5. Stratégie d'échantillonnage

Caractéristiques du modèle désiré

1. Objectifs et approche méthodologique

Objectifs :

- quantifier et apprécier l'erreur de prédiction des équations disponibles ;
- analyser la relation modèle-données par rapport aux résultats de prédiction ;
- répondre aux questionnements suivant:
 - quel modèle et quel prédicteur permettent un meilleur ajustement des données de biomasse?
 - Quel effort d'échantillonnage? (taille, répartition des arbres dans les classes de diamètre, diamètre maximum, etc.)

Caractéristiques du modèle désiré

1. Objectifs et approche méthodologique

Méthode

Les méthodes pour établir des équations allométriques sont relativement standardisées notamment avec Brown et al. (1989), Chave et al. (2005), Vieilledent et al. (2012) à Madagascar, etc.

Un manuel de construction d'équations allométriques pour l'estimation du volume et de la biomasse des arbres est également disponible (Picard et al, 2012).

Caractéristiques du modèle désiré

1. Objectifs et approche méthodologique
- 2. Données utilisées**
3. Tests de prédiction et discussion
4. Ajustement de modèles et discussion
5. Stratégie d'échantillonnage

Caractéristiques du modèle désiré

2. Données utilisées

Deux types de données sont utilisées:

Données de biomasse destructives du bassin du Congo

Auteurs	Pays	Type de forêt	n	ne	GD (cm)
Djomo <i>et al.</i> (2010)	Cameroun	Sempervirente	71	31	1,4-9,1 et 3 arbres de 19 ; 26,7 et 79,4
Ebuyi <i>et al.</i> (2011)	RDC	Transition	12	3	24,4-52,2
Fayolle <i>et al.</i> (2013)	Cameroun	Transition	137	47(*)	5,3-198,5
Ngomanda <i>et al.</i> (2014)	Gabon	Transition	101	10	11,8-109,4
Henry <i>et al.</i> (2010)	Ghana	Sempervirente	41	16	2,6-180

Soit 362 données de mesures de biomasse avec diamètre et densité de bois et 225 avec diamètre, hauteur et densité de bois.

Caractéristiques du modèle désiré

2. Données utilisées

Données d'inventaires forestiers

19 parcelles permanentes de 1 ha du Central African Regional Programme for the Environment (CARPE) avec l'assistance de Smithsonian Institution.

Dzanga Sangha en **RCA** (5 parcelles)

Monts de Cristal (5 parcelles), Waka (5 parcelles) au **Gabon**

Nouabale Ndoki (4 parcelles) au **Congo**

8 643 données de dbh et espèces

Données de densité du bois (Zanne et al., 2009)

Caractéristiques du modèle désiré

1. Objectifs et approche méthodologique
2. Données utilisées
- 3. Tests de prédiction et discussion**
4. Ajustement de modèles et discussion
5. Stratégie d'échantillonnage

Caractéristiques du modèle désiré

3. Tests de prédiction et discussion

Equations testées

Huit équations allométriques établies dans le bassin du Congo;

Deux de Chave et al. 2005 de type « moist »;

Deux de Chave et al. 2005 de type « wet ».

Soit: 12 équations

Critères d'évaluation de la qualité de prédiction:

- ***RMSE***
- ***RMAE%***

Caractéristiques du modèle désiré

3. Tests de prédiction et discussion

Résultats des tests de prédiction

[Tableau 4](#)

Caractéristiques du modèle désiré

3. Tests de prédiction et discussion

Discussion

Equations construites avec de petits diamètres/diamètres moyens

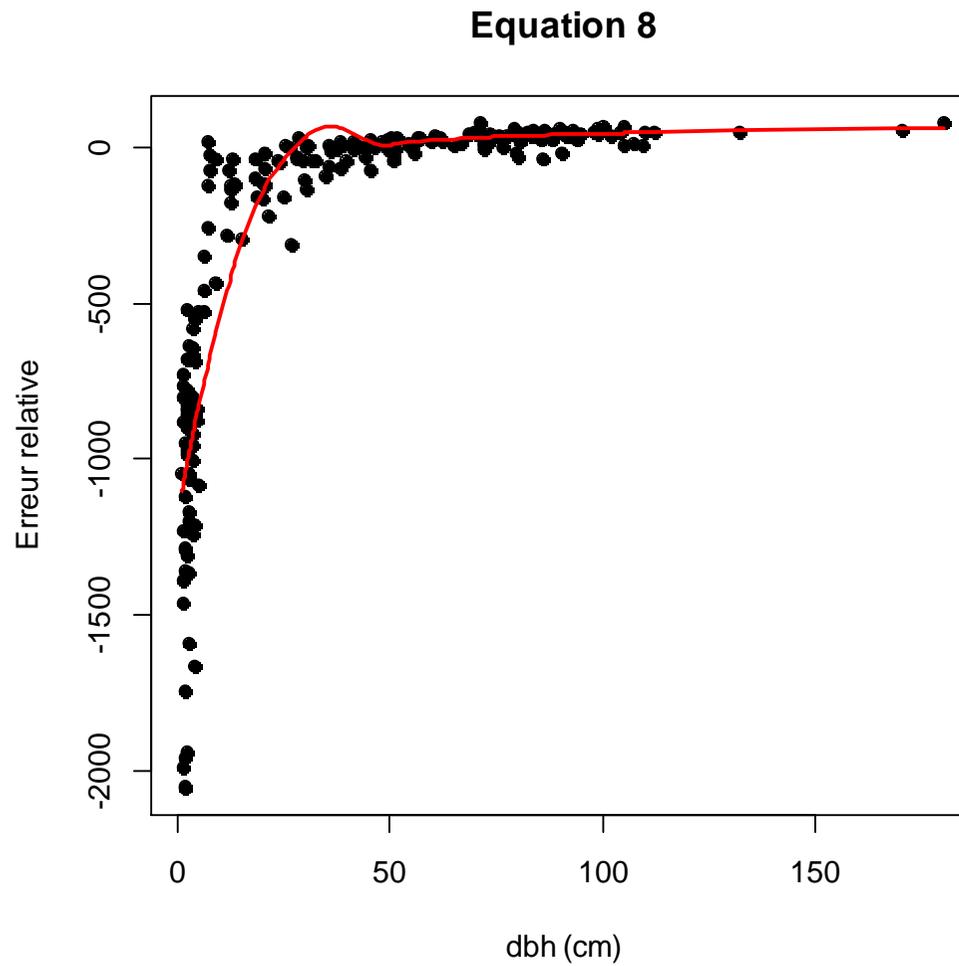


Figure 1. Erreur de prédiction en fonction du dbh pour l'équation de Ebuy et al. 2011.

Caractéristiques du modèle désiré

1. Objectifs et approche méthodologique
2. Données utilisées
3. Tests de prédiction et discussion
- 4. Ajustement de modèles et discussion**
5. Stratégie d'échantillonnage

Caractéristiques du modèle désiré

4. Ajustement de modèles et discussion

Modèles d'ajustement

23 [modèles](#) ont été ajustés répartis en 4 catégories

Modèle de base :

$$\ln(B) = \ln(\beta_0) + \beta_1 \ln(X_1) + \dots + \beta_p \ln(X_p) + \ln(\varepsilon)$$

Critères d'évaluation de la qualité d'ajustement:

R², RSE et AIC

Caractéristiques du modèle désiré

4. Ajustement de modèles et discussion

Résultats d'ajustement et discussion

- Les prédicteurs les plus importants sont par ordre le diamètre, la densité du bois et la hauteur;
- *Données locales de densité du bois sont rarement disponibles, d'où la nécessité de valider l'utilisation des bases de données internationales existantes. (ex: Zanne et al., 2009)*

Caractéristiques du modèle désiré

1. Objectifs et approche méthodologique
2. Données utilisées
3. Tests de prédiction et discussion
4. Ajustement de modèles et discussion
- 5 . Stratégie d'échantillonnage

Caractéristiques du modèle désiré

5 . Stratégie d'échantillonnage

Cette section permet de répondre aux questions suivantes:

- Taille de l'échantillon d'arbres requise?
- Distribution de l'échantillon dans les classes de diamètres?
- Quel est le diamètre maximum de l'échantillon pour une précision donnée?

Méthode statistique

Evolution du coefficient de variation (CV%)

Modèle allométrique utilisé

Données d'établissement (simulation de 1000 échantillons)

Données de prédiction

Caractéristiques du modèle désiré

5 . Stratégie d'échantillonnage

Taille de l'échantillon d'arbres

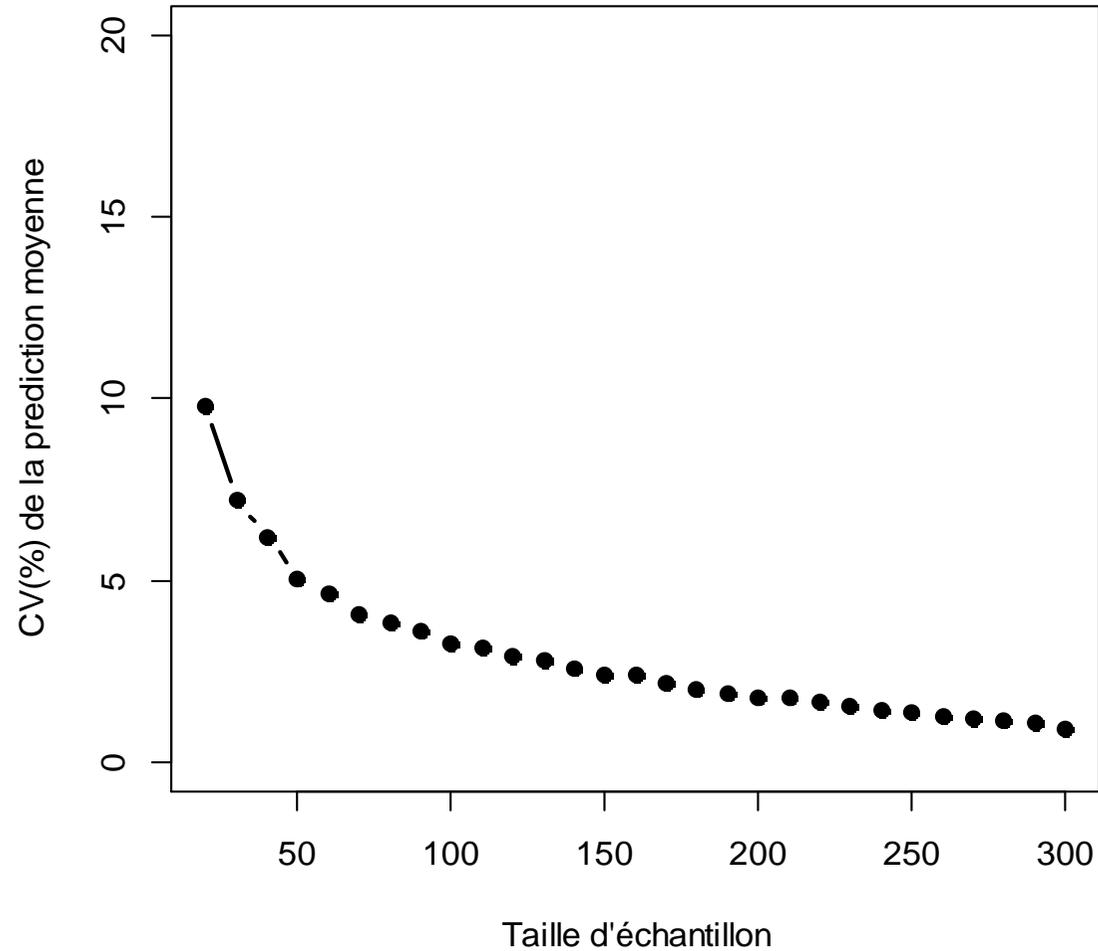


Figure 2. Evolution du coefficient de variation (CV%) en fonction de la taille de l'échantillon d'arbres indépendamment de la structure diamétrique .

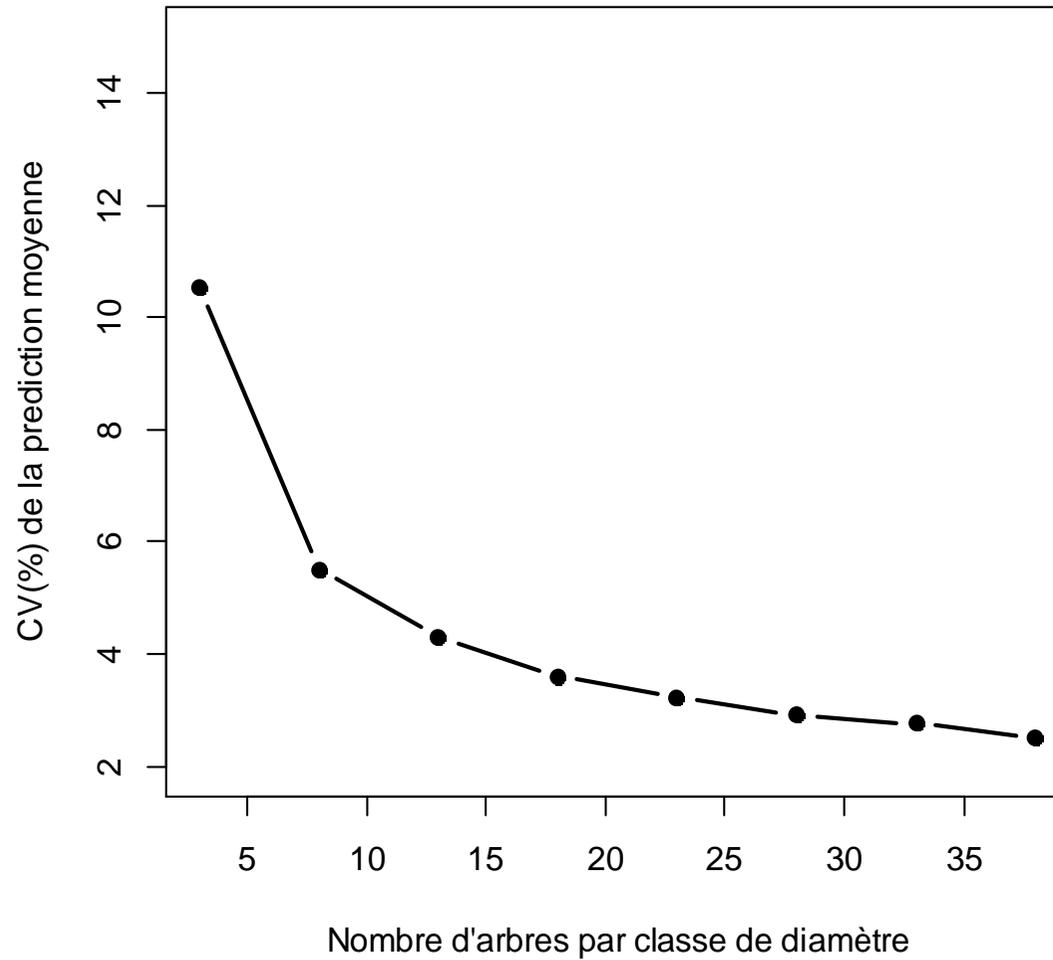


Figure 3. Evolution du coefficient de variation de la prédiction moyenne en fonction de la répartition égale du nombre d'arbres par classe de diamètre

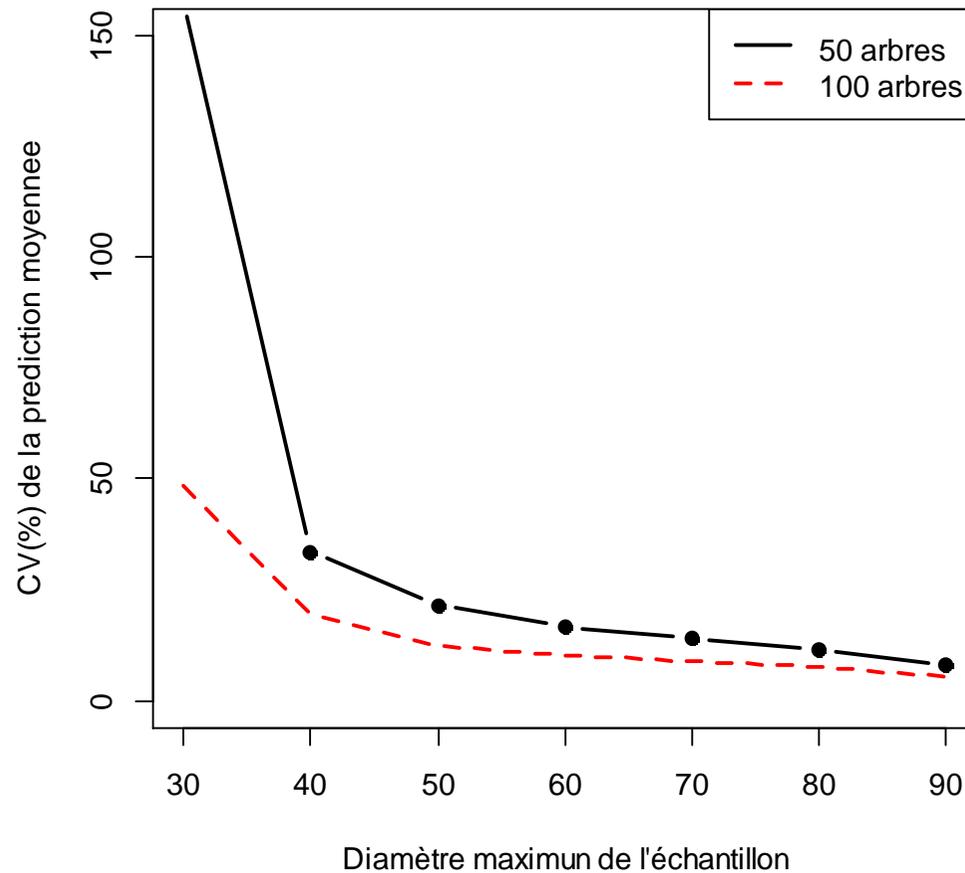


Figure 4. Evolution du coefficient de variation de la prédiction moyenne en fonction du diamètre maximum des données d'ajustement pour des échantillons de 50 et 100 arbres.

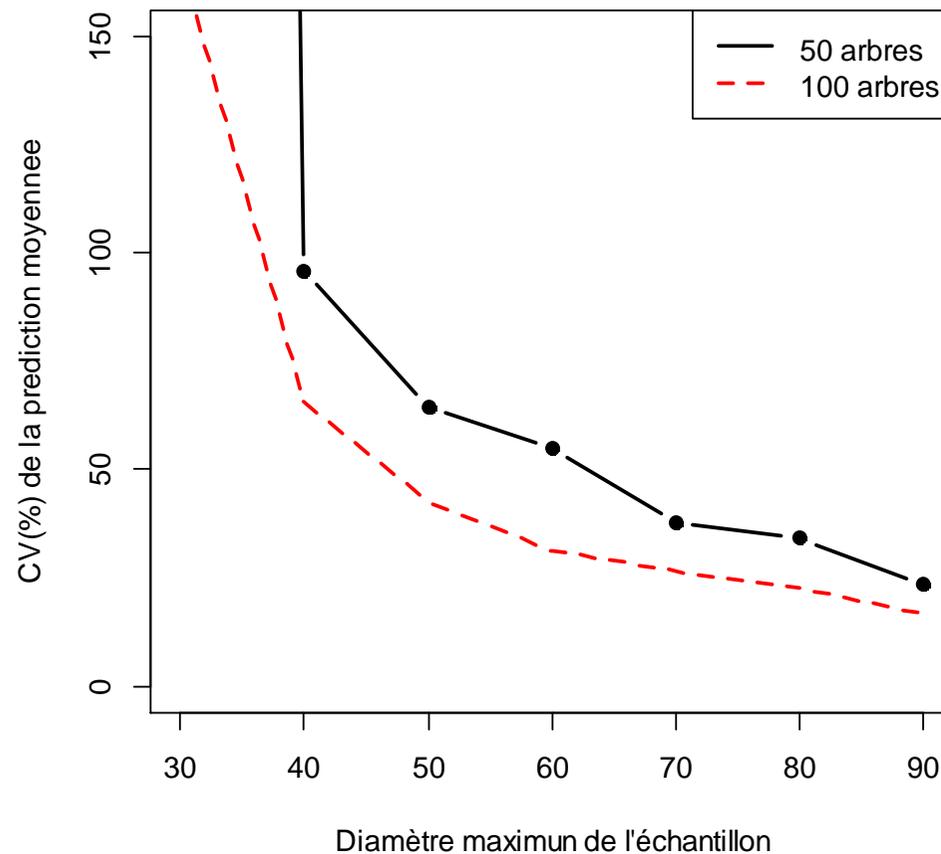


Figure 5. Evolution du coefficient de variation de la prédiction moyenne des arbres de diamètre supérieur aux Dmax d'ajustement de l'équation de prédiction pour des échantillons de 50 et 100 arbres

Caractéristiques du modèle désiré

5 . Stratégie d'échantillonnage

Recommandations

- ✓ Taille minimum requise: 100 et plus
appropriée: 120-130
- ✓ Répartition uniforme pour couvrir une large gamme de diamètre
- ✓ Pour les gros arbres: 90 cm au mieux 150 cm voir 180 cm.



Atelier régional de validation Brazzaville du 23 au 24 avril 2014

présentation de la méthodologie régionale

Merci pour votre attention

Consortium



Tableau 1. Equations allométriques multi-espèces locales basées sur une revue de la littérature et équations pantropicales de Chave *et al.* d'estimation de la biomasse totale (B) en kg, D le diamètre en cm, H la hauteur totale en m, ρ la densité du bois en g/cm^3 , \ln la fonction du logarithme népérien, exp la fonction exponentielle ; $ncal$ et n' sont les tailles de calcul des paramètres et des valeurs prédites respectivement.

N°	Auteurs	Equations allométriques	Pays	$ncal$	n'
un seul prédicteur : D					
1	Djomo <i>et al.</i> (2010)	$B = \exp(-1,9967 + 2,3924 \times \ln D)$	Cameroun	91	291
deux prédicteurs : D et H					
2	Djomo <i>et al.</i> (2010)	$B = \exp(-2,9946 + 0,9317 \ln(D^2 H))$	Cameroun	91	154
deux prédicteurs : D et ρ					
3	Ngomanda <i>et al.</i> (2014)	$B = \exp[-4,0596 + 4,0624 \ln D - 0,228(\ln D)^2 + 1,4307 \ln \rho]$	Gabon	101	261
4	Fayolle <i>et al.</i> (2013)	$B = \rho \times \exp(-1,183 + 1,940 \ln D + 0,239(\ln D)^2 - 0,0285(\ln D)^3)$	Cameroun	137	225
5	Djomo <i>et al.</i> (2010)	$B = \exp(-1,8623 + 2,4023 \ln D - 0,3414 \ln \rho)$		91	291
6	Chave <i>et al.</i> (2005)	$B = \rho \times \exp(-1,499 + 2,148 \ln D + 0,207(\ln D)^2 - 0,028(\ln D)^3)$	Pantropica 	1506	362
trois prédicteurs : D, ρ et H					
7	Ngomanda <i>et al.</i> (2014)	$B = \exp[-2,5680 + 0,9517 \ln(D^2 H) + 1,189 \ln \rho]$	Gabon	101	124
8	Ebuy <i>et al.</i> (2011)	$B = 1,603 \times (\rho D^2 H)^{0,657}$	RDC	12	213
9	Djomo <i>et al.</i> (2010)	$B = \exp(-2,4360 + 0,1399 (\ln D)^2 + 0,7373 \ln(D^2 H) + 0,2790 \ln \rho)$	Cameroun	91	154
10	Chave <i>et al.</i> , 2005	$B = 0,0509 \times (\rho \times D^2 \times H)$	Pantropica 	1348	225
Equations de type « wet » de Chave <i>et al.</i>					
trois prédicteurs : D, ρ et H					
11	Chave <i>et al.</i> , 2005	$B = \rho \times \exp(-1,239 + 1,980 \ln D + 0,207(\ln D)^2 - 0,028(\ln D)^3)$	Pantropica 	420	
deux prédicteurs : D et ρ					
12	Chave <i>et al.</i> , 2005	$B = 0,0776 \times (\rho \times D^2 \times H)$	Pantropica 	143	

Tableau 1. Présentation des différents modèles d'équation d'estimation de la biomasse aérienne totale (B) en kg ; D le diamètre en cm, H la hauteur totale en m, ρ la densité du bois en g/cm³, ln la fonction du logarithme népérien

N° Equation	Modèle
	un seul prédicteur : D
Eq1	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D)$
Eq2	$B = \alpha + \beta_1 \times D + \beta_2 \times D^2$
Eq3	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times (\ln(D))^2$
Eq4	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times (\ln(D))^2 + \beta_3 \times (\ln(D))^3$
	deux prédicteurs : D et H
Eq5	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times \ln(H)$
Eq6	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times (\ln(D))^2 + \beta_2 \times \ln(H)$
Eq7	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D \times H)$
Eq8	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D^2 \times H)$
	deux prédicteurs : D et ρ
Eq9	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \ln(\rho)$
Eq10	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times \ln(\rho)$
Eq11	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times (\ln(D))^2 + \ln(\rho)$
Eq12	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times (\ln(D))^2 + \beta_3 \times \ln(\rho)$
Eq13	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times (\ln(D))^2 + \beta_3 \times (\ln(D))^3 + \ln(\rho)$
Eq14	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times (\ln(D))^2 + \beta_3 \times (\ln(D))^3 + \beta_4 \ln(\rho)$
	trois prédicteurs : D, ρ et H
Eq15	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(\rho \times D^2 \times H)$
Eq16	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times \ln(H) + \beta_3 \times \ln(\rho)$
Eq17	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D^2 \times \rho) + \beta_2 \times \ln(H)$
Eq18	$\ln(AGB) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D^2 \times H) + \beta_2 \times \ln(\rho)$
Eq19	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times \ln(\rho \times D^2 \times H)$
Eq20	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times (\ln(D^2 \times H)) + \beta_3 \times \ln(\rho)$
Eq21	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times (\ln(D^2 \times \rho)) + \beta_3 \times \ln(H)$
Eq22	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times (\ln(D))^2 + \beta_2 \times (\ln(D))^3 + \beta_3 \times \ln(D^2 \times H) + \beta_4 \ln(\rho)$
Eq23	$\ln(B) = \alpha + \beta_1 \times \ln(D) + \beta_2 \times (\ln(D))^2 + \beta_3 \times (\ln(D))^3 + \beta_4 \times \ln(H) + \beta_5 \times \ln(\rho)$

Tableau 1. Valeurs des paramètres d'évaluation de la qualité prédictive des équations allométriques existantes $RMSE_p$ (erreur quadratique moyenne de prédiction) et $RMAE_p$ (erreur absolue relative moyenne de prédiction)

N°	$RMSE_p$	$RMAE_p$	N% pour différents seuils				
			10	20	30	40	50
<i>un seul prédicteur : D</i>							
1	5585,59	36,63	9,9	21,3	37,8	60,4	76,9
<i>deux prédicteurs : D et H</i>							
2	3610,01	32,98	14,9	33,11	51,9	70,1	83,7
<i>deux prédicteurs : D et ρ</i>							
3	5074,06	35,8	11,1	31	51,7	65,5	73,9
4	2450,57	45,07	20,4	36	51,1	59,1	67,1
5	4855,27	38,5	23,7	41,2	58,4	67,6	76,2
6	2501,70	32,45	30,3	48,8	65,4	73,4	80,8
<i>trois prédicteurs : D, ρ et H</i>							
7	2872,80	41,78	19,3	41,12	53,2	64,5	73,3
8	4538,67	360,49	11,2	19,2	25,3	38,4	47,8
9	9844,2	66,53	7,1	25,3	35,7	43,5	51,2
10	1979,57	40,44	19,1	38,2	54,6	67,5	75,1
<i>Equations pantropicales de type « Wet »</i>							
11	4767,7	32,35	14,1	32,0	56,6	74,0	83,9
12	4860,65	96,38	1,7	8,9	15,5	22,6	28,0

N°	Equations	R ²	R ² -Ajust	AIC	RSE
<i>un seul prédicteur : D</i>					
EQ1	$\log(B) = -2,2400 + 2,5444 * \log(D)$	0,9841	0,9841	372,1	0,4040
EQ2	$B = 646,3419 - 74,7463 * D + 2,0928 * D^2$	0,8390	0,8381	6887,3	3520,6820
EQ3	$\log(B) = -2,3490 + 2,6510 * \log(D) - 0,0195 * (\log(D))^2$	0,9842	0,9841	372,2	0,4036
EQ4	$\log(B) = -1,9779 + 2,0205 * \log(D) + 0,2399 * (\log(D))^2 - 0,0306 * (\log(D))^3$	0,9845	0,9844	367,6	0,4004
<i>deux prédicteurs : D et densité</i>					
EQ9	$\log(B) = -1,7861 + 2,5502 * \log(D) + \log(\rho)$	0,9886	0,9886	253,6	0,3426
EQ10	$\log(B) = -1,8397 + 2,5495 * \log(D) + 0,8819 * \log(\rho)$	0,9887	0,9886	253,0	0,3418
EQ11	$\log(B) = -2,0441 + 2,8024 * \log(D) - 0,0462 * (\log(D))^2 + \log(\rho)$	0,9891	0,9890	240,8	0,3360
EQ12	$\log(B) = -2,0668 + 2,7912 * \log(D) - 0,0442 * (\log(D))^2 + 0,9255 * \log(\rho)$	0,9891	0,9890	241,7	0,3360
EQ13	$\log(B) = -1,7507 + 2,3041 * \log(D) + 0,1588 * (\log(D))^2 - 0,0242 * (\log(D))^3 + \log(\rho)$	0,9892	0,9891	236,8	0,3337
EQ14	$\log(B) = -1,7696 + 2,2805 * \log(D) + 0,1656 * (\log(D))^2 - 0,0248 * (\log(D))^3 + 0,9169 * \log(\rho)$	0,9893	0,9891	237,5	0,3336
<i>deux prédicteurs : et D et H</i>					
EQ5	$\log(B) = -2,9146 + 2,0897 * \log(D) + 0,6784 * \log(H)$	0,9876	0,9875	231,6	0,4031
EQ6	$\log(B) = -2,5694 + 0,2668 * (\log(D))^2 + 1,7029 * \log(H)$	0,9728	0,9726	405,7	0,5966
EQ7	$\log(B) = -3,7388 + 1,5337 * (\log(D * H))$	0,9830	0,9829	299,3	0,4705
EQ8	$\log(B) = -3,1898 + 0,9559 * (\log(D^2 * H))$	0,9871	0,9870	238,0	0,4099
<i>deux prédicteurs : D, densité et H</i>					
EQ15	$\log(B) = -2,7654 + 0,9575 * (\log(\rho * D^2 * H))$	0,9870	0,9869	239,8	0,4116
EQ16	$\log(B) = -2,3847 + 2,2457 * \log(D) + 0,4461 * \log(H) + 0,7006 * \log(\rho)$	0,9895	0,9893	196,8	0,3719
EQ17	$\log(B) = -2,1356 + 1,1383 * (\log(\rho * D^2)) + 0,3976 * \log(H)$	0,9887	0,9886	211,2	0,3850
EQ18	$\log(B) = -2,9919 + 0,9577 * (\log(H * D^2)) + 0,4671 * \log(\rho)$	0,9881	0,9880	222,2	0,3946
EQ19	$\log(B) = -2,5605 + 1,0538 * \log(D) + 0,5594 * (\log(H * D^2 * \rho))$	0,9894	0,9893	197,0	0,3729
EQ20	$\log(B) = -2,3847 + 1,3535 * \log(D) + 0,4461 * (\log(D^2 * H)) + 0,7006 * \log(\rho)$	0,9895	0,9893	196,8	0,3719
EQ21	$\log(B) = -2,3847 + 0,8444 * \log(D) + 0,7006 * (\log(D^2 * \rho)) + 0,4461 * \log(H)$	0,9895	0,9893	196,8	0,3719
EQ22	$\log(B) = -2,0492 + 0,4133 * (\log(D))^2 - 0,0508 * (\log(D))^3 + 0,5944 * (\log(D^2 * H)) + 0,5549 * \log(\rho)$	0,9891	0,9889	206,2	0,3790
EQ23	$\log(B) = -2,1773 + 1,9767 * \log(D) + 0,1669 * (\log(D))^2 - 0,0235 * (\log(D))^3 + 0,3734 * (\log(*H)) + 0,6993 * \log(\rho)$	0,9897	0,9894	196,5	0,3701