



Journées CAQGIS 2015 – Nancy - 7-9 avril 2015

# Développements récents en matière de modélisation à partir de données de Lidar aérien

JP Renaud, J. Bock (*Dept RDI, ONF*)

C. Vega (*LIF, IGN*)

L. Saint-André (*BEF, INRA*)

M. Bouvier, S. Durrieu (*IRSTEA, TETIS*)

*M. Fortin (Lerfob, INRA)*



## Travaux Projet ANR Foresee :

### Prédictions à partir de données de Lidar aérien :

*Objectif* : [ Sortir du moule => « une forêt, un vol, un modèle » ]

*Améliorer la précision des modèles Lidar aéroportés (G, V : env. 20-30%)*

## 3 études récentes :

Revisite des approches « placette » / « arbre » ...

(André *et al.* 2015)

Vers plus de « généralité » ...

(Bouvier *et al.* 2015)

Revisite de la ... *pénétration du signal*

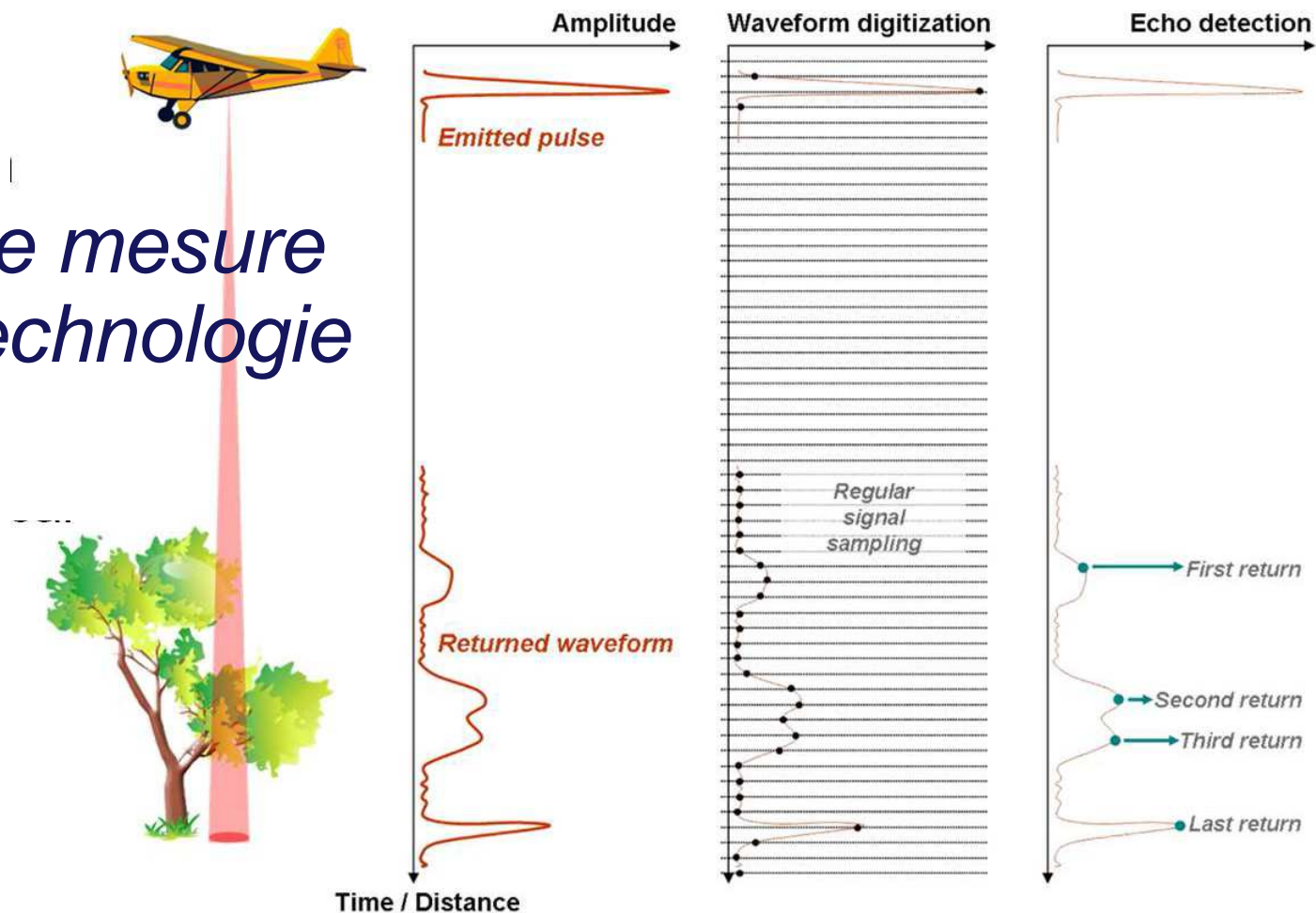
(Véga *et al.* 2015)

## Perspectives :

*Vers l'intégration de notions dendrométriques dans les modèles...*

# INTRODUCTION

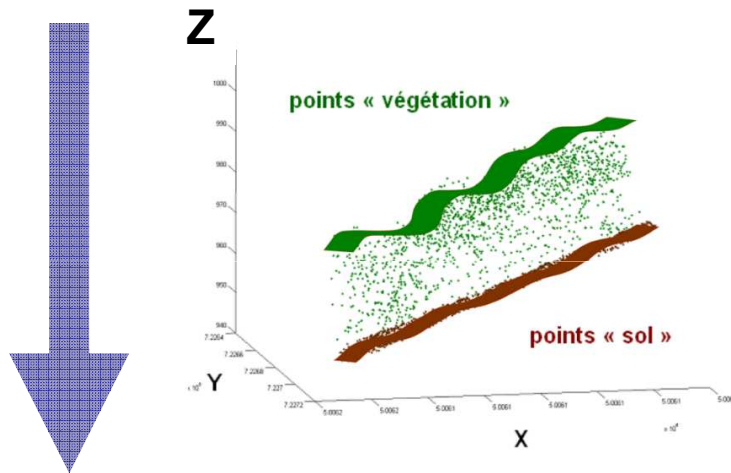
*Principe de mesure  
de cette technologie  
« active »*



(Durrieu *et al.* 2015)

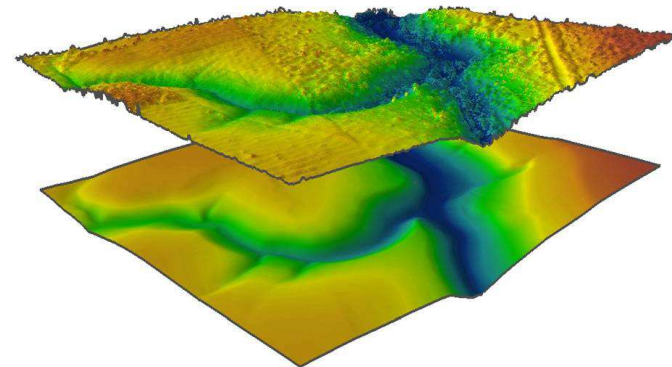
*(premier paradigme = normalisation en H)*

## Normalisation du nuage

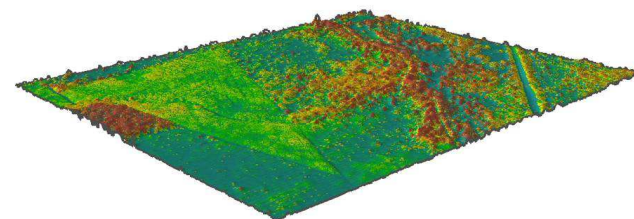


**Nuage de points en H**  
à partir du MNT ... *(néglige  $\epsilon_{mnt}$ )*

**MNS** : Modèle numérique de surface



**MNT** : Modèle numérique de terrain

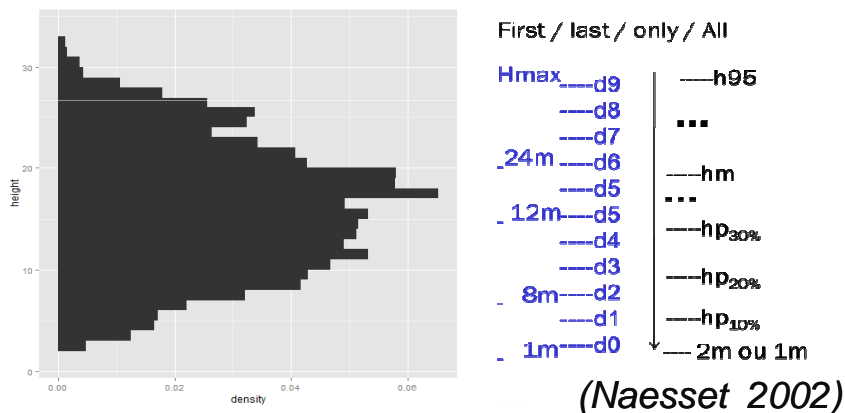


**MNH**: Modèle numérique de hauteur

## 2 Approches à partir du nuage : Distribution / Segmentation

Méthode standard: résume la placette en Déciles H et densité

### Approche « placette »

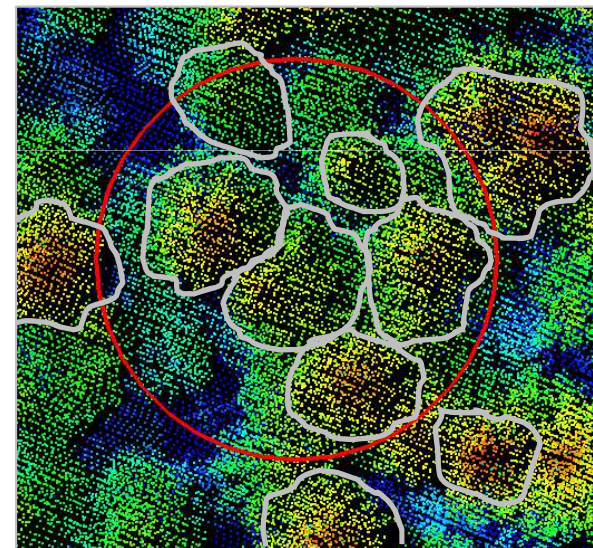


**Avantage:** - rapide ; peu sensible à la densité

**Problème :** - généricité (ppts / espèces)  
- biais des H dans les pentes

Méthode de segmentation

### Approche « arbre »



**Avantage:** - plus proche du terrain

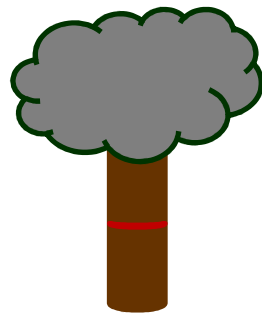
**Problème :** - Forte densité requise  
- biaisée (qualité segmentation)  
- allométrie liée aux espèces (lourd)

**Hyp.** : Etude André *et al.*

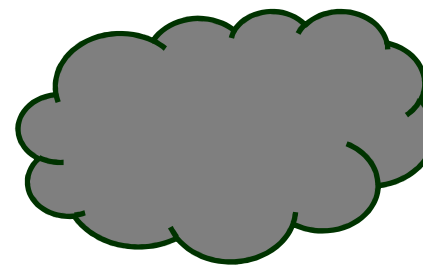
**La méthode standard (1D) , ne rend pas bien compte  
de la structure des peuplements**

*(info spatiale?)*

**La combinaison des approches (*std + seg.*) permet  
d'améliorer les estimations au niveau placette**



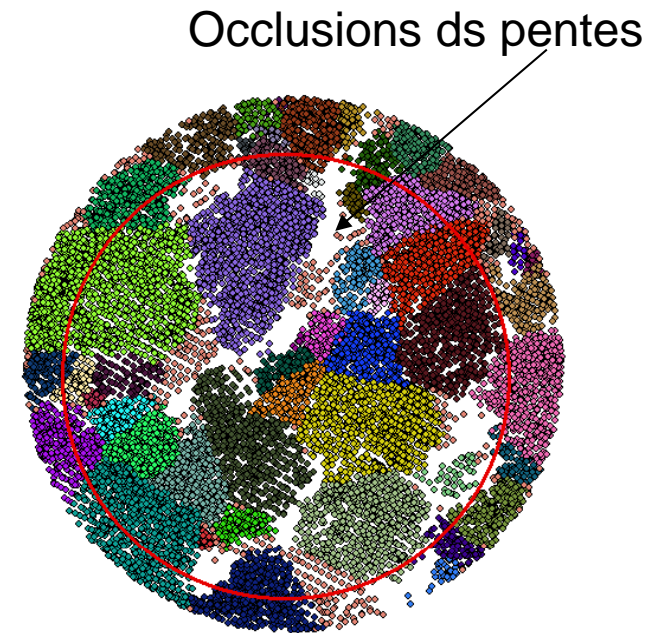
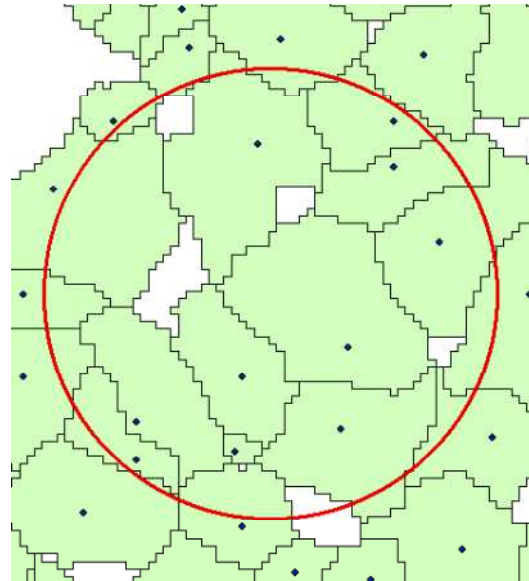
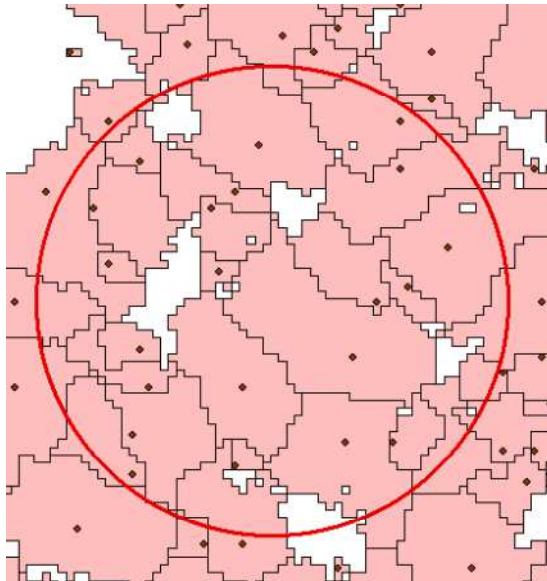
**G**



**f(H ; A)**



### 3 méthodes de segmentation :



Ptrees (Véga *et al.* 2014)

### Qualité de la détection des arbres

Méthode	N arbres	Recall	Exactitude
BVv1	670	81%	42%
BVv2	670	72%	72%
P	670	82%	89%

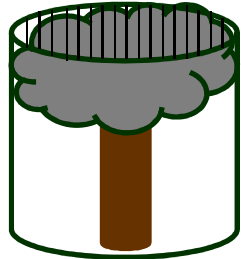
*Pas beaucoup  
d'omis*

*Pas beaucoup de  
fausses détections*

## Résultats :

Variable	Formule	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	AIC	Erreur.cv	%Erreur.cv
H0	Std_H90_lst	0.98	85	1.0	3.7
	Std_H80_lst + Std_d3_fst	0.99	77	0.9	3.2

Variable	Formule	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	AIC	Erreur.cv	%Erreur.cv
G	BVf1m1_H.A.sum	0.83	225	7.6	27.0
	BVf1m1_H.A.sum + BVf1m2_H.Q5	0.87	216	7.3	25.9
	Std_H40_fst + Std_Tp.8 + BVf1m1_H.A.sum	0.91	206	5.8	<b>20.7</b>
Vtot	BVf1m1_H.A.sum	0.87	409	117.0	27.9
	Std_Tp.8 + BVf2m1_H.A.sum	0.92	393	91.9	21.9
	Std_N.24m + Std_Tp.82 + BVf1m2_A.Q99	0.95	379	76.9	<b>18.3</b>
V7	BVf1m1_H.A.sum	0.85	408	116.0	32.0
	Std_Nr.24m + BVf1m2_A.Q99	0.93	385	83.4	23.0
	Std_N.24m + Std_Tp.8 + BVf1m2_A.Q99	0.96	368	68.0	<b>18.8</b>

G ou V  $\sim$  Sum()

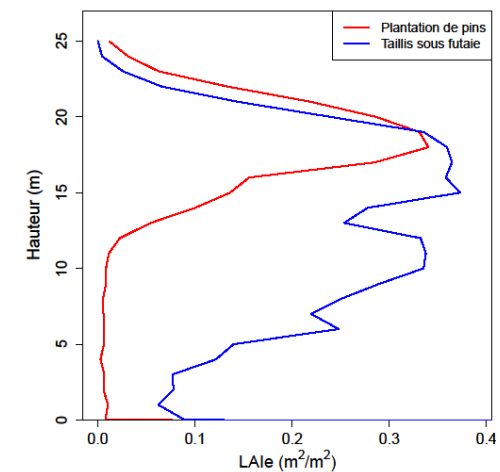
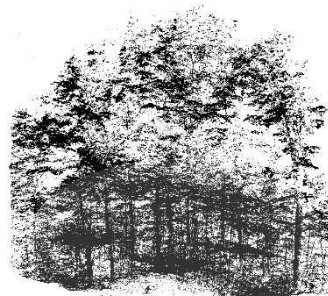
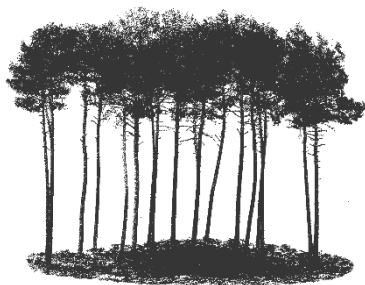
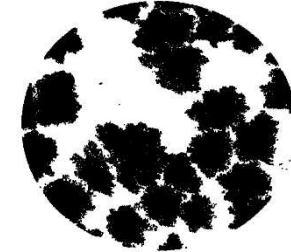
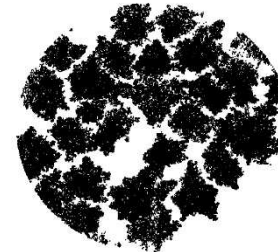
Modèles à 3 variables : RMSE de 18 – 21%



# Plus « mécaniste » ... (Bouvier *et al.* 2015)

## 4 variables ont été identifiées pour décrire:

- La hauteur du peuplement
  - *Moyenne de l'altitude des premiers échos*
- L'hétérogénéité verticale
  - *Variance de l'altitude des premiers échos*
- La distribution horizontale du couvert
  - *Proportion d'échos au dessus de 2 m*
- La présence d'arbres dominés
  - Coefficient de variation du profil de densité foliaire



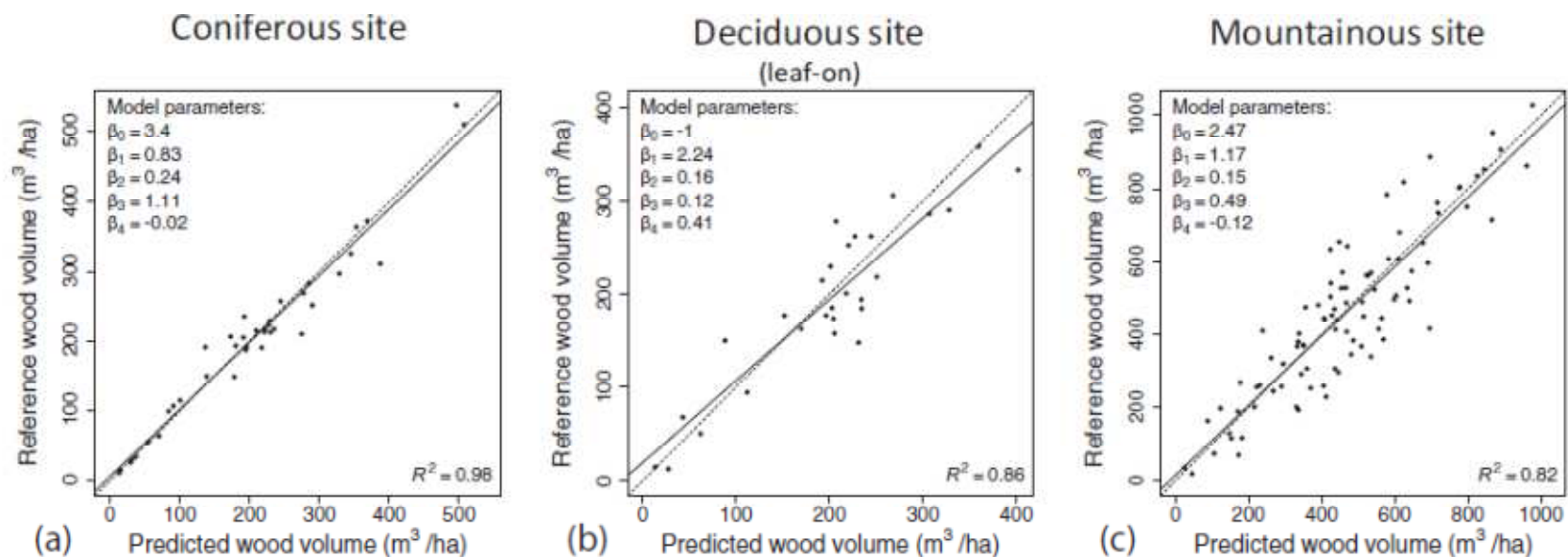
# Plus « mécaniste »... (Bouvier *et al.* 2015)

$$\hat{y} = \beta_0 \mu_{CH}^{\beta_1} \sigma_{CH}^{2\beta_2} P_f^{\beta_3} Cv_{LAD}^{\beta_4}$$

## Résultats :

*Précision de 12.4% à 24.2%*

Avantage d'avoir une seule forme de modèle à paramétrer par site/vol lidar



## *Le paradigme de la normalisation en H est problématique ...*

---

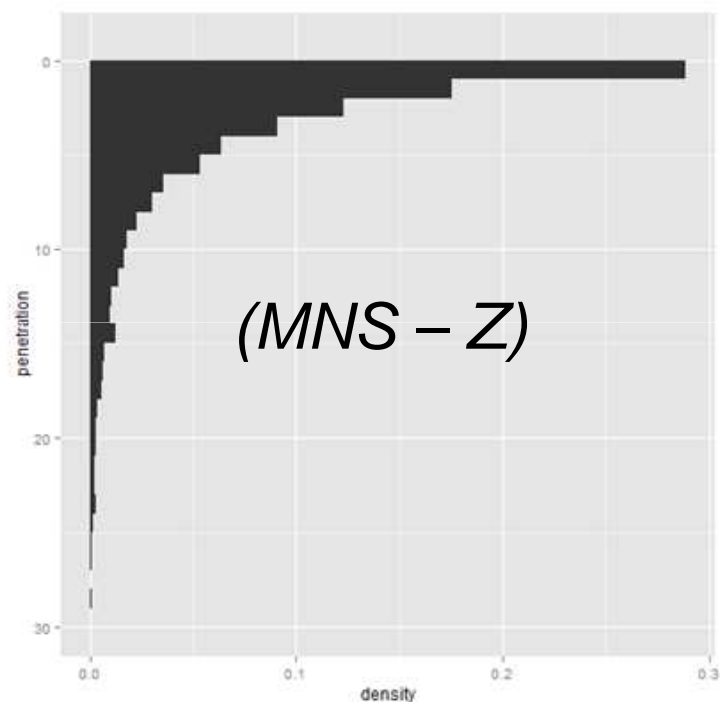
*Pour le calcul de la pénétration du signal dans la canopée, elle ajoute un biais lié à **l'hétérogénéité structurelle** (p.ex. trouées)*

*La solution : ne pas la faire !*

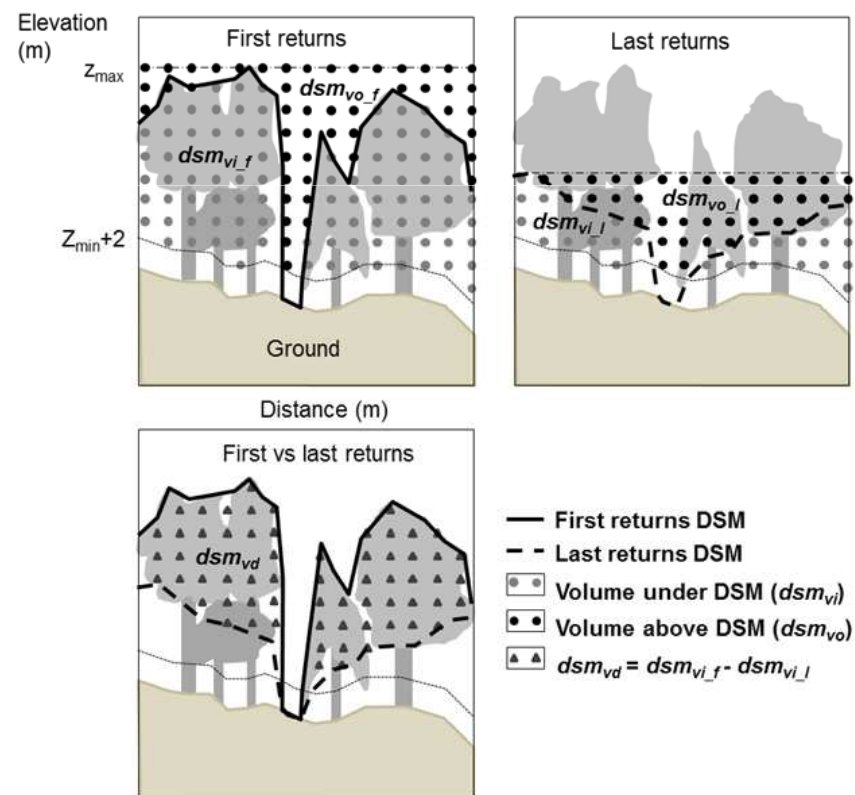
*passer par le MNS pour calculer cette pénétration à travers la canopée!*

*(Véga et al. 2015)*

La vraie pénétration se calcule à partir du MNS !



... d'autres métriques liées à la structure 3D des pts



## Résultats pour G :

Gain en précision  
d'un facteur 4  
en ppt feuillus !

Site	Metrics	Formula	Raster cell size (m)	RMSE <sub>cv</sub> (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	rRMSE <sub>cv</sub> (%)	R <sup>2</sup> adj
All	All	$p_{d5v\_l} + p_{d3f\_f} + p_{rim3\_a} + dsm_{vr\_f} + dsm_{vi\_l}$	mean	9.18	26.83	0.64
	p/DSM	$p_{d5v\_l} + p_{d3f\_f} + p_{rim3\_a} + dsm_{vr\_f} + dsm_{vi\_l}$	mean	9.18	26.83	0.64
Bure	All	$h_{lm4\_l} + h_{vd} + p_{10\_f} + p_{40\_l} + p_{d5v\_l}$	mean	1.14	6.09	0.98
	p/DSM	$p_{40\_f} + p_{40\_l} + p_{d3f\_l} + p_{lm3\_f}$	0.5	1.93	10.27	0.94
	h/CHM	$h_{lm3\_f} + h_{lm5\_l}$	0.5	4.83	25.67	0.67
Aillon	All	$h_{d9v\_l} + p_{d4f\_f} + p_{cm2\_f} + dsm_{ra\_l} + dsm_{vd}$	0.5-HF	5.75	12.83	0.76
	p/DSM	$p_{d9v\_l} + p_{d4f\_f} + p_{cm2\_f} + dsm_{ra\_l} + dsm_{vd}$	0.5-HF	6.21	13.86	0.72
	h/CHM	$h_{d9v\_l} + h_{d4f\_f} + h_{cm4\_a} + h_{ra\_l} + h_{vd}$	0.5-HF	6.62	14.76	0.69
Vercors	All	$p_{10\_l} + p_{d9v\_a} + p_{d3f\_f} + p_{gap\_f} + dsm_{vd}$	mean	8.59	22.95	0.69
	p/DSM	$p_{10\_l} + p_{d9v\_a} + p_{d3f\_f} + p_{gap\_f} + dsm_{vd}$	mean	8.59	22.95	0.69
	h/CHM	$chm_{vi\_f}$	0.5-HF	9.61	25.65	0.61
Landes	All	$h_{d5v\_a} + h_{d3f\_f} + chm_{vo\_f} + p_{im3\_a} + p_{cm5\_l}$	2	1.97	8.11	0.92
	h/CHM	$h_{d5v\_a} + h_{d3f\_f} + h_{d5f\_f} + h_{cm2\_l} + chm_{vo\_f}$	1	2.15	8.89	0.90
	p/DSM	$p_{d3f\_a} + p_{gap\_f} + p_{rms\_l} + dsm_{vo\_f} + dsm_{ra\_l}$	1	2.86	11.07	0.84



# Perspectives ...

## Vers l'intégration de notions dendrométriques ...

**LIDAR (H)**

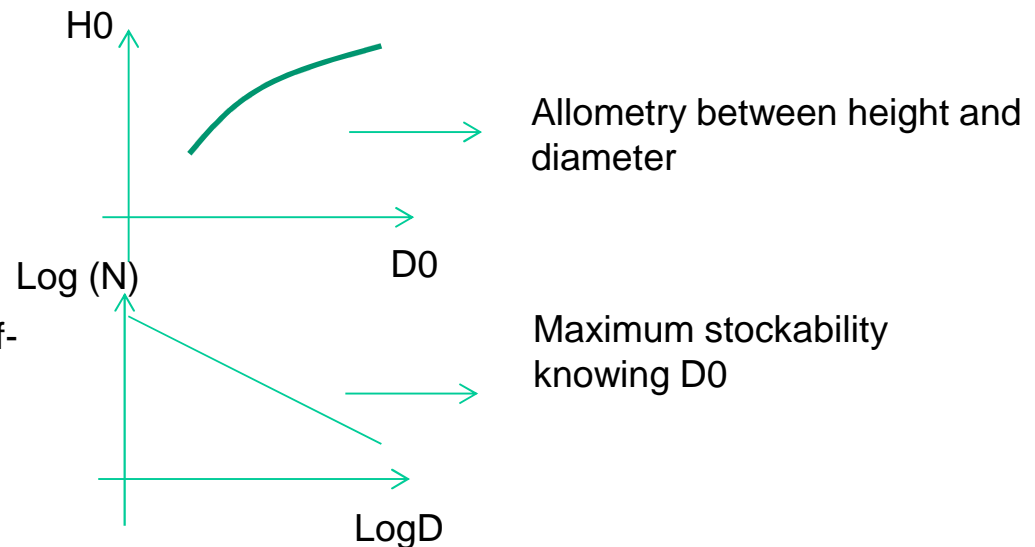
↓  
Ho Dominant height

↓  
D0 Dominant diameter

↓  
Nmax and Gmax from the self-thinning law

↓  
Gratio (G/Gmax) predicted from the canopy 3D

Séries temporelles de photos (CAQSIG 2014)



**LIDAR (3D forest structure)**

# Autres perspectives ... vers + d'utilisation de MNH

Quelques exemples variés :

*Déjà opérationnel en Suisse*

**Estimateur de post-stratification pour les inventaires ...**

(Mandallaz *et al.* 2013, Magnussen *et al.* 2014, Renaud *et al.* 2015)

**Séries temporelles de prises de vues aériennes ... et indice de fertilité**

(Véga et St-Onge 2005, 2008, 2009)

*Estimation des dégâts de tempêtes*

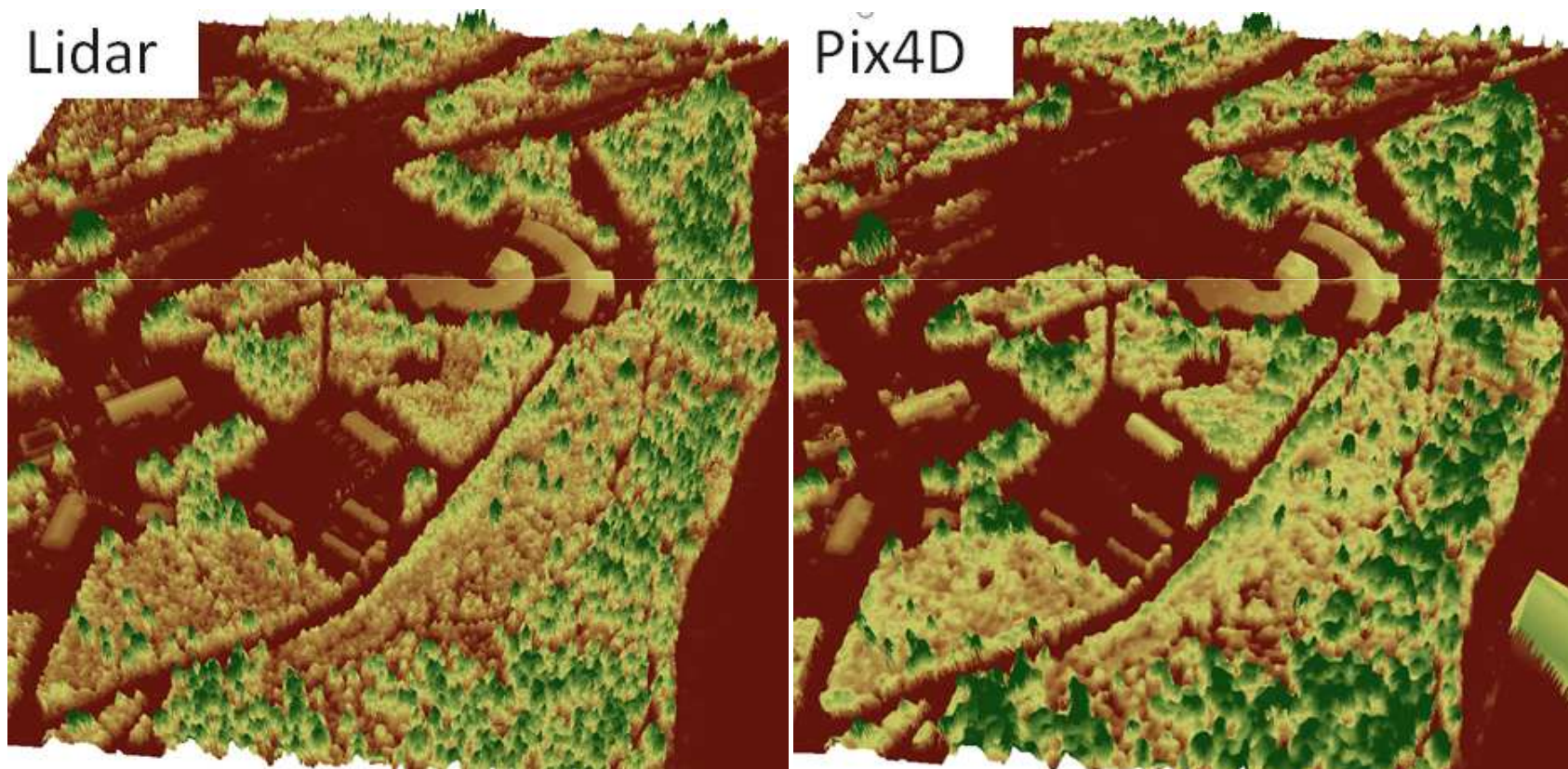
(Honkavaara *et al.* 2013)

**Estimation des prélèvements ...!** Cost Usewood (Bauerhansl *et al.* 2014)

# Autres perspectives ... vers + d'utilisation de MNH

## Les MNH photogrammétriques, l'avenir du Lidar?

Des outils performant de production de MNH existent...  
et ouvrent la porte à des mesures de hauteurs à grande échelle...



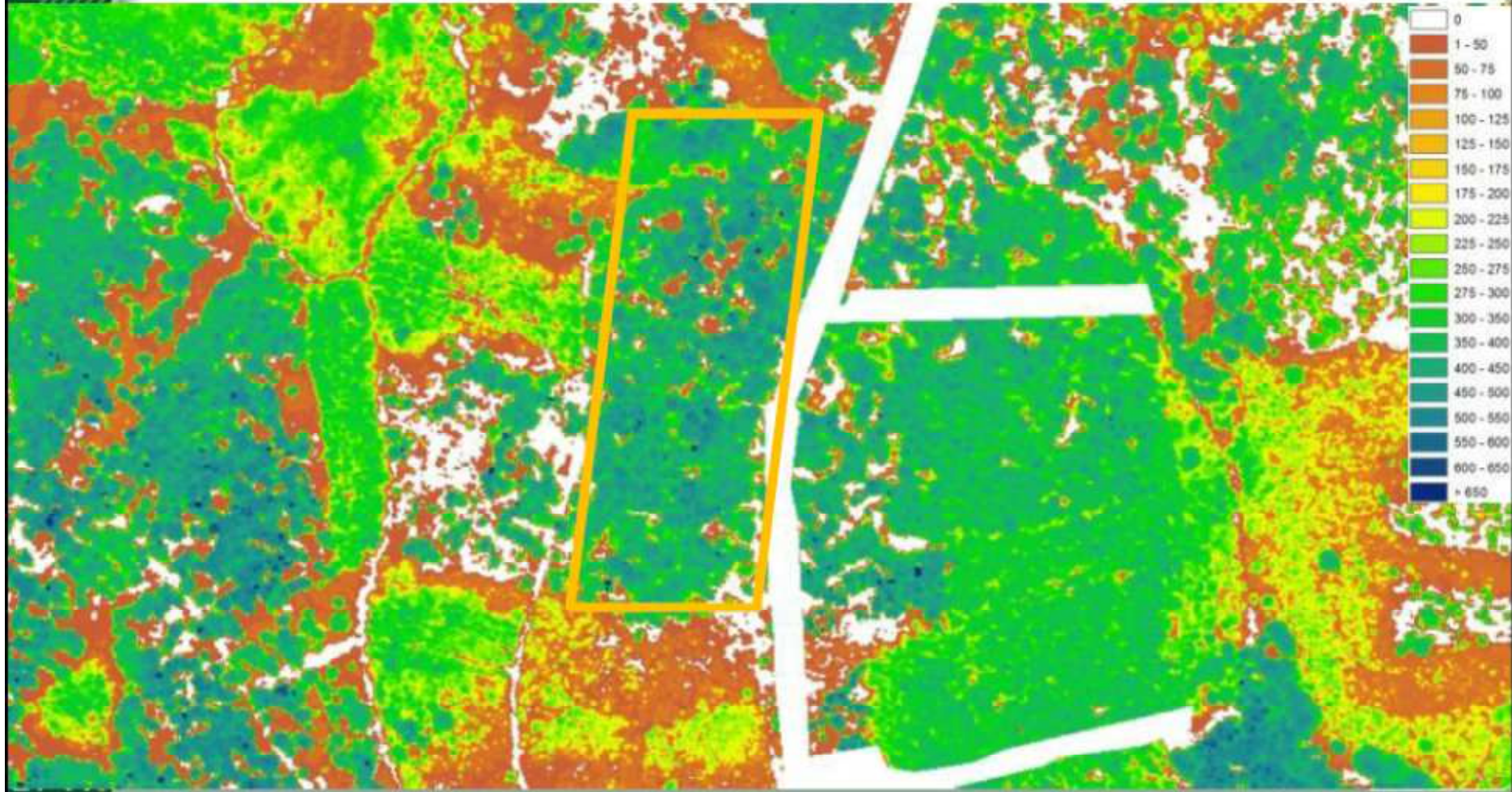
(St-Onge 2015)



Volume map 2010

# Estimation des prélèvements ...!

*Volumes estimés à partir de MNH photogrammétriques*

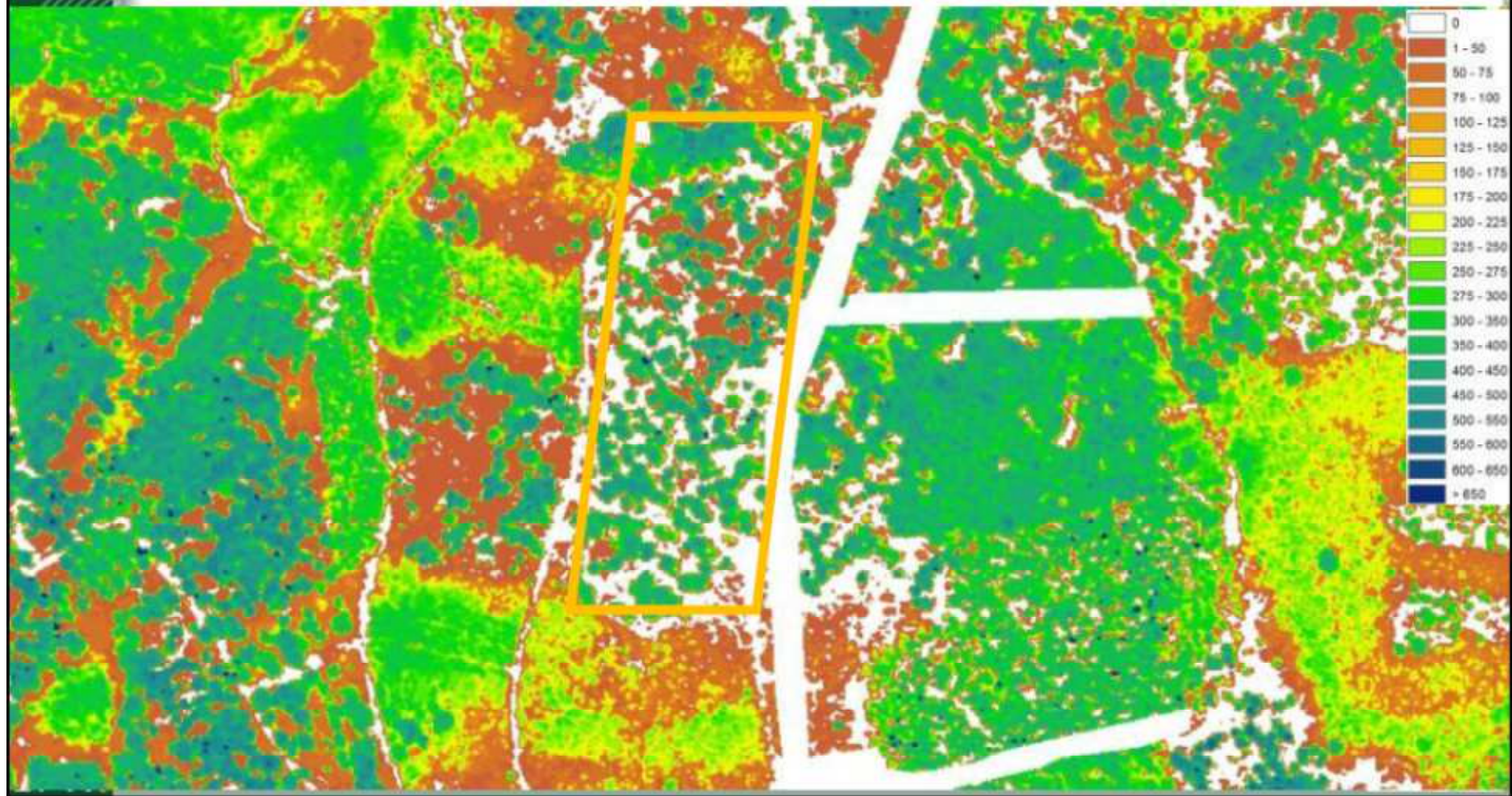


(Bauerhansl, Schadauer and Hollaus 2014)



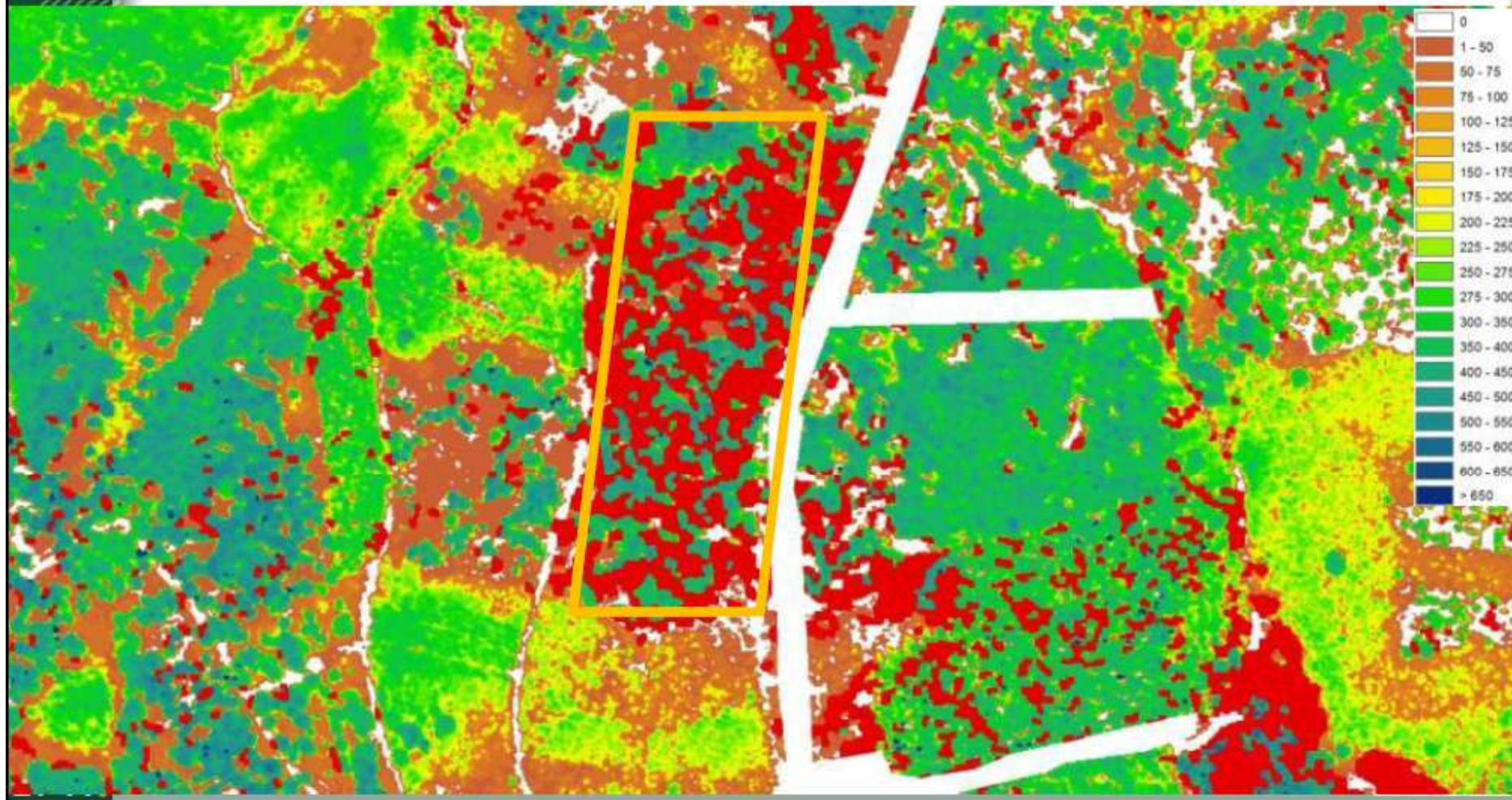


# Volume map 2013





# Volume map 2013 with fellings areas





Journées CAQSIG 2015 – Nancy - 7-9 avril 2015

**Merci  
de  
votre  
*Attention !***

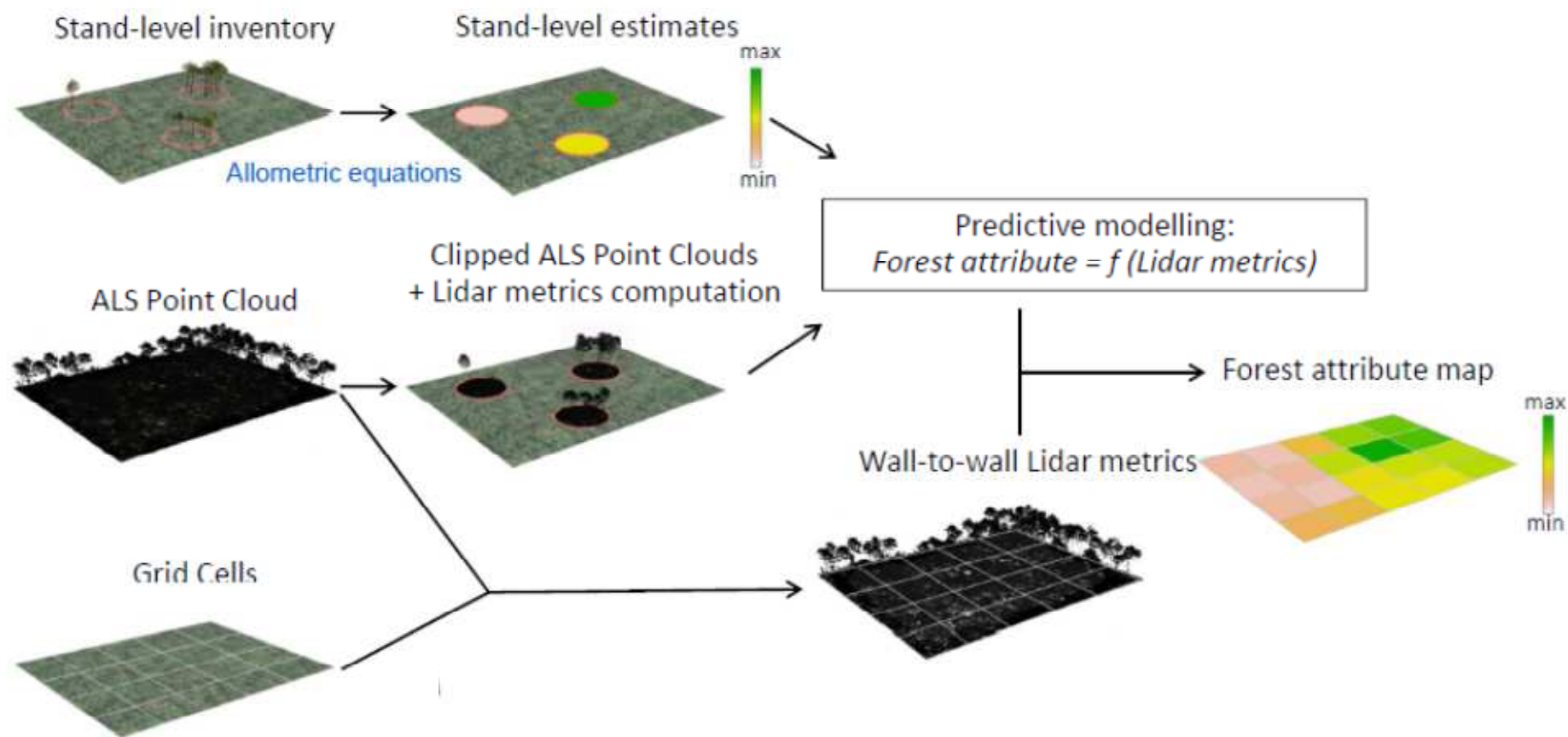


La Région  
**Lorraine**

AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE  
**ANR**



## Schéma de la cartographie d'attributs forestiers par l'approche « placette »



(Bouvier 2015)