



Chapitre 2-3

Suivi de l'évolution de la ressource ligneuse et des stocks de carbone

2.3.1 - Introduction

Exemple dans le bassin d'approvisionnement en bois énergie de Kinshasa, République démocratique du Congo *

Kinshasa consomme 490 000 T de charbon de bois / an et 60 000 T de bois de chauffe / an. (J. Schure & al., 2011)

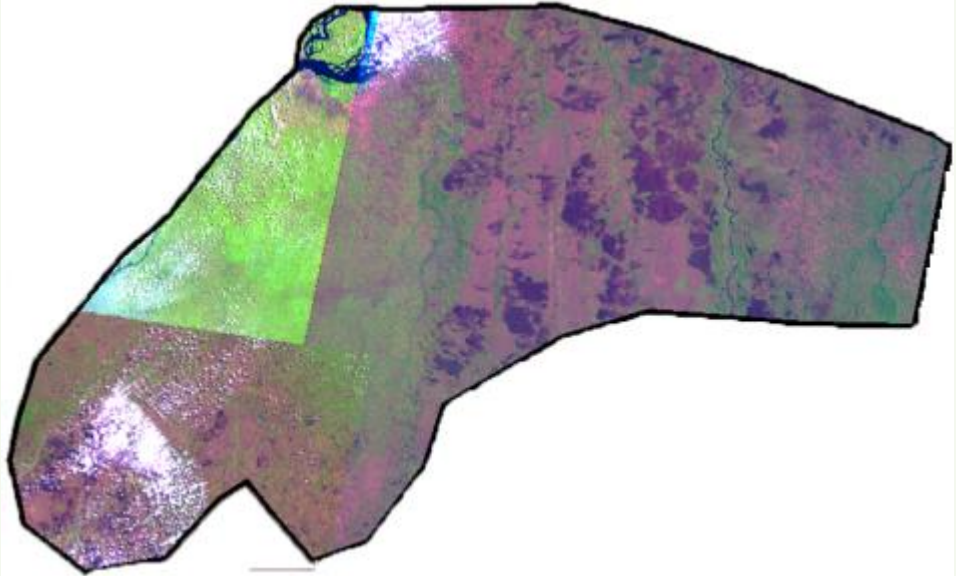
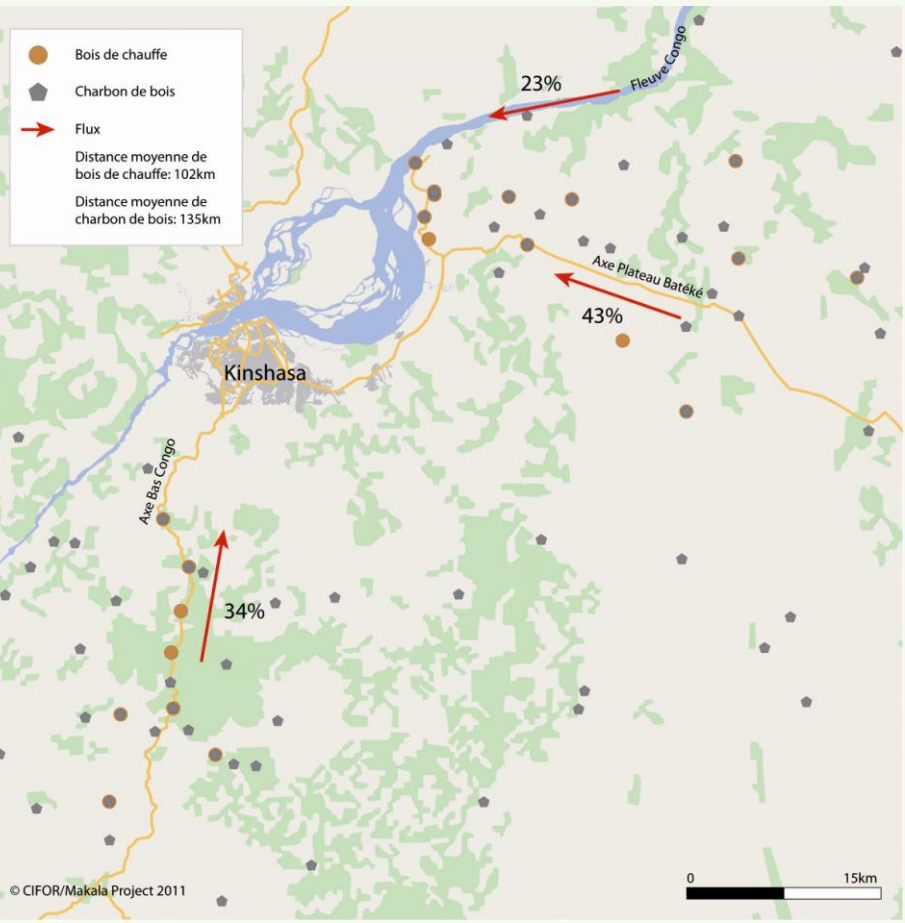
→ 4,9 millions de m³ de bois.

→ 12 fois plus que la production officielle de bois d'œuvre (ITTO, 2011)



* Notes de perspectives n°5 « Evolution de la ressource ligneuse et des stocks de carbone » *Projet Makala*
http://makala.cirad.fr/les_produits/notes_de_perspectives

Bassin d'approvisionnement en bois énergie de la ville de Kinshasa



Composition colorée (5,4,3) du bassin d'approvisionnement en bois énergie de Kinshasa
Landsat 7 ETM 2012 (M. Boulogne, 2012)

Zone d'approvisionnement en bois énergie de la ville de Kinshasa (J. Schure & al., 2011)

Méthodologie

Images satellites
1984 / 2001 / 2005 / 2012

Terrain

Cartes historiques
des états de surface

Typologie

Estimation de la
ressource

Inventaires
forestiers

Estimation du volume
de bois

Tarifs de cubage

Estimation du
carbone

Relation
allométrique

Carte de carbone du
bassin
d'approvisionnement

2.3.2 - Cartographie de l'occupation du sol

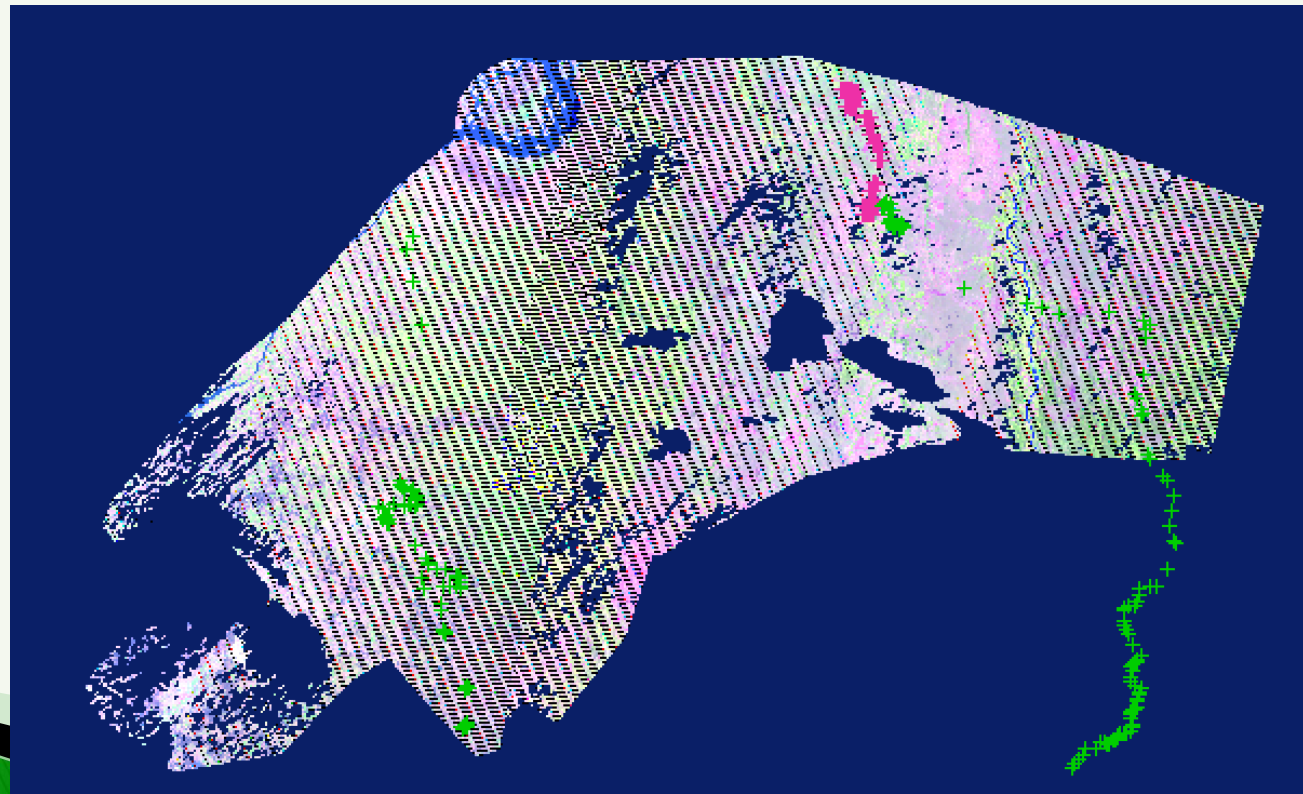


Relevés de terrain (GPS)

- Données utilisées

| 181/63 | 181/64 | 182/63 | 182/64 |
|------------|------------|------------|------------|
| 07/09/1984 | 09/10/1984 | 01/02/1995 | 20/09/1986 |
| 28/07/2001 | 28/07/2001 | 30/04/2001 | 19/07/2001 |
| 10/07/2006 | 10/07/2006 | 31/08/2006 | 31/05/2005 |
| 04/03/2012 | 04/03/2012 | 02/08/2012 | 02/08/2012 |

+ Relevés GPS
284 points



Classification des types de sols

- **Méthode :**

- ✓ Pré-traitements
- ✓ Classification
- ✓ Validation



- **Typologie retenue :**

→ Forêt (primaire/secondaire/ripisylve)



→ Vieille Jachère (+ de 6 ans)



→ Jeune jachère (moins de 6 ans)



→ Savanes (herbeuse, arbustive ...)



→ Champ



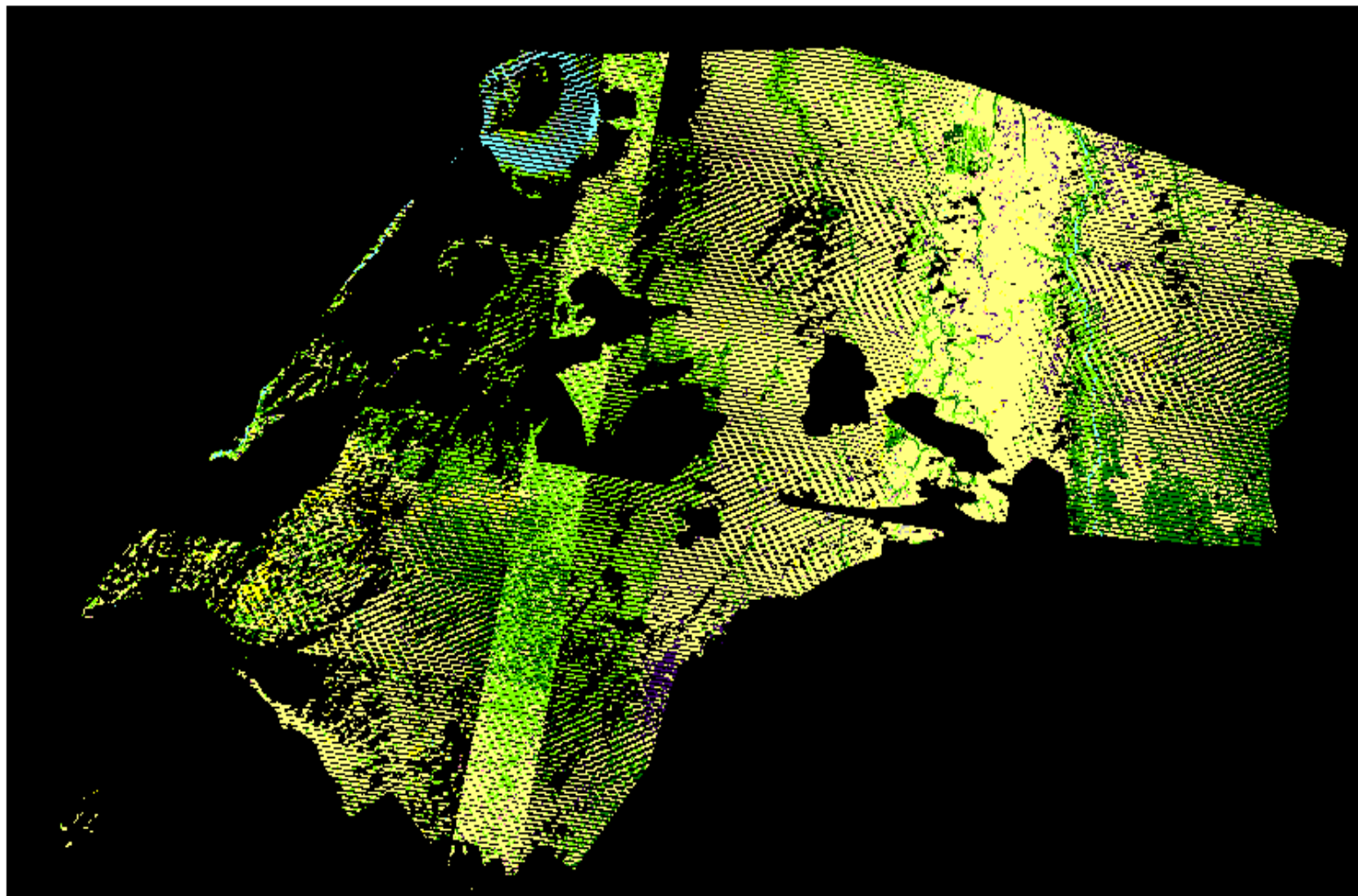
→ Brûlis avant culture

→ Sol nu



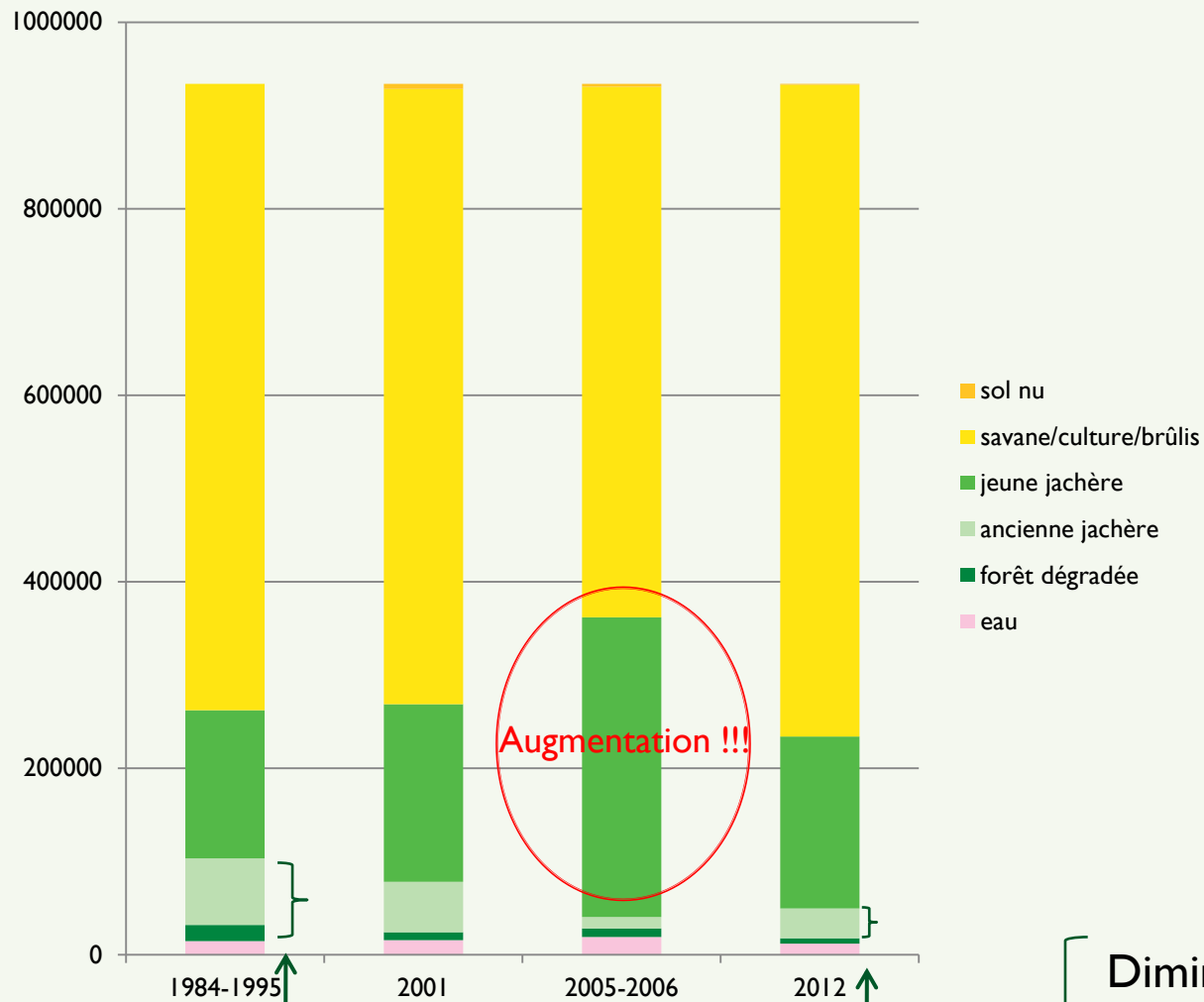
Occupation du sol en 2012

• Résultats



2012

Evolution des états de surface entre 1984 et 2012



Augmentation !!!

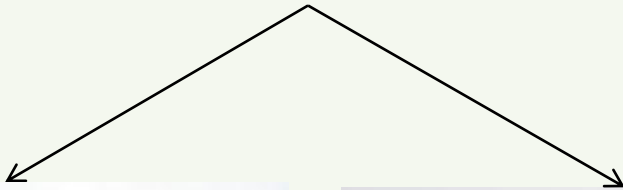
Diminution des forêts dégradées
et des vieilles jachères :
passent de
88 000 ha à 37 000 ha en 28 ans.

Limites de l'étude

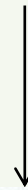
• Limites de l'étude

- Qualité des données + confusion de classes.
- La typologie a été réduite pour valider les cartes de 1986 et pour limiter les erreurs.

Exemple : Espace forestier de petite taille
(0,2 à 1 ha), ancien village au Bas Congo (Voka)



Exemple : Confusion
entre jeune et vieille jachère.



2.3.3 - Inventaires forestiers

• Carte d'occupation du sol

• Inventaires forestiers

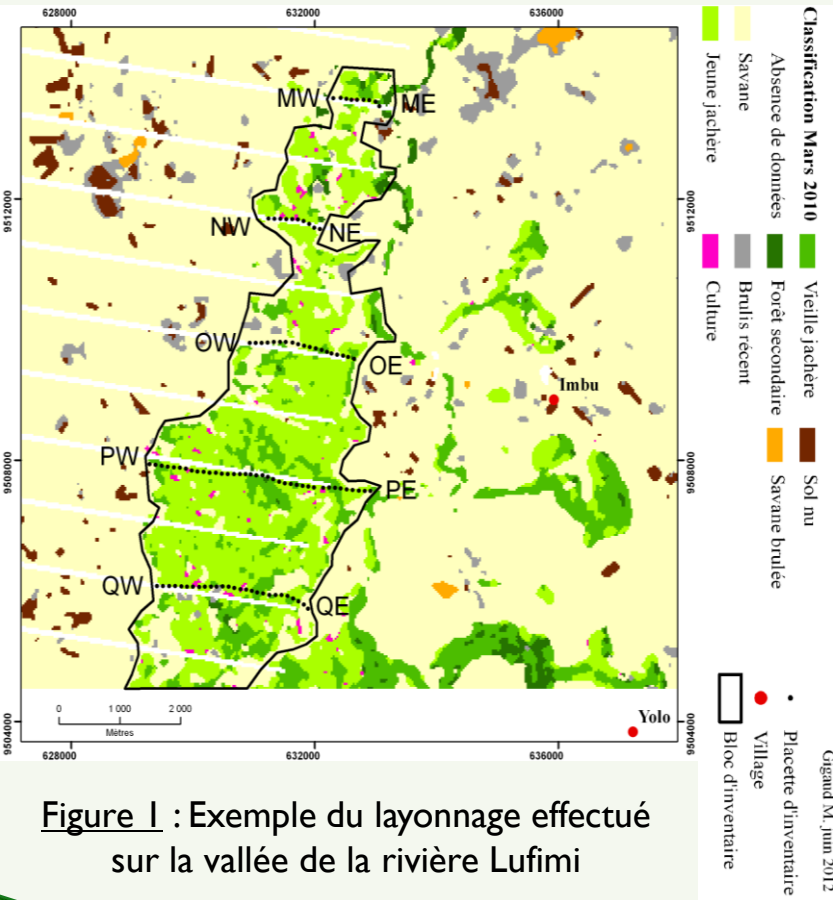


Figure 1 : Exemple du layonnage effectué sur la vallée de la rivière Lufimi

| Type de formation | S (Ha) | Nb de placettes | S inventoriée (Ha) | % inventorié |
|-------------------|--------|-----------------|--------------------|--------------|
| Jeune jachère | 2425 | 102 | 1,57 | 0,06% |
| Vieille jachère | 972 | 51 | 0,78 | 0,08% |
| Forêt secondaire | 207 | 24 | 0,37 | 0,18% |
| Savane | 1599 | 87 | 1,34 | 0,08% |

Limites de l'étude

→ Les surfaces inventoriées sont trop faibles pour avoir une estimation précise.

→ Les inventaires ont été effectués seulement dans une zone du bassin d'approvisionnement.

Il faudrait faire d'autres inventaires au Bas Congo pour avoir une meilleure estimation des biomasses aériennes à l'échelle du bassin.



2.3.4 – Tarifs de cubage

Prendre des mesures
dendrométriques

Calculer le volume des
arbres

Construire les tarifs

Vérifier les régressions

Méthodologie

Mesure de 30 arbres/espèce

Equirépartition des arbres en 4 à 6 classes
prédéterminées grâce aux travaux d'inventaires
et réajustées sur le terrain

Mesure de la circonférence à 1,30m,

Mesure de la hauteur sur pied

Mesure de la longueur et des circonférences
gros et fin bouts des billons (jusqu'à 13 cm de
circonférence fin bout)

Espèces retenues

Prendre des mesures
dendrométriques

Calculer le volume des
arbres

Construire les tarifs

Vérifier les régressions

6 espèces + 1 Tarif complémentaire :

Albizia adianthifolia

Hymenocardia ulmoides

Markhamia tomentosa

Oncoba welwitschii

Pentaclethra eetveldeana

Espèces secondaires (*Draceana manii*, *Macaranga monendra*, *Millettia laurentii*, *Millettia eetveldeana*, *Vitex congolensis*, *Sapium cornutum*)

+ *Acacia auriculiformis*

Prendre des mesures
dendrométriques

Formule de Smalian

$$V = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{C_1^2 + C_2^2}{2} \right) L$$

Calculer le volume des
arbres

Logiciel R Package nlme

$$V = f(C_{130}^2) = a + b(C^2)^c \quad V = f(C_{130}^2 H) = a + b(C^2 H)^c$$

Construire les tarifs

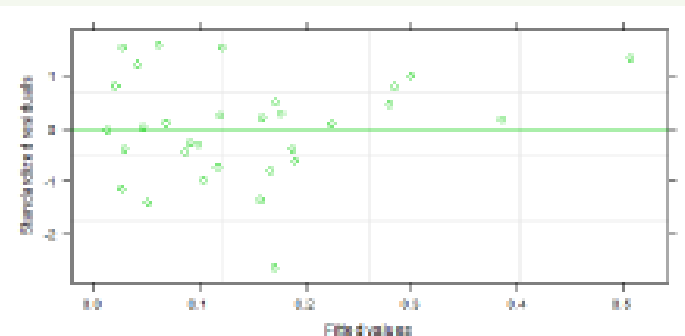
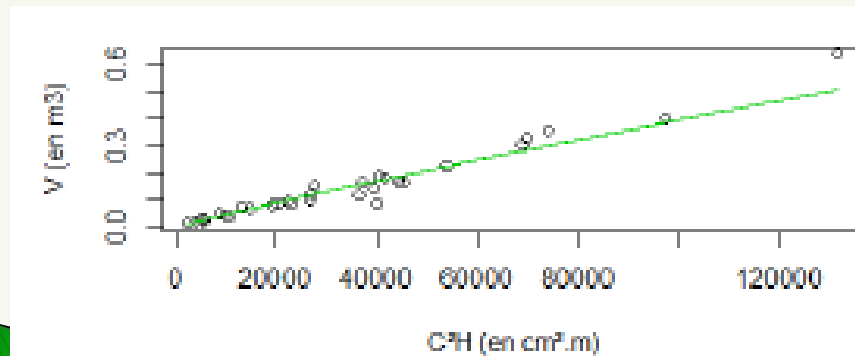
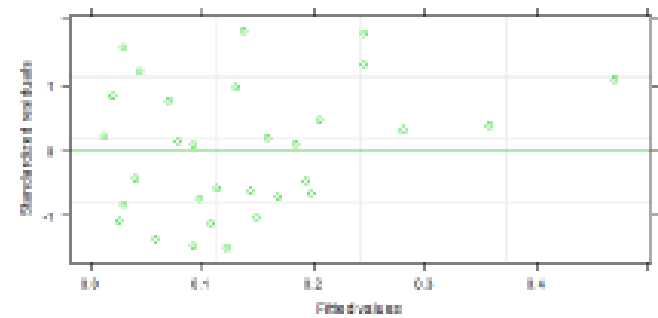
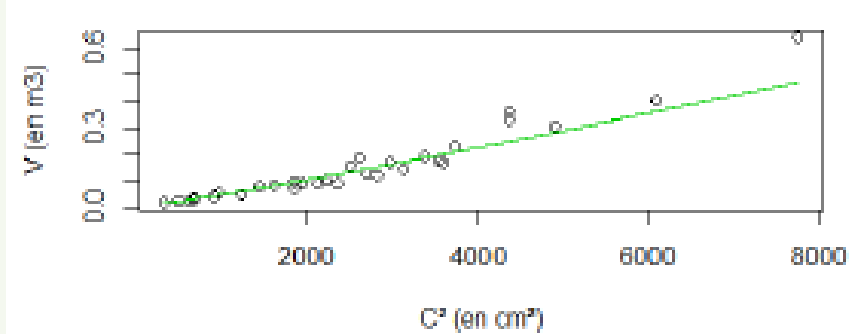
R^2 hautement significatif si $>0,80$

Vérifier les régressions

Dispersion des résidus

Résultats

| Essence (Nombre d'arbres mesurés) | Equation | R ² | Validité (circonférence en cm) | Validité (diamètre en cm) | Validité (Hauteur en m) |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Albizia adianthifolia (31) | $V=0,0000187(C^2)^{1,1320393}$ | 0,971 | 18 - 88 | 5,7 - 28 | 6,5 - 17 |
| Albizia adianthifolia (31) | $V=0,0000108(C^2H)^{0,9124693}$ | 0,977 | 18 - 88 | 5,7 - 28 | 6,5 - 17 |



Tarifs de cubage : Limites de l'étude

- Nombre d'arbre assez faible en forêt naturelle,
- Fin bout (13 cm de circonférence) relativement important
- Définir d'autres tarifs de cubage sur d'autres espèces pour avoir une meilleure estimation des volumes de bois et des stocks de carbone dans les différents types de formations végétales.



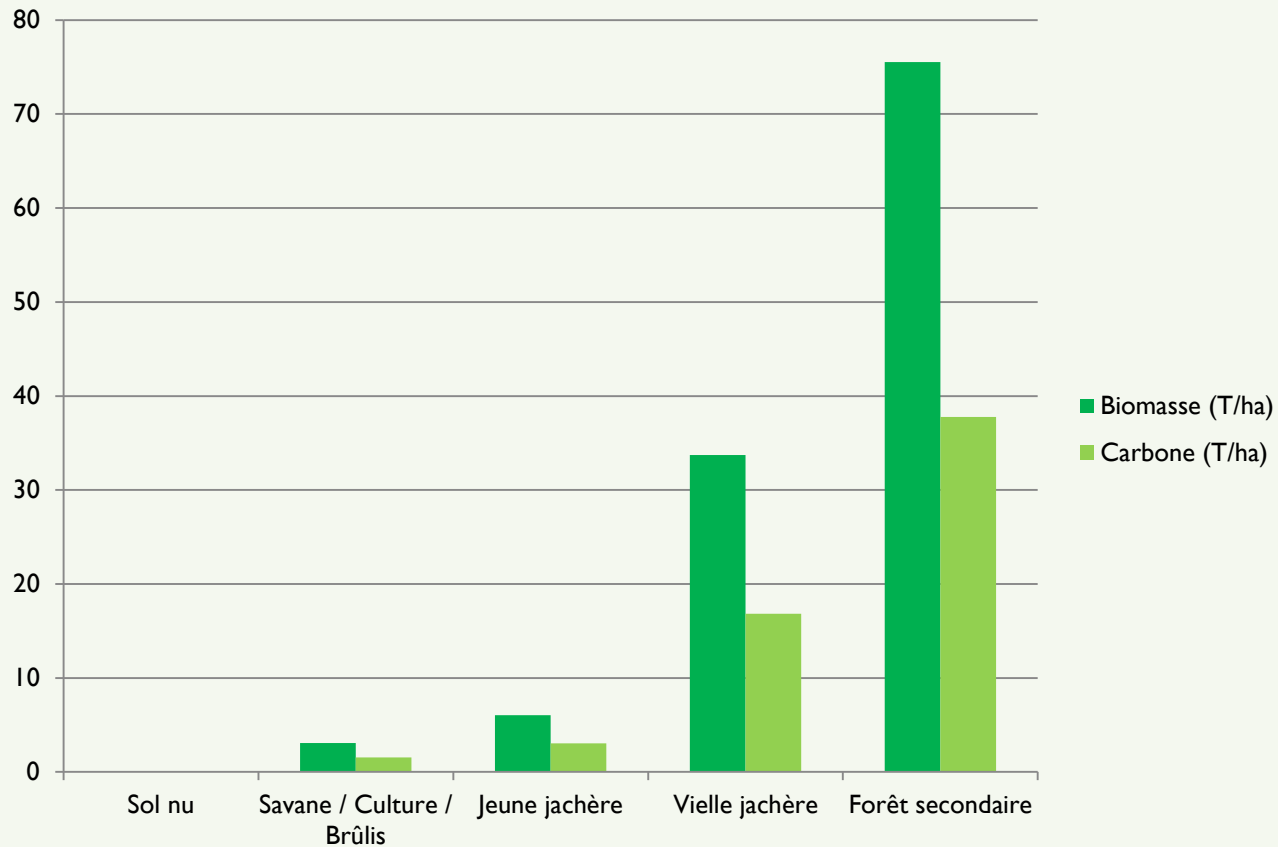
5 – Evolution des stocks de carbone

Mesure de la biomasse et du carbone

- Densité calculée à partir de Global Wood Density Database (Espèce, Genre, Famille) ;
- Densité moyenne déterminée = 0,546 T/m³ ;
- 46% des mesures effectués avec les tarifs monospécifiques ;
- 18% des mesures effectuées avec le tarif établi pour les essences secondaires ;
- 36% des mesures effectuées avec un tarif regroupant l'ensemble des mesures.

| Type de formation | AGB (T/ha) | C (T/ha) |
|-------------------|------------|----------|
| Jeune jachère | 6,05 | 3,03 |
| Vielle jachère | 33,71 | 16,85 |
| Forêt secondaire | 75,52 | 37,76 |
| Savane | 2,99 | 1,5 |

Dans les types de formation

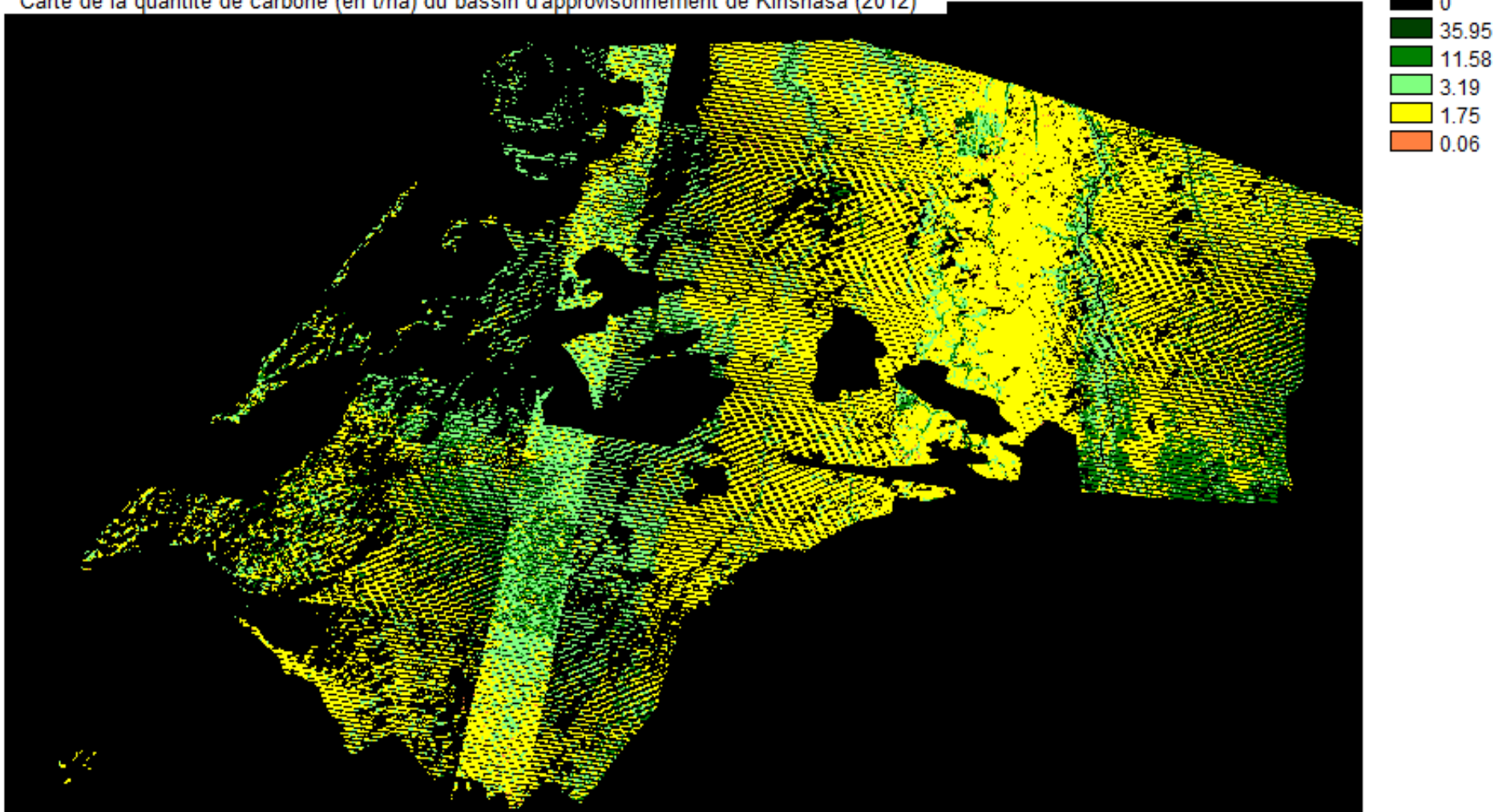


Le stock de C en savane a été mesuré à partir de la formule de Chave & al., 2005 = $AGB=e(-2,977 + \ln(rs.D^2.H))$. **1,5 T de C/ha dans les savanes**

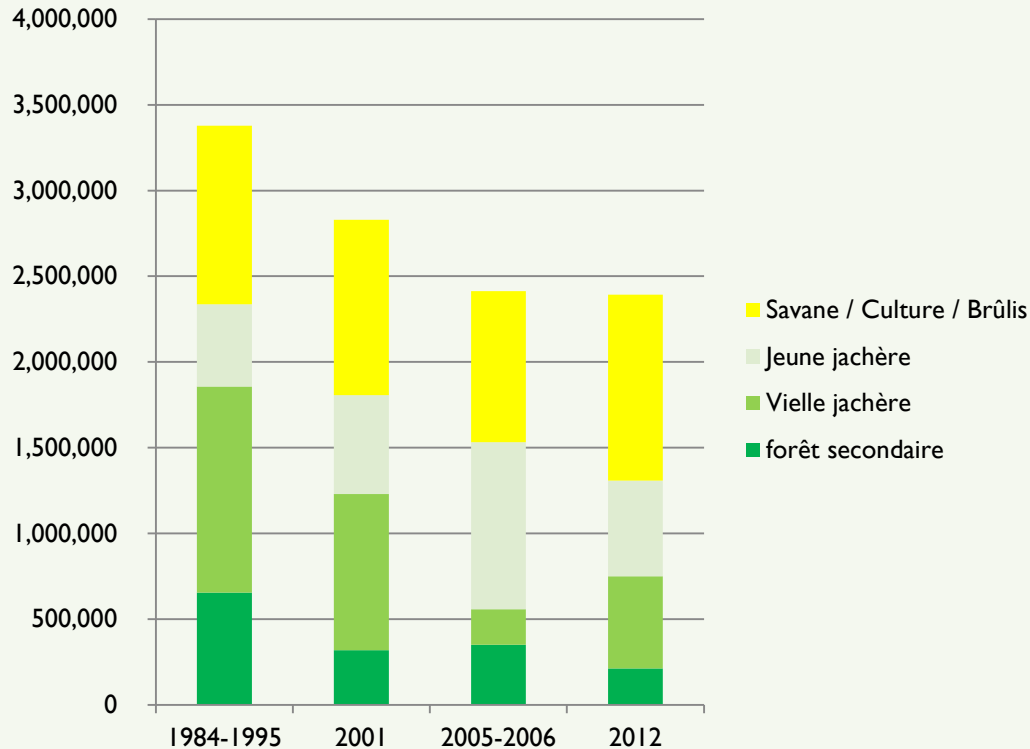
Dans le bassin d'approvisionnement de Kinshasa en 2012

- Résultats

Carte de la quantité de carbone (en t/ha) du bassin d'approvisionnement de Kinshasa (2012)



De 1984 à 2012



→ En 28 ans, la diminution du stock de carbone sur le bassin d’approvisionnement en bois énergie de Kinshasa est de l’ordre de 30% soit une perte de plus de 1%/an.

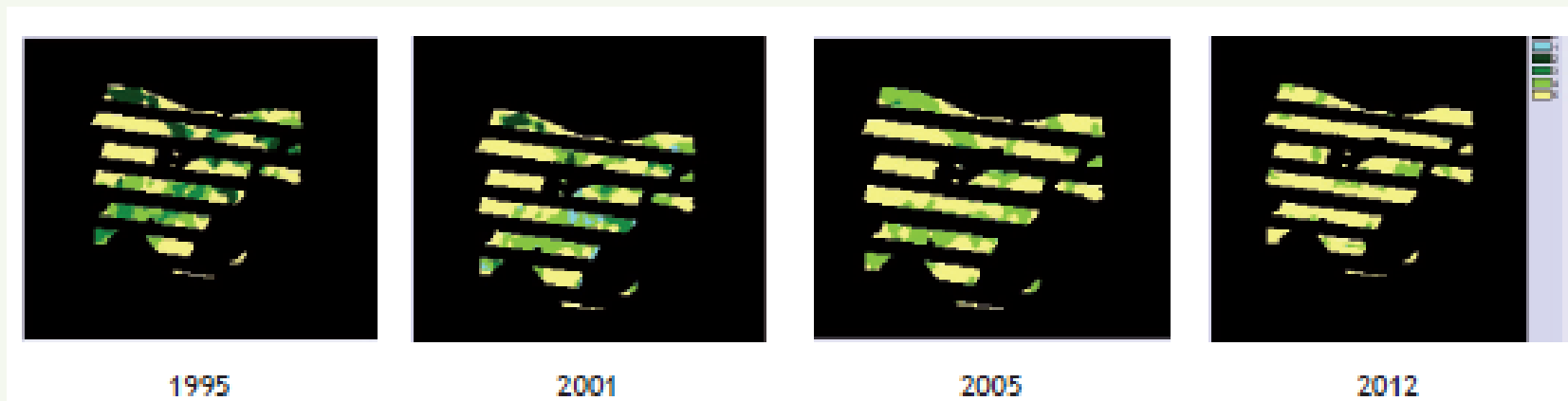
→ Pour les forêts secondaires, la perte de stocks est estimée à plus de 65%.

Evolution des stocks de carbone sur pied (en milliers de tonnes) entre 1984 et 2012 sur la zone d’étude en fonction du type de végétation

Evolution des terroirs villageois : Kinduala

→ Grâce à l'utilisation combinée des mesures de terrain et de la télédétection, chaque finage du bassin d'approvisionnement peut être analysé individuellement.

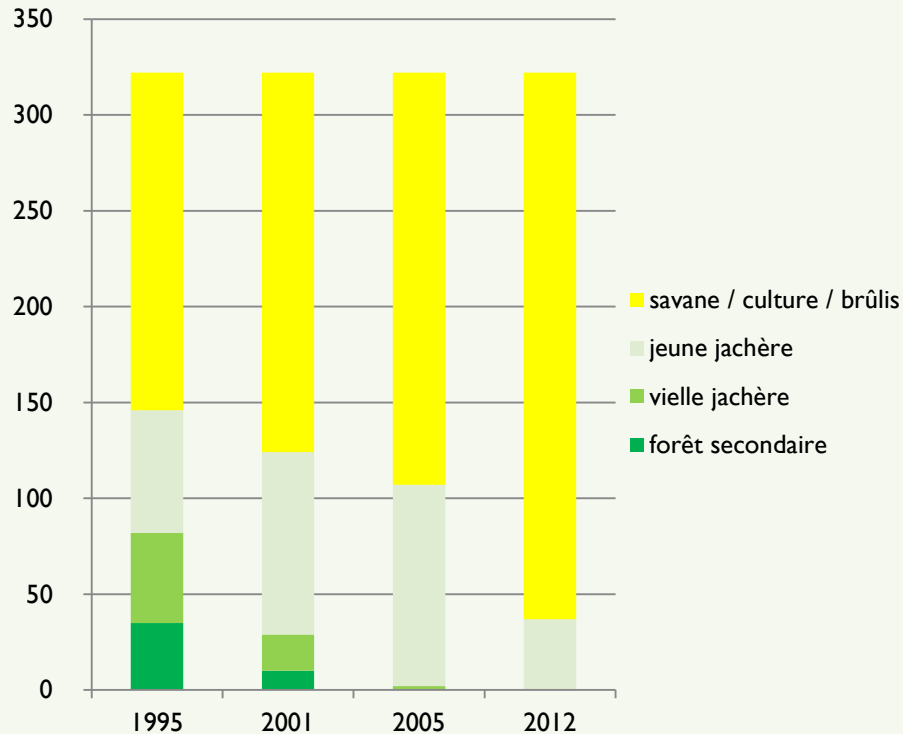
→ Le finage du village de Kinduala, se situe à 120 km au sud de Kinshasa dans la province du Bas Congo



Images satellites de l'évolution des états de surface du finage de Kinduala entre 1995 et 2012

→ Elaboration de Plan Simple de Gestion pour la gestion de la ressource bois énergie. Le suivi de l'évolution des stocks de carbone à l'échelle des terroirs peut faciliter le financement futur des actions contribuant à l'augmentation du stock de carbone (REDD+).

Evolution des états de surface : Kinduala



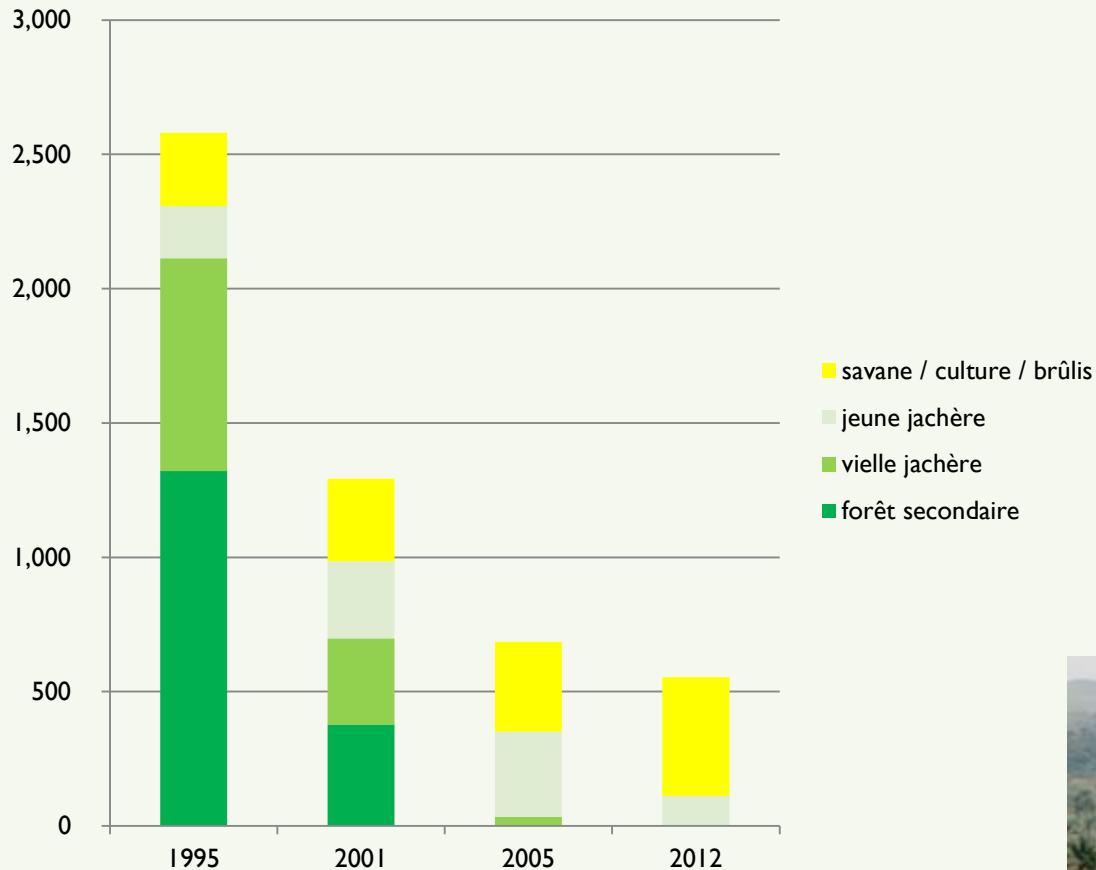
**Estimation des changements d'états de surface
(en ha)**

→ Augmentation des surfaces cultivées et de savanes, diminution importante des jeunes jachères et disparition des forêts dégradées et des vieilles jachères.

→ Bamba & al., 2008, étude entre 1960 et 2005 :

- 49,95% de forêts secondaires (FS) dans la matrice du paysage (1960)
- dégradée au profit des savanes (conquis 14,23% des FS) et des jachères et champs (conquis 27,23% des FS) (2005)

Evolution des stocks de carbone : Kinduala



Estimation des stocks de carbone dans le finage du village de Kinduala entre 1984 et 2012

→ Chute vertigineuse des stocks de carbone :

- **moins 79% en 17 ans**

→ En réalité, forêts ripisylves et anciens villages encore présents mais en petites superficies.



2.3.6 - Discussion

→ Limites liées aux données utilisées:

- Télédétection: - nébulosité
 - gap fill
 - pas de données dans les années 90
- Biomasse: - surface couverte
 - zone d'échantillonnage



→ Limites liées à la méthode de cartographie du carbone:

- Dépendance à la classification
- méthode réductrice: différences dans les types de végétation appartenant à la même classe

→ Utilisation des données LIDAR?

→ Tester d'autres méthodes de cartographie de la biomasse

ex: mettre en relation avec le NDVI, utilisation de modèles statistiques

→ Pour avoir des estimations + précises, revoir l'échantillonnage

+ peut être mettre en place des plots permanents





Merci de votre attention



***Reconstruire collectivement l'objet de l'intervention,
et s'assurer de sa pertinence comme de son caractère
appropriable aux problèmes locaux***
(CARON ET CHEYLAN, 2008)

Auteurs : Emilien Dubiez *

Co-auteur : V. Gond, R. Peltier, M. Boulogne, M. Gigaud, A. Péroches, A. Pennec, P. Proce, C. Vermeulen & J.N. Marien

* Projet Makala, 57 Avenue des Sénégalais, Gombé, Kinshasa, R.D.Congo) (emilien.dubiez@cirad.fr)