

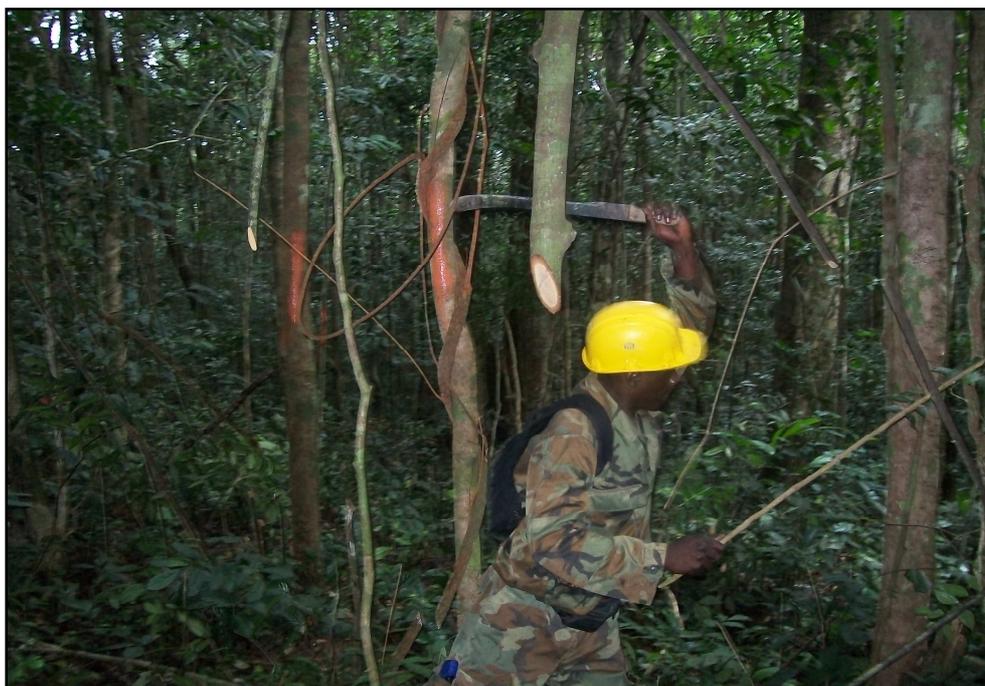
**Cameroun**

**Projet FORAFAMA**

FINANCEMENT

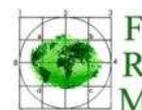


**Concession REDD+ certifiée FSC du Haut-Nyong :  
Augmentation des DMA et certification FSC**



Date : Juin 2013

Projet rédigé par TERE A



## SOMMAIRE

<b>Résumé exécutif</b> .....	<b>9</b>
<b>Avant-propos</b> .....	<b>13</b>
<b>1. Description du projet</b> .....	<b>15</b>
1.1 Site et porteur de projet .....	15
1.1.1 Le porteur de projet.....	15
1.1.2 Localisation et description de la concession.....	15
1.2 Objectifs et justification du projet .....	18
1.2.1 Type de projet .....	18
1.2.2 Aménagement et choix des DMA au Cameroun .....	18
1.2.3 Justification et objectif du projet .....	20
<b>2 Implication de la remontée des DMA et impacts du projet sur la biomasse</b> .....	<b>22</b>
2.1 Essences prises en compte dans l'étude .....	22
2.2 Le sacrifice d'exploitation occasionné .....	23
2.2.1 Méthode de calcul et limites .....	23
2.2.2 Volumes et nombre de tiges non exploitées grâce au projet .....	24
2.3 Les dégâts d'exploitation évités .....	25
2.3.1 Diminution des dégâts de l'exploitation forestière en termes de surface par la réduction du prélèvement .....	26
2.3.2 Diminution des dégâts de l'exploitation forestière en termes de biomasse induite par la réduction du prélèvement.....	31
2.4 Les impacts sur la Production et la transformation .....	36
2.4.1 Estimation des volumes exportés sous forme de grumes et transformés localement .....	37
2.4.2 Estimation des rendements matières .....	38
2.4.3 Utilisation finale et durabilité des produits bois.....	39
2.5 Les impacts sur la reconstitution du milieu post-exploitation .....	40
2.5.1 Etat des lieux des connaissances.....	40
2.5.2 Revue des méthodologies existantes et estimation de la reconstitution du stock de carbone appliquée au cas du projet .....	43
<b>3 Methodologie et Estimation des reductions d'émmissions et crédits carbone attendus du projet IFM-ERA</b> .....	<b>47</b>
3.1 Limites du projet.....	47
3.1.1 Limites géographiques .....	47
3.1.2 Période de créditation .....	48
3.1.3 Compartiments de stocks de carbone et autres sources de GES considérés.....	48
3.2 Sélection, modélisation du scénario de référence et démonstration de l'additionnalité ..	49
3.2.1 Scénario de référence .....	49

3.2.2	<i>Additionnalité du projet</i> .....	50
3.3	<b>Quantification des reductions d'émmissions</b> .....	51
3.3.1	<i>Stratification de la zone du projet</i> .....	51
3.3.2	<i>Emissions du scénario de référence</i> .....	51
3.3.3	<i>Emissions du scénario de projet</i> .....	60
3.3.4	<i>Fuites</i> .....	60
3.3.5	<i>Estimation des émissions de GES évitées nettes (tCO<sub>2</sub>eq)</i> .....	61
3.4	<b>Incertitudes</b> .....	63
3.4.1	<i>Méthodologie d'estimation et de prises en compte des incertitudes</i> .....	63
3.4.2	<i>Estimation des incertitudes relatives au projet</i> .....	65
3.5	<b>Permanence</b> .....	69
3.6	<b>Estimation des credits carbone et VCU</b> .....	74
<b>4</b>	<b>Monitoring</b> .....	<b>77</b>
4.1	<b>Paramètres issus de la littérature ou mesurés une fois à revoir/vérifier</b> .....	78
4.2	<b>Paramètres à suivre</b> .....	80
4.3	<b>Monitoring de la reconstitution post-exploitation</b> .....	82
<b>5</b>	<b>Analyse financière : Coûts de revient de la Tonne de CO<sub>2</sub> évitée</b> .....	<b>86</b>
5.1	<b>Manque à gagner lié à la mise en place du projet</b> .....	86
5.1.1	<i>Démarche méthodologique et paramètres pris en compte dans l'analyse</i> .....	86
5.1.2	<i>Résultats de l'analyse</i> .....	87
5.2	<b>Coût de mise en œuvre du Projet REDD+</b> .....	88
5.2.1	<i>Coûts de transaction</i> .....	88
5.2.2	<i>Coûts de mise en œuvre des activités de mesure et de monitoring</i> .....	91
5.2.3	<i>Bénéfices attendus du projet</i> .....	91
5.3	<b>Analyse financière : couts de revient de la TCO<sub>2eq</sub></b> .....	92
<b>6</b>	<b>Co-bénéfices et réplacabilité du projet</b> .....	<b>93</b>
6.1	<b>Principaux bénéfices environnementaux attendus</b> .....	93
6.2	<b>Identification des bénéficiaires et des (co-)bénéfices Populations incluses</b> .....	94
6.2.1	<i>Populations riveraines</i> .....	94
6.2.2	<i>Société forestière</i> .....	94
6.2.3	<i>Etat du Cameroun</i> .....	94
6.3	<b>Réplacabilité du projet</b> .....	95
	<b>Conclusion</b> .....	<b>95</b>
	<b>Bibliographie</b> .....	<b>97</b>
	<b>ANNEXE 1 : Estimation de la sequestration de carbone dans les tiges commerciales</b> .....	<b>102</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Estimation des réductions d'émissions et du nombre de VCU attendus par le projet IFM-ERA .....	10
Tableau 2 : Coûts d'opportunités des différentes alternatives du projet (euros/m <sup>3</sup> ) .....	12
Tableau 3 : Fourchette de prix de vente des crédits carbone permettant de compenser le manque à gagner pour la société forestière (euros/VCU).....	12
Tableau 4: UFA des sociétés PALLISCO et partenaires .....	15
Tableau 5: Caractéristiques de la zone de projet par regroupement d'UFA.....	16
Tableau 6 :Nombre d'essences et de classes de diamètres associées impactées par la mise en œuvre du projet IFM par regroupement d'UFA.....	22
Tableau 7: Taux de sondage pratiqués pour les inventaires d'aménagement des trois regroupements d'UFA de la société Pallisco et partenaires (source Pallisco, 2003a-b, 2008).....	23
Tableau 8: Nombre de tiges et volumes préservés dans le cadre du projet A : %RE=100 .....	24
Tableau 9: Nombre de tiges et volumes préservés sur la durée du projet dans le cadre du projet A : %RE=100 .....	24
Tableau 10: Nombre de tiges et volumes préservés dans le cadre du projet B : %RE=50 .....	25
Tableau 11: Nombre de tiges et volumes préservés sur la durée du projet dans le cadre du B : %RE=50 .....	25
Tableau 12: Taille des parcs par grume stockée sur 5 AAC.....	26
Tableau 13: Surfaces impactées par le débardage calculées à partir des données collectées par Ndassa(2010) sur une parcelle test de 100 ha dans l'UFA 10.030-31 .....	29
Tableau 14: Surfaces impactées par le débardage calculées à partir des données post-exploitation collectées par Pallisco et Ndassa (2010) .....	30
Tableau 15 : Terminologie de la stratification employée par Pallisco .....	32
Tableau 16: Stock de carbone par ha estimés pour le regroupement d'UFA 10.040-41-44.....	32
Tableau 17: Stock de carbone par ha estimés pour l'UFA 10.039 .....	33
Tableau 18: Stock de carbone par ha estimés pour le regroupement d'UFA 10.030-31 .....	33
Tableau 19: Bilan sur les stocks de carbone contenu dans la biomasse aérienne sur les UFA/groupements d'UFA de Pallisco.....	33
Tableau 20: Coefficients de houppier calculés dans la concession Grumcam/Alpicam au Cameroun et utilisés pour le calcul de biomasse perdue lors des bris de houppiers .....	34
Tableau 21: Calcul du pourcentage de biomasse sauvegardée dans les trouées mesurées .....	35

Tableau 22 : Limites des zones tampon et nombre de placettes de mesures pour chaque type de dégâts dans la Municipalité de Cotriguaçu au Brésil (Pavoine, 2012).....	36
Tableau 23: Contraintes imposées par la législation sur l'exportation sous forme de grumes des essences concernées par le projet au moment de l'étude faisabilité.....	37
Tableau 24:Taux de reconstitution de la biomasse en forêt tropicale obtenus dans différentes études extrait de Preece et al. (2012) .....	41
Tableau 25: Flux de carbone aérien observé à M'Baïki.....	42
Tableau 26: Intensités d'exploitation pratiquées dans les différents scénarios et pertes de carbone associées.....	43
Tableau 27: Impacts sur le projet REDD+ de la reconstitution du carbone post-exploitation selon trois hypothèses .....	43
Tableau 28: Différentiels de reconstitution de carbone dans la biomasse post-exploitation par UFA considérés pour l'estimation ex-ante des réductions d'émissions .....	46
Tableau 29: Limites temporelles du projet IFM-ERA .....	48
Tableau 30: Compartiments de stock de carbone pris en compte dans le cadre d'un projet de type IFM ERA .....	48
Tableau 31: Réduction d'émissions de GES attendues par le projet IFM A : %RE=100.....	62
Tableau 32: Réduction d'émissions de GES attendues par le projet IFM B : %RE=50.....	63
Tableau 33: Densité à 12 % d'humidité des essences couramment exploitées par Pallisco .....	66
Tableau 34:Différence entre la biomasse estimée par l'équation de Chave et al. (2005) et l'équation de Samba et al. (2011) pour trois groupes de classes de diamètre.....	67
Tableau 35: Analyse des risques associés au projet IFM en conformité avec l'outil VCS AFOLU Non-Permanence RiskToolv3.2 (2012b).....	73
Tableau 36 : Estimation du nombre de VCUs attendu sur la période de créditation dans le cadre du projet A : RE=100% .....	75
Tableau 37:Estimation du nombre de VCUs attendu sur la période de créditation dans le cadre du projet B : RE=50% .....	76
Tableau 38: Manque à gagner lié à la non-commercialisation des produits bois induite par la mise œuvre du projet IFM-ERA .....	87
Tableau 39: Manque à gagner lié à la non-commercialisation des produits bois induite par la mise œuvre du projet IFM-ERA avec l'hypothèse d'une part de 50% de coûts fixes d'exploitation.....	88
Tableau 40: Revue bibliographique des coûts de transaction des projets REDD+ .....	90
Tableau 41: Coût d'opportunité du projet IFM-ERA .....	91

---

Tableau 42: Coût d'opportunité du projet IFM-ERA avec l'hypothèse d'une part de 38,5% des bénéfices redistribués aux ayants-droits .....	92
Tableau 43: Co-bénéfices environnementaux attendus du projet .....	93

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de localisation du site de projet .....	14
Figure 2: Rapport entre diamètre de l'arbre abattu et superficie des trouées selon les données de Ndassa (2010) .....	27
Figure 3: Superficies des trouées d'abattage en fonction du diamètre des arbres abattus .....	28
Figure 4 : Dispositif expérimental de M'Baïki (source : CIRAD) .....	42
Figure 5: Carte de la zone du projet .....	47
Figure 6: Flux entre compartiments de carbone liés à l'exploitation forestière .....	51
Figure 7: Répartition des densités anhydres des bois selon REYES (1992) .....	83
Figure 8: Répartition des strates « forêt » des différents groupes d'UFA de Pallisco. ....	84
Figure 9 : Coûts de transaction d'un Projet REDD+ VCS .....	89
Figure 10 : Modèle de dynamique des populations en classes .....	102
Figure 11 : Matrice de Usher .....	102

## TABLE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AAC	Assiette Annuelle de Coupe
AFD	Agence Française de Développement
AFOLU	<i>Agriculture, Forestry and Land Use</i>
AFNOR	Association Française de Normalisation
ALM	<i>Agricultural Land Management</i>
A/R	Boisement/Reboisement
ATIBT	Association Technique Internationale des Bois Tropicaux
BaU	Business as Usual
CCBS	<i>Climate, Community and Biodiversity Standards</i>
CCNUCC	Convention Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques
CIFM	Centre Industriel et Forestier de Mindourou
CIFOR	Centre International de Recherche sur les Forêts
CIRAD	Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement
CPF	Comités Paysans Forêt
CoC	<i>Chain of Custody</i>
CTP	Contreplaqué
DHP	Diamètre à Hauteur de Poitrine
DMA	Diamètre Minimum d'Aménagement
DME	Diamètre Minimum d'Exploitation
EFIR (RIL)	Exploitation Forestière à Impact Réduit
ERA	<i>Extension of the Rotation Age</i>
ERPA	<i>Emissions Reduction Purchase Agreement</i>
FAO	<i>Food Agriculture Organisation</i>
FCPF	Fond de Partenariat pour le Carbone Forestier
FFEM	Fond Français pour l'Environnement Mondial
FHVC	Forêt à Haute Valeur de Conservation
FOB	<i>Free On Board</i>
FORAFAMA	Programme d'Appui à la Gestion Durable des Forêts du Bassin du Congo et du Bassin Amazonien Brésilien
FRA	<i>Forest Resource Assessment</i>
FRM	<i>Forest Resources Management</i>
FSC	<i>Forest Stewardship Council</i>
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
IFM	<i>Improved Forest Management</i>
NIP (PIN)	Note Idée de Projet
MDP (CDM)	Mécanisme Développement Propre
MINEF	Ministère de l'Environnement et des Forêts
MINEP	Ministère de l'Environnement et de Protection de la Nature
MINFOF	Ministère de la Forêt et de la Faune
MRV	Mesurée, Reportée, Vérifiée
OLB	Origine et Légalité des Bois
ONADEF	Office National de Développement des Forêts du Cameroun

---

ONFi	Office National des Forêts international
PA	Plan d'Aménagement
PDD	<i>Project Design Document</i>
PFNL	Produits Forestiers Non Ligneux
REDD +	Réduction des Emissions issues de la Déforestation et Dégradation forestière, incluant la conservation, la gestion forestière durable et l'augmentation des stocks de carbone forestier
RFA	Redevance Forestière Annuelle
R-PIN	Notes d'idée de plan de préparation (au REDD+)
R-PP	Plan de Préparation au REDD+
R4F	Rabotés Quatre Faces
SARL	Société à Responsabilité Limitée
SEPBC	Société d'Exploitation des Parcs à Bois du Cameroun
SGS	Société Générale de Surveillance
SIG	Système d'Information Géographique
TEREA	Terre Environnement Aménagement
UFA	Unité Forestière d'Aménagement
VCS	<i>Verified Carbon Standard</i>
VCU	<i>Verified Carbon Unit</i>
VVB	<i>Validation Verification Bodies</i>

## RÉSUMÉ EXÉCUTIF

La 13<sup>ème</sup> Conférence des Parties de la CCNUCC organisée en décembre 2007 à Bali a permis l'adoption d'une décision importante sur la « Réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts dans les pays en voie de développement » (décision 2/CP.13). Cette décision invite les parties à appuyer les initiatives existantes et futures visant au renforcement des capacités des pays en voie de développement, au développement d'activités de démonstration permettant de réduire les émissions liées à la déforestation et dégradation, à la mise au point des questions méthodologiques, et au partage d'expériences entre l'ensemble des parties prenantes. Suite à cette décision les pays du Bassin du Congo se sont engagés notamment avec le *Forest Carbon Partnership Facility* (FCPF) à élaborer des stratégies nationales pour la diminuer les pressions sur les ressources forestières. De par la place importante de l'exploitation forestière sous aménagement en Afrique Centrale et la volonté des pays participant au mécanisme de valoriser les efforts d'aménagement durable dans les stratégies REDD+, le programme FORAFAMA cofinancé par le FFEM et l'AFD a été mis en place avec pour objectif:

- Favoriser l'intégration des politiques de gestion durable des forêts dans le futur mécanisme de Réduction des Emissions issues de la Déforestation et Dégradation forestière, incluant la conservation, la gestion forestière durable et l'augmentation des stocks de carbone forestier (REDD+) adopté par la convention climat grâce à l'échange d'expériences entre le bassin du Congo et le bassin Amazonien.
- Promouvoir l'exploitation durable des ressources ligneuses dans le cadre d'aménagements forestiers compatibles avec la préservation des forêts et de services environnementaux participant au maintien de leur stock de carbone sur pied et à l'augmentation des revenus forestiers pour les populations locales.

Dans le cadre de la composante 3.1 du programme, TERE a identifié et réalisé l'étude de faisabilité pour la mise en œuvre du projet REDD+ *Concession certifiée FSC dans le Haut Nyong* avec la société PALLISCO, exploitant forestier de l'est Cameroun. Le site du projet correspond à 3 regroupements d'Unités Forestières d'Aménagement (UFA), aménagées et certifiées *Forest Stewardship Council* (FSC), étendus sur une superficie totale de 341 708 ha. Le projet REDD+ développé correspond à un projet de type *Improved Forest Management* (IFM) – Augmentation des Diamètre Minimum d'Aménagement (DMA) au sens du Verified Carbon Standard (VCS) et a vocation à généré des crédits carbone commercialisables sur les marchés volontaires.

L'objectif du projet est d'utiliser le mécanisme REDD+ afin de préserver la valeur commerciale des forêts exploitées sous aménagement dans le Bassin du Congo qui sont aujourd'hui confrontée au problème de coupe sélective. En effet, seules les grumes de très bonne qualité d'un nombre très limité d'essences forestières sont abattues aboutissant à un véritable écrémage des produits ligneux et réduisant la valeur commerciale potentielle de la deuxième rotation (NollaBabena, 2008).

Dans le cadre de cette étude a été développée une méthodologie d'estimation des réductions d'émissions et de suivi MRV en conformité avec le standard VCS et estimé les coûts d'opportunités des scénarios avec et sans projet sur sa durée de créditation (correspondant à 25 ans).

### Méthodologie et estimation du nombre de crédits carbone attendus

Le scénario de référence correspond aux pratiques actuellement mises en œuvre par la société et le scénario de projet correspond à la remontée des DMA des essences exploitées principalement par la société de manière à atteindre un taux de reconstitution (sans prise en compte du bonus de première rotation autorisé au Cameroun) de 100% dans le premier cas soit un sacrifice d'environ 600 000 m<sup>3</sup> commercial sur 25 ans et de 50% dans le deuxième soit un sacrifice d'environ 260 000 m<sup>3</sup> commercial.

Les limites de la zone du projet correspondent à la série de production des différents regroupements d'UFA et aux Assiettes Annuelles de Coupe (AAC) qui seront exploitées à partir de 2014. Les compartiments de stock de carbone retenus, conformément aux directives VCS, sont la biomasse aérienne, le bois mort et les produits bois et les autres sources de Gaz à Effet de Serre (GES) sont les consommations de combustibles fossiles par les engins de chantier et de transport depuis l'exploitation en forêt jusqu'au lieu d'approvisionnement des produits au Cameroun avant leur exportation.

Ainsi les réductions d'émissions liées au projet sont calculées de la manière suivante :

$$RE_t = [C_{bm,sortant,t} + C_{résidus\ comb.,t} - C_{sq\ pb,t} - \Delta C_{reconst,t}] \times \frac{44}{12} + E_{comb.fossiles,t} - GES_{fuites,t}$$

Avec :

$RE_t$	Réduction d'émissions de GES à l'année t (tCO <sub>2eq</sub> )
$C_{bm,entrant,t}$	Flux de carbone vers l'atmosphère dû à la décomposition du bois mort à l'année t (tC)
$C_{résidus\ comb.,t}$	Stock de carbone contenu dans les résidus de transformation qui seront brûlés à l'année t (tC)
$C_{sq\ pb,t}$	Séquestration de carbone dans les produits bois à l'année t (tC)
$\Delta C_{reconst,t}$	Différence entre la reconstitution naturelle du stock de carbone post exploitation entre les scénarios de référence et de projet à l'année t (tC)
$E_{comb.fossiles,t}$	Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles des engins de débardage et de transport du bois à l'année t (tC)
$GES_{fuites,t}$	Emissions de fuites à l'année t (tCO <sub>2eq</sub> )

A partir de la méthodologie proposée et en prenant en compte les pénalités liées aux incertitudes et aux risques du projet (crédits déposés dans un buffer), le nombre de crédits volontaires VCS (VCUs) qui seraient générés par le projet ont été estimés sur la durée de projet de 25 ans à :

	Scénario A (%Re = 100)	Scénario B (%Re = 50)
Réduction d'émissions (tCO <sub>2eq</sub> )	1 308 299	604 003
Nombre de VCUs total	832 245	385 487
Nombre de VCUs par m <sup>3</sup> commercial non exploité	1,40	1,48

Tableau 1: Estimation des réductions d'émissions et du nombre de VCUs attendus par le projet IFM-ERA

D'un point de vue méthodologique, la limite principale du projet réside dans le manque de connaissances liées à la dynamique forestière post-exploitation. En effet, un projet augmentation des DMA dans les concessions forestières du Bassin du Congo sur lesquelles on observe d'ores et déjà des intensités de prélèvement faibles (1 à 2 tiges par hectare) n'affectera que peu le degré de perturbation subi par la forêt. Selon la capacité du milieu à recouvrir plus ou moins rapidement des perturbations subies, le projet IFM pourra être soit complètement remis en cause (le scénario de référence pourrait être plus intéressant que le scénario de projet d'un point de vue réduction d'émissions avec la séquestration du carbone dans les produits bois) soit très intéressant (si la reconstitution du stock de carbone post-exploitation est moins rapide dans le scénario de référence que de projet). Pour palier à ce manque de connaissance il pourrait être envisagé de mettre en place un réseau de placettes permanentes sur les ACC anciennement exploitées par la société réparties sur des zones d'intensité d'exploitation variable (en prenant en compte l'historique de la forêt avant l'exploitation sous aménagement), ainsi que d'autres paramètres clés tels que les types de végétation, la pédologie, etc.

Une autre limite méthodologique mais qui impacte le projet dans une moindre mesure est le manque de connaissances sur la décomposition du bois mort en forêt tropicale humide. L'incertitude du facteur d'émission utilisé influe fortement l'incertitude totale de l'estimation des réductions d'émissions. La mise en place d'études locales, mais qui comme pour les études de dynamique post-exploitation nécessiteraient un suivi sur plusieurs années, pourraient permettre de diminuer cette incertitude.

### **Certification FSC et dispositif MRV**

La certification FSC et notamment la mise en œuvre du principe 8 sur le suivi évaluation de l'exploitation apporte au porteur de projet IFM un avantage important pour l'élaboration du projet (élaboration du scénario de référence, estimation des impacts du scénario de projet et processus de consultation des parties prenantes) et la diminution des coûts associés au monitoring. Dans le cadre du monitoring du projet REDD+, outre l'élaboration et la compilation des données pour la documentation de suivi carbone, la seule activité se suivi qui présente un coût non négligeable est la mise en place de placettes permanentes pour le suivi de la reconstitution post exploitation.

Inversement, le mécanisme REDD+ permettra de répondre aux principes et critère du FSC notamment avec la diminution des impacts sur le milieu, la préservation d'un nombre plus importants de tiges d'intérêt commerciales (tiges d'avenir, semenciers, etc.) et des FHVC, la mise en œuvre d'études de suivi de la dynamique forestière, l'implication et la consultation des populations dans la mise en œuvre du projet, etc.

### **Coûts d'opportunités des scénarios avec et sans projet**

Dans le cadre de ce projet a été calculé les coûts d'opportunités, en euros par m<sup>3</sup> de bois commercial, des différentes alternatives du projet pour le concessionnaire forestier. Le coût d'opportunité du scénario sans projet a été estimé en prenant en compte les volumes de produits bois, les prix de vente des produits, la fiscalité et les coûts de production et coût celui du scénario avec projet prend en compte les coûts de transaction carbone (élaboration, enregistrement, vérification, délivrance des crédits carbone et frais liés à leur vente), les coûts liés au monitoring des réductions d'émissions et le

prix de vente des crédits carbone estimé à 9,6 euros/VCU (prix moyen de vente des VCU en 2011 issues des projets IFM selon Ecosystem Marketplace, 2012).

Coût d'opportunité pour la société forestière (euros/m <sup>3</sup> )	Scénario sans projet IFM	Scénario avec projet IFM (sans partage des revenus)	Scénario avec projet IFM (hypothèse d'un reversement de 38,5% des bénéfices aux parties prenantes)
Projet A (RE = 100%)	26 - 45	13	8
Projet B (RE = 50%)	38 - 58	13	8

**Tableau 2 : Coûts d'opportunités des différentes alternatives du projet (euros/m<sup>3</sup>)**

Dans le cadre de cette première analyse, la mise en œuvre d'un projet de type VCS pour compenser le manque à gagner induit par la réduction du prélèvement par la vente de crédit carbone ne serait pas suffisant sur le court terme. On notera pourtant que étant donnée la volatilité des prix des crédits sur les marchés volontaires il serait possible de combler ce manque sous réserve de la mise en place d'accords de vente garantissant au porteur de projet l'achat des crédits à un prix minimum sur toute la durée du projet.

Prix de vente des VCU (euros)	Scénario avec projet IFM (sans partage des revenus)	Scénario avec projet IFM (hypothèse d'un reversement de 38,5% des bénéfices aux parties prenantes)
Projet A (RE = 100%)	19-33	31-53
Projet B (RE = 50%)	27-40	43-65

**Tableau 3 : Fourchette de prix de vente des crédits carbone permettant de compenser le manque à gagner pour la société forestière (euros/VCU)**

En conclusion, le mécanisme REDD+ pourrait représenter une alternative intéressante pour la préservation des essences d'intérêt commerciales dans le cadre des concessions aménagées du Bassin du Congo et ainsi conserver la valeur commerciale des forêts exploitées dans le cadre de rotations successives. Cependant étant donné l'état actuel des marchés du carbone, les prix de vente des crédits REDD+ et l'absence de garanties quant à la possibilité pour un concessionnaire forestier d'exploiter sur le long-terme, la mise en place d'un projet REDD+ n'apparaît pas intéressante d'un point de vue financier.

Aussi, sur la base de la méthodologie d'estimation des réductions d'émissions proposée, il sera recommandé avant la mise en œuvre de ce type de projet de réaliser :

- des études sur la dynamique de reconstitution de la biomasse post-exploitation selon différentes intensités de prélèvement ;
- Une analyse en concertation avec les différentes parties prenantes les modalités de partage des bénéfices et les possibilités de mise en place de garanties pour l'exploitation des ressources sur long-terme permettant de garantir la longévité du projet et prenant en compte l'impact sur l'économie nationale (baisse des revenus liés à la fiscalité, l'emploi et cotisation sociales, etc.) ;
- Une analyse des impacts économiques du projet sur le plus long terme (2 rotations).

---

## AVANT-PROPOS

Cette étude a été réalisée dans le cadre du Programme d'Appui à la Gestion Durable des Forêts du Bassin du Congo et du Bassin Amazonien Brésilien (FORAFAMA) financé par le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) et l'Agence Française pour le Développement (AFD) qui a pour objectif de :

- Favoriser l'intégration des politiques de gestion durable des forêts dans le futur mécanisme de Réduction des Emissions issues de la Déforestation et Dégradation forestière, incluant la conservation, la gestion forestière durable et l'augmentation des stocks de carbone forestier (REDD+) adopté par la convention climat grâce à l'échange d'expériences entre le bassin du Congo et le bassin Amazonien.
- Promouvoir l'exploitation durable des ressources ligneuses dans le cadre d'aménagements forestiers compatibles avec la préservation des forêts et de services environnementaux participant au maintien de leur stock de carbone sur pied et à l'augmentation des revenus forestiers pour les populations locales.

Le projet *Concession certifiée FSC dans le Haut Nyong*, réalisé dans le cadre de la composante 3.1 du programme portée par le consortium ONFi-TEREA-FRM-CIRAD, a été identifié et développé par TERE A avec la société PALLISCO, exploitant forestier de l'est Cameroun qui a la gestion avec ses partenaires de 3 regroupements d'Unités Forestières d'Aménagement (UFA) étendus sur une superficie totale de 341 708 ha (cf. figure 1). L'intégralité des concessions est aménagée et certifiée *Forest Stewardship Council (FSC)*.

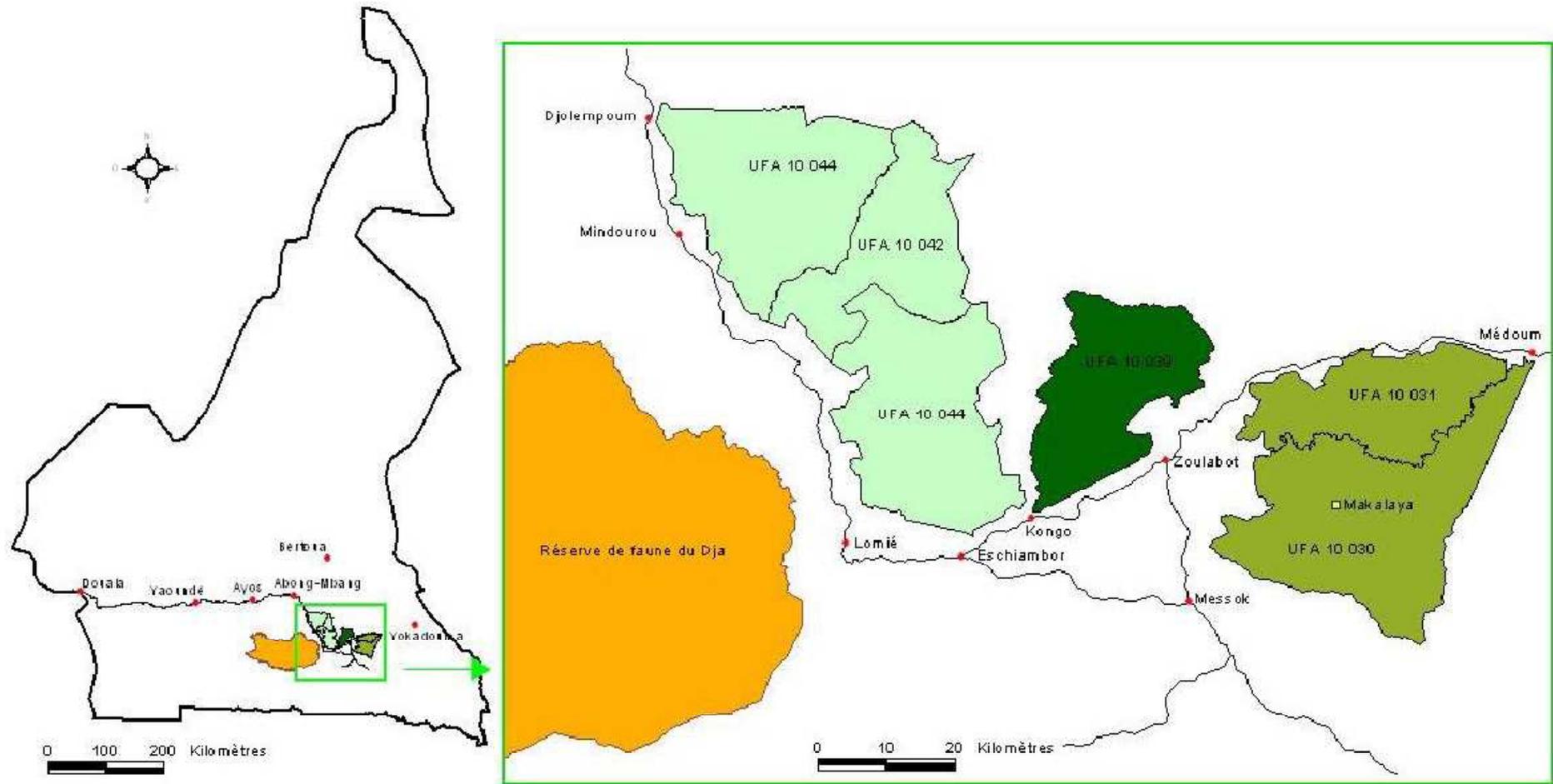


Figure 1: Carte de localisation du site de projet

## 1. DESCRIPTION DU PROJET

### 1.1 SITE ET PORTEUR DE PROJET

#### 1.1.1 Le porteur de projet

Créée en 1972, Pallisco SARL est une entreprise de droit camerounais ayant pour activités l'exploitation forestière et l'exportation de grumes. Un site d'exploitation forestière incluant une scierie gérée par la société partenaire Centre Industriel et Forestier de Mindourou (CIFM) est installée à l'Est du Cameroun dans la ville de Mindourou située à 290 km de Yaoundé (département du Haut-Nyong). Aujourd'hui la société et ses partenaires ont la gestion de 6 UFA, pour une superficie totale de 341 708 ha.

UFA	Attribution	Type	Superficie (ha)	Validation PA
10.030	2001	Regroupement	118 052	31/11/2008
10.031	2010			
10.039	2000	Individuelle	47 585	2/12/2004
10.041	2010	Regroupement	176 071	26/11/2004
10.042	2001			
10.044	2010			

**Tableau 4: UFA des sociétés PALLISCO et partenaires**

Dans le cadre de la mise en œuvre d'une gestion groupée plus respectueuse des aspects environnementaux liés à l'exploitation forestière, certaines de ces UFA ont fait l'objet d'un regroupement avec un Plan d'Aménagement (PA) commun.

Pallisco s'est engagé dès 2002 dans la démarche d'aménagement de ses concessions forestières avec l'appui technique de l'association « Nature+ » et l'appui financier de l'AFD. Depuis 2005, la totalité de la ressource en grumes de la société Pallisco sera issue d'une exploitation forestière régie par un plan d'aménagement. Par la suite, Pallisco a obtenu la certification Origine Légalité des Bois (OLB) de ses produits en 2005 puis, en 2008, le certificat FSC de gestion forestière et de chaîne de contrôle à Pallisco. Depuis 2006, la société intègre progressivement des pratiques d'Exploitation Forestière à Impact Réduit (EFIR) dans ses méthodes d'exploitations. De plus, la société a engagé des recherches pour développer de réhabilitation des zones dégradées par les exploitations précédentes et actuelle et d'appui à la régénération des essences d'intérêts.

Ainsi, Pallisco s'est positionnée comme leader en termes de gestion durable des concessions forestières au Cameroun. A l'heure actuelle, Pallisco est la seule société forestière du Cameroun dont 100 % des concessions sont certifiées FSC.

#### 1.1.2 Localisation et description de la concession

Le site du projet est constitué de 3 blocs d'UFA continus distincts (cf. Figure 1). Les principales caractéristiques de ces 3 regroupements sont décrites dans le tableau 2.

Caractéristiques	UFA 10.041-042-044	UFA 10.039	UFA 10.030-031
Surface totale (ha)	176 071	47 585	118 052
Situation géographique	3°10' - 3°14' latitude Nord 13°20' - 13°52' longitude Est	3°10' - 3°30' latitude Nord 13°50' - 14°10' longitude Est	3°01' - 3°25' latitude Nord 14°05' - 14°31' longitude Est
Topographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moyennement accidenté (pentes douces entrecoupées de cours d'eau et marécages)</li> <li>- Quelques pentes abruptes mais dénivelé rarement supérieur à 20-25 m.</li> <li>- Située entre 600 et 760m d'altitude</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moyennement accidenté (pentes douces entrecoupées de cours d'eau et marécages)</li> <li>- Quelques pentes abruptes mais dénivelé rarement supérieur à 10-15 m.</li> <li>- Située entre 600 et 760m d'altitude</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peu accidenté (pentes douces entrecoupées de cours d'eau et marécages)</li> <li>- Quelques pentes abruptes mais dénivelé rarement supérieur à 20-30 m.</li> <li>- Située entre 504 et 806m d'altitude (avec 2 sommets marqués à 806 et 770m)</li> </ul>
Climat	Equatorial chaud et humide de type guinéen avec des températures moyennes annuelles de 24°C et des précipitations annuelles comprises entre 1500mm et 2000m (appartient à la zone climatique tropicale humide selon les critères du GIEC, 2006a)		Equatorial chaud et humide de type guinéen avec des températures moyennes annuelles de 24°C et des précipitations annuelles comprises entre 1300mm et 1 800m (zone climatique tropicale humide selon le GIEC, 2006a)
Hydrologie	réseau hydrographique est très dense avec plusieurs cours d'eau permanents		
Végétation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forêt dense humide semi caducifolié et la moitié Sud de forêt dense humide de transition</li> <li>- Formations du type semi-caducifolié majoritaires. Formations secondaires un peu plus fréquentes sur la bordure Ouest</li> <li>- Formations végétales de terre ferme = 77,6 % de la surface totale ; Formations végétales ripicoles ou de marécages = 22,4 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forêt dense humide de transition</li> <li>- Formations du type semi-caducifolié principalement au nord et au sud. Formations sempervirentes dans la bande centrale. Formations secondaires un peu plus fréquentes sur la bande sud</li> <li>- Formations végétales de terre ferme = 83,3 % de la surface totale ; Formations végétales ripicoles ou de marécages = 16,7 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- forêt dense humide semi-sempervirente</li> <li>- Formations du type semi-caducifolié principalement. Formations secondaires un peu plus fréquentes sud-ouest et pointe nord</li> <li>- Formations végétales de terre ferme = 78,5 % de la surface totale ; Formations végétales ripicoles ou de marécages = 21,5 %</li> </ul>
Populations riveraines	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 39 villages / 16 783 habitants</li> <li>- principale activité : agriculture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- environ 2 800 habitants</li> <li>- principale activité : agriculture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 25 villages / 7 524 habitants</li> <li>- principale activité : agriculture</li> </ul>

**Tableau 5: Caractéristiques de la zone de projet par regroupement d'UFA**

Caractéristiques	UFA 10.041-042-044	UFA 10.039	UFA 10.030-031
Historique d'exploitation avant aménagement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 licences attribuées en 1990 et 1994 couvrant 85 330 ha</li> <li>- 4 AAC exploitées de l'UFA 10.041 attribuée en 1998 (10 071 ha)</li> <li>- 3 AAC/UFA pendant la convention provisoire (22 500ha)</li> </ul> <p><u>Total</u> : exploitations antérieures sur 67 % de la superficie totale</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 licence attribuée en 1997 couvrant 8 665 ha</li> <li>- 3 AAC pendant la convention provisoire (7 500ha)</li> </ul> <p><u>Total</u> : exploitations antérieures sur 34 % de la superficie totale</p>	<p><u>UFA 10.030</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploitation frauduleuse de 1999 à 2000 sur 21 750 ha</li> <li>- Exploitation de 354 ha due à un chevauchement d'une autre UFA</li> <li>- 8 AAC exploitées en convention provisoire et définitive(18 129 ha)</li> </ul> <p><u>UFA 10.031</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploitation illégale sur 267 ha</li> <li>- Exploitation provisoire et définitive entre 2000 et 2005 sur 16 209 ha</li> <li>- 3 AAC pendant la convention provisoire (5 050ha)</li> </ul> <p><u>Total</u> : exploitations antérieures sur 35 % de la superficie totale</p>
Attribution	2001	2000	2001 (UFA 10.030) et 2006 (10.031)
Validation du PA	2004	2004	2004 (UFA 10.030) 2008(UFA 10.030-31)
Début / Fin d'exploitation sous aménagement <sup>1</sup>	2005-2034	2004-2033	2009-2038
Essences exploitables majoritaires (volume > 3,5 m <sup>3</sup> /ha)	Emien, Alep, Fraké, Tali, Dabéma	Emien, Alep, Tali, Fraké, Okan, Dabéma, Sapelli	Emien, Fraké, Tali, Alep, Sapelli, Ayous
Surfaces des séries forestières	Production : 145 272 ha Conservation : 27 251 ha Protection : 3 548 ha	Production : 44 623 ha Conservation : 2 092 ha Protection : 870 ha	Production : 98 913 ha Conservation : 16 048 ha Protection : 2 239 ha Agro-forestière : 850 ha
Possibilité nette	5 245 906 m <sup>3</sup>	2 037 586 m <sup>3</sup>	3 461 201 m <sup>3</sup>
Production annuelle		120 000 m <sup>3</sup> /an	

**Tableau 2: Caractéristiques de la zone de projet par regroupement d'UFA**

<sup>1</sup>On remarquera que les AAC exploitées lors de la convention provisoire seront ré-exploitées (6<sup>ème</sup> bloc quinquennal) sur la période de rotation (30 ans)

## 1.2 OBJECTIFS ET JUSTIFICATION DU PROJET

### 1.2.1 Type de projet

Conformément à la typologie de projets REDD+ proposée par le *Verified Carbon Standard* (VCS, 2012a), le projet REDD+ retenu dans le cadre de cette étude est un **projet IFM – ERA** : projet de gestion forestière améliorée (*Improved Forest Management*) - Allongement de la rotation/du cycle de coupes visant à réduire la dégradation de la zone de projet **en adoptant des Diamètres Minimum d'Aménagement (DMA) plus favorables pour la reconstitution des essences exploitées.**

Les activités proposées appartiennent à la catégorie *Agriculture, Forestry and Other Land Use AFOLU IFM*, définies par le VCS comme des activités implantées sur des terres forestières gérées pour la production de bois d'œuvre, bois papier et/ou bois énergie et appartenant à la catégorie du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) « forêts restant forêts ». Les causes de dégradation survenant sur ces terres et traitées par ces activités doivent avoir été désignées ou approuvées par des entités réglementaires nationales ou locales dans le scénario de référence.

Le Cameroun ne disposant pas aujourd'hui de définition de la forêt au titre de la Convention Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), la définition retenue sera celle de la *Food Agriculture Organisation* (FAO) en accord avec les directives du VCS (2012a) :

#### **Encadré 1 : Définition de la forêt retenue pour le Cameroun**

La forêt doit répondre aux 3 critères :

- Couverture du houppier minimum : 10%
- Surface minimum : 0,5 ha
- Hauteur minimale des arbres à maturité : 5 m

Source : FAO, 2001

### 1.2.2 Aménagement et choix des DMA au Cameroun

L'adoption de DMA pour favoriser la reconstitution des espèces exploitées est une obligation de l'aménagement. Au Cameroun, la loi indique que *les essences aménagées doivent être au moins au nombre de 20, leur volume exploitable doit représenter au minimum 75 % du volume exploitable initial des essences principales, et le taux de reconstitution global de ces essences après une rotation doit être suffisant et individuellement au moins supérieur à 50 %* (Article 6 de l'Arrêté 222, PCI OAB-OIBT 2.2.3.6). Aussi, lors de la première rotation, il est possible de retrancher aux calculs de reconstitution et de possibilité un « bonus » correspondant aux tiges appartenant aux classes de diamètres supérieures au Diamètre Minimum d'Exploitation (DME) administratif plus 40.

Les essences aménagées doivent appartenir au groupe des essences principales définies par la législation camerounaise dans l'annexe 1 de l'arrêté 0222/A/MINEF du 25 Mai 2001. Selon les décisions d'aménagement, les essences principales sont à répartir en deux groupes : le groupe 1 qui correspond aux essences aménagées (%Re $\geq$ 50) et le groupe 2 qui correspond aux essences non aménagées (%Re $<$  50).

### Encadré 2 : Le taux de reconstitution

$$\% \text{ Re} = [\text{No} (1 - \Delta)(1 - \alpha)^T] / \text{Np}$$

Avec :

% Re : taux de reconstitution

No : effectif des classes de diamètre en dessous du DMA intervenant dans la reconstitution du capital ligneux exploité ;

$\Delta$  : mortalité dues aux dégâts d'exploitation ;

$\alpha$  : mortalité naturelle ;

T : rotation (30 ans)

Np : effectif totale exploitable à reconstituer

De manière générale, les taux de mortalité utilisés sont des constantes fixées par les normes nationales d'aménagement forestier (au Cameroun, on retient un taux de mortalité naturelle de 1% et de mortalité due aux dégâts d'exploitation de 7%). Ainsi, les taux de reconstitution sont fonction du nombre de tiges présentes sur la concession estimé à partir des inventaires d'aménagement.

D'après l'étude comparative des plans d'aménagement au Cameroun par Nature + (Vandenhaute *et al.*, 2006), la qualité des aménagements et la durabilité du secteur est globalement faible. 50% des sociétés sont non conformes ou partiellement en conformité avec la loi. L'autre moitié a su profiter des portes ouvertes laissées par celle-ci leur permettant ainsi de ne pas aménager une partie importante des essences exploitées :

- en plaçant des essences non intéressantes pour l'exploitant ou en sous-effectif évident dans ces 20 essences. Dans 85% des cas, les essences en sous effectifs ne sont pas exclues de l'exploitation ou sont exclues avec un seuil d'exclusion insuffisant (0,01 tiges/ha) ;
- en présentant des taux de reconstitution ou simplement le DMA sans références aux données initiales pour les vérifier ;
- en choisissant des DMA sans avoir fixé ou atteint un objectif de reconstitution global ;
- en plaçant dans le groupe 2 une grande partie des essences effectivement intéressantes pour l'exploitant ;
- en présentant des essences à la fois dans le groupe 1 et 2.

Afin d'évaluer dans quelle mesure la législation camerounaise peut être non contraignante en matière de choix des DMA, un exercice à partir des résultats des inventaires d'aménagement des trois regroupements d'UFA de l'entreprise a été réalisé. Dans cet exercice a été adoptée une logique de maximisation du profit consistant à placer dans le groupe 1:

- i. Les essences dont %RE  $\geq$  50 au DME administratif ;
- ii. Les essences principales n'intéressant pas le concessionnaire ;
- iii. Les essences dont le DMA, pour %RE  $\geq$  50, est compris entre le DME administratif et DMA commercial<sup>2</sup> ;
- iv. Les essences très peu exploitées (sur demande uniquement) pour lesquelles l'adoption d'un DMA supérieur au DME n'affectera pas les volumes qui seront exploités.

<sup>2</sup>On entend par DMA commercial le diamètre minimum auquel une société va exploiter une essence afin d'avoir une « maturité du bois » acceptable, c'est-à-dire, qui pourra être transformée avec un rendement matière permettant de conserver une valeur ajoutée suffisante sur la vente du bois.

A travers cet exercice, il a été possible de montrer que sur l'ensemble des UFA de Pallisco, les règles à appliquer conformément à l'Article 6 de l'Arrêté 222 ne sont pas contraignantes pour la société (ie. ne limite pas les prélèvements des essences intéressant les concessionnaires et éventuellement menacées par l'exploitation).

### 1.2.3 Justification et objectif du projet

Dans le Bassin du Congo, la mise en valeur des bois d'œuvre est confrontée au problème de coupe sélective. Seules les grumes de très bonne qualité d'un nombre très limité d'essences forestières sont abattues aboutissant à un véritable écrémage des produits ligneux et réduisant la valeur commerciale potentielle de la deuxième rotation (NollaBabena, 2008).

#### **Encadré 3 : Historique de la production et des exportations au Cameroun (extrait de NollaBabena, 2008)**

*Au cours des années 1950, trois essences à savoir : l'Azobé, l'Ilomba et le Doussié rouge représentent environ 75% des exportations de bois au Cameroun. On trouve aussi en assez faibles quantités l'Acajou d'Afrique, le Sapelli et le Sipo, parfois le Dibétou.*

*L'évolution au cours des années verra une forte émergence de l'Ayous et une forte progression du Sapelli. Par contre, on assiste à un effondrement de la production de l'Ilomba et une stabilisation voire même une légère baisse de la production et des exportations du Doussié rouge, du Sipo et de l'Acajou d'Afrique.*

*Vers la fin des années 1970, la production forestière est dominée par trois essences : l'Ayous suivi du Sapelli et de l'Azobé en troisième position. Ces trois essences constituent au moins les 50% de la production et des exportations des produits ligneux au Cameroun jusqu'en 2000. Elles se font accompagner chaque année, en fonction des disponibilités en forêt, du Sipo, du Doussié, du Moabi, du Bibolo, de l'Acajou et de l'Iroko. Les productions du Movingui, du Padouk rouge et du Tali se sont considérablement améliorées au cours des années à la suite des différentes campagnes promotionnelles menées par le Cameroun et par d'autres pays africains producteurs de bois (Annexe 3). Les productions de Tali et de l'Iroko ont tendance à dépasser celles de l'Azobé.*

*Les essences non citées ici ont été en général considérées à une époque donnée comme essences peu recherchées. Plusieurs essences qui étaient aussi retenues au cours des campagnes promotionnelles (Emien, Fromager, Aiélé) sont toujours très peu exploitées. La production du Dabéma et de l'Okan ne semble s'affirmer que depuis quelque cinq ans.*

*Celle du Naga évolue en dents de scies et celle de l'Okan est en nette amélioration.*

*Jusqu'à présent, la représentativité dans la production et dans les exportations de bois est loin de traduire la richesse des différentes essences en forêt.*

Malgré les résultats observés suite aux efforts de promotion des essences secondaires notamment via la politique forestière de 1993 visant à pérenniser les fonctions économiques, écologiques et sociales de la forêt dans le cadre d'une gestion intégrée durable et la certification forestière, la production de bois d'œuvre reste centrée sur seulement quelques essences. Selon les chiffres publiés par l'ATIBT (2012), en 2011, 68% des exportations de grumes étaient représentées par trois essences (Okan, Tali, Ayous) et 65% des exportations de sciages par quatre essences (Ayous, Sapelli, Iroko, Azobé).

Aujourd'hui, les concessionnaires forestiers qui envisagent de poursuivre l'exploitation dans le cadre d'une seconde rotation misent principalement sur la promotion d'essences secondaires sans quoi l'exploitation ne serait plus rentable.

A travers la mise en œuvre d'un projet IFM-ERA - Augmentation des DMA des essences d'intérêt commercial - l'objectif est d'utiliser le mécanisme REDD+ comme outil de promotion de l'aménagement durable et de préservation de la diversité actuelle des forêts du Bassin du Congo en essences commerciales devenues vulnérables voire menacées par l'exploitation.

L'objectif principal du projet est donc de diminuer la pression sur les essences phares afin de préserver la biodiversité actuelle et un potentiel économique suffisamment intéressant sur le long terme.

Dans le cadre de cette étude, deux scénarios de projet ont été retenus :

- un scénario « idéal » permettant la reconstitution de 100% du potentiel exploitable des essences d'intérêt commercial ;
- un scénario « moins contraignant » permettant la reconstitution de 50% du potentiel exploitable des essences d'intérêt commercial (le bonus de première rotation n'est pas pris en compte dans ce calcul – cf. partie 1.2.2).

Les taux de reconstitution ont été calculés pour une rotation de 30 ans et à partir des paramètres par défaut employés au Cameroun, soit un taux de mortalité naturelle de 1% et de dégâts d'exploitation de 7%.

#### **Encadré 2 : Pistes pour l'optimisation du calcul du taux de reconstitution dans le cadre d'un projet IFM-ERA**

Dans l'idéal, et pour obtenir des taux de reconstitution plus fiables, il faudrait pouvoir disposer de données locales pour les paramètres suivants :

- *les accroissements annuels moyens* : les accroissements préconisés par la législation sont ceux publiés par l'Office National de Développement des Forêts du Cameroun (ONADEF) variables en fonction de la zone où se situent les UFA (il existe quatre zones au Cameroun). Dans le cadre du projet REDD+, il sera recommandé, quand les données seront disponibles sur une durée de suivi suffisante, d'utiliser les accroissements estimés suite aux études sur les circuits phénologiques réalisées dans la société (suivi réalisé dans le cadre du FSC - indicateur 8.2.1) ;
- *le taux de mortalité naturelle* : la législation préconise l'utilisation d'un taux de mortalité naturelle de 1% toutes essences confondues. De même que pour les accroissements, il est recommandé dans le cadre du projet REDD+ d'utiliser les données issues des activités de recherche sur les circuits phénologiques (suivi réalisé dans le cadre du FSC - indicateur 8.2.1) ;
- *les dégâts d'exploitation* : la législation préconise l'utilisation d'un taux de dégâts d'exploitation de 7%. Dans le cadre de cette étude et en prenant en compte les dégâts d'abattage, ce taux est estimé à environ 13% en termes de surface impactée. On remarquera que le suivi des impacts de l'exploitation est réalisé dans le cadre du FSC: indicateur 8.2.5 (suivi la performance des méthodes d'exploitation et leur impact sur la forêt).

## 2 IMPLICATION DE LA REMONTEE DES DMA ET IMPACTS DU PROJET SUR LA BIOMASSE

### 2.1 ESSENCES PRISES EN COMPTE DANS L'ETUDE

La société forestière Pallisco exploite actuellement 23 essences forestières dont 14 constituent un groupe d'intérêt dit « systématique », c'est-à-dire que ces essences sont exploitées chaque année sans nécessairement qu'une commande n'ait été adressée en amont à la société.

Pour déterminer sur quelles essences la remontée des DMA aurait un impact réel, un taux de prélèvement « ajusté » a été calculé sur la base des données de suivi abattage de la société sur les années 2007 à 2011. Pour chacune des essences exploitées par la société le rapport *nombre de tiges exploitées sur le nombre de tiges exploitables (localisées hors de la zone tampon, site sacré, et des zones de forte pente) et effectivement intéressantes pour l'exploitant forestier (DHP supérieur au diamètre commercial, de bonne conformation, sans altération fongique, etc.)* a été estimé.

Dans le cadre de cette étude, on part de l'hypothèse que la remontée des DMA n'affectera que les essences dont le taux de prélèvement se situe entre 70 et 100%. Une liste de 15 essences a ainsi été retenue avec un taux de prélèvement ajusté moyen de 83% (erreur type de 2%).

Ainsi, sur la base de cette liste et pour chacune des UFAs, on considère que ces essences sont exploitées dans le scénario de référence:

- au DMA commercial si celui-ci est supérieur au DMA actuel affiché dans le plan d'aménagement ;
- au DMA aménagement si celui est supérieur au DMA commercial.

Et dans le scénario de projet au DMA minimum nécessaire pour l'obtention du taux de reconstitution recherché (100 ou 50%) calculé sans prise en compte du bonus de première rotation.

Le tableau ci-dessous résume par regroupement d'UFA le nombre d'essences et de classes de diamètres associées qui seront impactées par la mise en œuvre du projet IFM.

Projet	10.030-31		10.039		10.041-42-44	
	Nombre d'essences	Nombre de classes de diamètre	Nombre d'essences	Nombre de classes de diamètre	Nombre d'essences	Nombre de classes de diamètre
<b>A</b> (%RE=100)	7	14	10	19	10	15
<b>B</b> (%RE=50)	2	3	7	11	4	8

**Tableau 6 : Nombre d'essences et de classes de diamètres associées impactées par la mise en œuvre du projet IFM par regroupement d'UFA**

## 2.2 LE SACRIFICE D'EXPLOITATION OCCASIONNE

### 2.2.1 Méthode de calcul et limites

Dans le cadre de forêts aménagées des inventaires d'aménagement multi-essences (inventaires statistiques appliqués à l'ensemble des UFA) sont réalisés en amont de l'exploitation. Conformément aux normes d'inventaires d'aménagement en milieu forestier, ceux-ci sont réalisés de manière à atteindre une erreur maximale de 10% dans un intervalle de confiance de 95% pour les essences les plus importantes (ONADEF, 1991).

A Pallisco, les inventaires d'aménagement ont été effectués conformément aux normes nationales d'inventaire d'aménagement et de pré-investissement établies par l'ONADEF et l'Arrêté N°0222 / A / MINEF du 25 mai 2001, fixant les procédures d'élaboration, d'approbation, de suivi et de contrôle de la mise en œuvre des plans d'aménagement des forêts de production du domaine permanent. Ils ont été réalisés le long de layons parallèles et équidistants avec un taux de sondage compris entre 0,64 et 1,29% selon un dispositif de type « parcelles emboîtées », avec des parcelles de 0,5 ha pour l'inventaire des tiges de Diamètre à Hauteur de Poitrine (DHP) supérieur à 20 cm et des « sous-parcelles » plus petites, situées au début de chaque parcelle d'inventaire, de 5 m de long sur 20 m de large pour l'inventaire de la « régénération » ou les « gaulis » (tiges de moins de 20 cm de diamètre).

	10.040-41-44	10.039	10.030-31
Taux de sondage des tiges DHP ≥ 20 cm	0,64%	1,29%	1,21%
Taux de sondage des tiges DHP < 20 cm	0,01%	0,02%	0,024%

**Tableau 7: Taux de sondage pratiqués pour les inventaires d'aménagement des trois regroupements d'UFA de la société Pallisco et partenaires (source Pallisco, 2003a-b, 2008)**

La densité de tiges à l'hectare de chacune des essences retenues dans le cadre du projet pour les diamètres compris entre  $DMA_{ref}$  et  $DMA_{pj}$  est connue grâce à l'inventaire d'aménagement. En considérant la surface incluse dans les séries de production des Assiettes Annuelles de Coupe (AAC) concernées par le projet (ici sont considérées les ACC qui seront exploitées à partir de 2014, année de mise en œuvre du projet) à laquelle est retranchée la surface occupée par les rives et les routes principales/secondaires et les taux de prélèvements par essence, il est possible d'en déduire le nombre de tiges totales qui seront préservées par le projet.

Les taux de prélèvement par essence ont été déterminés sur la base des données de suivi-abattage disponibles sur les années à 2007 à 2011 soit sur un échantillon de 12 AAC.

A partir de la densité de tiges à l'hectare, les volumes ont été estimés grâce aux équations de tarifs de cubage élaborées par Pallisco sur la base des données disponibles sur l'exploitation des années précédentes. Afin d'estimer l'erreur liée à l'utilisation de ces tarifs de cubage, un échantillon aléatoire de données sur les volumes fûts (longueur de la grume, diamètre petit et gros bout) et les DHP de 810 tiges des 14 essences concernées par le projet a été extrait de la base de données de suivi de l'exploitation. L'erreur correspondante a été estimée à 7%.

## 2.2.2 Volumes et nombre de tiges non exploitées grâce au projet

Le nombre de tiges et les volumes préservés par la mise en œuvre du projet conformément aux deux scénarios retenus sont donnés dans les tableaux suivants :

Projet A : %RE = 100

UFA	Surface (ha) <sup>3</sup>	Volumes et nombre de tiges préservés par hectare			Volumes et nombre de tiges préservés rapportés à la zone du projet		
		Nb tiges/ha	Volume brut m <sup>3</sup> /ha	Volume commercial m <sup>3</sup> /ha	Nb tiges	Volume brut m <sup>3</sup>	Volume commercial m <sup>3</sup>
10.041-42-44	97 216	0,295	2,464	1,808	28 719	239 584	175 811
10.039	28 602	0,374	4,213	3,036	10 707	120 501	86 832
10.030-31	78 982	0,631	6,148	4,227	49 846	485 583	333 844
<b>TOTAL</b>	<b>97 216</b>	<b>0,433</b>	<b>3,608</b>	<b>3,024</b>	<b>89 272</b>	<b>845 668</b>	<b>596 487</b>

Tableau 8: Nombre de tiges et volumes préservés dans le cadre du projet A : %RE=100

Années <sup>4</sup>	UFA	Volumes et nombre de tiges préservés par an sur la zone du projet		
		Nb tiges	Volume brut (m <sup>3</sup> )	Volume commercial (m <sup>3</sup> )
2014 à 2033	10.041-42-44	1 368	11 409	8 372
	10.039	535	6 025	4 342
	10.030-31	1 994	19 423	13 354
	<b>TOTAL</b>	<b>3 897</b>	<b>36 857</b>	<b>26 068</b>
2034	10.041-42-44	1 368	11 409	8 372
	10.039	-	-	-
	10.030-31	1 994	19 423	13 354
	<b>TOTAL</b>	<b>3 362</b>	<b>30 832</b>	<b>21 726</b>
2035 à 2038	10.041-42-44	-	-	-
	10.039	-	-	-
	10.030-31	1 994	19 423	13 354
	<b>TOTAL</b>	<b>1 994</b>	<b>19 423</b>	<b>13 354</b>

Tableau 9: Nombre de tiges et volumes préservés sur la durée du projet dans le cadre du projet A : %RE=100

<sup>3</sup> Les surfaces exprimées en haut des tableaux prennent en compte les rives et les routes (les tiges présentes sur ces zones n'étant pas affectées par le projet) et sont donc inférieures aux surfaces concernées par le projet REDD+ (cf. tableau 1).

<sup>4</sup> Les périodes données dans ce tableau correspondent aux durées d'exploitation entre 2014 et la fin de la première rotation sur les différents groupements d'UFA (fin d'exploitation de l'UFA 10.039 en 2033 ; du regroupement d'UFA 10.041-42-44 en 2034 et du regroupement d'UFA 10.030-31 en 2038)

Projet B : %RE = 50

UFA	Surface (ha)	Volumen et nombre de tiges préservées par hectare			Volumen et nombre de tiges préservées rapportés à la zone du projet		
		Nb tiges/ha	Volume brut m <sup>3</sup> /ha	Volume commercial m <sup>3</sup> /ha	Nb tiges	Volume brut m <sup>3</sup>	Volume commercial m <sup>3</sup>
10.041-42-44	97 216	0,230	1,768	1,325	22 379	171 832	128 832
10.039	28 602	0,273	2,714	2,008	7 807	77 637	57 443
10.030-31	78 982	0,211	1,249	0,941	16 693	98 623	74 292
<b>TOTAL</b>	<b>97 216</b>	<b>0,238</b>	<b>1,910</b>	<b>1,425</b>	<b>46 879</b>	<b>348 092</b>	<b>260 567</b>

Tableau 10: Nombre de tiges et volumes préservés dans le cadre du projet B : %RE=50

Années	UFA	Volumen et nombre de tiges préservées par an sur la zone du projet		
		Nb tiges	Volume brut (m <sup>3</sup> )	Volume commercial (m <sup>3</sup> )
<b>2014 à 2033</b>	10.041-42-44	1 066	8 182	6 135
	10.039	390	3 882	2 872
	10.030-31	668	3 945	2 972
	<b>TOTAL</b>	<b>2 124</b>	<b>16 009</b>	<b>11 979</b>
<b>2034 à 2035</b>	10.041-42-44	1 066	8 182	6 135
	10.039	-	-	-
	10.030-31	668	3 945	2 972
	<b>TOTAL</b>	<b>1 734</b>	<b>12 127</b>	<b>9 107</b>
<b>2036 à 2038</b>	10.041-42-44	-	-	-
	10.039	-	-	-
	10.030-31	668	3 945	2 972
	<b>TOTAL</b>	<b>668</b>	<b>3 945</b>	<b>2 972</b>

Tableau 11: Nombre de tiges et volumes préservés sur la durée du projet dans le cadre du B : %RE=50

## 2.3 LES DEGATS D'EXPLOITATION EVITES

Le projet de remontée des DMA induit un sacrifice d'exploitation. La non-exploitation de ces tiges pourra induire une réduction des surfaces forestières impactées par :

- Les trouées d'abattage ;
- Les pistes de débardages (principales et secondaires) ;
- Les parcs à bois en forêt ;
- Les infrastructures routières.

De manière conservatrice, on considère que le réseau routier n'est pas modifié par la baisse du nombre de tiges exploitées car ces routes seraient de toute manière ouvertes.

Parmi les méthodes de mesures des impacts de l'exploitation forestière sur le peuplement, on peut citer :

- l'installation d'un réseau de placettes dans une zone témoin (sans remontée des DMA) et une zone test. Le nombre de placettes nécessaires pour avoir une marge d'erreur sur l'estimation de cette biomasse acceptable devra être déterminée en fonction du coefficient de variation de la biomasse dans les différentes strates. Cette technique sera certainement lourde et onéreuse et pas forcément appropriée au faible gain probable de biomasse dû à la remontée des DMA, car le résultat ne sera qu'une variation moyenne de la biomasse dans chaque zone ;
- l'utilisation de la télédétection pour caractériser les trouées d'abattage les pistes principales et les parcs de stockage (méthode possible par télédétection si ces dernières sont récentes). Cette méthode pourra permettre de caractériser les pertes de biomasse dues à ces différents impacts auxquels il faudra ajouter les pertes dues aux pistes secondaires (donc mesurer leur longueur sur le terrain ou se servir d'un ratio piste primaire / piste secondaire) ;
- rapprocher le nombre d'arbres abattus aux dégâts associés (mètre linéaire de piste de débardage moyen par arbre abattu et superficie des trouées moyennes par arbre abattu). On prendra en compte les arbres entrant dans les classes de diamètres entre  $DMA_{ref}$  et  $DMA_{pj}$ . X arbres non abattus correspondront donc à Y ha de superficie non détruite ou dégradée.

Compte tenu de la lourdeur et du coût des deux premières méthodes, cette dernière méthode paraît la plus réaliste et pragmatique. Elle nécessite la mesure des pertes de biomasse sur et à côté des pistes/parcs, trouées, le long de zones tampons sachant que dans les zones tampons, la perte sera partielle (arbres détruits ou blessés mortellement ; dégâts partiels tels que mis en évidence au Brésil par Pavoine, 2012).

### 2.3.1 Diminution des dégâts de l'exploitation forestière en termes de surface par la réduction du prélèvement

#### a. Parcs à bois

Les parcs à bois sont mis en place par Pallisco le long des routes à intervalles réguliers de 250 m. Selon les rapports de clôture des assiettes annuelles de coupe (Anoune, 2009 et Pallisco, 2012), la taille des parcs varie de manière aléatoire en fonction du nombre d'arbres stockés :

UFA/AAC	Surface occupée par les parcs par pieds (m <sup>2</sup> /pied)
AAC 1 UFA 10 030 & 31	32
AAC 4 UFA 10 030	24
AAC 5 UFA 10 041 à 44	35,5
AAC 4 UFA 10 041	35
AAC 6 UFA 10 039	35

**Tableau 12: Taille des parcs par grume stockée sur 5 AAC**

A partir des données collectées par Ndassa (2010) sur une placette de 100 ha située dans l'UFA 10.030-31, on estime la taille des parcs à 25 m<sup>2</sup>/pied. Selon Ndassa, les longueurs des parcs sont relativement constantes et fonction de la longueur maximale des grumes accueillis alors que la largeur dépend du volume accueilli. Cependant, en considérant les données issues des rapports de clôture d'exploitation, il ne ressort pas de tendance claire qui permettrait de relier le nombre ou volume de

bois accueillis à la taille des parcs, en conséquence, dans le cadre du projet, on ignore l'impact du projet sur les surfaces occupées par les parcs à bois (hypothèse conservative).

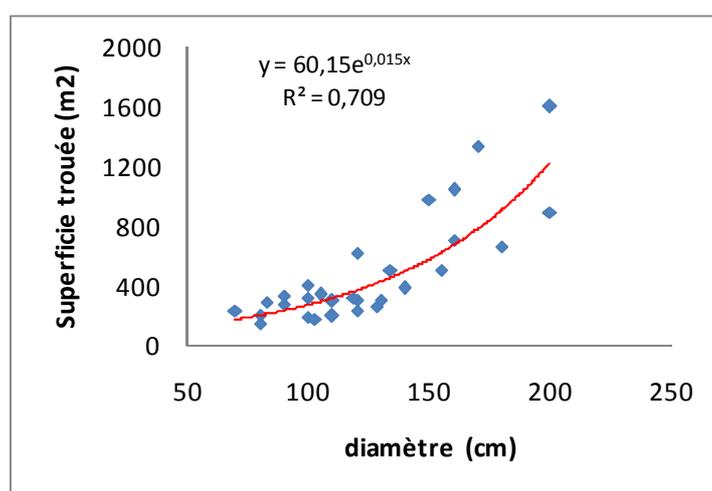
## b. Les trouées d'abattage

### Revue de la littérature et données disponibles

**PROJET API DIMAKO** : Le projet API Dimako s'est déroulé de 1992 à 1996 dans une forêt aménagée à une centaine de kilomètres au Nord Est de Mindourou 1 (base de Pallisco). La surface moyenne des trouées d'abattage mesurées par le projet est estimée à **180 m<sup>2</sup>** en forêt semi-décidue après seconde exploitation où le volume fût moyen des arbres abattus est de 12 m<sup>3</sup> (essences de diamètre moyen à cimes parfois faiblement charpentées : Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), Bété (*Mansonia altissima*), Fraké (*Terminalia superba*)) et à **520 m<sup>2</sup>** en forêt vierge sempervirente où le volume moyen des arbres abattus est de 25 m<sup>3</sup> (essentiellement Moabi- *Baillonella toxisperma* - et Sapelli – *Entandrophragma cylindricum* - de plus de 100 cm de diamètre) (Durrieu de Madron *et al.*, 1998)

**PROJET MBAIKI EN REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE** : En Centrafrique, sur le dispositif de suivi de la forêt après éclaircie et exploitation de Mbaïki, pour une exploitation de 3,7 tiges par hectare en forêt semi décidue, la surface moyenne des trouées dues à l'abattage est estimée de **350 m<sup>2</sup> par pied** exploité, affectant 13 % de la surface de la forêt (De Chatelperron *et al.*, 1986). Mais la surface de ces trouées est très variable en fonction des essences.

**NDASSA (2010)** : Au total, 30 souches ont été métrées sur 133 arbres abattus sur une placette de 100 ha dans l'UFA 10.030-31. L'auteur a considéré, pour les mesures des surfaces des trouées d'abattage, que celles-ci avaient une géométrie fixe correspondant à deux rectangles continus (un premier rectangle défini au niveau de la souche et, un deuxième, au niveau de la cime). La superficie moyenne des trouées est de **476 m<sup>2</sup>** avec un écart type 359 m<sup>2</sup>.



**Figure 2: Rapport entre diamètre de l'arbre abattu et superficie des trouées selon les données de Ndassa (2010)**

Avec les données de Ndassa, 2010, on observe une tendance exponentielle entre les diamètres des tiges abattues et la taille des trouées. Cependant cette tendance ne se vérifie pas pour des petits diamètres (compris entre 80 et 120 cm) concernés par le projet. Pour les diamètres inférieurs à 120 cm (N=18), on observe en moyenne des trouées de **286m<sup>2</sup>** avec un écart type de 106m<sup>2</sup>.

**SUIVI POST-EXPLOITATION PALLISCO** - Pallisco effectue chaque année un bilan de l'exploitation dans ses assiettes de coupe (« rapports de clôture d'assiette de coupe », Anoune, 2009 et Pallisco, 2012) où sont détaillées les différentes phases d'exploitation. La taille des trouées d'abattage est estimée à 200 m<sup>2</sup> en citant *Nature +*. La référence de cette taille de trouée n'a pas été trouvée mais il semble que cela corresponde à la taille des trouées dans laquelle on peut procéder à des enrichissements en essences précieuses. Cela ne correspond donc pas à la superficie complète des trouées.

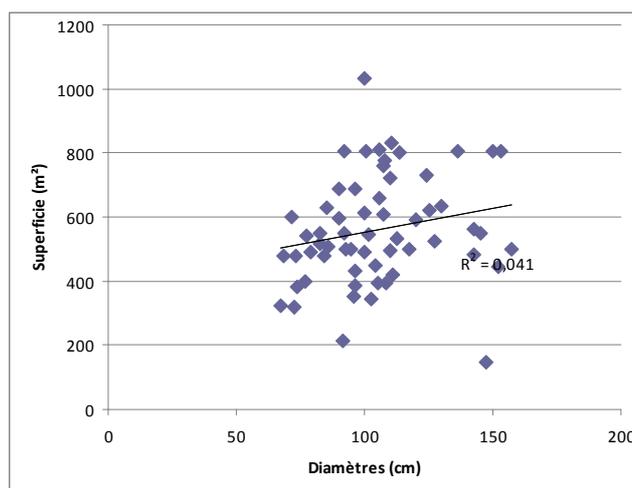
**BROWN et al. (2005)** : Une étude a été menée au Congo sur une exploitation prélevant en moyenne 0,5 arbre par ha avec un diamètre moyen des arbres prélevés de 123 cm (de 84 à 211 cm) et un volume moyen de grume de 25 m<sup>3</sup> et a estimé une superficie moyenne des trouées d'abattage à **719 m<sup>2</sup>**, allant de 0 (canopée fermée) à 2 769 m<sup>2</sup>.

Mesures de terrain effectuées sur la concession en 2012

On considère que la biomasse est complètement détruite dans les trouées d'abattage sauf exception. Les arbres intacts vivants présents dans les trouées ont été relevés. La méthode de la mesure en croix n'a pas été appliquée car les trouées ont souvent une forme plus complexe qu'un carré/rectangle/cercle. On a observé le plus souvent une juxtaposition de formes géométriques. Chacune d'entre elle a alors été mesurée, les arbres blessés en bordure de trouée n'ont pas été pris en compte. De même, dans les cas de trouée multiple, la surface des dégâts totale a été mesurée et divisée entre le nombre de tiges abattues responsables.

Au cours d'une mission de terrain, **61** trouées ont ainsi été mesurées avec des arbres de **67 à 320 cm** de diamètre appartenant à 7 espèces : Sapelli (13), Sipo (4), Okan (6), Moabi (2), Padouk rouge (2), Iroko (4) et Tali (30) ainsi qu'une souche non identifiée. Le diamètre moyen des arbres abattus était de **105 cm**).

Aucune relation n'a été trouvée entre diamètre de l'arbre abattu et la superficie de la trouée ( $R^2 = 0,04$ ).



**Figure 3: Superficies des trouées d'abattage en fonction du diamètre des arbres abattus**

La taille de la trouée est fonction non seulement du diamètre mais également de l'essence, la taille de la grume et la densité/type de peuplement environnant.

Aussi, on considérera que la taille moyenne des trouées pour les 61 mesures est de 559 m<sup>2</sup> avec un écart type de 211 m<sup>2</sup>. Si on prend en compte uniquement les arbres abattus de moins de 120cm de diamètre (diamètres correspondant aux arbres qui seront rendu inexploitable par la remontée des DMA), la superficie moyenne des trouées est de **544 m<sup>2</sup>** (N=48) avec un écart type de 149 m<sup>2</sup>. Cette approche est conservative.

### c. Les pistes de débardage

Elles débouchent sur les souches d'arbres abattus et sont de deux types : principales et secondaires. Les pistes principales prennent source directement au niveau des parcs à grumes et les pistes secondaires constituent leurs ramifications qui permettent d'accéder aux billes de bois tronçonnées. Un parc peut donner naissance à deux ou trois pistes principales selon la planification et la disposition des tiges abattues. Les pistes principales sont ouvertes au bulldozer, les pistes de débardage secondaires au skidder. La densité des pistes de débardage est donc fonction de l'intensité d'exploitation mais aussi de la topographie du milieu.

#### Revue de la littérature et données disponibles

**PROJET API DIMAKO** : En forêt passant en deuxième ou troisième exploitation, riche en bois blancs (exploitation de 0,77 arbre à l'hectare), 3,2 % de la surface est occupée par les pistes de débardage (Forni, 1994) soit 476 m<sup>2</sup>/tige. En forêt dense sempervirente et semi décidue où les couronnes des arbres sont très grandes (jusqu'à 30 – 40 m de diamètre), pour une exploitation ayant prélevé 0,35 arbre par hectare, 2,3 % de la surface est occupée par les pistes de débardage (Jardin, 1995) soit 657 m<sup>2</sup>/tige.

**NDASSA (2010)** : Le prélèvement opéré par le concessionnaire sur ce bloc de 100 ha dans l'UFA 10.030-31 a été de 1,33 pieds/ha. La longueur totale de ces pistes a été estimée par SIG (système d'Information Géographique) à 9 996 m soit 75,2 m/pied abattu. Quant à la largeur, une dizaine de mesures ont été effectuées sur chaque type de piste. Les pistes de débardage ont une envergure de 3,5 à 5 m environ, correspondant sensiblement à la largeur de la lame du boteur. Elles sont ouvertes par simple effleurement du sol par la lame du boteur, tout en évitant les obstacles importants tels que les arbres d'un certain diamètre.

Les largeurs de pistes mesurées et longueurs calculées par Ndassa (2010) sont les suivantes :

	Largeur (m)		Longueur totale (m)	Surface totale (m <sup>2</sup> )		Surface /pied (m <sup>2</sup> )	
	Moyenne	Ecart type		Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Pistes principales	4,70	0,39	3354	15774	1299	119	10
Pistes secondaires	3,65	0,18	6641	24249	1144	182	9
<b>Total</b>			9996	40024	1881	<b>301</b>	<b>14</b>

**Tableau 13: Surfaces impactées par le débardage calculées à partir des données collectées par Ndassa(2010) sur une parcelle test de 100 ha dans l'UFA 10.030-31**

**SUIVI POST-EXPLOITATION PALLISCO** - Dans les bilans annuels post exploitation, les dégâts surfaciques liés aux pistes de débardages sont estimés de la manière suivante :

- les pistes de débardage principales font l'objet de relevés GPS, les longueurs sont estimées par SIG ;
- les pistes de débardage secondaires ne font pas l'objet de relevés GPS, les longueurs sont estimées à partir d'une valeur moyenne de 25 m par tige abattue. Cependant la méthodologie employée pour l'estimation de cette valeur n'est pas connue et ce chiffre est donc à prendre avec précaution (selon Ndassa, 2010, la longueur serait de 50 m par pied) ;
- la largeur des pistes n'est pas connue, aussi Pallisco utilise la valeur de 7,5m : largeur maximale des pistes autorisées bien que dans le rapport de suivi est souligné qu'en moyenne la largeur ne dépasse pas 5m.

UFA/AAC	Nb pieds exploités	Longueur pistes principales (km)	Longueur pistes secondaires* (km)	Longueur totale (km)	Longueur par pieds (m)	Surface par pieds**(m <sup>2</sup> )
10.030- AAC 1	3406	52,8	170,3	223,1	65,5	328
31 AAC 3	5268	72,7	263,4	336,1	63,8	319
10.041- AAC 4	3848	103,7	192,4	296,2	77,0	385
42-44 AAC 5	3290	91,9	164,5	256,4	77,9	390
10.039 AAC 6	2030	33,8	101,5	135,3	66,7	333
<b>Moyenne</b>						<b>351</b>
<b>Ecart-type</b>						<b>34</b>

\* en considérant une longueur moyenne de piste secondaire/pied de 50 m

\*\*en considérant une largeur moyenne de 5 m

**Tableau 14: Surfaces impactées par le débardage calculées à partir des données post-exploitation collectées par Pallisco et Ndassa (2010)**

Mesures de terrain effectuées sur la concession en 2012

La longueur des pistes de débardage a été mesurée sur le terrain et estimée à **65,5 m** par arbre pour 87 arbres pris en compte. La largeur moyenne des pistes est de 4,2 m (écart type de 0,3 m sur 31 mesures). La superficie affectée par arbre est ainsi estimée à **275 m<sup>2</sup>**. Pour éviter les doubles comptages, ce chiffre ne prend pas en compte le chevauchement des pistes et des trouées d'abattage (en moyenne, 8,8 m de piste par arbre, attribué aux surfaces des dégâts mesurées pour les trouées d'abattage).

Cette valeur mesurée est inférieure aux estimations proposées dans la littérature et réalisées par SIG par Ndassa (2010), aussi il est conservatif de conserver cette estimation au détriment des autres. Par contre, en considérant les différentes mesures de terrain réalisées, on peut dire que l'estimation de 25 m de pistes secondaires par tige abattue est largement sous-estimée.

### 2.3.2 Diminution des dégâts de l'exploitation forestière en termes de biomasse induite par la réduction du prélèvement

Pour caractériser les dégâts d'exploitation en termes de biomasse, il est nécessaire de pouvoir réaliser une estimation de la biomasse à l'hectare sur la zone du projet.

Un projet d'élaboration de modèle allométrique dans la concession de Pallisco a été initié en 2011 en partenariat avec l'Université de Gembloux et Nature + mais les résultats n'étant pas encore disponibles, ils n'ont pas pu être utilisés dans le cadre de cette étude.

Ibrahima *et al.*, (2002) et Deans *et al.* (1996) propose deux autres équations allométriques pour le Cameroun mais celles-ci ne concernent que les arbres de petit diamètre (1 à 50 cm, avec très peu d'individus dans les plus grosses classes de diamètre pour la première et seulement 14 arbres appartenant à 5 espèces pour la deuxième). Une équation générale pour les tropiques est disponible (Chave *et al.*, 2005) mais l'échantillon sur lequel elle a été mise au point ne comporte pas d'arbres issus des forêts africaines.

Les résultats des inventaires issus des plans d'aménagement ont été saisis pour les strates de forêt productive (« FOR ») à partir de la formule de Samba *et al.* (2011) mise au point sur 55 arbres de 10 à 120 cm de diamètre dans un même type de forêt, dans la concession d'Alpicam-Grumcam avec une pluviométrie de 1800 mm dans une forêt de type semi décidue à *Triplochiton scleroxylon*.

$$V = 325\,557,3 - 47\,298,4 DHP + 2\,294,2 DHP^2 \quad (R^2 = 0,93)$$

Cette formule permet d'estimer, à partir du DHP d'un arbre, son volume total. Il faut donc y ajouter la biomasse des lianes, des feuilles et le multiplier par une densité moyenne de l'arbre.

Ebuy *et al.* (2011), Samba *et al.* (2011) ont calculé que les feuilles représentent 3 % de la biomasse totale. De la même manière, Henry *et al.* (2010) obtiennent un pourcentage de 0,8 % pour les feuilles, au Ghana, pour des arbres allant de 26 à 180 cm de diamètre.

En Guyane, pour les tiges de plus de 1 cm de diamètre, le poids sec des feuilles représentait 1,4 % du poids total sec (bois + feuilles) (Lescure *et al.*, 1983). Sur un site en Amazonie brésilienne, cette proportion est de 2,1 % (Klinge *et al.*, 1968), et au Suriname, elle est de 1,6 % (Ohler, 1980). Ibrahima *et al.* (2002) fournissent quant à eux une fraction de feuilles de 0,34 % dans la parcelle non perturbée. Ainsi, il est possible de passer du volume à la découpe 1 cm à la biomasse via la densité spécifique et en ajoutant un facteur correctif que l'on peut estimer à 1 % pour les feuilles malgré la variabilité observée ci-dessus.

La densité n'étant pas prise en compte dans l'équation de Samba *et al.* (2011), une multiplication par une densité spécifique moyenne permettra de calculer la biomasse. La densité moyenne des bois a été prise égale à 0,58 t.m.s /m<sup>3</sup> (valeur par défaut pour l'Afrique issue des valeurs du GIEC (2003) et de Brown (1997)).

La biomasse forestière moyenne a ensuite été calculée pour chacun des groupements d'UFA à partir des données sur les surfaces des différentes strates contenues dans les AAC qui seront exploitées à partir de la première année du projet REDD+ en 2014 (cf. tableaux 6 à 10).

Strate	Description
<b>Dense humide</b>	
DHC AC	Forêt dense humide semi-caducifoliée accessible dense (b) ou moins dense (d)
DHC CP AC	Forêt dense humide semi-caducifoliée accessible dense (b) ou moins dense (d) issue d'une coupe partielle
DHC IN	Forêt dense humide semi-caducifoliée inaccessible dense (b) ou moins dense (d)
DHC CP IN	Forêt dense humide semi-caducifoliée inaccessible dense (b) ou moins dense (d) issue d'une coupe partielle
DHS AC	Forêt dense humide sempervirente accessible dense (b) ou moins dense (d)
DHS CP AC	Forêt dense humide sempervirente accessible dense (b) ou moins dense (d) issue d'une coupe partielle
<b>Secondaire</b>	
SA AC	Forêt secondaire adulte accessible dense (b) ou moins dense (d)
SA CP AC	Forêt secondaire adulte accessible dense (b) ou moins dense (d) issue d'une coupe partielle
SJ AC	Forêt secondaire jeune accessible dense (b) ou moins dense (d)
SJ CP AC	Forêt secondaire jeune accessible dense (b) ou moins dense (d) issue d'une coupe partielle
<b>Sol hydromorphe</b>	
MIT	Forêt marécageuse inondée temporairement
MIP*	Forêt marécageuse inondée en permanence
MRA*	Forêt marécageuse à raphiale

\*Les strates MIP et MRA sont incluses dans la série de conservation et sont donc pas concernées par le projet

**Tableau 15 : Terminologie de la stratification employée par Pallisco**

Strate	Surface concernée par le projet (ha)	BMF (tC/ha)		
		[0;200[ cm	[0;30[ cm	[0;70[ cm
DHC ACb (FOR)	16819	135,36	23,46	73,86
DHC CP Acb (FOR)	63235	130,88	22,14	72,12
DHC CP ACd (FOR)	6631	135,43	23,20	73,42
DHS ACb (FOR)	86	160,94	16,67	79,77
DHS ACd (FOR)	0	109,72	19,41	80,47
MIT (FOR)	5718	132,85	22,50	75,30
MRA (INP)	0	127,92	21,07	71,05
SA ACb (FOR)	2425	139,50	23,78	73,75
SA ACd (FOR)	203	111,47	21,47	72,60
SA CP ACb (FOR)	6833	136,92	20,95	75,76
SJ CP ACb (FOR)	1381	136,13	18,81	78,81
<b>Moyennearithmétique</b>		<b>135,50</b>	<b>21,44</b>	<b>75,04</b>
<b>Moyenne pondérée par la surface</b>		<b>132,67</b>	<b>22,35</b>	<b>73,04</b>
<b>Ecart-type</b>		<b>2,76</b>	<b>0,81</b>	<b>1,38</b>

**Tableau 16: Stock de carbone par ha estimés pour le regroupement d'UFA 10.040-41-44**

Strate	Surface concernée par le projet (ha)	BMF (tC/ha)		
		[0;200[ cm	[0;30[ cm	[0;70[ cm
DHC ACb (FOR)	11317	145,10	21,58	73,48
DHC ACd (FOR)	2082	129,11	18,83	64,57
DHC Inb (PEN)	77	153,38	25,52	77,26
DHC CP ACbACb (FOR)	7791	127,87	18,93	65,41
DHS ACb (FOR)	2454	142,20	20,80	72,30
DHS ACd (FOR)	682	152,91	19,74	74,84
MIT (FOR)	3503	140,65	20,45	70,57
MRA (INP)	0	119,56	19,63	62,97
SA ACb (FOR)	2210	146,24	24,10	78,53
SJ ACb (FOR)	310	143,37	24,60	77,44
<b>Moyennearithmétique</b>		<b>142,31</b>	<b>21,62</b>	<b>72,71</b>
<b>Moyenne pondérée par la surface</b>		<b>139,11</b>	<b>20,70</b>	<b>70,82</b>
<b>Ecart-type</b>		<b>7,89</b>	<b>1,55</b>	<b>4,27</b>

Tableau 17: Stock de carbone par ha estimés pour l'UFA 10.039

Strate	Surface concernée par le projet (ha)	BMF (tC/ha)		
		[0;200[ cm	[0;30[ cm	[0;70[ cm
DHC ACb (FOR)	25430	120,54	20,14	68,03
DHC ACd (FOR)	5998	115,69	19,84	67,77
DHC Inb (PEN)	46	125,72	20,39	71,61
DHC CP ACb (FOR)	32619	106,54	20,44	64,92
DHC CP ACd (FOR)	9655	98,51	19,40	62,58
DHS ACb (FOR)	332	88,09	19,43	53,53
MIP (INP)	0	95,41	18,50	59,92
MIT (FOR)	7082	104,65	22,79	65,13
MRA (INP)	0	79,28	17,98	60,48
SA ACb (FOR)	1189	114,46	18,86	64,90
SA CP ACb (FOR)	1443	118,37	23,47	68,22
SA CP ACd (FOR)	171	83,20	16,08	62,30
SJ ACb (FOR)	56	137,49	22,68	72,18
<b>Moyennearithmétique</b>		<b>110,30</b>	<b>20,32</b>	<b>65,56</b>
<b>Moyenne pondérée par la surface</b>		<b>110,58</b>	<b>20,40</b>	<b>65,83</b>
<b>Ecart-type</b>		<b>7,96</b>	<b>0,94</b>	<b>2,02</b>

Tableau 18: Stock de carbone par ha estimés pour le regroupement d'UFA 10.030-31

Groupement d'UFA	Tous diamètres (tC/ha)		Diamètres inférieurs à 30 cm (tC/ha)		Diamètres inférieurs à 70 cm (tC/ha)	
	Moy	$\sigma$	Moy	$\sigma$	Moy	$\sigma$
	10.041-42-44	133,7	2,8	22,3	0,8	73,0
10.039	139,1	7,9	20,7	1,6	70,8	4,3
10.030-31	110,6	8,0	20,4	0,9	65,8	2,0
<b>Toutes UFA</b>	<b>125,0</b>	<b>11,6</b>	<b>21,4</b>	<b>0,9</b>	<b>69,9</b>	<b>3,3</b>

Tableau 19: Bilan sur les stocks de carbone contenu dans la biomasse aérienne sur les UFA/groupements d'UFA de Pallisco

### a. Les dégâts d'abattage

L'arbre abattu représente un « hot spot » de biomasse et la biomasse n'est pas uniformément répartie dans le peuplement. Il faut donc pouvoir considérer la biomasse autour de l'arbre exploité comme faible, l'arbre exploité lui-même représentant une concentration de biomasse.

Un arbre qui tombe ne casse pas d'arbres plus gros que lui. Ceci, outre la logique du raisonnement et l'observation de terrain, découle d'observations en Guyane française où les chablis initiateurs ne provoquaient jamais la destruction de tiges de plus de 50 cm de diamètre (Durrieu de Madron, 1993) étude confirmée par Yebeo Koffi *et al.* (2005) toujours en Guyane, dans laquelle il apparaît que seules 3% des tiges mortes ont plus de 70 cm de diamètre, après exploitation. Aussi, par mesure de précaution et dans une logique de conservativité, il sera considéré que les arbres impactés par l'abattage ont un diamètre inférieur à 70 cm.

On peut estimer les dégâts sur la biomasse causés par l'abattage à l'aide de l'équation suivante :

$$C_{dégâts, trousés, t} = N_t \times SD_{trouée} \times BMF_{inf70} - C_{restant}$$

Avec :

$C_{dégâts, trousés, t}$	Stock de carbone annuel contenu dans la biomasse impactée par les trousés d'abattage à l'année t (tC)
$N_t$	Nombre de tiges exploitées à l'année t
$SD_{trouée}$	Surface moyenne des dégâts dus aux trousés d'abattage (ha/tiges)
$BMF_{inf70}$	Stock de carbone contenu dans la biomasse moyenne forestière pour les tiges de diamètre inférieur à 70 cm (tC/ha)
$C_{restant}$	Stock de carbone moyen subsistant dans les trousés d'abattage (tC/ha)

#### Calcul de $C_{restant}$

13 arbres dans les 61 trousés étudiées ont été trouvés vivants, même si certains d'entre eux étaient étêtés ou partiellement étêtés. Leur biomasse a été estimée via la formule de Samba *et al.* (2011).

Les dégâts provoqués sur les houppiers ont ensuite été retirés en utilisant un coefficient de houppier calculé avec les données non publiées récoltées sur 55 arbres au Cameroun, dans la concession Grumcam/Alpicam (type de forêt similaire que celle présente dans la concession de Pallisco), lors de l'établissement de l'équation allométrique de Samba *et al.* (2011).

Effectifs	Coefficient de houppier	Plage de validité
55	63%	tous diamètres
35	50%	DHP ≥ 30 cm
20	88%	DHP ∈ [10 ; 30[

Source : données non publiées, Durrieu de Madron

**Tableau 20: Coefficients de houppier calculés dans la concession Grumcam/Alpicam au Cameroun et utilisés pour le calcul de biomasse perdue lors des bris de houppiers**

Il s'avère ainsi que, sur les 61 trousés mesurées, 0,9 % de la biomasse initialement existante reste vivante. Ce chiffre est faible et peut être considéré comme négligeable.

Biomasse sauvegardée dans les trouées (tC)	2,2
Superficie générale des 61 trouées mesurées (ha)	3,4
BFM sur l'ensemble du regroupement d'UFA 10.041-42-44 pour les diamètres < 70 cm (tC/ha)	75,0
Biomasse moyenne vivante dans les trouées (tC/ha)	0,7
Pourcentage de biomasse sauvegardée dans les trouées (%)	<b>0,9</b>

**Tableau 21: Calcul du pourcentage de biomasse sauvegardée dans les trouées mesurées**

### b. Les dégâts de débardage

La piste de débardage provoque l'ouverture d'une bande de forêt, mais contrairement à l'ouverture des routes, les plus grosses tiges sont épargnées. Conformément aux procédures internes de l'entreprise, les tiges de plus de 30 cm de DHP sont épargnées lors de la création des pistes de débardages. Ceci a été vérifié par des observations réalisées sur le terrain, le diamètre maximum des arbres détruits ou mortellement blessés observés le long des pistes était de 30 cm.

On peut estimer les dégâts sur la biomasse causés par le débardage à l'aide de l'équation suivante :

$$C_{dégâts,pistes,t} = N_t \times SD_{pistes} \times BMF_{inf30}$$

Avec :

$C_{dégâts,pistes,t}$	Stock de carbone annuel contenu dans la biomasse impactée par le débardage à l'année t (tC)
$N_t$	Nombre de tiges exploitées à l'année t
$SD_{pistes}$	Surface de dégâts due aux pistes de débardage (ha)
$BMF_{inf30}$	Stock de carbone contenu dans la biomasse moyenne forestière pour les tiges de diamètre inférieur à 30 cm (tC/ha)

#### Dégâts en bordure des pistes de débardage

Dans le cadre du projet FORAFAMA, une étude a été réalisée en Amazonie brésilienne (Pavoine, 2012) pour élaborer un protocole de suivi des impacts sur la biomasse de l'exploitation forestière sous aménagement forestier durable.

Cet auteur a notamment fait des mesures sur les bordures des pistes et des trouées d'abattage pour en déterminer une largeur moyenne de dégâts partiels (zones « tampons »), considérant que la biomasse est détruite sur les pistes, routes, parcs et trouées.

Le résultat est une destruction d'environ 10 % de biomasse à « appliquer » sur des largeurs variables telles que décrites dans le tableau suivant. La superficie des trouées et des pistes a été déterminée par photo satellite.

Il est à noter que les placettes étaient de taille variable (selon la longueur et la largeur des dégâts le long des pistes ou trouées). Certaines placettes étaient très petites (20 m<sup>2</sup>) et un certain nombre d'entre elles ont été éliminées car présentant des biomasses aberrantes (plus de 1000 T/ha), dues à la présence d'un gros arbre dans la placette mesurée.

Type de zone tampon	Moyenne (m)	Nombre de placettes Total
Piste principale (route)	4,9 ± 0,4	117
piste secondaire	3,1 ± 0,4	53
Parc	8,1 ± 0,8	52
Trouée d'abattage	6,2 ± 0,4	81

**Tableau 22 : Limites des zones tampon et nombre de placettes de mesures pour chaque type de dégâts dans la Municipalité de Cotriguaçu au Brésil (Pavoine, 2012)**

Dans le cadre du projet pilote REDD+ avec la société Pallisco, 30 parcelles « tampon » prises aléatoirement en bordure des pistes de débardage ont été mesurées. Six d'entre elles comportent des arbres blessés. En utilisant la même méthode de calcul que pour les arbres restés vivants dans les trouées (cf. partie 2.3.2.), on obtient une perte de 0,39 % de biomasse en considérant la biomasse moyenne calculée sur l'ensemble des UFA et une perte de 0,44 % en considérant la biomasse moyenne mesurée dans les parcelles blessées (donc 6 x 100 m<sup>2</sup>). La perte de biomasse en bordures des pistes de débardage est donc négligeable dans le cadre de l'exploitation opérée par la société Pallisco.

En conclusion, dans le cadre de l'estimation des dégâts sur la biomasse évités grâce à la mise en œuvre du projet, nous considérerons :

$$C_{dégâts,t} = N_t \times (SD_{trouée} \times BMF_{inf70} + SD_{pistes} \times BMF_{inf30})$$

Avec des valeurs de superficies de dégâts correspondant à **275 m<sup>2</sup>/tiges pour les pistes de débardage** et **544 m<sup>2</sup>/tiges pour les trouées d'abattage** pour l'estimation ex-ante.

## 2.4 LES IMPACTS SUR LA PRODUCTION ET LA TRANSFORMATION

La mise en œuvre du projet REDD+ qui implique un sacrifice d'exploitation de la part de la société forestière va avoir un impact sur la production annuelle de grumes et de produits transformés. Les produits transformés permettent de séquestrer le carbone sur des périodes plus ou moins longues en fonction des types de produits et d'utilisation. Aussi, à la fois dans le cadre des calculs de réduction d'émission et de l'analyse économique du projet, il est nécessaire d'évaluer l'impact de la diminution de volume exploité sur la production finale du concessionnaire en termes de grumes et produits transformés par CIFM.

De manière générale, les productions de bois tropicaux dans les concessions forestières situées dans le Bassin du Congo sont destinées exclusivement à l'exportation. En Afrique Centrale, les pays producteurs de bois tropicaux ont mis en place des politiques de limitation, et pour certains d'arrêt complet, des exportations sous forme de grume de manière à promouvoir le développement économique du secteur de la transformation sur le territoire. Aussi, la majorité des concessions forestières aménagées disposent d'unité de première transformation (sciage et placage) voire dans certains cas de seconde transformation sur leurs sites d'exploitation.

Au Cameroun, la loi forestière de 1994 prévoit que «les grumes sont transformées par essence à hauteur de 70% de leur production par l'industrie locale pendant une période de cinq (5) ans à

compter de la date de promulgation de la présente loi. Passé ce délai, l'exportation des grumes est interdite et la totalité de la production nationale est transformée par l'industrie locale (Article 71 de ladite loi)». Cet article a par la suite été modifié par l'ordonnance n°99/001 du 31 Août 1999: «Toutefois, sous réserve du paiement d'une surtaxe, l'exportation des grumes pourra se poursuivre dans le cadre de la promotion de certaines essences». La décision n°79/781 du 13 octobre 1999 concrétise cette ordonnance en fixant la liste d'une vingtaine d'essences interdites à l'exportation sous forme de grumes et les montants de la surtaxe exigée avant l'exportation de celles qui sont encore autorisées à l'exportation à l'état brut (NollaBabena, 2008).

Essence	Légalité / exportation
Acajou de bassam	Interdiction
Ayous / Obeche	Surtaxe à l'export (4 000FCFA/m <sup>3</sup> )
Bilinga	Surtaxe à l'export (3 000FCFA/m <sup>3</sup> )
Bossé clair	Interdiction
Dibétou	Interdiction
Doussié rouge	Interdiction
Iroko	Interdiction
Kossipo	Surtaxe à l'export (3 000FCFA/m <sup>3</sup> )
Moabi	Interdiction
Okan	Surtaxe à l'export (500FCFA/m <sup>3</sup> )
Padouk rouge	Interdiction
Sapelli	Surtaxe à l'export (3 000FCFA/m <sup>3</sup> )
Tali	Surtaxe à l'export (3 000FCFA/m <sup>3</sup> )
Tiama	Surtaxe à l'export (3 000FCFA/m <sup>3</sup> )

Source : Pallisco

**Tableau 23: Contraintes imposées par la législation sur l'exportation sous forme de grumes des essences concernées par le projet au moment de l'étude faisabilité**

L'objectif de transformer l'intégralité des productions de grumes sur le territoire (première transformation) n'a aujourd'hui pas encore été atteint, cependant une nette amélioration à l'échelle nationale a été observée au cours des dernières années (NollaBabena, 2008).

#### 2.4.1 Estimation des volumes exportés sous forme de grumes et transformés localement

Les taux de transformation varient en fonction des essences concernées, parmi les explications on peut citer : l'interdiction à l'export sous forme de grumes de certaines essences, l'existence de surtaxes à l'exploitation plus ou moins importantes, les coûts de transport, des rendements matières plus faibles pour certaines essences dus à des caractéristiques techniques particulières et à un outil de transformation peu adapté, etc.

Pour estimer la part des volumes qui seront exportés sous formes de grumes des essences non sujettes à une interdiction par la législation, il est donc nécessaire d'observer les tendances historiques/projections au niveau de la concession forestière par essences.

Les proportions de volumes qui seront exportés sous forme de grumes ont été estimées sur la base des données de production disponibles entre 2007 et 2011 (5 ans). Le rapport volume exporté/transformaté localement étant relativement stable, pour chaque essence, il a été considéré qu'une fraction du volume commercial exporté sous forme de grume est égale à la moyenne pondérée

par la production sur les cinq années. Une essence présente un cas particulier car elle présente une nette évolution dans le temps qui tend vers l'exportation sous forme de grume de 100% du volume commercial. En effectuant une régression logarithmique, on peut projeter que l'ensemble de la production sera exportée sous forme de grumes sur la durée du projet ( $R^2 = 0,93$ ). Cette hypothèse est conservative.

#### 2.4.2 Estimation des rendements matières

L'outil industriel pour la transformation du bois dont dispose CIFM est composé de :

- Deux unités de première transformation (scieries) qui assurent la production de bois débités vert ;
- Un atelier de raboterie et fabrication de parquet ;
- Quatre cellules de séchage alimentées par une chaudière à bois assurent la production de bois débités secs.

On distingue trois grands types de produits bois issus de l'unité de transformation de Pallisco : les sciages (bois débités verts et secs), les bois rabotés et le parquet, destinés à l'exportation. Certains résidus de la transformation sont récupérés afin d'être utilisés localement et le reste est brûlé sur le site.

Pour évaluer la séquestration du carbone dans les produits bois, les rendements matière des différentes essences concernées par le projet ont été estimés sur la base des données de suivi disponibles sur la période 2006-2010.

Ces rendements matières prennent en compte l'ensemble des produits finis produit par CIFM (dont la récupération des résidus utilisés localement). Pour les sciages, les surcotes sont prises en compte. Elles représentent en général 10 à 20% du volume, et permettent d'éviter les pertes liées au séchage. Etant donné que les produits sont par la suite exportés, il n'est pas possible d'évaluer de manière fiable les pertes liées à la seconde transformation. Aussi, de manière conservative, ces pertes seront considérées négligeables.

De même pour les volumes exportés sous forme de grume, il n'est pas possible d'estimer les rendements matières des première et seconde transformations qui auront lieu. Ceux-ci dépendent notamment de l'essence, du diamètre des grumes, de la qualité entrée (bille de pied, sur bille), de la qualité sortie, du mix, du matériel et du savoir-faire, etc. On peut citer quelques chiffres pour illustrer ces différences (communication interne F.Anquetil, expert indépendant spécialisé dans la transformation du bois) :

- charpente commune /grume  $\approx 60\%$ ,
- parquets/grume  $\approx 40\%$  (mais les lames de parquets sont souvent issues de la récupération),
- Moabi-Movingui  $\approx 50\%$ , R4F/m<sup>3</sup> plots ou 67% R4F/m<sup>3</sup> avivés (Rabotés 4 faces, troisième transformation),
- Kotibé  $\approx 35\%$  R4F/m<sup>3</sup> plots,
- Contreplaqué Okoumé  $\approx 65\%$  m<sup>3</sup>CTP/m<sup>3</sup> grume.

De manière générale, les unités de transformation situées dans les pays développés sont plus efficaces et les résidus de transformation sont plus facilement récupérés mais la dispersion des valeurs de rendement est très grande.

Dans le cadre de la méthodologie VM0011 (Carbon Planet Limited, 2011), des rendements matières issus de la littérature allant de 35% (FAO, 2004) à 68% (Niedermaier, 1984) pouvant être utilisés par défaut sont proposés. Dans le cadre de la méthode proposée par Winjum *et al.* (1998), il est préconisé d'utiliser comme valeur par défaut : 19% pour les déchets de la transformation non valorisable dans les pays développés et entre 10 et 20% pour la fraction de biomasse pour les produits de durée de vie courte (<5 ans) et 61 à 71 % pour les produits à durée de vie longue (>= 5 ans). Dans le cadre de la méthodologie VM0010, il est considéré que le carbone des déchets de la transformation et des produits de vie durée courte est directement émis dans l'atmosphère l'année de la récolte.

De manière conservatrice, nous proposerons donc de retenir pour le calcul des réductions d'émissions un rendement matière de 70% pour les volumes exportés sous forme de grume. Le carbone contenu dans les 30% restant sera considéré comme directement émis dans l'atmosphère.

### 2.4.3 Utilisation finale et durabilité des produits bois

Les productions étant destinées à l'exportation, il est difficile de mettre en place un système de suivi permettant d'identifier les produits finaux qui seront produits à partir des volumes exportés. En revanche, il est possible d'évaluer la longévité des différents produits bois en fonction de leur classe d'emploi usuel des essences.

Selon la norme AFNOR (Association française de normalisation), on distingue trois types de longévité des produits bois :

- L3 : Longévité supérieure à 100 ans,
- L2 : Longévité comprise environ entre 50 et 100 ans dans l'utilisation initialement prévue,
- L1: Longévité comprise environ entre 10 et 50 ans dans l'utilisation initialement prévue.

Selon l'AFNOR (FD P 20-651, 2011), les essences concernées par le projet (à l'exception de l'Acajou de Bassam- information non disponible) atteignent une longévité de type L3 pour les classes d'emploi suivantes:

- 1 - Situation dans laquelle le bois est à l'intérieur, entièrement protégé des intempéries et non exposé à l'humidification (ensemble des 13 essences) ;
- 2 - Situation dans laquelle le bois est à l'intérieur ou sous abri, protégé des intempéries, avec une humidité ambiante élevée occasionnelle (ensemble des 13 essences excepté l'Ayous) ;
- 3a - Situation dans laquelle le bois n'est pas en contact avec le sol en extérieur et est soumis à une humidification fréquente sur des périodes courtes (9 essences sur 13).

On peut donc considérer de manière générale et conservatrice que l'ensemble des produits finis produits par Pallisco appartiennent à la catégorie « *long-term wood product* » selon la classification de Winjum *et al.* (1998).

Certaines méthodologies IFM proposent pour les produits bois dits de longue durée de vie d'appliquer un taux d'oxydation afin d'évaluer les émissions de GES issues de la décomposition du bois correspondant à :

$$F_{pb,restant,t} = e^{-k_{ox,pb} \times t}$$

Avec :

$F_{pb,restant,t}$	Fraction annuelle de carbone subsistant dans le compartiment produit bois à l'année t
$k_{ox,pb}$	Taux d'oxydation des produits bois (année <sup>-1</sup> )

La vitesse de décomposition/oxydation des produits bois est fonction de l'utilisation des produits, de leur entretien, des zones climatiques, etc. Etant donné que dans les concessions aménagées du Bassin du Congo, les produits bois sont, de manière générale, destinés à l'exportation, il n'est pas possible de proposer un taux de décomposition propre au projet. En considérant la valeur par défaut proposé par le GIEC (2003) pour le bois de sciage de **0,0198 année<sup>-1</sup>**, on estime qu'au bout de 100 ans le produit se sera oxydé à hauteur de plus de 85%. Au regard des données de l'AFNOR et dans une démarche conservative, on considérera que le carbone sera séquestré de manière *permanente* dans ces produits.

## 2.5 LES IMPACTS SUR LA RECONSTITUTION DU MILIEU POST-EXPLOITATION

### 2.5.1 Etat des lieux des connaissances

L'exploitation peut influencer la capacité de rétention de carbone d'un site et la vitesse de reconstitution et de séquestration du carbone (Pinard & Cropper, 2000). À long terme, l'ouverture du couvert due aux trouées d'exploitation peut permettre une forte croissance du peuplement restant, permettant un stockage de carbone plus rapidement que pour une forêt non exploitée. L'impact négatif sur les stocks de carbone de l'exploitation à court terme peut se maintenir négatif, devenir nul ou positif, à plus ou moins long terme, en fonction des espèces qui se régénèrent (pionnières à faible densité de bois, ou espèces longévives à densité de bois élevée et de taille plus imposante) et de la capacité de résilience et de productivité du site. Cette capacité peut être altérée suite aux perturbations liées à l'exploitation telles que la compaction et l'érosion du sol qui suit le passage des engins en forêt (Pinard & Cropper, 2000).

La mise en œuvre d'un projet de type IFM ERA Augmentation des DMA entraîne une diminution de l'intensité d'exploitation qui pourrait influencer sur la reconstitution post-exploitation de la biomasse à l'hectare. Ce point est limitant car il existe peu d'information sur le taux de stockage de carbone en forêt tropicale. Une revue bibliographique a été réalisée récemment par Preece *et al.* (2012) à ce sujet. Comme on peut le voir dans le Tableau 24, il n'existe pas de données pour le Cameroun hormis Djomoa *et al.* (2011) et globalement très peu pour l'Afrique centrale.

De plus, les données de Djomoa *et al.* (2011) ne se basent pas sur des mesures de flux sur des parcelles mais sur des estimations de croissances obtenues à partir des données de la littérature. C'est-à-dire, pour un certain nombre d'espèces des parcelles d'inventaire, il a été utilisé un accroissement diamétrique annuel moyen issu de la littérature et pour les autres a été considérée une valeur standard. A partir de ces valeurs et de la détermination botanique de ses parcelles, Djomoa *et al.* (2011) ont estimé le diamètre des arbres l'année suivante et ont convertis les incréments estimés en biomasse puis en carbone. La composition spécifique dans chacune des trois strates retenues joue donc un rôle prépondérant dans les taux de stockage de carbone obtenus. En effet, l'information « strate » et le niveau d'ouverture du peuplement lié à l'intensité de la perturbation n'interviennent pas dans ces estimations.

Site d'étude	Age / état du peuplement	Fraction de carbone considérée pour la biomasse aérienne (tC/tm.s.)	DHP minimum considéré (cm)	Taux d'accumulation annuel de biomasse aérienne (tm.s./ha/an)	Taux d'accumulation annuel de carbone (tC/ha/an)	Source
Tropical humide Australie	5–20 ans	0,47	2,5	12,08	5,68	Preece <i>et al.</i> , 2012
Kalimantan Heath Forest	Perturbé	0,5	4,8	8,1–8,5	4,0–4,25	Miyamoto <i>et al.</i> , 2007
Equateur (>3000 m ASL)	6 et 8 ans	0,5	3,0	14,2–15,0	7,1–7,5	Fehse <i>et al.</i> , 2002
Costa Rica	4–20 ans	0,47	2,5	7,85	3,69	Fonseca <i>et al.</i> , 2011
Equateur(>3000 m ASL)	30 ans	0,5	3,0	5,9–6,9	2,9–3,5	Fehse <i>et al.</i> , 2002
Agro-forêts Cameroun	Perturbées	0,47	5,0		2,54 ± 0,65	Djomoa <i>et al.</i> , 2011
Forêts aménagées Cameroun	Perturbées	0,47	5,0		2,79 ± 0,72	Djomoa <i>et al.</i> , 2011
Forêts protégées (parc national) Cameroun	Mature (?)	0,47	5,0		2,85 ± 0,72	Djomoa <i>et al.</i> , 2011
Sulawesi (1000 m)	Mature	(0,45)	2	13,1 ± 0,6	5,8 ± 0,3	Hertel <i>et al.</i> , 2009
Paleotropicale	Mature	0,5	2	11,4 ± 1,3	5,7	Hertel <i>et al.</i> , 2009
Amazonie – Manaus	Mature (?)	Non précisé	10?		3,58	Malhi <i>et al.</i> , 2009
Amazonie – Tapajos	Mature (?)	Non précisé	10		4,76	Malhi <i>et al.</i> , 2009
Amazonie – Caxiuana	Mature (?)	Non précisé	10		3,16	Malhi <i>et al.</i> , 2009
Neotropicale	Ancienne	0,5	10		1,5–5,5	Malhi <i>et al.</i> , 2004
Amazonie	Ancienne	0,5	10	0,98 ± 0,38	0,49	Baker <i>et al.</i> , 2004
Forêts tropicales Afrique	Mature	0,5	10		0,63	Lewis <i>et al.</i> , 2009

Tableau 24: Taux de reconstitution de la biomasse en forêt tropicale obtenus dans différentes études extrait de Preece *et al.* (2012)

Pour obtenir une estimation du taux de stockage de carbone dans une forêt du bassin du Congo à partir de données de flux mesuré sur des parcelles, nous pouvons utiliser les données de suivi du dispositif permanent de M'Baïki (cf. Figure 4) mis en place en 1981 en République Centrafricaine.

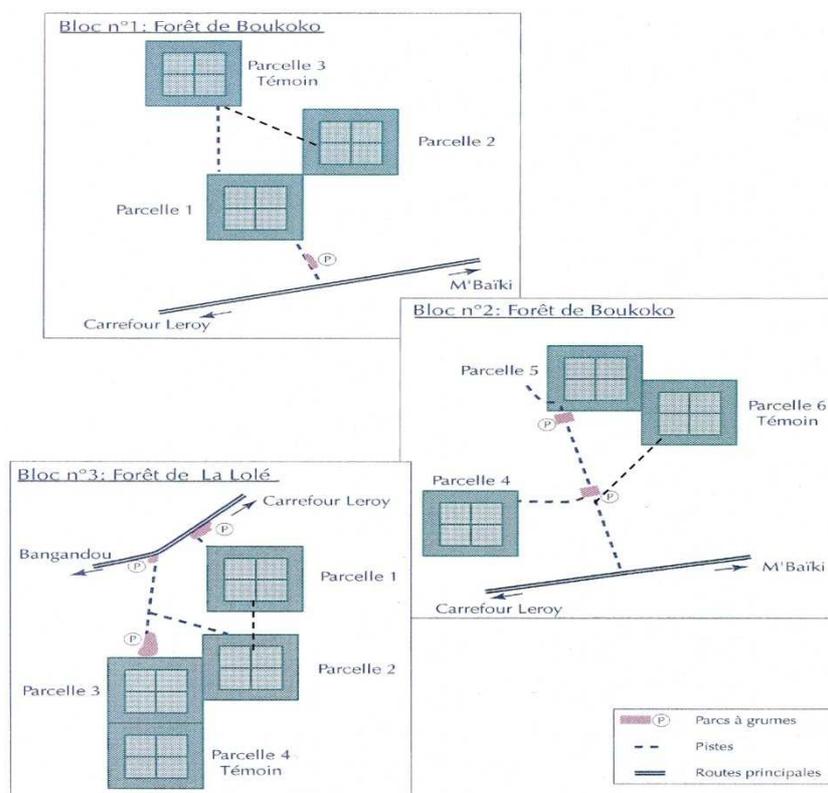


Figure 4 : Dispositif expérimental de M'Baïki (source : CIRAD)

Ce dispositif contient dix parcelles de quatre hectares, sur lesquelles tous les arbres avec un DHP supérieur à 10cm sont mesurés annuellement ou bi-annuellement depuis 1982. Les traitements, avec deux niveaux d'intensités, ont été pratiqués en 1984-85 sur sept des parcelles : exploitation pour trois parcelles (2 à 7 tiges à l'ha) et exploitation plus dévitalisation (12 à 41 tiges à l'ha) pour quatre parcelles (cf. Gourlet-Fleury *et al.*, in press).

Parcelle	Traitement	Stock de Cperdu / Stock de Cinitial	Flux C 1- 5 ans (tC/ha/an)	Flux C 1- 10 ans (tC/ha/an)	Flux C 1- 15 ans (tC/ha/an)	Flux C 1- 20 ans (tC/ha/an)	Taux d'accumulation (tC/ha/an)
11	Exp	38/138	3	2,4	2,33	2,35	2,35
14	Exp	54/161	3,8	2,7	2,2	2,6	2,6
21	Exp	62/175	4,2	3,4	2,8	2,75	2,75
12	Exp+Devit	41/119	4,2	3,7	3,53	3,05	3,05
15	Exp+Devit	68/144	4,8	4,8	4,73	4,3	4,3
22	Exp+Devit	83/171	3,8	3,9	3,87	3,45	3,45
23	Exp+Devit	83/161	3	3,4	3,13	3,05	3,05

Tableau 25: Flux de carbone aérien observé à M'Baïki

Les flux calculés M'Baïki (cf. Tableau 25) sont un peu supérieurs à ceux estimés par Djomoa *et al.* (2011) pour les parcelles exploités et nettement supérieurs pour les parcelles exploitées et dévitalisées. De par les données de M'Baïki (cf. Tableau 25) et de Djomoa *et al.* (2011), il semblerait

que l'intensité du flux de carbone soit corrélée positivement à l'intensité de l'exploitation à l'exception des cas où les intensités d'exploitation sont très fortes (41 tiges/ha – ne correspondant pas au cas des exploitations aménagées du Bassin du Congo). Ce qui est en accord avec les résultats obtenus dans (Gourlet-Fleury *et al.*, in press).

A contrario, l'étude de Djomoa *et al.* (2011) montre que le taux d'accumulation de carbone dans la biomasse aérienne est faible pour les agro forêts, modéré pour les forêts aménagées et plus important pour les forêts protégées.

### 2.5.2 Revue des méthodologies existantes et estimation de la reconstitution du stock de carbone appliquée au cas du projet

L'intensité pratiquée par Pallisco est voisine de 1 tige à l'hectare (cf. Tableau 26). Dans le cas des scénarios envisagés l'intensité des perturbations sera peu différente de celle du scénario de référence et plus faible que celles de M'Baïki. Il semble raisonnable de considérer dans un premier temps que les flux de carbone seront du même ordre de grandeur entre les scénarios projets et le scénario de référence.

UFA	Intensité d'exploitation (tiges/ha)			Carbone perdu (tC/ha) <sup>5</sup>		
	sc. référence	sc. projet B (%RE= 50)	sc. projet A (%RE= 100)	sc. référence	sc. projet B (%RE= 50)	sc. projet A (%RE= 100)
10.039	1,40	1,19	1,11	24,41	22,63	21,81
10.041-42-44	0,97	0,81	0,76	11,42	10,12	9,69
10.030-31	1,53	1,38	1,08	19,63	18,56	15,94

**Tableau 26: Intensités d'exploitation pratiquées dans les différents scénarios et pertes de carbone associées**

Ainsi pour l'évaluation du différentiel entre les scénarios nous allons utiliser les valeurs proposées par Djomoa *et al.*(2011). Plus précisément, nous allons considérer 3 cas ( $Re_{sc.ref,j,t}$  et  $Re_{sc.pj,j,t}$  correspondant, respectivement, au taux d'accumulation annuel de carbone dans la biomasse aérienne dans les scénarios de référence et de projet toutes strates confondues) :

Cas	Hypothèse	Commentaire
1	$Re_{sc.ref,t}=Re_{sc.pj,t}=2.04$	La reconstitution de la biomasse post-exploitation n'a pas d'impact sur les réductions d'émissions engendrées par le projet.
2	$Re_{sc.ref,t}=2.04$ $Re_{sc.pj,t}=1.35 (2.04-0.69)$	et Les pertes de biomasse occasionnées sur les AAC sont compensées après 2,5 à 5,5 années dans le scénario A et après 1,5 à 2,5 années dans le scénario B.
3	$Re_{sc.ref,t}=2.04$ $Re_{sc.pj,t}=2.73 (2.04+0.69)$	et Cette hypothèse, non conservative, permettrait de d'augmenter de manière très importante les réductions d'émissions attendues par le projet.

**Tableau 27: Impacts sur le projet REDD+ de la reconstitution du carbone post-exploitation selon trois hypothèses**

L'incertitude sur les taux de stockage de carbone, a pour conséquence qu'il n'est pas aujourd'hui possible de déterminer si les scénarios A et B auraient des bilans positifs ou négatifs par rapport au scénario de référence pour le carbone stocké dans la forêt.

<sup>5</sup> Cette estimation prend en compte les dégâts d'exploitation engendrée par la construction du réseau d'exploitation (pistes, routes et parcs)

Il est donc nécessaire d'estimer précisément les taux de stockage de carbone après des exploitations selon les scénarios de référence, du projet A et du projet B. Le choix d'utiliser les mêmes taux pour tous les scénarios, imposé par le manque de données, n'est pas satisfaisant pour plusieurs raisons :

- Les ouvertures du peuplement seront plus ou moins grandes selon le scénario et cela affecte la dynamique forestière. En effet, les essences ayant des tempéraments différents notamment vis-à-vis de la disponibilité en lumière, il est probable qu'elles réagissent différemment aux ouvertures engendrées par l'exploitation. Ainsi selon la composition spécifique des strates, il faut s'attendre à des réactions différentes.
- Selon l'intensité de l'exploitation, la composition spécifique peut être plus au moins modifiée. Sur le site de M'Baïki, la proportion d'espèces pionnières a sensiblement augmentée (Gourlet-Fleury *et al.*, 2013). Cela peut avoir un impact sur la biomasse de la parcelle car les espèces pionnières ou héliophiles ont généralement une densité de bois plus faible que les autres.

Dans le cadre de cette étude, les méthodologies VM0005, VM0010 et VM0011 qui autorisent l'exploitation sélective dans le scénario de référence ont été considérées :

- Dans le cadre de la méthodologie VM0005 (Face the Futur, 2010) : *Low productive to High productive forest* où une forêt exploitée fait l'objet d'une repasse dans le scénario de référence et d'un arrêt de l'exploitation dans le scénario de projet, il est assumé que la reconstitution du stock de carbone post-exploitation dans le scénario de référence est faible en comparaison du scénario de projet et même, encore plus faible dans le cas où la forêt exploitée serait sujette à une repasse. Il est donc assumé conservatif de considérer un taux d'accumulation annuel de carbone pour le scénario de référence équivalent au taux de reconstitution observable actuellement sur les parcelles exploitées sur lesquelles aucune intervention sylvicole n'est réalisée. Pour l'estimation ex-ante, la méthodologie propose d'appliquer des modèles de prédiction de croissance sur la base des inventaires de biomasse réalisés sur des placettes situées dans la zone du projet. Etant donné le manque de connaissance sur la dynamique du peuplement forestier toutes essences confondues sur la zone du projet, cette approche ne pourra pas être adoptée.
- Dans le cadre de la VM0010 (GreenCollar, 2011) : *Logged to Protected Forest*, le taux d'accumulation annuel de carbone dans la biomasse aérienne dans les différentes strates du scénario de référence est estimé à partir de données existantes sur la zone du projet ou à partir de données de la littérature. Il n'est pas sujet à des activités de monitoring. Dans le cadre du scénario de projet, il est suivi à partir de mesures effectuées sur le terrain (placettes permanentes). Aucune indication n'est donnée pour l'estimation ex-ante.
- Enfin, dans le cadre de la VM0011 (CarbonPlanet Limited, 2011) : *Logged to Protected Forest*, est considéré dans le scénario de référence (exploitation forestière) un taux d'accumulation de carbone dans la biomasse aérienne estimé à partir de données existantes sur la zone du projet ou à partir de la littérature (paramètre non suivi dans le cadre du monitoring). Dans le cadre de l'estimation des émissions de projet, le taux d'accumulation de carbone dans la biomasse totale n'est pas pris en compte (approche conservative). En revanche, pour le calcul des émissions de GES, on retranchera au taux d'accumulation de carbone dans la biomasse du scénario de référence la séquestration de carbone dans les

tiges commerciales qui auraient été exploitées (estimée à partir des taux d'accroissements diamétriques des essences d'intérêt commercial sur la période de crédit).

Etant donné que, dans le cadre de ce projet, l'exploitation sélective est maintenue dans les scénarios de référence et de projet, nous retiendrons l'approche préconisée par la VM0011 pour l'estimation ex-ante en considérant que le différentiel d'accumulation de carbone dans la biomasse aérienne,  $\Delta C_{Re}$ , s'applique exclusivement aux surfaces impactées par l'exploitation forestière, c'est-à-dire, aux pistes et trouées d'abattage. Dans une première approche, on peut considérer cette méthode conservative.

On considérera donc :

$$\Delta C_{reconst,t} = \sum_i C_{sq\ biomasse,i,t} - C_{acc,i,t}$$

Avec :

$\Delta C_{reconst,t}$	Différentiel de reconstitution du stock de carbone entre le scénario de référence et de projet à l'année t (tC/an)
$C_{sq\ biomasse,i,t}$	Accumulation du carbone dans la biomasse sur l'UFA i au niveau des surfaces impactées par l'exploitation à l'année t (tC/an)
$C_{acc,i,t}$	Accumulation de carbone dans les tiges commerciales exploitées dans le scénario de référence sur l'UFA i à l'année t (tC/an)

$$\Delta C_{reconst,i,t} = TAC \sum_{t'=1}^t SD_{i,t'}$$

Avec :

$\Delta C_{reconst,i,t}$	Différentiel de reconstitution du stock de carbone entre le scénario de référence et de projet à l'année t (tC/an)
TAC	Taux d'accumulation moyen du carbone par hectare et an (tC/ha/an)
$SD_{i,t}$	Surface de dégâts dans l'UFA i à l'année t (ha/an)

Dans le cadre de l'estimation ex-ante, nous retiendrons le taux d'accumulation annuel moyen proposé par Djomoa *et al.* (2011) pour les forêts aménagées au Cameroun (données obtenues sur une zone d'étude où l'on observe des conditions proches de celles du projet en termes de végétation, formation géologique, altitude, pluviométrie et température annuelle moyenne).

Pour l'estimation de  $C_{acc,i,t}$  a été réalisé une simulation à partir du modèle de Usher (cf. Annexe 1) appliquée aux résultats d'inventaires d'exploitation de Pallisco. Les données de suivi du dispositif permanent de M'Baïki mis en place en République Centrafricaine ont été utilisées pour estimer les autres paramètres du modèle (taux de fécondité, probabilités de changer de classe de diamètre et probabilités de mourir dans chaque classe de diamètre).

La fiabilité des estimations et des prédictions de stock n'est donc pas garantie pour les raisons suivantes :

- Le modèle de dynamique forestière a été calibré avec des données de forêts RCA, sa validité sur des forêts camerounaises est à démontrer. En effet, le modèle d'Usher étant de nature statistique et non mécaniste, il est théoriquement valide pour des situations proches de celles des données utilisées pour le calibrer.
- Le modèle a été calibré sur les données agrégées de toutes les essences par manque de données pour chacune des essences (cf. Annexe 1). En effet, ces essences ayant des tempéraments différents notamment vis-à-vis de la disponibilité en lumière, il est probable qu'elles réagissent différemment aux ouvertures engendrées par l'exploitation.

Le Tableau 28 résume les résultats qui seront retenus dans le cadre de l'estimation ex-ante.

UFA	$\Delta Re_{reconst}$ (tC/ha/an)		$\Delta Re_{acc}$ (tC/an)	
	Projet A	Projet B	Projet A	Projet B
	(%RE=100)	(%RE=50)	(%RE=100)	(%RE=50)
10.039	0,04845	0,03509	107	84
10.041-42-44	0,03509	0,02673	347	285
10.030-31	0,07518	0,02506	526	218

**Tableau 28: Différentiels de reconstitution de carbone dans la biomasse post-exploitation par UFA considérés pour l'estimation ex-ante des réductions d'émissions**

### 3 METHODOLOGIE ET ESTIMATION DES REDUCTIONS D'EMISSIONS ET CREDITS CARBONE ATTENDUS DU PROJET IFM-ERA

#### 3.1 LIMITES DU PROJET

##### 3.1.1 Limites géographiques

Les activités de projet s'appliquent sur les zones de la concession où seront exploitées les essences d'intérêt avec un  $DMA_{pj}$  supérieur au  $DMA_{ref}$ , c'est-à-dire au niveau des séries de production des Assiettes Annuelles de Coupe qui seront exploitées entre 2014 et 2039 soit sur une surface de 213 778 ha.

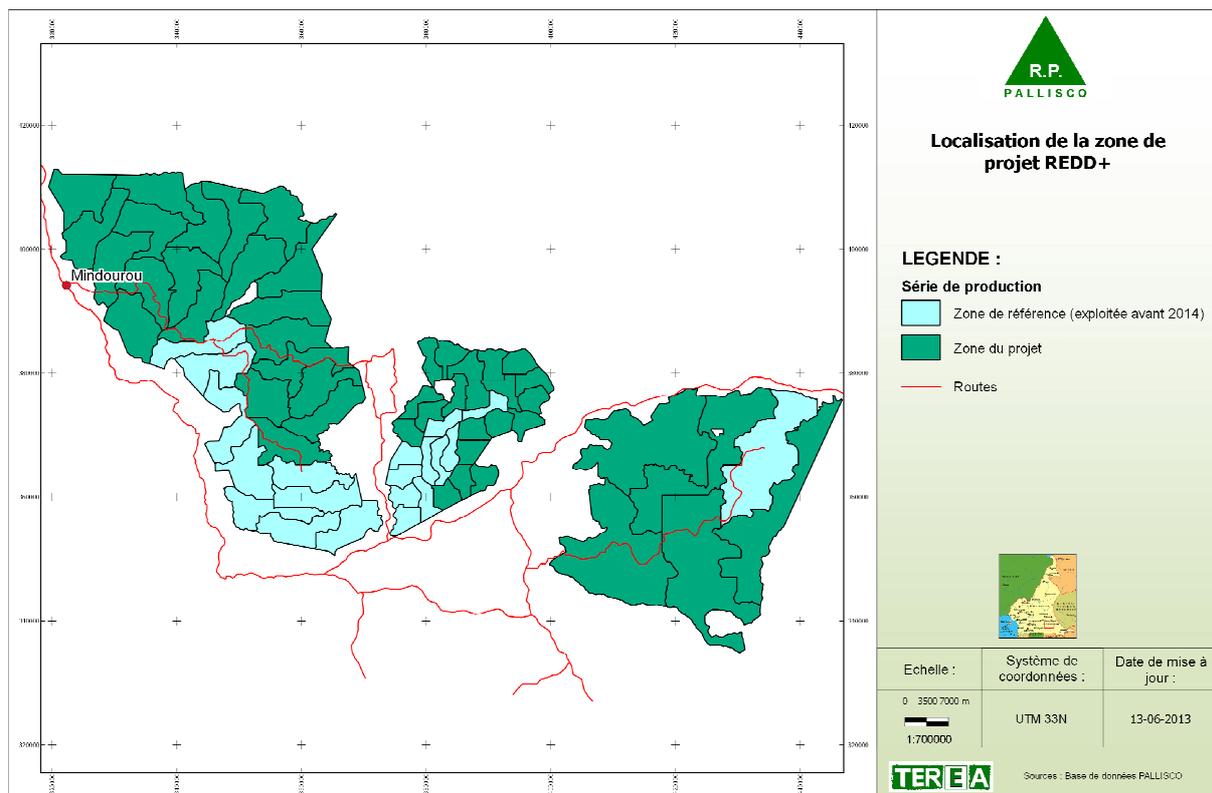


Figure 5: Carte de la zone du projet

### 3.1.2 Période de créditation

Conformément aux directives VCS (2012a), la période de créditation équivalente à la durée de vie du projet de tous les projets AFOLU autres que les projets de gestion des terres agricoles (ALM) doit être comprise entre 20 et 100 ans. Dans le cadre de ce projet, elle correspondra à la durée comprise entre l'année 2014 et la fin de la période de rotation de l'UFA 10.030-31 soit 25 ans.

UFA	Superficie UFA (ha)	Superficie zone de production	Superficie zone de production après 2014	Date début d'exploitation sous aménagement	Date début projet REDD+	Date fin projet REDD+	Durée projet REDD+
10.030 10.031	118 052	98 770	84 023	2009	2014	2039	25
10.039 10.041	47 585	44 678	30 428	2004	2014	2033	20
10.042 10.044	176 071	145 447	103 244	2005	2014	2034	21
<b>TOTAL</b>	<b>347 708</b>	<b>288 895</b>	<b>213 778</b>		<b>2014</b>	<b>2039</b>	<b>25</b>

Tableau 29: Limites temporelles du projet IFM-ERA

### 3.1.3 Compartiments de stocks de carbone et autres sources de GES considérés

En accord avec les directives VCS (2012a) pour la mise en œuvre de projets IFM dont l'activité de projet est de type ERA, les compartiments de carbone pris en compte dans cette étude sont :

Compartiment	Directives VCS	Projet	Justification
Biomasse aérienne (arbres)	O	O	Compartiment majeur
Biomasse aérienne (arbres exclus)	N	N	Changements non significatifs
Biomasse souterraine	Opt. <sup>6</sup>	N	Conservativement omis
Litière	N	N	Conservativement omis
Bois mort	O	O	Diminue avec les activités de projet
Sol	N	N	Conservativement omis <sup>7</sup>
Produits bois	O/N	O	Si modifié par les activités de projet de manière significative

Tableau 30: Compartiments de stock de carbone pris en compte dans le cadre d'un projet de type IFM ERA

Les autres sources d'émissions prises en compte seront les émissions de GES issues de l'utilisation de combustibles fossiles pour le débardage/débusquage et le transport du bois.

<sup>6</sup> Dans le cadre de projets IFM, les directives VCS (2007.1, 2008) recommandent de ne pas prendre en compte ce compartiment de par la complexité et le manque de connaissance sur son évolution dans le cadre de forêts exploitées. Dans tous les cas, il est conservatif de le négliger.

<sup>7</sup> En accord avec l'outil "A/R CDM tool for the conservative exclusion of soil organic carbon" [http://cdm.unfccc.int/EB/033/eb33\\_repan15.pdf](http://cdm.unfccc.int/EB/033/eb33_repan15.pdf)

## 3.2 SELECTION, MODELISATION DU SCENARIO DE REFERENCE ET DEMONSTRATION DE L'ADDITIONNALITE

### 3.2.1 Scénario de référence

- (i) Revue des méthodologies existantes

Parmi les méthodologies REDD+ existantes dans le cadre du VCS, seules les méthodologies VM0010 (GreenCollar, 2011), VM0011 (CarbonPlanet Limited, 2011) et VM005 (Face the Futur, 2010) permettent de considérer un scénario de référence impliquant de l'exploitation sélective respectant un plan d'aménagement en zone tropicale.

En accord avec les directives VCS, ces méthodologies proposent deux possibilités à partir desquelles il est possible de définir le scénario de référence :

- *Scénario historique :*  
Le scénario est défini sur la base des pratiques historiques de l'opérateur (ou à défaut du précédent opérateur) sous réserve que celui-ci puisse :
  - ✓ fournir un historique documenté (5 ans minimum d'archives documentées sur les pratiques historiques normales) ;
  - ✓ démontrer que la législation est respectée ou, à défaut, que les pratiques communes ne respectent pas la législation ;
  - ✓ prouver que les pratiques environnementales sont équivalentes ou meilleures que celles considérées comme un standard minimum au niveau des concessionnaires de la région.
- *Scénario pratiques communes :*  
Le scénario de référence est modélisé à partir des pratiques communément admises dans des zones similaires (les critères de similarité correspondant aux droits légaux, type de forêt, climat, potentiel de production, stock de carbone, etc.).

La méthodologie VM0010 propose ainsi de définir un scénario de référence « pratiques communes » à travers deux étapes :

1. la modélisation d'un scénario « exploitation » tel que la législation soit respectée sur la zone de projet, et ;
2. une zone de référence (ou plusieurs) qui soit actuellement exploitée en respectant la législation et représentative des pratiques communes.

En accord avec VM0010, le plan de récolte doit inclure :

- a. le nombre relatif de tiges à l'hectare potentiellement exploitable par espèce et strates ;
- b. la délimitation des surfaces forestières non exploitables en accord avec la législation, exclues pour causes environnementales sur des critères de pente, zones humides, zones tampons, etc.
- c. le partage de la surface forestière en AAC en accord avec les pratiques communes ;
- d. la présentation et plan du réseau d'exploitation pour le transport des bois prélevés jusqu'aux points de transformation ou d'entrée dans le marché ;
- e. la liste du matériel de récolte et transport.

Pour l'estimation des réductions d'émissions nettes du projet, il doit détailler :

- a. les essences à collecter ;
- b. les années par AAC où les coupes sont supposées être réalisées ;
- c. les DMA ;
- d. le régime d'exploitation ;
- e. les spécifications techniques des catégories de produits bois ;
- f. les volumes totaux à collecter repartis en catégories de produits bois.

Dans le cadre de cette étude, le scénario de référence retenu est le scénario historique « *business as usual* » correspondant à la continuation des pratiques d'aménagement actuelles. Les données utilisées pour la projection du scénario sur la durée de créditation du projet correspondent aux données de suivi de l'exploitation sur les trois regroupements d'UFA sur une période de 5 ans (2007-2011).

### **3.2.2 Additionnalité du projet**

Pour justifier du scénario de référence retenu ainsi que de l'additionnalité d'un projet IFM dans le cadre du VCS, il est demandé d'utiliser l'outil VCS : *VT0002 Tool for the Demonstration and Assessment of Additionality in IFM Project Activities V1.0* (VCS, 2010a)

Dans ce cadre, deux scénarios d'utilisation des sols ont été identifiés :

- Le scénario « *business as usual* » qui correspond à la continuation des pratiques telles qu'exercées aujourd'hui par la société ;
- Le scénario avec la mise en œuvre des activités du projet « augmentation des DMA ».

Sur la période de créditation du projet, le projet REDD+ ne génère pas d'autres bénéfices financiers que les crédits carbone et est donc additionnel au titre de « l'analyse simple des coûts » (Option 1 de l'étape 2 « analyse des investissements »). Cette première étape doit être complétée par une analyse des « pratiques communes » qui permettra de démontrer qu'aucun autre projet « similaire » n'a été entrepris sans les financements carbone, et le cas échéant, de montrer des distinctions dites essentielles permettant de prouver que les conditions ayant permis la mise en place des activités ne peuvent pas être rencontrées dans le cadre du projet IFM proposé (par exemple, des barrières telles que la disparition d'un programme promotionnel, etc.). Les activités « similaires » sont définies comme des activités de même échelle qui ont lieu dans un environnement comparable (ie. le cadre réglementaire encadrant les activités est similaire). On remarquera que dans d'autres pays du Bassin du Congo, le projet B (%RE  $\geq$  50 pour l'ensemble des essences exploitées) est requis par la législation. Cependant, ces pratiques d'aménagement n'ont pas été adoptées au Cameroun comme démontré par l'étude de Vandenhoute *et al.* (2006). Aussi on remarquera que dans le cadre de la démarche de certification FSC de Pallisco (entreprise simultanément avec l'aménagement du regroupement d'UFA 10.030-31), la société a fait le choix d'aménager, c'est-à-dire assigner au groupe 1, l'ensemble des essences qu'elle exploite. Dans, le cas présent, l'entreprise étant déjà certifiée FSC, les activités de projets proposées constituent une première dans leur genre et n'ont été entreprises nulle part ailleurs dans le Bassin du Congo.

On conclura donc que le projet est bien additionnel en accord avec les directives du VCS.

### 3.3 QUANTIFICATION DES REDUCTIONS D'EMISSIONS

A ce jour, il n'existe pas de méthodologie disponible au niveau des standards existants permettant de calculer les bénéfices carbone associés au type de projet IFM-ERA : Augmentation des DMA.

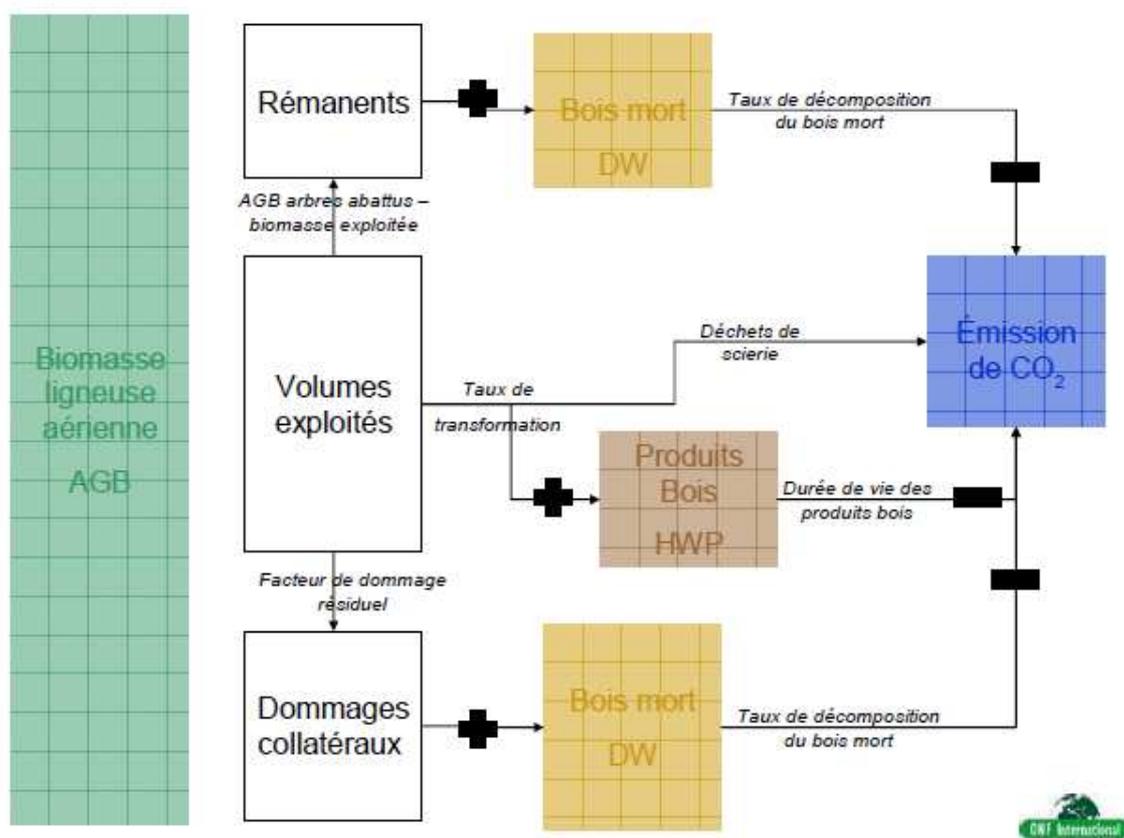
#### 3.3.1 Stratification de la zone du projet

Si la zone de projet contient différents types de forêts montrant des différences significatives en termes de densité de carbone, une stratification de la zone du projet doit être réalisée de manière à améliorer la précision de l'estimation des stocks de carbone. Etant donné les résultats observés sur l'estimation des stocks de carbone par strates forestières (cf. partie 2.3.2), dans une première approche on conservera une stratification correspondant aux ACC des différentes UFA. Cette stratification pourra être revue en fonction des préconisations réalisées dans le cadre de l'analyse de sensibilité pour l'estimation de l'incertitude totale des réductions d'émissions (cf. partie 3.4).

#### 3.3.2 Emissions du scénario de référence

La méthodologie proposée ci-dessous utilise la méthode des flux pour l'estimation des émissions issues du projet.

Dans le cadre du scénario de référence, on considère que seuls les volumes estimés dans la partie 2.2 seraient exploités (cf. Tableau 8 à Tableau 11). L'exploitation de ces volumes engendrera des flux entre les compartiments de carbone forestier suivant :



Source : ONFI, TERE A, FRM, 2011

Figure 6: Flux entre compartiments de carbone liés à l'exploitation forestière

Les émissions du scénario de référence peuvent donc être calculées selon l'équation suivante :

**Équation 1 : Emissions du scénario de référence à l'année t**

$$GES_{sc.ref,t} = [C_{bm,entrant,t} + C_{résidus\ comb.,t} - C_{sq\ pb,t} - \Delta C_{reconst,t}] \times \frac{44}{12} + E_{comb.fossiles,t}$$

Avec :

$GES_{sc.ref,t}$	Emissions du scénario de référence à l'année t (tCO <sub>2eq</sub> )
$C_{bm,entrant,t}$	Flux de carbone vers l'atmosphère dû à la décomposition du bois mort à l'année t (tC)
$C_{résidus\ comb.,t}$	Stock de carbone contenu dans les résidus de transformation qui seront brûlés à l'année t (tC)
$C_{sq\ pb,t}$	Séquestration de carbone dans les produits bois à l'année t (tC)
$\Delta C_{reconst,t}$	Différence entre la reconstitution naturelle du stock de carbone post exploitation entre les scénarios de référence et de projet à l'année t (tC)
$E_{comb.fossiles,t}$	Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles des engins de débardage et de transport du bois à l'année t (tC)

**Étape 1 : Calcul du stock de carbone contenu dans le volume de bois brut**

Dans cette première étape sera calculé le stock de carbone moyen contenu dans les arbres abattus par unité de surface (tC/ha) et le stock de carbone contenu dans le volume commercial extrait (tC/ha).

**Équation 2 : Stock moyen de carbone contenu dans les tiges abattues à l'année t**

$$C_{prél,t} = \sum_j \sum_i V_{brut,j,i,t} \times D_j \times CH_j \times FC$$

Avec :

$C_{prél,t}$	Stock moyen de carbone contenu dans les tiges abattues à l'année t (tC)
$V_{brut,j,i,t}$	Volume brut exploité pour l'espèce j dans l'UFA i (m <sup>3</sup> )
$D_j$	Densité ligneuse de base de l'espèce j (tms/m <sup>3</sup> )
$CH_j$	Coefficient de houppier pour l'espèce j
$FC$	Fraction de carbone (tC/tms)

**Équation 3 : Volume brut exploité pour l'espèce j dans l'UFA i**

$$V_{brut,j,i,t} = S_{i,t} \sum_d N_{i,j,d,t} \times f_{tc,j}(d)$$

Avec :

$V_{brut,j,i,t}$	Volume brut exploité pour l'espèce j dans l'UFA i (tC)
$S_{i,t}$	Surface exploitée dans l'UFA i à l'année t (ha)

$N_{i,j,d,t}$	Nombre de tiges qui auraient été exploitées par unité de surface de diamètre d de l'espèce j dans l'UFA i à l'année t (tiges/ha)
$f_{tc,j}(d)$	Tarif de cubage employé pour l'espèce j (m <sup>3</sup> /tige)
$d$	Diamètre à hauteur de poitrine (cm)

**Équation 4 : Stock moyen de carbone contenu dans le volume commercial des tiges abattues à l'année t**

$$C_{ex,t} = \sum_j \sum_i V_{brut,j,i,t} \times CC_j \times D_j \times FC$$

Avec :

$C_{ex,t}$	Stock moyen de carbone contenu dans le volume commercial des tiges abattues à l'année t (tC)
$V_{brut,j,i,t}$	Volume brut exploité pour l'espèce j dans l'UFA i (tC)
$D_j$	Densité ligneuse de base de l'espèce j (tms/m <sup>3</sup> )
$CC_j$	Coefficient de commercialisation de l'espèce j
$FC$	Fraction de carbone (tC/tms)

## Etape 2 : Estimation des variations de stock de carbone dans le compartiment boismort

### Etape 2.1 : déterminer $C_{bm,entrant,t}$

Le bois mort est engendré par l'exploitation de tiges supplémentaires dans le cadre du scénario de référence de deux manières :

- La première correspond au houppier et aux purges des tiges exploitées laissées en forêt par l'exploitant forestier ;

**Équation 5 : Stock de carbone annuel entrant dans le compartiment bois mort à l'année t issues des houppiers et purges laissées en forêt**

$$C_{bm,entrant,hp,t} = C_{prel,t} - C_{ex,t}$$

Avec :

$C_{bm,entrant,hp,t}$	Stock de carbone annuel entrant dans le compartiment bois mort à l'année t issues des houppiers et purges laissées en forêt (tC)
$C_{prel,t}$	Stock moyen de carbone contenu dans les tiges abattues à l'année t (tC)
$C_{ex,t}$	Stock moyen de carbone contenu dans le volume commercial des tiges abattues à l'année t (tC)

- La deuxième correspond aux dégâts occasionnés sur la biomasse environnante pour la création des infrastructures nécessaires à la circulation des engins de chantier et par la tige elle-même lors de sa chute.

**Équation 6 : Stock de carbone annuel entrant dans le compartiment bois mort à l'année t issues des dégâts d'exploitation**

$$C_{bm,entrant,dégâts,t} = \sum_i N_{i,t} (SD_{piste} \times BMF_{inf30,i} + SD_{trouées} \times BMF_{inf70})$$

Avec :

$C_{bm,entrant,dégâts,t}$	Stock de carbone annuel entrant dans le compartiment bois mort à l'année t issues des dégâts d'exploitation (tC)
$N_{i,t}$	Nombre de tiges exploitées à l'année t sur l'UFA i (tiges)
$SD_{piste}$	Surface de dégâts dus aux pistes de débardage (ha/tiges)
$SD_{trouées}$	Surface de dégâts dus aux trouées d'abattage (ha/tiges)
$BMF_{inf30,i}$	Stock de carbone aérien moyen contenu dans les tiges de diamètre à hauteur de poitrine inférieur à 30cm dans l'UFA i (tC/ha)
$BMF_{inf70,i}$	Stock de carbone aérien moyen contenu dans les tiges de diamètre à hauteur de poitrine inférieur à 70cm dans l'UFA i (tC/ha)

**Équation 7 : Nombre de tiges exploitées à l'année t sur l'UFA i**

$$N_{i,t} = \sum_j \sum_d N_{i,j,d,t}$$

Avec :

$N_{i,t}$	Nombre de tiges exploitées à l'année t sur l'UFA i (tiges)
$N_{i,j,d,t}$	Nombre de tiges qui auraient été exploitées par unité de surface de diamètre d de l'espèce j dans l'UFA i à l'année t (tiges/ha)

**Équation 8 : Stock de carbone contenu dans la biomasse moyenne forestière**

$$BMF_{infx,i} = \frac{1}{\sum_y S_{ST,y,i}} \sum_y S_{ST,y,i} \sum_{d=1}^{x-1} f_{ea}(d) \times n_{i,d,y}$$

Avec :

$BMF_{infx,i}$	Stock de carbone contenu dans la biomasse moyenne forestière pour les tiges de diamètre inférieur à x cm (tC/ha)
$f_{ea}(d)$	Equation allométrique employée pour l'ensemble des essences présentes dans la concession (m <sup>3</sup> /tige)
$n_{i,d,y}$	Nombre de tiges de diamètre d présentes dans la strate y de l'UFA i (tiges/ha)
$S_{ST,y,i}$	Surface de la strate y de l'UFA i (ha)

Les strates « y » font références à la stratification employée pour la réalisation de l'inventaire d'aménagement (cf. Tableau 15). Sont exclues ici les strates situées en zone non exploitables (forêts marécageuses inondées en permanence ou à raphiale ainsi que les zones situées dans les séries de protection/agroforestières).

Etape 2.2 : déterminer le taux de décomposition du bois mort ( $k_{décomposition,bm}$ )

La biomasse détruite dans les trouées et les pistes de débardage se décomposera ensuite selon un rythme à déterminer d'après la littérature.

Les méthodologies VCS existantes proposent deux approches pour évaluer les flux entre le compartiment bois mort et l'atmosphère :

- Soit elles proposent d'assumer directement que les émissions de GES induites sont directement émises dans l'atmosphère l'année de l'exploitation (ex. VM0005) ;
- Soit elles proposent d'appliquer un taux de décomposition correspondant à (VM0011) :

**Équation 9 : Fraction annuelle de carbone dans le compartiment bois mort subsistant dans le compartiment bois mort à l'année t**

$$F_{bm,restant,t} = e^{-k_{décomposition,bm} \times t}$$

Avec :

$F_{bm,restant,t}$  : Fraction annuelle de carbone dans le compartiment bois mort subsistant dans le compartiment bois mort à l'année t

$k_{décomposition,bm}$  : Taux de décomposition du bois mort (année<sup>-1</sup>)

Dans le cadre de cette méthodologie, nous favoriserons la deuxième approche qui permet de ne pas surestimer les réductions d'émissions engendrées par le projet. A contrario, les flux entre le compartiment bois mort et litière seront ignorés (compartiment non pris en compte conformément aux directives VSC, 2012a), les émissions de GES seront considérées comme directement émises dans l'atmosphère.

**Encadré 4 : Estimation de  $k_{décomposition,bm}$**

Les seuls travaux significatifs qui existent sur la décomposition du bois mort en zone tropicale sont actuellement ceux de Chambers (Chambers *et al.*, 2000 et 2004). Comme les arbres morts se décomposent relativement lentement et que les taux de mortalité sont relativement faibles, les études des vitesses de décomposition du bois *in situ* sont rares et peu évidentes à mener.

Chambers *et al.*(2000), pour une étude réalisée en zone tropicale (Amazonie) sur 21 ha de placette permanente sur une durée de 10-15 ans, propose une constante de décomposition du bois mort de 0,19 année<sup>-1</sup> avec une erreur de 0,026 année<sup>-1</sup>. Cette valeur est confirmée par deux autres études menées en zone tropicale, Kira (1976) et Yoneda *et al.* (1990), qui proposent des valeurs de 0,19 et 0,20 année<sup>-1</sup>. De plus, Chambers *et al.* (2000) montrent qu'il existe une forte corrélation entre la température moyenne annuelle (°C) et la constante de décomposition (modèle exponentiel). Dans le cadre de l'étude menée par Chambers *et al.* (2000), la température annuelle était de 26,7 °C. Une étude menée par Harmon *et al.* (1995) au Mexique dans une zone où la température moyenne annuelle avoisinait les 25°C propose une constante de décomposition égale à 0,197 année<sup>-1</sup>. Dans le cadre de ce projet où le site de projet se situe dans une zone où la température annuelle moyenne est de 24°C, nous garderons donc la valeur de **0,19 année<sup>-1</sup>**.

Etape 2.3 : Estimation de  $\Delta C_{bm}$

A l'année t, le compartiment bois mort a accumulé :

**Équation 10 : Stock de carbone cumulé dans le compartiment bois mort à l'année t depuis le début du projet**

$$C_{bm\ cumul,t} = \sum_{t'=1}^t F_{bm,restant,t-(t'-1)} \times C_{bm,entrant,t'}$$

Avec :

$C_{bm\ cumul,t}$	Stock de carbone cumulé dans le compartiment bois mort à l'année t depuis le début du projet (tC)
$F_{bm,restant,t'-(t-1)}$	Fraction annuelle de carbone dans le compartiment bois mort subsistant dans le compartiment bois mort
$C_{bm,entrant,t'}$	Stock de carbone annuel entrant dans le compartiment bois mort (tC)

Par conséquent, on estimera la quantité annuelle de carbone quittant le compartiment bois mort par an due à la décomposition à :

**Équation 11 : Flux de carbone vers l'atmosphère dû à la décomposition du bois mort à l'année t**

$$C_{bm,sortant,t} = C_{bm,entrant,t} - (C_{bm\ cumul,t} - C_{bm\ cumul,t-1})$$

Avec :

$C_{bm,sortant,t}$	Flux de carbone vers l'atmosphère dû à la décomposition du bois mort à l'année t (tC)
$C_{bm,entrant,t}$	Stock de carbone entrant dans le compartiment bois mort à l'année t (tC)
$C_{bm\ cumul,t}$	Stock de carbone cumulé dans le compartiment bois mort à l'année t depuis le début du projet (tC)

**Etape 3: Estimation des émissions de carbone dues à la combustion des résidus de transformation**

Les résidus de transformation issus des opérations de transformation (première et seconde transformation et hors récupération des chutes pour la production locale) seront brûlés sur le site de la concession. Le carbone contenu dans ces résidus est alors directement émis dans l'atmosphère.

**Équation 12 : Stock de carbone contenu dans les résidus de transformation qui seront brûlés à l'année t**

$$C_{résidus\ comb.,t} = \sum_j C_{ex,j,t} \times (1 - \tau_{exp,j,t}) \times (1 - \eta_{j,t})$$

Avec :

$C_{résidus\ comb,t}$	Stock de carbone contenu dans les résidus de transformation qui seront brûlés à l'année t (tC)
$C_{ex,j,t}$	Stock moyen de carbone contenu dans le volume commercial des tiges abattues à l'année t pour l'espèce j (tC)
$\tau_{exp,j,t}$	Fraction du volume commercial exporté sous forme de grumes pour l'espèce j à l'année t (%)
$\eta_{j,t}$	Rendement matière pour l'espèce j à l'année t (%)

#### Étape 4: Estimation de la séquestration du carbone dans les produits bois

La mise en œuvre du projet induit un déficit de production de produits bois et donc de séquestration de carbone associée.

##### Équation 13 : Séquestration de carbone dans les produits bois à l'année t

$$C_{sq\ pb,t} = \sum_j C_{ex,j,t} \times [(1 - \tau_{exp,j,t}) \times \eta_{j,t} + \tau_{exp,j,t} \times \eta_{export,t}]$$

Avec :

$C_{sq\ pb,t}$	Séquestration de carbone dans les produits bois à l'année t (tC)
$C_{ex,j,t}$	Stock moyen de carbone contenu dans le volume commercial des tiges abattues à l'année t pour l'espèce j (tC)
$\tau_{exp,j,t}$	Fraction du volume commercial exporté sous forme de grumes pour l'espèce j à l'année t (%)
$\eta_{j,t}$	Rendement matière pour l'espèce j à l'année t (%)
$\eta_{export,t}$	Rendement matière retenu pour la transformation à l'international à l'année t (%)

#### Étape 5: Estimation de la reconstitution naturelle du stock de carbone après exploitation

##### Équation 14 : Différentiel de reconstitution du stock de carbone entre le scénario de référence et de projet à l'année t (tC/an)

$$\Delta C_{reconst,t} = \sum_i \sum_y S_{y,t} (Re_{sc.pj,y,t} - Re_{sc.ref,y,t})$$

Avec :

$\Delta C_{reconst,t}$	Différence entre la reconstitution naturelle du stock de carbone post exploitation entre les scénarios de référence et de projet à l'année t (tC)
$S_{y,t}$	Surface de la strate y dans l'AAC i (ha)
$Re_{sc.ref,y,t}$	Stock de carbone séquestré pendant l'année t dans la strate y de l'AAC exploitée i dans le scénario de référence (tC/ha)
$Re_{sc.pj,y,t}$	Stock de carbone séquestré pendant l'année t dans la strate y de l'AAC exploitée i dans le scénario de projet (tC/ha)

## Etape 6 : Emissions de GES dues à la consommation de carburant

Les émissions de GES évitées par la mise en place du projet REDD+ concernent les émissions issues des engins de chantier/transport pour :

- le débardage/débusquage des tiges non exploitées ;
- le transport des grumes depuis le lieu de collecte jusqu'au parc à bois principal/unités de transformation ;
- le transport des grumes et produits finis depuis le parc à grumes de la concession/site de transformation jusqu'au site de distribution (port de Douala).

L'utilisation d'énergie liée à la transformation des produits en scierie et au transport maritime pour l'export est considérée négligeable (hypothèse conservatrice).

### Équation 15 : Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles des engins de débardage et de transport du bois à l'année t

$$E_{\text{comb.fossiles,t}} = E_{\text{débardage,t}} + E_{\text{transp.interne,t}} + E_{\text{transp.externe,t}}$$

Avec :

$E_{\text{comb.fossiles,t}}$	Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles des engins de débardage et de transport du bois à l'année t (tCO <sub>2</sub> )
$E_{\text{débardage,t}}$	Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles des engins de débardage/débusquage (tCO <sub>2</sub> )
$E_{\text{transp.interne,t}}$	Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles pour le transport du bois depuis le lieu de collecte jusqu'aux unités de transformation/parc à grume principal à l'année t (tCO <sub>2</sub> )
$E_{\text{transp.externe,t}}$	Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles pour le transport du bois depuis les unités de transformation/parc à grume principal jusqu'au site de distribution à l'année t (tCO <sub>2</sub> )

### Etape 5.1 : déterminer $E_{\text{débardage,t}}$

Dans le cadre du débardage/débusquage, il est difficile de directement relier le sacrifice d'exploitation aux kilomètres évités des différents engins de chantier utilisés pour ces opérations (bull et skidder). A contrario, il est possible de suivre les consommations journalières des différents engins utilisés par les équipes de débardages/débusquages (suivi des consommations à la pompe) et de les relier au nombre de tiges exploitées.

### Équation 16 : Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles des engins de débardage/débusquage

$$E_{\text{débardage,t}} = N_t \sum_v FE_{\text{comb.}} \times \text{Cons}_v$$

Avec :

$E_{\text{débardage,t}}$	Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles des engins de débardage/débusquage (tCO <sub>2</sub> )
--------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$N_t$	Nombre de tiges épargnées par le projet à l'année t (tiges)
$FE_{comb}$	Facteur d'émission du combustible (tCO <sub>2</sub> /L)
$Cons_v$	Consommation de l'engin de chantier v (L/tiges)

Etape 5.2 : déterminer  $E_{transp.interne,t}$

**Équation 17 : Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles pour le transport du bois depuis le lieu de collecte jusqu'aux unités de transformation/parc à grume principal à l'année t**

$$E_{transp.interne,t} = 2 \times \sum_i \overline{KM}_{interne,i,t} \times \sum_v \frac{\sum_j V_{ex,j,i,t} \times D_j}{Cap_v} \times \frac{FE_{comb.}}{Eff_v}$$

Avec :

$E_{transp.interne,t}$	Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles pour le transport du bois depuis le lieu de collecte jusqu'aux unités de transformation/parc à grume principal à l'année t (tCO <sub>2</sub> )
$\overline{KM}_{interne,i,t}$	Distance moyenne entre la zone de collecte dans l'UFA i du bois et le parc à grume principal/unité de transformation à l'année t (km)
$V_{ex,j,i,t}$	Volume commercial des tiges épargnées par le projet par essence j dans l'UFA i à l'année t (m <sup>3</sup> )
$D_j$	Densité ligneuse de base de l'espèce j (tms/m <sup>3</sup> )
$Cap_v$	Capacité de chargement des grumiers (t)
$FE_{comb}$	Facteur d'émission du combustible (tCO <sub>2</sub> /L)
$Eff_v$	Efficacité énergétique de l'engin de chantier v (km/L)

**Équation 18 : Volume commercial des tiges épargnées par le projet par essence j dans l'UFA i à l'année t**

$$V_{ex,j,i,t} = V_{brut,j,i,t} \times CC_j$$

Avec

$V_{ex,j,i,t}$	Volume commercial des tiges épargnées par le projet par essence j dans l'UFA i à l'année t (m <sup>3</sup> )
$V_{brut,j,i,t}$	Volume brut exploité pour l'espèce j dans l'UFA i (tC)
$CC_j$	Coefficient de commercialisation de l'espèce j

Etape 5.3 : déterminer  $E_{transp.externe,t}$

**Équation 19 : Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles pour le transport du bois depuis les unités de transformation/parc à grume principal jusqu'au site de distribution à l'année t**

$$E_{transp.externe,t} = 2 \times KM_{externe,t} \times \sum_v \frac{\sum_j V_{pb,j,t} \times D_j}{Cap_v} \times \frac{FE_{comb.}}{Eff_v}$$

Avec :

$E_{\text{transp. externe}, t}$	Emissions de GES imputables à la combustion de combustibles fossiles pour le transport du bois depuis les unités de transformation/parc à grume principal jusqu'au site de distribution à l'année t (tCO <sub>2</sub> )
$KM_{\text{externe}, t}$	Distance moyenne entre le parc à grume principal/unité de transformation et le lieu de distribution à l'année t (km)
$V_{pb, j, t}$	Volume des produits bois acheminés vers le lieu de distribution (grumes et volumes sortie usine destinés à l'export) à l'année t (m <sup>3</sup> )
$D_j$	Densité ligneuse de base de l'espèce j (tms/m <sup>3</sup> )
$Cap_v$	Capacité de chargement des grumiers (t)
$FE_{\text{comb}}$	Facteur d'émission du combustible (tCO <sub>2</sub> /L)
$Eff_v$	Efficacité énergétique de l'engin de chantier v (km/L)

**Équation 20 : Volume des produits bois acheminés vers le lieu de distribution (grumes et volumes sortie usine destinés à l'export) à l'année t**

$$V_{pb, t, j} = V_{ex, j, t} \times [\tau_{exp, j, t} + (1 - \tau_{exp, j, t}) \times \eta_{j, t}]$$

Avec :

$V_{pb, t, j}$	Volume des produits bois acheminés vers le lieu de distribution (grumes et volumes sortie usine destinés à l'export) à l'année t (m <sup>3</sup> )
$V_{ex, j, t}$	Volume commercial des tiges épargnées par le projet par essence j à l'année t (m <sup>3</sup> )
$\tau_{exp, j, t}$	Fraction du volume commercial exporté sous forme de grumes pour l'espèce j à l'année t (%)
$\eta_{j, t}$	Rendement matière pour l'espèce j à l'année t (%)

### 3.3.3 Emissions du scénario de projet

La mise en œuvre des activités de projet n'implique pas d'émissions de GES supplémentaires. Par conséquent, on peut estimer que les émissions de projet sont nulles.

### 3.3.4 Fuites

Les fuites prises en compte par le standard VCS (VCS, 2012a) pour le développement de projets REDD+ sont les fuites liées :

- Au déplacement des agents de déforestation ;
- Aux effets de marchés au niveau national.

En accord avec les directives VCS, dans le cadre de projet IFM, le développeur de projet doit s'assurer de l'absence de fuites dues aux déplacements des agents de déforestation/dégradation. Dans le cas présent, l'agent de dégradation est la société porteuse de projet et celle-ci n'exerce pas d'activités d'exploitation forestière en dehors de la zone de projet : les fuites liées au déplacement des agents de dégradation peuvent donc être considérées comme nulles.

Dans le cadre de projets IFM, les fuites de marchés sont prises en compte à partir du moment où les activités impliquent une diminution des volumes exploités dans le temps de manière significative, c'est-à-dire, en conformité avec le VCS (2012a), supérieure à 25% des volumes exploités.

La société Pallisco a stabilisé sa production annuelle depuis 2006 autour de 110 000 m<sup>3</sup> de volume commercial par an (moyenne calculée sur les données de production des années 2006 à 2011 avec un écart-type de 4000 m<sup>3</sup>/an).

La mise en œuvre du premier scénario de projet REDD+ (%RE = 100) implique une diminution moyenne du volume commercial d'environ 26 000 m<sup>3</sup> et le deuxième scénario (%RE = 50), de 12 000 m<sup>3</sup> ce qui correspond à respectivement 23% et 11% de la production totale. En conséquence, on peut estimer que les effets de marché et émissions de GES correspondantes seront négligeables.

### 3.3.5 Estimation des émissions de GES évitées nettes (tCO<sub>2eq</sub>)

Les réductions d'émissions attendues du projet se calculent selon l'équation suivante :

**Équation 21 : Réduction d'émissions de GES à l'année t**

$$RE_t = GES_{sc.ref,t} - GES_{sc.pj,t} - GES_{fuites,t}$$

Avec :

$RE_t$	Réduction d'émissions de GES à l'année t (tCO <sub>2eq</sub> )
$GES_{sc.ref,t}$	Emissions du scénario de référence à l'année t (tCO <sub>2eq</sub> )
$GES_{sc.pj,t}$	Emissions du scénario de projet à l'année t (tCO <sub>2eq</sub> )
$GES_{fuites,t}$	Emissions de fuites à l'année t (tCO <sub>2eq</sub> )

Dans le cas particulier de ce projet IFM-ERA, on a :

$$RE_t = GES_{sc.ref,t}$$

Les tableaux ci-dessous résument les réductions d'émissions attendues par la mise en œuvre du projet REDD+ dans les deux scénarios A et B retenus.

PROJET IFM-ERA A : %RE=100						
Année	C <sub>bm,sortant,t</sub>	C <sub>résidus comb.,t</sub>	C <sub>sq pb,t</sub>	ΔC <sub>reconst ,t</sub>	E <sub>comb.fossiles,t</sub>	RE <sub>t</sub>
2014	14 924	15 746	13 220	-1 473	861	19 785
2015	27 599	16 043	13 554	684	863	30 267
2016	38 069	16 005	13 569	2 837	862	38 530
2017	45 535	14 689	12 551	4 820	785	43 639
2018	51 455	14 388	12 328	6 768	760	47 506
2019	58 929	17 132	14 580	9 084	918	53 315
2020	64 582	16 620	14 097	11 325	877	56 657
2021	68 682	16 049	13 565	13 486	845	58 525
2022	71 461	15 404	13 069	15 554	810	59 052
2023	75 429	17 167	14 515	17 863	902	61 120
2024	81 477	20 191	16 846	20 572	1 067	65 318
2025	85 810	19 365	16 377	23 178	1 027	66 648
2026	87 536	17 475	14 718	25 519	910	65 686
2027	88 823	17 300	14 604	27 840	909	64 588
2028	90 251	17 687	14 926	30 213	932	63 731
2029	94 139	20 429	17 318	32 975	1 078	65 352
2030	96 623	19 751	16 579	35 640	1 048	65 202
2031	96 872	17 945	14 967	38 047	952	62 756
2032	98 110	18 969	15 913	40 598	1 018	61 586
2033	98 928	18 697	15 751	43 121	1 026	59 779
2034	99 041	17 641	15 299	45 584	999	56 798
2035	91 764	10 594	8 350	47 016	598	47 590
2036	84 711	9 481	7 472	48 298	529	38 950
2037	78 407	8 975	7 074	49 511	508	31 305
2038	72 972	8 736	6 886	50 692	483	24 613
<b>TOTAL</b>	<b>1 862 130</b>	<b>402 480</b>	<b>338 127</b>	<b>639 750</b>	<b>21 567</b>	<b>1 308 299</b>

Tableau 31: Réduction d'émissions de GES attendues par le projet IFM A : %RE=100

PROJET IFM-ERA B : %RE=50						
Année	C <sub>bm,sortant,t</sub>	C <sub>résidus comb.,t</sub>	C <sub>sq pb,t</sub>	ΔC <sub>reconst,t</sub>	E <sub>comb.fossiles,t</sub>	RE <sub>t</sub>
2014	7 842	6 969	8 127	-1 007	486	8 178
2015	14 650	7 255	8 469	181	497	13 752
2016	20 401	7 378	8 594	1 384	506	18 307
2017	24 662	6 932	8 091	2 513	471	21 462
2018	28 015	6 745	7 922	3 618	452	23 671
2019	31 963	7 758	9 143	4 898	527	26 207
2020	34 938	7 531	8 833	6 136	508	28 009
2021	37 012	7 191	8 427	7 319	486	28 943
2022	38 716	7 265	8 401	8 493	484	29 571
2023	40 776	7 783	9 087	9 767	528	30 233
2024	43 336	8 459	9 974	11 178	589	31 232
2025	45 687	8 735	10 220	12 612	606	32 196
2026	46 702	7 976	9 239	13 908	541	32 071
2027	47 492	7 919	9 193	15 197	540	31 561
2028	48 337	8 092	9 391	16 514	550	31 073
2029	50 194	8 963	10 630	18 007	622	31 142
2030	50 922	8 199	9 788	19 390	581	30 523
2031	50 675	7 546	8 881	20 647	529	29 222
2032	51 097	8 077	9 542	21 993	571	28 210
2033	51 375	7 983	9 479	23 329	579	27 129
2034	50 732	6 707	8 710	24 556	528	24 701
2035	44 921	2 172	3 124	25 036	211	19 143
2036	39 803	1 944	2 796	25 465	187	13 672
2037	35 429	1 840	2 647	25 872	179	8 930
2038	31 745	1 791	2 576	26 267	171	4 864
<b>TOTAL</b>	<b>967 421</b>	<b>169 210</b>	<b>201 283</b>	<b>343 274</b>	<b>11 929</b>	<b>604 003</b>

Tableau 32: Réduction d'émissions de GES attendues par le projet IFM B : %RE=50

### 3.4 INCERTITUDES

Le montant de crédits carbone ou *Verified Carbon Units* (VCUs) calculé pour chaque année t du projet au moment de la période du rapportage correspondent aux réductions de GES ajustées par les estimations d'incertitudes et de risque.

#### 3.4.1 Méthodologie d'estimation et de prises en compte des incertitudes

Les estimations de réduction de GES sont réalisées à partir d'estimation de stock de carbone, superficies, facteurs d'émissions ou de conversion, etc. auxquels sont associés des incertitudes qui doivent permettre d'estimer l'incertitude globale des réductions d'émissions selon la formule suivante :

$$\varepsilon_{IFM,t} = \sqrt{(\varepsilon_{sc.ref,t})^2 + (\varepsilon_{sc.pj,t})^2 + (\varepsilon_{fuites,t})^2}$$

Avec :

$\varepsilon_{IFM,t}$	Incertitude annuelle (erreur absolue) des estimations de réductions d'émissions du projet IFM (tCO <sub>2</sub> )
$\varepsilon_{sc.ref,t}$	Incertitude annuelle (erreur absolue) des estimations des émissions du scénario de référence (tCO <sub>2</sub> )
$\varepsilon_{sc.pj,t}$	Incertitude annuelle (erreur absolue) des estimations des émissions du scénario de projet (tCO <sub>2</sub> )
$\varepsilon_{fuites,t}$	Incertitude annuelle (erreur absolue) des estimations des émissions de fuite (tCO <sub>2</sub> )

Dans le cas du projet IFM-ERA décrit dans le cadre de ce document, on a :

$$\varepsilon_{IFM,t} = \varepsilon_{sc.ref,t}$$

Cette incertitude doit être estimée pour chacune des périodes de reportage afin de définir le montant de crédits qui sera imputables au montant global des VCU à créditer pour cause de manque de précision des résultats.

L'estimation des incertitudes peut être réalisée de trois manières :

- (i) à partir des données par défaut et lignes directrices du GIEC;
- (ii) d'un échantillonnage statistique ;
- (iii) de jugements d'experts justifiés.

Dans les cas où il n'est pas possible d'estimer l'incertitude d'un paramètre, la valeur qu'il lui est assigné doit être démontrée conservatrice de manière à pouvoir ignorer l'incertitude associée.

Selon les méthodologies, la précision recherchée pour le calcul des réductions d'émissions doit être de :

1. **VM0010** (Greencollar, 2011) : +/- 15% pour un intervalle de confiance de 95% pour la quantification des erreurs aléatoires conformément aux lignes directrices du GIEC (2006c). Les impacts sur le montant des crédits sont calculés en fonction de l'erreur relative des estimations de réduction globales ( $U_{IFM}$ ) comme il suit :

- i. Si  $U_{IFM,t} \leq 15\%$  alors il n'y aura pas de déduction ;
- ii. Si  $U_{IFM,t} > 15\%$  alors le montant de crédits générés par le projet sera égal à :

$$Crédits_t = RE_t \left( 1 - \frac{U_{IFM,t}}{100} \right)$$

2. **VM0011** (CarbonPlanet Limited, 2011) : +/- 10% pour un intervalle de confiance de 95%. Les impacts sur le montant des crédits sont calculés en fonction de l'erreur relative des estimations de réduction globales ( $U_{IFM}$ ) comme il suit :

- i. Si  $U_{IFM,t} \leq 10\%$  alors il n'y aura pas de déduction ;
- ii. Si  $U_{IFM,t} > 10\%$  alors le montant de crédits générés par le projet sera égal à :

$$Crédits_t = RE_t \left( 1 - \frac{U_{IFM,t} - 10}{100} \right)$$

3. **VM0005 – VCS Tool VT0003 v1.0** (VCS, 2010b) : +/- 10% pour un intervalle de confiance de 90%. Les impacts sur le montant des crédits sont calculés en fonction de l'erreur relative des estimations de réduction globales ( $U_{IFM}$ ) comme il suit :

- i. Si  $U_{IFM,t} \leq 10\%$  alors il n'y aura pas de déduction ;
- ii. Si  $U_{IFM,t} > 10\%$  alors le montant de crédits générés par le projet sera égal à :

$$Crédits_t = RE_t \left( 1 - \frac{U_{IFM,t}}{100} \right)$$

### 3.4.2 Estimation des incertitudes relatives au projet

Nous conserverons l'approche préconisée au point 3 qui correspond à l'outil de calcul des incertitudes approuvé par le VCS pour les projets IFM (VCS, 2010b). Le calcul des incertitudes sera basé sur les préconisations faites lors de la mise en œuvre du monitoring du projet qui permettra d'obtenir des valeurs plus fiables sur les estimations de réductions d'émissions que dans le cadre de l'estimation ex-ante notamment pour le calcul du nombre de tiges préservées par le projet (estimé lors des inventaires d'exploitation vs données d'inventaires d'aménagement). Le but ici est de trouver un compromis permettant de minimiser au maximum les incertitudes afin de conserver un montant de crédits suffisant sans pour autant augmenter de façon drastique les coûts de monitoring.

- **Incertitudes sur  $C_{bm,entrant,hp,t}$**

Cette incertitude sur le carbone des arbres exploités prend en compte :

- i. **Erreurs liées aux inventaires d'aménagement.** L'erreur maximale dans les inventaires d'aménagement est de 10% dans un intervalle de confiance de 95% pour les essences les plus importantes (ONADEF, 1991). En pratique, sur le terrain, l'erreur statistique est généralement plus faible. L'erreur peut être minimisée si les inventaires d'exploitation – beaucoup plus précis – sont pris en compte. S'agissant d'un paramètre important pour l'ensemble des estimations des variations de stocks de carbone dans les différents compartiments, il est préconisé dans le cadre du monitoring du projet de comptabiliser lors de la prospection les tiges des essences concernées comprises entre  $DMA_{ref}$  et  $DMA_{pj}$ . L'erreur résiduelle concerne les erreurs réalisées par l'équipe de prospection lors des inventaires d'exploitation. Lors des contrôles post exploitation réalisés par la société, il a été estimé que ces erreurs se situent généralement autour de 0,4 – 1%.

On notera que l'inventaire de ces tiges dans ces classes de diamètres n'affectera que de manière négligeable les coûts d'inventaires. De plus, l'inventaire de ces tiges pourra être utilisé pour les calculs de préservation des semenciers (sous réserve que le diamètre de fructification des essences en question soit atteint) et des PFNL réalisés dans le cadre de la certification FSC (indicateurs 6.3.5 et 5.4.7).

- ii. **Erreurs liées aux tarifs de cubage** permettant à partir des résultats d'inventaire (nombre de tiges par classe de diamètre et par essence) d'estimer les volumes bruts. Sur un échantillon de 811 tiges, l'erreur globale a été estimée à 7% par rapport aux cubages manuels sur pieds abattus. Pour diminuer cette erreur, il sera proposé de revoir les tarifs de cubage des essences pour lesquelles l'incertitude est élevée (notamment l'Ayous) en se focalisant essentiellement sur les diamètres concernés par le projet.

- iii. **Erreurs sur la densité des bois.** Cette erreur peut être calculée d'après les densités à 12 % d'humidité déterminées par le CIRAD (*TROPIX CIRAD 1998-2011*). Dans un intervalle de confiance de 90%, on estime l'erreur relative issue de ces données à, en moyenne, 5,2%.

Essence	Densité à 12 %	Ecart type	Effectif de l'échantillon*	Erreur (CI=90%)
Acajou	0,57	0,08	10	0,043
Ayous	0,38	0,05	24	0,017
Bilinga	0,76	0,07	15	0,030
Bossé clair	0,63	0,03	3	0,029
Doussié	0,80	0,06	18	0,024
Dibétou	0,53	0,06	9	0,034
Iroko	0,64	0,06	15	0,026
Kossipo	0,69	0,07	4	0,059
Moabi	0,87	0,07	3	0,068
Okan	0,91	0,1	10	0,053
Padouk rouge	0,79	0,09	7	0,057
Sapelli	0,69	0,04	20	0,015
Tali	0,91	0,08	15	0,035
Tiama	0,55	0,05	9	0,028

Source : TROPIX CIRAD 1998-2011 (<http://tropix.cirad.fr/afr.html>)

\* J. beauchêne, comm. pers.

**Tableau 33: Densité à 12 % d'humidité des essences couramment exploitées par Pallisco**

- iv. **Erreur sur le coefficient de houppier** qui est de 0,11 pour un coefficient de houppier de 0,63 soit une erreur de 29% dans un intervalle de confiance de 90% (calcul sur les données non publiées, Durrieu De Madron). Ce paramètre pourra être revu en fonction des résultats issus du projet d'élaboration d'équations allométriques mis en œuvre sur la concession.
- v. **Erreur sur les coefficients de commercialisation.** Les coefficients de commercialisation utilisés pour le calcul des réductions d'émissions ont été élaborés par la société à partir d'études de recollement sur les données d'exploitation antérieures. Etant donné l'importance des données existantes sur les essences visées par le projet, l'erreur induite par ce paramètre peut être estimée faible. Dans une première approche, nous considérerons une erreur relative de 5% sur l'ensemble des essences.

▪ **Incertitudes sur  $C_{bm,entrant,dégâts,t}$**

Cette incertitude qui porte sur les dégâts d'exploitation prend en compte :

- i. **Erreurs sur l'évaluation des pistes.** Il a été estimé à partir des relevés de terrain, une erreur type de 0,05 m (N = 31) en largeur soit une erreur relative de 2% dans un intervalle de confiance de 90%. Il n'a pas possible de calculer à ce stade l'erreur sur la longueur car les pistes mesurée au cours la mission de terrain ont été sommées par bretelle débouchant sur

un parc puis ramenées au nombre d'arbres débardés par cette bretelle. Les données de suivi post-exploitation et de Ndassa (2010) ne permettent pas non plus de calculer l'erreur.

Dans le cadre de l'estimation ex-ante et du dispositif MRV, il est préconisé d'effectuer des relevés du réseau de débardage (largeur et longueur au GPS) à relier au nombre d'arbres et au volume exploité, de manière à quantifier l'impact du débardage en fonction de l'intensité de l'exploitation sur des zones bien définies et représentatives des UFA et des intensités de prélèvements pratiquées. Ces relevés dans le cadre du MRV pourront être effectués lors des contrôles post-exploitation. A défaut, une approche conservative devra être adoptée (par exemple, estimer par SIG les distances minimales, à partir de la route/piste/tige exploitées, à parcourir pour débarder une tige concernée par le projet REDD+). On notera que la méthode de relevé au GPS du réseau d'exploitation est relativement précise et n'introduit pas d'erreur significative.

- ii. **Erreur sur l'évaluation des trouées.** L'erreur dans un intervalle de confiance de 90% liée à l'estimation des trouées est estimée 36,1m<sup>2</sup> soit 6,6% d'erreur relative. Une erreur est également induite par la méthode de mesure des trouées correspondant à l'écart mesuré entre la superficie d'une trouée mesurée par la juxtaposition de figures géométriques (carrés, rectangles, demi cercles...) et la mesure par bandes successives contigües de 5 m de large de la trouée. Cette mesure faite sur une seule trouée a été estimée à 17 %. Dans le cadre de l'estimation ex-ante, ce calcul pourra être révisé de manière à pouvoir estimer la précision du modèle dans un IC de 90%.
- iii. **Erreurs liées aux inventaires d'aménagement.** L'incertitude liée aux inventaires d'aménagement est de 10% maximum. Par contre, en fonction du coefficient de variation, l'incertitude pour les tiges comprises dont le DBH est inférieur à 20 cm peut être beaucoup plus grande. On remarquera cependant que l'incidence d'une incertitude élevée sur ce compartiment est très faible sur l'incertitude globale. Une analyse de sensibilité a été réalisée à partir des résultats attendus pour le projet %RE=100 sur l'UFA 10.039 et montre qu'une incertitude de 50% vs 10% implique une augmentation de l'incertitude sur  $C_{\text{bm,entrant,dégâts,t}}$  de 2%.
- iv. **Erreur liée à l'équation allométrique utilisée.** L'erreur sur le calcul de la biomasse est difficile à déterminer car la variance augmente avec la variable diamètre de façon puissance dans la formule de Samba *et al.* (2011). Cependant, un autre calcul a été fait avec l'équation générale inter tropicale (mais sans arbres échantillonnés en Afrique) de Chave *et al.* (2005).

Groupe d'UFA	DBH < 30 cm		DBH < 70 cm		Tous diamètres	
	Valeurs Samba vs Chave	Différence en %	Valeurs Samba vs Chave	Différence en %	Valeurs Samba vs Chave	Différence en %
10 030-31	70 / 92	+ 24	167 / 209	- 20	227 / 282	+ 19,5
10 039	74 / 97	+ 24	217 / 233	- 7	306 / 380	+ 19,5
10 041-44	101 / 133	+ 24	185 / 235	- 21	289 / 368	+ 21,5

**Tableau 34: Différence entre la biomasse estimée par l'équation de Chave *et al.* (2005) et l'équation de Samba *et al.* (2011) pour trois groupes de classes de diamètre.**

On a donc une différence de l'ordre de 20 % entre la biomasse estimée par Chave et al. (2005) et celle estimée par l'équation de Samba et al. (2012). Pour Djomo (2010) selon les mesures d'Ibrahima et al. (2012) faites sur deux sites au Cameroun auxquelles ont été ajoutées des mesures faites sur d'autres continents, l'équation allométrique générale développée par Chave et al. (2005), estime la biomasse aérienne totale à travers différents sites avec une **différence moyenne de 20,3%**, suivi par les équations développées dans la présente étude avec **en moyenne 29,5%**.

v. **Erreur sur la densité des bois**

Les données disponibles sur les densités anhydres des arbres africains sont celles collectées par Reyes et al. (1992) sur 282 espèces, reprises par le GIEC (2006a). La densité moyenne calculée avec ses données est de 0,58 et l'erreur type de **0,008** soit 2,3% dans un IC de 90%.

▪ **Incertitudes sur  $C_{bm,sortant,t}$**

L'incertitude totale sur l'évaluation du compartiment bois mort prend en compte :

- i. **Incertitudes relatives au bois mort laissé en forêt des grumes exploitées et des dégâts d'exploitations associés ( $C_{bm,entrant,t}$ )**
- ii. **Erreur sur le taux de décomposition** estimée à erreur de 0,026 année<sup>-1</sup> (cf. encadré 4).

▪ **Incertitudes sur  $C_{résidus comb.,t}$  et  $C_{sq pb,t}$**

L'incertitude totale sur l'évaluation de ces paramètres prend en compte :

- i. **Les incertitudes relatives aux calculs de  $C_{ex,j,t}$**  (erreurs sur les inventaires, densités spécifiques, coefficients de commercialisation et tarifs de cubage)
- ii. **L'incertitude sur les rendements matières par essences.** Dans la méthode utilisée on considère que tous les produits issus de la transformation permettront une séquestration du carbone sur le long-terme et que ne seront pas occasionnées de pertes supplémentaires (ne sont pas considérées les opérations de transformation ultérieures). L'approche est conservatrice et on considérera donc une incertitude de 0%.
- iii. **L'incertitude sur le rendement matière utilisé pour la transformation des produits exportés sous forme de grumes.** Le choix du paramètre est conservatif (cf. partie 2.4.2) et donc on considérera une incertitude de 0%.

▪ **Incertitudes sur  $\Delta C_{reconst,t}$**

L'incertitude totale sur l'évaluation de ce paramètre prend en compte :

- i. **Erreurs induites par les inventaires** pour l'évaluation du nombre de tiges épargnées par le projet.
- ii. **Erreur liée à l'équation allométrique utilisée.**
- iii. **Erreurs sur les vitesses de reconstitution de la biomasse.** La taille du dispositif de suivi est déterminée en utilisant l'outil méthodologique requis par le VCS : "Calculation of

the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities”, approuvé par le Conseil exécutif du Mécanisme Développement Propre (MDP) qui permet d’atteindre une précision de 10% dans un IC de 90% (cf. Partie 4.2).

■ **Incertitudes sur  $E_{\text{comb.fossiles,t}}$**

L’incertitude totale sur l’évaluation de ce paramètre prend en compte :

- i. **Erreur sur l’estimation du poids des différents chargements** (erreurs sur les inventaires, tarifs de cubage, coefficients de commercialisation, densités spécifiques et rendement matière).
- ii. **Erreurs sur les consommations au km des véhicules.** Pour les bulldozers et skidder, les consommations des véhicules utilisés par les équipes de débardages/débusquages sont ramenées au nombre de tiges exploitées via un suivi effectué au niveau des sorties de carburant à la pompe, on estimera les incertitudes liées à ce suivi comme négligeable dans un premier temps. Pour les grumiers, la consommation retenue correspond aux spécifications du constructeur et ne prend pas compte les pertes liées notamment à l’usage des véhicules (approche conservatrice), on retiendra une incertitude relative de 0%.
- iii. **Erreurs sur les distances de parcours et la charge utile.** L’estimation réalisée dans le cadre de l’estimation ex-ante (calcul par SIG de la distance minimale effectuée par les routes principales existantes entre Mindourou et l’UFA concernée + distance « à vol d’oiseau » entre les routes et le centroïde de l’AAC concernée) et l’estimation qui sera réalisée dans l’estimation ex-post (distance calculée par SIG entre Mindourou et le premier parc à grume de l’ACC concernée) sont conservatrices. De même dans cette estimation, il est considéré que les grumiers transportent des produits au maximum de la capacité de chargement légal. On retiendra donc une incertitude relative de 0%.
- vi. **Erreur sur les facteurs d’émissions.** On retiendra pour le CO<sub>2</sub> une incertitude de 2-5 % qui a pour cause l’incertitude dans la composition du carburant (GIEC, 2006b).

En conclusion, on retiendra, dans une première approche pour cette étude de faisabilité et en conformité avec les directives du GIEC (2006c) et l’outil VCS VT0003 (2010b) qui définissent les règles pour l’estimation des incertitudes totales sur les réductions d’émissions, pour les deux projets IFM, **une incertitude totale sur les réductions d’émissions de 25%.**

### 3.5 PERMANENCE

Pour déterminer le taux de risques associé à la non-permanence des projets AFOLU, les directives VCS demandent au développeur de garantir la réduction des émissions de GES face à différents risques divisés en 3 catégories « internes, externes et naturels ». Les risques non maîtrisés seront pris en compte dans le calcul d’un buffer à appliquer aux unités de réduction d’émission issues des variations de stocks de carbone forestier uniquement. Pour l’évaluation des risques dans le cadre du

VCS, réalisée lors des évènements de vérification, l'utilisation de l'outil *Tool for AFOLU Non-Permanence Risk Analysis and Buffer Determination*, le plus récent est requis. Dans le cadre de cette étude l'outil *AFOLU Non-Permanence RiskToolv3.2* (VCS, 2012b) a donc été utilisé. On remarquera que, en fonction de l'évolution du projet, les crédits assignés au buffer peuvent être supprimés/suspendus (si un événement a provoqué des pertes résultant en des réductions d'émissions négatives ou si le porteur de projet n'a pas effectué de vérification dans un pas de temps supérieur à 5 ans) ou réattribués partiellement tous les cinq ans (si le score de risque est constant ou inférieur au score observé lors de la dernière vérification). Dans le cadre de cette étude de faisabilité, nous considérerons dans un premier temps que le score de risque reste constant sur toute la période de crédit et appliquerons un pourcentage de réattribution des crédits du buffer de 15% conformément aux directives du VCS : *Registration and IssuanceProcessv3.4* (2012d).

On remarquera que dans l'outil VCS (2012b), il est précisé que le projet n'est pas éligible si sa longévité est inférieure à 30 ans. La longévité d'un projet REDD+ est définie tel que le nombre d'années comprises entre la date du début du projet et la date de fin de maintien des activités. La mise en œuvre du projet REDD+ va permettre à la société porteuse de préserver un certain nombre d'essences d'intérêt commercial dans l'objectif de conserver un attrait économique suffisamment intéressant pour une seconde rotation. Lors de la mise en œuvre d'un projet REDD+, la société doit donc s'engager à maintenir ses pratiques de gestion durable dans le cadre d'une seconde rotation ce qui peut être justifié par l'adhésion de la société au FSC conformément aux directives VCS (2012b). On remarquera cependant que rien ne garantit légalement à la société qu'elle conservera son permis d'exploitation au-delà de la première rotation (les terres appartiennent à l'Etat et le bail de la concession est de 15 ans selon la loi camerounaise). Une solution qui pourrait être préconisée est la mise en place d'un accord entre la société et l'Etat garantissant à Pallisco son droit d'exploitation sur une deuxième rotation lors de la mise en place des accords de partage de bénéfices carbone issus du projet entre les différentes parties prenantes.

	Catégorie	Type de risque /mesure préventive	Score	Commentaires
RISQUES INTERNES	Gestion de projet	Les espèces plantées ne sont pas natives/prouvées adaptées aux zones agro-écologique en question	n/a	-
		Un plan de prévention à plus long terme pour la protection de 50% des stocks de carbone protégés est prévu par le projet	0	-
		L'équipe de projet ne dispose pas de toutes les compétences nécessaires pour la mise en œuvre du projet	0	La société est certifiée FSC et dispose d'ores et déjà des compétences nécessaires pour la mise en œuvre du projet – des partenariats sont également en place pour les activités de suivi et de recherche (suivi placettes permanentes, établissement équations allométriques, etc.)
		L'équipe de projet n'est pas présente en permanence sur le site	0	-
		<i>Atténuation</i> : l'équipe de gestion dispose de compétences significatives dans le domaine de la mise en œuvre de projets carbone	n/a	Ce facteur dépend du recrutement opéré si le projet REDD+ est mis en œuvre.
		<i>Atténuation</i> : un plan de gestion adaptative est en place	n/a	-
	Viabilité financière	Durée de retour sur investissement	1	Les investissements à réaliser sont relativement faibles (cf. partie 4.3). On considéra donc une durée de retour sur investissement équivalente à la durée entre le début du projet et la première délivrance de VCU (5 ans).
		Sécurisation des besoins en trésorerie	0	Dans une première approche, étant donné du coût faible attendu de mise en œuvre du projet, on estimera que le projet dispose de plus de 80% des besoins en trésorerie avant que celui-ci n'ait atteint son seuil de rentabilité
	Coûts d'opportunité	Différence relative entre les VAN des scénarios de référence et de projet <sup>8</sup>	8	Cf. Partie 4.3 : Analyse financière
		<i>Atténuation</i> : le porteur de projet est une ONG <i>Atténuation</i> : Il existe un engagement juridiquement contraignant qui oblige la continuité des pratiques protégeant les stocks de carbone sur la durée de crédit du projet ou sur une période d'au moins 100 ans	n/a -2	- La révision du plan d'aménagement prévue dans la cadre du critère 7.2 du FSC permettrait de garantir la mise en œuvre du projet REDD+ (augmentation des DMA) sur la période de crédit du projet.

<sup>8</sup>En conformité avec les directives VCS qui demandent à ce que soit considérées les données issues des sources fiables sur la situation des marchés, a été considéré un prix de US\$12,7 par VCU correspondant aux prix moyen de vente des VCU issues des projet IFM (Ecosystem Marketplace, 2012) soit 9,6 euros/VCU.

	Longévité du projet	Sécurisation de la continuité des activités	13	Pour le calcul de ce paramètre, on considère une longévité du projet égale à la durée de créditacion (25 ans) et d'une seconde rotation (30 ans)
	<b>TOTAL RISQUES INTERNES</b>		<b>20</b>	<i>Condition d'éligibilité <math>R_{int} \leq 35</math></i>
<b>RISQUES EXTERNES</b>	Propriété du foncier et droits d'usage	Les droits fonciers et droits d'usage sont détenus par des entités différentes	2	-
		Il existe des disputes sur les droits de propriétés	0	L'Etat est propriétaire des terres
		Il existe des disputes sur les droits d'accès et/ou d'utilisation	5	Geovic SA, société d'exploitation minière, dispose d'un permis d'exploitation qui chevauche partiellement les UFA de Pallisco. Cependant, l'activité n'a pour le moment pas débuté.
		<i>Atténuation</i> : Il existe un engagement juridiquement contraignant qui oblige la continuité des pratiques protégeant les stocks de carbone sur la durée de créditacion du projet	0	La révision du plan d'aménagement prévue dans le cadre du critère 7.2 du FSC permettrait de garantir la mise en œuvre du projet REDD+ (augmentation des DMA) sur la période de créditacion du projet. Cependant, il n'est pas garanti que l'exploitation minière ne débute pas sur cette période.
		<i>Atténuation</i> : Dans le cadre de disputes sur les droits d'accès/d'usage, il existe une documentation prouvant que des activités de résolution de disputes sont mises en œuvre	-2	Dans le cadre des conflits futurs potentiels liés à l'exploitation minière, Pallisco maintient des échanges réguliers et a prévu de mettre en place de gestion concertée avec Geovic en regard des zones concernées dans le cadre de son suivi des Forêts à Haute Valeur de Conservation (FHVC). Dans le cadre des conflits avec les populations locales, un système de concertation, d'enregistrement et de résolution des conflits a été mis en place. Ces deux aspects font l'objet d'un suivi régulier et sont documentés.
Implication des communautés	Consultation des communautés locales	0	Notamment dans le cadre du FSC, Pallisco a mis en place en collaboration avec les populations locales des Comités Paysans Forêt (CPF) qui se réunissent régulièrement avec les représentants de la société pour être consultés/sensibilisés sur l'exploitation forestière au sens large. Dans l'éventualité de la mise en œuvre du projet REDD+, il sera relativement simple, par l'intermédiaire de ces réunions, d'envisager de consulter l'ensemble des acteurs concernés.	
	<i>Atténuation</i> : le projet génère des impacts positifs pour les communautés	-5	Dans le cadre de l'identification des FHVC de type HVC 5 sur l'ensemble des UFA de Pallisco, les Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) intéressants les populations de la zone ont été identifiés. Parmi ces PFNL, on compte l'Assamela, le Dibétou, l'Iroko, le Moabi, l'Okan, le Padouk, le Sapelli, le Taliqi seront	

				moins exploitées grâce au projet.
	Risques politiques	Score de gouvernance	6	Total estimé à -0.84 : moyenne des indicateurs "World Bank Institute's Worldwide Governance Indicators" sur les 5 dernières années pour lesquelles les données sont disponibles (2007-2011) correspondant à un score de 6 selon la méthodologie préconisée par l'outil
		Atténuation : le pays est membre du FCPF	-2	Le Cameroun a notamment souligné dans son R-PIN (MINEP, 2008) la nécessité d'identifier et de diffuser de nouvelles pratiques d'aménagement durable dans les concessions en tant que stratégie REDD+
	<b>TOTAL RISQUES EXTERNES</b>		<b>4</b>	<b>Condition d'éligibilité <math>R_{ext} \leq 20</math></b>
RISQUES NATURELS	Risques naturels	Feux	0	Compte tenu du type de projet, de la localisation, de la répartition des stocks de carbone préservés par le projet, de la nature du milieu forestier présent dans la concession (forêts denses humides) et du climat (précipitation, humidité), les risques naturels sont supposés insignifiants en regard de pertes potentielles de stocks de carbone préservés par le projet.
		Attaques phytosanitaires	0	- Concernant les feux, ils sont utilisés par les populations riveraines dans la zone agro-forestière et par les chasseurs dans leurs campements temporaires pour fumer la viande de brousse. Dans les deux cas, il est improbable qu'il s'étende et qu'il envahisse le massif. D'autre part, l'agriculture itinérante sur brûlis est interdite et quasi-inexistante dans le périmètre de la concession (Sepulchre <i>et al.</i> , 2008).
		Evènements climatiques extrêmes	0	- En 2011, une tempête a provoquée d'importants dégâts dans l'UFA 10.030-31. Cependant, seulement la probabilité d'occurrence de ces événements reste très faible au regard de l'historique de la forêt et ces dégâts n'ont touché que 1% de la superficie de la concession.
		Autres	0	
	<b>TOTAL RISQUES NATURELS</b>		<b>0</b>	<b>Condition d'éligibilité <math>R_{nat} \leq 35</math></b>
	<b>TOTAL RISQUES</b>		<b>24</b>	<b>Condition d'éligibilité <math>R_{to} \leq 60</math></b>

Tableau 35: Analyse des risques associés au projet IFM en conformité avec l'outil VCS AFOLU Non-Permanence RiskToolv3.2 (2012b)

Dans une première approche, l'outil nous permet d'évaluer le score de risques à 24. Les risques étant principalement issus des problèmes liés aux garanties sur la longévité du projet et le problème lié aux chevauchements des permis d'exploitation forestière et minière. On retiendra donc **un buffer de 24%**.

### 3.6 ESTIMATION DES CREDITS CARBONE ET VCUS

Le montant d'unité de réductions vérifiées qui seront générées par le projet se calcule de la manière suivante :

$$VCU_{net,t2} = (Crédits_{t2} - Crédits_{t1}) - Bu_{t2}$$

Avec :

$VCU_{net,t2}$	Nombre d'unités de réduction vérifiées VCS au temps $t_2$
$Crédits_{t2}$	Réduction d'émissions nettes au temps $t_2$ (en $tCO_{2eq}$ )
$Crédits_{t1}$	Réduction d'émissions nettes au temps $t_1$ (en $tCO_{2eq}$ )
$Bu_{t2}$	Nombre cumulés de crédits retenus dans le buffer à $t_2$

De manière générale, les méthodologies IFM VCS recommandent une fréquence de vérification de 5 ans maximum (sous réserve d'une suspension de 50% des crédits déposés dans le buffer). Dans l'objectif de minimiser les coûts inhérents aux audits nécessaires dans le cadre du MRV compris entre 7 500 et 15 000 euros / audit (VCS, com. pers. 2012), sera retenue une fréquence de vérification des réductions d'émissions de 5 ans.

Le tableau suivant donne les résultats attendus par le projet dans les deux scénarios retenus (%RE = 100 et 50) en termes de VCUs sur la période de créditation.

Année	Réduction d'émissions nettes pour le carbone forestier (tCO <sub>2eq</sub> )	Réduction d'émissions nettes pour les autres sources de GES (tCO <sub>2eq</sub> )	Réduction d'émissions nettes de GES au moment de la vérification (tCO <sub>2eq</sub> )	Crédits retenus par le buffer au moment de la vérification (Crédits)	Crédits réattribués au moment de la vérification (règle des 15%) (VCUs)	Nombre total de VCUs générées au moment de la vérification (VCUs)	Nombre cumulé de crédits dans le buffer (Crédits)	Nombre cumulé de VCUs générées (VCUs)
2014	14 193	646						
2015	22 054	647						
2016	28 251	646						
2017	32 140	589						
2018	35 059	570	134 796	31 607	0	103 188	31 607	103 188
2019	39 298	688						
2020	41 835	658						
2021	43 260	633						
2022	43 681	608						
2023	45 164	676	216 501	51 177	12 418	177 742	70 367	280 930
2024	48 188	801						
2025	49 215	771						
2026	48 582	683						
2027	47 759	682						
2028	47 099	699	244 478	57 803	19 225	205 901	108 944	486 831
2029	48 206	808						
2030	48 116	786						
2031	46 353	714						
2032	45 426	763						
2033	44 064	770	236 006	55 720	24 700	204 986	139 964	691 818
2034	41 849	749						
2035	35 244	448						
2036	28 816	397						
2037	23 098	381						
2038	18 098	362	149 442	35 305	26 290	140 427	148 979	832 245

Tableau 36 : Estimation du nombre de VCUs attendu sur la période de créditation dans le cadre du projet A : RE=100%

Année	Réduction d'émissions nettes pour le carbone forestier (tCO <sub>2eq</sub> )	Réduction d'émissions nettes pour les autres sources de GES (tCO <sub>2eq</sub> )	Réduction d'émissions nettes de GES au moment de la vérification (tCO <sub>2eq</sub> )	Crédits retenus par le buffer au moment de la vérification (Crédits)	Crédits réattribués au moment de la vérification (règle des 15%) (VCUs)	Nombre total de VCUs générées au moment de la vérification (VCUs)	Nombre cumulé de crédits dans le buffer (Crédits)	Nombre cumulé de VCUs générées (VCUs)
2014	5 769	365						
2015	9 942	373						
2016	13 351	379						
2017	15 743	353						
2018	17 415	339	64 027	14 933	0	49 095	14 933	49 095
2019	19 260	395						
2020	20 626	381						
2021	21 343	364						
2022	21 815	363						
2023	22 279	396	107 222	25 277	6 031	87 977	34 178	137 071
2024	22 982	442						
2025	23 693	454						
2026	23 648	406						
2027	23 266	405						
2028	22 893	412	118 600	27 955	9 320	99 965	52 814	237 036
2029	22 890	466						
2030	22 457	436						
2031	21 520	397						
2032	20 729	429						
2033	19 912	434	109 670	25 802	11 792	95 660	66 823	332 696
2034	18 130	396						
2035	14 199	158						
2036	10 114	140						
2037	6 563	134						
2038	3 520	128	53 482	12 606	11 914	52 791	67 515	385 487

Tableau 37: Estimation du nombre de VCUs attendu sur la période de créditation dans le cadre du projet B : RE=50%

#### 4 MONITORING

Les paramètres devant relever du plan de monitoring sont divisés en deux catégories :

- les paramètres issus de la littérature qui seront à revoir/vérifier ou mesurés une fois et qui n'auront pas besoin d'être suivis dans le temps ;
- les paramètres à suivre.

On remarquera que deux paramètres supplémentaires qui n'apparaissent pas dans les équations de calculs des réductions d'émissions (cf. partie 3.3) seront à suivre dans le cadre du monitoring pour prévenir de la création d'air chaud.

- la production annuelle totale de l'entreprise : en effet, la mise en œuvre d'une restriction de prélèvement sur certaines essences ne doit pas entraîner l'augmentation de prélèvement d'autres essences. Dans le cas de figure où la production annuelle de la société (écart-type observé sur les 5 dernières années égal +/- 4000 m<sup>3</sup>) devient supérieure à celle attendue suite à la mise en place du projet, il devra être démontré que l'excédent de production aurait eu lieu dans les conditions du scénario de référence (conjoncture économique particulière, modification de la réglementation, défiscalisation, capacités d'exploitation et de transformation, etc.) ;
- l'exploitation illégale : la diminution de l'exploitation de certaines essences par l'entreprise ne doit pas entraîner une intensification de l'exploitation illégale dans la concession. Dans le cadre du FSC (critère 1.5), la société forestière est tenue de suivre, de rapporter et de mettre en place des mesures spécifiques de protection des UFA contre les activités illégales. Ces données pourront être utilisées dans le cadre du monitoring du projet IFM.

#### 4.1 PARAMETRES ISSUS DE LA LITTERATURE OU MESURES UNE FOIS A REVOIR/VERIFIER

Paramètre	Description	Unité	Source	Fréquence de vérification	Equations où le paramètre est utilisé
$D_j$	Densité ligneuse de base spécifique pour l'espèce j	tms/m <sup>3</sup>	Valeur de la littérature (TROPIX CIRAD, 1998-2011)	Revue de la littérature lors du monitoring	2-4-17-19
$CH_j$	Coefficient de houppier pour l'espèce j	%	Valeur de la littérature (Durrieu de Madron, com.pers.)	Revue de la littérature lors du monitoring	2
$FC$	Fraction de carbone dans la biomasse aérienne dans les forêts tropicales	tC/tms	Valeur par défaut du GIEC (GIEC, 2006a)	Revue de la littérature lors du monitoring	2-4
$f_{tc,j}(d)$	Tarif de cubage employé pour l'espèce j	m <sup>3</sup> /tige	Equation déterminée à partir des données d'exploitation antérieure (DBH en fonction du volume déterminé à partir des valeurs mesurées diamètre gros bout, petit bout et longueur de la grume)	Valider et vérifier avant le début du projet REDD+	3
$SD_{trouées}$	Surface de dégâts dus aux trouées d'abattage	Ha/tige	Littérature ou mesures de terrain	Revue de la littérature lors du monitoring ou mesures validées/ vérifiées avant le début du projet REDD+	6
$S_{ST,y,i}$	Surface de la strate y de l'UFA i	ha	Déterminée lors de l'inventaire d'aménagement	Valider et vérifier avant le début du projet REDD+	8
$f_{ea}(d)$	Equation allométrique	m <sup>3</sup> /tige	Valeur de la littérature	Revue de la littérature lors du monitoring ou	8

	employée pour l'ensemble des essences présentes dans la concession		(Samba et al., 2011) ou élaboration d'équations allométriques sur la zone du projet	valider et vérifier avant le début du projet REDD+	
$n_{i,d,y}$	Nombre de tiges de diamètre d présentes dans la strate y de l'UFA i	tiges/ha	Valeur calculée à partir des inventaires d'aménagement	Valider et vérifier avant le début du projet REDD+	8
$k_{décomposition}$	Taux de décomposition du bois mort	année <sup>-1</sup>	Valeur de la littérature (Chambers et al., 2000)	Revue de la littérature lors du monitoring	9
$\eta_{export,t}$	Rendement matière retenu pour la transformation à l'international à l'année t	%	Valeur de la littérature – Approche conservative	Revue de la littérature lors du monitoring	13
$FE_{comb}$	Facteur d'émission du combustible	tCO <sub>2</sub> /L	Valeur de la littérature (GIEC, 2006b)	Revue de la littérature lors du monitoring	16-17-19
$Eff_v$	Efficacité énergétique de l'engin de chantier v	km/L	Spécification constructeur	Valider et vérifier avant le début du projet REDD+ - Révision en fonction des acquisitions du nouveau matériel de chantier	17-19
$Cap_v$	Capacité de chargement des grumiers	tonnes	Valeur maximale de chargement des grumiers (25 tonnes au Cameroun)	Valider et vérifier avant le début du projet REDD+ - Révision en fonction d'éventuelles modifications de la législation et des pratiques	17-19
$KM_{externe,t}$	Distance moyenne entre le parc à grume principal/unité de transformation et le lieu de distribution à l'année t	km	Distance parcourue du Mindourou à Douala	Valider et vérifier avant le début du projet REDD+ - Révision en fonction d'éventuelles modifications du réseau routier ou de point de distribution	19

## 4.2 PARAMETRES A SUIVRE

Paramètre	Description	Unité	Source	Fréquence de vérification	Equations où le paramètre est utilisé
$N_{i,j,d,t}$	Nombre de tiges qui auraient été exploitées par unité de surface de diamètre d de l'espèce j dans l'UFA i à l'année t	tiges/ha	Suivi post-exploitation	Annuelle – les tiges d'intérêts (essences prises en compte par le projet) dont DBH est inclus entre [DBHref ;DBHpj] sont inventoriées lors des inventaires d'exploitation et multipliées par les taux de prélèvements. Ne sont pas prises en compte les tiges localisées dans les zones non exploitables (zone tampon, marécages, sites sacrés) et les tiges de mauvaise qualité (D)	3-7-17
$S_{i,t}$	Surface exploitée dans l'UFA i à l'année t	ha	Plan Annuel d'Opération (PAO)	Annuelle – les surfaces exploitées dans les UFA sont recalculées chaque année par SIG lors de la délimitation de celles ci	3
$CC_j$	Coefficient de commercialisation de l'espèce j	%	Suivi post-exploitation	Annuelle – Calculés à partir des données de suivi de l'exploitation	4-18
$SD_{piste}$	Surface de dégâts dus aux pistes de débardage	Ha/tiges	Suivi post-exploitation.	Annuelle – <u>Contrôle de zones bien définies</u> (poches ou groupe de parcelles, de surface connue) telles que : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ le choix de zones soit représentatif des UFAs (zone riche, pauvre et moyenne en densité d'arbres exploités, éventuellement types de relief,...) ;</li> <li>▪ Pour chaque zone soit effectué un contrôle et un relevé du réseau de</li> </ul>	6

				débardage (largeur et longueur au GPS) à relier au nombre d'arbres exploités, de manière à quantifier l'impact du débardage en fonction de l'intensité de l'exploitation.	
$S_{y,t}$	Surface de la strate y dans l'AAC i	ha	Suivi post-exploitation (en fonction des strates définies) Cf. Partie 4.3	Annuelle	14
$Re_{sc,pj,y,t} Re_{sc}$	Stock de carbone séquestré pendant l'année t dans la strate y de l'AAC exploitée i dans le scénario de référence/projet	tC/ha	Cf. Partie 4.3	Tous les 5 ans (Cf. Partie 4.3)	14
$\eta_{j,t}$	Rendement matière pour l'espèce j à l'année t	%	Suivi usine	Annuelle - Calculé à partir des données de suivi usine	12-13-20
$\tau_{exp,j,t}$	Fraction du volume commercial exporté sous forme de grumes pour l'espèce j à l'année t	%	Suivi FSC <i>Chain of Custody</i> (CoC)	Annuelle - Calculé à partir des données de suivi CoC	12-13-20
$Cons_v$	Consommation de l'engin de chantier v	Tiges/L	Suivi de la consommation des engins de chantier	Annuelle – calculée à partir des consommations journalières des différents engins utilisés par les équipes de débardages/débusquages et du nombre de tiges exploitées.	16
$\overline{KM}_{interne,i,t}$	Distance moyenne entre la zone de collecte dans l'UFA i du bois et le parc à grume principal/unité de transformation à l'année t	km	Suivi SIG	Annuelle – calculée à partir des données SIG	17

### 4.3 MONITORING DE LA RECONSTITUTION POST-EXPLOITATION

Le dispositif doit permettre de caractériser le différentiel de reconstitution du stock de carbone post-exploitation entre les scénarios de référence et de projet. Il s'agira en outre de rester réaliste par rapport aux coûts engendrés par la mise en place de cet inventaire et son suivi et aux bénéfices attendus en termes de crédits carbone (cf. partie 3.4).

#### *Type de dispositif*

Une synthèse des dispositifs existants en Afrique centrale et des pistes méthodologiques pour leur mise en place ont été proposées par Picard *et al.* (2008). Les dispositifs par layons ont un ratio surface / périmètre très faible, entraînant des effets de bord très importants, incompatibles avec des analyses spatiales. Les sentiers ne permettent pas également d'estimer le taux de recrutement faute de surface de référence » (Picard *et al.*, 2008). Il faudra donc se baser sur un dispositif par placettes permanentes, comptées en plein.

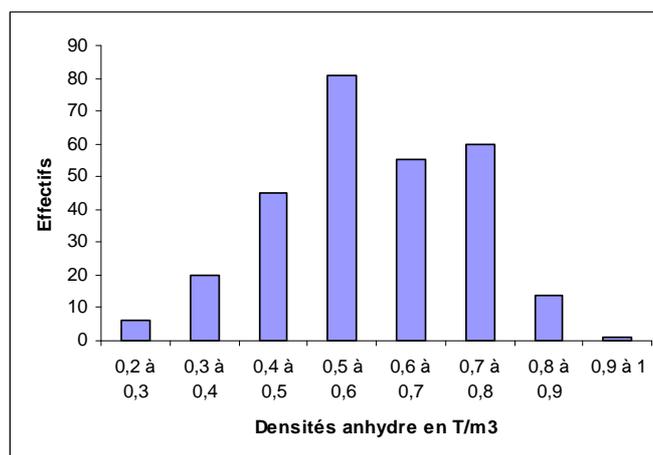
#### *Taille des placettes*

La taille de 1 ha par placette est la taille qui sera choisie à Pallisco pour sa facilité de mise en place et par la répétition qu'elle permet pour prendre en compte la variabilité du peuplement, sans que le coût d'installation du dispositif ne soit prohibitif. Même si les parcelles carrées ne sont pas optimales en termes de coût et variabilité pour une estimation ponctuelle de la biomasse, elle demeure les plus efficaces pour faire un suivi dans le temps. De plus, les grands réseaux de parcelles forestières, RAINFOR ou AFRITRON, sont conformes à ce protocole, ce permettrait de comparer ou d'intégrer facilement des résultats obtenus sur ces grands dispositifs. Par ailleurs, un suivi spatialisé de toutes les essences de la parcelle permettrait de construire des modèles de dynamiques forestières plus sophistiqués et plus facilement extrapolables.

#### *Taille du dispositif*

Picard *et al.*, 2008 estiment la taille optimale d'un dispositif à une vingtaine d'hectares. Cette superficie permet d'avoir une bonne estimation des surfaces terrières et de la biomasse sachant que la structure et la biomasse des peuplements sont largement dépendantes de l'effectif des gros arbres présents (avec un DHP > 80 cm). Sur les trois UFA de Pallisco, les arbres de plus de 80 cm de diamètre représentent 34 % de la biomasse avec une répartition beaucoup plus erratique que les tiges de diamètre inférieur. Ainsi, pour obtenir une précision de 10 % sur le taux de reconstitution du stock des arbres de plus de 80 cm de diamètre à hauteur de poitrine, toutes espèces confondues, avec un risque d'erreur de 5 %, 14 ha sont nécessaires (calculs effectués sur le dispositif de Mbaïki en RCA).

Etant donné la différence de vitesse de croissance selon la densité du bois des arbres et l'influence de ces deux facteurs sur le stockage de carbone dans le temps. On peut proposer de distinguer, au vu de la figure 5, six groupes d'essences classées selon leur densité spécifique anhydre, en regroupant deux par deux les deux classes extrêmes. Les données disponibles sur les densités anhydres des arbres africains sont celles collectées par Reyes *et al.* (1992) sur 282 espèces, reprises par le GIEC (2006). Les densités varient de 0,23 à 0,93 et sont réparties de la manière suivante :



**Figure 7: Répartition des densités anhydres des bois selon REYES (1992)**

Le compromis proposé par Picard *et al.* (2008) est de 200 arbres par espèce. Toutes UFA confondues, dans les strates forestières, on comptabilise 278 arbres de plus de 10 cm de diamètre par ha, toutes essences confondues. Pour couvrir l'ensemble des 6 classes de densité du bois il faudrait  $200 \times 6 = 1200$  individus inventoriés. En considérant qu'une parcelle de 1 ha permet de prendre en compte 278 arbres en moyenne, il faudrait mettre en place 4 parcelles.

On retiendra donc, dans une première approche, un dispositif constitué de 20 parcelles de 1 ha divisées en 5 groupes de 4 parcelles.

Dans le cadre des projets REDD+ VCS, de manière générale, il est recommandé d'utiliser la dernière version disponible de l'outil "Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities", approuvé par le Conseil exécutif du MDP. Pour déterminer le nombre de parcelles à installer, il faut connaître l'écart-type de la biomasse pour des parcelles carrées de 1 ha par strates qui pourrait être déterminé à partir des résultats d'inventaire d'aménagement. Selon le principe de l'outil, comme nous sommes dans la situation où une part inférieure à 5% des UFA serait inventoriée, pour déterminer le nombre  $n$  de parcelles de 1 ha à mettre en place, nous pouvons utiliser la formule :

$$n = \left( \frac{t_{val}}{E} \right)^2 \times \left( \sum_i w_i \times s_i \right)^2$$

Avec  $t_{val}$  la t-value bilatérale à 90% de la loi de Student avec un nombre infini de degrés, E la marge d'erreur acceptable (10%),  $w_i$  la proportion de la strate  $i$  et  $s_i$  l'écart-type estimé du stock de carbone dans la strate  $i$ .

#### *Disposition du dispositif*

Il existe deux options :

- dispositif réparti aléatoirement sur une surface ;
- dispositif non aléatoire, dont les placettes seraient centrées sur les trouées.

Etant donné l'historique des perturbations des peuplements présents sur les UFA, la croissance de la forêt hors exploitation a de fortes chances d'être non négligeable ; il est donc impératif de caractériser

celle-ci pour bien isoler le différentiel d'accroissement et de stockage de carbone dû à l'exploitation forestière.

Avec un dispositif aléatoire, on a relativement peu de chances de tomber directement sur une trouée d'abattage (représente environ 5 % de la superficie pour l'hypothèse de l'exploitation d'une tige par hectare), mais ce qui nous intéresse c'est la reconstitution de la biomasse du peuplement exploité en général, et non pas uniquement dans les trouées. Il est nécessaire également de voir la reconstitution sur les pistes de débardage. La biomasse détruite dans les pistes de débardage est relativement faible par rapport à la biomasse détruite dans les trouées d'abattage (ratio variant de 24 à 31 % selon les groupes d'UFA) mais non négligeable. Il faut donc s'intéresser au peuplement hors trouées. En outre, la délimitation d'une trouée est toujours subjective (hormis sur des trouées récentes, par photo aérienne ou photo satellite avec une bonne résolution).

On utilisera donc un réseau de placettes placées aléatoirement, par grappes. Le fait de les placer par grappes minimisera le temps d'accès. Un témoin sera nécessaire, dans une zone non exploitée (par exemple placé dans la série de protection). Chaque groupe de parcelle sera mis de manière à éviter les marigots (non exploités), avec une bande de 50 m minimum entre les parcelles (zone tampon) pour garantir l'indépendance de celles-ci.

Parmi les strates dites « forestières », quatre principales strates sont présentes : la forêt semi décidue, la forêt sempervirente la forêt secondaire adulte et la forêt secondaire jeune. La plus abondante est la forêt semi décidue, représentant 83 % des peuplements forestiers des différentes UFA (cf. Figure 8). La proportion de forêt dense humide sempervirente est beaucoup plus élevée (33 %) dans l'UFA 10.039 que dans la moyenne générale toutes UFA confondues (10 %).

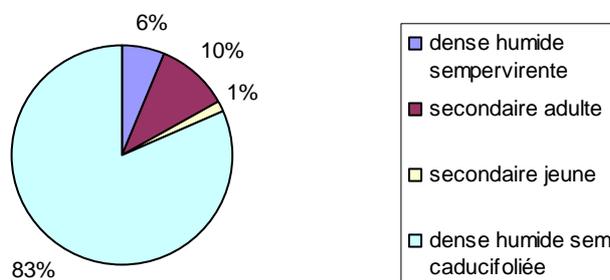


Figure 8: Répartition des strates « forêt » des différents groupes d'UFA de Pallisco.

20 parcelles de 1 ha seront mises en place, divisées en 5 groupes de 4 parcelles. 1 groupe de parcelles sera placé dans la série de protection dans la strate de forêt semi décidue (strate la plus abondante). Les strates de forêt secondaire seront prises en compte, les autres seront négligées car peu représentatives. Les quatre autres groupes de parcelles seront placés dans chacun des groupes d'UFA. Les deux groupes UFA recevront des parcelles en forêt semi décidue (strate la plus abondante) et en forêt secondaire adulte, et l'UFA 10 039, 4 parcelles en forêt sempervirente (UFA où cette strate est la plus abondante).

La localisation des parcelles sera également choisie de manière à couvrir des zones avec des intensités d'exploitation différente de manière à caractériser des éventuels accroissements

différentiels du peuplement. Dans l'UFA 10.030-31 où l'intensité d'exploitation est la plus importante, des placettes seront placés dans l'AAC exploitée l'année précédant la mise en œuvre des activités de projet.

On notera que cette première proposition de répartition par strates est donnée de manière indicative. Elle pourra être validée/modifiée en fonction des résultats obtenus par l'utilisation de l'outil méthodologique A/R MDP de détermination du nombre de placettes par strates à mettre en place.

#### *Fréquence et protocole de mesures*

Les temps entre deux mesures couramment utilisés varient entre 1 et 5 ans, avec tous deux des avantages et des inconvénients. Pour l'accroissement, plus l'intervalle de temps entre deux mesures est grand, plus l'information récoltée est intéressante (accroissement des arbres importants). Par contre, le marquage des arbres pour leur suivi individuel ou par espèce risque de se dégrader avec un pas de temps trop long (chute des écorces par plaque, blessures par chablis, lessivage de la peinture...). Le risque de pertes de données est minimisé par un intervalle court.

La périodicité de mesure choisie sera de 5 ans ce qui minimisera les coûts. Il sera alors important de bien géo-référencer les placettes et de les positionner par rapport à un point fixe durable matérialisé sur le terrain (borne en béton par exemple) avec une orientation fixe qui permettra, même si le dispositif n'est plus visible, de superposer la placette nouvellement mesurée exactement sur l'ancienne. Les arbres morts sont notés, la peinture sur les arbres est refaite à chaque mesure si besoin.

Dans les placettes, tous les arbres sont identifiés, numérotés et mesurés à partir d'un diamètre de 10 cm, pris à 130 cm du niveau du sol ou 50 cm au-dessus des contreforts. Le niveau de mesure est matérialisé sur l'arbre par un trait de peinture rouge qui le ceinture sur toute sa circonférence de manière à pouvoir répéter la mesure toujours au même endroit. Lors de la saisie, les arbres seront regroupés par classe de densité en prenant les limites des quartiles telles que exposées ci-dessus.

#### *Besoins en personnel et en expertise*

L'équipe de relevé comptera 5 personnes (2 prospecteurs, 2 machetteurs/peintres, un chef d'équipe/pointeur). Le rendement est de 1 parcelle mesurée en trois jours.

On aura donc 60 jours de travail pleins plus le temps d'accès (10%) soit 66 jours de travail pour une campagne de mesure (6 campagnes au total : 1 campagne initiale et 1 campagne tous les 5 ans sur la durée du projet de 25 ans). On comptabilisera également 20 hommes jours pour l'opérateur de saisie à chaque campagne de mesure et la mise en place d'un partenariat avec un bureau d'étude ou une université pour la mise en place du dispositif et l'analyse des données.

## 5 ANALYSE FINANCIERE : COUTS DE REVIENT DE LA TONNE DE CO2 EVITEE

L'analyse financière présentée ici est divisée en deux parties : calcul des coûts d'opportunité liés au scénario de référence puis au scénario de projet pour la société forestière.

Le coût d'opportunité ou "coût de renonciation" désigne la perte des biens auxquels on renonce lorsqu'on procède à un choix (ie. quand les ressources disponibles sont assignées à un usage donné au détriment d'autres choix).

### 5.1 MANQUE A GAGNER LIE A LA MISE EN PLACE DU PROJET

#### 5.1.1 Démarche méthodologique et paramètres pris en compte dans l'analyse

Le coût d'opportunité est calculé en prenant en compte les volumes de produits bois, les prix de vente des produits, la fiscalité et les coûts de production. On notera que dans le cadre de cette première approche l'allongement des durées d'amortissement du matériel et des coûts fixes n'ont pas été pris en compte.

i) Paramètres pris en compte dans le calcul de la fiscalité :

- La taxe d'abattage : taxe mensuelle est déterminée sur la base du prix *Free On Board* (FOB) du volume des grumes abattues. En accord avec la législation, elle correspond à 2,5% du prix FOB ;
- Les droits de sortie : taxe appliquée uniquement sur les produits exportés sous forme de grumes correspondant à 17,5% du prix FOB ;
- La surtaxe à l'exportation : taxe additive aux droits de sortie des produits exportés sous forme de grumes. Introduite en 1999 dans le but de développer l'industrie de la transformation du bois au Cameroun, elle est variable selon les essences et est définie par l'arrêté N°0872/MINEF 2001 (cf. Tableau 23) ;
- La taxe d'entrée usine : taxe mensuelle appliquée uniquement sur les grumes transformées sur le territoire. Elle est calculée sur le volume réel de chaque grume mesurée sous écorce et correspond à 2,25% du prix FOB ;
- La fiscalité sur les bénéfiques : dans le cadre de cette analyse est pris en compte l'Impôt sur les Sociétés, dont le taux est de 35%, appliqué sur leur bénéfice imposable. Ce taux est majoré de 10 % au titre des Centimes Additionnels Communaux (soit 38,5% CAC compris).

On estime que la Redevance Forestière Annuelle (RFA) calculée sur la superficie du titre d'exploitation forestière constituée d'un prix-plancher de 1 000 FCFA/ha et d'un prix-négocié entre le Ministère en charge des forêts et le concessionnaire forestier, sera inchangée dans le cadre des scénarios de référence et de projet. Le montant de la RFA ramenée au m<sup>3</sup> exploitée sera utilisé uniquement pour l'estimation de la part des impôts sur les bénéfices qui sera « économisée » grâce au projet.

- ii) Paramètres pris en compte pour l'estimation des coûts de production
- Les coûts d'exploitation et de transport interne : ces coûts prennent en compte la prospection, l'abattage, le débardage, le billonnage et chargement des grumes, le transport des grumes jusqu'au parc de rupture Mindourou, les services connexes : garage (pièces détachées), construction, administration, entretien routier, etc.
  - La transformation des grumes : inclut l'ensemble des coûts générés depuis l'entrée en usine jusqu'au conditionnement des produits finis.

Les coûts d'exploitation et de transformation prennent en compte un certain nombre de coûts fixes ramenés au m<sup>3</sup> de bois exploités qui sont supposés inchangés par la mise en œuvre du projet et qu'il n'a pas été possible d'isoler. Par exemple, les frais liés à la construction et l'entretien des routes, à l'administration, etc. Aussi, les coûts induits par le comptage des tiges comprises entre DMA<sub>ref</sub> et DMA<sub>pj</sub> de seulement quelques essences d'intérêt commercial peuvent être estimés comme négligeables en regard du coût global de la prospection.

- Le transport du bois : depuis Mindourou jusqu'à Douala (565 km), il est réalisé par l'intermédiaire d'un prestataire externe.
- Frais de transit et mise à FOB préalables à l'embarquement comprennent les frais associés au transit des grumes et produits transformés, à la manutention et le magasinage assuré par la Société d'Exploitation des Parcs à Bois du Cameroun (SEPBC) et à l'inspection des grumes par la Société Générale de Surveillance (SGS) et l'établissement de l'ensemble des documents nécessaires à leur exportation (correspondant à 0,95% du prix FOB).

### 5.1.2 Résultats de l'analyse

La simulation a été réalisée à partir des données de la société Pallisco basée sur les coûts de revient et les prix de vente de l'année 2012. Pour faciliter l'analyse des résultats, le manque à gagner a été ramené en euros par m<sup>3</sup> non exploités correspondant à la perte en termes de volume commercial engendrée par le projet (toute essences confondues).

Années	Coût d'opportunité (euros/an)	
	RE = 100%	RE = 50%
2014 à 2033	721 000	474 300
2034	635 900	403 800
2035 à 2038	326900	149 900
<b>TOTAL (euros)</b>	<b>16 364 000</b>	<b>10 489 400</b>
<b>TOTAL (euros/m<sup>3</sup>)</b>	<b>26</b>	<b>38</b>

**Tableau 38: Manque à gagner lié à la non-commercialisation des produits bois induite par la mise œuvre du projet IFM-ERA**

Dans le cadre de cette première analyse, il n'a pas été possible d'isoler certains coûts fixes liés à l'exploitation (accès à la ressource : construction des pistes et voies d'accès, installation du chantier,

prospection et comptage, etc.) qui seront donc à priori peu modifiés par la mise en œuvre du projet. Aussi, dans une deuxième approche, nous émettrons l'hypothèse que ces coûts fixes représentent 50% des coûts d'exploitation afin d'analyser la sensibilité des résultats par rapport à ces facteurs :

	Coût d'opportunité (euros)	
	RE = 100%	RE = 50%
<b>TOTAL (euros)</b>	<b>28 448900</b>	<b>15 743400</b>
<b>TOTAL (euros/m<sup>3</sup>)</b>	<b>45</b>	<b>58</b>

**Tableau 39: Manque à gagner lié à la non-commercialisation des produits bois induite par la mise œuvre du projet IFM-ERA avec l'hypothèse d'une part de 50% de coûts fixes d'exploitation**

## 5.2 COUT DE MISE EN ŒUVRE DU PROJET REDD+

### 5.2.1 Coûts de transaction

Les coûts de transaction également appelés coûts carbone, représentent l'ensemble des frais nécessaires pour accéder aux marchés des crédits carbone. D'après Calmel et *al.* (2011), les coûts de transaction sont globalement peu sensibles à la taille du projet.

Parmi ces coûts sont comptabilisés : i) Les coûts d'identification du projet ; ii) Les coûts de conception d'une méthode de quantification des réductions d'émissions de CO<sub>2</sub> ; iii) Les coûts de l'étude de faisabilité du projet ; iv) Les coûts de délivrance des crédits carbone ; v) Les coûts de vente des crédits carbone. Ces différents coûts sont repris dans la figure ci-dessous. Les frais induits par la mise en place d'études complémentaires et de mise en œuvre des activités de monitoring sur le terrain sont traités séparément (cf. Partie 5.2.2).

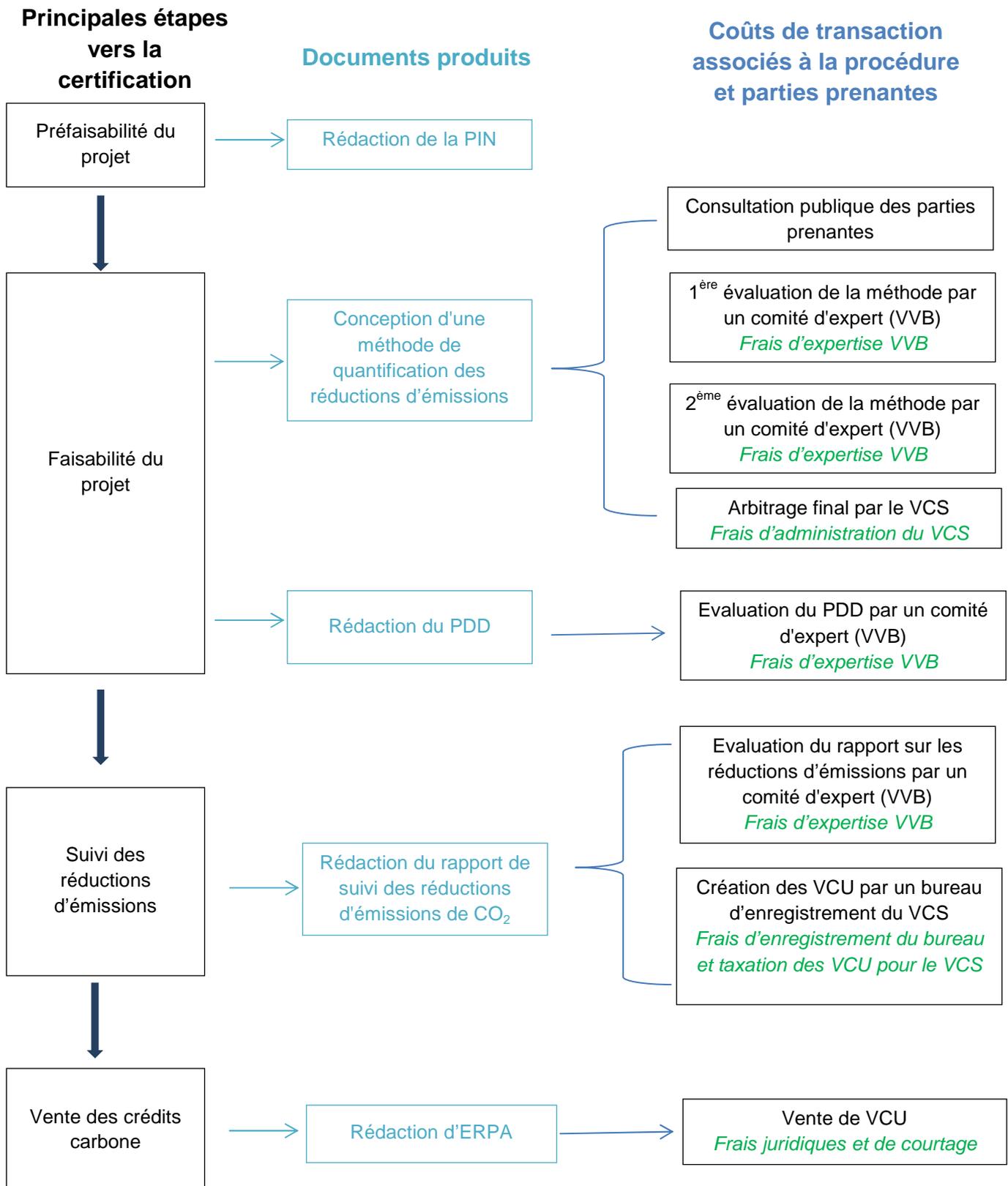


Figure 9 : Coûts de transaction d'un Projet REDD+ VCS

Détail des coûts de transaction	Coût (Euros)	Source et commentaires	Fréquence des dépenses pour une durée de projet de 25 ans
Rédaction de la PIN	10000 – 50000	Calmel et <i>al.</i> , 2011.	1
Conception d'une méthode de quantification des émissions de CO <sub>2</sub>	42500 – 185000 <sup>9</sup>	Calmel et <i>al.</i> , 2011.	1
Double validation de la méthode par des comités d'experts VVB	15 000 - 30 000	VCS, com. pers.	1
Validation de la méthode par le VCS	1500	VCS, 2012c	1
Rédaction du PDD	20000 – 80000	Chesnot et <i>al.</i> , 2010 (données concernant les projets ARet IFM ; Pas de précision sur le standard)	1
Validation du PDD par le comité d'experts VVB	1500	VCS, 2012c	1
Audit et validation du rapport de suivi des émissions par le comité d'expert VVB	7500 – 15000	VCS, com. pers.	5
Enregistrement du projet par un des bureaux du VCS	0,05 / VCU	Daheza et Bellessen (2010)	5
Définition de la propriété légale des crédits et contractualisation (ERPA)	5 000 – 40 000	Chesnot et <i>al.</i> , 2010.	1
Frais administratifs de délivrance des VCU, pour le VCS	0,075 / VCU	VCS, 2012c	5

**Tableau 40: Revue bibliographique des coûts de transaction des projets REDD+**

Dans le cadre de cette analyse, sur la base des connaissances du projet et des coûts inhérents au recours d'une assistance technique internationale qualifiée dans la mise en œuvre de projet REDD+, nous estimerons les coûts de rédaction de la PIN, conception de la méthodologie et de rédaction du PDD à respectivement 10 000, 40 000 et 30 000 euros. Concernant les autres coûts seront considérées les valeurs moyenne issues de la littérature et des communications réalisées avec le VCS. Ainsi, on estimera l'ensemble des coûts de transaction à 179 250 euros + 0,125 euros/VCU incluant des coûts d'investissement initiaux estimés à 123 000 euros.

On remarquera que, dans l'objectif de diminution des coûts inhérents à la vérification du projet REDD+, il pourra être envisagé de combiner, tous les 5 ans, cet audit avec l'audit FSC réalisé au niveau de la concession<sup>10</sup>.

<sup>9</sup>Calmel et *al.* (2011) ont calculé un coût global de conception et de validation d'une méthode de quantification des réductions d'émissions. A ces coûts ont été retranchées les données spécifiques sur les validations collectées au niveau du VCS.

<sup>10</sup>La liste des VVB accrédités par le VCS est disponible au lien : [http://v-c-s.org/verification-validation/find-vvb?keys=&field\\_sectoral\\_scope\\_tid=14](http://v-c-s.org/verification-validation/find-vvb?keys=&field_sectoral_scope_tid=14)

## 5.2.2 Coûts de mise en œuvre des activités de mesure et de monitoring

De manière générale, pour l'ensemble des paramètres excepté  $\Delta C_{reconst,t}$ , le suivi actuel effectué par la société dans le cadre de la certification FSC suffit à obtenir les données nécessaires à l'estimation ex-ante et au monitoring du projet REDD+. On notera cependant certaines activités supplémentaires à mettre en place par la société qui ne sont aujourd'hui pas réalisées par celle-ci :

- Comptage des tiges des essences concernées par le projet dont le DBH se situe entre  $DMA_{ref}$  et  $DMA_{pj}$ . Cependant le nombre d'essences concernées étant limité et d'ores et déjà connu des prospecteurs, on pourra considérer comme négligeable le coût inhérent à cette activité ;
- Relevés des pistes de débardage par GPS lors des contrôles post-exploitation. Cette activité de monitoring pourra être réalisée conjointement aux contrôles post exploitation de la qualité des abattages et des impacts de l'exploitation le long des pistes. De même, le coût inhérent à cette activité pourra alors être considéré comme négligeable ;
- Estimation de la consommation de carburant par les engins de chantiers employés par le débardage et le débusquage. Les consommations de carburant des différents engins de chantier sont d'ores et déjà suivies par l'intermédiaire du logiciel interne Pallitrix de la société. L'estimation de la consommation de carburant des engins de débusquage et de débardage par tiges exploitées nécessitera simplement le développement de cette fonction dans le logiciel.

Le monitoring se limitera à une activité annuelle de traitement et de compilation des données existantes qui pourra être réalisée au niveau de la cellule certification de la société. Dans une première approche, on estimera les coûts relatifs à cette activité à 1 500 euros/an soit 37 500 euros sur la durée du projet (correspondant environ à 0,5 h.mois).

Concernant la mise en place et le suivi des placettes permanentes sur le terrain pour l'estimation de la séquestration du carbone post-exploitation, on estimera le coût total à environ 170 000 euros. Cette estimation prend en compte les salaires des équipes de terrain et de saisie des données, les frais de campement ainsi que l'intervention d'un bureau d'étude international pour la définition du dispositif et l'analyse des données.

## 5.2.3 Bénéfices attendus du projet

Selon Ecosystem Marketplace (2012), en 2011, le prix moyen de vente des VCU issues des projets IFM est de 9,6 euros/VCU dans une fourchette de prix allant de 1 à 19 euros/VCU. La certification FSC gestion durable de l'exploitation forestière pourrait amener une plus-value sur le prix de vente des crédits carbone. En considérant le prix moyen de 9,6 euros/VCU, on peut estimer le coût d'opportunité des deux projets à :

Projet IFM	Nombre total de VCUs générées	Coûts total de la mise en œuvre du projet	Recettes liées à la vente des crédits	Coût d'opportunité (Euros)	Coût d'opportunité (Euros/m <sup>3</sup> )
%RE = 100	832 245	490 781	7 989 555	7 498 774	13
%RE = 50	385 487	434 936	3 700 675	3 265 740	13

Tableau 41: Coût d'opportunité du projet IFM-ERA

Dans le cadre de mise en œuvre d'un projet REDD+ VCS, le porteur de projet doit fournir la preuve de son droit d'utilisation des crédits carbone. Ceci implique que les ayants droits sur les crédits carbone dont l'Etat, propriétaire des terres forestières, soient identifiés, consultés et doivent avoir délégué ce droit au porteur de projet. A ce jour, au Cameroun, il n'existe pas de textes de lois dédiés spécifiquement au partage des bénéfices générés par le mécanisme REDD+. Par conséquent, dans une première approche, on considérera un partage des bénéfices avec les ayant droits d'un montant de 38,5% correspondant à la taxe portant sur les bénéfices des entreprises (CAC compris). On notera que cette hypothèse de partage ne permet pas à l'Etat de compenser le manque à gagner lié à la baisse de l'activité notamment en ce qui concerne la fiscalité (taxes d'abattage, d'entrée en usine, etc.), les cotisations (baisse de l'emploi), etc.

Projet IFM	Nombre total de VCUs générées	Coûts total de la mise en œuvre du projet	Recettes liées à la vente des crédits	Coût d'opportunité (Euros)	Coût d'opportunité (Euros/m <sup>3</sup> )
%RE = 100	832 245	490 781	7 989 555	4 611 746	8
%RE = 50%	385 487	434 936	3 700 675	2 008 430	8

**Tableau 42: Coût d'opportunité du projet IFM-ERA avec l'hypothèse d'une part de 38,5% des bénéfices redistribués aux ayants-droits**

### 5.3 ANALYSE FINANCIERE : COUTS DE REVIENT DE LA TCO<sub>2EQ</sub>

En considérant un coût d'opportunité de l'exploitation forestière dans le cadre du scénario de projet %RE = 100 compris entre 26 et 45 euros/m<sup>3</sup>, on estime le prix de revient de la tonne de CO<sub>2eq</sub> minimum pour compenser le manque à gagner de la société entre **19 et 33 euros/VCU** dans le cas où le porteur de projet est le seul bénéficiaire de la vente des crédits et entre **31 et 53 euros/VCU** avec l'hypothèse d'une part de 38,5% des bénéfices redistribués aux ayants-droits.

En considérant un coût d'opportunité de l'exploitation forestière dans le cadre du scénario de projet %RE = 50 compris entre 38 et 58 euros/m<sup>3</sup>, on estime le prix de revient de la tonne de CO<sub>2eq</sub> minimum pour compenser le manque à gagner de la société entre **27 et 40 euros/VCU** dans le cas où le porteur de projet est le seul bénéficiaire de la vente des crédits et entre **43 et 65 euros/VCU** avec l'hypothèse d'une part de 38,5% des bénéfices redistribués aux ayants-droits.

Selon Ecosystem Marketplace (2012), le prix de vente moyen de la tonne de CO<sub>2eq</sub> issus des projets IFM a double entre 2010 et 2011 et a vu des prix de vente allant jusque US\$120.

On notera également que étant donné du peu de connaissances disponibles sur la reconstitution du carbone post-exploitation, dans le cadre de cette première analyse, a été adoptée une approche conservatrice où l'on considère dans le scénario de projet que la reconstitution du stock de carbone post-exploitation est nulle sur les zones qui aurait été impactées par l'exploitation (excepté sur les essences commerciales qui auraient été exploitées). Cette hypothèse a un impact non négligeable sur les réductions d'émissions engendrées par le projet. En prenant le cas d'une reconstitution post exploitation du stock de carbone équivalente dans le cas des scénarios de projet et de référence, alors les coûts d'opportunités des scénarios de projet seraient les suivants :

- Projet A (%RE=100) : 19 euros/m<sup>3</sup> dans le cas où le porteur de projet est le seul bénéficiaire de la vente des crédits et entre 12 euros/m<sup>3</sup> avec l'hypothèse d'une part de 38,5% des bénéfices redistribués aux ayants-droits ;
- Projet B (%RE=50) : 21 euros/m<sup>3</sup> dans le cas où le porteur de projet est le seul bénéficiaire de la vente des crédits et entre 13 euros/m<sup>3</sup> avec l'hypothèse d'une part de 38,5% des bénéfices redistribués aux ayants-droits.

Une autre limite de cette analyse est qu'elle ne prend pas compte le besoin des exploitants de faire suffisamment de volume pour amortir les coûts fixes. Selon Karsenty (2006), Pallisco fait partie de la catégorie des « exploitants forestiers/transformateurs » qui, ayant réalisés d'importants investissements à long terme dans l'exploitation forestière et les usines de transformation privilégient les approvisionnements stables.

Aussi, étant donnée l'état actuel des marchés du carbone et le manque de connaissances scientifiques notamment sur les dynamiques de reconstitution du carbone post-exploitation, le projet IFM ERA n'apparaît pas financièrement attractif sur le court terme (en terme de compensation du manque à gagner sur la première rotation). En revanche, sur le long terme (dans le cadre d'une seconde rotation), le projet permettrait de conserver pour les zones exploitées un potentiel économique intéressant sous réserve que des garanties soient mises en place sur les droits d'exploitation par le concessionnaire de la zone (les titres d'exploitations n'ayant qu'une durée de validité de 15 ans au Cameroun).

## 6 CO-BENEFICES ET REPLICABILITE DU PROJET

La certification FSC des concessions confère un gage important de gestion durable des ressources et de prise en considération des aspects sociaux-environnementaux à la fois pour le VCS et les *Climate, Community and Biodiversity Standards* (CCBS) notamment à travers l'identification, mise en œuvre de modes de gestion adaptés et de suivi des FHVC.

### 6.1 PRINCIPAUX BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX ATTENDUS

Sols	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitation contre l'érosion et maintien des sols par la réduction de l'intensité d'exploitation</li> </ul>
Eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitation contre l'érosion</li> <li>• Maintien du couvert forestier</li> </ul>
Biodiversité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préservation des essences d'intérêt commercial et préservation plus importante du milieu par la réduction des dégâts d'exploitation</li> </ul>

**Tableau 43: Co-bénéfices environnementaux attendus du projet**

## 6.2 IDENTIFICATION DES BENEFICIAIRES ET DES (CO-)BENEFICES POPULATIONS INCLUSES

### 6.2.1 Populations riveraines

Les bénéfiques directs identifiés attendus pour les populations riveraines sont essentiellement la protection des essences forestières ainsi que certains PFNL. Cependant, le projet amenant à une réduction de l'exploitation forestière et donc de l'activité, on peut s'attendre à une réduction de l'offre en termes d'emploi, les premiers postes touchés seront les postes de catégories basses (I à III). Conformément aux principes du FSC, ces emplois sont donnés en priorité aux populations locales : *A compétence égale, les membres des populations au sein ou riveraines de l'UGF sont prioritairement embauchés* (indicateur 4.1.1).

### 6.2.2 Société forestière

Le principal intérêt de la mise en œuvre du projet REDD+ pour la société est la préservation d'essences commerciales sur le long-terme.

Les études développées dans le cadre de FORAFAMA permettront à la société d'anticiper la mise en œuvre du mécanisme REDD+, à la fois au niveau national et international, mais également dans le cadre de sa certification de gestion durable : la mise en place d'indicateurs carbone étant en cours de discussion au niveau des instances du standard FSC. Ces études devront permettre à la société de développer des connaissances sur les impacts climatiques des pratiques d'aménagement durable mises en place ainsi que sur les possibilités d'accès à la finance carbone dans le cadre des standards existants.

### 6.2.3 Etat du Cameroun

Les avantages pour l'Etat du Cameroun, participant au *Forest Carbon Partnership Facility* (FCPF), sont essentiellement liés à la mise en œuvre de la stratégie REDD+ nationale, le Cameroun ayant souligné dans son R-PIN la nécessité d'identifier et de diffuser de nouvelles pratiques d'aménagement durable dans les concessions notamment pour la mise en œuvre de pratiques EFIR en tant que stratégie REDD+ (MINEP, 2008).

Ce projet et les résultats dégagés pourront être utilisés dans la phase de préparation à la REDD+ à travers l'élaboration du Plan de Préparation au REDD+ (R-PP) puis de la phase intermédiaire qui consiste à mettre en place les premières mesures pilotes incluses dans la stratégie nationale REDD+, considérées comme préalables à la participation à un mécanisme basé sur des paiements au résultat.

On notera cependant que le projet impliquant une diminution de l'activité économique sur la durée de rotation implique également un manque à gagner pour l'Etat du Cameroun (fiscalité, diminution du nombre d'emplois, etc.) qui ne pourra être compensée qu'en partie par la mise en place d'un système de partage des bénéfices des revenus carbone.

### 6.3 REPLICABILITE DU PROJET

Le projet dont les activités impliquent la révision des DMA des essences d'intérêt commercial les plus exploitées dans le cadre de l'aménagement et la certification est fortement répliquable au niveau du pays et au niveau régional.

En 2009, le nombre d'UFA attribuées pour l'exploitation forestière au Cameroun s'élève à 96 pour une surface totale de 6 381 684 ha<sup>11</sup>. De par la taille plus réduite des concessions au Cameroun par rapport aux autres pays de la sous région (en moyenne 66 500 ha/UFA) ayant des implications négatives en termes d'aménagement des forêts de production, de nombreux ensembles se sont développés sur la base de création de filiales, de sous-traitances ou de partenariats privilégiés. Ainsi près de la moitié de la surface attribuée est partagée entre seulement 6 ensembles ainsi formés (Mertens *et al.*, 2007).

En termes d'aménagement et de certification FSC, en 2009, 75 concessions ont vu leur PA approuvé dont 14 sont certifiées FSC (appartenant à 5 ensembles) et 21 sont toujours en cours d'aménagement.

Au niveau régional, en 2008, la totalité des concessions attribuées s'élève au nombre de 275 pour une superficie totale de 39 009 521 ha dont 161 sont sous aménagement et 96 sous convention provisoire. Au total, 14 ont été certifiées FSC pour une surface 3 039 087 ha (Wasseige C. *et al.*, 2008).

### CONCLUSION

Le projet IFM-ERA - Augmentation des DMA des essences d'intérêt commercial – a pour objectif est d'utiliser le mécanisme REDD+ comme outil de promotion de l'aménagement durable et de préservation de la diversité actuelle des forêts du Bassin du Congo en essences commerciales devenues vulnérables voire menacées par l'exploitation. Cependant, à première vue, la mise en œuvre d'un projet de type VCS pour compenser le manque à gagner induit par la réduction du prélèvement par la vente de crédit carbone ne serait pas suffisant sur le court terme. On notera pourtant que étant donnée la volatilité des prix des crédits sur les marchés volontaires il serait possible de combler ce manque sous réserve de la mise en place d'accords de vente garantissant au porteur de projet l'achat des crédits à un prix minimum sur toute la durée du projet. De plus, la certification FSC « gestion durable » de l'ensemble des UFA pourra amener une plus-value sur le prix de vente des crédits carbone. Aussi, il sera recommandé avant la mise en œuvre de ce type de projet de réaliser sur la base de la méthodologie d'estimation des réductions d'émissions proposée une analyse économique plus poussée qui étudierait notamment les modalités de partage des bénéfices avec les parties prenantes, les impacts économique liés à la diminution des prélèvements sur l'amortissement des investissements ainsi que les impacts de la mise en œuvre d'un tel projet sur plusieurs rotations.

D'un point de vue méthodologique, la limite principale du projet réside dans le manque de connaissances liées à la dynamique forestière post-exploitation. En effet, un projet augmentation des DMA dans les concessions forestières du Bassin du Congo sur lesquelles on observe d'ores et déjà des intensités de prélèvement faibles (1 à 2 tiges par hectare) n'affectera que peu le degré de perturbation subi par la forêt. Selon la capacité du milieu à recouvrir plus ou moins rapidement des

<sup>11</sup> Données publiées par l'OFAC : <http://observatoire-comifac.net/indicators.php?vl=cntr&country=CMR&tab=3>

perturbations subies, le projet IFM pourra être soit complètement remis en cause (le scénario de référence pourrait être plus intéressant que le scénario de projet d'un point de vue réduction d'émissions avec la séquestration du carbone dans les produits bois) soit très intéressant (si la reconstitution du stock de carbone post-exploitation est moins rapide dans le scénario de référence que de projet). Pour palier à ce manque de connaissance il pourrait être envisagé de mettre en place un réseau de placettes permanentes sur les ACC anciennement exploitées par Pallisco réparties sur des zones d'intensité d'exploitation variable (en prenant en compte l'historique de la forêt avant l'exploitation sous aménagement), ainsi que d'autres paramètres clés tels que les types de végétation, la pédologie, etc.

Une autre limite méthodologique mais qui impacte le projet dans une moindre mesure est le manque de connaissances sur la décomposition du bois mort en forêt tropicale humide. L'incertitude du facteur d'émission utilisé influe fortement l'incertitude totale de l'estimation des réductions d'émissions. La mise en place d'études locales, mais qui comme pour les études de dynamique post-exploitation nécessiteraient un suivi sur plusieurs années, pourraient permettre de diminuer cette incertitude.

Enfin, on notera que la certification FSC (principe 8 sur le suivi évaluation de l'exploitation) apporte au porteur de projet IFM un avantage important pour l'élaboration du projet (élaboration du scénario de référence, estimation des impacts du scénario de projet et processus de consultation des parties prenantes) et la diminution des coûts associés au monitoring. Inversement, le mécanisme REDD+ permettra de répondre aux principes et critère du FSC notamment avec la diminution des impacts sur le milieu, la préservation d'un nombre plus importants de tiges d'intérêt commerciales (tiges d'avenir, semenciers, etc.) et des FHVC, la mise en œuvre d'études de suivi de la dynamique forestière, l'implication et la consultation des populations dans la mise en œuvre du projet, etc.

## BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, 2011.** *FD P20-651 : Durabilité des éléments et ouvrages en bois.* Juin 2011.
- Anoune E., 2009a.** *Rapport de clôture d'exploitation de l'AAC n°1 des UFA 10.030 et 10.031 regroupées.* Cellule inventaire d'aménagement Pallisco 23 p.
- Anoune E., 2009b.** *Rapport de clôture d'exploitation de l'AAC n°4 des UFA 10.041, 10.042 et 10.044 regroupées.* Cellule inventaire d'aménagement Pallisco 20 p.
- Anoune E., 2009c.** *Rapport de clôture d'exploitation de l'AAC n°5 des UFA 10.041, 10.042 et 10.044 regroupées.* Cellule inventaire d'aménagement Pallisco 22 p.
- Anoune E. 2009d.** *Rapport de clôture d'exploitation de l'AAC n°6 de l'UFA 10.039.* Cellule inventaire d'aménagement Pallisco 20 p.
- ATIBT, 2012.** *La lettre de l'ATIBT N°34.* ATIBT. Mars 2012. 44p.
- Baker T., Phillips O., Malhi Y., Almeida S., Arroyo L., Di Fiore A., et al., 2004.** *Increasing biomass in Amazonian forest plots.* Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 359, 353–365.
- Brown S., 1997.** *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer* UN FAO Forestry Paper 134, Rome, pp 55. Available at: [www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e00.htm](http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e00.htm)
- Brown S., Pearson T., Moore N., Parveen A., Ambagis S., Shoch D., 2005.** *Impact of selective logging on the carbon stocks of tropical forests: Republic of Congo as a case of study.* Deliverable 6: logging impacts on carbon stocks. Little Rock, AR, États-Unis, Winrock International, 21 p.
- Calmel M., Martinet A., Grondard N., Dufour T., Rageade M., Ferté Devin A., 2011.** REDD+ à l'échelle projet. Guide d'évaluation et de développement ; ONFI ; 215p.
- Carbon Planet Limited, 2011.** *Methodology for Improved Forest Management - Logged to Protected Forest: Calculating GHG benefits from preventing planned degradation.* Approved VCS Methodology VM0011 v.1.0. Sectoral Scope 14. Verified Carbon Standard (VCS) Association. Available at: [www.v-c-s.org](http://www.v-c-s.org).
- CDM Executive Board, 2010.** *A/R Methodological Tool: Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities. Version 2.1.0.* UNFCCC. 7p.
- Chambers, J.Q., Higuchi, N., Schimel, J.P., Ferreira, L.V. et Melack, J.M., 2000.** *Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central Amazon.* Oecologia, 122(3), 380-88.
- Chambers, J.Q., Higuchi, N., Teixeira, L.M., Santos, J., Laurance, S.G. et Trumbore, S.E., 2004.** *Response of tree biomass and wood litter to disturbance in a Central Amazon forest.* Oecologia, 141(4), 596-611.
- Chave J., Andalo C., Brown S., Cairns M.A., Chambers J.Q., Eamus D., Fölster H., Fromard F., Higuchi N., Kira T., Lescure J.P., Nelson B.W., Ogawa H., Puig H., Riéra B. et Yamakura T., 2005.** *Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests.* Oecologia, 145: 87-99.
- Chenost C., Gardette Y.M., Demenois J., Grondard N., Perrier M., Waemere M., 2010.** *Les marchés du carbone forestier.* UNEP, ONFI, AFD, BioCF ; 172p.
- Deans J.D., Moran J. et Grace J., 1996.** *Biomass relationships for tree species in regenerating semi-deciduous tropical moist forest in Cameroon.* Forest Ecology and Management, 88, 215–225.

- De Chatelperron G., Commercon R., 1986.** *Mise en exploitation du dispositif de recherche en forêt naturelle dans les forêts de Boukoko et La Lolé en République Centrafricaine* Projet F.A.C. A.R.R.F. C.T.F.T., 58 p.
- Daheza M. et Bellessen V., 2010.** *Valorisation carbone de la filière forêt-bois en France.* Etude et climat N°20 ; CDC ; 52p.
- Djomo A., 2010.** *Ecological Management of Tropical forests: Implications for climate change and Carbon Fluxes.* University of Goettingen
- Djomoa A., Knohl A., & Gravenhorst, G., 2011.** *Estimations of total ecosystem carbon pools distribution and carbon biomass current annual increment of a moist tropical forest.* Forest Ecology and Management, 261(8), 1448–1459.
- Durrieu de Madron L., 1993.** *Mortalité, chablis et rôle des trouées dans le dispositif d'étude sylvicole de Paracou - Guyane française.* Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle CTFT-ENGREF 202p.
- Durrieu de Madron L., Karsenty A., Loffeier E., Pierre J.M., 1998.** *Le Projet d'Aménagement Pilote Intégré de Dimako (Cameroun) (1992-1996).* Série FORAFRI. Document 07. 169p.
- EbuyAlipade J., LokombéDimandja J.P., Ponette Q., Sonwa D., Picard N., 2011.** *Biomass equation for predicting tree aboveground biomass at Yangambi, DRC.* Journal of Tropical Forest Science, 23 (2): 125-132.
- Ecosystem Marketplace, 2012.** *Leveraging the Landscape State of the Forest Carbon Markets 2012.* 105p.
- Face The Future, 2010.** *Methodology for Improved Forest Management: Conversion of Low Productive to High Productive Forest v.1.1. Approved VCS Methodology VM0005.* Sectoral Scope 14. Verified Carbon Standard (VCS) Association. Available at: [www.v-c-s.org](http://www.v-c-s.org)
- FAO, 2001.** *FRA 2000 Main Report.* FAO Forestry Paper 140. Rome.
- FAO, 2004.** *Reduced Impact Logging in Tropical Forests. Literature Synthesis, analysis and prototype statistical framework.* November 2004, 287pp. Food and Agriculture Organization, assessed 27 September 2009 from <http://www.fao.org/forestry/foris/foph/x0001e/x0001E00.HTM>
- Fehse J., Hofstede R., Aguirre N., Paladines C., Kooijman A., & Sevink J., 2002.** *High altitude tropical secondary forests: a competitive carbon sink?* Forest Ecology and Management, 163, 9-25.
- Fonseca W., Rey Benayas J., & Alice F., 2011.** *Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica.* Forest Ecology and Management, 262, 1400-1408.
- Forni E., 1994.** *Etude de l'exploitation - Bilan de l'exploitation de la Vente de Coupe 1112.* Rapport technique A.P.I. Dimako 12 p.
- FSC, 2012.** *Norme FSC pour la certification des forêts du Bassin du Congo.* FSC-STD-CB-01-2012-EN Congo Basin Regional Standard EN. Forest Stewardship Council A.C.
- GIEC, 2006a.** *Agriculture, Foresterie et autres affectations des terres.* Volume 4: Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible sur: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- GIEC, 2006b.** *Energie* Volume 2 Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible sur: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- GIEC, 2006c.** *Incertitudes Chapitre 3* du Volume 1: Orientations générales et établissement des rapports –Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de

- serre. Disponible sur: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- GIEC, 2003.** *Recommandations en matière de bonne pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie.* Disponible sur :<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html>
- Gourlet-Fleury S., Fayolle A., Ouédraogo D., Mortier F., Bénédet F., Closset-Kopp D., et al., 2013.** *Silvicultural disturbance has little impact on tree species diversity in a Central African moist forest.* *Forest Ecology and Management*, 304, 322–332.
- Gourlet-Fleury S., Mortier F., Fayolle A., Baya F., Ouédraogo D., F., B., et al., in press.** *Tropical forest recovery from logging: a 24 year silvicultural experiment from Central Africa.* *Philosophical Transactions of the Royal Society B.*
- GreenCollar, 2011.** *Methodology for Improved Forest Management : Conversion of logged to Protected Forest. Approved VCS Methodology VM0010 v.1.1.* Sectoral Scope 14. Verified Carbon Standard (VCS) Association. Available at: [www.v-c-s.org](http://www.v-c-s.org)
- Harmon M.E., Whigham D.F., Sexton J., Olmsted I., 1995.** *Decomposition and mass of dead wood in the dry tropical forests of the northeastern Yucatan Peninsula, Mexico.* *Biotropica* 27:305– 316
- Henry M., Besnard A., Asante W. A., Eshun J., Adu-Bredu S., Valentini R., Bernoux M., Saint-André L., 2010.** *Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa.* *Forest Ecology and Management*, 260 (8): 1375-1388.
- Hertel D., Moser G., Culmsee H., Erasmi S., Horna V., Schuldt B., et al., 2009.** *Below- and above-ground biomass and net primary production in a paleotropical natural forest (Sulawesi, Indonesia) as compared to neotropical forests.* *Forest Ecology and Management*, 258, 1904-1912.
- Ibrahima A., Schmidt P., Ketner P., Mohren G.J.M., 2002.** *Phytomasse et cycle des nutriments dans la forêt tropicale dense humide du sud Cameroun.* Kribi, Cameroun, The Tropenbos-Cameroon Programme, Tropenbos-Cameroon Documents. 9, XVI + 81 p.
- Jardin J.L., 1995.** *Etude de l'abandon des bois sur les parcs d'exploitation en forêt.* Rapport technique A.P.I. Dimako 15 p.
- Karsenty A., Roda J-M, Milol A.C., 2006.** *Audit économique et financier du secteur forestier au Cameroun: draft n°1.* Ministère de l'Economie et des Finances. République du Cameroun. 222p.
- Kira T., 1976.** *Community architecture and organic matter dynamics in tropical lowland rain forests of Southeast Asia with special reference to Pasoh Forest, West Malaysia.* In: Tomlinson PB, Zimmermann MH (eds) *Community architecture and organic matter dynamics in tropical lowland rain forests of Southeast Asia with special reference to Pasoh Forest, West Malaysia.* Cambridge University Press, Cambridge, pp 561–590
- Klinge H., Rodrigues W. A., 1968.** *Litter production in an area of Amazonian terra firme forest.* *Amazonia*, 1: 287-302; 303-310.
- Lescure J.P., Puig H., Riéra B., Leclerc D., Beekman A., Beneteau A., 1983.** *La phytomasse épigée d'une forêt dense en Guyane française.* *Acta Oecologica, Oecologia Generalis*, 4 (3) : 237-251.
- Lewis, S., Lopez-Gonzalez, G., Sonke, B., Affum-Baffoe, K., Baker, T., Ojo, L., et al., 2009.** *Increasing carbon storage in intact African tropical forests.* *Nature*, 457, 1003–1006.
- Malhi Y., Eduardo L., Aragão O., Metcalfe D., Paiva R., Quesada C., et al., 2009.** *Comprehensive assessment of carbon productivity, allocation and storage in three Amazonian forests.* *Global Change Biology*, 15, 1255–1274.

- Mertens B., Steil M., Ayenika Nsoyuni L., Neba Shu G., Minnemeyer S., 2007.** *Atlas forestier interactif du Cameroun v.2.0* Document de synthèse. World Resource Institute (WRI). 42p.
- MINEF, 1998.** *Les Normes d'intervention en milieu forestier.* Cameroun. Ministère de l'environnement et des forêts.
- MINEP, 2008.** *The Forest Carbon Partnership Facility (FCPF) Readiness Plan Idea Note (R-PIN)* Cameroun. Ministère de l'Environnement et la Protection de la Nature. 30 p.
- Miyamoto K., Rahajoe J., & Kohyama T., M. E., 2007.** *Forest structure and primary productivity in a Bornean heath forest.* Biotropica, 39, 35-42.
- Ndassa A., 2010.** *Evaluation post exploitation et incidence sur la dynamique forestière. Cas des 10.030 - 10.031 au Cameroun.* Mémoire université de Yaoundé I 84p.
- Niedermaier P., 1984.** *Plywood substitutes urged for maximum forest utilization: Part I and II.* The Philippine Luberman 30 (7 & 8), 11-16 ; 8-13 ; 30.
- Nolla Babena M., 2008.** *Pour une promotion efficiente du bois au Cameroun. Quelle politique ? Quelle stratégie ?* 194 p.
- Ohler F.M.J., 1980.** *Phytomass and mineral content in untouched forest.* Paramaribo, Suriname, University of Suriname, CELOS report, n°132, 43 p.
- ONADEF, 1991.** *Normes d'inventaire d'aménagement et de préinvestissement.* Ministère de l'Agriculture – Office National de développement des forêts. 70p.
- ONFi, TERE, FRM, 2011.** *Composante 3 – Action 1 : Développement de projets de démonstration – Rapport d'exécution de la tâche 1 (analyse méthodologique).* FORAFAMA. 27p.
- Pallisco, 2003a.** *Plan d'aménagement de l'Unité Forestière d'Aménagement 10.039.*
- Pallisco, 2003b.** *Plan d'aménagement des Unités Forestières d'Aménagement 10.041, 10.042 et 10.044 regroupées.*
- Pallisco, 2008.** *Plan d'aménagement des Unités Forestières d'Aménagement 10.030 et 10.031 regroupées.*
- Pallisco, 2012.** *Rapport de clôture d'exploitation de l'AAC n°3 des UFA 10-030 et 10 031 regroupées.* Cellule inventaire d'aménagement Pallisco 16 p.
- Pavoine L., 2012.** *Élaboration d'un protocole de suivi des impacts carbone de l'exploitation forestière sous aménagement forestier durable dans la Municipalité de Cotriguaçu au Brésil.* Mémoire de stage AgroParisTech-ENGREF 84 p.
- Pearson T., Walker S. et Brown S., 2005.** *Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects.* Bio Carbon Fund, Winrock International. 64p.
- Picard N. et Gourlet-Fleury, 2008.** *Manuel de référence pour l'installation de dispositifs permanents en forêt de production dans le bassin du Congo.* COMIFAC 265 p.
- Pinard M. et Cropper W., 2000.** *Simulated effects of logging on carbon storage in dipterocarp forest.* Journal of Applied Ecology, 37:267-283.
- Preece N. D., Crowley G. M., Lawes M. J. & Van Oosterzee P., 2012.** *Comparing above-ground biomass among forest types in the Wet Tropics: Small stems and plantation types matter in carbon accounting.* Forest Ecology and Management, 264, 228-237.
- Reyes G., Brown S., Chapman J., Lugo A.E., 1992.** *Wood Densities of Tropical Tree Species.* New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 15 p. (Gen. Tech. Rep. SO; 88).
- Samba D., Durrieu de Madron L., Fontez B., Giraud A., Riera B., 2011.** *Etablissement d'équations entre le diamètre et le volume total de bois des arbres, pour les forêts*

denses humides semi caducifoliées du Cameroun. *Bois et Forêts des tropiques* 308, 87-95.

**Sepulchre F., Doucet J.L., 2008.** *Evaluation de la présence de Forêts à Haute Valeur pour le Conservation dans les concessions forestières de Pallisco (Cameroun) selon le concept défini par le principe 9 du Forest Stewardship Council. UFA 10.030, 10.031, 10.039, 10.041, 10.042 et 10.044.* Nature +, juin 2008. 109p.

**Vandenhoute M., Doucet J.L., 2006.** *Etude comparative de 20 plans d'aménagement approuvés au Cameroun.* GTZ/PGDRN. Nature +. 57 p.

**VCS, 2010a.** *Tool for the demonstration and assessment of additionality in IFM project activities VT0002 v1.0.* Verified Carbon Standard (VCS) Association. Available at: [www.v-c-s.org](http://www.v-c-s.org)

**VCS, 2010b.** *Tool for the estimation of uncertainty for IFM project activities VT0003 v1.0.* Verified Carbon Standard (VCS) Association. Available at: [www.v-c-s.org](http://www.v-c-s.org)

**VCS, 2012a.** *Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) Requirements v.3.3.* Verified Carbon Standard (VCS) Association. Available at: [www.v-c-s.org](http://www.v-c-s.org)

**VCS, 2012b.** *AFOLU non-permanence RiskTool v.3.2.* Verified Carbon Standard

(VCS) Association. Available at: [www.v-c-s.org](http://www.v-c-s.org)

**VCS, 2012c.** *Program Fee schedule v.3.3.* Verified Carbon Standard (VCS) Association. Available at: [www.v-c-s.org](http://www.v-c-s.org)

**VCS, 2012d.** *Registration and issuance process v3.4.* Verified Carbon Standard (VCS) Association. Available at: [www.v-c-s.org](http://www.v-c-s.org)

**Wasseige C., D. Devers, P. de Marcken, R. Eba'aAtyi, R. Nasi, Ph Mayaux, 2009.** *Les Forêts du Bassin du Congo – Etat des Forêts 2008.* ISBN 978-92-79-132 11-7, doi: 10.2788 /32456, Office des publications de l'Union européenne, 426 p.

**Winjum, J.K., Brown, S. and Schlamadinger, B. 1998.** *Forest harvests and wood products: sources and sinks of atmospheric carbon dioxide.* Forest Science 44: 272-284

**Yebeo Koffi A., Brechet L., Soengaz Lopez B., 2005.** *Evaluation des dégâts d'exploitation sur le peuplement résiduel en forêt aménagée de Guyane française (parcelle MARIPA 64).* Mémoire de stage ENGREF. 32p.

**Yoneda T., Tamin R., Ogino K., 1990.** *Dynamics of aboveground big woody organs in a foothill dipterocarp forest, West Sumatra, Indonesia.* EcolRes 5:111–130

## ANNEXE 1 : ESTIMATION DE LA SEQUESTRATION DE CARBONE DANS LES TIGES COMMERCIALES

Un modèle de dynamique forestière pour reproduire la régénération de la forêt post-exploitation a été construit pour simuler l'accroissement des tiges commerciales et le stockage de carbone associé. Le modèle utilisé est un modèle matriciel de dynamique des populations souvent appelé modèle de Usher. Pour ce type de modèle (cf. Figure 10), la population est répartie dans L classes ordonnées. Pour être précis, le modèle de Usher repose sur 4 hypothèses :

- les individus évoluent indépendamment ;
- l'évolution d'un individu entre deux instants t et t+1 ne dépend que de son état à l'instant t ;
- un individu peut soit mourir, soit rester dans sa classe, soit passer dans la classe juste supérieure ; tout individu peut engendrer des juveniles ;
- l'évolution en t et t+1 ne dépend pas de t.

Le modèle de Usher est couramment employé en foresterie (Picard & Gourlet-Fleury, 2008). Pour l'utiliser il faut déterminer pour chaque classe  $l=1, \dots, L$  les probabilités  $p_l$  qu'un individu reste dans sa classe,  $q_l$  qu'il passe dans la classe supérieure et  $d_l$  qu'il meure, entre deux pas de temps. Il faut également estimer le taux de fécondité de la population,  $f$ , qui permet de déterminer le nombre de recrutés, c'est-à-dire le nombre d'individus rentrant dans la 1<sup>ère</sup> classe entre deux pas de temps.

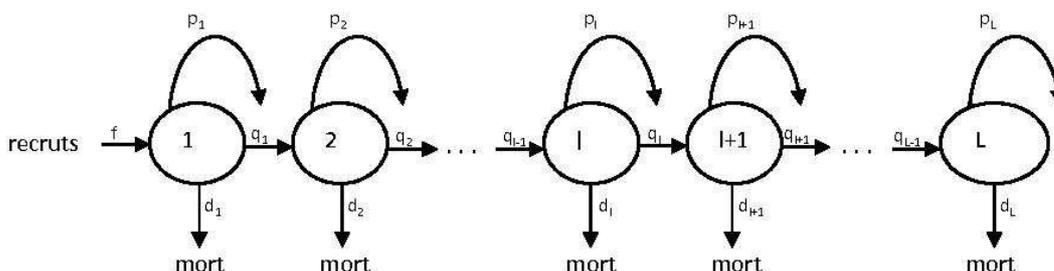


Figure 10 : Modèle de dynamique des populations en classes

Lorsque la taille de la population étudiée est suffisamment grande (dans toutes les classes de diamètre), il est possible de négliger la stochastique démographique. Ce qui signifie que les probabilités de passage entre les classes sont assimilées à des taux et ainsi on raisonne sur l'évolution des effectifs dans les classes en moyenne (ou en espérance). Ainsi, si les effectifs dans les différentes classe à l'instant t sont rassemblés dans le vecteur  $N_t = (n_t^1, \dots, n_t^L)$ , en mettant l'ensemble des probabilité sur la forme d'une matrice U (cf. Figure 11), les effectifs moyen dans les classes à l'instant t+1 sont donnés par la formule  $N_{t+1} = U \times N_t$ .

$$U = \begin{pmatrix} p_1 + f & f & \dots & f \\ q_2 & p_2 & & 0 \\ & \ddots & \ddots & \\ 0 & & q_L & p_L \end{pmatrix}$$

Figure 11 : Matrice de Usher

A partir de ce modèle, il est possible d'estimer le taux de reconstitution du stock à l'issue d'une période T. Tout d'abord, il faut définir un vecteur de taille L caractérisant le stock :  $I = (0, \dots, 0, 1, \dots, 1)$ , dont les éléments valent 1 pour les classes constituant le stock et 0 pour les classes ne constituant pas le stock. Ainsi le stock est défini par la formule  $I \times N_t$ .

Ensuite il faut définir un autre vecteur de taille L caractérisant l'exploitation,  $Exp = (1 - \text{dégâts}, \dots, 1 - \text{dégâts}, 0, \dots, 0)$ , dont les éléments valent  $1 - \text{dégâts}$  pour les classes non exploitées et 0 pour les classes exploitées, avec *dégâts* égal à la probabilité qu'un arbre meure à cause de l'exploitation. Si Y désigne dont la diagonale est égale à Exp, les effectifs post exploitation sont définis par la formule  $Y \times N_t$ .

Si les effectifs initiaux sont notés  $N_0$ , le stock initial est égal à  $I \times N_0$ . Les effectifs post-exploitation sont définis par  $Y \times N_0$ . Les effectifs T périodes après l'exploitation sont définis par  $U^T \times Y \times N_0$  avec comme stock associé  $I \times U^T \times Y \times N_0$ . Ainsi on obtient le taux de reconstitution du stock par la formule :

$$\%RE = \frac{I' \times U^T \times Y \times N_0}{I' \times N_0}$$

Pour être en mesure d'estimer le taux de reconstitution du stock selon les différents scénarios à partir d'effectifs initiaux donnés, il suffit de déterminer la matrice U, puisque les DME définissent le vecteur I et les DMA des scénarios définissent le vecteur Exp.

Pour estimer les différentes probabilités du modèle constituant la matrice U, l'approche naturelle consisterait pour une classe donnée à prendre les proportions d'individus morts, passés dans la classe supérieure ou restés dans leur classe entre deux pas de temps. Cette méthode bien que statistiquement non biaisée souffre d'une grande variabilité lorsqu'il y a peu d'effectifs ce qui est souvent le cas en foresterie. Il est ainsi recommandé (Picard & Gourlet-Fleury, 2008) de plutôt utiliser l'accroissement moyen observé dans chaque classe pour déduire les probabilités. C'est la méthode que nous avons employé dans cette étude.

Pour cette étude la population d'arbre d'une espèce est répartie dans des classes de diamètres suivant leur DHP. Nous avons utilisés les classes de diamètres (en cm) suivantes : [20 ; 30[, [30 ; 40[, [40 ; 50[, [50 ; 60[, [60 ; 70[, [70 ; 80[, [80 ; 90[, [90 ; 100[, [100 ; 120[, [120 ; 140[ et [140 ; +∞[. Afin d'avoir suffisamment d'effectifs dans toutes les classes pour estimer les différentes probabilités nous avons regroupés les individus des quinze espèces ciblées par le projet. Ainsi nous avons utilisé une seule matrice d'Usher pour toutes les essences. Les résultats issus de la matrice de Usher ont ensuite été multiplié par les taux de prélèvement par essence, déterminés sur la base des données de suivi-abattage disponibles sur les années à 2007 à 2011, et converti en carbone à l'aide de l'équation allométrique proposée par Samba *et al.* (2011).