



Chapitre 4



Le suivi des stocks carbone

Formation en ligne « Opportunités et mise en œuvre des projets REDD+ »
Sous-composante 3a du projet PréREDD « Cellule d'appui aux projets pilotes REDD+ »
novembre 2015



Chapitre 4 – Le suivi des stocks carbone



4.1 – Forêt, un réservoir de carbone

4.2 - Zone de projet et stratification

4.3 - Echantillonnage

4.4 - Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres

4.4.2 – Mesure du bois mort

4.4.3 – Equations allométriques

Chapitre 4 – Le suivi des stocks carbone



4.1 – Forêt, un réservoir de carbone

4.2 - Zone de projet et stratification

4.3 - Echantillonnage

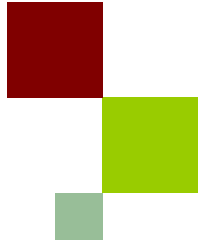
4.4 - Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres

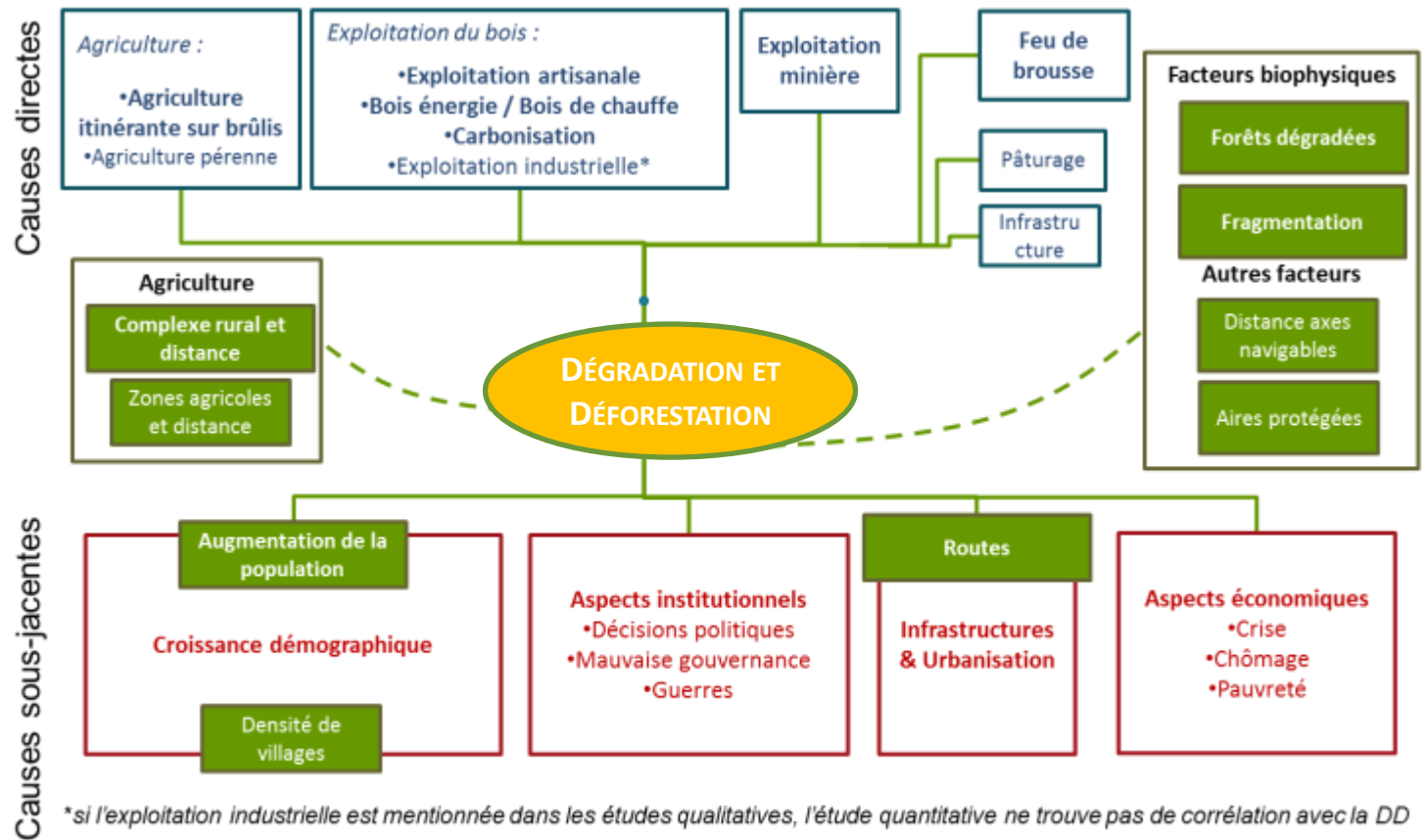
4.4.2 – Mesure du bois mort

4.4.3 – Equations allométriques

4.1 – Forêt, un réservoir de carbone



Rappel



Plus la cause est perçue comme importante, plus la taille du rectangle est grande

4.1 – Forêt, un réservoir de carbone



▪ Rappel : définition MRV

- **Mesure** : Processus de collecte des données (mesures/observations sur le terrain, détection à distance et entretiens)
- **Rapports** : processus de notification officielle des résultats de l'évaluation à la CCNUCC, conformément à des formats prédéterminés et conformément à des normes établies
- **Vérification** : processus de vérification officielle des rapports

Prerequisite suite à la Decision 1/CP.16 Paragraph 71:

requests developing country Parties aiming to undertake REDD+ activities to develop a robust and transparent national forest monitoring system for the monitoring and reporting of the five REDD+ activities.

4.1 – Forêt, un réservoir de carbone



- **Qu'est ce qu'un réservoir de carbone ?**
 - Un puits de carbone. Un système **capable de stocker ou d'émettre** du carbone. La biomasse des forêts, les produits du bois, les sols et l'atmosphère sont des exemples de bassins de carbone.
 - Dans le cas d'un écosystème : la partie d'un écosystème contenant du carbone.
 - Les réservoirs de carbone **stockent** du carbone.

4.1 – Forêt, un réservoir de carbone



- Les plantations forestières en tant que réservoirs de carbone



- Tiges
- Branches
- Feuillage
- Racines
- Litière
- Bois mort
- Sols

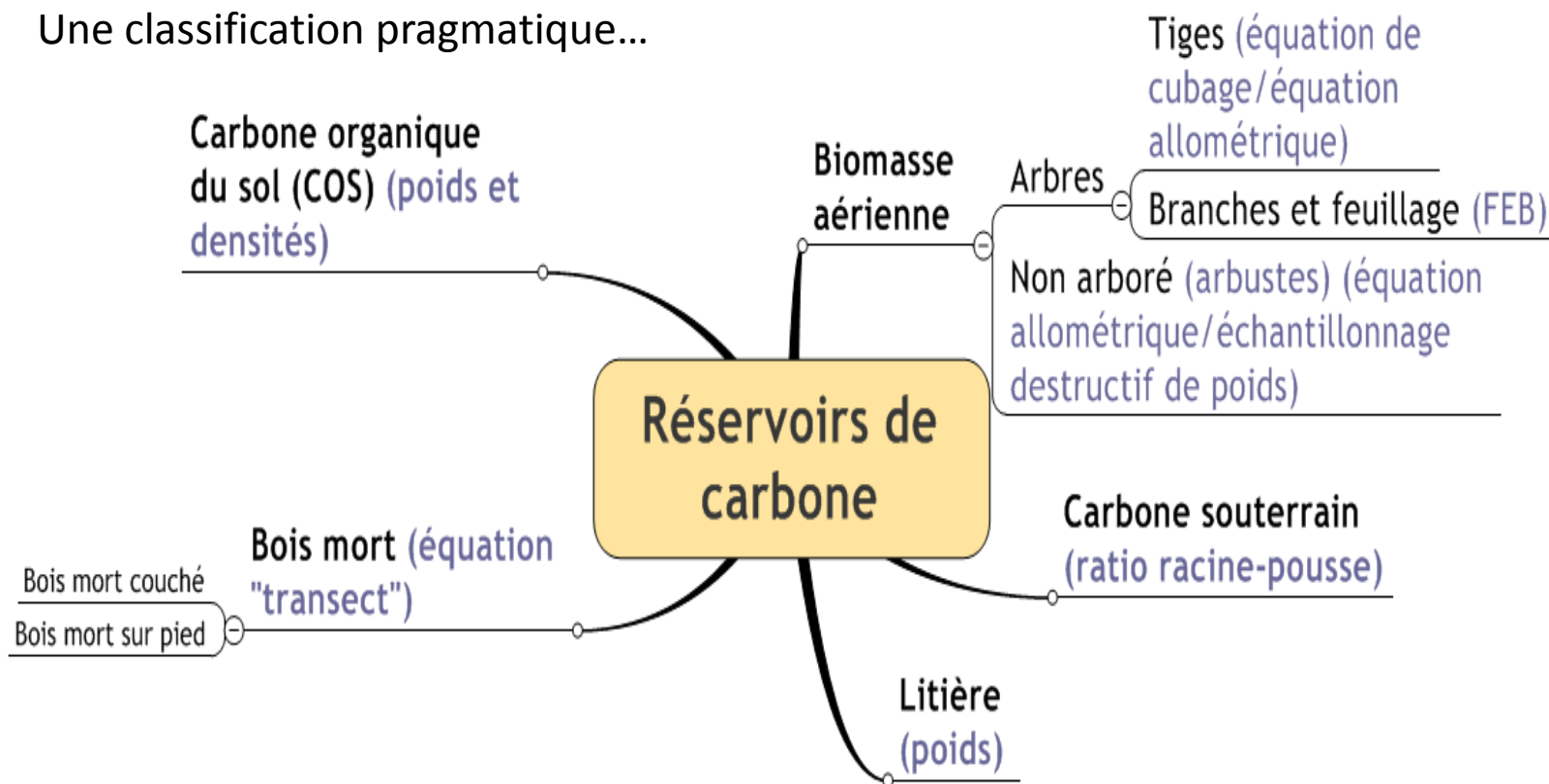
Tous les éléments d'une plantation forestière stockent du carbone ...

4.1 – Forêt, un réservoir de carbone

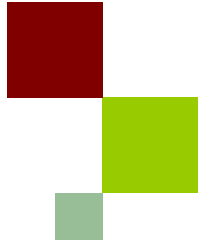


■ Comment le carbone est classé dans les écosystèmes ?

Une classification pragmatique...



4.1 – Forêt, un réservoir de carbone



- **Biomasse aérienne**

Totalité de la biomasse vivante aérienne, y compris tiges, souches, branches, écorce, semences et feuillage.



4.1 – Forêt, un réservoir de carbone



■ Biomasse souterraine

- Totalité de la biomasse de racines vivantes.
- Les racines minces de moins de 2 mm de diamètre (suggestion) sont quelquefois exclues car souvent on ne peut pas les distinguer empiriquement des matières organiques du sol ou de la litière



4.1 – Forêt, un réservoir de carbone



■ Litière

- Inclut toute la biomasse morte de diamètre inférieur à un diamètre minimum choisi par la méthodologie (5 cm, par exemple), à divers stades de décomposition, et située au-dessus du sol minéral ou organique.
- Ceci inclut la litière, les couches fumiennes et humiques. Les racines vivantes minces (inférieures au diamètre minimum suggéré pour la biomasse souterraine) sont incluses dans la litière lorsqu'on ne peut pas les distinguer empiriquement de la litière.



4.1 – Forêt, un réservoir de carbone



■ Bois mort

- Inclut toute la biomasse ligneuse morte qui n'est pas contenue dans la litière, et qui est sur pied, au sol ou dans le sol.
- Le bois mort comprend le bois couché au sol, les racines mortes, et les souches de diamètre supérieur ou égal à 5 cm ou à tout autre diamètre utilisé par la méthodologie.

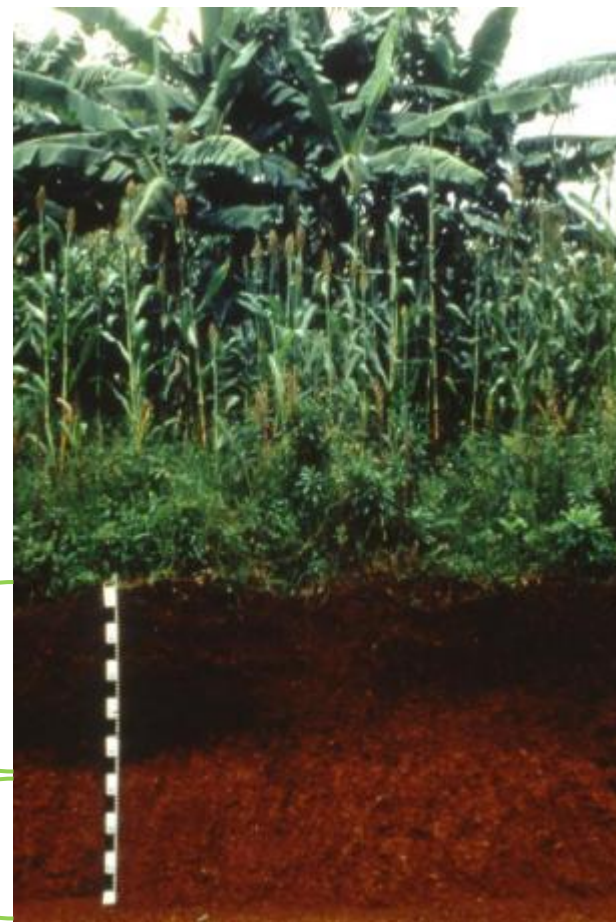


4.1 – Forêt, un réservoir de carbone



- **Carbone organique du sol (COS)**

La matière organique du sol comprend tous les éléments du sol dérivés de plantes ou d'animaux.



Sol organique

Sol minéral

4.1 – Forêt, un réservoir de carbone



- **Quelques chiffres exemple** : une plantation de teck
 - La plantation en photo a environ 160 m³/ha de bois (tiges).
 - Le teck a une densité ligneuse d'environ 0,5 (g/cm³) ...nous avons donc environ 80 t/ha.



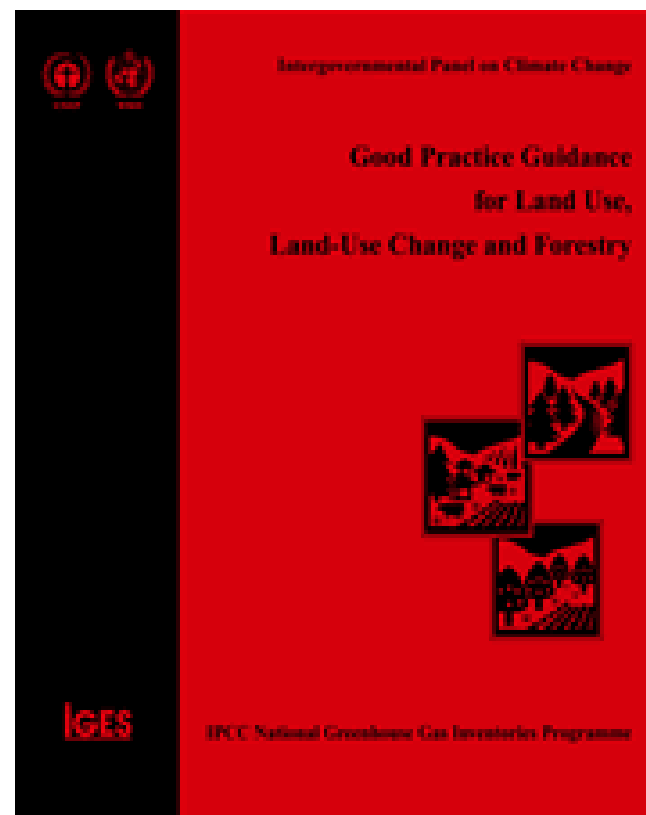
- Le C représente environ 50% -> 40 t-C/ha (1 tC = 3,66 t-CO₂, donc 40 x 3,66 ≈ 150 t-CO₂/ha)
- Branches ≈ 10 à 15 t-CO₂/ha.
- Feuillage ≈ 1 à 2 t-CO₂/ha.
- Racines ≈ 10 à 20 t-CO₂/ha.
- Sols ≈ 10 à 80?? t-CO₂/ha.
- Bois mort et litière < 10 t-CO₂/ha.
- Arbustes, herbes < 10 t-CO₂/ha.

Total approximatif : 200 – 350 t-CO₂/ha.

4.1 – Forêt, un réservoir de carbone



- Le plan de surveillance est l'ensemble des activités qui permettent l'estimation exacte et précise des émissions et absorptions de gaz à effet de serre directement attribuables aux activités de projets
- Tous les standards (VCS, MPD, CBB, etc.) utilisent "le guide des bonnes pratiques» comme base pour la formulation des plans de suivi
- Les techniques et méthodes sont basées sur des principes généralement acceptés pour les inventaires forestiers



<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html>

4.1 – Forêt, un réservoir de carbone



■ Le plan de suivi (Mesures-Rapports-Vérification)

Composantes

- Suivi des limites du projet (forêt)
- Suivi des activités du projet
- **Suivi des stocks de carbone**
- Plan d'assurance de la qualité/contrôle de la qualité



Étapes:

1. Stratification de la zone de projet
2. Sélection des compartiments carbone
3. Conception du cadre d'échantillonnage
4. Identification des méthodes pour l'estimations des stocks carbone
5. Plan d'assurance de la qualité/contrôle de la qualité

Chapitre 4 – Le suivi des stocks carbone



4.1 – Forêt, un réservoir de carbone

4.2 - Zone de projet et stratification

4.3 - Echantillonnage

4.4 - Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres

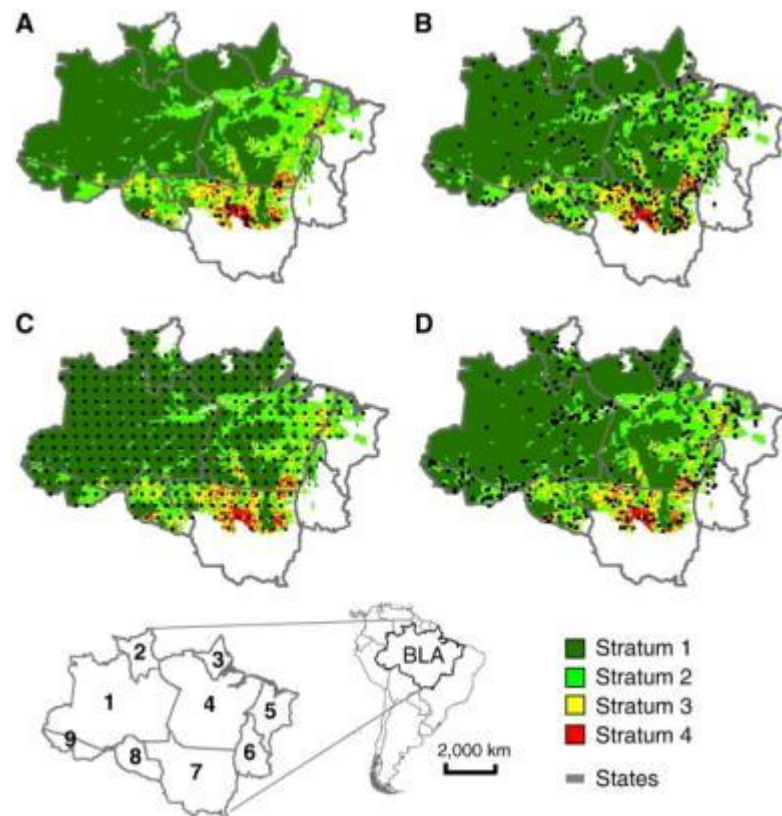
4.4.2 – Mesure du bois mort

4.4.3 – Equations allométriques

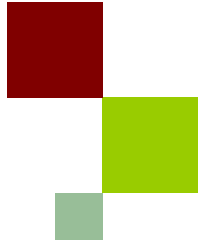
4.2 – Zone de projet et stratification



- Consiste à diviser la zone du projet en sous-populations formant des unités relativement homogènes
- La stratification diminue les coûts des mesures et de la surveillance car elle réduit l'échantillonnage
- Facteurs de stratification :
le climat, la topographie, les sols, l'âge, l'espèce, etc ...



4.2 – Zone de projet et stratification



▪ Objectifs et obligation légales

- Objectifs :
 - Définir les strates (=zones homogènes en termes de stocks de carbone) d'un projet pour optimiser (en termes de difficulté et de coûts) le processus de suivi.
 - Optimiser (=réduire au minimum) le nombre de parcelles nécessaires pour obtenir un degré de précision donné ou d'erreur de suivi.
- Obligations préalables :
 - Le projet a déjà été mis en œuvre ou est en cours d'exécution.

4.2 – Zone de projet et stratification

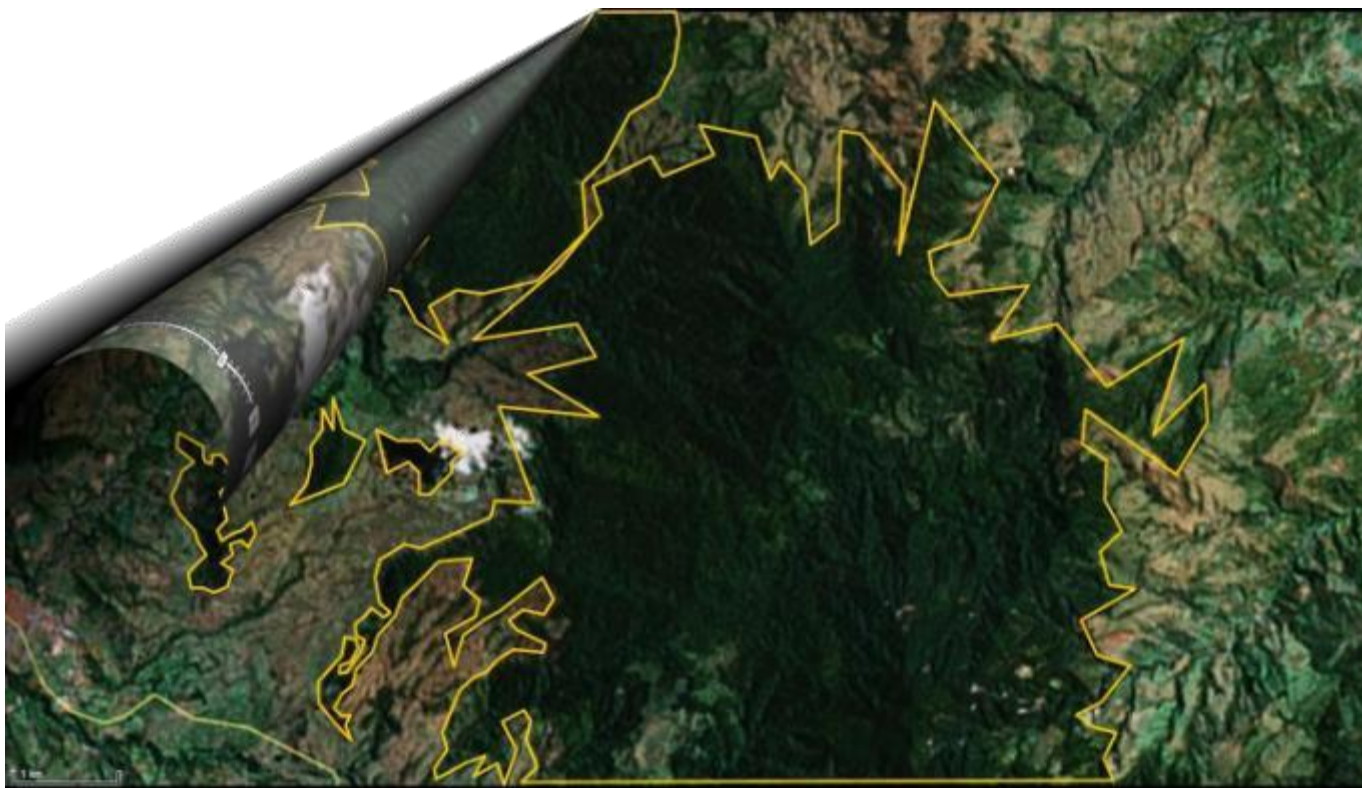


- **Quand la stratification est-elle nécessaire ?**
 - La stratification doit être effectuée (ou au moins revue) à chaque vérification (c.à.d. tous les cinq ans).
 - Ce n'est pas une dépense supplémentaire. Il s'agit d'une procédure pour réduire les coûts (ou pour améliorer le niveau de précision au même coût).
 - Les méthodologies n'expliquent pas clairement le lien entre la stratification et les réservoirs :
 - Les méthodologies ne lient pas la stratification à des réservoirs de carbone spécifiques mais à l'ensemble de ces réservoirs de manière générique.
 - Une lecture “entre les lignes” de ces méthodologies semble indiquer que seuls les arbres sont pris en compte dans la stratification => les autres réservoirs de carbone peuvent être subordonnés aux arbres (pour la stratification).

4.2 – Zone de projet et stratification



- **Concepts complémentaires : les limites du projet**

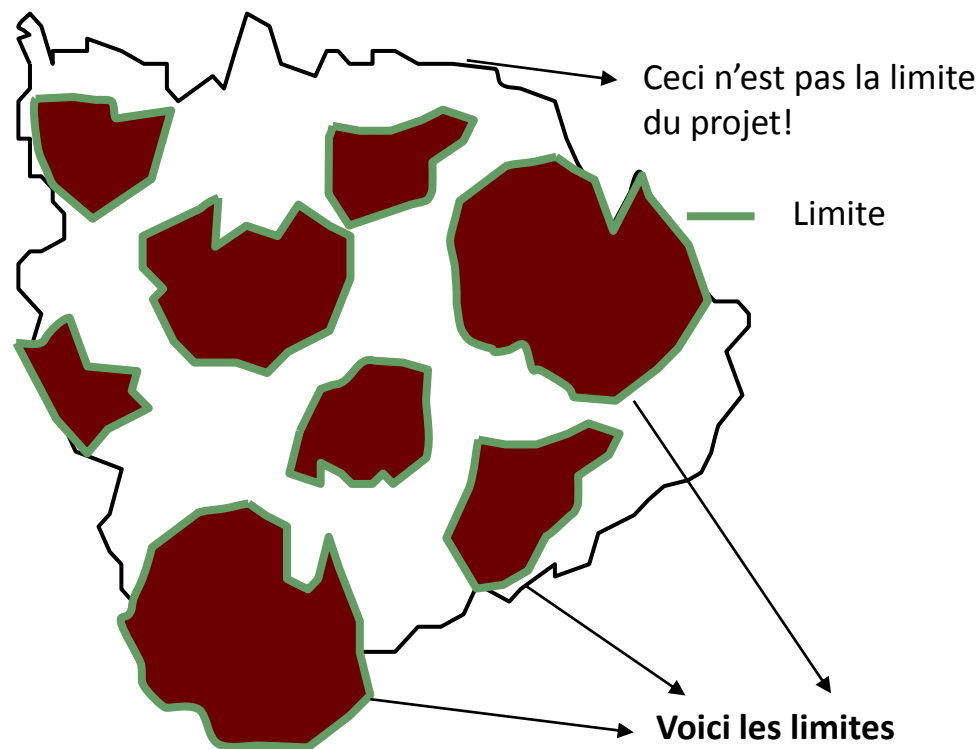


4.2 – Zone de projet et stratification



■ Les limites du projet

Les limites du projet sont obtenues par la sommation de toutes les limites des zones distinctes (zones distinctes = parcelles, peuplements, plantations homogènes) :

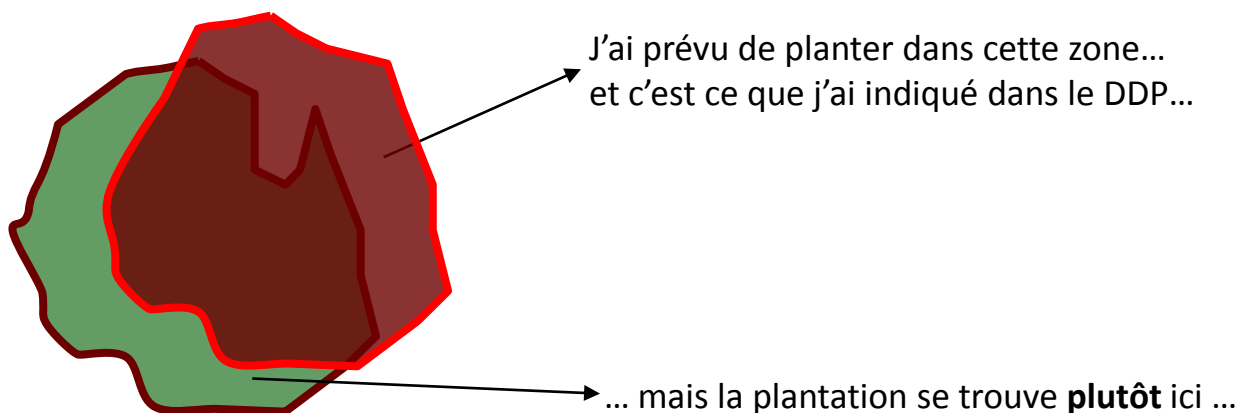


4.2 – Zone de projet et stratification



▪ Les limites du projet

Les limites d'un projet doivent être fixes et permanentes, mais la réalité domine souvent le PDD (plan de développement détaillé) :



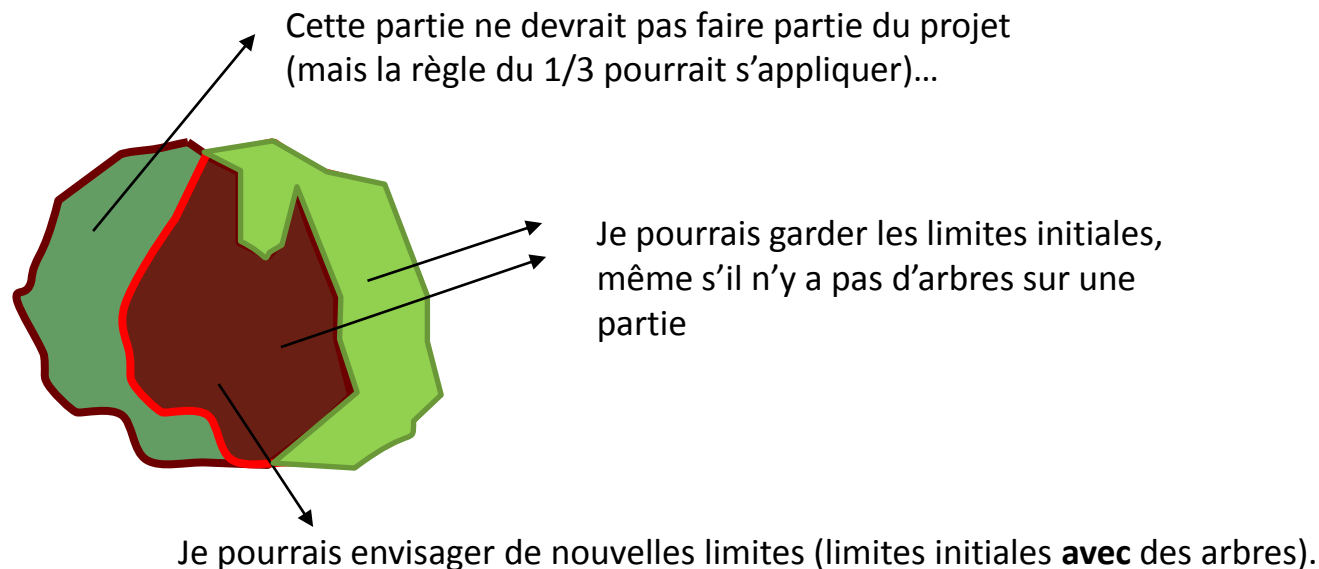
Certaines méthodologies notent que le suivi des **limites du projet** est obligatoire...
... mais ceci pose problème...

4.2 – Zone de projet et stratification



▪ Les limites du projet

Si une partie des zones plantées se trouvent **en-dehors** des limites **validées**, elles ne font **pas** partie du projet. Les portions se trouvant dans les limites initiales mais qui ne sont pas plantées doivent toujours être considérées comme étant dans les limites du projet.



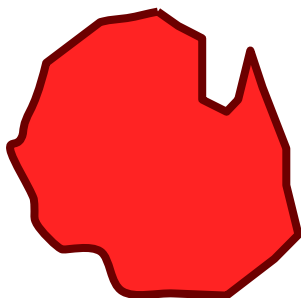
4.2 – Zone de projet et stratification



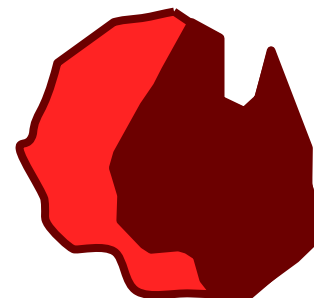
■ Les limites du projet et les strates

Si des événements naturels (ou la gestion) modifient l'extension des plantations, les zones différentes doivent être considérées comme étant des **strates différentes**, et par conséquent séparées (**les limites du projet ne changent pas**, mais les zones hétérogènes sont fractionnées en zones homogènes).

Année 1 : Une zone donnée est plantée avec une espèce ...

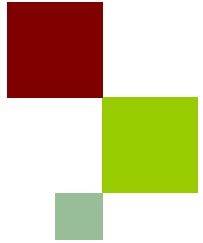


Année 5 : une inondation touche une partie de la plantation et maintenant, sur une partie de la plantation, les arbres sont moins nombreux et plus petits que sur l'autre ...



Ces zones font maintenant partie de **strates différentes** et doivent être séparées, avec une identification distincte, et mesurées séparément.

4.2 – Zone de projet et stratification



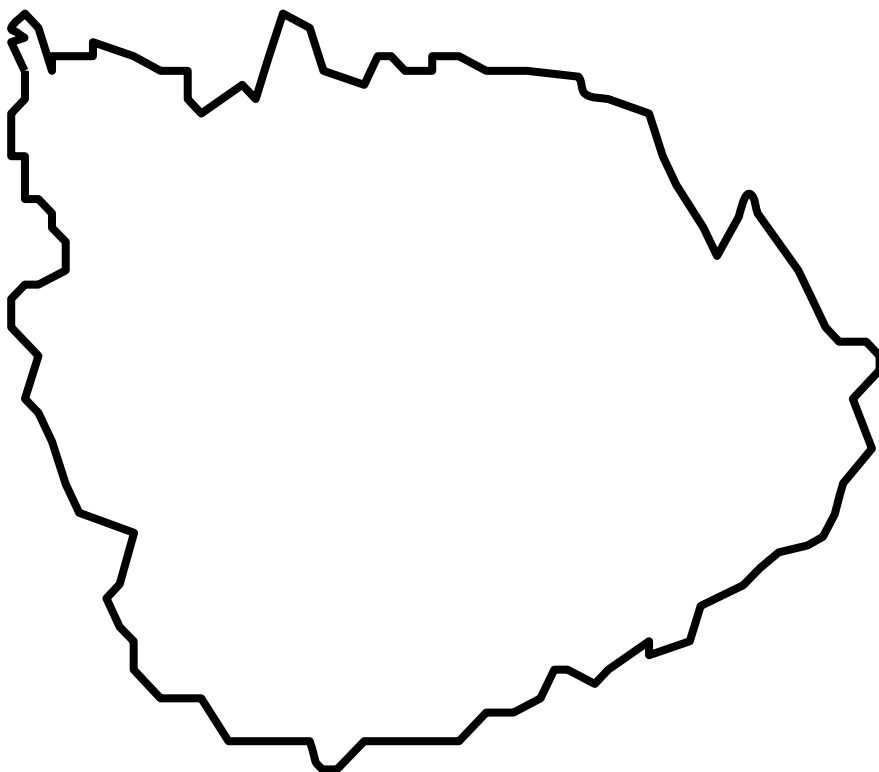
■ Stratification

- Stratification = regroupement des zones plantées en groupes homogènes en termes de stocks de carbone,
- à l'aide de **facteurs de stratification** (tels que les espèces, le type de sol, la gestion) pouvant avoir un impact sur les stocks de carbone,
- Est utile pour avoir moins de parcelles échantillons nécessaires pour atteindre un niveau de précision donné.

4.2 – Zone de projet et stratification

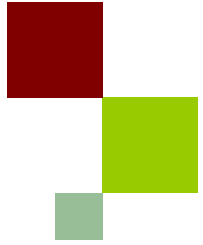


- **Exemple de stratification**

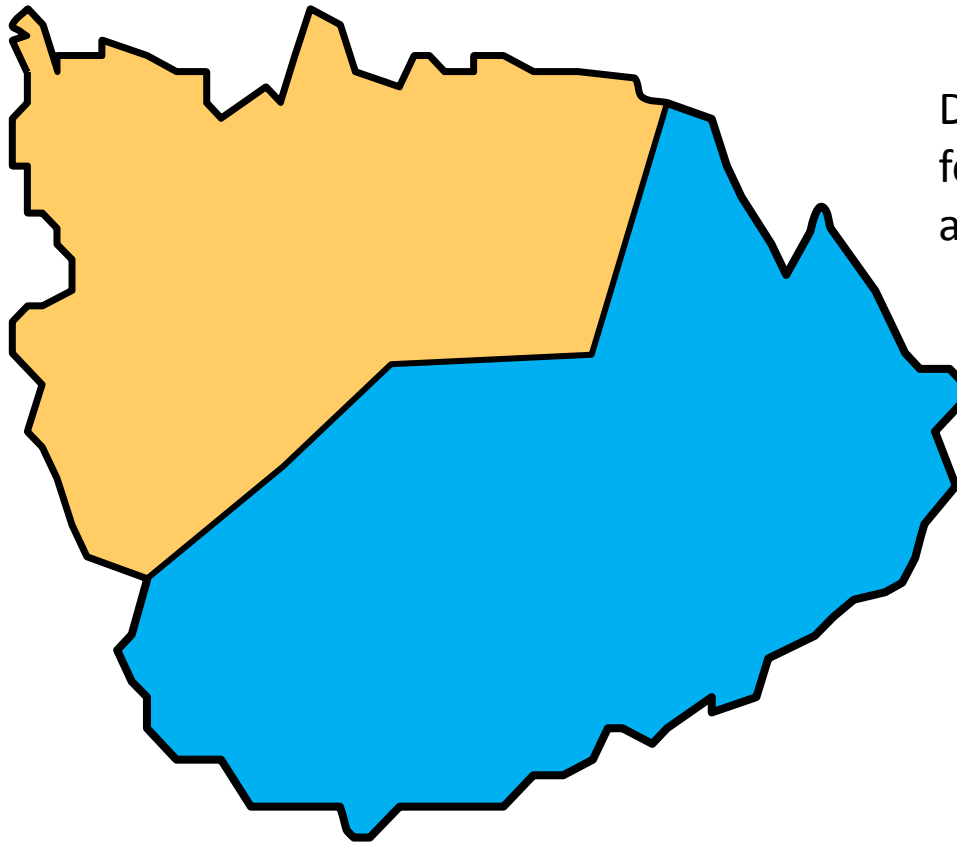


Voici une ferme qui sera reboisée ...

4.2 – Zone de projet et stratification



■ Stratification : Type de sol



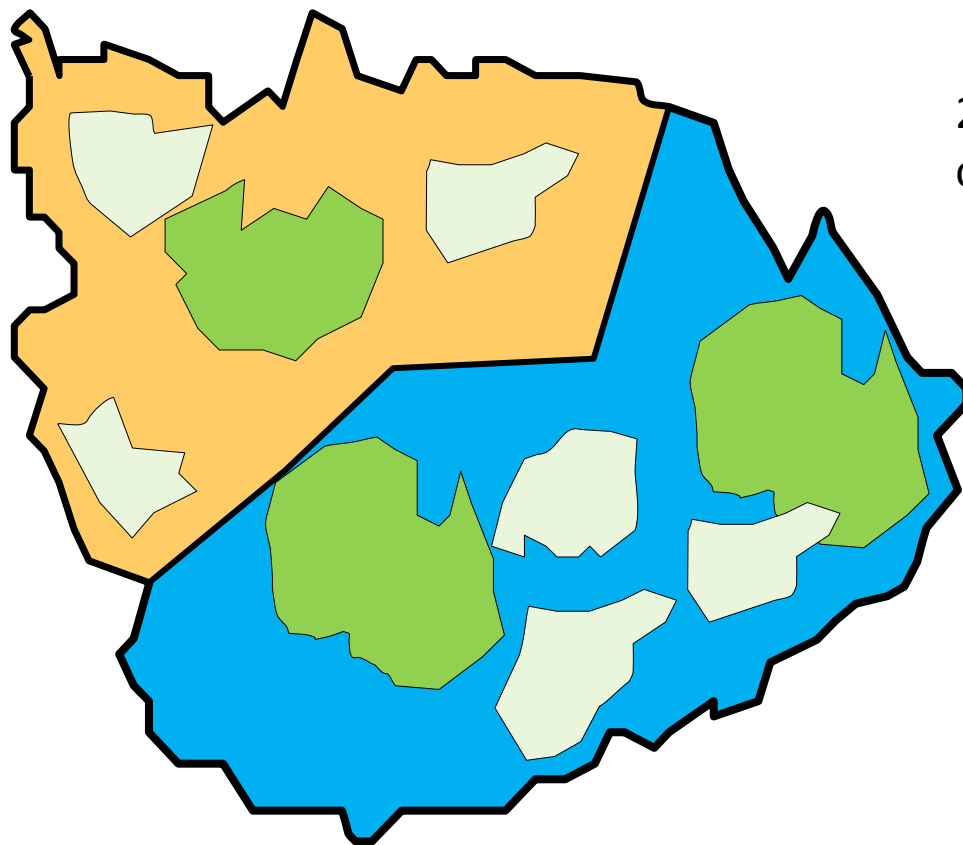
Deux types de sol existent sur la ferme, l'un d'eux permettant aux arbres de pousser plus rapidement

- Limites ferme
- Type de sol 1
- Type de sol 2

4.2 – Zone de projet et stratification



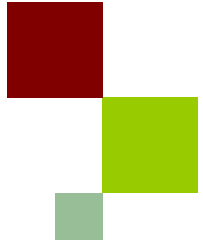
■ Stratification : Espèces et âge



2 espèces sont plantées au cours d'années différentes.

- Limites ferme
- Type de sol 1
- Type de sol 2
- Espèce A
- Espèce B

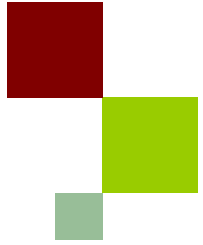
4.2 – Zone de projet et stratification



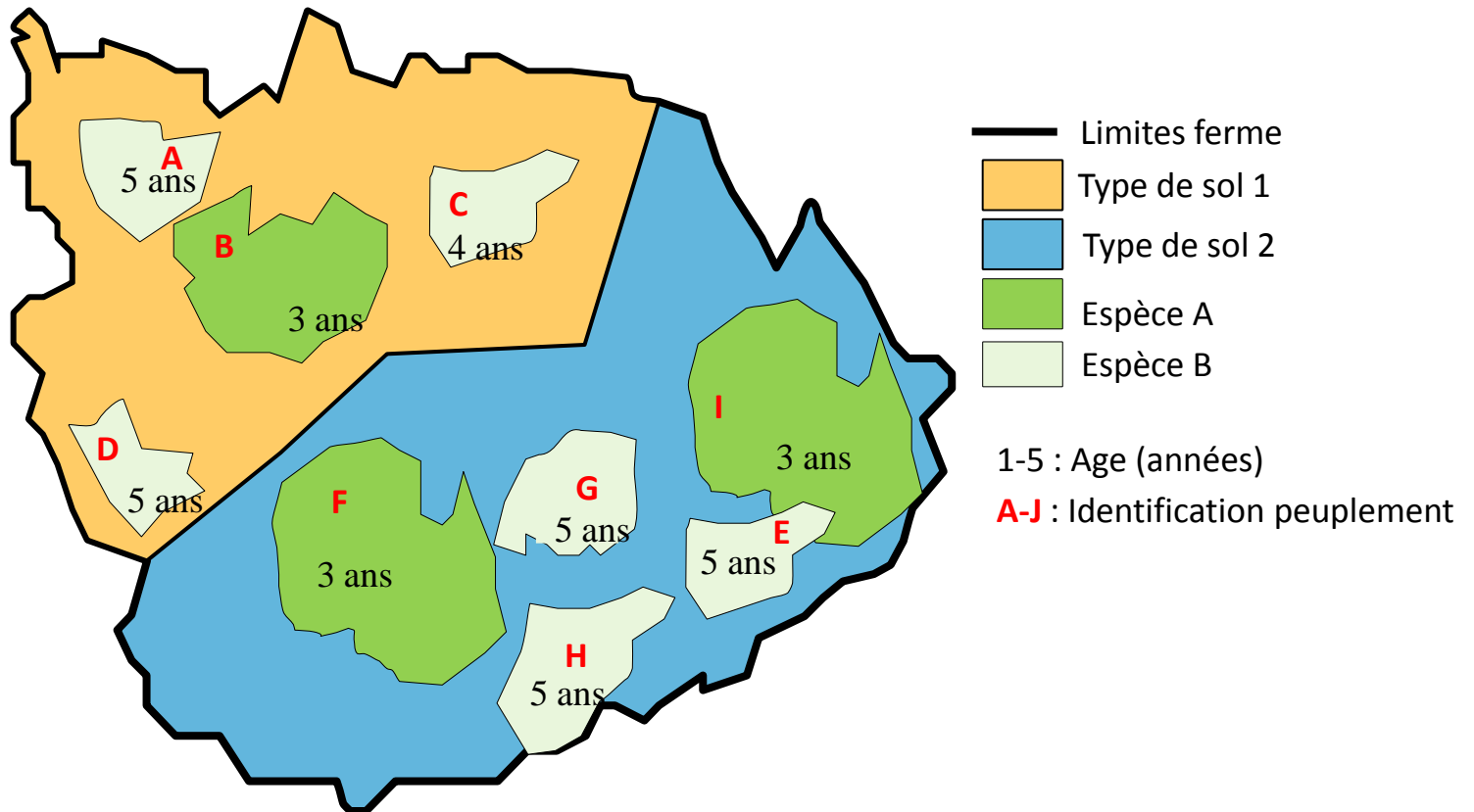
■ Critères de stratification

- Il y a trois **critères** de stratification :
 1. Type de sol (deux types de sol)
 2. Espèce (deux espèces)
 3. Age (Plusieurs âges ici, qui changeront sur le temps; supposons que nous plantons la zone en 3 ans).
- Ceci peut donner **plusieurs strates** :
 - $2 \times 2 \times 3 = 12$ types de peuplement possibles au maximum.
 - Attention : ces types n'existent pas tous obligatoirement dans le projet.
- Après 5 ans, voici une situation possible :

4.2 – Zone de projet et stratification



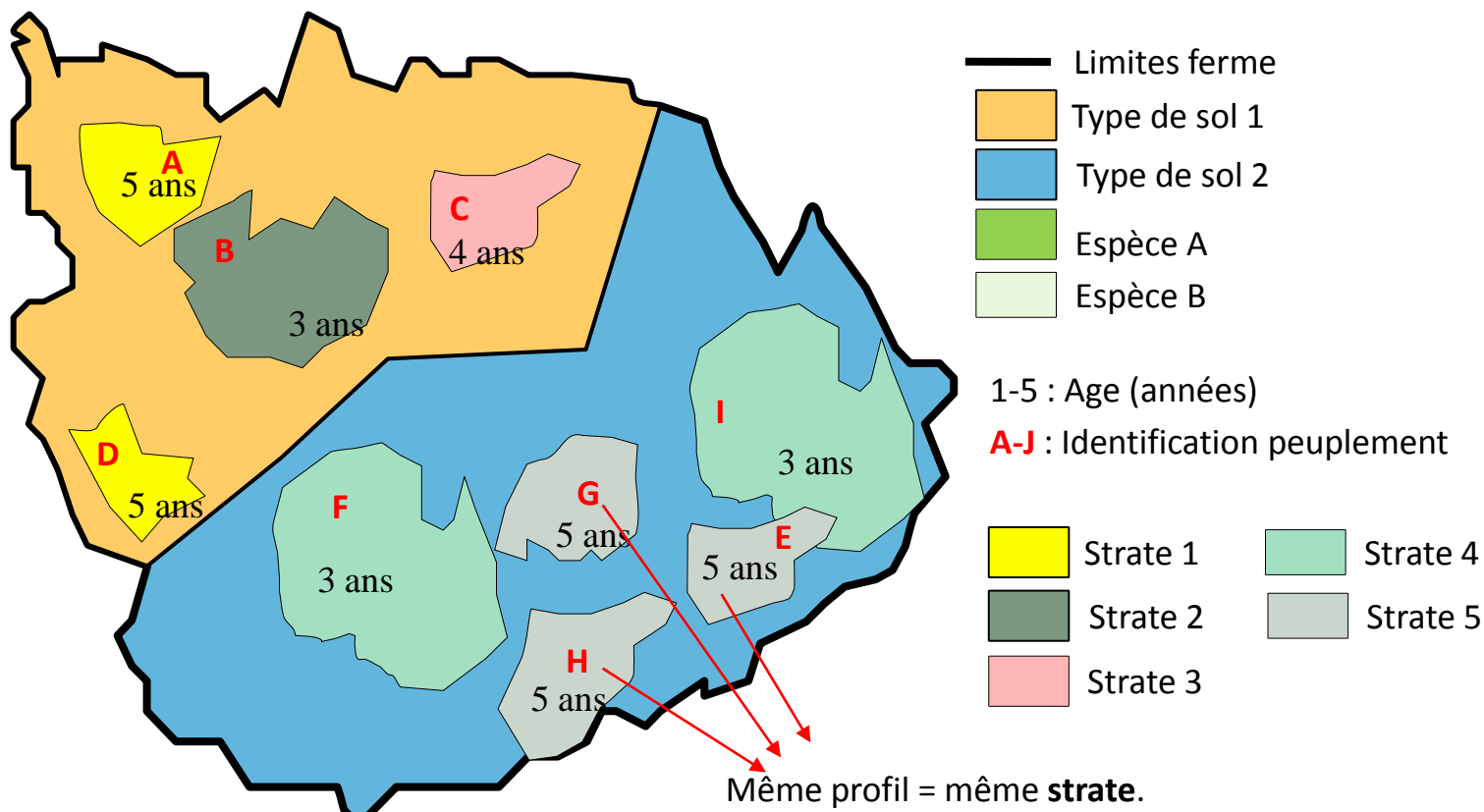
■ Un projet typique



4.2 – Zone de projet et stratification



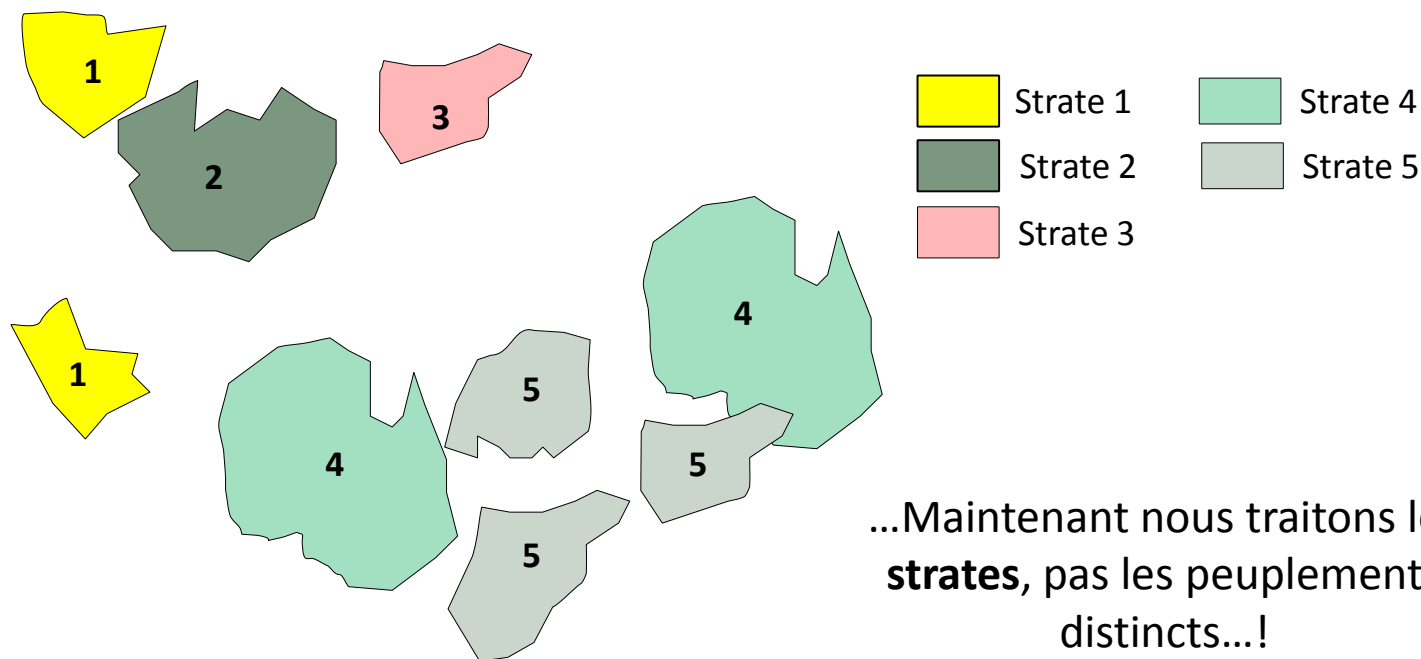
■ Un projet typique classé en strates



4.2 – Zone de projet et stratification



- Les strates représentent des zones homogènes : on distingue 5 différentes strates dans notre exemple



4.2 – Zone de projet et stratification



■ Stratification

Quelques considérations avant de travailler sur les strates

- **Les critères de stratification** sont définis au niveau du projet. Même si certains critères de stratification sont proposés dans les PDD, des critères de stratification exacts doivent être définis pour les vérifications, sur la base des vraies données de plantation.
- Plusieurs possibilités de stratification existent (de nombreux facteurs humains et environnementaux peuvent avoir un impact sur la croissance des arbres et par conséquent sur les stocks de carbone).
- La stratification peut varier (et variera certainement) sur le temps. Il est possible d'avoir à revoir la stratification des plantations à chaque vérification (c.-à-d. tous les cinq ans).

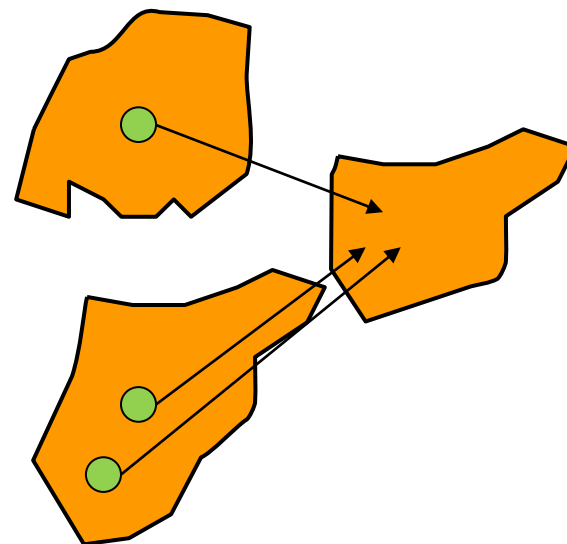
4.2 – Zone de projet et stratification



▪ Suivi stratifié des stocks de carbone

Le suivi de la séquestration du carbone se concentre sur les **strates**.

- D'un point de vue statistique, les parcelles situées dans la même strate sont considérées similaires (même si elles se trouvent dans des peuplements différents).
- Les parcelles d'une même strate peuvent faire l'objet d'une extrapolation pour estimer les stocks de carbone d'autres peuplements (de la même strate).



Chapitre 4 – Le suivi des stocks carbone



4.1 – Forêt, un réservoir de carbone

4.2 - Zone de projet et stratification

4.3 - Echantillonnage

4.4 - Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres

4.4.2 – Mesure du bois mort

4.4.3 – Equations allométriques

4.3 – Echantillonnage



▪ Objectifs

- Le stock de carbone moyen dans la biomasse aérienne et souterraine par surface unitaire est estimé sur la base de mesures sur le terrain dans des parcelles échantillons permanentes.
- Pour estimer la taille d'échantillonnage (= nombre de parcelles) nécessaire au calcul des stocks de carbone à un degré de précision donné.
- Les parcelles échantillons d'arbres forment la base de calcul du principal réservoir de carbone d'un projet de Reboisement.

4.3 – Echantillonnage



- **Quand le calcul de la taille de l'échantillon est-il obligatoire ?**
 - Les vérifications du projet sont basées sur l'échantillonnage et doivent avoir lieu tous les cinq ans.
 - Le calcul de la taille d'échantillonnage (c'est-à-dire le nombre de parcelles) est obligatoire revue à chaque vérification.
Cependant, la taille d'échantillonnage de la vérification précédente peut être utilisée comme point de départ.

4.3 – Echantillonnage



■ Nombre de parcelles échantillons

- Le nombre de parcelles échantillons est en fonction de :
 - La stratification (il faut plus de parcelles si aucune stratification n'est réalisée)
 - L'hétérogénéité des stocks de carbone dans les strates
 - Le degré de précision ciblé pour le suivi
- Toutes les méthodologies utilisent la stratification pour réduire la taille d'échantillonnage.
- La première étape pour déterminer la taille d'échantillonnage est donc de stratifier les zones du projet.

4.3 – Echantillonnage

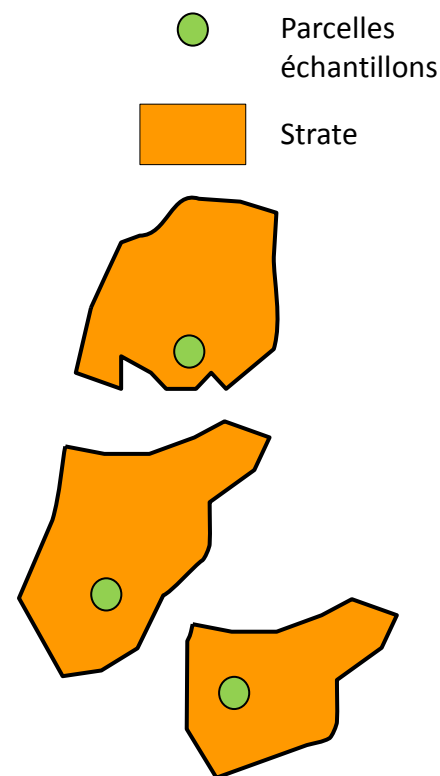


■ Nombre de parcelles échantillons

Après avoir défini les strates... il faut savoir combien de parcelles sont nécessaires pour calculer les stocks de carbone dans tous les réservoirs ?

Le nombre de parcelles échantillons dans chaque strate dépend de la variabilité de la strate. Si toutes les parties d'une strate donnée étaient identiques, **une seule** parcelle suffirait à l'estimation... mais ce n'est jamais le cas...

La procédure consiste donc à mesurer quelques parcelles échantillons, puis à calculer une estimation de la variabilité, puis à calculer le nombre de parcelles nécessaires ...



4.3 – Echantillonnage



■ Calcul du nombre de parcelles échantillons

Le nombre de parcelles échantillons peut être obtenu à l'aide de l'outil de Bio-CF – Winrock. L'outil calcule le nombre de parcelles échantillons nécessaires pour chaque strate, en fonction :

- Du degré de confiance et d'erreur requis (à partir du DDP/méthodologie).
- De la surface de la strate (à partir de la stratification de votre projet).
- Du stock moyen de carbone (à partir de la mesure de quelques parcelles échantillons).
- De l'écart-type (à partir des calculs des parcelles mesurées).
- De la taille de la parcelle (en ha) (défini par l'utilisateur)
- Du coût d'établissement (à partir de la mesure de quelques parcelles échantillons, y compris transport, logistique, etc.).

4.3 – Echantillonnage



- **Calcul du nombre de parcelles échantillons**

Voici des exemples des formules :

$$n = \left(\frac{t}{E} \right)^2 \left[\sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h \cdot \sqrt{C_h} \right] \cdot \left[\sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h / \sqrt{C_h} \right]$$

$$n_h = n \cdot \frac{W_h \cdot s_h / \sqrt{C_h}}{\sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h / \sqrt{C_h}}$$

n_h = nombre de parcelles nécessaires pour la strate h

L'outil Bio-CF – Winrock permet de calculer ceci facilement ...!

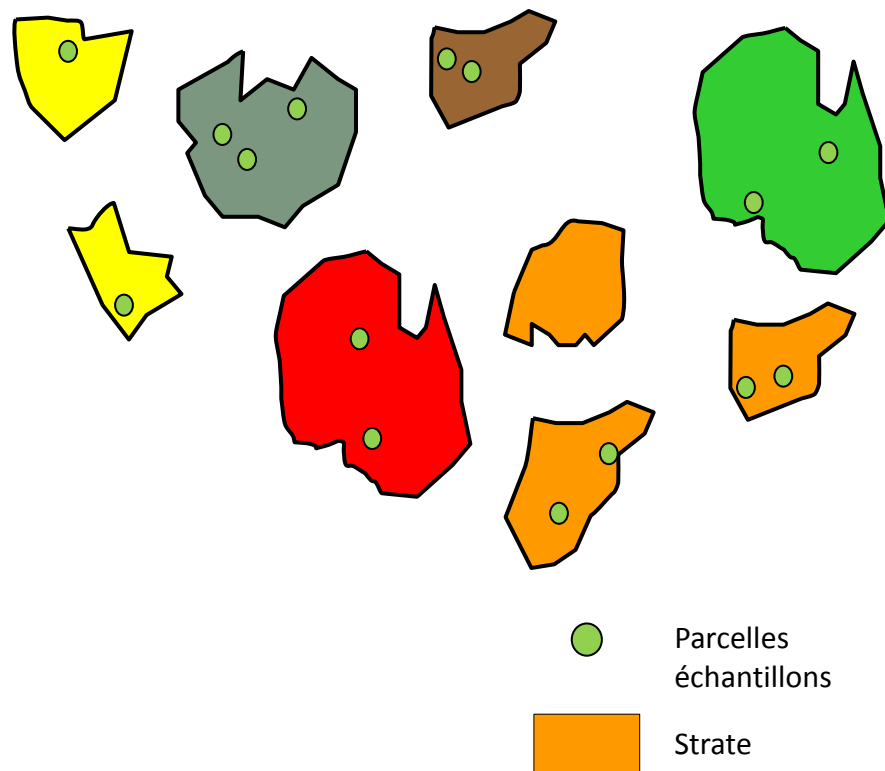
4.3 – Echantillonnage



■ Distribution des échantillons

Les échantillons (c.-à-d. les parcelles d'échantillonnage) sont distribués aléatoirement/systématiquement au sein des strates (voir votre méthodologie).

Les parcelles d'échantillonnage sont situées de manière permanente et mesurées à chaque vérification (au minimum).

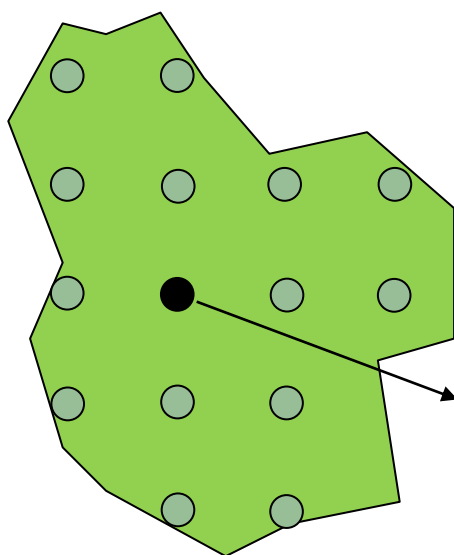


4.3 – Echantillonnage

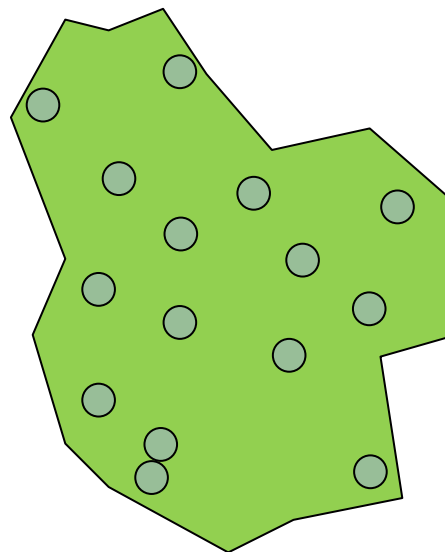


▪ Distribution des parcelles échantillons

La plupart des méthodologies utilisent une distribution systématique des parcelles avec un point de départ aléatoire :



Distribution systématique



Distribution aléatoire

4.3 – Echantillonnage



■ Mise en place des placettes permanentes

Les parcelles échantillons d'arbres sont nécessaires à la vérification (Mesure-Rapport-Vérification).

- Elles peuvent être établies à tout moment avant la première vérification du projet.
- Elles doivent durer jusqu'à la fin de la période de crédit.

4.3 – Echantillonnage



■ Emplacement des parcelles

La quantité et l'emplacement des parcelles échantillons d'arbres sont prédéfinis :

- Les parcelles peuvent être situées à l'aide des coordonnées GPS ou sur des cartes (ou les deux à la fois), mais les coordonnées GPS doivent être relevées.
- Equipements :



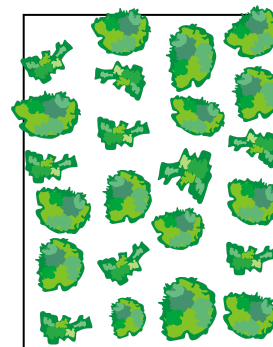
4.3 – Echantillonnage



■ Taille et forme de la parcelle

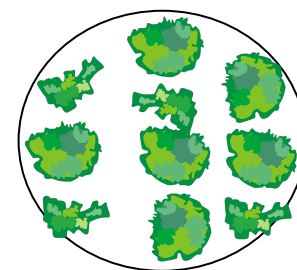
Taille de la parcelle :

- Entre 100 et 1000 m² (En règle générale : les concevoir de manière à avoir au moins 20 arbres)
- 100 m² pour les peuplements denses qui ne seront pas éclaircis.
- 1000 m² pour les peuplements qui seront éclaircis jusqu'à l'obtention d'environ 200 arbres/hectare au moment de la récolte.



Forme de la parcelle:

- Les parcelles permanentes sont généralement rectangulaires (la forme préférée car les parcelles s'adaptent mieux à la disposition des arbres du peuplement).
- Mais les parcelles circulaires sont permises et il est plus facile de localiser un point central que quatre coins.



4.3 – Echantillonnage



■ Marquage des limites : parcelles circulaires

- Localisez le point central de la parcelle et marquez le centre du plot à l'aide d'un tuyau en PVC ou d'une barre.
- Marquez la longueur appropriée d'une corde pour mesurer un cercle de la surface désirée.
- Utilisez la corde pour sélectionner des arbres dans la parcelle.

Surface de la parcelle (m ²)	Longueur de corde (m)
100	5,64
200	7,98
500	12,62
706,86	15,00
1000	17,84

4.3 – Echantillonnage



■ Marquage des limites : parcelles rectangulaires

- Déterminez le point central de la parcelle à l'aide des coordonnées GPS ou d'une carte.
- Situez les quatre coins de la parcelle et marquez-les de manière permanente à l'aide d'un tuyau en PVC ou d'une barre. Utilisez un ruban à mesurer et une boussole pour situer ces points. Vous pouvez également marquer les arbres aux angles avec le numéro ou le code de la parcelle.
- Marquez tous les arbres à l'intérieur de la parcelle d'un numéro et d'une ligne fixant la hauteur de poitrine pour la mesure des diamètres.



4.3 – Echantillonnage



■ Remplir la fiche de données

Tool-MARP - 04 - Biomass sample plots data

Tool-MARP - 04.2 - Biomass sample plots data
 For collecting basic information of biomass sampling plots in a CDM A/R project activity
 Version 0.7.

(See instructions back)

Project ID:

Project name:

SID	DID	Date of sample plot layout	Plot type	Area (m ²)	Coordinates	Verifications	Date of measurement	Recheck date	Comments
						First			
						Second			
						Third			
						Fourth			
						Other			

Tool-MARP - 04 - Biomass sample plots data

Instructions

Project ID: Use a unique code to identify the project. Project ID codes can have any alphanumeric format.

Project name: Write down the name of the project.

SID: Sample plot ID. SIDs must be unique at project level. SID codes can have any alphanumeric format.

DID: Discrete area ID. DIDs must be the same used in the 02.1 General discrete areas data form to identify each discrete area.

Date of sample plot layout: Please type the date when plot was established in the format dd?mm?yyyy, where ? represents any valid date separator such as ".", "/" or "-". E.g. 12.10.2008 or 12/10/2008 or 12-10-2008.

Plot type: Please write down plot type. Options are Rectangle or Circular. You can type *R* for rectangle or *C* for circular or the whole word.

Chapitre 4 – Le suivi des stocks carbone



4.1 – Forêt, un réservoir de carbone

4.2 - Zone de projet et stratification

4.3 - Echantillonnage

4.4 - Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres

4.4.2 – Mesure du bois mort

4.4.3 – Equations allométriques

4.4 – Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres



▪ Quand les parcelles permanentes sont-elles mesurées ?

Les parcelles permanentes d'arbres sont mesurées :

- Lors de la première et de la troisième année d'établissement, pour surveiller la survie.
- Au minimum tous les cinq ans, avant chaque vérification.

D'un point de vue sylvicole :

- Une plus grande fréquence est souhaitable, en particulier pour les plus jeunes arbres
- Avant/après les éclaircies ou les élagages.
- Les mesures de parcelles permanentes fournissent **des informations très précieuses pour gérer les plantations forestières** de manière adéquate.

4.4 – Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres



- **Quels sont les projets qui doivent mesurer les parcelles d'arbres ?**
 - Les arbres constituant le principal réservoir de carbone des projets forestiers du MDP, **tous** les projets doivent les mesurer.

4.4 – Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres



- **Equipement et matériel, diamètre : les classiques**



Pied à coulisse



Compas en C



Ruban diamétrique

N'importe qui peut mesurer le diamètre

4.4 – Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres



- **Equipement et matériel, diamètre : les moins fréquents**



Relascope

Cher, très efficace. Parcelles PPS
(parcelles à points)



Jauge d'angle

Bon marché, rapide,
efficace (parcelles à points).



Prisme

Très bon marché, parcelles à points, pas
efficace pour les peuplements très jeunes ou
très éclaircis.

4.4 – Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres



- **Equipement et matériel, hauteur : *au choix, un seul suffit !***



Perche télescopique



Hypsomètre Vertex Forestor



Hypsomètre Ace Laser

Hypsomètre Haga



Boussole et hypsomètre Suunto

4.4 – Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres



■ Procédures : diamètre

- Le diamètre est la variable la plus importante d'un inventaire forestier. Les inventaires forestiers peuvent être effectués en mesurant uniquement le diamètre.
- Le point de mesure du diamètre le plus pratique est sur le fût, près du sol, mais :
 - Les arbres présentent des difformités (racines superficielles, écorce abimée, contreforts, etc.)
 - Les buissons et les herbes peuvent gêner les mesures
 - Il faudrait s'accroupir devant chaque arbre ...
- La convention universelle consiste à mesurer le diamètre à une hauteur fixée au-dessus du sol, à un point appelé hauteur de poitrine. **La hauteur est fixée à 1,30 m. DBH = diamètre à hauteur de poitrine.** (Vous pouvez couper une perche de 1,30m pour mieux situer la hauteur de poitrine.)

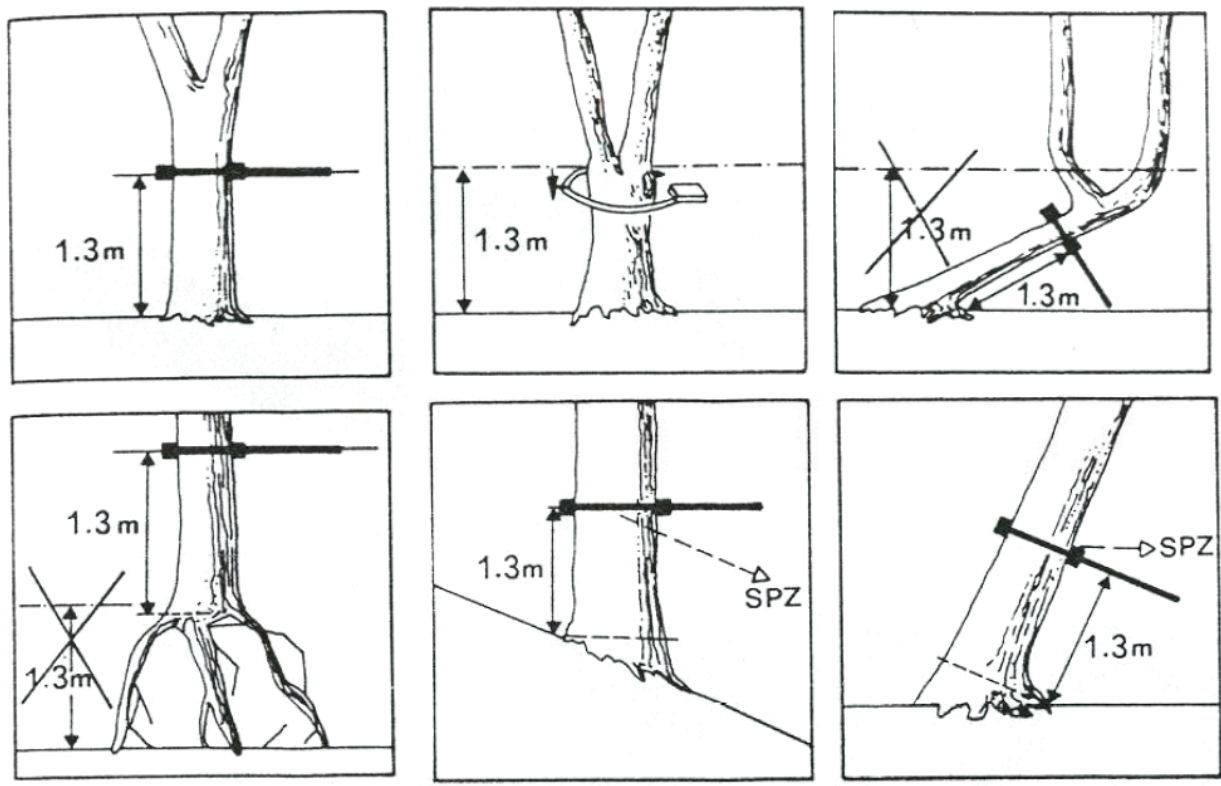


4.4 – Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres



- Procédures, diamètre : cas difficile



4.4 – Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres



■ Procédures : hauteur

- Mesurer la hauteur est plus difficile, plus long, plus coûteux et moins précis que mesurer le diamètre.
- De ce fait, on a l'habitude de ne mesurer qu'une partie des arbres et faire une estimation des arbres restants sur la base des diamètres.
- Souvenez-vous que les arbres des parcelles temporaires **ne sont pas marqués**. Par conséquent, vous devez soit utiliser des marques temporaires soit mesurer le diamètre et la hauteur au même moment, avant de passer à d'autres arbres.

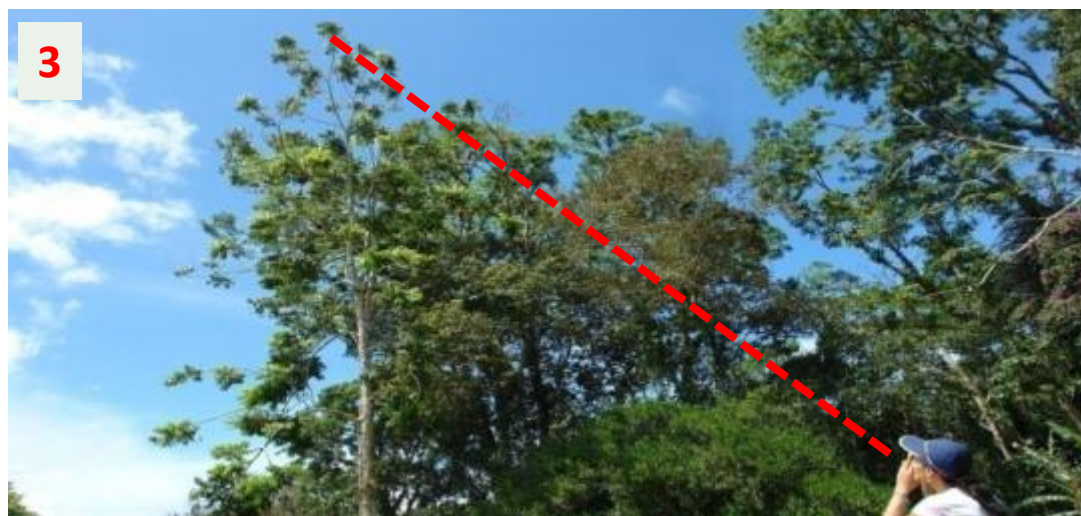


4.4 – Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres



2. Visez la base de l'arbre avec l'hypsomètre et lisez la valeur



3. Visez la cime de l'arbre et lisez la valeur

1. Positionnez-vous à une distance standard de l'arbre (généralement 15 ou 20m).

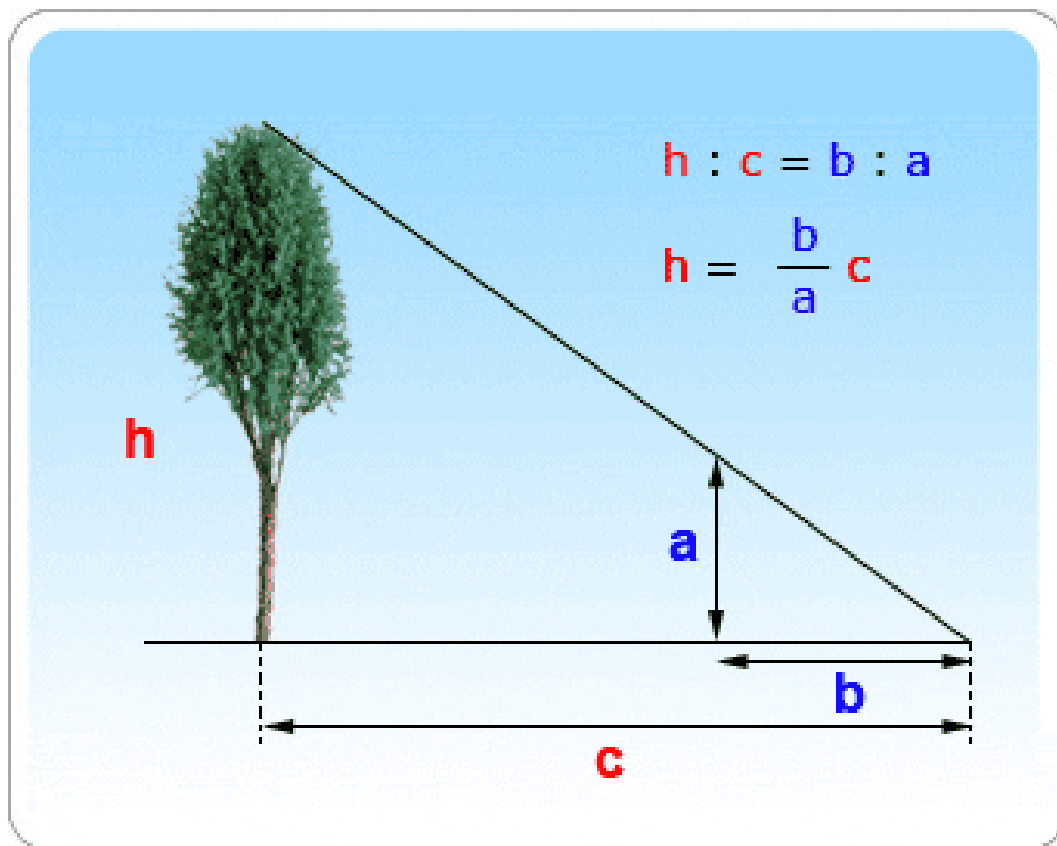
4.4 – Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres



■ Procédures : hauteur

Pour les distances horizontales fixes, h est automatiquement calculée par l'hypsomètre.



4.4 – Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres



- Fiches de données**

Deux fiches sont disponibles : Pour les arbres vivants et pour les arbres vivants et les arbres morts sur pied.

SMART - 04.2a – Fiche de données sur les arbres (arbres vivants)

Pour la collecte d'informations sur les arbres vivants mesurés dans une parcelle échantillon d'arbres des activités de projet de B/R du MDP, appliquant les méthodologies AR-AM0001/V2, AR-AM0002/V1, AR-AM0003/V4, AR-AM0004/V3, AR-AM0009/V4, AR-AM0010/V3 et AR-ACM0001/V1,V2,V3.

Version 1.0.

(Voir les instructions au verso)

Identité du projet : _____ DID : _____

Personne responsable: _____

TID	Espèce	dbh (cm)	h (m)	hc (m)

SMART - 04.2b – Fiche de données sur les arbres (vivants et morts sur pied)

Pour la collecte d'informations sur les arbres (vivants et morts sur pied) mesurés dans les parcelles échantillons d'arbres des activités de projet de B/R du MDP, appliquant les méthodologies AR-AM0002/V1, AR-AM0009/V4 et AR-ACM0001/V1,2,3.

Version 1.0.

(Voir les instructions au verso)

Identité du projet : _____ DID : _____ SID : _____

Personne responsable : _____

Date de mesure : _____

TID	Mort?	Espèce	dbh (cm)	h (m)	hc ou rh (m)	Arbres morts		Commentaires
						Classe de décomposition	Diamètre de la cime (cm)	

4.4 – Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres



▪ Et les autres variables ?

- Hauteur commerciale : mesurée uniquement si les modèles de biomasse l'exigent
- Volume : calculé en utilisant le diamètre et (de manière facultative) la hauteur
- Densité du peuplement (nombre d'arbres /ha) : calculée avec la surface de la parcelle et le nombre d'arbres.
- Toutes les autres variables nécessaires pour la biomasse/carbone sont calculées avec le diamètre ou le diamètre et la hauteur.

Chapitre 4 – Le suivi des stocks carbone



4.1 – Forêt, un réservoir de carbone

4.2 - Zone de projet et stratification

4.3 - Echantillonnage

4.4 - Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres

4.4.2 – Mesure du bois mort

4.4.3 – Equations allométriques

4.4 – Mesure et procédure

4.4.2 – Mesure du bois mort



■ Mesure du bois mort

Objectif :

- Mesurer le bois mort sur pied et couché afin d'en quantifier les stocks de carbone, **dans le cadre de la séquestration de carbone d'un projet forestier du MDP.**

Le suivi du bois mort (sur pied et couché) doit être effectué avant chaque vérification.

- Le bois mort sur pied (arbres morts) est mesuré au même moment que les arbres vivant, à l'aide d'une fiche combinée.
- Le bois mort couché est mesuré avec les transects, à l'aide de fiches distinctes.

4.4 – Mesure et procédure

4.4.2 – Mesure du bois mort



- **Mesure du bois mort : équipement et matériel**



Sacs en plastique et marqueur indélébile



Ruban à mesurer



Ruban diamétrique



Boussole

Equipement de laboratoire



Machette



Corde de 50 m



Balance électronique



Four de laboratoire

4.4 – Mesure et procédure

4.4.2 – Mesure du bois mort



- Exemple de bois mort



4.4 – Mesure et procédure

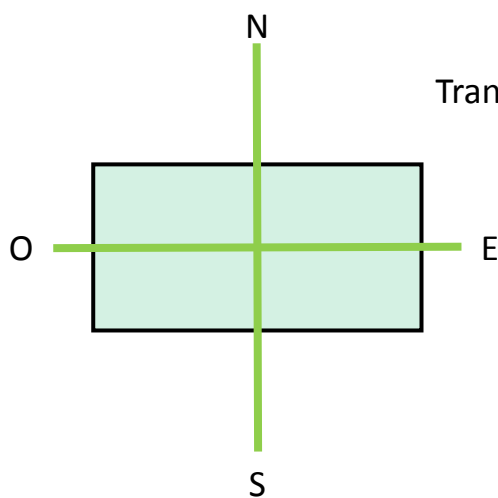
4.4.2 – Mesure du bois mort



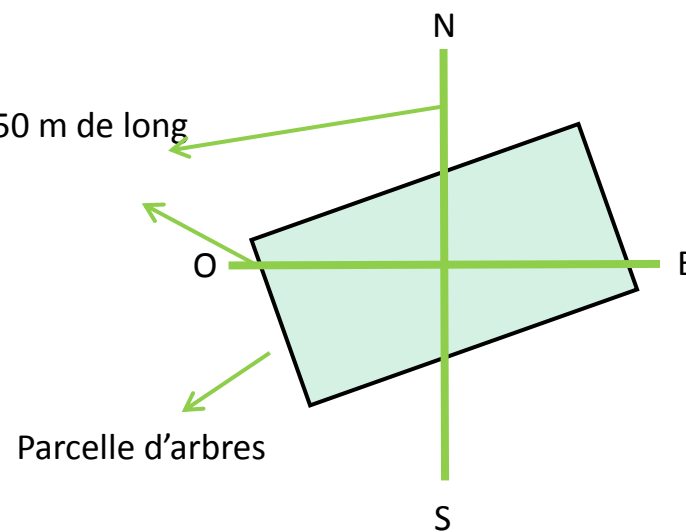
■ Emplacement des parcelles de bois mort couché

Le bois mort couché est mesuré le long de deux transects perpendiculaires de 50 m chacun, centrés dans la parcelle :

- soit dans la direction N-S et O-E,
- Soit dans la direction des parcelles d'arbres (si les lignes d'arbres ne sont pas orientées N-S ou O-E).



Transects perpendiculaires de 50 m de long



4.4 – Mesure et procédure

4.4.2 – Mesure du bois mort



■ Procédure terrain

- Localisez le centre de la parcelle d'arbres
 - Avec la boussole, situez la direction nord-sud
 - Mesurez un transect de 50 m dans cette direction, centré au milieu de la parcelle (25m vers le nord et 25m vers le sud)
- OU sinon :
 - Localisez le centre de la parcelle d'arbres
 - Mesurez un transect de 50 m de long suivant la direction des arbres plantés
- Puis mesurez un transect perpendiculaire de 50m de long.



4.4 – Mesure et procédure

4.4.2 – Mesure du bois mort



■ Procédure terrain

- Mesurez toutes les pièces de bois (troncs ou branches) de 5 cm ou plus de diamètre au point d'intersection. (Vous devez juste mesurer ce diamètre, rien d'autre)
- Etat de densité. : Cognez le bois avec une machette. Si la lame rebondit, il est sain (**S**), si elle pénètre légèrement, il est dans un état intermédiaire (**I**), si le bois se désagrège, il est pourri (**R**)
- Inscrivez les deux valeurs sur la fiche de données correspondante.



4.4 – Mesure et procédure

4.4.2 – Mesure du bois mort



- **Procédure terrain**

Une astuce... pour les troncs lourds



Attention : N'utilisez pas le ruban diamétrique... utilisez le mètre ruban...

4.4 – Mesure et procédure

4.4.2 – Mesure du bois mort



- **Collecte d'échantillons pour le test en laboratoire**
 - Prélevez au moins 10 morceaux de bois pour chaque état de densité (sain, intermédiaire, pourri) et mettez-les dans des sacs en plastique.
 - Marquez l'état de densité et le numéro d'identification de la parcelle sur les sacs
 - Vous pouvez prélever des échantillons de différents transects à condition qu'ils se trouvent tous dans la même strate.



4.4 – Mesure et procédure

4.4.2 – Mesure du bois mort



- **Procédure en laboratoire**
 - Notez le poids saturé des échantillons
 - Séchez tous les échantillons au four (faites attention à pouvoir les identifier) jusqu'à obtenir un poids constant
 - Déterminez la densité du bois de tous les échantillons et calculez la moyenne pour chaque état de densité et chaque strate
 - Pour le calcul des densités du bois, vous pouvez suivre une norme approuvée au niveau international.



4.4 – Mesure et procédure

4.4.2 – Mesure du bois mort



- Cas des bois morts sur pied (arbres morts)



4.4 – Mesure et procédure

4.4.2 – Mesure du bois mort



- **Cas des bois morts sur pied (arbres morts)**
 - Les arbres morts sur pied sont mesurés au même moment que les arbres vivants, à l'aide d'une fiche combinée.
 - Dans le cas des arbres morts, il faut noter la classe de décomposition (ou l'état de *densité*, même classification que pour le bois mort couché) et le diamètre de la cime (estimé) des arbres cassés.



4.4 – Mesure et procédure

4.4.2 – Mesure du bois mort



- Fiche de données

SMART - 05.2 – Parcelles échantillons de bois mort – Bois mort couché

Pour la collecte d'informations élémentaires sur le bois mort couché des activités de projet de B/R du MDP, appliquant les méthodologies AR-AM0002/V1, AR-AM0009/V4 et AR-ACM0001/V1,V2,V3.

Version 1.0.

(Voir les instructions au verso)

Identité du projet : _____ Nom du projet : _____

DID : _____ SID : _____

Personne responsable : _____

SMART - 05.3 – Échantillons de densité du bois mort couché

Pour la collecte d'informations sur la densité du bois mort couché des activités de projet de B/R du MDP, appliquant les méthodologies AR-AM0002/V1, AR-AM0009/V4 ou AR-ACM0001/V1,V2,V3.

Version 0.1.

Ligne bissectrice 1

Numéro du morceau de bois mort	Diamètre du bois mort (cm)	État de densité (S/I/R)

Ligne

Numéro du morceau de bois mort	Diamètre du bois mort (cm)	État de densité (S/I/R)	Commentaires			
Identité du projet : _____			Nom du projet : _____			
Personne responsable : _____			Date de mesure : _____			
DID	Numéro de l'échantillon de bois	État de densité (S/I/R)	Poids saturé (g)	Poids anhydre (g)	Commentaires	

Chapitre 4 – Le suivi des stocks carbone



4.1 – Forêt, un réservoir de carbone

4.2 - Zone de projet et stratification

4.3 - Echantillonnage

4.4 - Mesure et procédure

4.4.1 – Mesure des arbres

4.4.2 – Mesure du bois mort

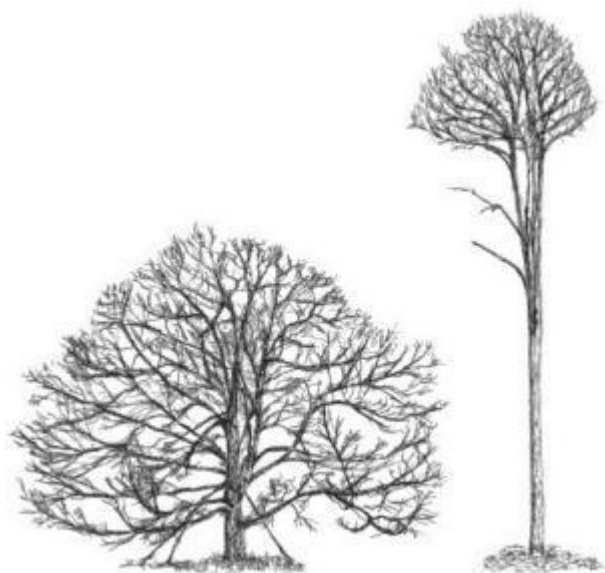
4.4.3 – Equations allométriques

4.4 – Mesure et procédure

4.4.3 – Equation allométrique



▪ Equation allométrique



Détermination de l'équation allométrique spécifique au projet

- Biomasse aérienne = f (hauteur, diamètre)
- Biomasse aérienne = f (VOB, densité, BEF)
- Biomasse souterraine = R * biomasse aérienne

Exemple : Equation de Chave

$$AGB = \rho * \exp\left(-1,499 + 2,148 \cdot \ln(DBH) + 0,207 \cdot (\ln(DBH))^2 - 0,0281(\ln(DBH))^3\right)$$

4.4 – Mesure et procédure

4.4.3 – Equation allométrique



- Mesure de la biomasse aérienne



4.4 – Mesure et procédure

4.4.3 – Equation allométrique



- **Mesure de la biomasse aérienne**

Cas des arbustes : d'habitude pesé mais peut être mesuré (volume)



4.4 – Mesure et procédure

4.4.3 – Equation allométrique



- **Mesure de la biomasse souterraine**



4.4 – Mesure et procédure

4.4.3 – Equation allométrique

- **Mesure de la biomasse du bois morts**

Le bois mort peut-être pesé ou mesuré (volume)



4.4 – Mesure et procédure

4.4.3 – Equation allométrique



- **Mesure du carbone organique du sol**



4.4 – Mesure et procédure

4.4.3 – Equation allométrique



- **Mesure du carbone organique du sol**

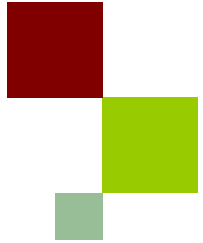
3 échantillons dans les 30-40 premiers centimètres

Puis calcul de la masse volumique, du taux de carbone, du % particules



D'après

« Formation REDD+ et MRV, projet pilote REDD= Luki », D.Torres et M.Nourtier, ONFI, Boma, 7-15 mai 2014



Merci de votre attention

