

Inventaire du carbone dans la forêt de diptérocarpes réhabilitée de Sabah, Malaisie



Février 2009



1 Introduction

En 2007, la fondation FACE a commissionné un inventaire du carbone en forêt dans la zone de projet en réhabilitation de Infrapro. Cette campagne de suivi du carbone a été un effort conjoint d'IFER, Infrapro et la fondation FACE. IFER (Institute of Forest Ecosystem Research) est une société tchèque spécialisée dans les inventaires forestiers. Innoprise-FACE Foundation Rainforest Rehabilitation Project (Infrapro) est un projet en collaboration entre Rakyat Berjaya Sdn.Bhd, une filiale opérationnelle de Innoprise Corporation Sdn.Bhd., l'investisseur du groupe Yayasan Sabah, et la fondation FACE (Forests Absorbing Carbon dioxide Emissions) des Pays-Bas. Ainsi ce projet permet de séquestrer le CO₂ de l'atmosphère et d'augmenter le stock de bois. Le projet a démarré en 1992.

L'objectif du projet est de réhabiliter 25 000 ha de forêts tropicales très dégradées en maintenant la matrice de la forêt restante et en l'enrichissant par des plantations de diptérocarpes indigènes, de pionniers à croissance rapide et de fruitiers forestiers. La technique est utilisée pour promouvoir la régénération artificielle de ces graines dans la forêt tropicale existante abattue ; et un traitement sylvicole particulier est alors appliqué afin d'encourager leur croissance. La plantation d'espèces d'arbres fruitiers indigènes a pour objectif d'augmenter la biodiversité de la partie plantée et d'attirer la faune. Jusqu'à présent, environ 11 000 ha ont été ainsi réhabilités.



Figure 1 : une ligne de plantation dans un des premiers compartiments établis. A ce moment-là, les plantations d'enrichissement étaient effectuées systématiquement, alors que maintenant les plantations ont lieu seulement lorsque la régénération naturelle est absente.

Infrapro est situé dans le district de Lahad Datu dans l'état malais de Sabah. Il est contigu à l'aire de conservation de la vallée de Danum, une forêt primaire protégée de 43 800 ha. Le site est célèbre pour sa richesse en biodiversité flore et faune. La forêt diptérocarpe contient une grande variété d'espèces de valeur. Les genres les plus importants d'essences sont *Hopea*, *Dryobalanops*, *Dipterocarpus*, *Shorea* et *Parashorea*. Les études menées sur la diversité faunistique de la vallée de Danum contiguë avec Infrapro ont révélé que le site avait une grande densité et diversité de faune comparé avec les autres parties de Sabah et Sarawak. Parmi les mammifères, la densité de primates est relativement importante, comprenant l'Orang outan (*Pongo pygmaeus*), le gibbon de Bornéo (*Hylobates muelleri*), red leaf singe, les macaques à longue queue et queue de cochon. Les autres animaux remarquables sont les

rhinocéros (*Dicerorhinus sumatrensis*), l'éléphant de Bornéo (*Elephas maximus borneensis*), l'ours malais (*Helarctos malayanus*) et le léopard tacheté de Bornéo (*Neofelis diardi*).

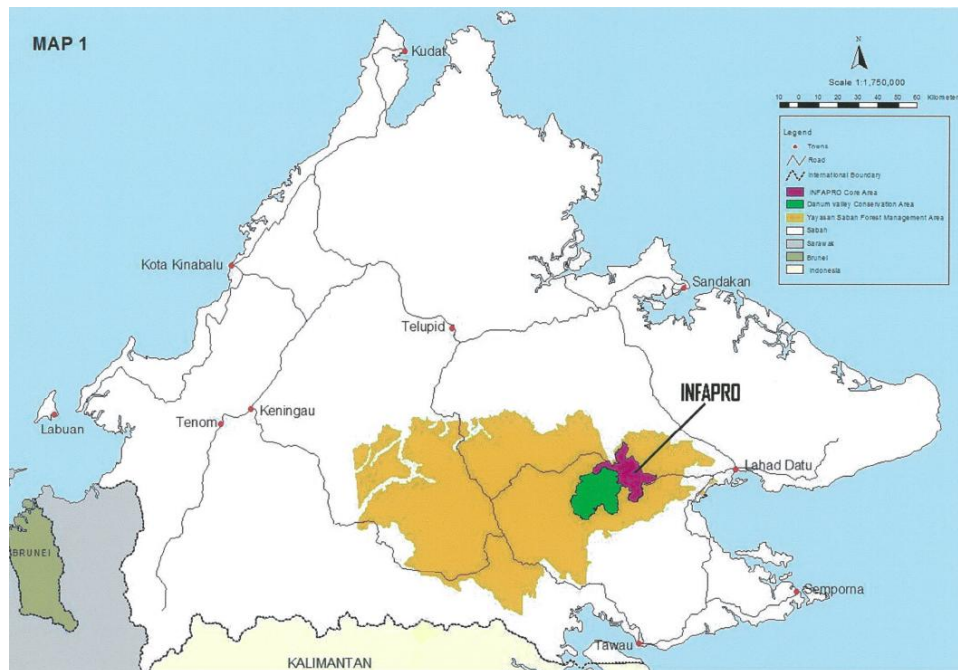


Figure 2 : Localisation de Infrapro (en violet) dans la concession Yayasan Sabah (en jaune) à Sabah, Malaisie

Il est estimé que les forêts primaires de diptérocarpes de basse altitude stockent à peu près 147 à 325 tonnes de carbone par hectare en biomasse aérienne. Après l'abattage du site Infrapro dans les années 70 et 80, les stocks de carbone ont varié entre 26 et 129 tonnes par hectare (biomasse aérienne et souterraine), selon le type de végétation restant. Le terrain est vraiment accidenté et les arbres ont été abattus selon deux techniques : débardage par câble et par tracteur. Cela a résulté en une mosaïque de perturbations, allant de la canopée ouverte aux petits lambeaux de forêt. La croissance de la forêt est vraiment entravée par l'invasion de vignes, mauvaises herbes et de plantes grimpantes. L'intervention lors du projet a accéléré le rétablissement de la forêt. Grâce à la réhabilitation d'Infrapro, une quantité supplémentaire de CO₂ a été séquestrée en forêt, contribuant à la réduction du changement climatique. L'inventaire du carbone va permettre de déterminer la quantité de carbone séquestré dans le site réhabilité en comparaison avec un site sans intervention et de la sorte quantifier les bénéfices apportés par le projet en matière de carbone.



Figure 3 : Situation typique de la forêt dégradée sans intervention. Cette photo a été prise 20 ans après l'abattage, il n'y a pratiquement pas d'amélioration

Cet article décrit la méthodologie d'inventaire du carbone qui a été appliquée lors de la campagne de suivi à Infrapro. La méthodologie a été élaborée par IFER en collaboration avec Infrapro et la Fondation FACE. La collecte des données a été effectuée par l'équipe de Infrapro.

2 Méthodologie

L'objectif de cette étude était de réaliser un inventaire statistique du carbone et de fournir une estimation précise du carbone absorbé par l'écosystème forestier restauré. Elle doit être applicable pour un suivi à long terme et permettre une vérification rigoureuse indépendante à tout moment.

La méthodologie de suivi du stock du carbone proposée est basée sur l'interprétation de photographies aériennes combinée à une étude de terrain grâce à une grille de placettes de suivi.

2.1 Première phase de l'échantillonnage

Une grille de 200x200 m de placettes d'inventaire virtuelles a été surimposée sur les photographies aériennes (résolution 1m) afin de classifier les types de forêt à chaque point de la grille. Les placettes virtuelles ont alors été classifiées manuellement en cinq types forestiers (canopée ouverte, pionniers dominants, arbres indigènes ou pionniers, non-forestier et non reconnaissable).

Le nombre total de points issus du premier échantillonnage était de 7 322.

2.2 Seconde phase de l'échantillonnage

La stratification des types forestiers issue de la première phase d'échantillonnage a été utilisée pour mettre en place l'échantillonnage de terrain. La condition définie pour créer le second

échantillonnage à partir du premier état que les placettes se situent dans une zone de 250m autour des routes cartographiées. Ce second plan d'échantillonnage a considéré l'inaccessibilité ou la perte d'efficacité lors de l'accès à certaines parties des zones étudiées et aussi le temps limité accordé à l'étude de terrain. Ainsi, les coûts de l'étude de terrain ont été modérés.

Le nombre total de placettes d'inventaire de la seconde phase était estimé à 290, basé sur le temps disponible, le nombre d'équipes de terrain et une estimation du travail quotidien pour une équipe. Sur la totalité des placettes, 240 placettes d'inventaire ont été établies dans la zone du site Infrapro (comme prévu lors du projet) et 50 placettes d'inventaire ont été distribuées hors du site sous contrat, mais encore dans la zone de projet de Infrapro (hors des prévisions du projet) – voir Figure 4.

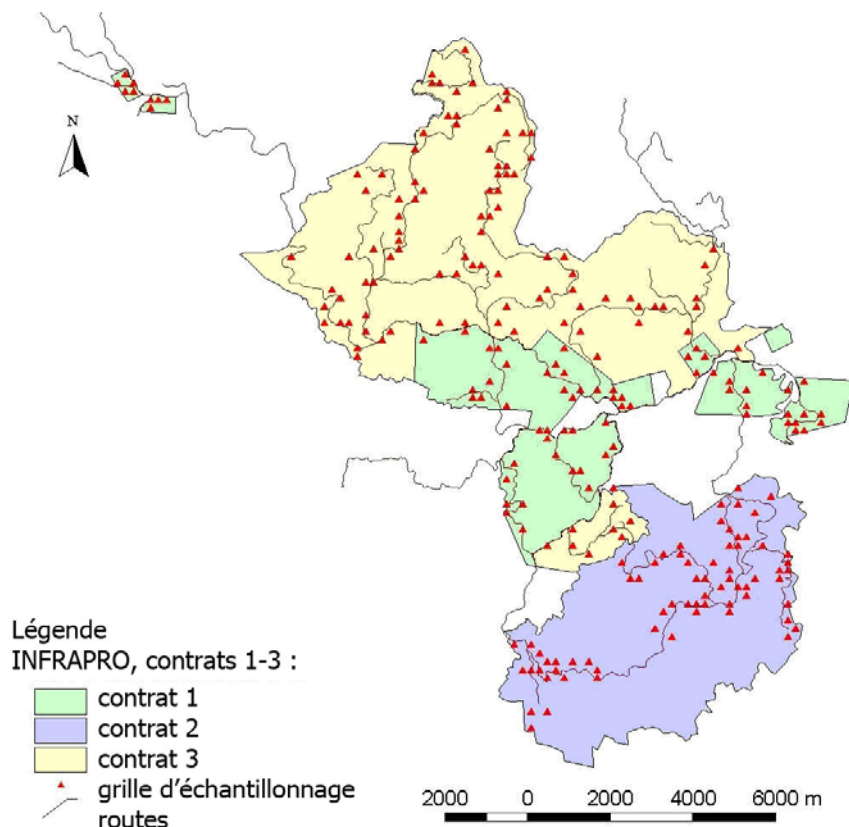


Figure 4 : Seconde phase de l'échantillonnage des placettes (surface sous contrat INFAPRO)

2.3 Taille et forme des placettes d'inventaires

Une placette d'inventaire consiste en quatre cercles de 500 m². La distance entre les centres des cercles est de 28m et ils forment un carré (voir figure 5). Le premier, le cercle-clé, est découpé selon trois catégories de taille d'arbre. Dans le cercle de régénération d'un rayon de 2m localisé au centre, les arbres d'une hauteur comprise entre 0.2 et 1.3m y sont relevés. Les petits arbres (diamètre à 1.30m \geq 50mm) sont mesurés dans un cercle concentrique au cercle-clé (rayon 5m), les arbres moyens (diamètre à 1.30m \geq 100mm) sont mesurés dans toute la surface du cercle clé et les gros arbres (diamètre à 1.30m \geq 200mm) sont mesurés dans la surface totale du quadruplet (voir tableau 1).

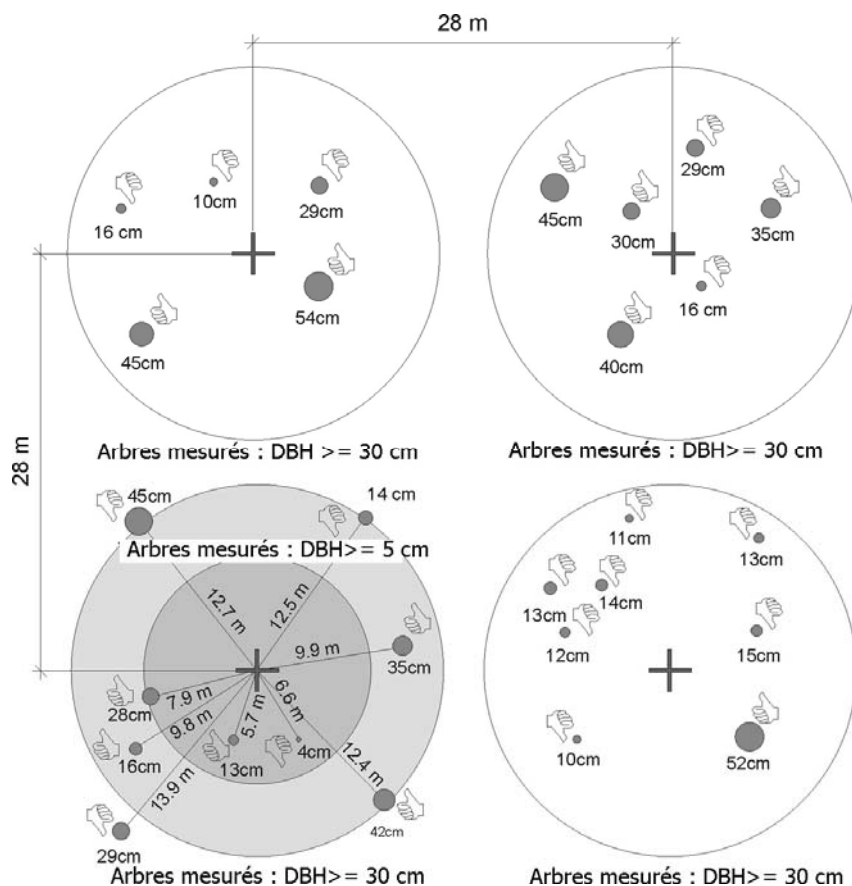


Figure 5 Schéma de la placette d'inventaire

Tableau 1 Paramètres des différents cercles

Type d'arbres	Dimensions des arbres	Surface d'échantillonnage	Rayon du cercle
régénération	(>0,2 m de haut; 50 mm de DBH)	12,56 m ²	2 m, cercle-clé
petits arbres	(50 mm de DBH; 100 mm de DBH)	78,5 m ²	5 m, cercle-clé
arbres moyens	(100 mm de DBH; 200 mm de DBH)	500 m ²	12,62 m, cercle-clé
grands arbres (D1.3m>70cm)	(200 mm de DBH et plus)	2000 m ²	toute la placette d'inventaire

2.4 Méthodes de l'étude de terrain

L'équipe navigue d'abord vers le point le plus proche sur la route en utilisant le GPS, l'ordinateur Hammerhead et le Field-Map avec une carte routière et les photographies aériennes. Puis la navigation continue avec le GPS et le laser télémètre afin de trouver le centre de la placette.

Sur chaque placette, la position et le diamètre à 1.30 m (DBH) sont relevés. La hauteur totale des arbres n'est pas mesurée. Pour chaque arbre dont le DBH est inférieur à 10 cm, la hauteur totale est estimée. Pour les arbres plus gros, la hauteur commerciale est automatiquement calculée par le Field-Map grâce à la donnée du DBH (les modèles généraux décrivant la relation entre le DBH et la hauteur commerciale sont utilisés et entrés sous forme de scripts dans le Field-Map).

Pour les arbres dont le DBH est supérieur à 70 cm, la mesure supplémentaire du profil du tronc a été effectuée.

Dans le premier cercle de la placette d'inventaire, la couverture de vignes, de bambou grim pant et d'herbes a été relevée en pourcentage.

Certaines placettes de référence ont été choisies pour la comparaison future du stock de carbone dans les zones avec ou sans intervention.

2.5 Calcul de la teneur en carbone pour les arbres individuels

Pour le traitement, les outils Field-Map de traitement des données ont été utilisés. Les statistiques sont calculées en utilisant Field-Map Inventory Analyst.

La procédure de calcul du stock de carbone implique différentes étapes. Les mesures de terrain fournissent les données des composants de la biomasse mesurable. Ces variables sont utilisées pour chiffrer le volume ou la masse de tous les arbres. Ces calculs impliquent des erreurs ou incertitudes, qui dépendent des composants calculés. Les troncs d'arbres représentent les composants de la biomasse que l'on peut évaluer de manière la plus précise. Habituellement, le diamètre et la hauteur sont des descripteurs suffisants pour calculer le volume du tronc des arbres de forme régulière. Pour une meilleure précision et pour les arbres de forme atypique, le Field-Map offre une estimation plus précise.

1. Calcul du volume commercial des arbres dont le DBH est supérieur à 100 mm

Le calcul du volume commercial a été basé sur les essences, le DBH et la hauteur commerciale.

Pour chaque arbre noté lors de l'inventaire des placettes, les essences ont été relevées et le DBH mesuré. La hauteur commerciale a été soit mesurée (pour les grands arbres de plus de 700 mm de DBH) ou évaluée/estimée directement sur le terrain grâce au modèle existant (Yap, 2007). Le modèle a été entré comme un script dans la base de données (Field-Map Data Collector) et est basé sur les essences et le DBH. La valeur modélisée de la hauteur commerciale est vérifiée et corrigée si nécessaire par les équipes de terrain.

2. Calcul du volume total des arbres dont le DBH est supérieur à 100 mm

Le volume commercial ne représente pas tout le volume de bois de la partie aérienne de l'arbre. C'est pourquoi, un facteur d'expansion (EF) de 1.895 a été utilisé afin d'obtenir le total de la biomasse aérienne (volume – biomasse – carbone) (Yap, 2007).

3. Conversion du volume total en biomasse de matière sèche de bois pour les arbres dont le DBH est supérieur à 100 mm

Le volume de bois a été converti en biomasse de matière sèche en utilisant les constantes de densité du bois (Yap, 2007). Cependant, l'évaluation du stock de carbone nécessite la biomasse de bois totale, et cette biomasse doit être exprimée en unités de matière sèches (poids). Différents types d'équations allométriques existent pour faciliter ces calculs. Evidemment, la conversion est spécifique pour chaque région, essence et condition sur le site.

4. Calcul de la teneur en carbone totale pour les arbres dont le DBH est supérieur à 100 mm

La teneur en carbone est calculée en multipliant la matière sèche de biomasse par un facteur de conversion (CF) de 0.5.

Donc, l'estimation totale du stock de carbone contenu dans la biomasse aérienne est calculée selon l'équation suivante :

$$c_{AB} = V \times EF \times D_{(SP)} \times CF$$

où

c_{AB}	teneur en carbone dans la biomasse aérienne des arbres (t)
V	volume commercial d'un arbre (m^3)
EF	facteur d'expansion (1.895)
$D_{(SP)}$	densité de bois spécifique pour une essence d'arbre (t/m^3)
CF	facteur de conversion du carbone (0.50 t C/t biomasse)

Le carbone contenu dans la biomasse souterraine a été estimé comme 16% de la biomasse aérienne. Ainsi la teneur totale en carbone est calculée selon :

$$c_{Tot} = 1.16 \times c_{AB}$$

où

c_{Tot}	teneur en carbone dans la biomasse de tout l'arbre (t).
-----------	---

5. Calcul de la teneur en carbone des petits arbres (DBH < 100 mm)

L'estimation de la teneur en carbone des arbres dont le DBH est inférieur à 100 mm est basée sur l'application des équations allométriques dérivées du bouleau (Cienciala *et al.* 2005).



Figure 6 : Personnel d'Infrapro durant le travail de terrain avec l'équipement Field-Map

3 Résultats du traitement de données statistique

Dans la zone sous contrat (9 734 ha), le stock de carbone contenu dans la biomasse aérienne et souterraine des arbres a été évalué à $1\,418\,500 \pm 86\,800$ tonnes avec un coefficient

d'intervalle de $\pm 6.1\%$. Cela correspond à une valeur moyenne de stock de carbone de 145.9 ± 9 t par hectare contenu dans les arbres. Dans la zone sous contrat, le stock de carbone a aussi été calculé séparément selon les différents types de forêts, l'année de plantation et les types d'arbres.

Dans la zone de référence (20 679 ha), le carbone contenu dans la biomasse aérienne et souterraine des arbres a été évalué à $1\,912\,300 \pm 251\,700$ tonnes avec un coefficient d'intervalle de $\pm 13.2\%$. Cela correspond à une valeur moyenne de stock de carbone de 92.5 ± 12.3 t par hectare contenu dans les arbres. Dans la zone de référence, le stock de carbone a aussi été donné séparément selon les différents types de forêts et les types d'arbres.

Références

- Cienciala, E., Apltauer, J., Cerny, M. & Exnerova, Z. 2005. Biomass functions applicable for European beech. *Journal of Forest Science* 51: 147-154.
- Yap, S.W. 2007. Carbon stock of enrichment planted seedlings in logged-over forest at Ulu Segama Forest Reserve, Lahad Datu, Sabah, Malaysia. Technical Report No.15, Innoprise – Face Foundation Rainforest Rehabilitation Project (Infapro), Sabah, Malaysia.