

Paramétrage de 3-PG pour les peuplements de sapin baumier et de peupliers hybrides

Pierre-Yves Tremblay

David Pothier



UNIVERSITÉ
LAVAL

Problématique et objectifs du projet

- Les modèles empiriques de production forestière sont limités (changements climatiques, évolution des pratiques sylvicoles)
- La création d'un nouveau modèle serait potentiellement longue et coûteuse
- Pourquoi ne pas adapter et tester un modèle ayant déjà fait ses preuves dans des plantations et des peuplements monospécifique équiéniens?

Présentation de 3-PG

- Physiological Principles in Predicting Growth (3-PG)
- Modèle semi-fonctionnel créé par Waring & Landsberg (1997)
- Relativement facile d'utilisation
- Flexible
- Développé pour des plantations

Run type: Single Site

Site: 59611
Species: DNM
Title: 1

Stand initialisation and site factor data		Climate data					Observed stand data:					Silvicultural events	
		Tmax	Tmin	Rain	Solar rad	Frost days	Stand age	Height (m)	DBH (cm)	Vol (m ³ /ha)	N	Age	FR
Month planned = June	Latitude = 45.5597	January	-6.3	-16.7	75.8	6.9	5	9.32	8.78	0.89	1000	1	0.83
Initial age = 1y 0m	Fertility rating = 0.6	Feb	-3.1	-10.0	55.4	10.4	8	12.77	12.79	45.56	1000	2	0.87
End age = 20	Atmospheric CO ₂ = 410	March	-1.7	-9.2	74.7	14.3	9.2	13.96	14.57	67.10	875	3	0.89
Initial WF = 0.07875	Soil class = SL	April	10.3	-0.4	87.0	19.2						4	0.90
Initial WR = 0.30625	Maximum ASW = 135	May	16.6	5.7	100.7	20.4						5	0.90
Initial WS = 0.2625	Minimum ASW = 0	June	21.5	10.3	112.2	20.0						6	0.90
Initial stocking = 875		July	24.7	13.9	119.4	19.0						7	0.90
Initial ASW = 135		Aug	23.3	12.3	114.0	16.7						8	0.89
Output frequency = a		Sep	18.6	7.7	84.2	12.6						9	0.88
		Oct	12.8	2.8	104.9	8.1						10	0.86
		Nov	4.5	-3.1	97.3	5.2						11	0.85
		Dec	-2.6	-11.4	100.9	5.4						12	0.84

output data : height

#Output from 3PGv2.7 / 3-PG van 1 Sep2009
Stand development for 59611

Year & month	Stand age	Stems	Foliage DM	Root DM	Stem DM	Stand volume	LAI	MAI	Mean DBH	Height
01-jan	1	875	0.07875	0.30625	0.2625	8.79245359	0.14738544	8.79245359	1.44740073	
02-jan	2	875	0.323661	1.00800864	2.67873799	24.4652722	0.36937043	12.2346361	4.22678545	7.47006898
03-jan	3	875	0.64267585	2.39548469	8.01592731	39.6705472	0.87456378	13.2235157	7.0101512	9.31610492
04-jan	4	875	0.93783538	4.24084569	16.1048317	53.9368507	1.31610396	13.4842127	9.66909856	10.7197008
05-jan	5	875	1.18440414	6.33452566	26.5183485	67.1927488	1.59701356	13.4386498	12.1716295	11.8516963
06-jan	6	875	1.38113494	8.5092215	38.8285699	79.4865046	1.73756531	13.2477508	14.5128391	12.7972139



Forest Ecology and Management 95 (1997) 209–228

Forest Ecology
and
Management

A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning

J.J. Landsberg ^{a,*}, R.H. Waring ^b

^a CSIRO Centre for Environmental Mechanics, P.O. Box 821, Canberra, A.C.T. 2614, Australia

^b Oregon State University, College of Forestry, Corvallis, OR 7331, USA

Accepted 22 January 1997

Fonctionnement de 3-PG

Stand initialisation and site factor data

Month planted = June
Initial age = 1y 0m
End age = 20
Initial WF = 0,0945
Initial WR = 0,3675
Initial WS = 0,315
Initial stocking = 1050
Initial ASW = 135

Latitude = 45,56
Fertility rating = 0,6
Atmospheric CO2 = 410
Soil class = SL
Maximum ASW = 135
Minimum ASW = 0

Output frequency : a

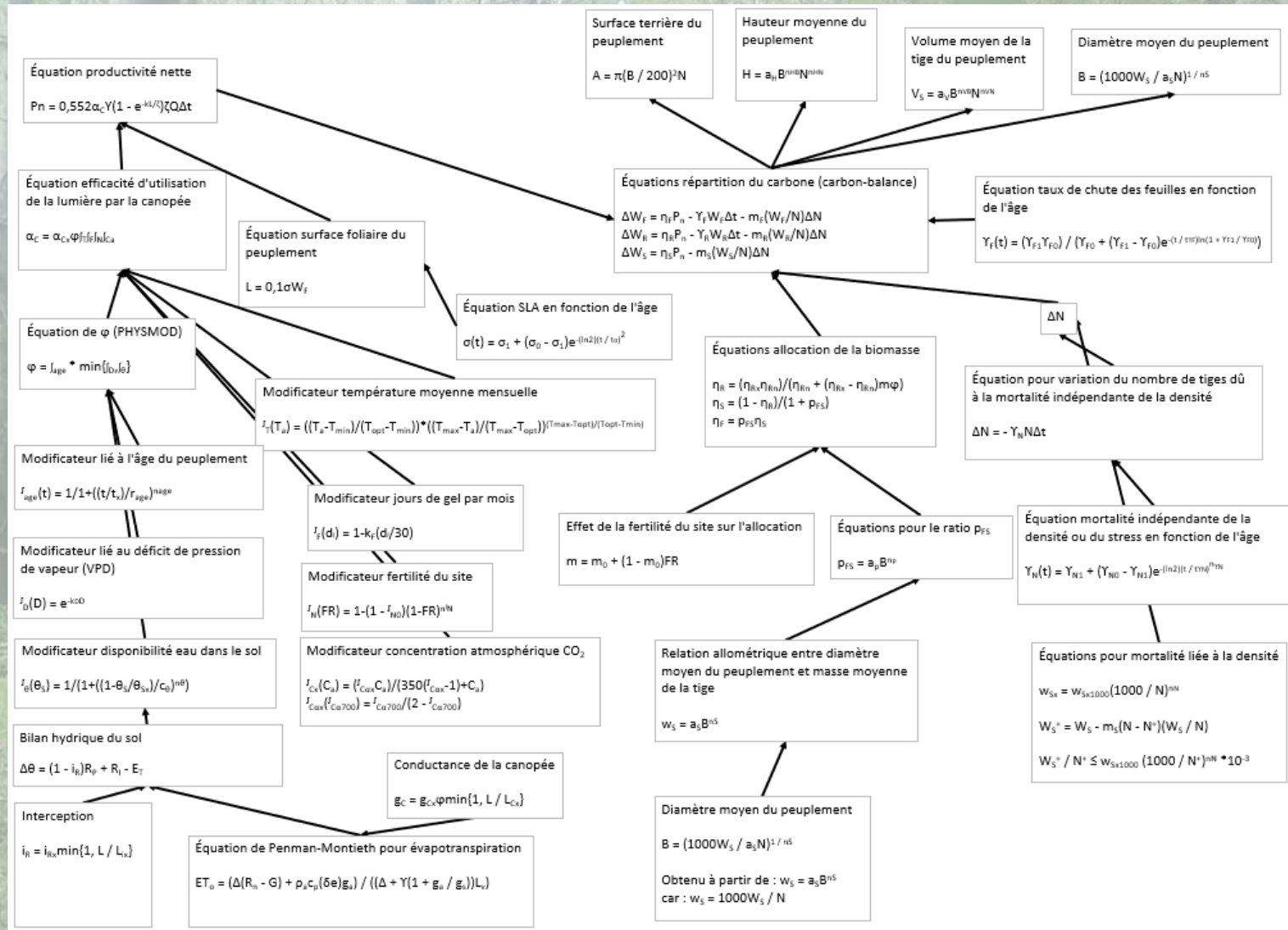
Climate data	Tmax	Tmin	Rain	Solar rad	Frost days
January	-6,3	-16,7	75,9	6,9	30,0
Feb	-3,1	-15,0	55,4	10,4	30,0
March	1,7	-9,2	74,8	14,3	30,0
April	10,3	-0,4	87,0	19,2	30,0
may	16,6	5,7	100,7	20,4	4,0
June	21,5	10,3	112,2	20,0	0,0
July	24,7	13,9	119,3	19,0	0,0
Aug	23,3	12,3	114,8	16,7	0,0
Sep	18,5	7,7	84,2	12,6	2,0
Oct	12,8	2,8	104,9	8,1	30,0
Nov	4,5	-3,1	97,4	5,2	30,0
Dec	-2,6	-11,4	100,9	5,4	30,0



Fonctionnement de 3-PG

- Modélise le bilan de carbone à l'échelle du peuplement mensuellement
 - 1) Mortalité
 - 2) Calcul de la production nette de biomasse
 - 3) Allocation de la biomasse entre racines, tige et feuillage
 - 4) Combine mortalité, production et allocation pour obtenir Δ biomasse de chaque compartiment
 - 5) Sorties du modèle (DHP, volume,...) obtenues à l'aide d'équations allométriques

Fonctionnement de 3-PG



Fonctionnement de 3-PG

Meaning/comments	Name	Units	E. globulus (S&L 2002)
Biomass partitioning and turnover			
Allometric relationships & partitioning			
Foliage:stem partitioning ratio @ D=2 cm	pFS2	-	1
Foliage:stem partitioning ratio @ D=20 cm	pFS20	-	0,15
Constant in the stem mass v. diam. relationship	aS	-	0,095
Power in the stem mass v. diam. relationship	nS	-	2,4
Maximum fraction of NPP to roots	pRx	-	0,8
Minimum fraction of NPP to roots	pRn	-	0,25
Litterfall & root turnover			
Maximum litterfall rate	gammaFx	1/month	0,027
Litterfall rate at t = 0	gammaF0	1/month	0,001
Age at which litterfall rate has median value	tgammaF	months	12
Average monthly root turnover rate	gammaR	1/month	0,015
NPP & conductance modifiers			
Temperature modifier (fT)			
Minimum temperature for growth	Tmin	deg. C	8,5
Optimum temperature for growth	Topt	deg. C	16
Maximum temperature for growth	Tmax	deg. C	40
Frost modifier (fFRost)			
Days production lost per frost day	kF	days	0
Soil water modifier (fSW)			
Moisture ratio deficit for $f_s = 0.5$	SWconst	-	0,7
Power of moisture ratio deficit	SWpower	-	9
Atmospheric CO2 modifier (fCO2)			
Assimilation enhancement factor at 700 ppm	fAlpha700	-	1,4
Canopy conductance enhancement factor at 700 ppm	fCg700	-	0,7
Fertility effects			
Value of 'm' when FR = 0	m0	-	0
Value of 'fNutr' when FR = 0	fN0	-	1
Power of (1-FR) in 'fNutr'	fNn	-	0
Age modifier (fAge)			
Maximum stand age used in age modifier	MaxAge	years	50
Power of relative age in function for fAge	nAge	-	4
Relative age to give fAge = 0.5	rAge	-	0,95

Stem mortality & self-thinning			
Mortality rate for large t	gammaNx	%/year	0
Seedling mortality rate (t = 0)	gammaN0	%/year	0
Age at which mortality rate has median value	tgammaN	years	0
Shape of mortality response	ngammaN	-	1
Max. stem mass per tree @ 1000 trees/hectare	wSx1000	kg/tree	300
Power in self-thinning rule	thinPower	-	1,5
Fraction mean single-tree foliage biomass lost per dead tree	mF	-	0
Fraction mean single-tree root biomass lost per dead tree	mR	-	0,2
Fraction mean single-tree stem biomass lost per dead tree	mS	-	0,2
Canopy structure and processes			
Specific leaf area			
Specific leaf area at age 0	SLA0	m ² /kg	11
Specific leaf area for mature leaves	SLA1	m ² /kg	4
Age at which specific leaf area = (SLA0+SLA1)/2	tSLA	years	2,5
Light interception			
Extinction coefficient for absorption of PAR by canopy	k	-	0,5
Age at canopy cover	fullCanAge	years	3
Maximum proportion of rainfall evaporated from canopy	MaxIntcptn	-	0,15
LAI for maximum rainfall interception	LAImaxIntcptn	-	0
Production and respiration			
Canopy quantum efficiency	alpha	molC/molPAR	0,06
Ratio NPP/GPP	Y	-	0,47
Conductance			
Minimum canopy conductance	MinCond	m/s	0
Maximum canopy conductance	MaxCond	m/s	0,02
LAI for maximum canopy conductance	LAIgxc	-	3,33
Defines stomatal response to VPD	CoeffCond	1/mBar	0,05
Canopy boundary layer conductance	BLcond	m/s	0,2
Wood and stand properties			
Branch and bark fraction (fracBB)			
Branch and bark fraction at age 0	fracBB0	-	0,75
Branch and bark fraction for mature stands	fracBB1	-	0,15
Age at which fracBB = (fracBB0+fracBB1)/2	tBB	years	2
Basic Density			
Minimum basic density - for young trees	rhoMin	t/m3	0,450
Maximum basic density - for older trees	rhoMax	t/m3	0,450
Age at which rho = (rhoMin+rhoMax)/2	tRho	years	4
Stem height			
Constant in the stem height relationship	aH	-	0
Power of DBH in the stem height relationship	nHB	-	0
Power of stocking in the stem height relationship	nHN	-	0

Stem volume			
Constant in the stem volume relationship	aV	-	0
Power of DBH in the stem volume relationship	nVB	-	0
Power of stocking in the stem volume relationship	nVN	-	0
Conversion factors			
Intercept of net v. solar radiation relationship	Qa	W/m2	-90
Slope of net v. solar radiation relationship	Qb	-	0,8
Molecular weight of dry matter	gDM_mol	gDM/mol	24
Conversion of solar radiation to PAR	molPAR_MJ	mol/MJ	2,3

Analyse de sensibilité

- Identification des paramètres ayant une forte influence sur les sorties du modèle
- Permet de concentrer les efforts
- Selon une méthode par Esprey et al. (2004) faisant varier les paramètres un à un
- Valeurs de référence des paramètres tirés de Headlee et al. (2013)



ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com



Forest Ecology and Management 193 (2004) 235–250

Forest Ecology
and
Management

www.elsevier.com/locate/foreco

Understanding 3-PG using a sensitivity analysis

L.J. Esprey^{a,*}, P.J. Sands^b, C.W. Smith^a

^aInstitute for Commercial Forestry Research, P.O. Box 100281, Scottsville, 3209, South Africa

^bCRC for Sustainable Production Forestry and CSIRO Forestry and Forest Products,
Private Bag 12, Hobart, Tasmania 7001, Australia

Bioenerg. Res. (2013) 6:196–210
DOI 10.1007/s12155-012-9251-x

Using a Process-Based Model (3-PG) to Predict and Map Hybrid Poplar Biomass Productivity in Minnesota and Wisconsin, USA

William L. Headlee • Ronald S. Zalesny Jr. •
Deahn M. Donner • Richard B. Hall

Published online: 8 September 2012
© Springer Science+Business Media, LLC 2012

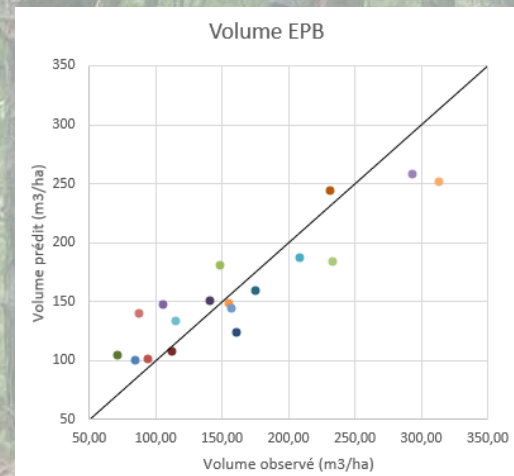
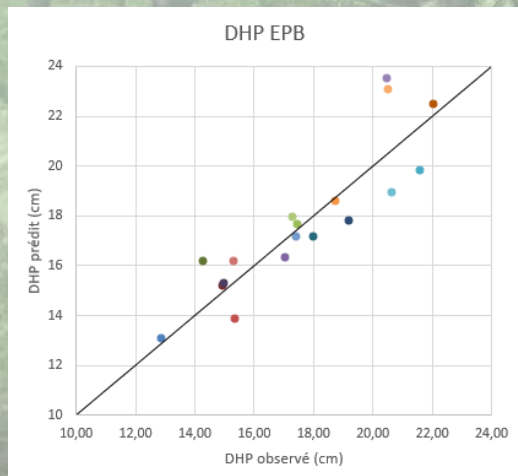
Travaux terrain

- Travaux réalisés sur les terres de Domtar (Beauce et Estrie) et à la forêt Montmorency
- Abattage de tiges de tailles variables (DHP ~9-26 cm)
 - Détermination du volume marchand
 - Mesure de la hauteur
 - Prise d'échantillons de bois, branches et feuillage
- Remesurage de quelques placettes permanentes
- Mesurage de l'indice de surface foliaire (LAI-2200C)



Ajustement du modèle

- Utilisation des données des placettes permanentes pour initier des simulations
- Comparaison des sorties de 3-PG aux valeurs observées de la base de données
- Ajustement de certains paramètres pour réduire le biais



BIAIS							
Height (m)	DBH (cm)	Vol (m3/ha)	wF (t/ha)	wR (t/ha)	wS (t/ha)	Total DM (t/ha)	Stems
0,20	-0,20	-0,03	0,11	-0,31	-13,93	-14,29	1,84
1,44	-1,10	-0,02	1,24	-1,38	-11,45	-9,30	0,14 %

RMSEP							
Height (m)	DBH (cm)	Vol (m3/ha)	wF (t/ha)	wR (t/ha)	wS (t/ha)	Total DM (t/ha)	Stems
1,70	1,35	31,06	2,94	5,84	24,47	30,08	313,79
11,77	7,64	19,44	31,46	26,22	22,70	21,58	24,30 %

Résultats PEH

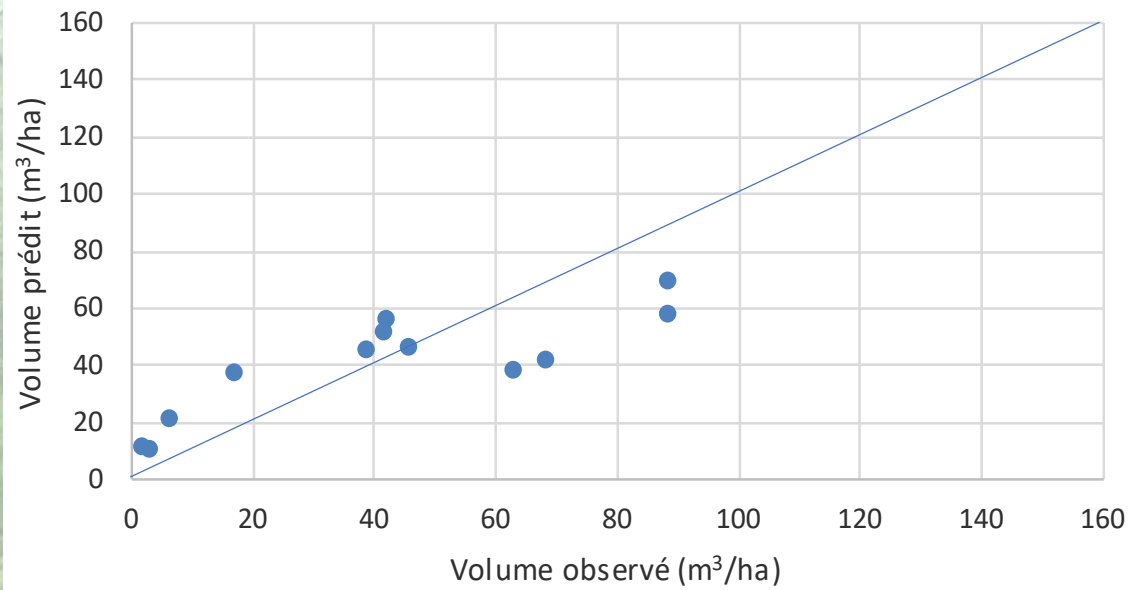
- Paramètres semblables entre les deux clones de PEH
- Différences principalement du côté de l'allométrie (allocation de la biomasse)
- Les sorties du modèle ont un biais

Variable	DNxM		MxB	
	Biais	EQM	Biais	EQM
Hauteur (m)	0,71	1,21	0,95	1,69
DHP (cm)	1,24	1,61	1,79	2,25
Volume (m ³ /ha)	0,98	17,53	-0,43	15,44

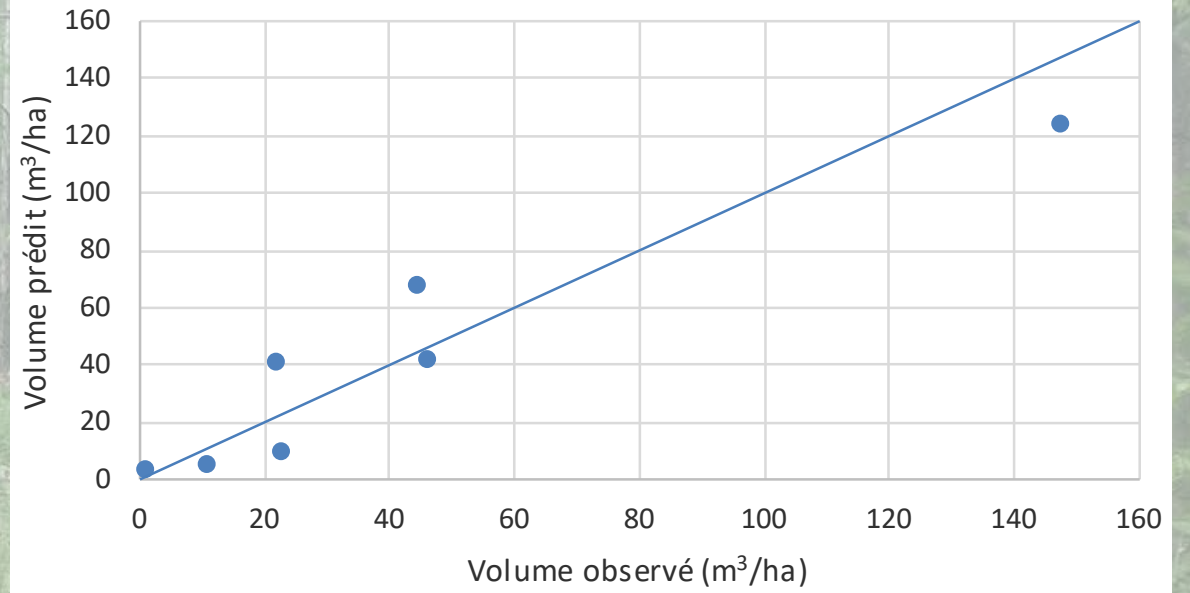
Meaning/comments	Name	Units	PEH-MxB (915311)	PEH-DNxM (915508)
Biomass partitioning and turnover				
Allometric relationships & partitioning				
Foliage:stem partitioning ratio @ D=2 cm	pFS2	-	0,9	0,75
Foliage:stem partitioning ratio @ D=20 cm	pFS20	-	0,17	0,12
Constant in the stem mass v. diam. relationship	aS	-	0,001398	0,000355
Power in the stem mass v. diam. relationship	nS	-	3,657377	4,122444
Maximum fraction of NPP to roots	pRx	-	0,7	0,7
Minimum fraction of NPP to roots	pRn	-	0,3	0,3

Résultats PEH

DNxM



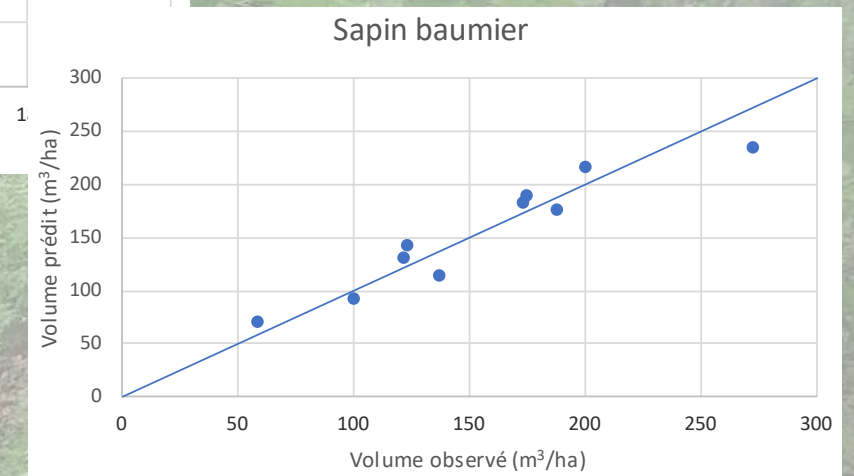
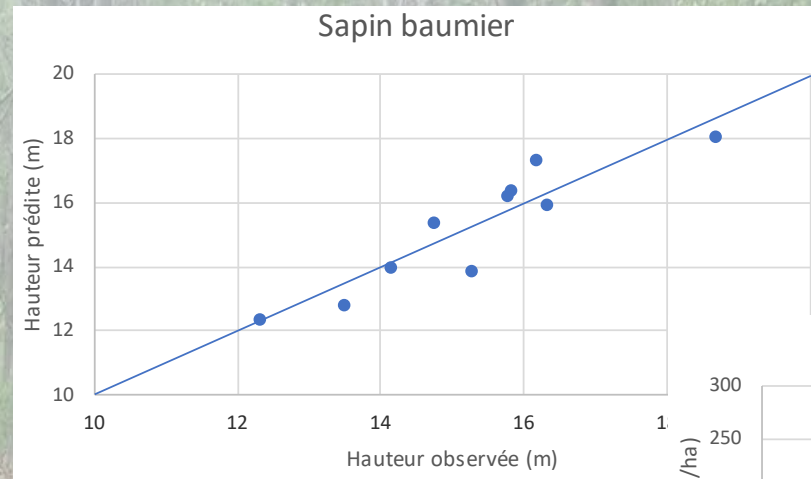
MxB



Résultats SAB

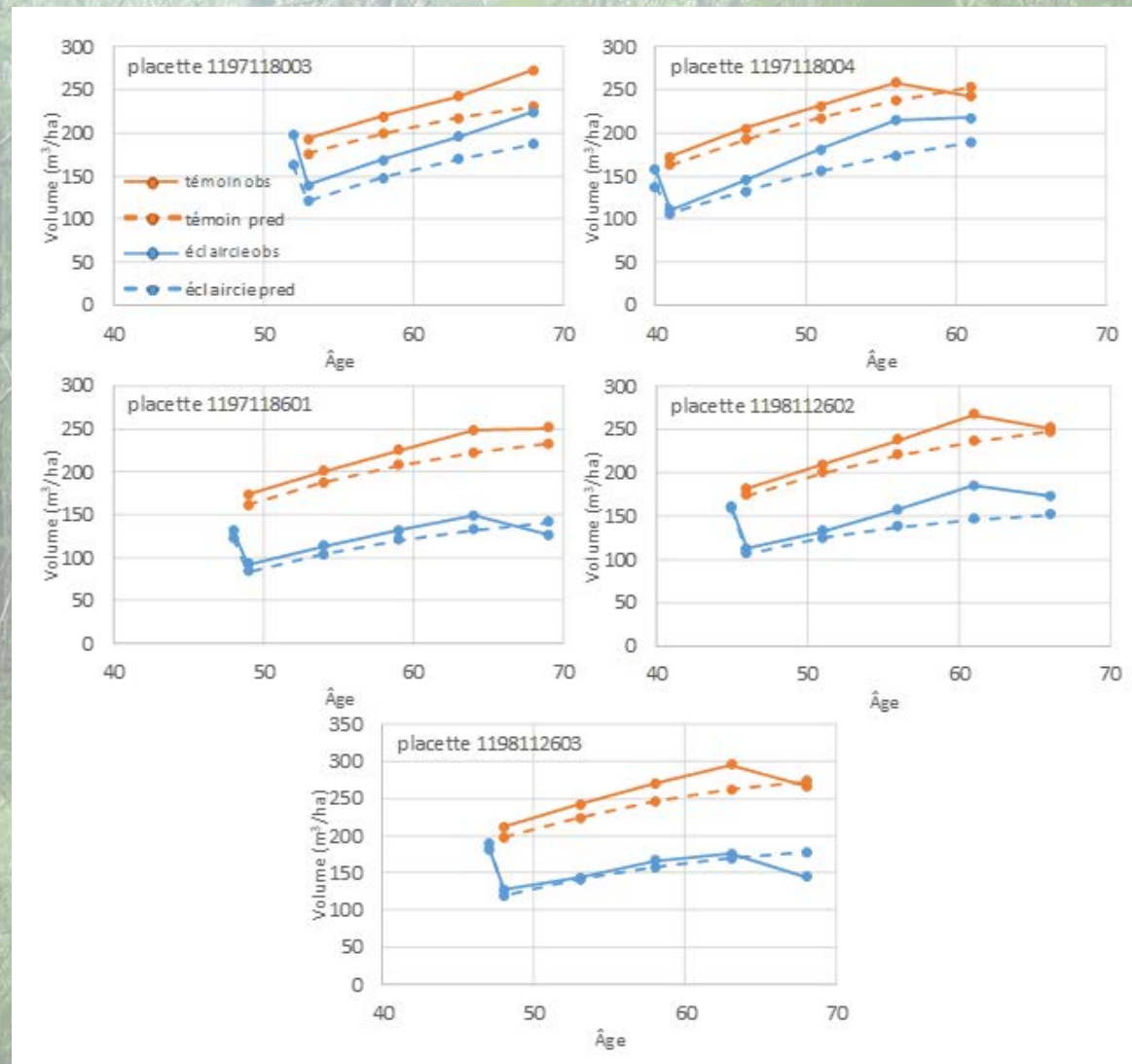
- Faible biais du modèle dans les placettes de la FM et Domtar
- Sous-estimation dans les placettes d'effets réels de l'éclaircie commerciale

Variable	Sapin baumier	
	Biais	EQM
Hauteur (m)	0,05	0,73
DHP (cm)	-0,18	1,03
Volume (m ³ /ha)	-0,35	18,34



Variable	Placettes éclaircies		Placettes témoins	
	Biais	EQM	Biais	EQM
Hauteur (m)	2,12	2,22	1,77	1,82
DHP (cm)	1,84	2,01	1,35	1,43
Volume (m ³ /ha)	7,62	28,17	9,50	21,50

Résultats SAB



Discussion

- Âge des plantations (6-11 ans) limite la portée des résultats
- Difficultés dans la détermination de la fertilité des plantations et de l'effet de fertilisation
- La chute des feuilles à l'automne peut être problématique pour la version standard de 3-PG, mais il serait tout de même possible d'obtenir des prévisions fiables sur un horizon de 10 ans et plus (Xie et al. 2017)
- Validation plus étendue à faire pour le sapin.

Remerciements

**Forêts, Faune
et Parcs**

Québec 


Domtar

Références

- Esprey, L.J., Sands, P.J., Smith, C.W., 2004. Understanding 3-PG using a sensitivity analysis. *For. Ecol. Manag.* 193, 235-250.
- Headlee, W.L., Zalesny Jr., R.S., Donner, D.M., Hall, R.B., 2013. Using a process-based model (3-PG) to predict and map hybrid poplar biomass productivity in Minnesota and Wisconsin, USA. *Bioenerg. Res.* 6, 196-210.
- Landsberg, J.J., Waring, R.H., 1997. A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. *For. Ecol. Manag.* 95, 209-228.
- Xie, Y., Wang, H., Lei, X., 2017. Application of the 3-PG model to predict growth of *Larix olgensis* plantations in northeastern China. *For. Ecol. Manag.* 406, 208-218.