

Utilisation du LiDAR pour la cartographie de la biomasse aérienne à Madagascar

Etude pilote dans la région de Moramanga

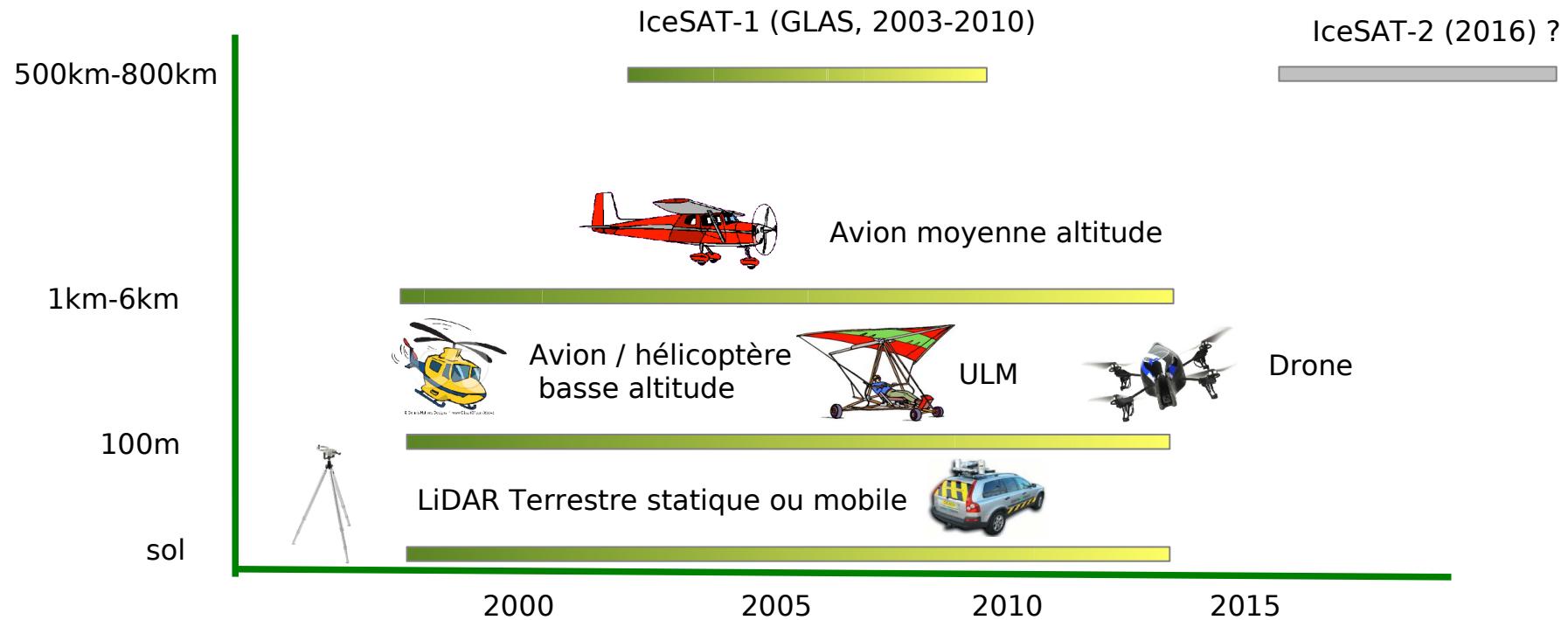


- Principe, méthode et applications
- Etude pilote :
PN de Mantadia et région de Moramanga
- Conclusion et perspectives

Historique

- **1960** : Laser à bord d'avion pour mesurer la hauteur du vol
- **70-80** : Lasers « profileurs » aéroportés (topographie, foresterie, R&D)
- **1990** : Développement du système à balayage (miroirs), couplage à des système GPS et central inertiel (généficiant précis)
- **2000** : Essor de l'industrie, multiplication des capteurs, baisse de coûts d'acquisition

Altitude et vecteur



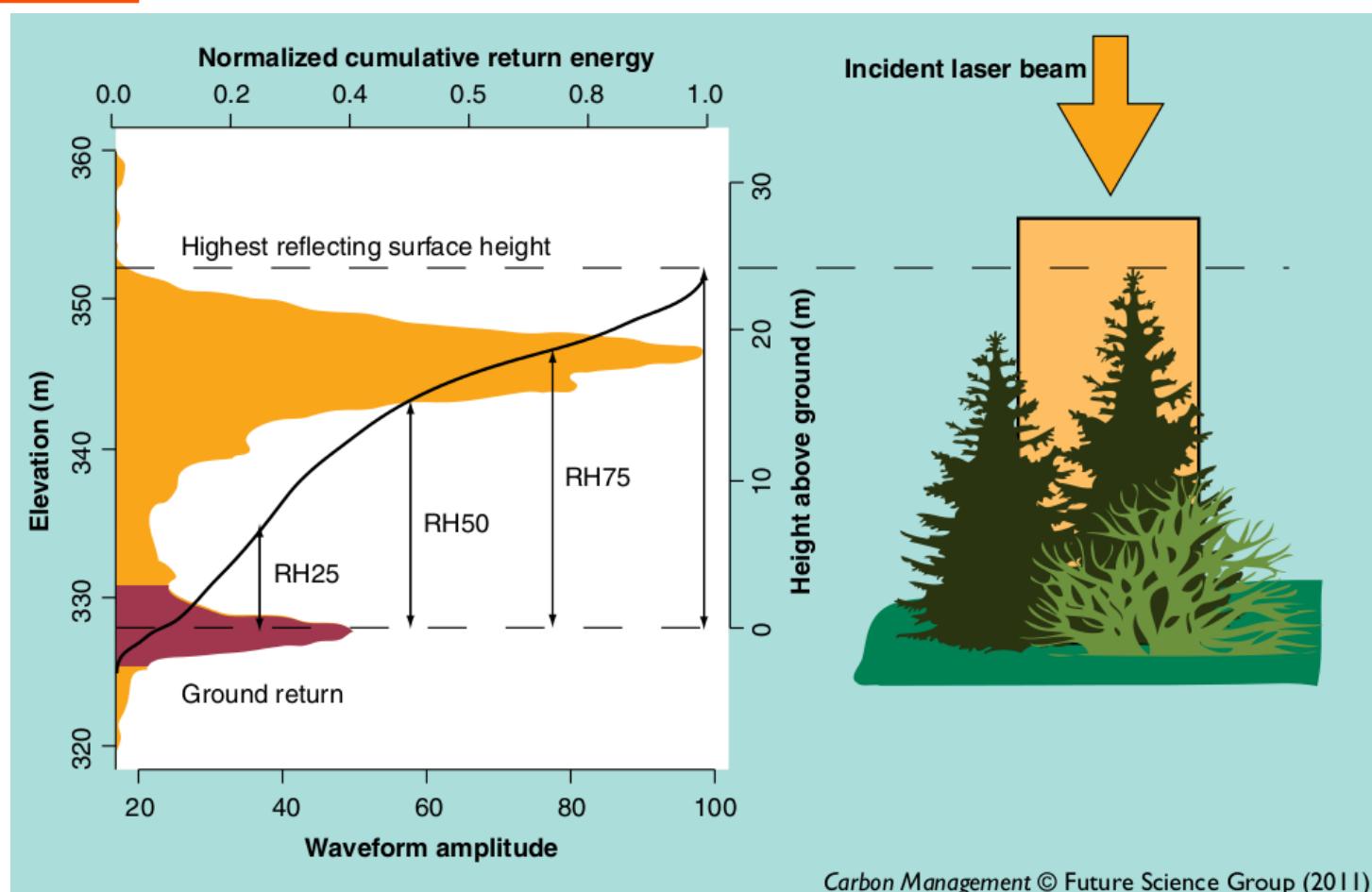
Principe

Courte impulsion
(10ns) à forte
puissance

Lumière PIR
(environ 1000nm)

Temps = distance

Énergie=quantité
de photons qui
retournent au
capteur=densité
des éléments de
surface



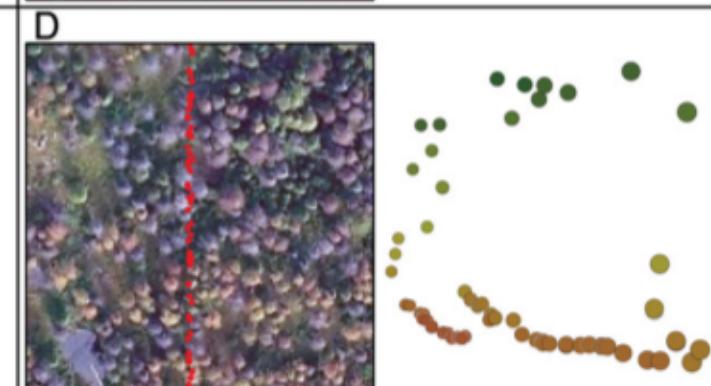
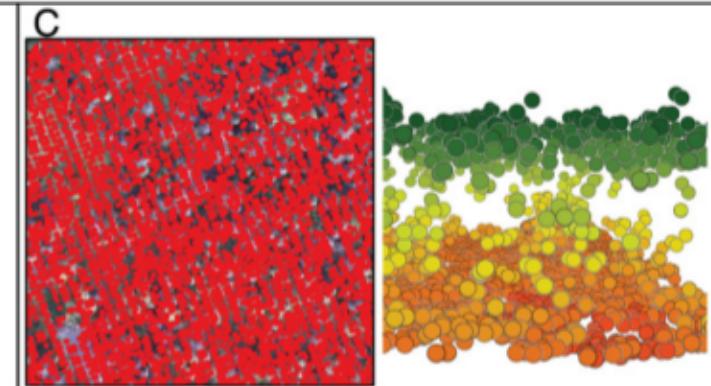
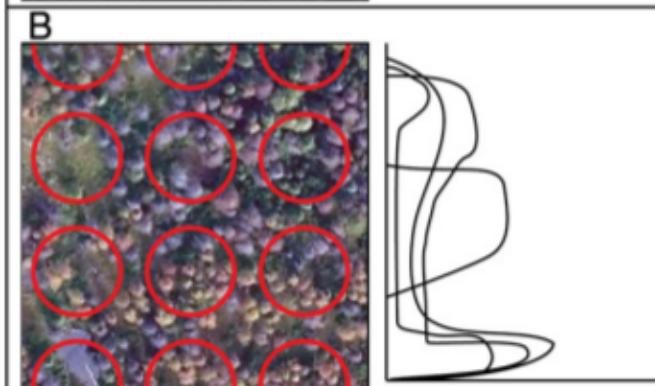
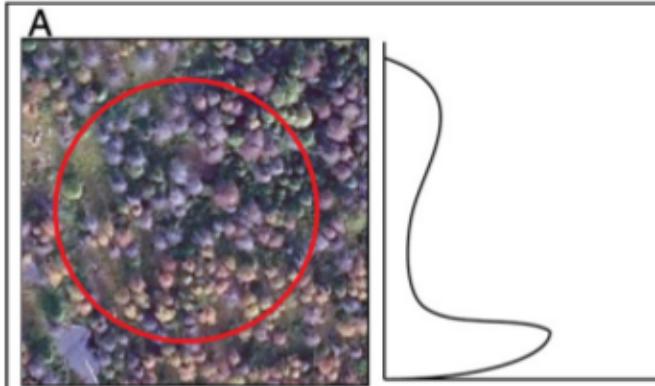
Principe

Mode de tirs
(profil ou
balayage)

Densité des tirs

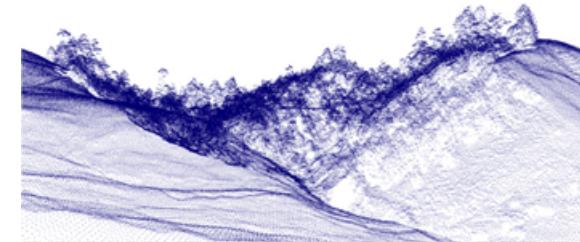
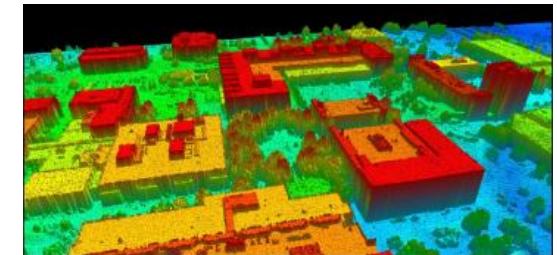
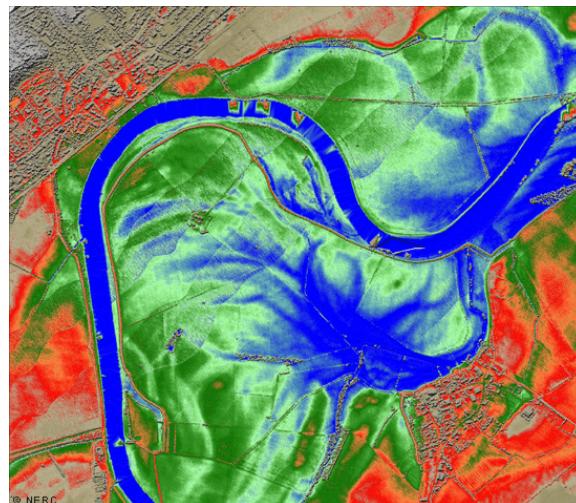
Empreinte au sol

Forme du signal
retour (continue
ou discrète)



Applications opérationnelles principales

- Topographie
- Urbanisme
- Assurance/Risques
- Foresterie



Foresterie

- Estimation de paramètres biophysiques de la forêt
 - Hauteurs des arbres
 - Localisation des arbres individuels

Dérivation de paramètres secondaires (densité, hauteur moyenne, biomasse, volume, etc.) ou « allométrie » LiDAR

- Cartographie directe de ces paramètres

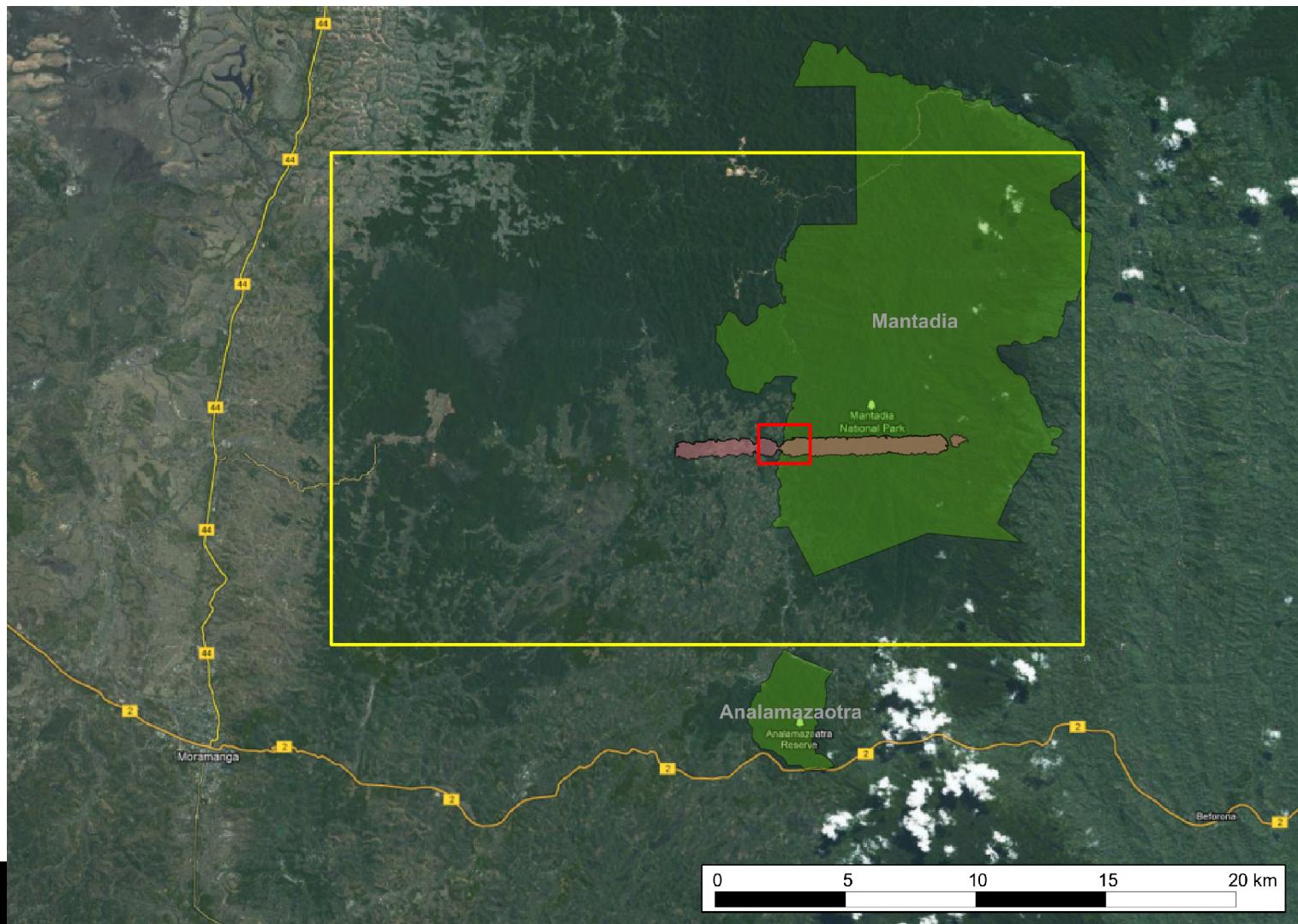
Objectif

- Cartographier la biomasse le plus précisément possible à partir de données LiDAR et de campagne de terrain, à deux échelles différentes :
 - Locale (sous la trace LiDAR)
 - Régionale (sur une étendue plus large que la trace)

Zone d'étude

 Locale

 Régionale



Données

- Acquisition test LiDAR en 2009
 - 600 ha
 - 4-7 pt/m² (2 passages à 4 pt/m²)
- Orthophoto GSD 2009 à 50 cm
- Campagne de terrain, octobre 2012
 - Localisation libre sous la trace
 - 7 placettes mesurées selon protocole classique (mesure de DBH et espèce sur des cercles emboîtés, le plus grand à 20 m de rayon)

Méthode

0- Acquisition LiDAR

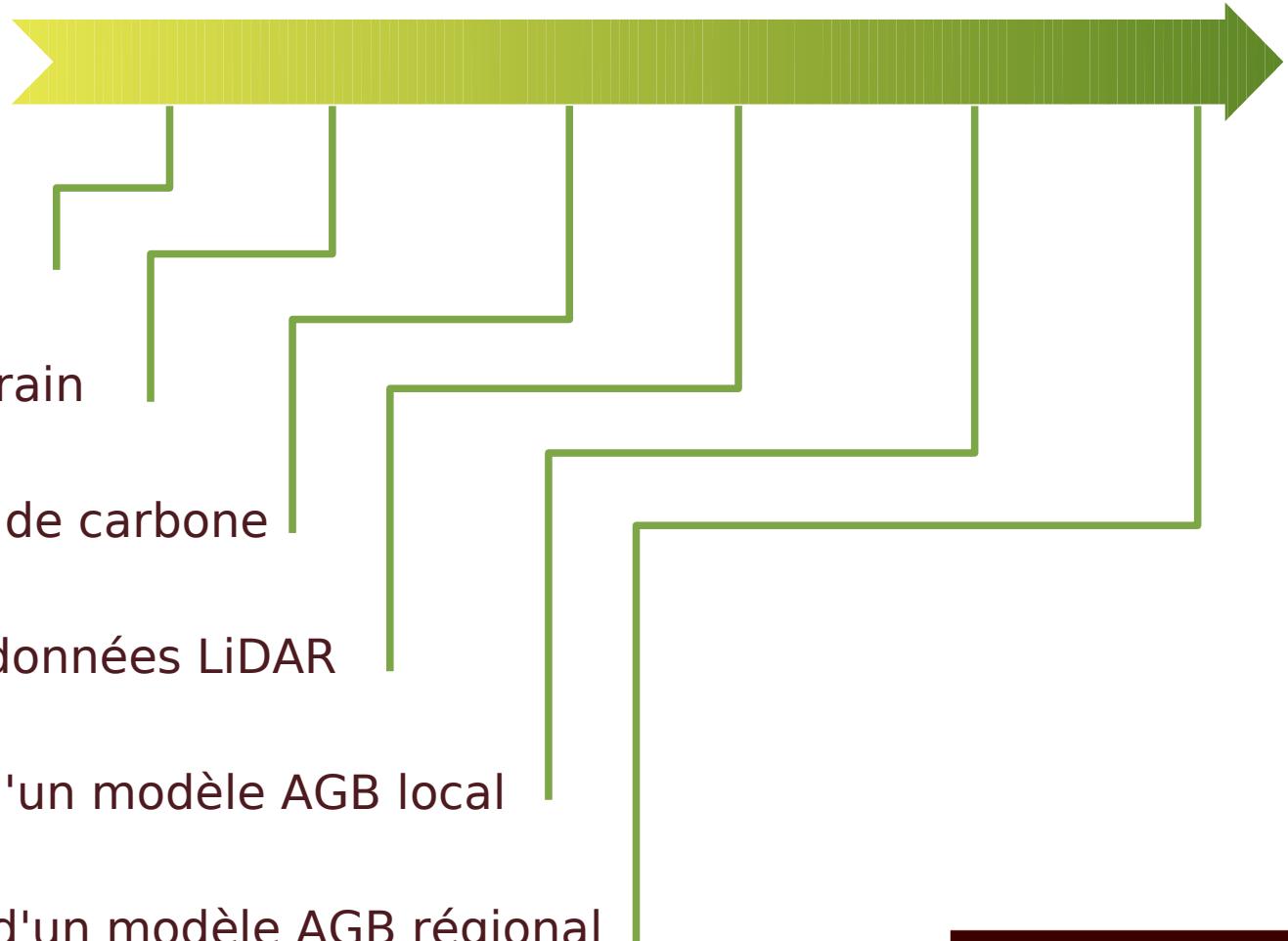
1- Campagne de terrain

2- Calcul des stocks de carbone

3- Traitements des données LiDAR

4 -Développement d'un modèle AGB local

5 - Développement d'un modèle AGB régional



Etape 1&2

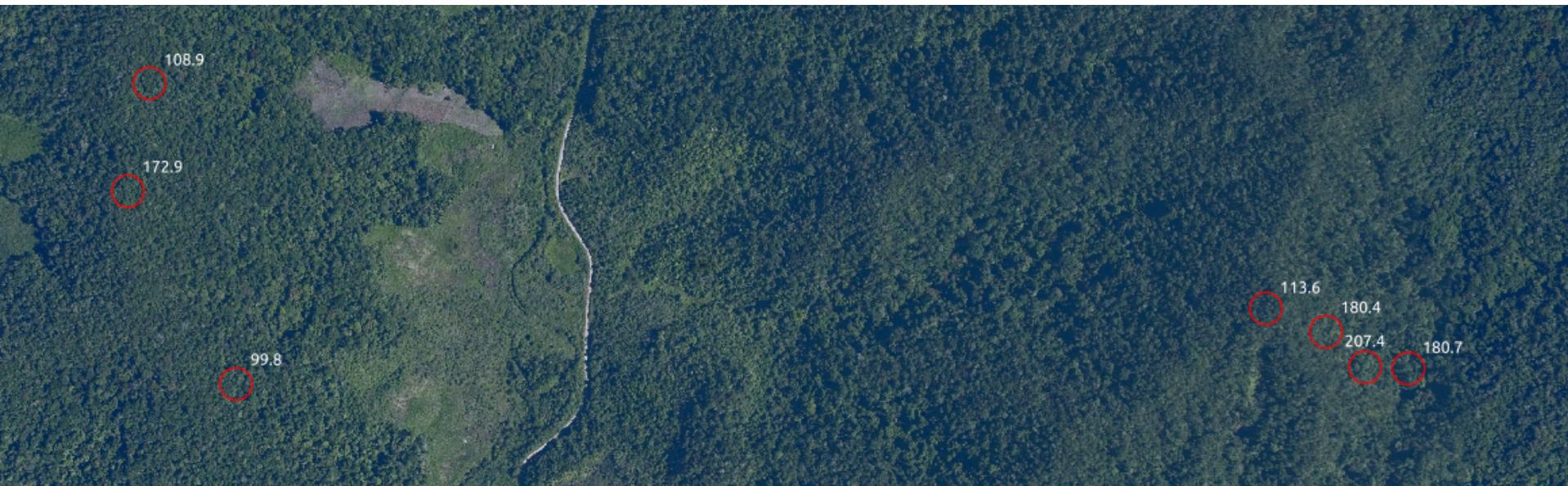
Placette	nb arbre mesuré	Hauteur (m)			Diamètre moy. moy (m)	Densité arbre moy (g.cm ³)	Surface terrière m ² .ha ⁻¹
		min	moy	max			
Pt1	28	7,3	13,5	22,3	18,8	0,67	21
Pt2	39	6,9	13,9	22,6	19,8	0,71	25
Pt3	27	7,3	14,5	22,5	21,6	0,69	21
Pt4	29	6,9	17,5	30,1	30,4	0,73	29
Pt5	41	7,2	16,6	24,9	25,7	0,71	37
Pt6	39	6,7	15,5	23,5	23,1	0,69	30

Récupération des densités des arbres (Zanne et al, 2009, <http://www.tropicos.org>)

Calcul des hauteurs de arbres (Veilledent et al, 2012, eq. Mada.I.1-wHD)

Utilisation du modèle allométrique AGB (Veilledent et al, 2012 eq. Mada.I.1)

Etape 1&2

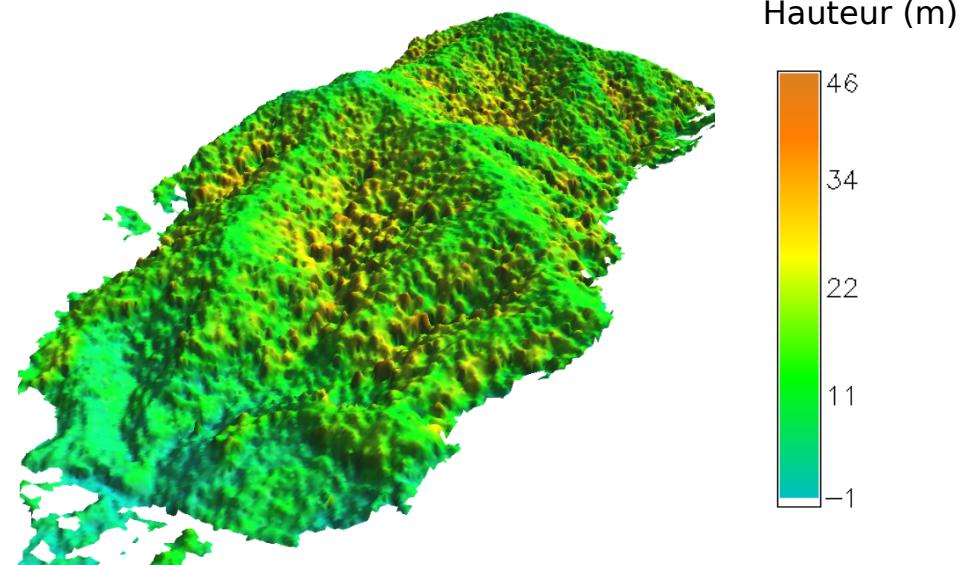
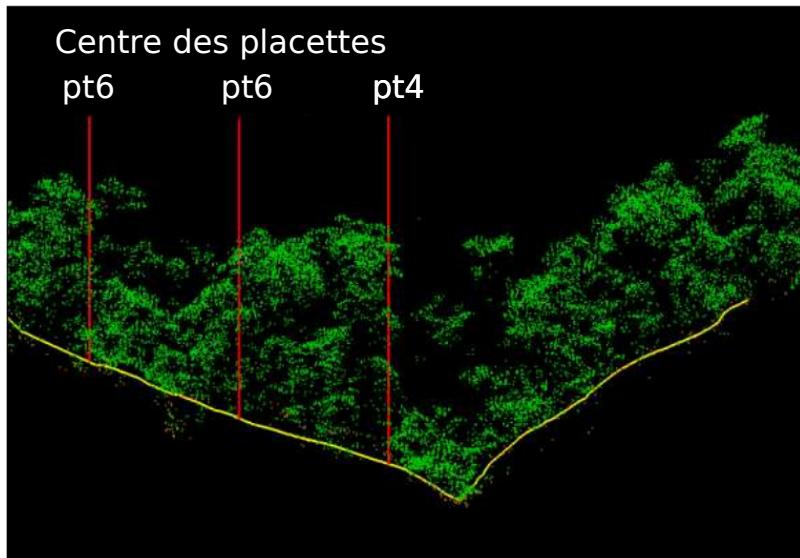


Stocks de carbone en tonnes C/ha

Gamme : 100 - 207 tC/ha

Etude de cas : région Moramanga

Etape 3



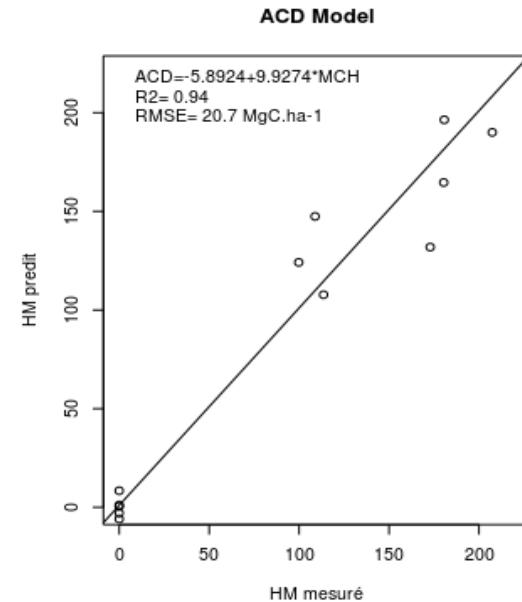
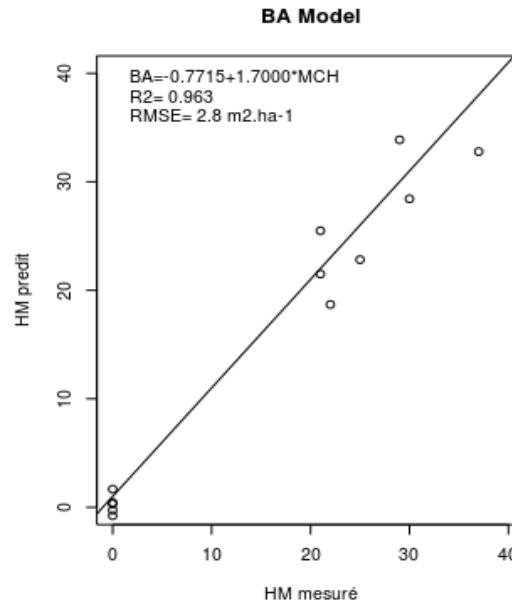
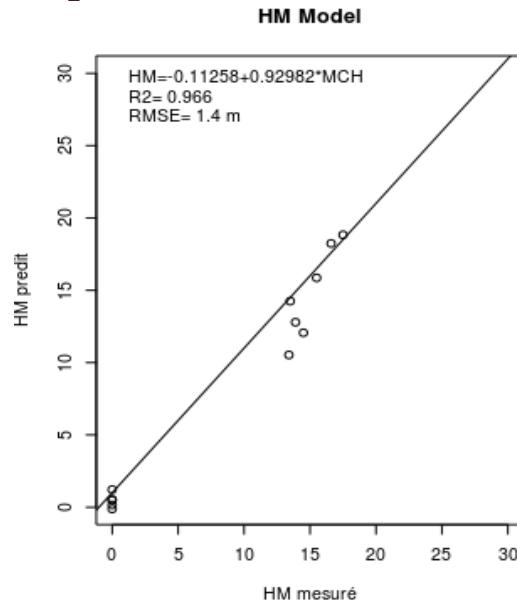
Extraction des semis de points LiDAR et analyse des retours

Calcul du MNS, MNT par triangulation itératif (TIN)

Calcul du MNC (MNS-MNT)

Etude de cas : région Moramanga

Etape 4

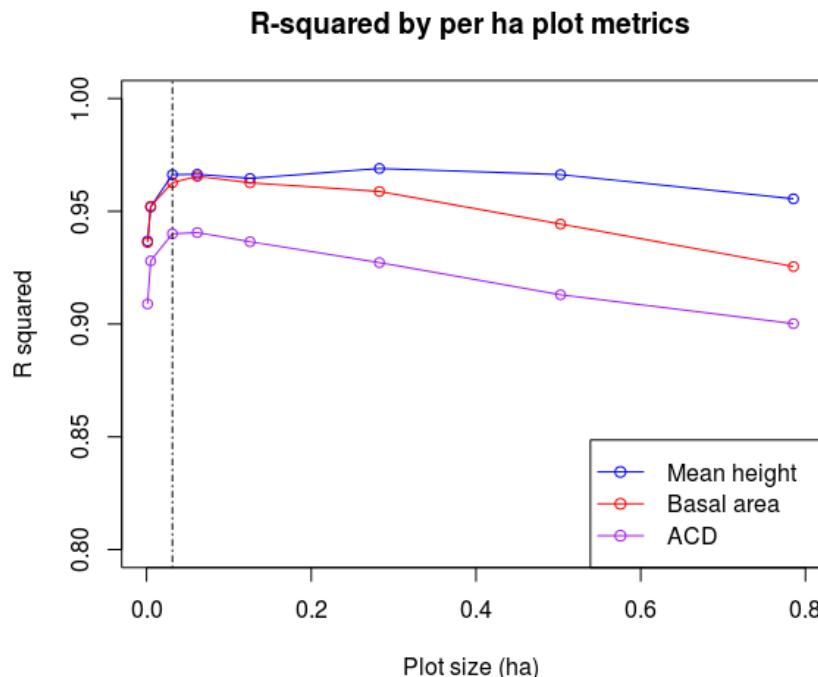


Modélisation de 3 paramètres biophysiques « terrain » à partir des mesures LiDAR (MCH= Mean Canopee Height) :

- 1) Hauteur moyenne des arbres (m), 2) Surface terrière (BA, m².ha), 3) densité du carbone aérien (ACD, tC/ha)

Etude de cas : région Moramanga

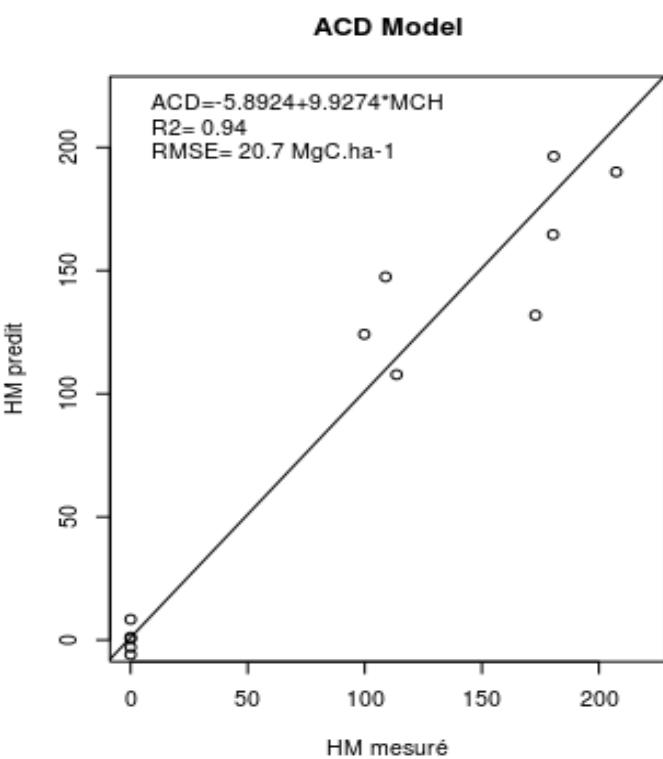
Etape 4



Corrélation très élevées ($R^2 > 0.9$) pour les trois paramètres.

La corrélation est maximum pour des mesures LiDAR intégrées sur 0,06 ha (6 ares). Cela correspond à la taille de la parcelle sur le terrain.

Etape 4



Modèle « local » obtenu :

$$ACD = -5.8924 + 9.9274 * MCH$$

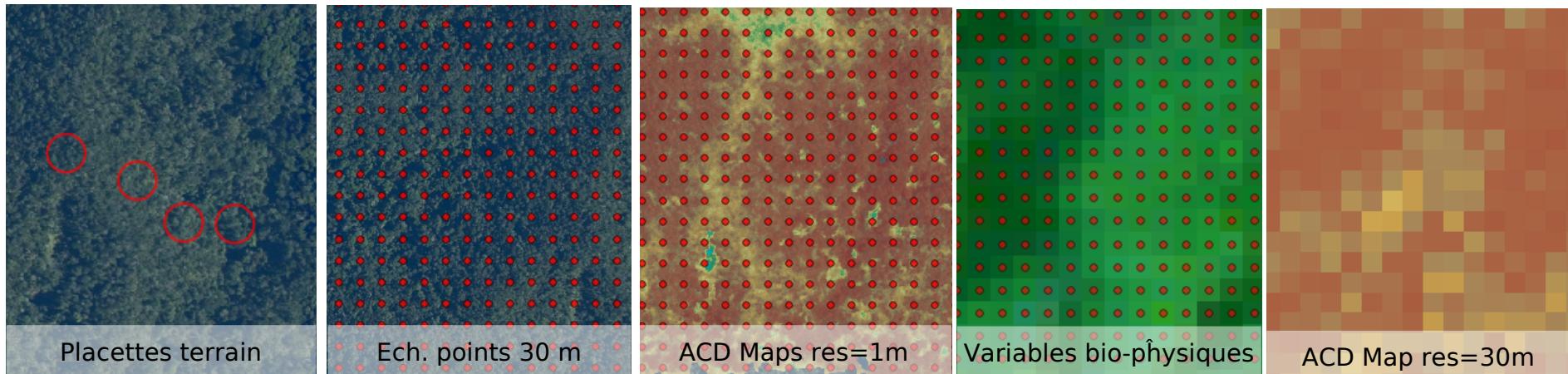
$$R^2 = 0.94$$

$$RMSE = 20.7 \text{ tC/ha}$$

Rapporté à la moyenne de densité C sur la zone d'étude, l'erreur est d'environ 20%.

Ces résultats sont consistent avec la littérature (Goetz et Dubayah, 2011)

Etape 5



Production d'une carte de densité de carbone à 1m à partir du modèle local

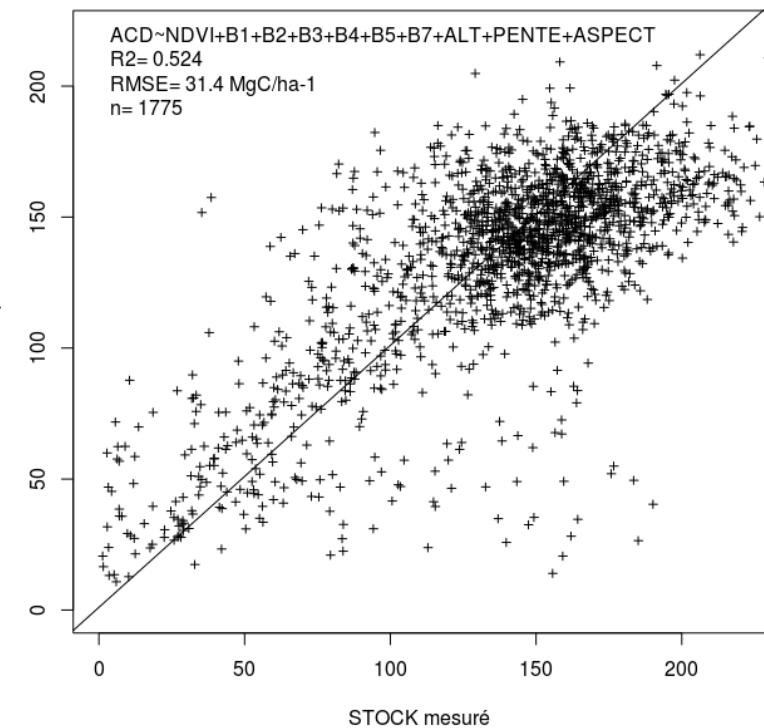
Extraction des valeurs de densité C pour un échantillonnage de points réguliers (30 m)

Extraction des valeurs de variables bio-physiques (images satellites, MNT)

Modélisation régionale et production de carbone de densité C à 30 m

Etude de cas : région Moramanga

Etape 5



Modèle « régional » obtenu :

$$ACD = f(\text{variables biotopographiques})$$

N= 1775 placettes

R²=0.524

RMSE= 31,4 tC/ha

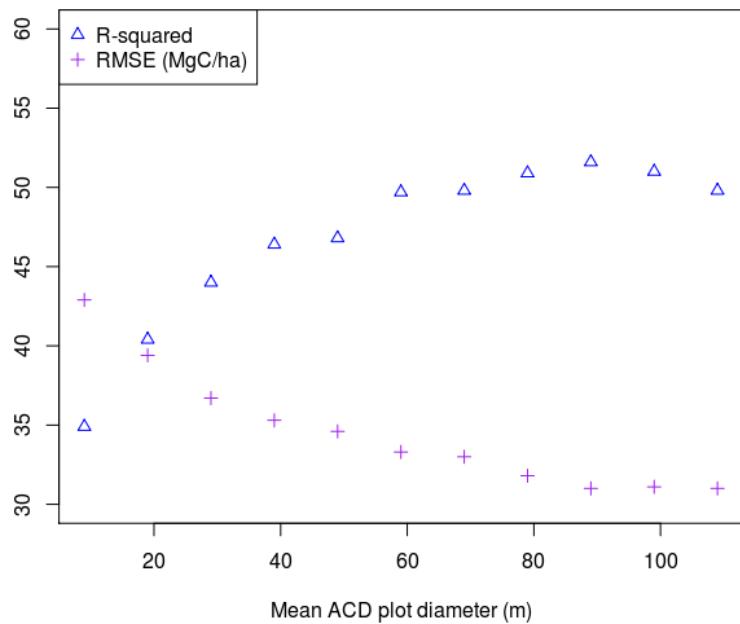
Rapporté à la moyenne de densité C sur la zone d'étude, l'erreur est d'environ 32%.

Ces résultats sont consistent avec les résultats d'extrapolation obtenu sur une étude précédente sur Madagascar (Asner et al, 2012)

Etude de cas : région Moramanga

Etape 5

Quelques tests et analyses supplémentaires...



→ Taille de fenêtre d'intégration des valeurs ACD

Plus on augmente la taille de la fenêtre, meilleurs sont les prédictions

→ Importance des variables dans le modèle régional

NDVI ***
B2 ***
B3 ***
B4 ***

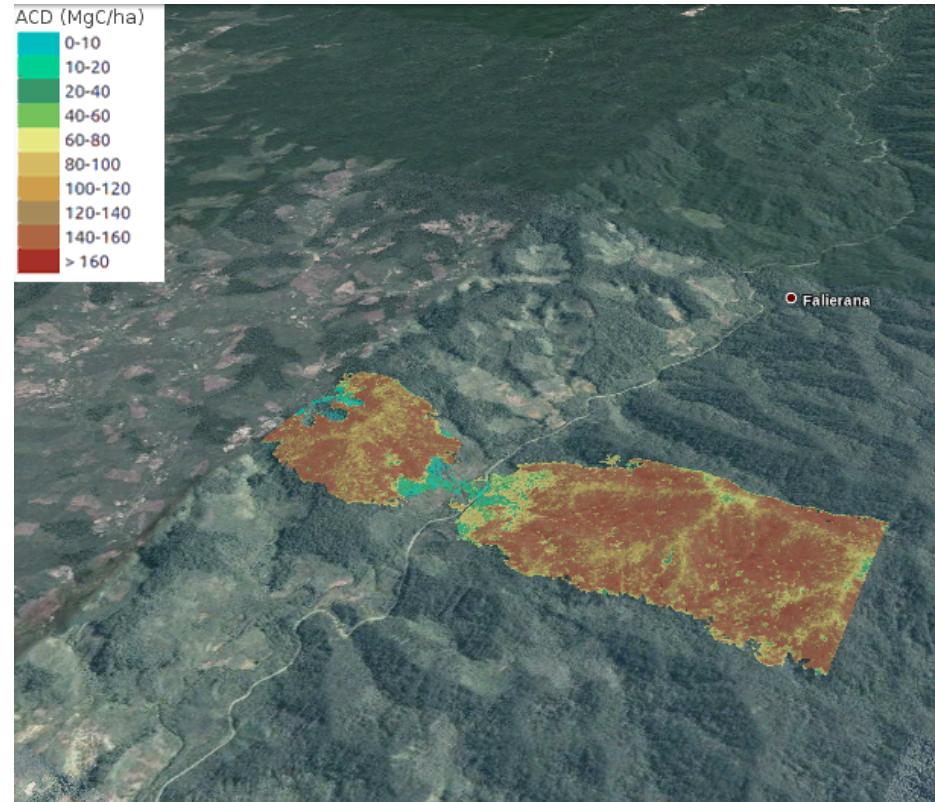
ALTITUDE ***
PENTE ***
ORIENTATION (aspect) ***

*** significatif à 0,01%

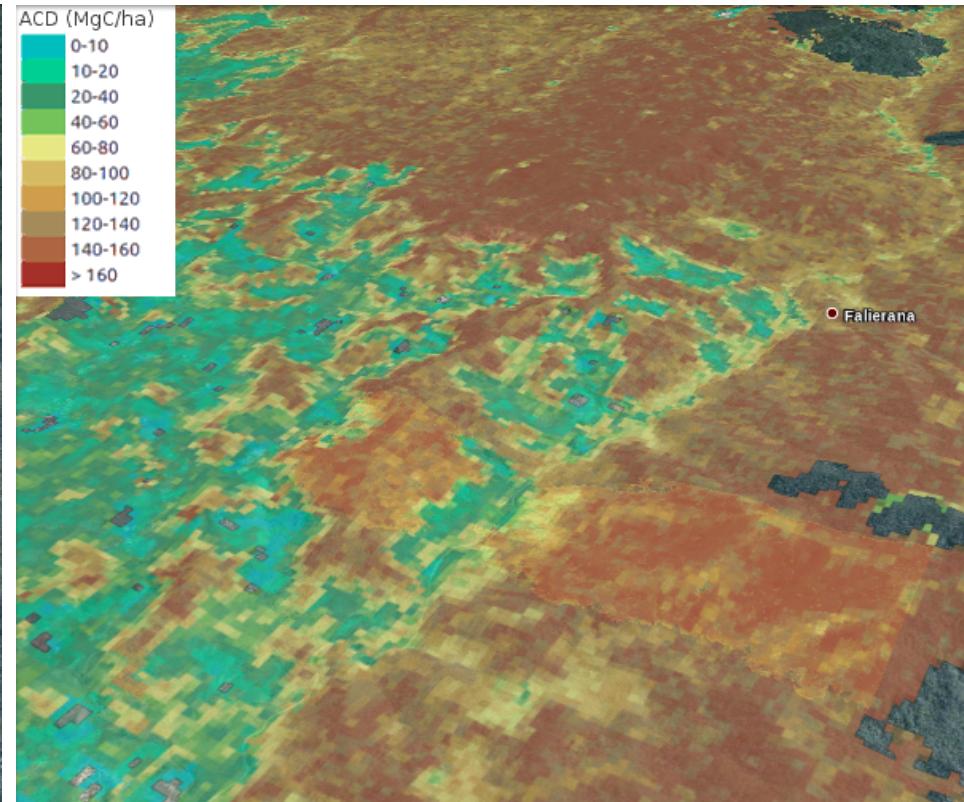
Etude de cas : région Moramanga

Etape 5

Cartographie AGB locale



Cartographie AGB régionale



Conclusion

- Acquisition nationale prohibitive (2 euros/ha)
- Par contre, méthode très performante pour démultiplier les inventaires terrain (de 1 à 1000)
- Possibilité d'extrapoler les résultats d'inventaires à une région beaucoup plus vaste avec des résultats satisfaisant (
- Besoin de collecter des informations spatiales complémentaires et plus pertinentes d'un point de vue de la distribution de la biomasse

Perspectives

- Appui à la stratégie nationale REDD+ pour la production de carte de biomasse
- Validation objective des cartes produites
- Mesure des taux de repousse et de dégradation par des relevés répétées dans le temps
- Réduction des coûts avec des vecteurs innovants (ex. drone)

Conclusion & Perspectives

- Données & Résultats disponible sur demande