



Rapport final

*Évaluation de l'impact d'une décennie d'efforts visant à
réduire la déforestation dans et autour du parc
national des Virunga, province du Nord-Kivu, RDC*

Mai 2019



Table de matières

Sigles et abréviations	5
Liste des tables	5
Liste des figures	6
Résumé exécutif	7
Introduction et contexte	13
<u>1. Eléments de méthode</u>	15
<u>1.1.</u> L'enquête de terrain	16
<u>1.1.1.</u> La taille d'échantillonnage, la méthode d'enquête et l'équipe de terrain	16
1.1.2. Le problème de l'absence des planteurs	17
1.1.3. La combinaison des données avec celle de DIOBAS	18
1.1.4. Le problème des questionnaires incomplets	18
2. L'évolution de la déforestation par analyse des images satellite des massifs forestiers du PNVi et de ses environs entre 1987 et 2017	18
2.1. Contexte	19
2.2. L'analyse des projets antérieurs sur l'évolution de la déforestation du PNVi et ses environs	19
2.3. L'analyse visuelle et la sélection des classes d'occupation des sols.....	20
2.4. Les résultats de la production des cartes d'occupation du sol et les résultats statistiques pour chaque période d'analyse.....	21
2.4.1. Etat du paysage des Virunga entre 1987 et 2017	21
2.5. Analyse de la déforestation entre 1987-2017	24
2.5.1. Analyse de la déforestation pour le paysage Virunga	24
2.5.2. L'analyse de la déforestation pour le PNVi.....	28
2.6. Discussion des résultats	29
3. Les impacts des plantations, de la production et commercialisation de l'ecomakala et des FA sur le niveau de déforestation dans la province de Nord-Kivu.....	32
3.1. Modélisation de la consommation et de l'approvisionnement en charbon	32
3.2. Simulations de la consommation et de l'approvisionnement et des impacts sur les ressources forestières.....	34
3.2.1. Simulation des « trajectoires du possible » de la consommation et l'approvisionnement en charbon de bois	34
3.2.2. Simulation des scénarios projets et impacts pressentis.....	37
3.2.3. Simulations des impacts du projet sur la consommation de charbon de bois	37
3.2.4. Simulations des impacts du projet sur l'approvisionnement en charbon de bois	40
3.3. Synthèse des résultats	42
4. Évaluation des impacts socio-économiques et environnementaux des activités de projet	44

4.1. Les impacts socio-économiques positifs des plantations d'arbres	44
4.2. Les impacts socio-économiques négatifs des plantations	48
4.3. Les impacts environnementaux positifs des plantations	52
4.4. Les impacts environnementaux négatifs des plantations	55
5. Les possibilités d'étendre les activités de reboisement dans le paysage des Virunga	68
5.1. Les planteurs d'ECOMakala existants	68
5.2 Des planteurs copiant le modèle ECOMakala	69
5.3. Les limites à l'expansion des activités de reboisement	70
6. Analyse des écarts en vue d'améliorer la stratégie de mise en œuvre, l'efficacité et l'efficience des différentes composantes du programme	73
Bibliographie.....	89
Annexes	91

Sigles et abréviations

BAU	Business As Usual
CA	Carbonisation améliorée
CACOPROB	Coopérative Agricole pour la Commercialisation des Produits de Bois
COOPAL	Coopérative des Planteurs d'Arbres de Lubero
COPROMA	Coopérative de Production de Makala
CREF	Réseau pour la Conservation et la Réhabilitation des Écosystèmes Forestiers
EA	Energies alternatives
FA	Foyer Amélioré
GES	Gaz Effet Serre
ICCN	Institut Congolais pour la Conservation de la Nature
ONG	Organisation Non Gouvernemental
ONFI	ONF International
PF	Plantations forestières
PNUD	Programme des Nations unies pour le développement
PNVi	Parc National des Virunga Réseau
RDC	République Démocratique du Congo
WWF	World Wide Fund for Nature (Fond Mondial pour la Nature)

Liste des tables

- 1 : ECOmakala nombre de planteurs et superficie plantée par territoire
- 2 : Planteurs à sondé par territoire et par année de plantation
- 3 : Planteurs sondés par territoire et par année de plantation
- 4 : Répartition de l'enquête par territoire et par sexe
- 5 : Description des classes d'occupation des sols dans le paysage des Virunga
- 6 : L'évolution de la couverture d'utilisation des sols dans et autour de NVPi, 1987 et 2017
- 7 : Répartition des surfaces forêt/non-forêt sur le paysage des Virunga 1987, 1997, 2007, 2017
- 8 : Analyse de la déforestation pour le PNVi entre 1987-2017
- 9 : Evolution de la déforestation entre 1987 et 2017 dans et hors le PNVi
- 10 : Taux de déforestation annuel suivant les périodes 1987-1997 1997-2007 et 2007-2017
- 11 : Synthèse des données et de hypothèses
- 12 : Synthèse des scénarios de promotion des FA et des énergies alternatives
- 13 : Synthèse des scénarios de promotion des techniques de carbonisation améliorées et d'augmentation des surfaces de plantations forestières
- 14 : Prix moyen de la vente des produits US\$
- 15 : Les planteurs qui ont constaté une amélioration de rendement des cultures vivrières
- 16 : L'importance de l'impact d'Eucalyptus sur l'environnement local
- 17 : Les impacts socio-économiques et environnementaux des activités du projet ECOmakala
- 18 : Superficie d'autres terre disponible pour le projet
- 19 : Combien de planteurs connaissez-vous qui imitent le modèle ECOmakala ?
- 20 : Nb de sacs de makala vendus pas Goma-Stove en 2018
- 21 : La qualité en charbon produit par les essences du projet
- 22 : Connaissance de l'existence des coopératives

Liste des figures

- 1 à 4 : Cartes d'occupation du sol du paysage des Virunga entre 1987 et 2017
- 5 à 12 : Cartographie binaire forêt non-forêt pour les années 1987, 1997, 2007 et 2017
- 13 : Evolution de la déforestation en ha entre le PNVi et ses environs entre 1987 et 2017
- 14 : Utilisation des FA par les ménages à Goma
- 15 : Modèle de consommation et d'approvisionnement en charbon de bois
- 16 : Synthèse des résultats des simulations "trajectoires du possible" et Business As Usual
- 17 : Impact estimé des plantations actuelles du projet
- 18 : Résultats du scénario de diffusion des énergies alternatives
- 19 : Résultats du scénario de diffusion des foyers améliorés
- 20 : Résultats du scénario d'accroissement des surfaces de plantations
- 21 : Résultats du scénario de diffusion des techniques de carbonisation améliorées
- 22 : Synthèse des impacts du projet dans le cadre d'une mise en œuvre combiné des scénarios de promotion des foyers améliorés, des énergies alternatives, des techniques de carbonisation améliorée et d'augmentation des surfaces de plantations
- 23 : Utilisation des produits
- 24 : Types de bien être socio-économiques
- 25 : Tâches des femmes dans les plantations
- 26 : Types de cultures pratiqués dans les plantations
- 27 : Pourcentage des plantations exploités par année d'établissement
- 28 : Raisons pour lesquelles les planteurs n'ont pas exploité leurs plantations
- 30 : Connaissance du taux de production de makala stipulé dans le contrat
- 31 : Occupation du terrain avant ECOmakala
- 32 : La rétrocession oui ou non
- 33 : Raisons pour non-rétrocession
- 34 : Impacts positifs du projet sur l'environnement local
- 35 : Espèces attributaires de l'impact positif
- 36 : Niveau de perception du planteur de l'importance des impacts sur l'environnement local
- 37 : Impacts négatifs du projet sur l'environnement local
- 38 : Espèces attributaires de l'impact négatif
- 39 : Essences plantées
- 40 : Essences d'arbres plantés entre 2007 et 2017
- 41 : Niveau de la perception des planteurs de l'importance des impacts négatifs sur l'environnement local
- 42 : Rasoins de ne pas produire le makala
- 43 : Membre d'une coopérative de production et commercialisation de makala
- 44 : Les services entant que membre d'une coopérative
- 45 : Raisons d'adhérer à une coopérative
- 46 : Raisons de ne pas adhérer à une coopérative
- 47 : Les conditions pour adhérer à une coopérative
- 48 : La part sociale libéré ou pas
- 49 : Mode de carbonisation

Résumé exécutif

Le présent rapport répond aux deux objectifs principaux suivants souligné dans les termes de référence du projet :

1. Réaliser une évaluation des impacts socio-économiques et environnementaux des activités du projet « ECOMakala » du WWF dans la province du Nord-Kivu en RDC, notamment sur le niveau actuel et futur du déboisement et de dégradation des forêts du Parc National du Virunga (PNVi) et ses environs (considéré comme ayant un rayon de 10 km autour du parc dans la littérature). Les activités du projet concernées sont :
 - la mise en place de plantations d'arbres à croissance rapide par les communautés autour du PNVi;
 - la production et commercialisation du charbon de bois en provenance des plantations d'arbres (« ECOMakala »);
 - la production et la commercialisation des foyers de cuisson améliorés (FA).
2. Fournir des recommandations pour améliorer la stratégie de mise en œuvre des trois différentes activités du projet en vue d'augmenter son efficacité et son efficience.

En plus de ces deux objectifs, le rapport présente les possibilités d'étendre les activités de reboisement dans la province du Nord-Kivu, ainsi que les barrières associées à une telle expansion et comment les surmonter.

Afin de bien répondre aux objectifs du projet, de mieux comprendre le contexte de déforestation dans et autour du PNVi, et les impacts socio-économiques et environnementales du projet, trois tâches spécifiques ont été menées :

1. Un travail d'analyse des images satellite des massifs forestiers du PNVi et ses environs entre 1987 et 2017, afin de mesurer l'évolution de la déforestation ;
2. Une analyse, à travers un modèle de simulation prospectif, de la consommation et l'approvisionnement en charbon dans la province du Nord-Kivu, et de ses impacts sur la ressource forestière, afin d'évaluer (1) les enjeux de la consommation et l'approvisionnement en charbon à venir dans la prochaine décennie et (2) les moyens pour le projet (par ses trois activités) d'infléchir les tendances actuelles et futures de dégradation des ressources forestières ;
3. Une enquête de terrain auprès des planteurs couvrant des questions clés liées à :
 - la compréhension et la quantification des impacts socio-économiques et environnementaux du projet ;
 - la stratégie de mise en œuvre avec un accent particulier sur la composante « production et commercialisation de l'ecomakala ».

L'étude sur l'analyse des images satellite du PNVi et ses environs a montré que pendant la période de 1987 à 2017, la classe forêt avait diminué à la faveur de la classe non-forêt, cette diminution représentant un total de 268 811 ha, ou une perte de pourcentage nette de 27.6%, ou 1.27% par an.

En ce qui concerne le PNVi lui-même, le taux net de déforestation pour cette même période était de 10.6%, soit un total de 82 302 ha, ou un taux annuel de 0.39%. Ce taux représente

30.6% du taux net de déforestation du PNVi et ses environs collectivement (soit 82 302 ha sur 268 811 ha) ou 0.39% du taux annuel de déforestation de 1.27%.

En termes de l'évolution de la déforestation pour la période 2007-2017 le rythme de déforestation est réduit considérablement par rapport à la période de 1997-2007, autour et surtout dans le PNVi (par -56% pour le dernier). Cette diminution du taux de déforestation pendant la période semble être liée à plusieurs facteurs, notamment :

- La relative stabilité de la période, et un retour à la paix en comparaison avec les deux décennies précédentes ;
- La mise en œuvre de réformes dans le PNVi, y compris le renforcement et l'amélioration de l'efficacité des patrouilles armées et la mise en place de points de contrôle ;
- L'établissement du projet ECOMakala du WWF en 2007, et la mise sur le marché progressivement d'un charbon concurrentiel à celui coupé illégalement dans et autour du PNVi – à noter que l'impact d'une telle action augmentera au fur et à mesure que le projet gagne en maturité et améliore ses bénéfices avec l'augmentation du volume du charbon mis sur le marché ;
- La production et la commercialisation de FA menant à une réduction non négligeable du niveau de consommation du charbon dans les ménages (diminution de 35% selon l'étude de Charki, 2016)

Malgré cette baisse du niveau de déforestation pendant la période 2007-2017, l'analyse de la consommation et de l'approvisionnement en charbon de bois a montré une évolution pressentie de la consommation totale de charbon par les ménages de Goma et d'autres centres urbains de la province du Nord-Kivu. En effet, l'analyse estime que celle-ci pourrait augmenter de 40% dans les 10 prochaines années passant ainsi de près de 135 000 tonnes actuellement à 188 000 tonnes en 2028, dont la majorité pour la seule ville de Goma. Au moment du lancement du projet en 2007 la consommation à Goma était 59 000 tonnes (African Conservation Fund, 2008).

En conséquence la pression sur les forêts autour et dans le PNVi pourrait s'accroître sous les conditions actuelles (Business As Usual) et l'analyse suggère que plus de 72 000 hectares de forêt pourraient être impactés annuellement par la consommation de charbon de bois d'ici à 2028, contre 52 000 hectares impactés par an actuellement¹. Néanmoins, l'analyse a également montré que les possibilités existent pour le projet de jouer un rôle central au travers ses impacts positifs, dans la réduction de ces menaces, et que ces possibilités sont non négligeables.

D'un point de vue de l'approvisionnement :

- Le développement de nouvelles plantations ECOMakala pour la production du charbon et le maintien des plantations existantes est indispensable pour réduire durablement la

¹ Il convient de différencier la déforestation des impacts d'un prélèvement de bois énergie dans la forêt. Les prélèvements de bois pour des usages énergétiques sont sélectifs et contribuent davantage à « dégrader la forêt » qu'à un phénomène de « coupe à blanc ». Nous estimons ici que l'équivalent de 52K hectares de forêts font l'objet de prélèvement. Cependant à la sortie de ces prélèvements il reste des arbres dans les parcelles d'approvisionnement. C'est le processus de prélèvement continu (plusieurs années de dégradation) qui conduit à diminuer le couvert forestier d'une parcelle à tel point que celle-ci ne soit plus considéré comme une forêt (i.e. considéré comme déforestation)

pression de la chaîne énergétique actuellement exercée sur les forêts naturelles. L'analyse a montré que les 11 217 ha de plantations existantes pourraient permettre, dans les 10 années à venir, de réduire la menace pesant sur les forêts naturelles d'environ 5 000 hectares chaque année.

- L'amélioration de l'efficacité des pratiques de carbonisation dans le cadre du projet jouera un rôle central pour réduire durablement la quantité de bois nécessaire aux approvisionnements en charbon des ménages de la région. L'analyse a montré que la carbonisation améliorée (selon les hypothèses de projets définies) peut réduire la consommation de charbon de près de 18% d'ici à 10 ans, ce qui permettrait de réduire substantiellement la pression sur les forêts, de l'ordre de 12 200 ha par an.

D'un point de vue de la consommation :

- La diffusion continue des FA dans les ménages dans le cadre du projet ECOMakala représente un effet positif sur la consommation de charbon. Les simulations suggèrent dans un premier temps que la consommation totale de charbon de bois par les ménages pourrait être réduite de près de 8% d'ici à 2028 en favorisant l'accès aux FA. Ceci permettrait de réduire la pression sur les forêts naturelles d'environ 5 500 ha par an.
- La promotion de la substitution énergétique vers des énergies alternatives modernes telles que l'électricité (par exemple, l'harmonisation du projet hydro-électrique géré par le PNVi, afin d'assurer que l'approvisionnement de l'électricité est plus équitable et qu'elle touche un nombre plus important de foyers) est également une piste à explorer. Selon la modélisation basée sur les hypothèses définies dans le tableau 11 en section 3 la consommation de charbon pourrait être réduite par l'amélioration de l'efficacité des pratiques de carbonisation comme déjà expliqué ci-dessus.

En raison de la pression démographique grandissante dans la région, la durabilité et la viabilité des interventions sont interdépendantes. Il conviendrait donc dans la mesure du possible de promouvoir l'ensemble des activités, de manière conjointe et coordonnée. En effet, en cumulant l'ensemble des scénarios d'interventions qui ont été proposés, l'impact global du projet en termes de réduction de la pression sur les forêts autour et dans le PNVi pourrait être très important. Par exemple, l'analyse estime que la tendance de dégradation des forêts peut être inversée dans les 10 prochaines années et la pression exercée actuellement pourrait être réduite de près de 45% par 2028 ou quelques 30 000 ha par an (sur les 72 000 impactés).

En ce qui concerne les possibilités d'expansion des activités de reboisement dans la région dans le cadre du projet, de telles possibilités appartiennent essentiellement aux acteurs suivants :

- Les planteurs du programme ECOMakala existants ;
- Des planteurs copiant le modèle ECOMakala ;
- Les agriculteurs qui n'ont pas encore planté des plantations ligneuses.

Une estimation approximative des terres disponibles pour le boisement supplémentaire et la production de charbon dans la région pourrait se situer autour de 26 400 ha, sur une base de l'inclusion de la moitié des 16 000 planteurs estimés qui imitent actuellement le modèle ECOMakala (soit 16 000 ha à 2ha par planteur en moyen) et les 9 370 planteurs ECOMakala existants (terres supplémentaires calculé à 10 400 ha ou environ 1 ha supplémentaire en moyenne par planteur).

En plus des planteurs ECOMakala et ceux imitant le projet, en prenant également compte les agriculteurs qui n'ont pas encore planté, il semble faisable que le projet ECOMakala puisse atteindre facilement les 50 000 ha pour l'ensemble de la région, soit environ 40 000 ha supplémentaires (60-70% de la population vit dans les zones rurales, UN 2015).

L'analyse de la consommation et de l'approvisionnement en charbon dans la province du nord Kivu a montré qu'avec les 11 217 ha de plantations actuellement mises en place permettront de préserver en moyenne environ 5 000 hectares de forêts naturelles impactés chaque année, il est donc raisonnable de présumer que si le projet augmente en taille pour atteindre les 50 000 ha, il sera possible de préserver environ 22 300 ha de forêts naturelles impactés par an.

Malgré cette possibilité importante d'augmenter la taille du programme de reboisement, il existe un certain nombre d'éléments considérés comme des limitations à l'expansion du boisement dans la région, comme par exemple :

- Un manque de données sur le nombre de planteurs qui imitent le modèle ECOMakala et sur les nouveaux planteurs potentiels qui pourraient entreprendre des activités de boisement dans le Nord-Kivu (ces données sont basées sur le nombre de ménages engagés dans l'agriculture par territoire et par zone propice au reboisement et une estimation du terrain supplémentaire disponible pour le projet par ménage). La Section 5 du rapport montre un exemple de potentiel d'augmentation de la taille du projet prenant en compte les résultats du sondage et des estimations du nombre de ménages qui pourraient potentiellement s'engager dans le projet et leur superficie respective de terre théoriquement disponible.
- Une nécessité de s'assurer que seules des terres considérées comme marginales sont utilisées pour le reboisement ;
- Une nécessité de compléter le modèle existant, avec un modèle davantage basé sur l'agroforesterie ;
- Un besoin de s'éloigner des espèces exotiques en faveur des espèces locales si les conditions biophysiques le permettent, en particulier les Eucalyptus (sauf quand il est sûr que celui-ci n'est pas en conflit avec l'environnement local et en concurrence avec les cultures voisines);
- Malgré la responsabilisation des planteurs par le projet quant à la gestion des boisements, il pourrait arriver que les planteurs manquent de temps pour gérer leurs plantations (la gestion des arbres étant en concurrence directe avec la production alimentaire) avec en conséquence le besoin de payer de la main d'œuvre ;
- Le besoin de développer de futurs modèles de plantation et d'agroforesterie, plus spécifiquement axés sur la production de charbon, afin de garantir l'augmentation progressive de la quantité de charbon sur le marché ;
- Un besoin de respecter des services écosystémiques lors du développement de futures plantations avec les essences appropriées ;
- Un nécessité d'installer des groupes de surveillance des plantations communautaires afin de réduire le nombre de vols (aide à l'incitation de développer les plantations) ;
- Un besoin d'élaborer un plan de zonage des risques d'incendie pour la région et d'éviter de planter des espèces inflammables telles que l'eucalyptus dans les zones exposées aux risques ;
- Un besoin d'élaborer un plan stratégique intégré de lutte contre les ravageurs et les maladies ;
- La question potentielle concernant la situation précaire d'agriculteurs, entraînant une récolte précoce des plantations au détriment de la production de charbon ;

- Un besoin d'augmentation de la sécurité pour que les planteurs s'engagent dans le reboisement avec sérénité.

L'analyse des écarts et les recommandations d'amélioration pour la mise en œuvre des trois composantes du programme en vue d'améliorer son efficacité et son efficience a été considérée au regard de l'atteinte des deux objectifs du projet :

- **Objectif 1 :** *Améliorer l'approvisionnement durable en bois-énergie dans la province du Nord-Kivu et la promotion d'une alternative à l'exploitation du charbon illégal en provenance du PNVi;*
- **Objectif 2 :** *Contribuer au développement durable et à la réduction de la pauvreté.*

Malgré le progrès croissant du projet pour approvisionner la province avec du charbon durable et la diminution du taux de déforestation dans le PNVi pendant la période (2007-2017), le projet a toujours des aspects à améliorer afin qu'il puisse être considéré comme ayant une efficacité optimum et ayant pleinement atteint son objectif principal, ceci en raison des barrières identifiées ci-après. La liste est présentée par degrés dégressifs d'importance.

- Un besoin d'approvisionner le marché avec une plus grande quantité de charbon durable (première livraison de ECOmakala à Goma en 2015);
- Une commercialisation du makala toujours peu structurée ;
- La nécessité d'une meilleure maîtrise des coûts de production et de commercialisation du charbon durable vs charbon non-durable ;
- Un besoin d'assurer une qualité de charbon plus homogène (surtout au niveau valeur calorifique);
- Un besoin d'un meilleur respect/volonté des planteurs de couper leurs plantations pour le charbon, et de respecter le taux de production de makala selon le contrat du projet (soit 60%) ;
- La nécessité de mieux promulguer les techniques de carbonisation améliorée ;
- Une faible compréhension des opportunités d'augmenter l'importance / influence du projet dans la province et ainsi à terme la quantité du charbon durable sur le marché.
- Un manque de contrôle/visibilité sur la période de récoltes des plantations, qui permettrait de mieux estimer le flux du charbon durable sur le marché ;
- Une gestion des plantations assez peu optimale avec des modes de gestion variable, générant une production du charbon très variable par ha et potentiellement réduite.
- Un prolongement éventuel de l'âge de l'exploitation pour le charbon (actuellement 5 ans en moyen) afin d'assurer un charbon de qualité au niveau de la valeur calorifique ;
- La nécessité d'une meilleure maîtrise des impacts négatifs liés à la production du charbon durable à tous les niveaux de la chaîne de production (essentiellement environnementaux).

Une période de consolidation est ainsi nécessaire pour le projet, afin d'assurer que toutes ces barrières soient adressées au mieux.

Concernant l'atteinte du deuxième objectif, au cours de ces derniers dix années le projet a contribué progressivement au développement socio-économique local à travers la mise en œuvre de ces diverses activités, par :

- la création des nouvelles compétences techniques et domaines économiques et la création d'emploi associés (y compris pour les femmes)
- la génération et l'augmentation des revenus des foyers (salaires et économies réalisées grâce aux FA).

L'augmentation du revenu des foyers offre de meilleures possibilités d'améliorer le bien-être socio-économique, grâce notamment à un meilleur accès à la santé et à l'éducation et à de meilleures conditions de vie en général.

Ainsi, en conclusion, pour objectif 2, le projet peut être considéré actuellement d'avoir atteint son objectif d'avoir « contribué » à un développement durable et à la réduction de la pauvreté dans la province. Cette contribution devrait augmenter avec le temps, une fois que les plantations ont atteint leur maturité et que les bénéfices de l'utilisation des FA se répandent à travers la province etc.

Dans le cas de l'efficacité du projet en ce qui concerne les deux objectifs, le fait que ces derniers sont en train d'être atteints grâce aux trois activités du projet, signifie que l'efficacité, ou utilisation rationnelle des ressources à disposition du projet pour atteindre chaque activité, a été mise en œuvre de manière optimale.

Introduction et contexte

En RDC la consommation de bois énergie dans les centres urbains augmente considérablement du fait principalement de la croissance démographique soutenue et du manque d'accès aux énergies alternatives (EA) modernes telles que l'énergie électrique. Ainsi, les ménages dépendent fortement du combustible bois pour leurs besoins quotidiens notamment pour la cuisson, environ 87 % des ménages à Kinshasa et 95 % à Kisangani – essentiellement sous forme du charbon de bois ou « makala » (Marien *et al* 2013). A noter également, qu'au-delà des ménages, les entreprises telles que les boulangeries, les brasseries, les restaurants, et l'activité consacrée à la production de briques et d'aluminium sont également dépendante du makala dans leurs activités quotidiennes.

Le phénomène et les tendances de la consommation de charbon sont encore plus marqués dans la province du Nord-Kivu à l'est de la RDC, en raison de l'explosion démographique qu'a subi la région sur les 20 dernières années, conséquence notamment du génocide Rwandais en 1994 (plus d'un million de personnes déplacées selon les estimations). En effet, selon le gouvernement de la province du Nord-Kivu et une étude réalisée avec l'appui du PNUD en 2010, la population de la ville de Goma a presque doublé (+97,5%) entre 1998 et 2009. Elle est ainsi passée de 318 173 habitants à 628 352 habitants en 2009 pour atteindre plus de 1 000 000 d'habitants en 2013 (Geert Lejeune, 2013).

Néanmoins des signes encourageants concernant les modifications des pratiques de consommation énergétique des ménages dans la région laissent à supposer une diminution structurelle de la consommation annuelle moyenne de chacun des ménages depuis une dizaine d'année. C'est notamment le cas avec l'utilisation des FA, qui permettent de réduire de près de 35% la consommation de charbon (Charki, 2016), et qui s'est largement répandu dans les centres urbains de la province Nord-Kivu sur la dernière décennie, notamment grâce au programme FA de WWF dans le cadre du projet ECOMakala (plus de 90 000 FA produits et écoulés depuis 2008). En effet, on estime qu'une très grande majorité, soit près de 88%, des ménages de Goma utilisent un foyer amélioré en 2016 (Charki, 2016) alors qu'ils n'étaient que 59% en 2012 (MDF, 2012) et 7% en 2008 (ACF, 2008).

Il n'en est pas moins que les efforts pour doter l'ensemble des ménages de technologies de cuisson plus efficaces ne permettent pas de compenser l'augmentation de la consommation globale de charbon dans la région liée à la seule augmentation du nombre de ménage.

La demande en charbon implique une pression considérable sur les ressources forestières de la région, étant entendu que la production de charbon est bien connue d'être un *driver* important de dégradation et sur la durée déforestation des forêts. Cette pression s'est désormais propagée dans le parc naturel du Virunga ou PNVi (premier parc naturel d'Afrique, considéré comme l'une des zones les plus riches de la planète en termes de diversité biologique) pour lequel on estime à plus de 80 000 hectares la perte de surface forestière en 30 ans (ONFI, 2018 – voir section 2). Cette perte est due en grande partie à des approvisionnements en makala qui s'opèrent de manière illégale à l'intérieur du parc. En effet, en 2007 il a été estimé par WWF que le PNVi représentait 80% des approvisionnements en charbon de Goma. Ces approvisionnements sont estimés à 500 000m³ pour la même année par Forest Monitor, dont 400 000m³ en provenance du PNVi (Behrend *et al* 2013). Huit ans plus tard en 2015 le rapport ECOMakala+ d'ONFI démontre que la quantité de charbon originaire du PNVi a diminué, passant de 80 % en 2008 à 56 % en 2015. Cependant, le même rapport a estimé que la quantité

de bois nécessaire pour la ville de Goma s'est élevée à environ 1.3 M m³ par an, ou environ 800 000t (rendement à 15%), ou quelques 53 600ha de plantations bien gérées.

Parmi les solutions envisagées pour réduire la dégradation des forêts liée à la production de charbon s'inscrit la nécessité d'induire une transformation des technologies de cuisson et des sources durable de combustible. C'est dans ce contexte qu'en 2007 le WWF a initié le projet ECOMakala, dont la stratégie est composée des trois volets suivants :

- **La création de plantations à croissance rapide réalisées par des planteurs privés** (notamment des petits propriétaires ou agriculteurs) sur des terres situées en périphérie du PNVi avec pour objectif principal la production légale et durable de charbon de bois (« ECOMakala »), afin de substituer celle provenant de forêts naturelles (notamment le PNVi). Le projet, qui est aujourd'hui dans sa 11^{ème} année, implique actuellement plus de 9 300 planteurs pour un total d'environ 11 217 ha (WWF, 2018) dans les cinq territoires avoisinants du PNVi : Nyiragongo, Masisi, Rutshuru, Lubero et Beni (voir tableau suivant).

Table 1: Ecomakala nombre d'ha et planteurs par territoire				
Territoire	Total ha	% du total	Total planteurs	% du total
Beni	4 061	36%	2 991	32%
Lubero	3 419	30%	2 647	28%
Masisi	1 735	15%	1 847	20%
Rutshuru	1 798	16%	1 416	15%
Nyiragongo	204	2%	463	5%
Total	11 217	100%	9 364	100%

- **La mise au point de techniques plus efficaces pour transformer le bois en charbon et une meilleure production et commercialisation du produit final.** En effet, on estime que l'utilisation des techniques de carbonisation améliorées peuvent permettre des rendements jusqu'à 2 fois plus importants que les techniques de carbonisation traditionnelles (Bouyer et al. 2013)
- **Le production et commercialisation des FA** afin de diminuer le niveau de consommation du charbon dans les ménages. Selon l'étude de Charki en 2016, les économies en besoin en charbon via des foyers améliorés sont de près de 35% par rapport à des foyers traditionnels. Le projet a jusqu'à présent produit plus de 90 000 FA, couvrant surtout la ville de Goma (environ 86% des ménages de Goma sont équipé avec un FA – Charki 2016) et plus récemment, dans d'autres territoires de la province du Nord-Kivu notamment Béni. Ce travail est réalisé par des petites unités composées surtout de femmes avec l'appui technique et financier de WWF et le société Goma-Stove. Selon ce dernier, au moins 500 emplois seront créés pour les jeunes artisans ; les femmes céramistes et les revendeurs des foyers améliorés.

Bien que l'impact positif des actions entreprises (création de sources de bois alternatives, techniques de carbonisation améliorés, adoption des FA) semble évident, et malgré le fait que différentes évaluations ont été entreprises au cours des dix dernières années, les éléments quantitatifs prouvant que ces actions conduisent directement à une réduction de la déforestation, en particulier dans le PNVi, manque toujours (WWF 2018, projet termes de

référence). Ce constat est également valable pour l'évaluation quantitative des impacts sociaux, environnementaux et économiques des trois axes du projet pour réduire les taux de déforestation et procurer des avantages aux communautés.

Cette étude a donc un double objectif :

- 1) L'évaluation quantitative des impacts socio-économiques et environnementaux des trois axes du projet et leurs effets sur le niveau de déboisement dans et autour du PNVi :
 - L'établissement et gestion des plantations ligneuses ;
 - Le production et commercialisation du charbon ou « l'ecomakala » ;
 - Le production et commercialisation des FA.
- 2) Emettre des recommandations en vue d'améliorer la stratégie de mise en œuvre des différentes composantes du programme en vue d'améliorer l'efficacité et l'efficience du projet ECOMakala.

1. Éléments de méthode

Outre une analyse documentaire détaillée de tous les documents de projet pertinents (fournis par WWF), le consultant a effectué une mission de deux semaines sur le site du projet au Nord-Kivu en mai 2018. Cette mission a partiellement été entreprise en accompagnement du coordinateur du projet pour WWF Belgique. La mission a permis de rassembler des informations supplémentaires et actualisées sur le projet, de dialoguer avec les différentes parties prenantes (équipe projet, Goma-Stove, charbonniers, coopératives de commercialisation du makala, les autorités locales,...) et de visiter plusieurs plantations représentatives du projet.

Afin de mieux répondre aux objectifs d'évaluer les impacts socio-économiques et environnementaux du projet, et de leur influence sur le déboisement dans et autour du PNVi, les trois tâches spécifiques ont également été mené.

- Une enquête de terrain approfondie couvrant les questions clés et les concepts liés aux quantifications des impacts socio-environnementaux et économiques du projet, ainsi que de la stratégie d'intervention avec un accent particulier sur la production et commercialisation de « l'ecomakala »
- Un travail d'analyse des images satellite des massifs forestiers du PNVi et ses environs entre 1987 et 2017, afin de voir l'évolution de la déforestation, de comprendre les raisons tendant à cette évolution, et d'avancer des hypothèses quant à l'impact du projet ECOMakala.
- Une analyse à travers un modèle de simulation prospectif de la consommation et de l'approvisionnement en charbon dans la province du Nord-Kivu et de mesures d'impacts sur la ressource forestière. Cette analyse a permis d'évaluer les enjeux à venir dans la prochaine décennie en termes de consommation et d'approvisionnement en charbon de bois dans la province du Nord-Kivu et d'évaluer les moyens, pour le projet, d'infléchir les tendances actuelles de dégradation des ressources forestières de la région, par les impacts des activités suivantes :

- ✓ Les activités visant à réduire la consommation de bois à travers la diffusion des FA et la promotion des énergies alternatives ;
- ✓ Les activités visant à améliorer l'efficacité des approvisionnements en bois telles que la mise en place de plantations de rotation de courte durée et l'amélioration des techniques de carbonisation.

Les résultats issus de ces activités ont permis de mieux évaluer les impacts du projet et son importance vis-à-vis de l'évolution du déboisement et de dégradation dans et autour du PNVi.

Note : L'étude a essayé « d'évaluer » les impacts du projet par l'interprétation des enquêtes de terrain, l'analyse des images spatiales sur trois décennies et la modélisation des trois composantes du projet en ce qui concerne la demande et la consommation du makala. Il n'a pas été possible de « mesurer avec précision et de manière quantitative » les impacts du projet sur l'évolution de la déforestation, ni les raisons de la déforestation, car ceci aurait nécessité un suivi de données importantes dans le temps basé sur le suivi des indicateurs et une étude approfondie sur l'identification et les impacts/importance des drivers de la déforestation.

1.1. L'enquête de terrain

1.1.1. La taille d'échantillonnage, la méthode d'enquête et l'équipe de terrain

L'enquête de terrain a été réalisée sur un mois, du 04 juin au 04 juillet 2018. Le taux d'échantillonnage fixé pour l'enquête menée était initialement :

- 10% pour les planteurs, soit 937 planteurs sur un total de 9 370 ;
- Dix-sept associations de planteurs sur le total d'environ 80 ;
- Les quatre coopératives commercialisant le makala dans le cadre du projet.

La technique utilisée a été la collecte des informations qualitatives et quantitatives par entretiens présentiels. L'équipe de collecte de données était composée de douze enquêteurs locaux, dont onze personnes spécialisées pour l'enquête auprès des planteurs et un superviseur, attelé à interroger dans le même temps les partenaires locaux du projet (associations locales et les Coopératives). Les enquêteurs ont été répartis suivant le nombre total des planteurs à interroger dans chaque territoire, de la façon suivante :

- Beni : 3
- Lubero : 3
- Masisi : 2
- Rutshuru : 2
- Nyiragongo : 1

La localisation des planteurs échantillonnés a été facilitée grâce à la collaboration des enquêteurs avec les animateurs travaillant au sein des Associations locales. Avant le démarrage des enquêtes, les enquêteurs ont suivi une formation sur la méthodologie à suivre, dispensée par le superviseur.

Le plan d'échantillonnage par planteur, territoire et par année du projet

Les planteurs du projet à interroger ont été choisis en fonction des critères suivants :

- l'importance du territoire en termes de nombre absolu de planteurs (nombre de planteurs à sonder par territoire) ;
- l'année / la saison de plantation et son importance en terme de superficie plantée (nombre de planteurs par année / saison de plantation à sonder) ;
- l'importance des espèces spécifiques plantées (nombre de planteurs par espèce plantée à sonder).

Tous les critères ont ensuite été croisés afin de déterminer le nombre de planteurs par territoire, par année / saison de plantation et par espèce plantée par an / saison de plantation. Une fois le nombre de planteurs par territoire défini, les planteurs ont ensuite été sélectionnés par année de plantation, avec le nombre de planteurs choisis en fonction du nombre de planteurs participant à une année donnée par rapport au nombre total de planteurs à choisir par territoire. Voir le tableau suivant :

Territoire	Planteurs à sonder	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Beni	299			7	15	24	44	24	42	17			30	17	20	14	26	8	8				3
Masisi	185	14	13	4	6	7	6	22	21	6			17	9	13	9	19	4	10				5
Lubero	265		2	2	4	7	16	20	20	34			35	23	39	23	26	1	10				3
Rutshuru	142		2	1		4	11	21	15	12			21	12	15	10	6	5	6				
Nyiragongo	46	9	18	13	2								1		1								1
Total	937	23	35	27	27	42	77	87	98	69			104	61	88	57	77	18	34				12
Total pour année		23	35		54		119		185		69		104		149		134		52				12
% du total		100%	2%	4%	6%		13%		20%		7%		11%		16%		14%		6%				1%

Une fois le nombre de planteurs par territoire et par année de plantation calculé, le nombre par importance des espèces à planter pour une année de plantation donnée a été déterminé.

Enfin, une fois le nombre de planteurs par espèce et par année connu, le nombre par territoire / année a ensuite été calculé en fonction de l'importance pondérée de certaines espèces. Les planteurs ont ensuite été sélectionnés à partir de la base de données des planteurs WWF Goma sur la base de tous les critères précédents. Cette méthode a permis de garantir l'absence de biais pour leur sélection.

1.1.2. Le problème de l'absence des planteurs

Malheureusement un part important des planteurs était absente lors de l'enquête, soit 308 planteurs, ou 33% du total. Ainsi, afin de garantir la qualité des données collectées (et à la demande de WWF Goma) il a été décidé de ne pas prendre en compte les informations données à la place des planteurs absents. **En conséquence le taux d'échantillonnage a tombé à environ 7% du total du projet, ou 629 planteurs (voir tableau 3).**

Territoire	Planteurs sondés	% du total	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Beni	179	28%	2	2		16		30	21	20	19	19	18	5	5	7	9	4	2	2				2
Masisi	178	28%	1	1	16	13	4	13	2	26	6	4	11	14	12	11	20	4	16					
Lubero	164	26%		1	2			3	7	10	11	18	13	17	18	21	17	21	4	8				
Rutshuru	86	14%		1	2			2	2	6	8	14	10	14	11	11	7	4				1		
Nyiragongo	22	3%	4	1	7	7		1									2							
Total	629	100%	7	6	27	36	9	53	39	65	57	46	60	48	49	44	54	12	27				2	
Total pour année			7		33		45		92		122		46	60		97		98		39				2
% du total		100%			1%	5%		7%		14%		19%		7%	9%		15%		15%		6%			0,3%

1.1.3. La combinaison des données avec celle de DIOBAS

L'ONG locale DIOBAS a également réalisé des enquêtes auprès de 1035 planteurs ECOMakala pendant l'été 2018 avec l'appui du WWF Goma. Cet échantillon a été tiré de l'ensemble de planteurs ayant des plantations exploitables (2007-2012). Ces enquêtes se sont focalisées, entre autres, autour des questions de production et de commercialisation du makala, du rôle et de l'importance des coopératives associées. L'enquête a ciblé les 4 scénarios suivants :

- Les planteurs commercialisant le makala à travers les coopératives ;
- Les planteurs commercialisant en dehors des coopératives ;
- Les planteurs qui commercialisent d'autres produits ;
- Les planteurs qui n'exploitent et ne commercialisent pas.

Les données DIOBAS/WWF Goma ont ensuite été analysées, et lorsque jugé utile pour le projet, combinées avec celle d'ONFI afin d'augmenter le taux d'échantillonnage global et de consolider les diverses conclusions et hypothèses mises en avant par l'analyse.

Ainsi, combiné aux données de l'enquête ONFI, cela a donné un total de 1664 planteurs enquêtés, soit un taux d'échantillonnage de 18% (en termes de surfaces : 3 586 ha soit 32% de la surface totale du projet). Voir le tableau suivant :

Tableau 4

Répartition de l'enquête par territoire et par sexe					
Territoire	Nb planteurs	% total	Hommes	Femmes	% femme
Lubero	469	28%	418	51	10,9%
Masisi	451	27%	403	48	10,6%
Beni	356	21%	317	39	11,0%
Rutshurhu	329	20%	296	33	10,0%
Nyiragogo	59	4%	57	2	3,4%
Total	1664	100%	1491	173	10,4%

Le tableau montre que parmi les 1664 planteurs ciblés pendant l'enquête dans les 5 territoires, 55% proviennent des deux territoires de Lubero et Masisi (920 planteurs). En termes de genre, 89,6% du total (1491 planteurs) sont des hommes, et 10,4% sont des femmes (173). La part des femmes a varié selon les territoires avec 3,4% du total à Nyiragogo et 11% du total à Beni.

1.1.4. Le problème des questionnaires incomplets

Certaines questions n'ont pas été répondues par tous les planteurs ciblés, entraînant une réduction de la taille de l'échantillon pour les dites questions. Annexe 1 détaille ces aléas d'enquête et indique la taille de l'échantillon pour chaque question posée, ainsi que le taux d'échantillonnage et la source de données correspondants (ONFI, DIOBAS, ou ONFI-DIOBAS combinés).

2. L'évolution de la déforestation par analyse des images satellite des massifs forestiers du PNVi et de ses environs entre 1987 et 2017

2.1. Contexte

Avant d'identifier les impacts du projet sur la déforestation dans et autour du PNVi, il est d'abord nécessaire de mieux connaître et comprendre l'évolution et l'ampleur de cette déforestation. Ainsi cette section du rapport présente les résultats des analyses des images satellite des massifs forestiers du PNVi et de ses environs depuis les 30 dernières années, soit du 1987 jusqu'en 2017.

L'analyse des images a permis de localiser les zones de changement pendant cette période dues à la déforestation et aux autres perturbations des massifs forestiers. Les images satellites analysées proviennent des capteurs Landsat (5,7 et 8) et Sentinel-2 acquises principalement en tout début et en fin des saisons pluvieuses (les mois de janvier, février, juin et juillet). Ces périodes ont été choisies car la couverture nuageuse est faible et l'état de la végétation permet de faire une meilleure discrimination des différents types de couverts végétaux. La section couvre les sous-sections suivantes :

- L'analyse des projets antérieurs sur l'évolution de la déforestation du PNVi et ses environs ;
- L'analyse visuelle et la sélection des classes d'occupation des sols ;
- Les résultats de la production des cartes d'occupation du sol et les résultats statistiques pour chaque période d'analyse ;
- Les résultats de la production des cartes de déforestation et les résultats statistiques relatifs aux variations du couvert forestier.

Le paysage des Virunga : d'une superficie totale de 15 155 km², il s'étend du Nord au Sud le long des frontières de la République démocratique du Congo, du Rwanda et de l'Ouganda. 56 % du paysage est couvert par des aires protégées, notamment : le parc national des Virunga (772 700 ha) et le parc national des Volcans (16 000 ha). Une bande de 10 km de large le long de ces parcs est considérée comme une zone tampon (Denvers, D. et Vande Weghe, JP, 2007).

2.2. L'analyse des projets antérieurs sur l'évolution de la déforestation du PNVi et ses environs

Des cartes d'occupation du sol ont été produites pour la région du Nord-Kivu dans le cadre de différents projets :

- Projet ECOMakala : une carte d'éligibilité des terres au reboisement a été produite en 2015. Il s'agit d'une carte binaire avec deux classes Forêts/Non Forêts, sur une période de 10 ans entre 1995 et 2005. Elle a été utilisée pour définir les potentielles zones éligibles au reboisement. L'avantage de cette carte est qu'elle couvre toute la zone de la PNVi et permet d'avoir une vue d'ensemble sur les zones de forêt et de non forêt, dans et autour du PNVi. L'inconvénient est qu'elle est a été réalisé uniquement sur une période de 10 ans et ne concerne pas l'analyse de la déforestation.
- Également dans le cadre du projet ECOMakala, une carte de déforestation a été produite pour la période 2005-2015 dans le cadre de l'étude intitulée « *Cartographie et estimation quantitative de la couverture forestière et de la déforestation dans le sud du Landscape Virunga* » (UCL, 2015). Cette carte est produite pour la province de Masisi, Rutshuru et Nyiragongo (WWF, 2015). L'avantage de ce travail est qu'il fournit des tendances de déforestation pour les trois provinces. L'inconvénient est que cette carte

ne couvre pas toute la surface du PNVi. De plus elle ne couvre qu'une période de 5 ans (2005-2010). Les données produites dans cette étude nous ont servi pour l'identification des classes d'occupation du sol.

L'analyse de ces études cartographiques antérieures dans la zone de PNVi a permis :

- D'avoir une idée sur l'évolution des différentes classes d'occupation du sol dans la zone du PNVi ;
- D'apporter des éléments sur les tendances de déforestation dans la zone de PNVi.
- D'identifier les facteurs de la déforestation

Malgré l'utilité et l'intérêt de ces études, elles ne répondent pas à la problématique posée dans le présent projet qui concerne une analyse de la déforestation sur les 30 ans dernière années dans et autour du PNVi.

2.3.L'analyse visuelle et la sélection des classes d'occupation des sols

Pour sélectionner les classes d'occupation du sol qui ont fait l'objet de cartographie nous nous sommes basés sur les travaux de cartographie déjà réalisés dans la zone du PNVi, les observations de terrain, et l'analyse visuelle des images satellitaires qui ont servi pour cette cartographie (Landsat 5-7-8 et Sentinel-2). Par exemple, des missions de terrain ont déjà été réalisées en juillet 2014 et février 2015 dans le cadre de projet ECOMakala. Ces missions ont permis de parcourir tout le PNVi sur sa longueur de la ville de Goma au Sud du parc à la ville de Béni au Nord du parc. Au total 8 classes d'occupation des sols ont été identifiées. Le tableau donne la liste et la caractérisation de ces classes. Pour chaque date, une carte binaire forêt/ non forêt a été produite en regroupant les huit classes en deux grandes catégories :

- La classe de forêts : Forêts denses et forêts claires (plantations et forêts perturbées)
- La classe de non-forêts : Savanes (arborées et arbustives), Savanes herbeuses, zones agricoles, zones urbaines (artificialisées), zones de sol nu, cours d'eau.

Tableau 5 : Description des classes d'occupation des sols dans le paysage des Virunga

N°1	Classes	Description	Classes binaires
1	Forêts denses	Il s'agit des écosystèmes composés des essences de feuillus à larges feuilles semi-décidues ou persistantes. Le taux de couvert de la canopée est de 65%. La surface minimale considérée comme forêt en RDC est de 0,5ha.	Forêt
2	Forêts claires ou perturbées	Mosaïque d'arbre semi décidus ayant une couverture végétale inférieure à 65 %. Il s'agit des forêts denses ou il y a eu des coups de bois et d'exploitations forestières.	Forêt
3	Savanes (arbusives et arborées)	Il s'agit des zones avec des arbres dispersés. Il existe un couvert herbacé. En fonction de l'importance du couvert herbacé on distinguera des savanes arborées ou des savanes arbusives.	Non-forêt
4	Savanes herbacées	Il s'agit essentiellement de zones constituées d'espèces herbacées (graminées). Il s'agit aussi de zones de pâturages.	Non-forêt
5	Zones agricoles	Il s'agit de surfaces cultivées. On distingue également des zones cultivées et qui ont été abandonnées (zone de jachères)	Non-forêt
6	Zones urbaines	Il s'agit de zone d'habitations avec des constructions urbaines aménagées ou diffus	Non-forêt
7	Sol nu	Il s'agit de zones dénuées de végétation, les zones de carrières d'exploitation minière non végétalisée ou de flans de volcans dépourvus de végétation.	Non-forêt
8	Cours d'eau et rivière	Regroupent les cours d'eau, les rivières, de lac ou de fleuve.	Non-forêt

2.4. Les résultats de la production des cartes d'occupation du sol et les résultats statistiques pour chaque période d'analyse

Pour chaque période d'analyse, nous avons présenté la cartographie d'occupation du sol accompagnée des statistiques liées aux classifications. Par la suite les résultats statistiques surfaciques de chaque classe ont été présentés après conversion des cartes finales du format raster vers le format vecteur.

2.4.1. Etat du paysage des Virunga entre 1987 et 2017

Le tableau 6 montre l'évolution de l'occupation du sol par décennie et par classe d'occupation (en hectares et en pourcentage du total d'occupation).

Table 6: Evolution d'utilisation de la terre dans et autour du parc Virunga entre 1987-2017

Classe	1987		1997		2007		2017	
	Ha	% Total	Ha	% Total	Ha	% Total	Ha	% Total
Forêts denses	953 319	59,00%	894 760	55,30%	770 841	47,70%	684 955	42,40%
Savanes arbustives	244 953	15,20%	152 552	9,40%	173 811	10,80%	228 110	14,10%
Cours d'eau et rivière	211 697	13,10%	211 697	13,10%	211 697	13,10%	211 697	13,10%
Sol nu	94 751	5,90%	79 310	4,90%	79 626	4,90%	79 817	4,90%
Savanes herbacées	47 798	3,00%	144 412	8,90%	276 711	17,10%	291 395	18,00%
Zones urbaines	31 741	2,00%	65 561	4,10%	66 145	4,10%	66 808	4,10%
Forêts claires ou perturbée	20 554	1,30%	34 456	2,10%	3 611	0,20%	20 107	1,20%
Zones agricoles	12 004	0,70%	34 069	2,10%	34 375	2,10%	33 928	2,10%
Total	1 616 817	100%		100%		100%		100%

Le tableau montre qu'entre 1987 et 2017, la classe forêts denses représenterait :

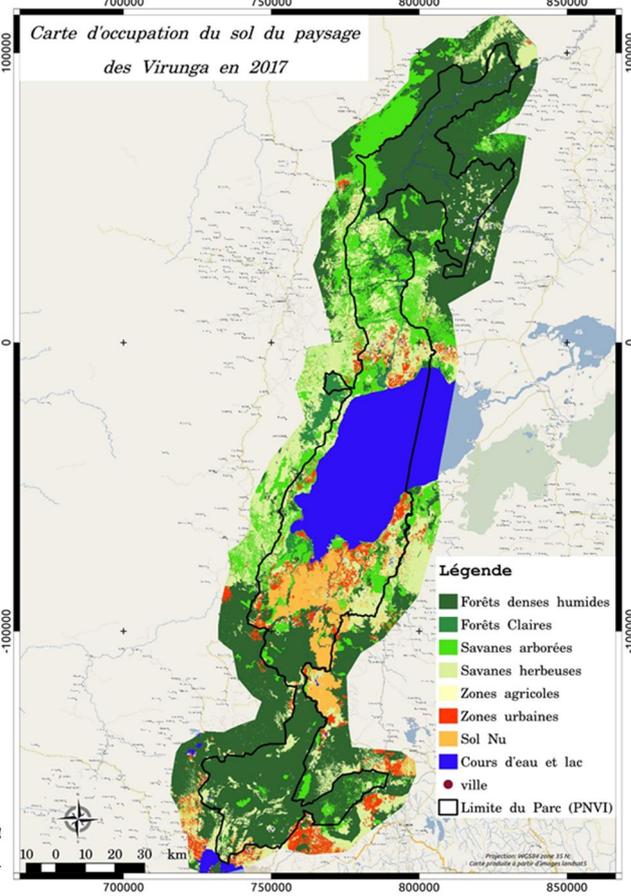
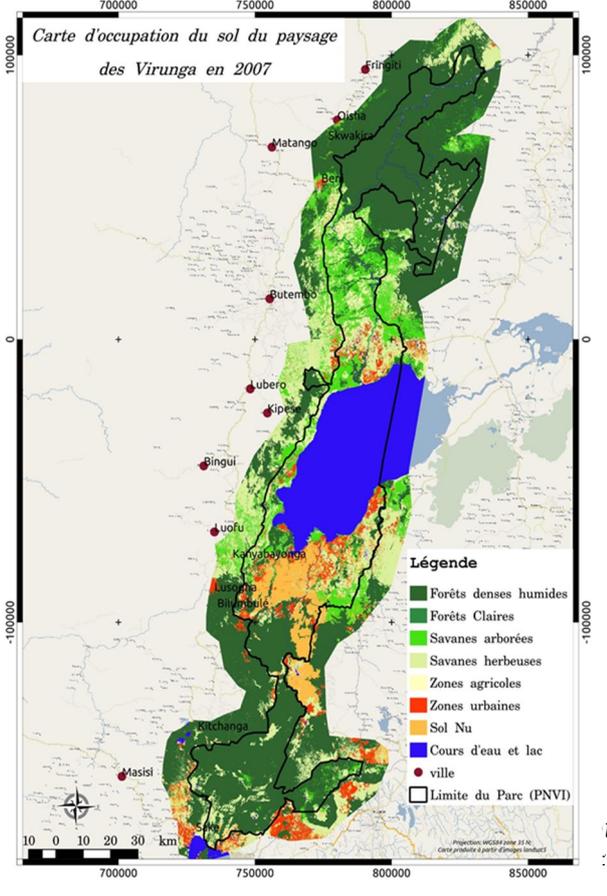
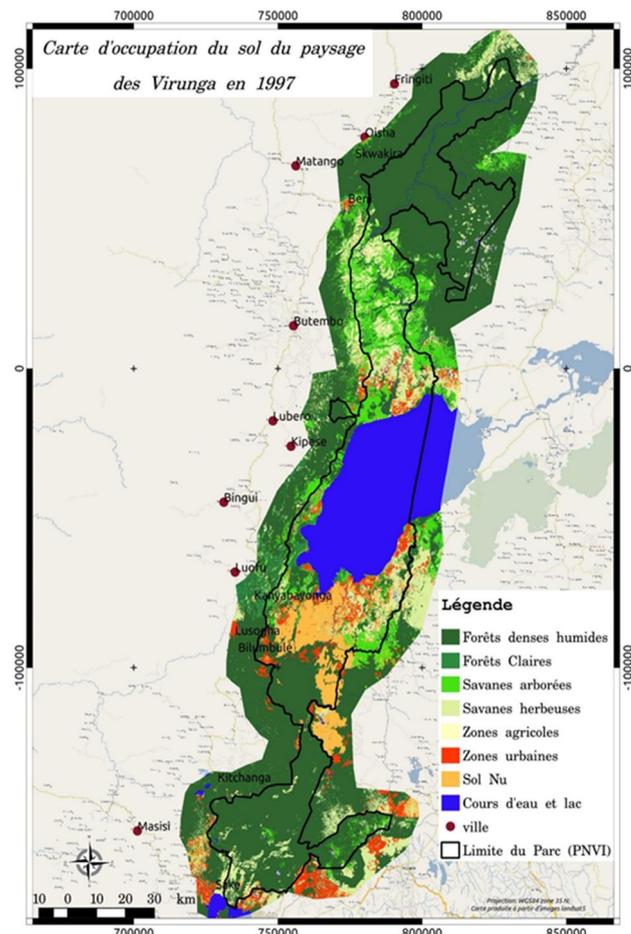
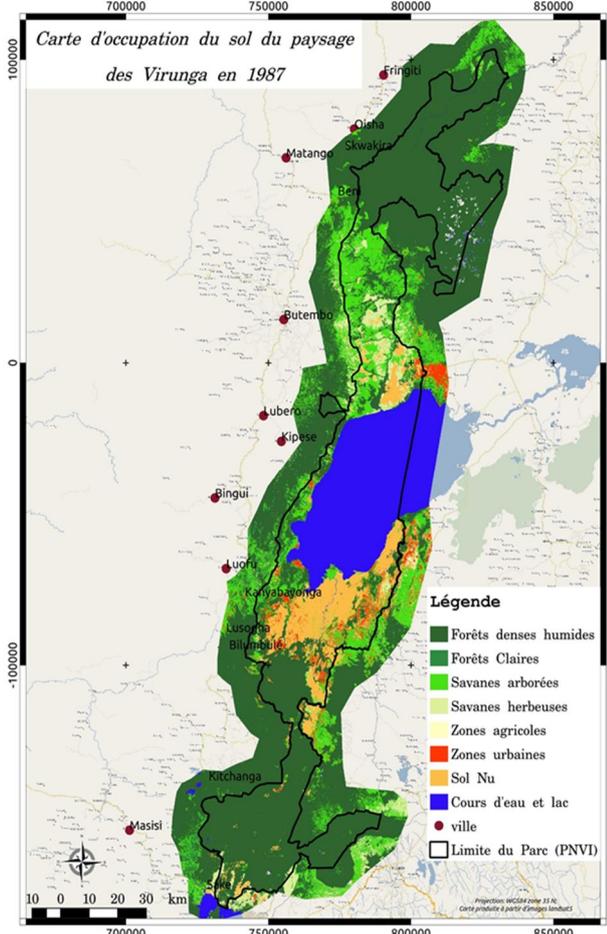
1987 : Le premier rang avec une surface de 953 319 ha, soit une proportion de 59% de la surface totale du paysage des Virunga. Collectivement la classe de forêts, soit Forêts denses et forêts claires représenterait 60.3% du total.

1997 : L'analyse des surfaces occupées par chaque classe révèle que la forêt dense humide occupe une surface de 894 760 ha soit 55.3% de la surface globale du paysage des Virunga. Le couvert de la forêt dense s'est réduit par rapport à 1987 où il représenterait 59% de la surface total, soit un changement de 3.7% ou 58 559 ha. Ce changement représente un taux de déforestation de 0.56% sur la période. Collectivement la classe de forêts, soit Forêts denses et forêts claires représenterait 57.4% du total.

2007 : L'analyse des surfaces occupées pour chaque classe d'occupation des sols révèle que la forêt dense occupe une surface de 770 841 ha soit 47,7% de la surface globale du paysage des Virunga, un changement de 7.6% de la totale occupation de la terre (123 919 ha en moins) pour la période 1997-2007. Ce changement représente un taux de déforestation d'environ 1.6% sur la période. Si l'on compare la période 1987 à 2007 (20 ans), ce changement monte à 11.3% ou 182 478 ha. En termes de la superficie de la classe forêt dense, ceci représente une perte d'environ 21% entre la même période de 20 ans. Les forêts claires ou forêts perturbées occupent une surface de 3 611 ha soit une proportion de 0,2%. Sur la période 1987 – 1997 – 2007 la surface de la forêt perturbée est convertie en zone agricole, zone de savanes arbustives et savanes herbeuses.

2017 : La surface occupée par classe forêt dense est de 684 955 ha soit une proportion de 42,4% de la surface totale du paysage de Virunga. Cette surface était de 47,7% en 1997. Cela représente un changement de 5,3% sur la période 2007 à 2017 (ou 85 886 ha). Ce changement représente un taux de déforestation d'environ 1.3% sur la période. Si l'on compare la période 1987 à 2017 (30 ans), ce changement passe à 16.6% ou 268 364 ha du total occupation de la terre (taux de déforestation de 1.09%). En termes de la superficie de la classe forêt dense, cela représente une perte d'environ 28% sur cette période de 30 ans. La classe forêts claires ou perturbés occupe une surface de 20 107ha soit 1,2%. La surface de cette classe est de 3 611ha en 2007. Entre 2007 et 2017 on observe une augmentation de la surface de cette classe. Cette augmentation correspond à une conversion de la classe "forêts denses" en "forêts perturbées". Voir figures 1 à 4.

Figure 1 à 4 : Cartes d'occupation du sol du paysage des Virunga entre 1987 et 2017



t à ré
inal -

Des zones d'installation à l'intérieur du PNVi : il s'agit probablement essentiellement des déplacés de guerre (les deux guerres du Congo en 1996 à 1997 et 1998 à 2002, et la guerre du Rwanda en 1994).

2.5. Analyse de la déforestation entre 1987-2017

2.5.1. Analyse de la déforestation pour le paysage Virunga

Sur la base des cartes d'occupation du sol de 1987, 1997, 2007 et 2017 nous avons produit des cartes binaires forêt/non forêt pour chaque année. Les cartes de déforestation sont ainsi déduites à partir des cartes binaires pour les périodes 1987-1997, 1997-2007 et 2007-2017.

Tableau 7 : Répartition des surfaces forêts /non-forêt (en ha) sur le paysage des Virunga en 1987, 1997, 2007 et 2017

	1987		1997		2007		2017	
Forêt	973 873	60,30%	929 216	57,40%	774 452	47,90%	705 062	43,60%
Changement			-44 657	-2,90%	-154 764	-9,50%	-69 390	-4,30%
Cum changement			-44 657	-2,90%	-199 421	-12,40%	-268 811	-16,70%
Non-forêt	642 944	39,70%	687 601	42,60%	842 365	52,10%	911 755	56,40%
Changement			44 657	2,90%	154 764	9,50%	69 390	4,30%
Cum changement			44 657	2,90%	199 421	12,40%	268 811	16,70%
Total	1 616 817	100%	1 616 817	100%	1 616 817	100%	1 616 817	100%

Le tableau montre que la classe forêt a diminué à la faveur de la classe non-forêt pour un total de 268 811 ha pendant la période 1987 - 2017, soit un changement de 16.7%. En termes de perte de pourcentage nette pour la classe cela représente 27.6% ou 0.92% par an en moyenne.

Sur la période de 1987 à 1997, la surface forestière sur l'ensemble du paysage des Virunga est passée de 973 873 ha à 929 216 ha soit une réduction de 44 657 ha. Cette réduction correspond à la surface de déforestation sur cette période de 10 ans. Les zones de déforestation sont principalement situées dans les zones périphériques du PNVi autour des villes de Saké, Goma, au Sud, la ville de Kipesé et Lubero au Centre et la ville de Béni au Nord.

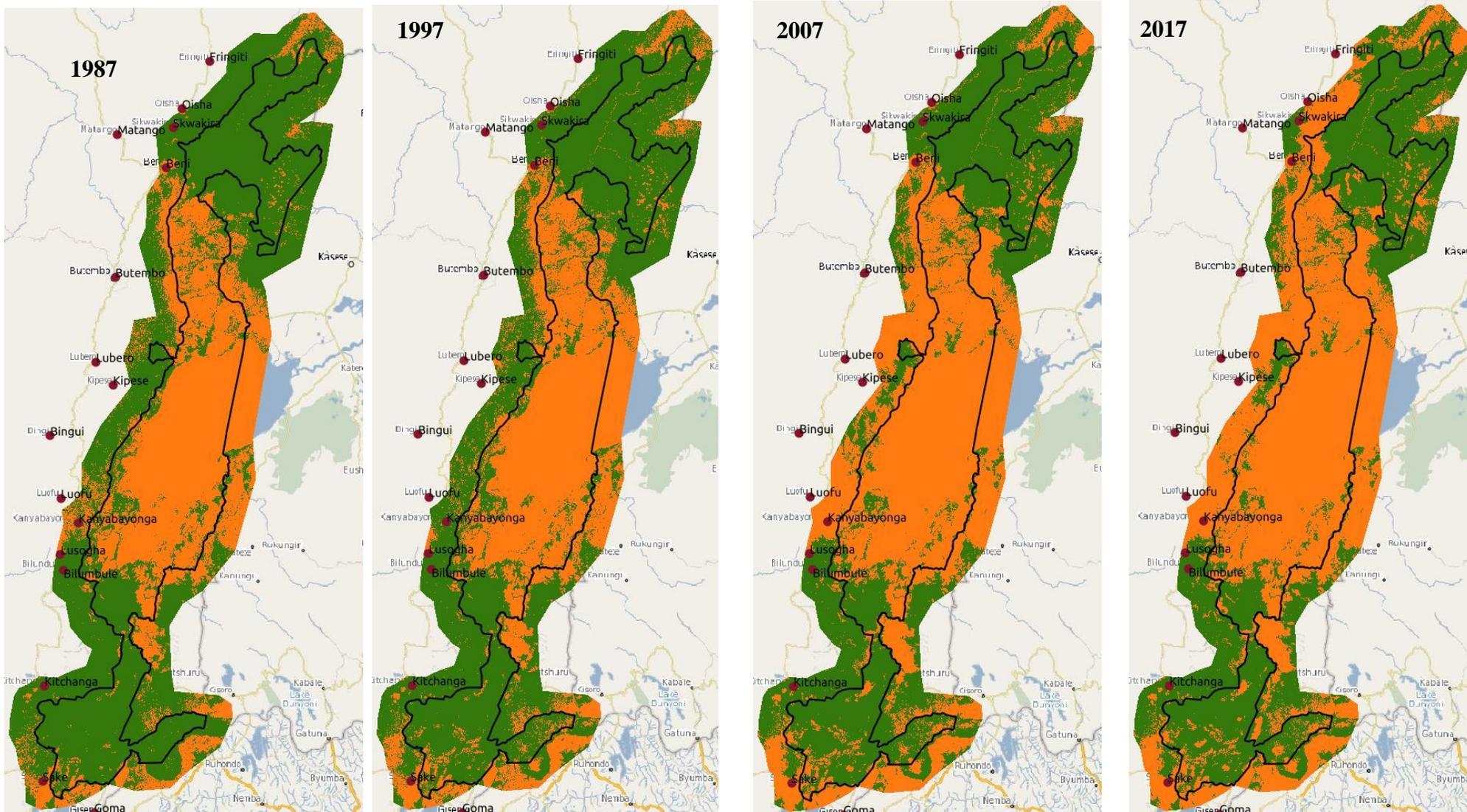
Entre 1997 et 2007, la couverture forestière est passée de 929 216 ha à 774 452 ha soit une surface de déforestation de 154 764 ha en 10 ans. Sur cette période on remarque que la surface de forêts convertie en zones non forêts est d'environ 3 fois supérieure à la période 1987 - 1997. Spatialement, ces zones de déforestation sont situées plus dans la zone centrale hors des limites du PNVi autours des localités de Kanyabayonga, Luoru, Kipesé et Lubero.

Note : Il n'a pas été possible de comparer les impacts des réfugiés Rwandais avec l'étude de UCL de 2005 à 2010, vu que l'étude de 2005-2010 ne couvre pas l'ensemble du PNVi et que les cartes ne sont pas produites avec la même méthodologie ni les mêmes données.

En 2017, la surface forestière est de 705 062 ha alors qu'elle couvrait une surface de 774 452 ha en 2007. Au total 69 390 ha ont migrés de la classe forêt à non-forêt sur cette période. En visualisant la carte de déforestation on constate que les zones de déforestations sont situées prioritairement au Nord du paysage de Virunga autour des localités de Beni, d'Oisha, de Skwakira et de Eringeti

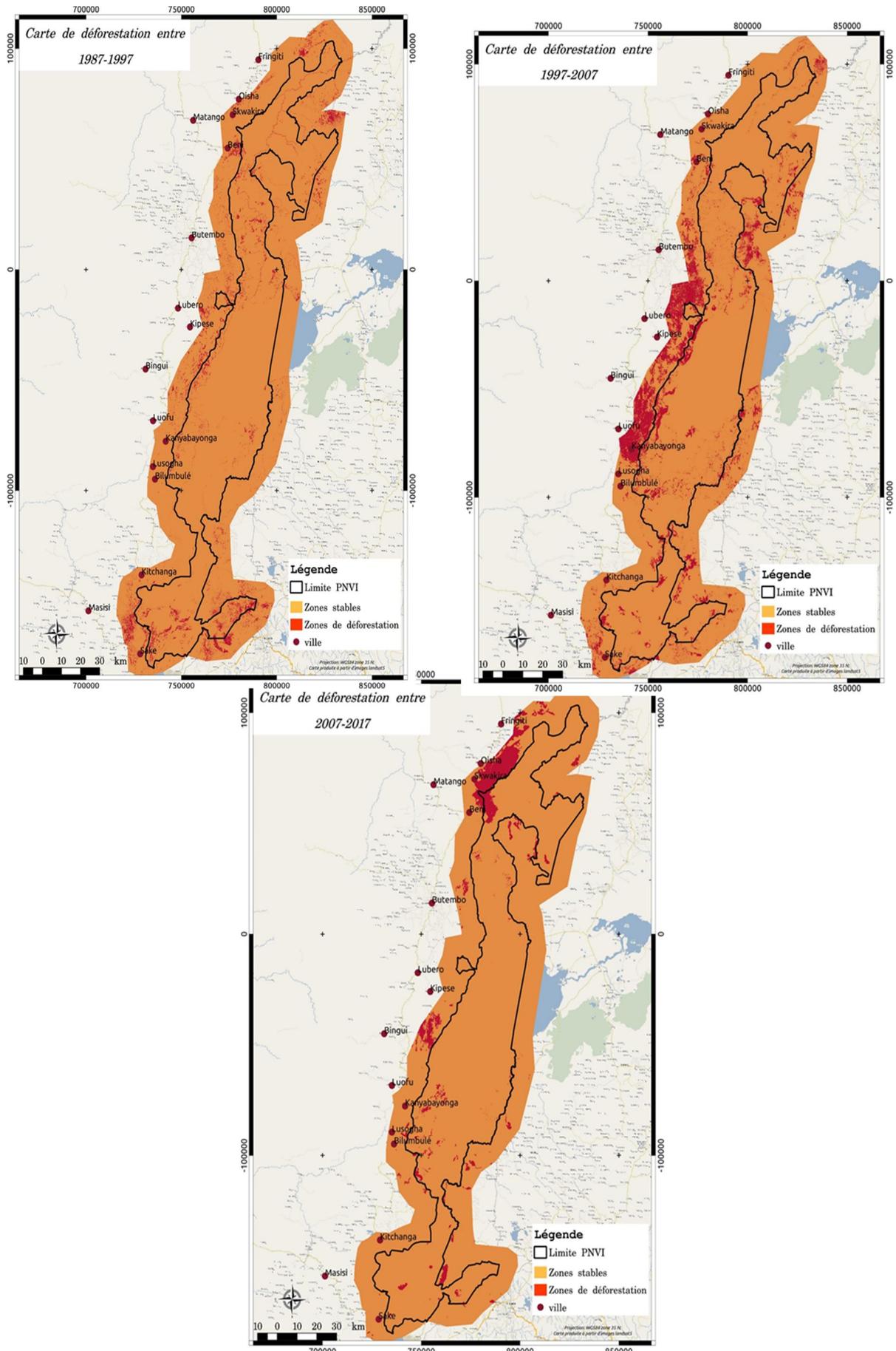
Les figures 5 à 12 illustre la spatialisation de la déforestation sur la période 1987 - 2017. **Sur cette période de 30 ans, au total, 268 811 ha ont été déforestés (8 960ha par an en moyenne).**

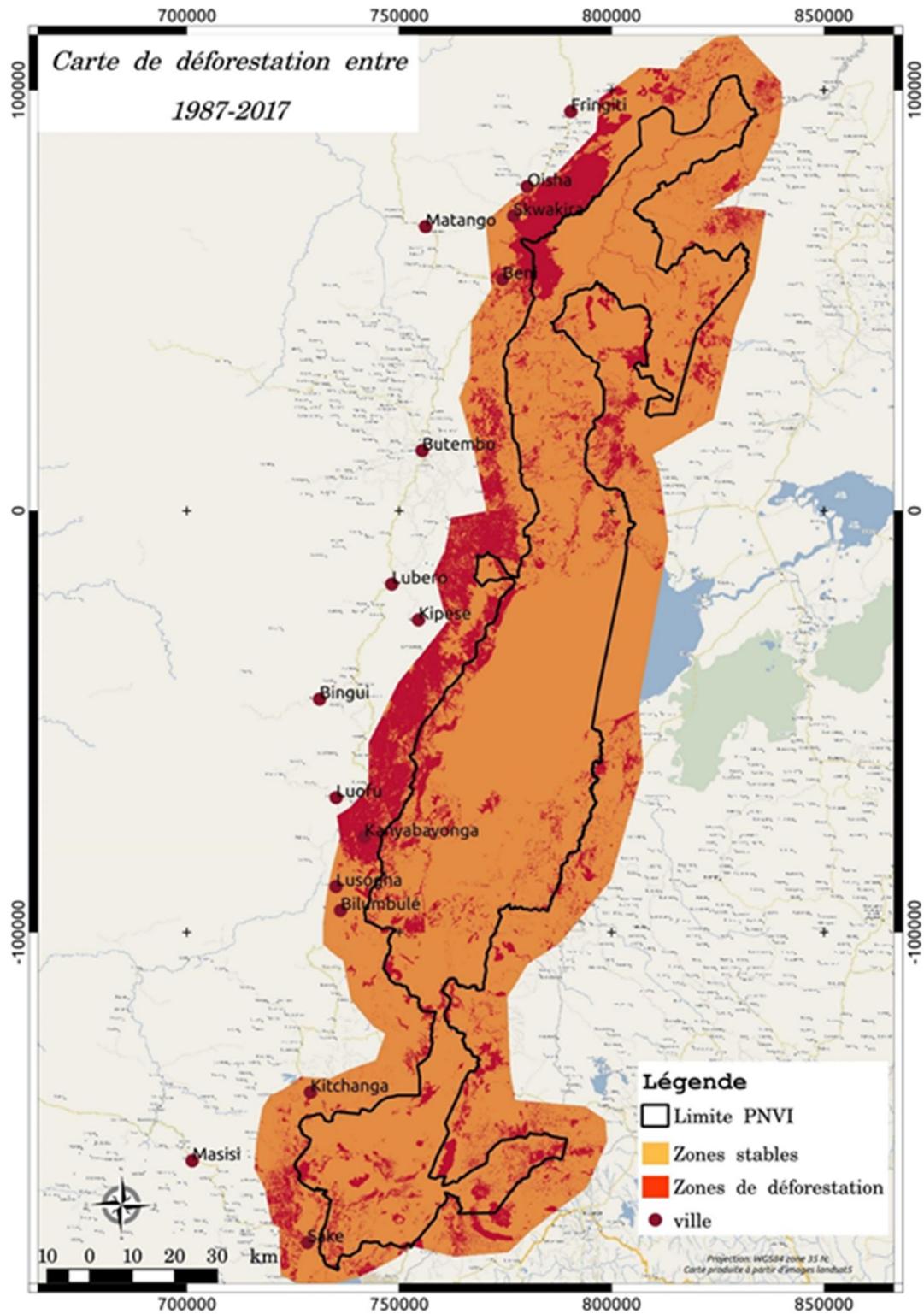
Figures 5 à 8 : Cartographie binaire forêt / non-forêt pour les années 1987, 1997, 2007 et 2017



Évaluation de l'impact d'une décennie d'efforts visant à réduire la déforestation dans et autour du parc national des Virunga, province du Nord-Kivu, RDC – Rapport Final – Février 2019

Figures 9 à 12 : Cartographie binaire forêt non-forêt pour 1987, 1997, 2007 et 2017





2.5.2. L'analyse de la déforestation pour le PNVi

En ce qui concerne le PNVi, le taux de la déforestation entre la période du 1987 et 2017 est de 10.6%, soit 82 302ha, sur un total de 776 440 ha de forêts (ou 2 743 ha par an en moyenne).

Ce taux de déforestation représente 30.6% du % total de déforestation pour le « PNVi et ses environs » (82 302ha sur 268 811 ha). Voir le tableau suivant.

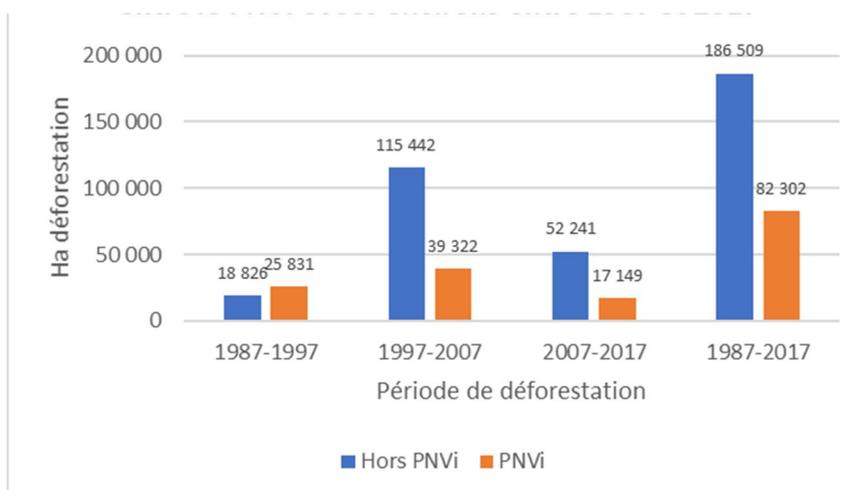
Tableau 8 : Analyse de la déforestation pour le PNVi entre 1987-2017

	1987-1997		1997-2007		2007-2017		1987-2017	
	Surface	Proportion	Surface	Proportion	Surface	Proportion	Surface	Proportion
Zone stable	750 934	96,7%	737 443	94,9%	759 616	97,8%	694 463	89,4%
Zone de déforestation	25 831	3,3%	39 322	5,1%	17 149	2,2%	82 302	10,6%
Total	776 765	100%	776 765	100%	776 765	100%	776 765	100%

Le tableau 9 et la figure 13 mettent en avant l'évolution de la déforestation pendant la période, à l'intérieur et hors du PNVi.

Tableau 9: Evolution de la déforestation entre 1987 et 2017 dans et hors PNVi															
1987-1997				1997-2007				2007-2017				1987-2017			
Total ha	PNVi	hors PNVi	% PNVi	Total ha	PNVi	hors PNVi	% PNVi	Total ha	PNVi	hors PNVi	% PNVi	Total ha	PNVi	hors PNVi	% PNVi
44 657	25 831	18 826	57,8%	154 764	39 322	115 442	25,4%	69 390	17 149	52 241	24,7%	268 811	82 302	186 509	30,6%

Figure 13 : Evolution de la déforestation en ha entre le PNVi et ses environs entre 1987 et 2017



Le tableau 9 et la figure 13 montrent qu'entre 1987 et 1997 la déforestation était plus importante dans le PNVi que celle autour du parc, représentant 58% du totale. Cette tendance a changé pour les deux périodes suivantes (1997-2007 et 2007-2017), avec une déforestation en dehors du parc plus importante (environ 75% du total pour chaque période de dix ans).

2.6. Discussion des résultats

Sur la période de 1987 à 1997, nous avons constaté que les zones de déforestation sont réparties sur l'ensemble du paysage de Virunga (dont 58% du total dans le parc). On observe une forte intensité de déforestation au nord, notamment autour de la ville de Beni, et au sud, autour des localités de Saké et Goma. Entre 1987 et 1997 il y a eu plusieurs conflits armés dans la sous-région le plus emblématique est le génocide rwandais survenu en 1994. Ce conflit a été à l'origine du déplacement de milliers de personnes, qui ont trouvé refuge dans la forêt et dans les localités de la RDC situées au sud du paysage des Virunga comme la localité de Saké et la ville de Goma. Ceci pourra expliquer la forme de déforestation observé notamment autour des localités.

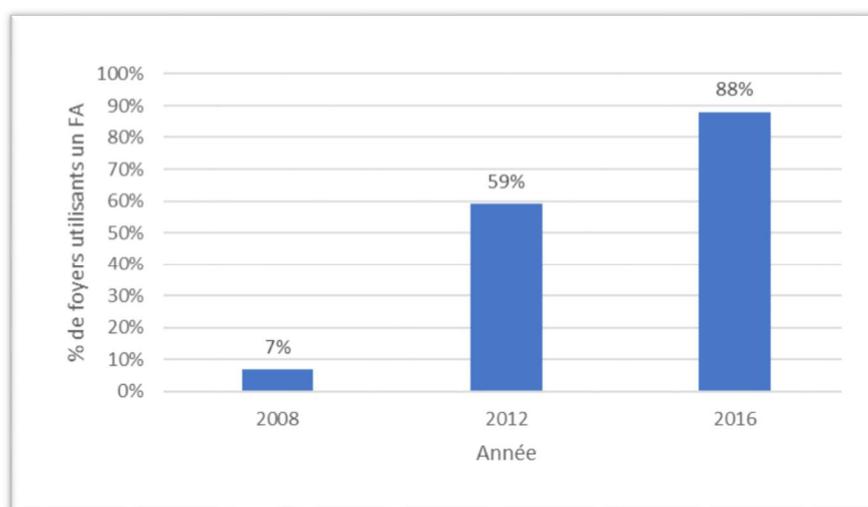
Par ailleurs, les zones de déforestation sont constituées de petites surfaces d'une moyenne de 1 ha. Il s'agit de déforestation due essentiellement à des prélèvements de bois pour des constructions ou pour la consommation énergétique. Ainsi les zones de forêts denses ou de forêts claires sont converties en zone ayant l'aspect de savanes (savane arborée et savane herbeuse). Ceci pourra expliquer l'augmentation de la surface de savanes arborée et savane herbeuse entre 1987 et 1997 respectivement de 152 552 ha (9,4%) en 1987 à 173 811 ha (10,8%) en 1997 pour savane arborée et de 144 412 ha (8,9%) en 1987 à 276 711 ha (17,1%) en 1997 pour la savane herbeuse. En ce qui concerne les savanes herbeuses hors parc, si les conditions biophysiques et les questions foncières le permettent, ils peuvent être considéré comme potentiellement boisables ou même utilisables pour l'agriculture.

Le rythme de la déforestation dans le paysage des Virunga a presque triplé entre la période de 1997-2007 par rapport à la période de 1987-1997. Avec une surface de déforestation qui est passé d'un total de 44 657 ha entre 1987-1997 à 154 764 ha sur la période de 1997 à 2007 (dont uniquement 25% du total dans le parc). Sur cette période, on constate que les zones de déforestation sont situées dans la zone centrale du paysage des Virunga. Il s'agit de la zone très densément peuplé avec des localités de Butembo, de Lubero, de Kimpese, de Luofu, de Kanyabayonga et de Bingui. Il s'agit de localités rurales densément peuplées dont l'activité économique est basée sur l'agriculture et la production de briques dont la consommation énergétique est basée sur le charbon de bois. Il est fort probable également que cette augmentation importante de déforestation est due aux différents déplacements, à la réinstallation et à la sédentarisation des populations déplacées durant les différents conflits (notamment la deuxième guerre du Congo entre 1998 et 2002) ainsi que le trafic important du makala par les groupes armés etc.

Entre 2007 et 2017 le rythme de déforestation est réduit par rapport à la période de 1997-2007 (dont 25% du total dans le parc). La zone de déforestation sur cette période se situe essentiellement dans la partie nord du paysage des Virunga autour des localités d'Oisha, de Skwakira de Eringeti. D'après les informations obtenues auprès des sources du gouvernemental de la RDC et des Nations Unies, des rebellions ont éclaté dans cette localité depuis 2004 et il y a eu d'importants déplacements de populations vers les zones de forêt provoquant la dégradation progressive des forêts en savanes (savanes arborées et savanes herbeuses). Si les conditions biophysiques le permettent, il est possible d'imaginer l'expansion du projet sous modèle agroforestier dans ces zones. Il est très intéressant de remarquer que pendant cette période le taux de déforestation dans le PNV_i a diminué significativement (de 56%) par rapport à la période 1997 à 2007. Cette chute dans le niveau de déforestation dans le PNV_i est liée à plusieurs facteurs, notamment :

- Des réformes dans le PNVi : En 2007, un partenariat a été établi entre une organisation caritative financée par des donateurs privés, l'Union européenne, la fondation Howard G Buffett et le service de la faune congolaise qui a abouti dans la mise en œuvre de vastes réformes dans le PNVi y compris le renforcement et l'amélioration de l'efficacité des gardes (actuellement autour de 470 personnes (Le Guardian, avril 2018). Cette action a conduit à un plus grand contrôle sur les prélèvements de bois dans le PNVi
- L'établissement du projet ECOMakala de WWF en 2007. Il est évident que le projet et ses 11 217 ha ont eu une influence sur la réduction des coupes illégales dans et autour du PNVi pendant la période (surtout à partir de la deuxième partie de la période 2007 à 2017 avec l'exploitation des premières plantations pour le charbon). En revanche, cette influence est faible pour le moment, et reste difficile à quantifier avec précision. En effet, elle demandera une étude plus longue basée sur la mesure d'indicateurs précis et des facteurs de déforestation. Les impacts sont susceptibles d'être plus importants dans les années à venir avec l'exploitation et la commercialisation des quantités plus importantes d'ECOMakala.
- La production et la commercialisation des FA afin de diminuer le niveau de consommation du charbon dans les ménages. Il est estimé qu'une très grande majorité, soit près de 88% des ménages de Goma utilisent un FA en 2016 alors qu'ils n'étaient que 59% en 2012 et 7% en 2008 (voir figure 10). Le projet ECOMakala a jusqu'à présent produit plus de 90 000 foyers améliorés pour des ménages de Goma.

Figure 14 : Utilisation des FA par les foyers à Goma



- Une augmentation dans l'appropriation des techniques améliorées de carbonisation : Dans une moindre mesure, et bien que d'importance croissante, la mise au point de techniques plus efficaces pour transformer le bois en charbon et une meilleure commercialisation du produit final. Il est estimé que l'utilisation des techniques de carbonisation améliorées peuvent permettre des rendements jusqu'à 2 fois plus importants que les techniques de carbonisation traditionnelles.

L'étude sur l'ensemble du paysage des Virunga entre 1987 à 2017 à montrer que plus de 268 811 ha ont été perturbé par des activités anthropiques notamment les conflits armés, les

activités agricoles et pour satisfaire les besoins en consommation énergétique. Sur ces périodes, nous avons calculé le taux de déforestation annuel qui résulte du rapport entre la surface défrichée sur une période, divisée par la surface forestière initiale et par le nombre d'années de la période (Menon et al, 1997, Ramesh et al, 1997, Narendra Prasad et al, 1998). Cependant, plusieurs publications ont récemment mis en lumière que l'évolution de la perte forestière ne peut pas être obtenue avec ce simple rapport (Puyravaud et al, 2002). La formule standardisée proposée par Puyravaud et al, (2002) a été adoptée dans cette étude pour calculer le taux de déforestation annuel.

$$\theta = -\frac{1}{t_2 - t_1} \ln\left(\frac{A_2}{A_1}\right) * 100$$

Avec :

A₁ = Surface forestière de l'année initiale ;

A₂ = Surface forestière de l'année finale ;

t₁ = date d'acquisition des images pour l'année initiale ;

t₂ = date d'acquisition des images pour l'année finale.

Le tableau 10 présente les résultats du calcul de taux de déforestation sur la période 1987-1997 ; 1997-2007 et 2007-2017.

Tableau 10 : Taux de déforestation annuel suivant les périodes 1987-1997; 1997-2007 et 2007-2017

Couverture forestière (ha)				
Année	1987	1997	2007	2017
Surface (ha)	973 873	929 216	774 452	705 062
Perte de couverture forestière (ha)				
Période	1987-1997	1997-2007	2007-2017	1987-2017
Surface (ha)	44 657	154 764	69 390	268 811
Taux de perte (%)				
Période	1987-1997	1997-2007	2007-2017	1987-2017
Taux (%)	0,46	1,67	0,90	1,27
Parti PNVi (%)	0,19	0,42	0,22	0,39

En utilisant la méthode de Puyravaud et al 2002, nous avons calculé le taux annuel de déforestation sur les périodes de 1987-1997, 1997-2007 et 2007-2017 :

- Le taux annuel de déforestation sur la période 1987-1997 est 0,46% (dont 0.19% dans le parc), ce taux dépasse celle enregistré au niveau national qui est de 0,34% sur la même période (MECNT).
- Le taux annuel de déforestation est passé à 1,67% entre la période de 1997-2007 (dont 0.42% dans le parc), suite à un rythme élevé de déforestation sur cette période.
- Sur la période de 2007-2017 le taux annuel pour le PNVi et ses environs est retombé à 0,90% (dont 0.22% dans le PNVi lui-même). Ce ralentissement du rythme de la déforestation sur cette période est probablement dû aux efforts de reconstitution du

couvert ligneux dans la région à travers les différents projets engagés dans la région autour du PNVi y compris le projet Ecomakala.

Pour la période de 30 ans le taux moyen annuel de déforestation est de 1.27% (dont 0.39% dans le parc). Ce taux moyen annuel est élevé par rapport au taux moyen annuel de déforestation au niveau national qui était de 0,90 % sur la même période (FAO, 2017).

3. Les impacts des plantations, de la production et commercialisation de l'ecomakala et des FA sur le niveau de déforestation dans la province de Nord-Kivu

3.1. Modélisation de la consommation et de l'approvisionnement en charbon

L'objectif principal de l'exercice de modélisation a été de simuler différentes options d'intervention du projet Ecomakala et leurs impacts sur la couverture forestier de la région, en particulier dans le PNVi. La figure 15 ci-dessous illustre la structure du modèle développé. Les principales variables du modèle, qui ne peuvent pas directement être modifiées par des interventions sont représentées dans les rectangles alors que les paramètres sur lesquels le projet peut intervenir sont inclus dans les cercles ocres. Certains paramètres représentés par un cercle gris sont considérés comme ne pouvant pas être modifiable à l'échelle du projet.

La principale variable du modèle en entrée est le nombre de ménages de la zone d'étude. Celle-ci est influencée par la croissance de la population et la composition moyenne des ménages. Ces paramètres ne peuvent pas être influencés par le projet mais peuvent évoluer de manière exogène dans le temps. A noter qu'en raison du manque de donnée, la consommation des entreprises en charbon n'est pas intégrée dans le modèle.

A partir du nombre de ménage total, le modèle estime le nombre de ménage utilisant le charbon de bois comme principale source d'énergie par rapport au nombre de ménages utilisant des sources d'énergie alternatives. Pour ce faire, un paramètre de répartition des sources d'énergie est introduit. Celui-ci peut être influencé par les activités du projet en favorisant par exemple l'accès aux énergies alternatives en vue de réduire la part des ménages utilisant le charbon de bois dans la région. Bien sûr ce paramètre dépend d'autres facteurs, comme le niveau de revenu des ménages, le prix des et l'accès aux énergies alternatives, les investissements par les ménages dans les infrastructures énergétiques, etc... Cependant la complexité de ce paramètre n'est pas modélisée et celui-ci est estimé à partir des données disponibles mais peut être modifié en fonction de différentes hypothèses faites sur le taux d'adoption des énergies alternatives dans le futur. Parmi les ménages qui utilisent le charbon de bois, ceux-là ont le choix entre l'utilisation de foyers traditionnels ou l'adoption de différents modèles de foyers améliorés, plus efficient. Encore une fois, le taux d'adoption des foyers améliorés peut dépendre de nombreux facteurs, comme le niveau de revenu des ménages, l'accessibilité et la disponibilité de ces technologies de cuisson, etc... mais est ici estimé à partir des données disponibles tout en offrant la possibilité d'être modifié pour traduire l'impact de certaines activités de projet.

A ce stade, cette première partie du modèle permet d'estimer le niveau de consommation totale en charbon de bois (en tonnes) des ménages de la région. La seconde partie du modèle vise à identifier le niveau d'approvisionnement de charbon, convertit en équivalent bois, nécessaire pour assouvir cette demande totale. Au final cela permettra d'approcher la surface de forêt naturelle qui pourrait être perturbée par ces approvisionnements. Le modèle permet enfin

d'effectuer des simulations prospectives pour évaluer les tendances de consommations et de dégradation et déforestation sur les 10 prochaines années. Le premier paramètre qui est introduit dans le modèle d'approvisionnement est le taux de recours aux techniques de carbonisation efficaces. En effet, la plupart des pratiques de carbonisation utilisées dans la région sont peu efficaces, laissant ainsi une marge de progression importante pour améliorer le ratio d'efficacité énergétique de la production de charbon. Certaines activités du projet peuvent être mises en œuvre dans ce sens, ce pourquoi ce paramètre peut être directement influencé par le projet. Enfin, le modèle permet de distinguer deux sources d'approvisionnement en bois pour assouvir la production de charbon estimée précédemment :

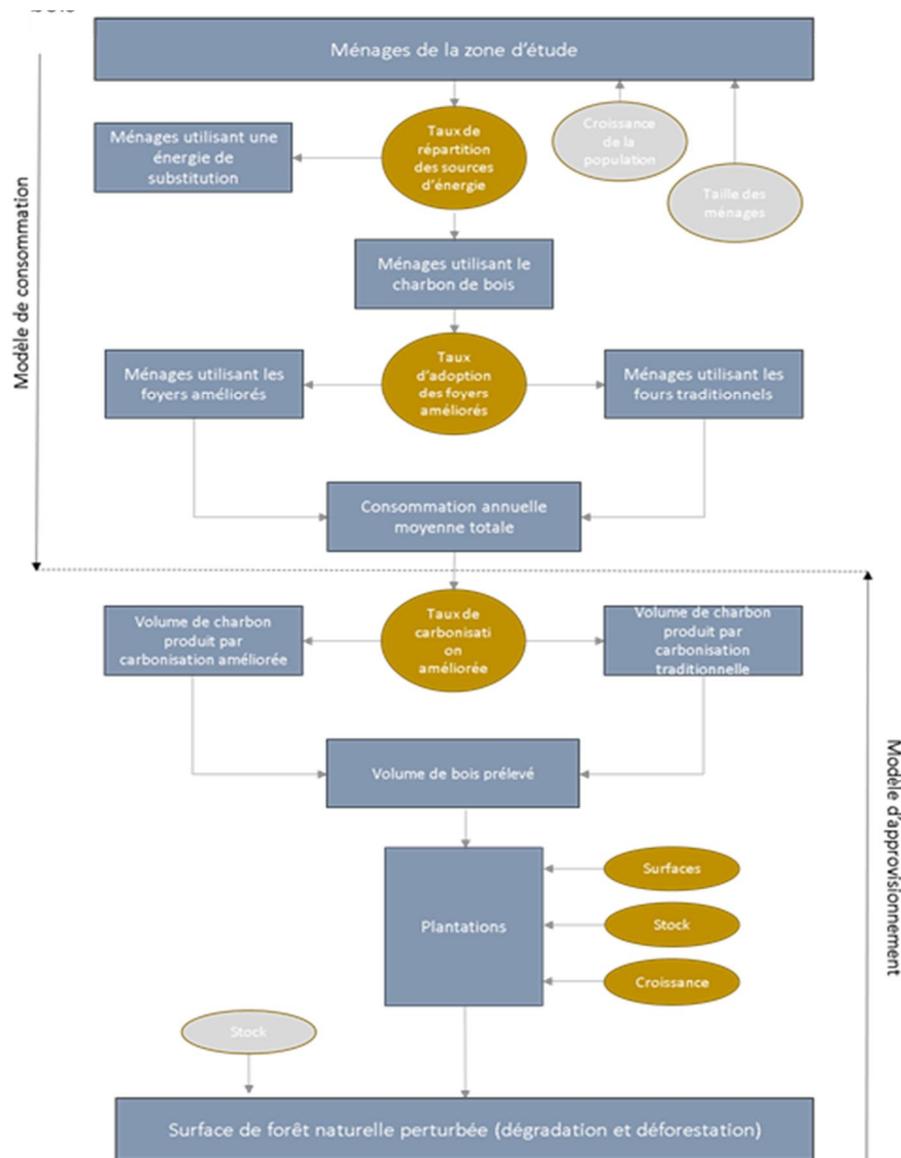
- ✓ L'approvisionnement légale à partir des plantations dont les résidus des diverses coupes sont utilisés pour l'approvisionnement en énergie ;
- ✓ L'approvisionnement illégal à partir de forêts naturelles non gérées.

Pour chacune des deux sources d'approvisionnement, les paramètres de stock et de croissance sont à spécifier soit à partir des données disponibles soit à partir d'hypothèse de scénario influencés par les activités du projet. Le paramètre de surface est aussi à définir mais uniquement pour les plantations en fonction des scénarios de projet anticipés. La surface de forêt naturelle impactée par les prélèvements non illégaux est quant à elle déduite du modèle et utilisé comme une approximation des surfaces de dégradation et déforestation liée à l'approvisionnement en charbon de bois. C'est l'un des principaux résultats du modèle. A noter néanmoins, que la surface de dégradation et déforestation estimée par le modèle ne prend pas en compte les autres causes et n'intègre pas non plus les nombreuses interactions et la complexité des dynamiques d'allocation de l'usage des terres à l'échelle de la région. En ce sens, les résultats du modèle doivent être considérés à titre indicatif et ont davantage l'objectif de fournir des tendances globales plutôt que des estimations précises à partir desquelles pourraient être planifiées seules les activités futures du projet ou encore mesure les impacts réels des activités.

En résumé, le modèle est composé de 11 variables estimées (représentées dans les encadrés rectangulaires), de 3 paramètres exogènes (représentés dans les cercles gris) et de 6 paramètres pouvant être influencés par le projet (représentés dans les cercles ocres). Ce modèle est par la suite utilisé pour simuler :

- ✓ Des scénarios prospectifs de type « trajectoires du possible » visant à identifier des ranges d'évolution des différentes variables sur la base de dynamiques possibles. Ces simulations permettent notamment d'estimer un scénario « Business As Usual »;
- ✓ Des scénarios prospectifs de type « what happens if » visant à rendre compte de l'impact potentiel de différents scénarios prévoyant une influence du projet sur certains paramètres (ex. taux d'adoption des foyers améliorés, surfaces de plantation, etc...)

Figure 15 : Modèle de consommation et d’approvisionnement en charbon de bois



3.2. Simulations de la consommation et de l’approvisionnement et des impacts sur les ressources forestières

3.2.1. Simulation des « trajectoires du possible » de la consommation et l’approvisionnement en charbon de bois

Conscient que les variables et paramètres utilisés dans le modèle, bien que représentatif de la situation probable, dépendent de plusieurs hypothèses et des données disponibles et peuvent ainsi contenir des biais, un exercice de simulation de type « Monte-Carlo » a ici été réalisé de manière à neutraliser l’impact unilatéral que peut constituer chacune des hypothèses sur les résultats (Rubinstein, 2016). Pour ce faire, une marge d’erreur (+/- 5%) en fonction de l’incertitude pressentie a été appliquée sur la valeur des données et paramètres initiaux afin de constituer pour chacun un range de valeurs probables. Enfin sur un tirage aléatoire dans chacun des ranges de valeur de chacun des paramètres est réalisé pour simuler une trajectoire de

consommation de charbon de bois possible. L'exercice a été répété 10 000 fois, ce qui offre 10 000 combinaisons de paramètres et simulations qui permettent d'illustrer l'ensemble des trajectoires du possible. A partir de ces simulations, nous extrayons le scénario « Business As Usual » qui est ici considéré comme le scénario moyen, qui apparaît le plus de fois parmi toutes les simulations effectuées. Les simulations ont été réalisées pour les 10 prochaines années (2019-2028) et ont été faites indépendamment pour la ville de Goma et les autres centres urbains de la province du Nord-Kivu hors Goma². Le tableau 11 synthétise les hypothèses, et données utilisées pour chacun des paramètres initiaux du modèle.

Tableau 11 : Synthèse des données et hypothèses

	Sources	Valeur "BAU" / GOMA	Valeur "BAU" / Nord_Kivu (hors Goma)
Evolution de la population			
Population initiale urbaine	Division du plan (Statistique démographique 2010) / Geert Lejeune, et al. 2013.	1 100 000	716 000
Taille des ménages	WWF Goma 2018	8	8
Taux de croissance de la population (%)	Annuaire statistique 2015 de la RDC p. 99	3,5%	3,5%
Consommation de charbon			
Taux d'utilisation du charbon (% ménages)	Geert Lejeune, et al. 2014.	97%	97%
Volume annuel moyen de charbon consommé par un ménage sans FA (kg)	Charki, 2016	868	868
Volume annuel moyen de charbon consommé par un ménage avec FA (kg)		556	556
Taux de croissance annuel d'adoption des énergies alternatives (%)	Présumé ONFI	0%	0%
Taux d'adoption des foyers améliorés (%)	WWF, 2016	86%	50%
Taux de croissance annuelle de d'adoption des foyers améliorés (%)	Présumé ONFI	0%	0%
Taux d'amélioration de l'efficacité énergétique des foyers améliorés	Charki, 2016	35%	35%
Techniques de production			
Taux de pratique de la carbonisation efficiente	Enquête ONFI, 2018	29%	29%
Taux annuel de croissance de l'adoption des techniques de carbonisation efficaces (%)	Présumé ONFI	0%	0%
Efficacité de la carbonisation améliorée (%)	Bouyer et al., 2014	20%	20%
Efficacité de la carbonisation traditionnelle (%)	Bouyer et al., 2014.	10%	10%
Facteur de conversion stocks (t/m ³)	ONFI, 2015	60%	60%
Productivité des forêts			
Stock par hectares de plantation (m ³ /ha)	Bouyer et al., 2013.	22	22
Part du Stock Makala dans les plantations (%)	Présumé ONFI	60%	60%
Surface des plantations (ha)	WWF base de données, 2018	11 217	11 217
Stock de Makala par hectares de forêt naturelle (m ³ /ha)	Présumé ONFI	25	25

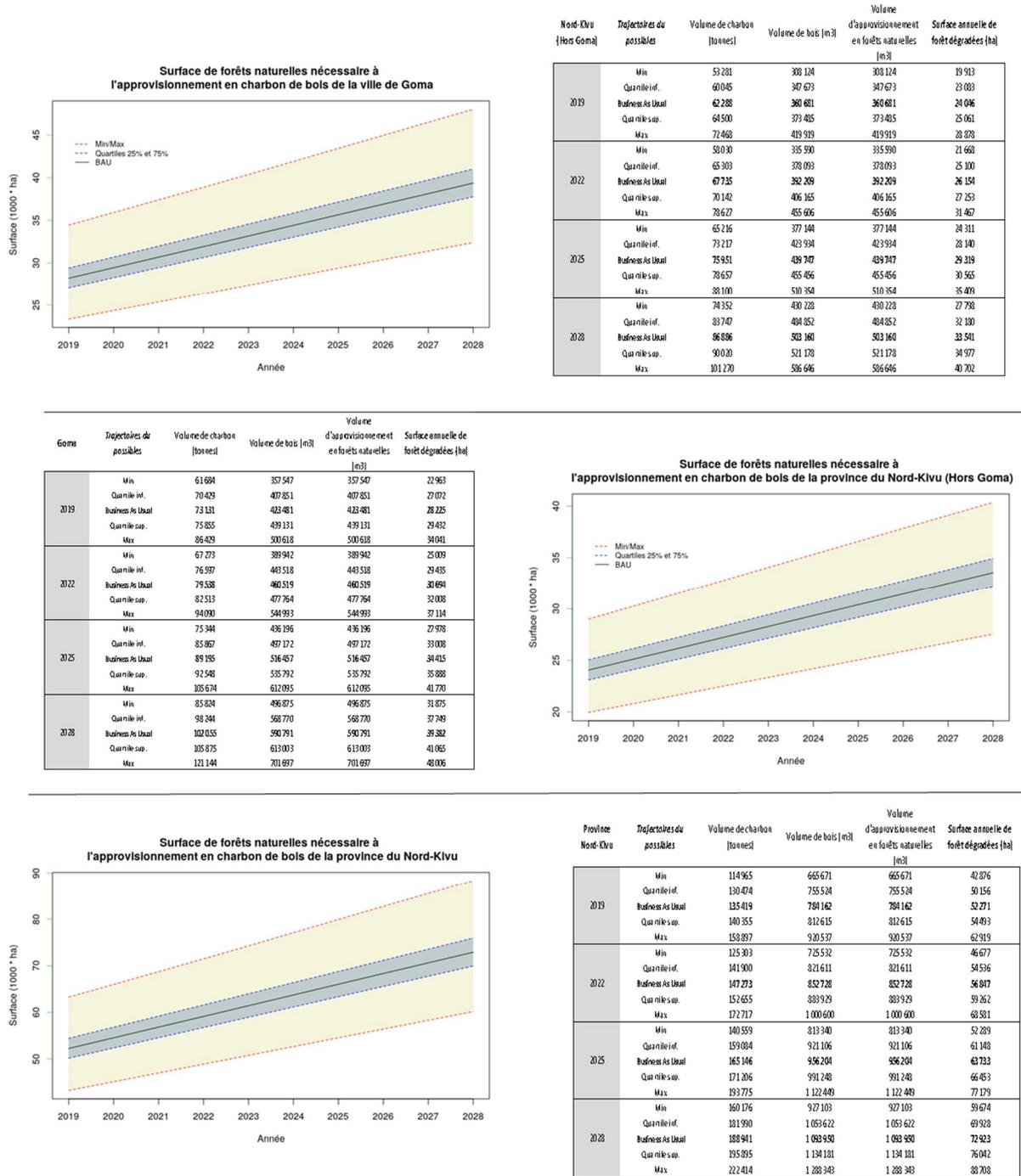
La simulation des trajectoires du possible montre que le niveau de consommation actuelle de charbon de bois par les ménages de la province du Nord-Kivu pourrait être compris actuellement entre 114 965 et 158 897 tonnes par an. Celui-ci pourrait atteindre d'ici 2028 entre 160 176 et 222 414 tonnes, avec un scénario médian (i.e. Business As Usual) enregistré à près de 188 940 tonnes. La seule ville de Goma dans le scénario Business As Usual représente près de 55% de cette consommation.

Avec les techniques de carbonisation actuelles, le volume total de bois nécessaire pour atteindre ce niveau de consommation en 2019 est compris dans un range entre 665 671 m³ et 920 537 m³. Sans modification des techniques de carbonisation l'approvisionnement en bois nécessaire pourrait atteindre entre 927 103 et 1 288 000 m³ par an dans les 10 années à venir. Le scénario « Business As Usual » extrait de ces simulations montre une évolution tendancielle des besoins en charbon de bois de 784 162 m³ en 2019 à 1 093 000 m³ par an en 2028 dont plus de la moitié à destination de Goma. En somme cela pourrait représenter plus de 72 923 hectares annuels de forêts impactées par les prélèvements d'ici à 10 ans, dont près de 40 000 hectares le seraient pour assouvir les seuls besoins de la ville de Goma (voir note de bas page n°1 pour l'explication des forêts « impactées ou dégradée vs surface de déforestation). Cela suggère une accélération de la dynamique de dégradation et de déforestation dans les années à venir. De plus, en estimant que 80% des approvisionnements à destination de Goma provenaient du PNVi en 2008 (WWF,

² La modélisation spatiale des impacts n'est pas prévue dans ce travail. Celle-ci serait autrement plus complexe car impliquerait d'identifier les choix de localisation (ex. proximité des routes, pentes, types de forêts, etc.) et des prélèvements par les acteurs locaux, ce qui nécessite une enquête et des traitements empiriques ad hoc qui mériteraient une étude spécifique.

2013), et 56% en 2015 (ONFi, 2015), ce pourrait être plus de 31 000 hectares de forêts dans le parc qui pourraient être impactés annuellement.

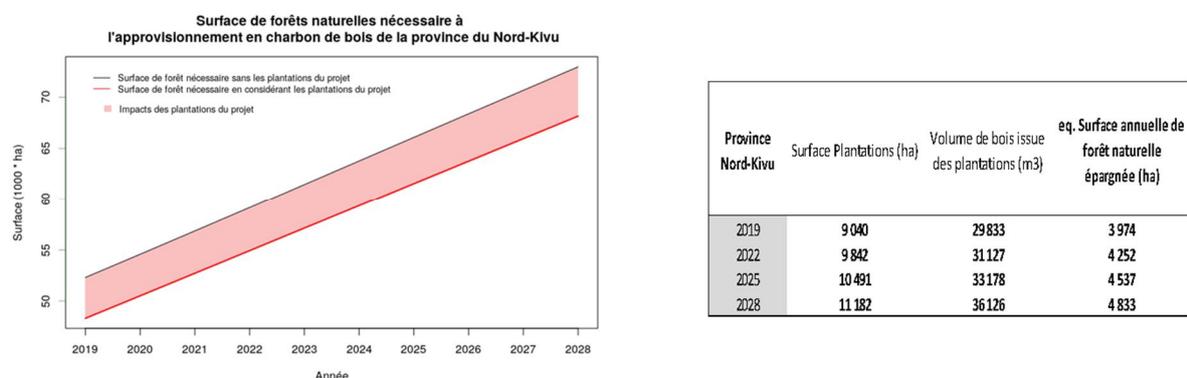
Figure 16: Synthèse des résultats des simulations "trajectoires du possible" et Business As Usual



En considérant que les plantations mise en œuvre dans le cadre du projet permettent de couvrir un volume d'approvisionnement en bois grandissant sur les 10 années à venir allant de près de 30 000 m³ en 2019 à environ 36 000 m³, il persistera un niveau de dégradation des forêts naturelles de l'ordre de 48 330 hectares en 2019 contre 68 150 hectares annuels à partir de

2028. Dans ces conditions les plantations actuellement mises en place permettront de préserver en moyenne un peu moins de 5 000 hectares de forêts naturelles chaque année.

Figure 17: Impact estimé des plantations actuelles du projet



3.2.2. Simulation des scénarios projets et impacts pressentis

Afin d'identifier les opportunités pour le projet de réduire les impacts de la consommation de charbon de bois dans la région et sur les forêts environnantes, plusieurs simulations ont été effectuées en considérant différentes interventions possibles. Deux types d'interventions principales sont ici considérés :

- Les activités du projet visant à réduire la consommation totale de charbon par les ménages ;
- Les activités du projet visant à améliorer la productivité des approvisionnements en charbon.

3.2.3. Simulations des impacts du projet sur la consommation de charbon de bois

Dans un premier temps, des simulations ont été effectuées en intégrant des activités du projet visant la promotion des énergies alternatives d'une part et la diffusion des FA d'autre part. A partir des hypothèses du scénario BAU (cf. section précédente), deux types de paramètres ont ainsi été modifiés pour prendre en compte l'impact possible du projet sur la consommation de charbon :

- ✓ Le taux d'adoption des énergies alternatives. Actuellement on estime que seul 2% des ménages ont accès aux énergies alternatives. Le scénario ici simulé envisage une croissance de l'adoption de ces énergies modernes de 2% par an.
- ✓ Le taux d'adoption des FA par les ménages de la région. Les foyers améliorés sont utilisés par près de 88% des ménages dans la ville de Goma et 50% des ménages des autres centres urbains de la province du Nord-Kivu. Le scénario avancé ici envisage des activités de projet qui permettrait d'accroître annuellement de 4% le taux d'adoption des FA par les ménages.

L'efficacité de ces activités dépendra en réalité de nombreux facteurs qui ne sont pas pris en compte dans les simulations, mais l'exercice effectué étant exploratoire, des hypothèses relativement optimistes et en phase avec les objectifs du projet ont été fixées. Ceci fournit ainsi des indications sur le potentiel de réduction de la consommation de charbon dans la région et pourra constituer des cibles à atteindre dans le cadre de la mise en œuvre du projet.

Tableau 12: Synthèse des scénarios de promotion des FA et des énergies alternatives (EA)

Province Nord-Kivu	Surface annuelle de forêts naturelles dégradées (BAU)	Surface annuelle de forêts naturelles dégradées (scénario Foyers Améliorés FA)	eq. Surface annuelle de forêt naturelle épargnée (ha) (scénario Foyers Améliorés FA)	Surface annuelle de forêts naturelles dégradées (scénario énergies alternatives EA)	eq. Surface annuelle de forêt naturelle épargnée (ha) (scénario Energie Alternatives EA)	eq. Surface annuelle de forêt naturelle épargnée (ha) (scénario Combiné FA + EA)
2019	48 328	48 328	0	48 328	0	0
2022	54 942	52 563	2 379	51 395	3 547	5 926
2025	61 578	57 650	3 928	53 970	7 608	11 536
2028	68 150	62 699	5 451	55 955	12 195	17 646

Le tableau 12 ci-dessous synthétise les résultats des simulations effectuées et offre une comparaison avec le scénario BAU afin de déterminer quelles peuvent être les attentes en termes d'impact des activités du projet dans les années à venir.

Les résultats des simulations montrent que l'impact des activités visant à réduire la consommation de charbon de bois peut être substantiel que ce soit à travers la diffusion des FA ou la promotion des énergies alternatives.

En effet, les simulations suggèrent dans un premier temps que la consommation totale de charbon de bois par les ménages pourrait être réduite de près de 8% d'ici à 2028 en favorisant l'accès aux FA. Ceci permettrait de réduire la pression sur les forêts naturelles d'environ 5 500 ha par an. Par ailleurs, si les activités entreprises venaient à favoriser l'adoption des énergies alternatives vis-à-vis de l'utilisation actuelle du charbon selon les hypothèses de projets définies, la consommation de charbon pourrait être réduite de près de 18% d'ici à 10 ans, ce qui permettrait de réduire substantiellement la pression sur les forêts de l'ordre de 12 200 ha par an.

En somme, l'impact cumulé des activités visant à diminuer la consommation du charbon de bois selon des objectifs énoncés (i.e. 2% annuel de substitution aux énergies alternatives et 4% annuel d'accroissement de l'utilisation des FA) est ici estimé à près de 18 000 ha de dégradation de forêts naturelles évitée chaque année d'ici à 2028, soit une réduction de 25% de la pression qui pourrait être exercé sur les forêts dans la prochaine décennie.

Figure 18: Résultats du scénario de diffusion des énergies alternatives (EA)

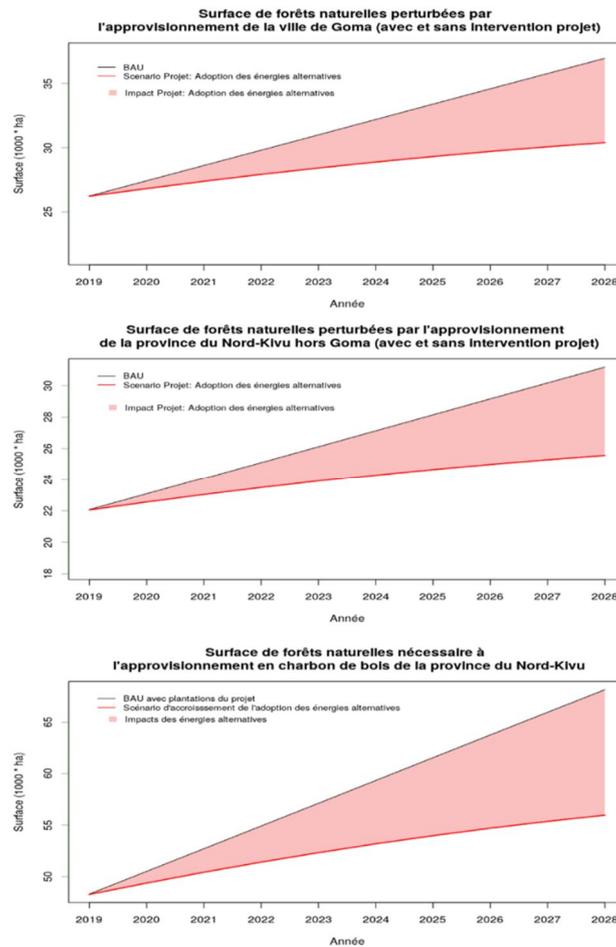
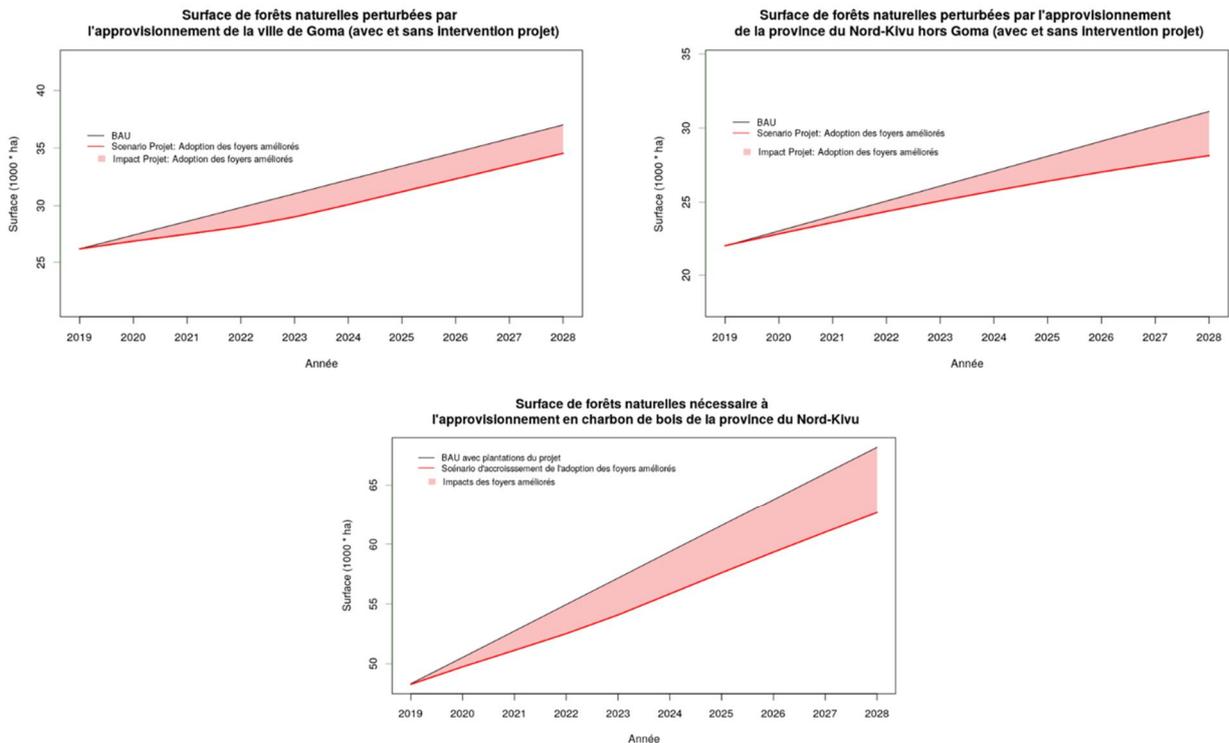


Figure 19: Résultats du scénario de diffusion des foyers améliorés (FA)



3.2.4. Simulations des impacts du projet sur l’approvisionnement en charbon de bois

Le projet contient également des activités visant à modifier la structure des approvisionnements en bois dans la région et ainsi limiter la pression sur les forêts naturelles. Principalement deux types d’activités ont déjà été entrepris dans le passé et pourraient être renforcées dans les années à venir :

- ✓ La mise en place de parcelles de plantations ;
- ✓ La diffusion des pratiques de carbonisation plus efficaces.

Chacune des activités ont été simulée indépendamment avant d’être combiné. Les hypothèses concernant la pénétration des différentes activités ont été définies selon les objectifs actuels du projet et les expériences passées. Ainsi, le premier scénario visant à illustrer l’impact de la diffusion de meilleures techniques de carbonisation assume une croissance annuelle de l’adoption de ces techniques par les charbonniers de l’ordre de 20%. Le second scénario admet une croissance des surfaces de plantations de 10% par an jusqu’en 2028 par rapport aux surfaces de plantations déjà existantes.

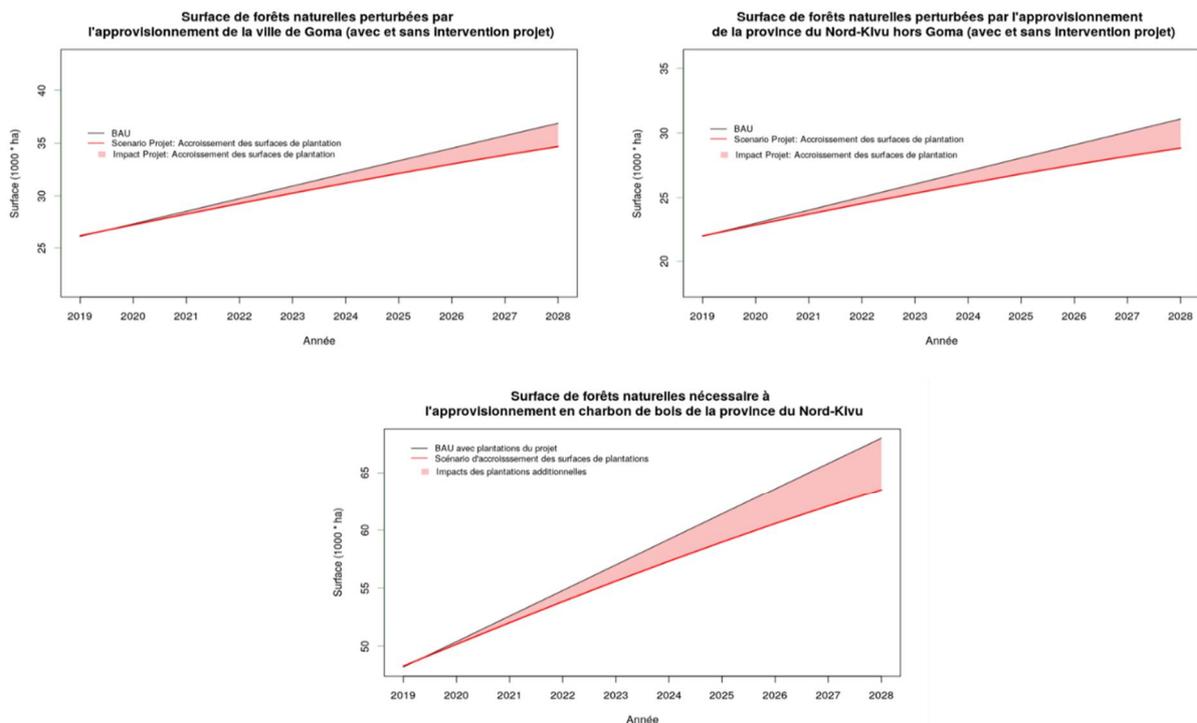


Figure 20: Résultats du scénario d'accroissement des surfaces de plantations

Dès lors dans un premier temps, un scénario de développement des plantations permettant un approvisionnement régulier en bois pour le charbon a été simulé. Pour ce faire, le scénario envisage un accroissement annuel de 10% des surfaces de plantations en plus des plantations déjà. Concrètement, cela reviendrait à considérer plus de 21 000 ha de plantations qui visent à être déployées dans les 10 années à venir (soit environ 10 000 hectares supplémentaires).

Ensuite, l'une des activités du projet est de renforcer et diffuser de nouvelles pratiques de carbonisation de manière à rendre plus efficace la transformation du bois en charbon. Ici, il est envisagé une diffusion des techniques de carbonisation permettant un rendement de 20% comparé au rendement de 10% des pratiques de carbonisation traditionnelle. Aussi, le taux annuel de croissance de l'adoption de ces nouvelles pratiques par les carbonisateurs est établi ici à 20%. Le tableau 12 ci-dessous synthétise les résultats de chacun des scénarios et propose une mesure de l'impact pressenti de chacun en termes de réduction de la déforestation et la dégradation. Un scénario additionnel est présenté dans ce tableau afin de rendre compte de l'impact cumulé de l'ensemble des activités.

Tableau 13: Synthèse des scénarios de promotion des techniques de carbonisation améliorées (CA) et d'augmentation des surfaces de plantations forestières (PF)

Province Nord-Kivu	Surface annuelle de forêts naturelles dégradées (BAU)	Surface annuelle de forêts naturelles dégradées (scénario Carbonisation améliorée CA)	eq. Surface annuelle de forêt naturelle épargnée (ha) (scénario Carbonisation Améliorée CA)	Surface annuelle de forêts naturelles dégradées (scénario Plantations Forestières PF)	eq. Surface annuelle de forêt naturelle épargnée (ha) (scénario Plantations Forestières PF)	eq. Surface annuelle de forêt naturelle épargnée (ha) (scénario Combiné CA + PF)
2019	48 328	48 328	0	48 328	0	0
2022	54 942	53 315	1 627	53 866	1 076	2 703
2025	61 578	56 747	4 831	59 022	2 556	7 387
2028	68 150	57 052	11 098	63 561	4 589	15 687

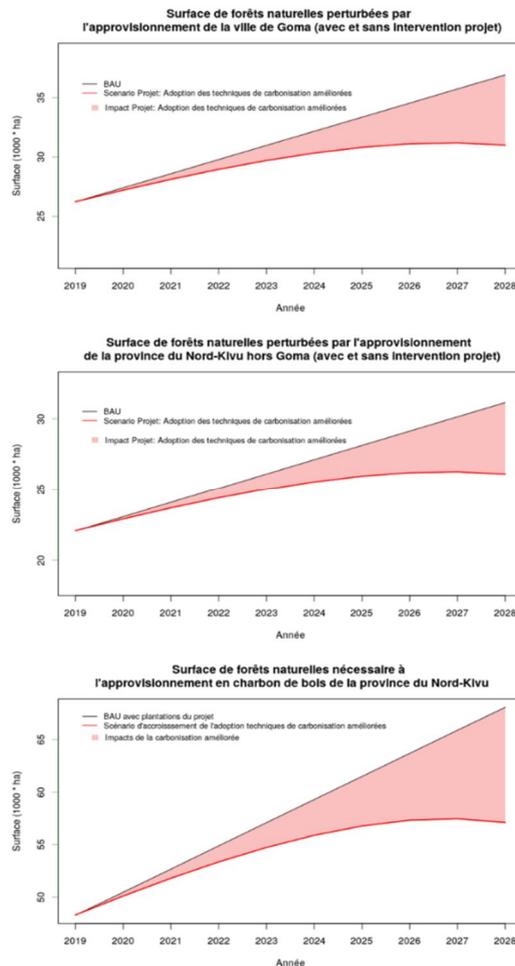


Figure 21: Résultats du scénario de diffusion des techniques de carbonisation améliorées (CA)

Le résultat des simulations suggère que le potentiel de réduction de pression sur les forêts naturelles est important notamment à travers la diffusion des techniques de carbonisation améliorées. En effet, une pénétration grandissante de ces techniques chez les carbonisateurs permettrait de réduire jusqu'à 11 000 hectares chaque année la pression sur les forêts. L'impact est ici grandissant au fil des années et les résultats suggèrent même la possibilité d'un retournement du niveau des prélèvements en forêt naturelle. Avec un changement de la source d'énergie pour certains secteurs c'est ainsi certainement l'activité qui offre le plus de potentiel dans les années à venir.

Dans une moindre mesure les résultats des simulations illustrent également l'impact favorable qui peut être généré par les surfaces de plantation du projet. En effet, les plantations existantes pourraient permettre, dans les 10 années à venir, de réduire la menace pesante sur les forêts naturelles d'environ 5000 hectares chaque année.

En somme les possibilités d'intervention du projet tel que décrites dans cette section pourrait permettre dans le cas d'une mise en œuvre conjointe de ces activités, de réduire durablement les approvisionnements réalisés en forêt naturelle sur plus de 15 000 hectares à partir de la prochaine décennie.

3.3. Synthèse des résultats

Plusieurs enseignements peuvent être tirés de l'exercice de modélisation et de simulation prospective de la consommation et de l'approvisionnement en charbon de bois de la province du Nord-Kivu réalisé dans le cadre de cette étude. Le premier concerne l'évolution pressentie de la consommation totale de charbon de bois par les ménages de Goma et des autres centres urbains de la province du Nord-Kivu. En effet, tous les scénarios réalisés convergent vers une augmentation substantielle de la consommation de charbon de bois. On estime ainsi que celle-ci pourrait augmenter de 40% dans les 10 prochaines années passant ainsi de près de 135 000 tonnes actuellement à 188 000 tonnes en 2028 dont la majorité pour la seule ville de Goma. En conséquence la pression sur les forêts naturelles pourrait s'accroître et dans les conditions actuelles (i.e. Business As Usual), les résultats suggèrent que plus de 72 000 hectares de forêt pourraient être impactés annuellement par la consommation de charbon de bois d'ici à 2028, contre 52 000 hectares actuellement.

Néanmoins, les possibilités pour le projet de réduire ces menaces sont non négligeables. En effet, en résumé, les simulations et scénario présentés précédemment suggèrent que d'un point de vue de l'approvisionnement :

- ✓ L'amélioration de l'efficacité des pratiques de carbonisation jouera un rôle central pour réduire durablement la quantité de bois nécessaire aux approvisionnements en charbon des ménages de la région. Une diffusion à vaste échelle de nouvelles techniques de carbonisation plus efficace pourrait même permettre de compenser l'augmentation structurelle de la consommation liée à une croissance démographique soutenue dans la région et ainsi inverser d'ici une dizaine d'années la tendance de dégradation des forêts.
- ✓ Le développement de nouvelles plantations et le maintien des plantations existantes est indispensable pour réduire durablement la pression de la chaîne énergétique actuellement exercée sur les forêts naturelles.
- ✓ La stimulation de la production et la commercialisation de l'ecomakala afin de permettre un approvisionnement et une offre continus.

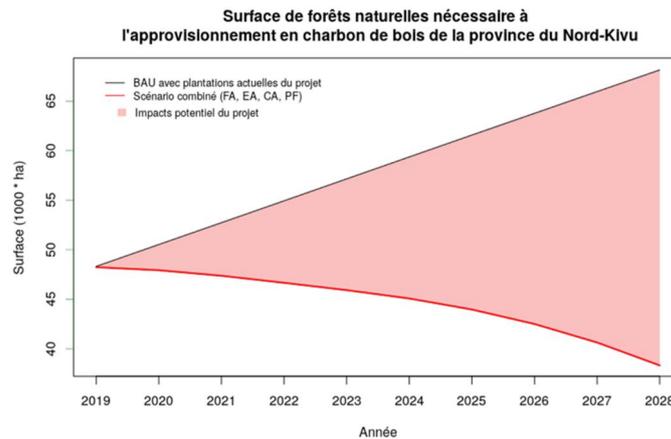
D'un point de vue de la consommation, les simulations invite à :

- ✓ Promouvoir la substitution énergétique vers des énergies alternatives modernes telles que l'électricité. En effet la substitution énergétique offre le plus de marge pour agir considérant que plus de 97% des ménages utilisent actuellement le charbon de bois.
- ✓ Poursuivre la diffusion des foyers améliorés dans les ménages et notamment dans les centres urbains de la province de Nord-Kivu, hors Goma où le taux d'utilisation des foyers améliorés est déjà relativement important (i.e. 88% des ménages).

En raison de la pression démographique grandissante, la durabilité et la viabilité des interventions sont interdépendantes. **Il conviendrait dans la mesure du possible de promouvoir l'ensemble des activités, de manière conjointe et coordonnée.** En effet en cumulant l'ensemble des scénarios d'interventions qui ont été proposés dans les sections précédentes, l'impact global du projet en termes de réduction de la pression sur les forêts naturelles pourrait être très important.

En effet, comme illustré dans la figure 22 ci-dessus, nous estimons que la tendance de dégradation des forêts peut être inversée dans les 10 prochaines années et la pression exercée actuellement pourrait être réduite de près de 45%.

A noter que l'exercice réalisée ici est par définition exploratoire et les scénarios et les objectifs identifiés ici comme des interventions possibles des prochaines phases du projet devraient faire l'objet d'une analyse de faisabilité approfondi, notamment économique, afin d'affiner et rationaliser les objectifs à atteindre pour chacune des activités et identifier des sources de financements adéquates pour une mise en œuvre rapide.



Province Nord-Kivu	Surface annuelle de forêts naturelles dégradées (BAU)	Surface annuelle de forêts naturelles dégradées (ha) (scénario Combiné FA + EA + CA + PF)	eq. Surface annuelle de forêt naturelle épargnée (ha) (scénario Combiné FA + EA + CA + PF)
2019	48 328	48 328	0
2022	54 942	46 663	8 279
2025	61 578	43 970	17 608
2028	68 150	38 329	29 821

Figure 22: Synthèse des impacts du projet dans le cadre d'une mise en œuvre combinée des scénarios de promotion des foyers améliorés (FA), des énergies alternatives (EA), des techniques de carbonisation améliorée (CA) et d'augmentation des surfaces de plantations

4. Évaluation des impacts socio-économiques et environnementaux des activités de projet

La Section 3 a montré les potentiels impacts sur les prochains dix années des activités du projet (plantations, FA et carbonisation améliorée) sur le niveau d'impact sur la forêt dans la province du Nord-Kivu et en particulier le PNVi basé sur un nombre de paramètres et hypothèses. La Section 4 a comme objectif d'évaluer les impacts socio-économiques et environnementaux positifs et négatifs des trois activités de projet, dont les résultats reposent en partie sur :

- Les données quantitatives issues de l'enquête de terrain ONFI / DIOBAS réalisée en juin et juillet 2018 ;
- La revue de la littérature et des projets antérieurs.

4.1. Les impacts socio-économiques positifs des plantations d'arbres

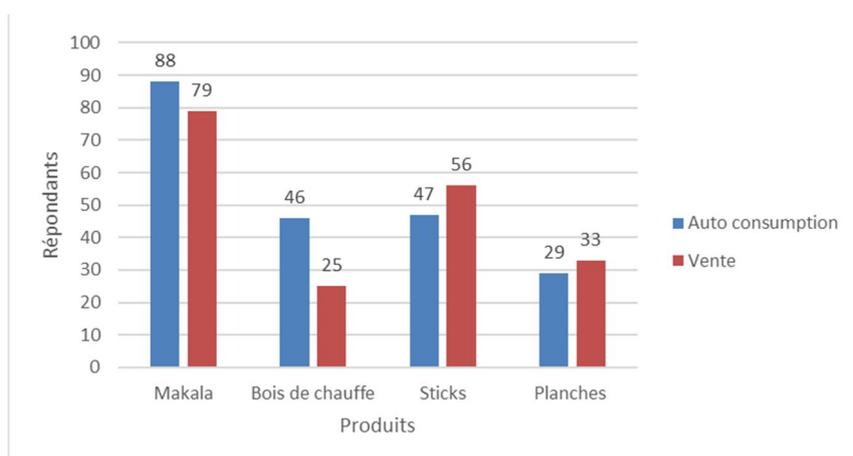
L'activité liée aux plantations peut générer plusieurs impacts socio-économiques positifs tels que :

- ✓ **Une activité rentable contribuant au bien-être socio-économique :** lors de l'enquête de terrain, 92% des planteurs ont répondu que l'activité de plantations pouvait être considérée comme rentable. Cette affirmation a été renforcée par les planteurs qui ont souligné que le projet leur avait permis de mettre en valeur certaines de leurs terres sous-

utilisées. Par ailleurs, parmi les planteurs ayant déjà exploité leurs plantations dans le cadre du projet (environ 55% selon les résultats du sondage), 94% considéraient qu'elles contribuaient à leur bien être socio-économique.

- ✓ **Le production et commercialisation d'une gamme de produits diversifiés :** Le projet de reboisement a permis la génération de revenus à travers plusieurs produits comme les perches, les sticks, le makala et les sciages. Le sondage a permis de définir si l'activité de reboisement a été vue comme rentable ou non par les planteurs dans un premier temps, et d'identifier les fourchettes de prix pour chaque produit vendu. Cette diversité de produits est importante car elle offre aux planteurs une plus grande flexibilité en termes d'objectifs de gestion et de rendements financiers associés, et fournira un flux de revenu plus durable tout au long de la période de rotation de la plantation. Selon l'enquête, en ce qui concerne l'autoconsommation des produits, le bois de chauffage et le makala sont autoconsommés plus que vendus, contrairement aux sticks et aux planches (voir figure suivante).

Figure 23 : Utilisation des produits



Le prix moyen de la vente des produits par source de commercialisation et type de produit est donné dans le tableau suivant. Le tableau met en évidence l'avantage de vendre des produits par les coopératives (hors sticks), surtout pour les planches et les stères.

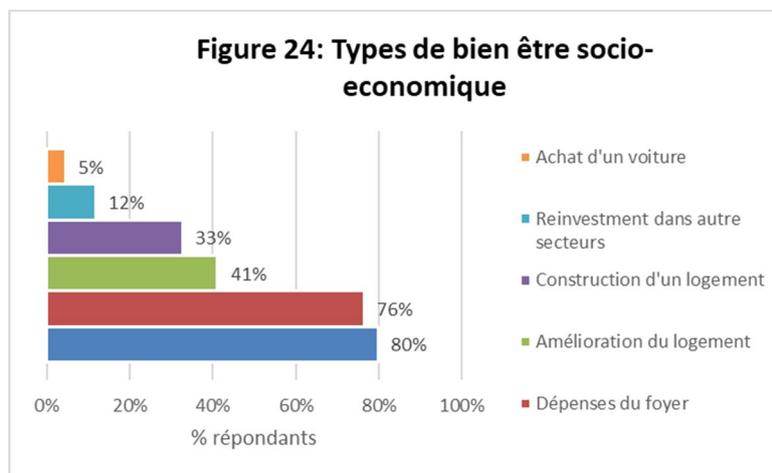
Commercialisation	Planches	Makala	Sticks	Stère
Hors coop	2,8	8,9	1,9	6,5
Coop	6,2	9,8	1,6	15,6
Autres produits	2,2		1,5	6,1
Moyen USD	3,7	9,3	1,7	9,4

Selon le sondage, le revenu moyen par planteur pour la vente de makala est de 5 618\$ pour ceux vendant leurs produits via des coopératives (103 000 sacs pour 192 planteurs sondés à un moyen de 9.8\$/sac). Il est à noter par contre que 88% des répondants ont produits 1 000 sacs ou moins, ou environ 30% du total. Ce qui est signifié simplement par la présence de quelques gros planteurs dans le sondage. Si l'on considère donc le revenu moyen de ces planteurs uniquement, nous avons un revenu d'environ 2 000\$ par

planteur. Selon le sondage, pour les planteurs vendant hors coopérative (214 373 sacs pour 302 planteurs sondés à un moyen de 8.9\$/sac) le revenu total par planteur est 6 117€ Par contre, comme pour les planteurs vendant leur makala via les coopératives, 82% produisent 1 000 sacs ou moins, ou 27% du total. Si l'on considère donc le revenu moyen de ces planteurs uniquement, nous avons un revenu d'environ 2 020\$ par planteur.

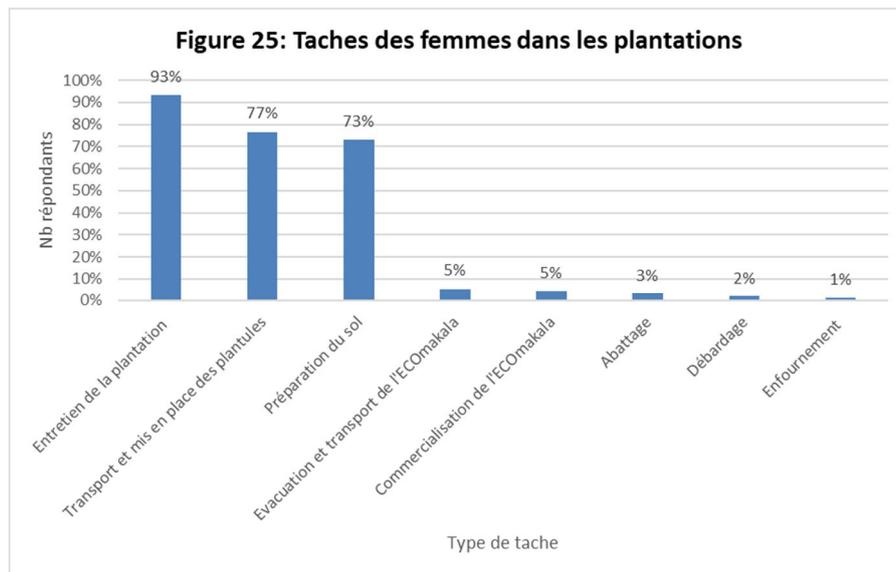
Collectivement cela représente un revenu total pour 474 planteurs d'environ 2.9 M\$ pour la vente de 317 373 sacs de makala (moyen de 9.2\$/sac), ou en moyenne 6 186\$ par planteur (tous tailles de planteurs confondu). Il faut noter que ces chiffres sont basés sur jusqu'à 4 années de récolte. Voir le tableau en annexe pour plus de détail.

- ✓ **Une diversité importante des bienfaits socio-économiques :** Selon l'enquête, le type d'avantage socio-économique le plus important issu des recettes des plantations est la scolarisation des enfants, mentionnée par 80% des répondants. Ceci est suivi de près par les dépenses du foyer à 76%. L'amélioration des logements et leur construction sont également vues comme un poste de dépenses pouvant bénéficier des revenus des plantations, car mentionnées par 41% et 33% des répondants respectivement. Finalement, les revenus issus des plantations ont permis aux planteurs d'investir dans différents secteurs d'activités (12% des répondants) parmi lesquels : le petit commerce, le reboisement, l'élevage et l'agriculture.



- ✓ **Une source d'emploi local importante :** Le projet de reboisement a aidé à créer de nombreux emplois, les planteurs ayant recours à une main d'œuvre qu'ils paient selon leurs besoins (ouvriers agricoles, vendeurs, transporteurs, etc.). Par exemple, l'enquête de terrain a montré qu'environ 80% des planteurs utilisent une main d'œuvre extérieure pour l'entretien de leurs plantations (surtout les femmes) et que 56% des planteurs utilisaient de la main d'œuvre pour le transport de leurs produits en ville. Par ailleurs, la main d'œuvre créée par la carbonisation est également considérée d'être importante. Selon une étude de la CREF en 2018, ce recours à la main d'œuvre par localité a tendance de varier entre les territoires (de 68% pour Beni à 86% pour Lubero selon leur propre enquête).
- ✓ En ce qui concerne les femmes, sur les planteurs sondés, 87% des planteurs ont répondu que des femmes travaillaient dans leurs plantations. Les tâches le plus fréquemment effectuées par les femmes est l'entretien de la plantation, le transport et la mise en place

des plantules, et la préparation du sol (93%, 77% et 73% des réponses des planteurs respectivement). Les autres tâches comme l'abattage, débardage et transport des produits etc. sont très rares pour les femmes, et concernent seulement 1% à 3% des répondants (voir figure suivante). L'implication des femmes dans la mise en place et la gestion des plantations les aide à améliorer leur bien-être socio-économique.



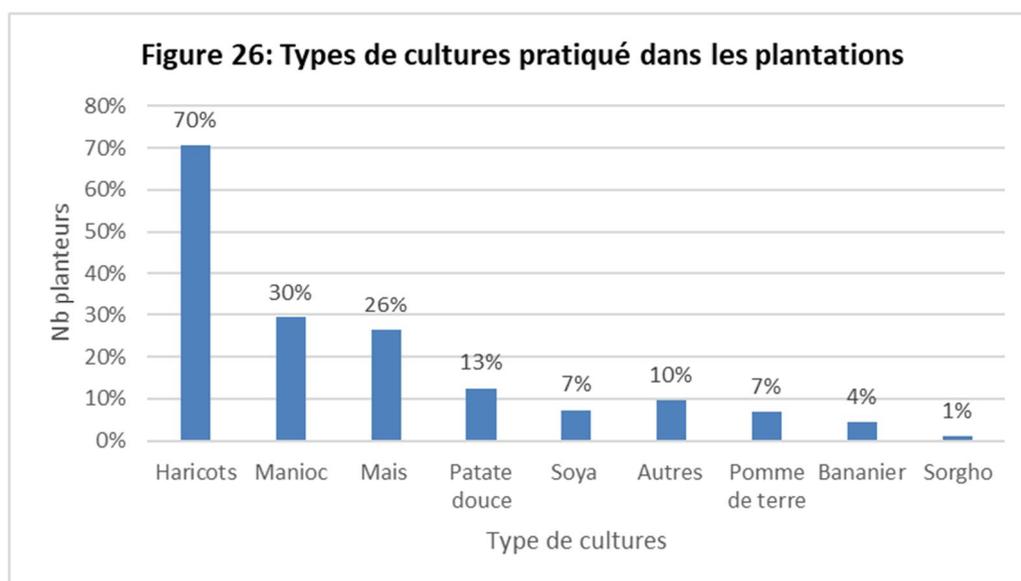
- ✓ **La création de nouvelles compétences techniques :** les activités de plantation ont permis la création d'un nouveau secteur économique offrant de nouvelles opportunités professionnelles à un certain nombre d'acteurs, comme les associations de planteurs, les pépiniéristes, les planteurs eux-mêmes, les transporteurs et des personnes impliquées dans la production et la commercialisation de divers produits issus des plantations (notamment le charbon de bois). Ces opportunités ont été renforcées par le WWF et ses partenaires sous la forme d'appui direct et de diverses formations thématiques liées à la conduite d'une pépinière, la mise en place et la gestion des plantations jusqu'à la récolte, et récemment la production et commercialisation du charbon.
- ✓ **L'amélioration des rendements des cultures vivrières :** 74% des planteurs sondés ont signalé avoir planté divers types de cultures vivrières en système agroforestier. La Figure 26 montre les types de cultures pratiquées dans les plantations par ordre d'importance. Avec certaines associations d'arbres comme par exemple, Grevilea, Acacia, Senna et Cedrela, les rendements des cultures peuvent être accrus en raison des synergies écologiques et biologiques spécifiques entre les espèces, telles que l'ombrage, la fixation de l'azote et l'augmentation de l'activité des micro-organismes dans le sol.

En effet, 45% des répondants ont souligné une amélioration dans les rendements des cultures en les associations avec des arbres (basé sur 453 réponses, soit 204 planteurs). Voir tableau suivant :

Territoire	Nb répondants	Amélioration de rendement CV	% du total
Beni	159	35	22%
Lubero	132	67	51%
Masissi	97	66	68%
Nyirigogo	8	8	100%
Rutshuru	57	28	49%
Total répondants	453	204	45%

Le tableau montre que l'amélioration des cultures vivrières est considérée comme présente dans tous les territoires à l'exception de Beni, avec entre 49% et 100% des répondants affirmant le phénomène contre uniquement 22% à Beni.

Ce système intégré de gestion de l'utilisation du terrain peut générer des revenus supplémentaires pour les planteurs. Il peut également assurer un meilleur niveau de gestion des plantations, en particulier en veillant à ce que l'entretien soit effectué aux premiers stades de la croissance des arbres.

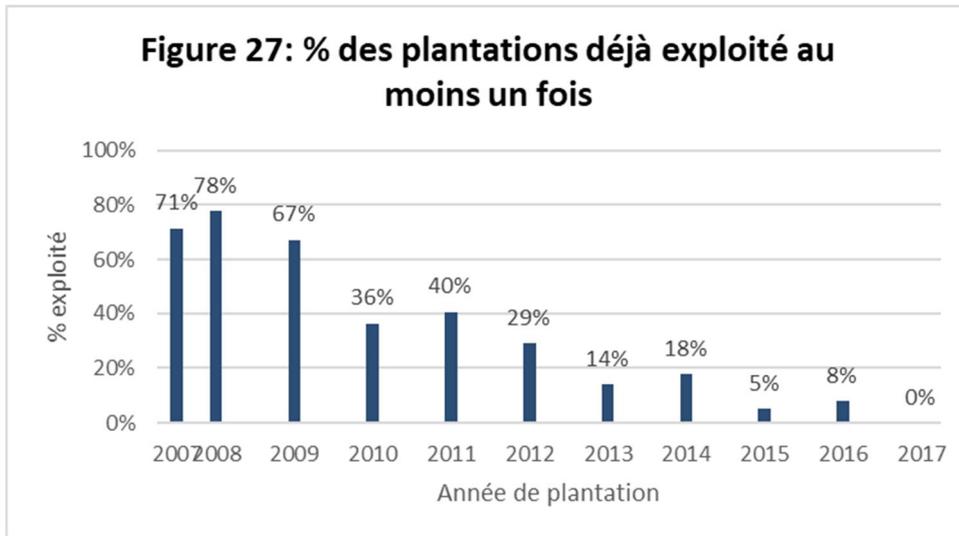


4.2. Les impacts socio-économiques négatifs des plantations

Parmi les impacts négatifs, nous pouvons citer :

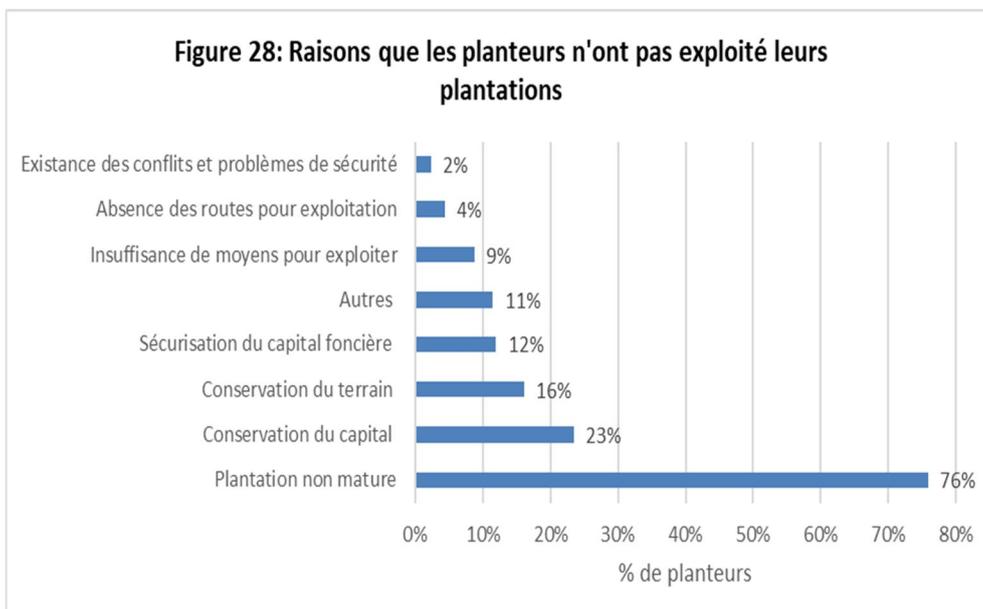
- ✓ **Un taux d'exploitation des plantations très variable :** L'enquête montre que le taux d'exploitation pour la période 2007 à 2012 a varié entre 90% et 49% respectivement, avec un taux dégressif par année de plantation (voir figure suivante). Ce faible taux de récolte nuit aux objectifs du projet en ce qui concerne la production de charbon de bois. Car en théorie toutes les plantations établies avant 2012 auraient dû être exploitées au moins une fois si la vocation avait été de produire de l'Ecomakala (surtout les plantations de 2007 à 2012 si l'on considère qu'un âge d'exploitabilité minimum est de 6 ans). Par contre, si l'on accepte la multi-usage des plantations, ce taux d'exploitation

est moins problématique (surtout en ce qui concerne les planches et le bois d'œuvre en général qui demandent des rotations plus importantes).

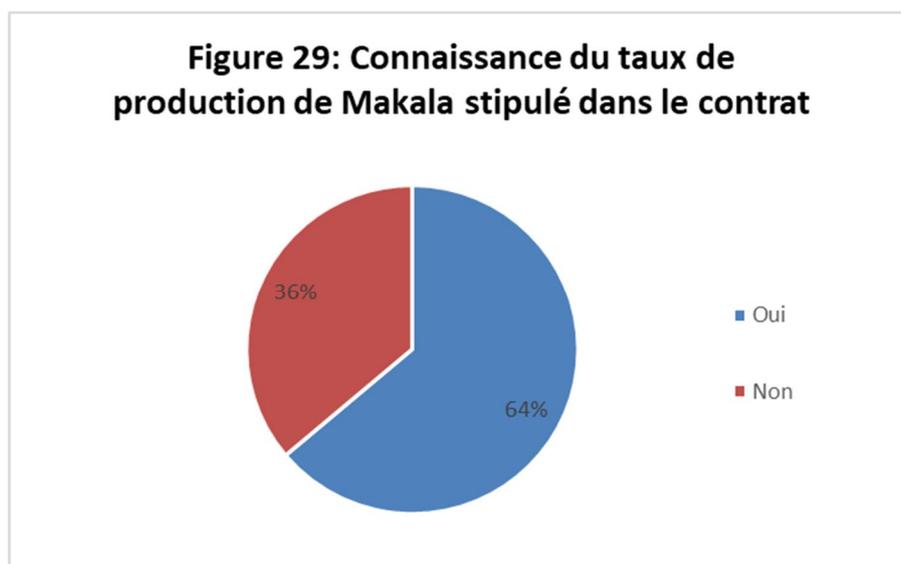


Les planteurs ayant exploité leurs parcelles plantées en 2013 et 2016 l'ont fait essentiellement pour des sticks et parfois seulement pour les perches. Une réduction du taux de récolte planifiée empêche le projet de prévoir avec précision les volumes annuels potentiels de makala susceptibles d'être commercialisés.

- ✓ **Faible exploitation des parcelles à court-terme :** la Figure 24 montre que 76% des planteurs n'ayant pas exploité leurs parcelles ne l'ont pas fait car ils les considéraient trop jeunes. 23% des planteurs préféreraient garder leur capital sur pied et l'exploiter plus tard. Le coût d'opportunité présenté par les plantations n'a pas vraiment été pris en compte lors de la conception du projet. En effet, il est évident qu'un arbre coupé pour des planches a davantage de valeur économique qu'un arbre coupé pour du charbon. Ainsi, dans le cas où un planteur n'aurait pas besoin de capital, la solution consistant à allonger la période de rotation des arbres est parfaitement logique en termes d'investissement.

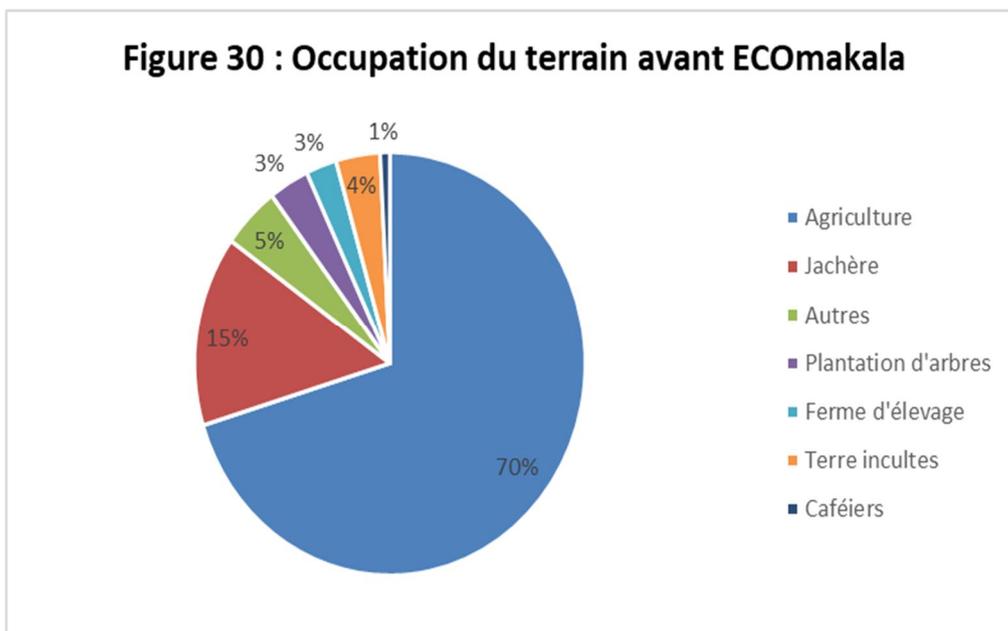


- ✓ **Une connaissance imparfaite du taux de production de makala prévu dans le contrat du projet :** Malgré le travail de sensibilisation par les associations des planteurs et du WWF, et la signature d'un contrat sur la production de makala via le projet, seulement 63% des répondants ont confirmé qu'ils connaissaient le taux de production de makala précisé dans le contrat, soit 60%. Cette méconnaissance a eu un effet négatif sur l'atteinte des objectifs du projet. La non récolte des plantations qui en découle aura une influence importante sur l'objectif du projet de substituer le makala illégal en provenance des forêts naturelles (notamment le PNVi).

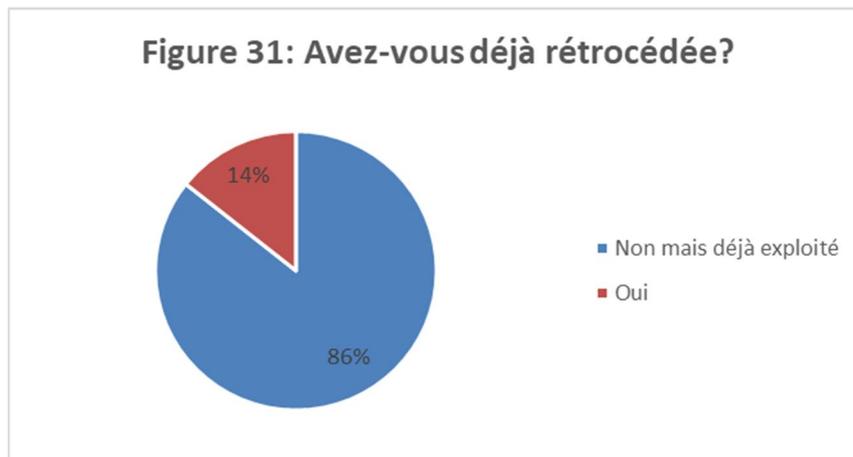


- ✓ **Une utilité des parcelles relativement important pour les cultures :** 62% des planteurs considéraient que leurs parcelles étaient utiles pour les cultures. Cela représente un total de 717 ha, dont 46% appartenant aux grands planteurs avec des parcelles d'une taille de plus de 4ha et plus (soit 330 ha). La mise en place de plantations d'arbres par les grands planteurs est souvent une réponse à un besoin de sécurisation foncière (selon WWF, plus de 80% des dossiers judiciaires sont en lien avec la question du foncier). En outre, basé sur un échantillon de 629 planteurs, l'occupation des parcelles la plus importante avant le projet était l'agriculture à 70% (442 planteurs), suivie par la jachère à 15%. Il est à noter par contre que ces planteurs avaient des terrains dégradés et infertiles suite à la non-utilisation des bonnes techniques de culture pendant des décennies. Faute d'un projet basé sur l'agroforesterie, et avec la rareté de la ressource en bois, ils ont parfois préféré les valoriser par les boisements. Seulement 4% des terrains ont été jugé non cultivables par les planteurs avant l'adhésion au projet (voir figure suivante). Cela contraste avec les objectifs du projet qui consistaient à planter sur des terres dites marginales ou improductives sur le plan agricole. Note : la question de la qualité de la terre pour l'agriculture est assez subjective elle dépend tout d'abord du type de culture plantée / agriculture pratiquée mais aussi du niveau d'adaptation au site en question.

Figure 30 : Occupation du terrain avant ECOMakala

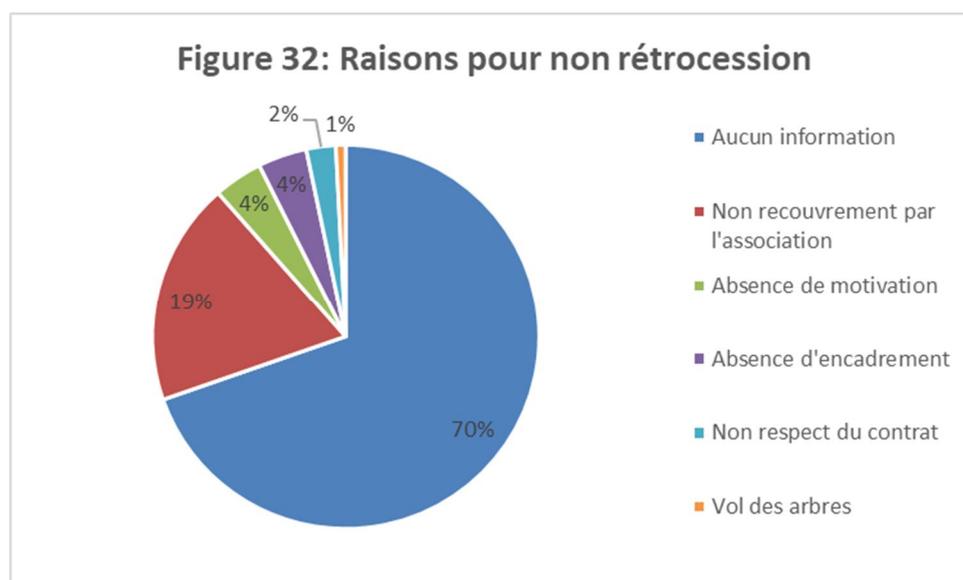


- ✓ **La question du blocage des plantations sur une période relativement longue en termes de revenus financiers** : Ce phénomène peut être considéré comme légitime uniquement si le terrain sur lequel les plantations sont implantées est utile à l'agriculture (62% des répondants pendant l'enquête). Dans le doute, il faut inciter les planteurs à adopter un système agroforestier assurant ainsi des rendements anticipés et annuels.
- ✓ **Les densités très variables des plantations** : Parmi les planteurs n'ayant pas encore exploité leurs parcelles (786 des répondants ou 47% du total planteurs sondés), seuls 43% ont déclaré que celles-ci étaient entièrement approvisionnées selon les normes du projet, 25% ont déclaré que leurs plantations étaient en régression et 32% que leurs plantations avaient augmenté en densité. Les causes de la régression de la densité des peuplements sont variées. Par exemple, la coupe pour les sticks et les perchettes, les feux de brousse et le non-regarnissage. Ce dernier représentant 52% de toutes les réponses du sondage (activité pourtant conseillée par le projet mais peu appliquée, sûrement à cause d'un manque de suivi par les associations des planteurs). L'utilisation des essences qui ne rejettent pas et qui ne sont pas renouvelées par les planteurs est également une explication à la régression des plantations. Le vol des plants représentait 74% des pertes d'arbres dans les peuplements, et la non-gestion ou mauvaise gestion, 16%. La réduction de la densité de plantation et sa dégradation en général, pourrait entraîner une réduction de la valeur économique des plantations, et potentiellement de la quantité potentielle de makala sur le marché remplaçant le makala illégal.
- ✓ **Connaissance et respect de la rétrocession vers les associations** : Concernant la clause couvrant la rétrocession de 20% de la première récolte vers les associations, seuls 83% des répondants ont indiqué être informés de la clause. Seulement 14% ont répondu l'avoir déjà rétrocédée aux associations (soit 108 sur un total de 754 répondants qui ont déjà exploité leurs plantations).



Selon les associations, seulement 10% (3) considéraient que les planteurs respectaient totalement leurs engagements concernant la rétrocession de 20% de la valeur du première récolte. Ce non-respect est très préjudiciable au fonctionnement général du projet. Les associations ne peuvent pas se développer en conséquence et exercer pleinement leurs fonctions liées au projet, si elles ne sont pas financièrement soutenues par les planteurs. Ce manque de rétrocession par les planteurs vers les associations est en parti dû au fait que ces dernières n’ont pas la maîtrise totale des activités des planteurs. En effet, 47% des associations sondées ont mentionné qu’elles n’avaient qu’une maîtrise partielle des activités des planteurs, et 10% ont signalé qu’elles n’en avaient aucune maîtrise. Ce manque de maîtrise est étroitement lié à un manque de moyens financiers et de moyens de transport.

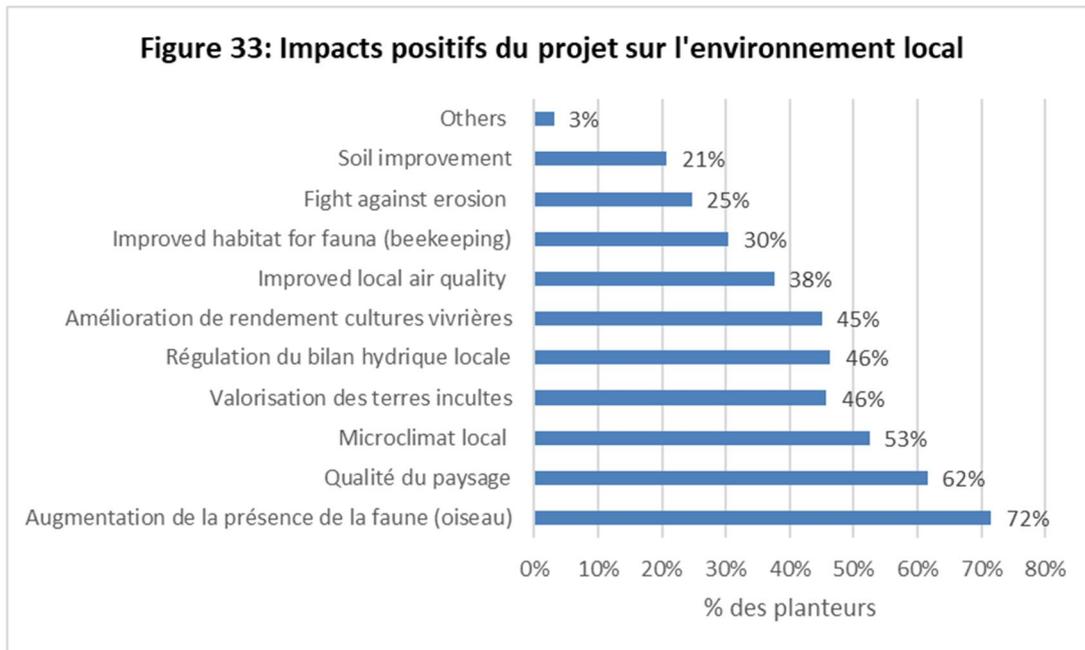
La figure suivante montre les raisons pour lesquels les planteurs n’ont pas encore rétrocédé aux associations :



4.3. Les impacts environnementaux positifs des plantations

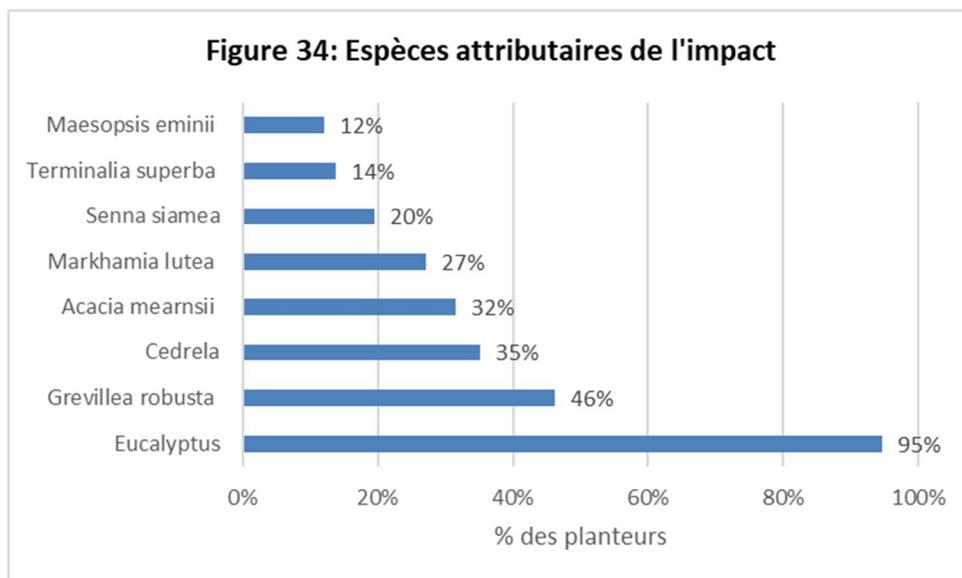
- ✓ **Des impacts environnementaux positifs divers et variés :** En ce qui concerne les impacts environnementaux positifs, basé sur les résultats de l’enquête du projet, le bénéfice le plus important a été l’augmentation de la présence de la faune qui a été

mentionnée par 72% des répondants (surtout des oiseaux), suivie de la qualité du paysage et l'amélioration du microclimat local mentionnée par 62% et 53% des répondants respectivement. Un total de 10 impacts positifs différents a été cité entre 21% et 72% des répondants (voir figure suivante).

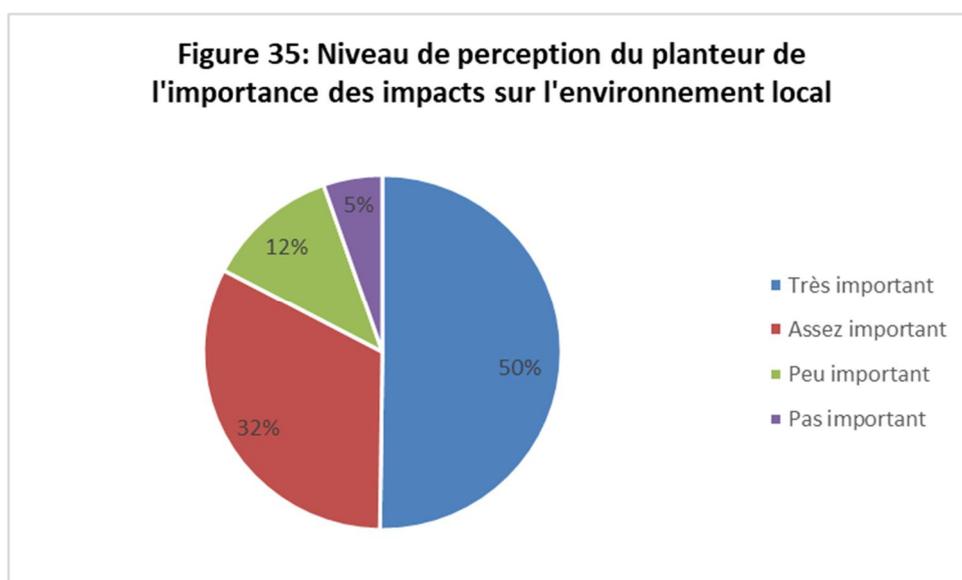


Les impacts positifs soulignés par l'enquête sont en parfait unisson avec les bienfaits des arbres/plantations reconnus et acceptés par la communauté scientifique. L'importance de chaque impact est étroitement lié à l'étendue du paramètre environnemental négatif auquel il contribue, par exemple l'érosion.

- ✓ **Les essences génératrices d'impacts positifs :** l'eucalyptus a été considéré comme ayant le plus fort impact positif par les planteurs, car cité par 95% des répondants à la question. La deuxième espèce la plus citée par les répondants avec 46% est *Grevillea robusta* (voir figure suivante). Les impacts positifs souligné par les planteurs ne sont pas toujours liés spécifiquement aux espèces plantées (microclimat local, combat contre l'érosion, meilleure qualité de l'air, valorisation des terres non cultivées...). Par contre, une situation peut survenir lorsqu'une espèce a un impact positif plus fort, plus réduit, nul ou même potentiellement négatif que d'autres espèces sur l'environnement local. Par exemple, le genre *Eucalyptus*, quand il n'est pas en harmonie avec son environnement local (suffisamment loin des cours d'eaux, sans concurrence avec des cultures pour des questions d'allopathie) peut avoir un impact négatif sur la qualité des sols, la régulation du bilan hydrique local et la présence et diversité de la flore et de la faune.



- ✓ **Un niveau de perception très diversifié sur l'importance des impacts :** En ce qui concerne le niveau de perception de l'importance des impacts positifs sur l'environnement local, 50% des répondants les considéraient comme très importants (82% si en incluant la réponse « assez important ») contre 17% considérant les impacts comme pas ou peu importants (voir figure suivante). Ce constat est sûrement étroitement lié à l'ampleur des divers impacts dans le cas spécifique de chaque planteur et ne peut donc pas être vu comme un constat général.



- ✓ **Séquestration du carbone :** Un protocole d'accord sur la valorisation du Carbone forestier dans le cadre de la mise en œuvre du projet ECOMakala du WWF-RDC/Goma réalisé autour du PNVi, a été signé par le gouvernement provincial du Nord-Kivu et l'entreprise belge Co2 Logic à Goma en septembre 2018. Cet accord prévoit de contribuer à la valorisation des crédits carbone, par le système de certification Gold Standards, pour que la population qui participe au reboisement, à travers des associations de petits planteurs, puisse en bénéficier et continuer à pérenniser le projet de reboisement à grande échelle dans cette partie de la RDC. Selon Co2 Logic, jusqu'à

fin 2016, environ 11 000 ha de plantations ont été plantés, dont 4 264 ha sont considéré comme éligible pour la certification Gold Standard et des crédits-carbone.

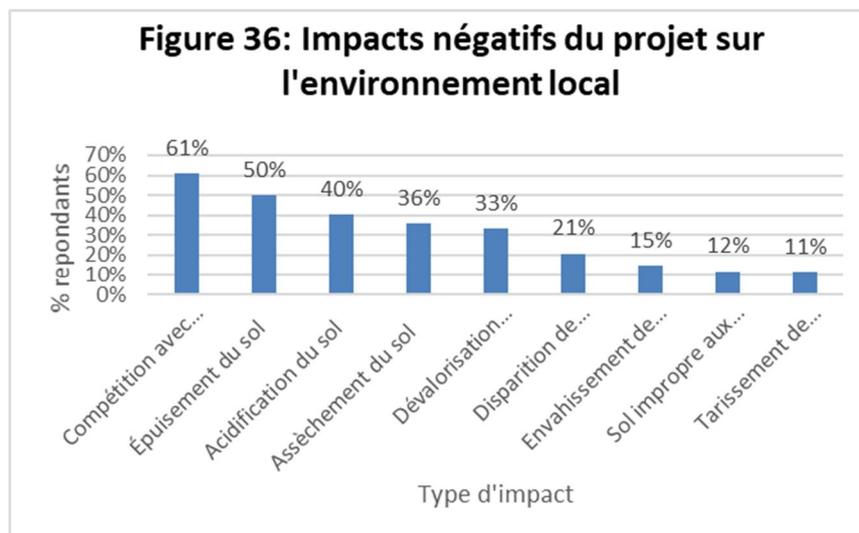
En dehors de l’avis des planteurs, il est à noter que certaines essences du projet comme l’acacia et le cedrela ont des effets positifs sur la fertilité des sols grâce à leur capacité de stocker l’azote. En plus de la question de stockage d’azote, les arbres du projet aident avec l’amélioration des sols grâce à la décomposition de leurs feuilles. Dans les zones en pente ou avec un manque de végétation, les plantations ont un rôle protecteur sur les sols par la réduction de l’érosion, par l’effet de la couverture végétale ainsi que les actions des racines et des feuilles.

En ce qui concerne le bilan hydrique local le drainage d’eau dans les plantations est moindre que dans les zones plus ouvertes. En effet, une étude en RDC a montré que le drainage dans une plantation est moindre que dans une savane. Cumulé sur trois ans, il est de 470,3 mm dans la plantation et de 827,3 mm dans la savane (Galat *et al* 2008)

En ce qui concerne la faune, les planteurs ont mentionné une augmentation des oiseaux, probablement grâce à la diversification des habitats pour la nidification et pour se nourrir, en plus d’une prolifération des perchoirs pour les espèces comme des rapaces. Par ailleurs, la ré-végétalisation des zones dénudées et incultes a sûrement eu l’effet d’augmenter les populations des petits rongeurs qui se sont réfugié dans les plantations.

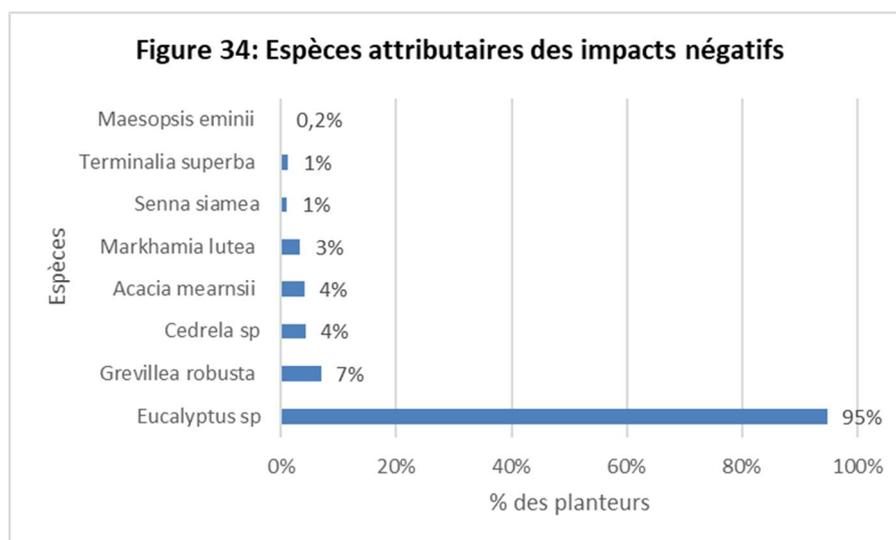
4.4. Les impacts environnementaux négatifs des plantations

Les impacts négatifs du projet sur l’environnement local : Selon la perception des planteurs sondés, les impacts environnementaux négatifs les plus importants sont la compétition avec les cultures (61% des répondants), l’épuisement des sols (50% des répondants) et l’acidification du sol (40% des répondants). D’autre part selon les planteurs, l’assèchement du sol et la dévalorisation des espèces indigènes sont également considérés comme étant des impacts négatifs importants (avec 36% et 33% des répondants respectivement).



- ✓ **Les essences responsables des impacts négatifs :** l’Eucalyptus est considéré comme ayant l’impact négatif le plus important, car cité par 95% des répondants à la question. La deuxième espèce la plus citée par les répondants à 7% était *Grevillea robusta*. Par ailleurs, selon une enquête par CREF en 2017, 75% des personnes enquêtées affirment

que les terrains reboisés en Eucalyptus ne peuvent plus être utilisés par des cultures agricoles plus tard. Ce constat est contradictoire avec l'affirmation de nombreux planteurs mentionnée plus haut, qui considèrent l'Eucalyptus comme ayant le plus d'impacts positifs. A noter que ceci est uniquement une perception, et seules les analyses scientifiques du sol peuvent la prouver.



Ce qui est révélateur à propos de la figure ci-dessus est que l'Eucalyptus est considéré par les planteurs comme le genre ayant de loin les impacts les plus négatifs sur l'environnement par rapport aux autres essences. Ceci est en parti dû au fait que le genre représente à lui seule environ 60% de toutes essences plantées. Pourtant, dans le cas des impacts positifs, la distinction n'est pas aussi grande entre eucalyptus et les autres essences.

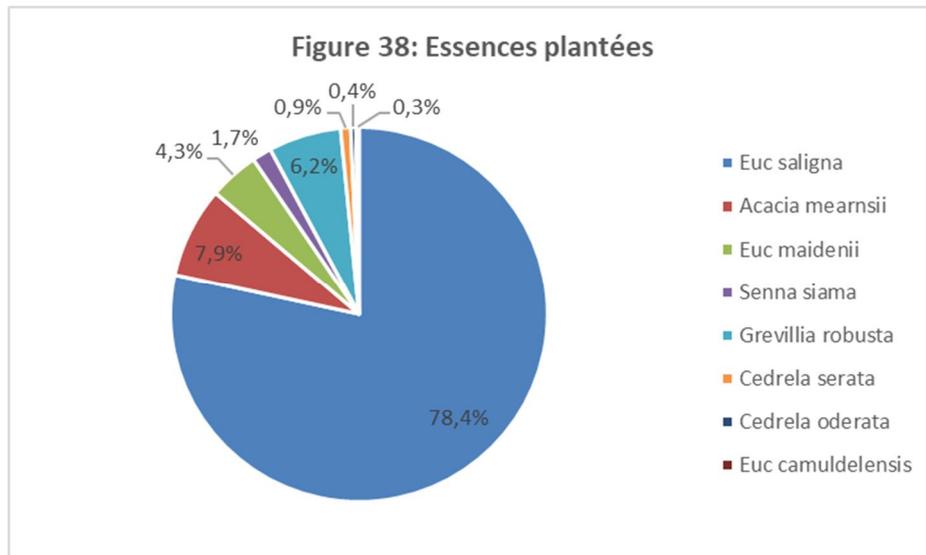
- ✓ **L'importance des impacts négatifs de l'eucalyptus sur l'environnement local :** l'Eucalyptus *sp* est considéré comme responsable pour des impacts négatifs sur l'environnement à la hauteur de 97% à 100% (voir tableau suivant). Ceci n'est pas très surprenant quand nous considérons que l'essence compte pour environ 60% du total planté.

Table 16: L'importance de l'impact d'Eucalyptus sur l'environnement local

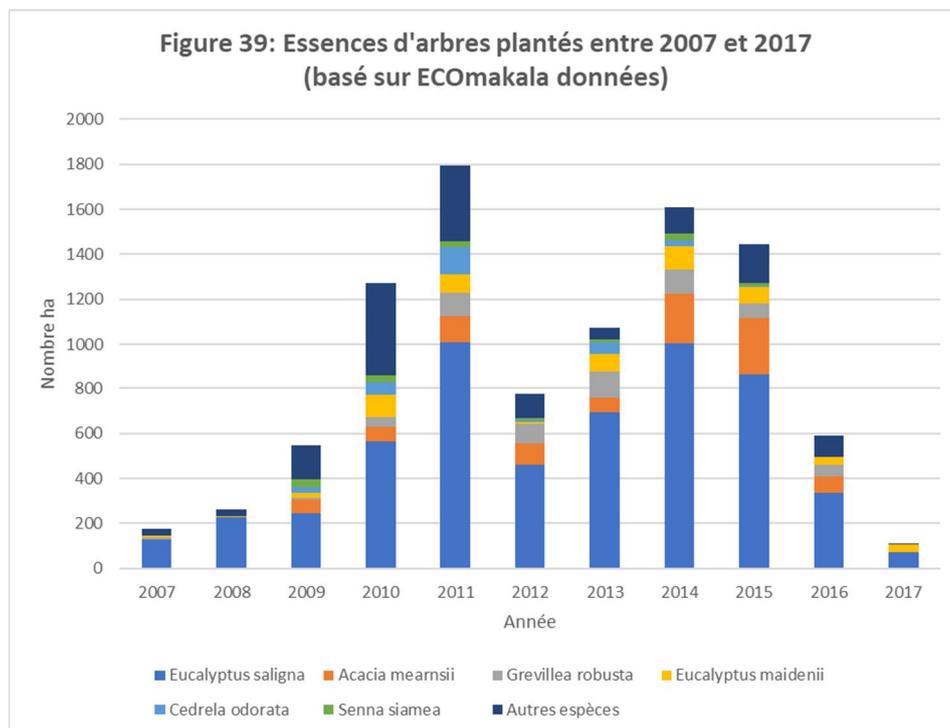
Impacts négatifs du projet sur l'environnement local	Euc responsable % total
Disparition de faune du sol	100%
Tarissement de cours d'eau	100%
Sol impropre aux cultures	100%
Dévalorisation des espèces indigènes	100%
Compétition avec les cultures	100%
Acidification du sol	99%
Assèchement du sol	98%
Envahissement de l'écosystème indigène	98%
Épuisement du sol	97%

- ✓ **Une dépendance excessive sur l'eucalyptus :** L'essence la plus plantée est l'*Eucalyptus saligna* (78% des planteurs). Avec *Eucalyptus maideni*, *camaldulensis* et *grandis* le genre Eucalyptus représente 82% des plantations sondés. L'Acacia est en

deuxième position, plantée par 8% des planteurs (voir figure suivante). La dépendance du projet vis-à-vis de l'Eucalyptus résulte principalement de sa croissance rapide, de sa facilité d'adaptation et de gestion.



Selon les chiffres Ecomakala, pour le projet entier, le genre Eucalyptus représente environ 60% de toutes les essences utilisées (*saligna*, *maidenii*, *camuldenensis*). Ce qui signifie que l'échantillon n'est pas suffisamment représentatif concernant ce critère avec 82% des plantations sondées contenant de l'Eucalyptus. Le tableau suivant montre l'évolution dans l'utilisation des essences majeures dans le projet entre 2007 et 2017. Dans le cas de l'Eucalyptus, il y a eu une augmentation importante entre 2007 et 2011 (un des années le plus important avec environ 1000 ha) suivie par une baisse en 2012 et une nouvelle augmentation jusqu'en 2014 (à nouveau autour de 1000 ha) et ensuite une diminution progressive jusqu'en 2017.



Comme déjà expliqué au-dessous, l'importance du genre *Eucalyptus* dans le projet est considérée comme étant à l'origine de nombreux impacts environnementaux négatifs mentionnés par les planteurs. En raison de ces impacts, l'utilisation future du genre par le projet est en cause. En effet, son utilisation ultérieure devrait être planifiée avec soin et en faisant attention à ce que ses éventuels impacts négatifs sur l'environnement soient atténués autant que possible.

Conclusions sur les impacts biophysiques et environnementaux du genre eucalyptus : FAO, 1996, Ecological aspects of Eucalyptus plantations

Consommation d'eau : L'eucalyptus est un producteur de biomasse efficace, il peut produire plus de biomasse que de nombreuses autres espèces d'arbres. Il consomme également moins d'eau par unité de biomasse produite que de nombreuses autres espèces (Par exemple, eucalyptus 785 Litres/kg – acacia 1 323 Litres/kg et bananiers 3 200) ; mais en raison de sa croissance rapide et de sa production élevée de biomasse les espèces d'eucalyptus consomment plus d'eau que d'autres espèces moins productives. La culture d'eucalyptus dans les zones à faible pluviométrie peut avoir des effets néfastes sur l'environnement en raison de la compétition pour l'eau avec d'autres espèces et d'une incidence accrue d'allélopathie. En règle générale, les régions qui reçoivent des précipitations annuelles inférieures à environ 400 mm conviennent moins à la production de bois d'Eucalyptus pour cette raison.

Érosion des sols : Selon les informations disponibles, la culture d'eucalyptus en tant que telle ne provoque pas d'érosion des sols. Des pertes de sol dans les plantations d'Eucalyptus ont été signalées dans les limites acceptables (12,6 tonnes / ha sur une pente de 40% avec une pluviométrie de 2 500 mm dans l'ouest de Java).

Cycle des nutriments : Lorsque l'Eucalyptus est cultivé en rotation courte pour une production et une élimination de biomasse élevées, les éléments nutritifs du sol s'épuisent rapidement. Le feuillage et l'écorce d'eucalyptus contiennent une grande quantité d'éléments nutritifs. La rétention du feuillage et l'écorçage des grumes sur le site d'abattage constituent donc une bonne pratique de gestion afin de conserver suffisamment d'éléments nutritifs sur le site.

Allélopathie : Les effets allélopathiques de l'Eucalyptus sont plus importants dans les zones à faible pluviométrie (moins de 400 mm par an). Les effets allélopathiques peuvent avoir des conséquences lorsque d'autres espèces sont cultivées près des Eucalyptus. Ceci est important, en particulier dans les systèmes agro-forestiers.

En ce qui concerne le projet

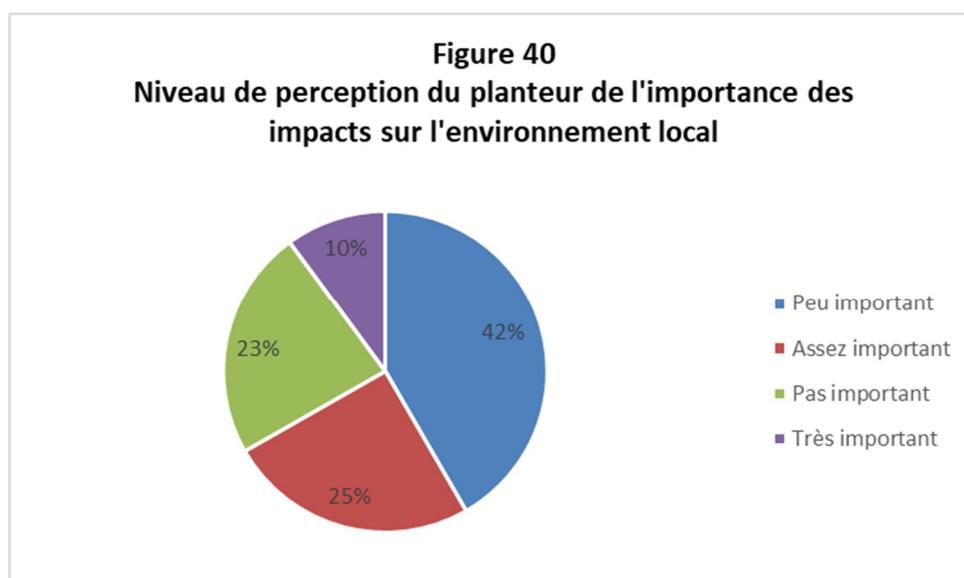
Consommation d'eau : En ce qui concerne le projet Ecomakala les zones où l'eucalyptus est planté ne sont pas considérées comme des zones à pluviométrie faible (1200-1500mm par an en moyenne) et sont donc bien adaptées au eucalyptus *sp*, et qui dans le même temps sont moins susceptible d'avoir des effets néfastes sur l'environnement en raison de la compétition pour l'eau avec d'autres espèces. La petite taille moyenne des plantations du projet est également avantageuse en ce qui concerne l'effet néfaste sur la consommation d'eau. Pourtant, lors de la sélection des sites pour l'eucalyptus, il convient à chaque fois de prendre des précautions quant à son effet potentiel sur la consommation d'eau sur un site donné. Par ailleurs, par mesure de précaution, le genre ne devrait pas être planté le long ou à moins de 50 m des cours d'eau et à côté des cultures (sauf pendant les premières années quand les arbres sont jeunes).

Erosion des sols : Comme expliqué au-dessus, les eucalyptus en tant que tels ne provoquent pas d'érosion des sols. Au contraire, dans les zones de pente, il est fort probable que la couverture des arbres protège les sols de l'érosion, par l'effet protecteur des racines ainsi que l'effet du canopée qui absorbe l'énergie cinétique de la pluie réduisant considérablement son impact sur les sols. La question de l'érosion est probablement plus importante au moment de l'enlèvement de la couverture végétale. Pour cette raison, il est recommandé que le projet adopte un système de coupe sélective dans la mesure du possible, par opposition à la coupe à blanc, en particulier dans les zones montagneuses aux pentes abruptes.

Cycle de nutriments : Pour le projet il est conseillé de conduire les plantations en couverture continue afin de garder du feuillage et de réduire les effets de l'érosion comme déjà expliqué. Les plantations avec un mélange d'espèces et des objectifs (âge de rotation d'exploitabilité, mélangé avec des cultures en système agroforestier) sont en général plus intéressantes pour le bon recyclage des nutriments (système agroforesterie par exemple)

Allélopathie : Comme expliqué au-dessus, les effets de l'allélopathie sont plus importants dans les zones à faible pluviométrie, soit moins de 400 mm par an. Ainsi logiquement pour le projet qui se trouve dans une région où la pluviométrie est entre 1200-1500 mm par an, le phénomène est moins important. Cependant, cela ne veut pas dire que le phénomène n'est pas présent. En tant que tel, des précautions doivent être prises lors de la plantation de cultures à côté de plantations d'eucalyptus. Idéalement, les plantations d'eucalyptus pourraient être entourées de 2 ou 3 rangées d'acacias, par exemple (espèce qui fixe l'azote), qui serviront de zone tampon pour les cultures voisines.

- ✓ **Un niveau de perception par les planteurs très diversifiés sur l'importance des impacts :** En ce qui concerne le niveau de perception des planteurs de l'importance des impacts négatifs sur l'environnement local, uniquement 35% des répondants considèrent les impacts comme étant très ou assez importants, contre 65% qui les considèrent comme importants ou peu importants. Comme pour la perception des impacts positifs, ce constat est sûrement lié étroitement à l'ampleur des divers impacts dans les cas spécifiques de chaque planteur et ne peut donc pas être vu comme un constat général.



- ✓ **L'effet potentiel négatif de l'utilisation de produits chimiques :** L'enquête du CREF en 2017 a montré que l'utilisation des produits chimiques comme les engrais, les pesticides et les herbicides n'était pas rependu parmi les planteurs (aucune utilisation).
- ✓ **La susceptibilité des plantations aux agents pathogènes et ravageurs :** Les plantations sont susceptibles de constituer des niches privilégiées pour la prolifération des ravageurs et agents pathogènes. En effet, pendant l'enquête du projet 64% des planteurs estimait que leurs plantations avaient été endommagées. Les types de dégâts les plus importants sont les ravageurs (surtout dans les jeunes plantations mal entretenues), soit les rats et les insectes avec 67% des réponses, suivi par le vol et le feu de brousse avec 46% et 35% des planteurs.

4.5. Les impacts socio-économiques positifs de la carbonisation améliorée

En ce qui concerne l'activité de carbonisation améliorée, les impacts socio-économiques positifs sont les suivants :

- ✓ **Développement des capacités techniques, d'entreprise et de commerce :** Grâce au projet plus de 60 charbonniers ont reçus des formations sur la carbonisation améliorée et ont donc acquis des compétences techniques et professionnelles pratiques pour réaliser des fours écologiques plus efficaces et rentables. Sans être chiffrées, les femmes trouvent aussi leur compte dans la carbonisation comme source de revenu : défournement, transport du bois vers les sites, vente, etc. Toutefois, seulement 59% des répondants de l'enquête (ou environ 600 planteurs sur les 1000 qui ont répondu à cette question) ont signalé disposer de connaissances sur les méthodes améliorées de carbonisation. Il y a donc un effort à faire dans le cadre du projet pour la diffusion généralisée des techniques.
- ✓ **Augmentation des revenus et du temps libre :** la carbonisation améliorée est plus rentable pour les charbonniers du fait que la même quantité de bois utilisée génère plus de charbon. Par ailleurs, le temps de production est réduit de plusieurs jours, permettant au charbonnier de libérer du temps pour se consacrer à d'autres activités.
- ✓ **Moins de pollution et maladies respiratoires :** Malgré le fait que la carbonisation améliorée reste un travail lourd, les charbonniers sont moins exposés aux maladies respiratoires grâce au système améliorés de dégagement des fumées.

4.6. Les impacts environnementaux positifs de la carbonisation améliorée

Sur le volet environnemental, plusieurs effets bénéfiques de la carbonisation améliorée sont également à recenser :

- ✓ **Une meilleure préservation des écosystèmes forestiers :** L'objectif de la carbonisation améliorée est de produire plus de charbon pour une même quantité de bois utilisée. En effet, il est estimé que l'utilisation des techniques de carbonisation améliorées peuvent permettre des rendements jusqu'à 2 fois plus importants que les techniques de carbonisation traditionnelles (Bouyer et al. 2014). Cette augmentation de rendement devrait avoir un impact positif sur la ressource forestière et la réduction de la déforestation, par le simple fait que l'exploitation de makala est réduite.

- ✓ **Une meilleure réhabilitation des sites de carbonisation :** La pratique de la carbonisation améliorée peut amener à une diminution du taux de destruction de la structure de sol des sites ayant servi à la carbonisation par rapport à la technique traditionnelle. En effet, pendant l'enquête de terrain plusieurs planteurs et associations ont témoigné qu'avec les techniques traditionnelles, la végétation est soit absente, soit elle repousse difficilement après la carbonisation. En revanche, après la carbonisation améliorée, la végétation post-carbonisation est présente en plus grande quantité.
- ✓ **Une technique moins polluante :** Le carbonisation améliorée a pour conséquence une diminution de la pollution de l'air la production de gaz à effet de serre par rapport aux méthodes traditionnelles. P. Girard (CIRAD, 2002), explique que lorsqu'une tonne de bois est carbonisée, 365 kg de carbone sont libérés dans l'atmosphère avec une technique mal maîtrisée, contre seulement 275 kg avec une meule améliorée. La technique améliorée permet ainsi d'éviter l'émission de 90 kg de carbone par tonne de bois carbonisée, ce qui représente 300 kg de carbone soit 1,1 tonne de CO₂ par tonne de charbon consommé. Selon la société Co2 Logic les estimations ex-ante des réductions des émissions de la production durable du charbon de bois (substitution énergétique) sont quelques 15 188 t/Co₂e par an pendant une période d'accréditation de 7 ans entre 2018 et 2024 (ou 106 318 t/Co₂e en total pour la même période)
- ✓ **Une réduction du risque d'incendie dans les chantiers de carbonisation :** Un avantage cité par les charbonniers enquêtés est que la technique améliorée comporte moins de risque d'incendies et ainsi moins de libération des gaz à effet de serre (CREF, 2017).

4.7. Impacts socio-économiques positifs de la production et commercialisation des FA

Enfin en ce qui concerne les foyers améliorés, les effets socio-économiques positifs sont les suivants :

- ✓ **La diminution de la quantité de makala consommée dans les ménages et l'augmentation des revenus :** L'utilisation dans les ménages du FA économise 21 kg de makala par mois, soit 0,7kg par jour (Charki, 2016). Cette réduction dans la quantité de makala utilisé est dûe en parti à la réduction du temps de cuisson. La réduction en consommation du makala permet aux ménages d'économiser de l'argent. Si nous supposons qu'un sac de makala pèse 50 kg et coûte 22 \$ à Goma, un ménage peut réaliser une économie mensuelle d'environ 9-10 \$ sur la base d'une économie de 21 kg de makala par mois.
- ✓ **La création de l'emploi dans la filière et la génération de revenus, principalement pour les femmes.** Par exemple, l'entretien des plantations, le transport, mis en place des plantules et la préparation du sol et la fabrication et la vente des FA.
- ✓ **De meilleures conditions sanitaires dans les ménages :** L'utilisation des FA permet la réduction de la pollution par la fumée dans les ménages.

- ✓ **Le développement de structures :** La composante FA a permis l'intervention d'une série d'acteurs intégrés aux activités de production (potier, montage du foyer, finissage du foyer, etc.), de commercialisation (transport, vente des intrants et des produits, etc.) et de consommation (recyclage des foyers usagés et de déchets). Ces activités ont permis à chacun de tirer, d'une manière ou d'une autre, des bénéfices économiques.
- ✓ **Le développement de capacités techniques, d'entreprise et de commerce, surtout pour les femmes :** Pour faciliter la mise en œuvre du projet, les acteurs ont bénéficié d'une série des formations qui, renforcées par la pratique sur terrain, leur a conféré des compétences techniques, d'entreprise et de commercialisation avérées. Les femmes sont, par ce fait, dotées de compétences qui leurs permettent d'évoluer vers une certaine autonomisation pour générer des sources de revenus. Dépendant du marché, avec le bénéfice net de 2 \$ par foyer vendu, plus les ventes augmentent plus les bénéfices seront élevées pour les femmes.

4.8.Impacts environnementaux positifs de la production et commercialisation des FA

Les foyers améliorés ont également deux impacts environnementaux positifs majeurs :

- ✓ **La diminution de la quantité du bois utilisé comme charbon :** Selon une étude menée par Charki en 2016 les FA réduit la consommation du charbon de bois dans les ménages par 35%. Cette réduction entraîne une diminution de la demande de charbon de bois en général, ce qui pourrait avoir un effet positif sur la déforestation.
- ✓ **La diminution de la pollution :** L'amélioration des méthodes de cuisson génère une diminution de la pollution atmosphérique et des émissions de CO₂. Selon la société CO2 Logic les estimations ex-ante des réductions des émissions des FA du projet sont d'environ 101 417 t/Co₂e par an pendant la période d'accréditation de 7 ans entre 2018 et 2024 (ou 709 918t/Co₂e autotal pour la même période)

4.9.Impacts environnementaux négatifs de la production et commercialisation des FA

En contrepartie, les foyers améliorés sont responsables de deux effets relativement négatifs :

- ✓ **Un impact sur l'approvisionnement de matières premières, notamment l'argile :** L'extraction de l'argile affecte la structure physique et chimique du sol et est susceptible de créer des espaces à risque (trous, eau stagnante, augmentation des moustiques, etc.). A long terme, elle sera à la base des érosions tant qu'il n'y aura pas de réaménagement des sites exploités.
- ✓ **Un impact sur la disposition de foyers usagés en tant que déchets :** On constate en général une mauvaise disposition des déchets issus de la fabrication et des FA, lesquels sont souvent entreposés pêle-mêle dans les chantiers et les parcelles des utilisateurs. Avec l'effet des intempéries, ces déchets sont attaqués par la rouille et se décomposent au risque de souiller le sol et les cours d'eau situés dans le voisinage.

Résumé de l'évaluation des impacts socio-économiques et environnementaux des activités du projet

Note : en plus des éléments repris dans le texte au-dessous en section 4, les informations dans le tableau sont issues d'une journée de travail sur les impacts du projet avec l'équipe de WWF Goma et le consultant en avril 2018.

Table 17 : Les impacts socio-économiques et environnementaux des activités du projet ECOMakala			
Impacts	Les plantations	Meilleure production et commercialisation du charbon	Production et commercialisation des FA
Impacts environnementaux positifs	<ul style="list-style-type: none"> - Stabilisation et aération des sols, amélioration de la fertilité (espèces fixatrices d'azote) - Amélioration du contrôle de l'érosion - Alternative au charbon de bois illégal et au bois de construction provenant de PNVi - Effet de choc en termes de réduction du niveau de déforestation dans PNVi - Contribution à la régulation du climat dans la région et à la séquestration de CO₂ - Contribution au maintien d'un cycle hydrologique sain - Contribution à l'augmentation de la faune, en particulier des oiseaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Impact réduit sur les ressources forestières du PNVi et diminution de la déforestation - Moins de pollution de l'air et de génération de gaz à effet de serre que les méthodes traditionnelles - Moins de déchets lors du processus de carbonisation - utilisation réduite des ressources 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la demande de charbon de bois, donc réduction de la déforestation car consommation de charbon de bois réduite. - Moins de pollution de l'environnement grâce à l'amélioration des méthodes de cuisson.
Impacts environnementaux négatifs	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction de monocultures dans les paysages et les essences exotiques (considéré comme négatif si en compétition avec des espèces de plants local) - en particulier Euc sp - Risque accru d'infections potentielles de parasites et de maladies <p><u>En référence des résultats de l'enquête :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Impact négatif potentiel sur le sol du fait de l'acidification en particulier Euc sp. Cette acidification peut se redresser avec la décomposition des feuilles - Risque d'alopathie d'Euc sp sur la végétation 	<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation des sols due aux sites de carbonisation (en particulier les méthodes traditionnelles) - Pollution de l'air par le processus de carbonisation (en particulier les méthodes traditionnelles) - Pollution provenant du transport de charbon de bois - Dévers potentiel de sacs de charbon de bois usés dans l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> - Extraction de l'argile - Risques pour la santé liés à la pollution - mais très réduits par rapport aux poêles traditionnels - Pollution par le bruit lors de la fabrication des poêles - Problèmes potentiels de recyclage des déchets

	<p>environnante / cultures agricoles</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation d'espèces potentiellement envahissantes telles que l'Acacia et Senna - Plantation de parcelles sur des terres agricoles - Perte potentielle de biodiversité locale - effet de changement d'affectation des sols 		
Effets secondaires des impacts environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Positif</u> : brise-vent / microclimat amélioré, ombrage, bon pour l'apiculture - <u>Négatif</u> : peut potentiellement augmenter l'apparition de parasites et de maladies, peut avoir un effet négatif sur les cultures voisines en raison de la compétition pour les ressources et de l'effet allopathique / Augmentation des feux de brousse - Eucalyptus très combustible 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Négatif</u> : des champignons empoisonnés peuvent se développer dans les régions où la carbonisation a eu lieu 	<ul style="list-style-type: none"> - Positif : Effet de rebond potentiel sur les ressources en PNVi - Moins de pollution en cours d'utilisation
Impacts socio-économiques positifs	<ul style="list-style-type: none"> - Renforcement des capacités des associations et des coopératives de commercialisation du charbon - Renforcement des capacités en matière d'établissement et de gestion de plantations - Source de revenus pour les planteurs et les associations - amélioration du bien-être socio-économique - Investissement de capital à long terme pour les planteurs - Augmentation des rendements de certaines cultures de base grâce aux avantages de l'agroforesterie - Développement d'autres activités annexes telles que l'apiculture - Réplique à faible coût après la fin de la rotation due au taillis - Fourniture de divers produits à base de bois 	<ul style="list-style-type: none"> - Création d'emplois et de nouveaux métiers techniques - Amélioration des revenus et nouvelle source de revenus - Amélioration du bien-être socio-économique 	<ul style="list-style-type: none"> - Création d'emplois et des métiers (transfert de savoir-faire / de technologies) - Travail rémunéré pour les femmes - Économies au niveau des ménages en raison de la diminution de la consommation de charbon de bois - Moins de pollution dans les ménages - Temps de cuisson réduit

	<p>pour l'autoconsommation ou la commercialisation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stabilisation du régime d'occupation par la plantation d'arbres - Renforcement des taxes gouvernementales du secteur forestier 		
Impacts socio-économiques négatifs	<p>- Selon la perception des planteurs, il y a eu la plantation de parcelles sur des terres agricoles</p> <p>En effet, 58% des planteurs interrogés ont indiqué que leurs parcelles étaient adaptées à la production végétale. Cela représentait environ 2 473 ha dans l'étude de projet. Si l'on considère les perceptions des planteurs, globalement, il est probable qu'au moins 50% des terres couvertes par le projet ECOMakala soient adaptées à l'agriculture. La question concernant la vraie importance du terrain boisé pour l'agriculture dépend de plusieurs facteurs, notamment le type d'agriculture pratiqué et les cultures plantées et surtout son rendement, qui déterminera son adaptation au site en question.</p> <p>En outre, 72% des planteurs ont répondu que leur terre était utilisée pour l'agriculture avant l'adhésion au projet. Par contre, il est probable que beaucoup de sites pré-plantation étaient dégradés et que les rendements ont été bas en conséquence</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si perception confirmée il y a de la concurrence avec les cultures agricoles - Principales essences forestières plantées ont une valeur moyenne en charbon de bois (<i>Euc sp</i> environ 60% du total). - Les retours sur investissement à long terme peuvent inciter les planteurs à couper plus tôt 	<ul style="list-style-type: none"> - Effets sur la santé dus au processus de carbonisation (pollution, brûlures, accidents) 	RAS

	<ul style="list-style-type: none"> - Des rotations plus longues sont nécessaires pour obtenir du charbon de qualité - Vol des arbres - Augmentation des feux de brousse 		
Effets secondaires des impacts socio-économiques	<ul style="list-style-type: none"> - Résolution de conflits liés au régime foncier - Augmentation du rendement des cultures dans certains cas, associée à des arbres dans un système agroforestier 	<ul style="list-style-type: none"> - Moins de fumée grâce à l'amélioration du processus de carbonisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Plus de temps pour réaliser d'autres activités car temps de cuisson réduit
Poids mort (dead-weight)	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la pression sur les ressources du PNVi - Augmentation de la consommation de charbon de bois en provenance du Rwanda - Augmentation de l'insécurité due à une pression accrue sur des ressources déjà limitées - Augmentation de l'habitat et perte de la biodiversité - Réduction des revenus des ménages en raison de la hausse des prix du charbon de bois 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la pression sur les ressources du PNVi - Augmentation de la consommation de charbon de bois provenant du Rwanda - Augmentation de l'insécurité due à une pression accrue sur des ressources déjà limitées - Augmentation de la perte d'habitat et de la biodiversité - Réduction des revenus des ménages en raison de la hausse des prix du charbon de bois - Retour des producteurs légaux de charbon de bois dans le PNVi 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la pression sur les ressources du PNVi - Effet d'entraînement sur les revenus des ménages, aucune économie sur la consommation de charbon de bois - Mauvaise santé en raison d'une augmentation de fumées - Sécurité accrue dans la production et l'utilisation
Attribution	<p><i>Acteurs ayant un effet positif:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Autorités coutumières, politico-administratives et administratives: facilitateurs, résolution de conflits, escortes, etc. - ICCN: renforcement des lois, offre d'énergie de substitution, attraction de l'attention de la communauté internationale sur le parc national, activités de reboisement dans les zones tampons limitrophes du parc - ONG locales, communauté internationale d'ONGs: Mercy Corps, VECO, WCS, GGI, IGCP - Secteur privé: ESCO pour l'agroforesterie, concession forestière de 	<p><i>Acteurs ayant un effet positif :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - autorités coutumières, politico-administratives et administratives: facilitateurs, résolution de conflits, escortes, etc. - ICCN: renforcement du droit, alternatives énergétiques, attention de la communauté internationale au PNVi, reboisement dans les zones tampons à l'ICCN) - ONGs internationales: Mercy Corps (aide au développement du marché) - Associations locales (vente de plants, activités de reboisement en dehors d'ECOMakala) - Planteurs et producteurs de charbon de bois hors d'ECOMakala et de PNVi - GomaStove: briquettes (alternatives + valorisation des déchets de carbonisation), foyers 	<p><i>Acteurs ayant un effet positif:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - autorités politico-administratives et coutumières: facilitateurs, résolution des conflits, escortes, etc. - L'ICCN en tant que promoteurs de foyers améliorés - Autres associations / ONG de producteurs (CREF, PAL) - ONGs internationales: Mercy Corps GomaStove: briquettes (alternatives + récupération des déchets de carbonisation), foyers améliorés (réduction de la consommation) <p><i>Acteurs ayant un effet négatif:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - autorités politico-administratives: politiques non favorables à stimuler / promouvoir / améliorer le

	<p>l'ENRA, coopératives agricoles</p> <ul style="list-style-type: none"> - Associations locales - vente de plants, reboisement activités de loisirs en dehors d'ECOMakala <p><i>Acteurs ayant un effet négatif:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Groupes armés (menaces, destruction de plantations, vols) - Armée (commerce illégal avec du charbon de bois, camps, menaces) - Autorités politico-administratives et coutumières: spoliation et expropriation, harcèlement - ICCN: couverture policière faible, insuffisante patrouilles anti-makala, prix élevés de l'électricité des barrages hydroélectriques - Gouvernement: Politique forestière non stimulante Réfugiés 	<p>améliorés (réduction de la consommation)</p> <p><i>Acteurs ayant un effet négatif:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - groupes armés (menaces, destruction de plantations, vols) - Armée (commerce illégal avec du charbon de bois, camps, menaces) - Autorités politico-administratives et coutumières: spoliation et expropriation, harcèlement - ICCN: couverture insuffisante des forces de l'ordre, pas assez de patrouilles anti-makala, prix élevés de l'électricité provenant des barrages hydroélectriques - Gouvernement: politique forestière non stimulante - Réfugiés 	<p>secteur juridique des fournisseurs légaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fournisseurs de matières premières (prix, monopoles)
Drop-off	<ul style="list-style-type: none"> - Croissance démographique - Non-permanence des plantations - Pas de mécanisme de renouvellement de la plantation pour les espèces qui ne rejettent pas (si la rétrocession n'est pas respectée, car contractuellement la rétrocession permettrait aux associations de produire les plants forestiers pour le renouvellement des plantations) - Emergence et adoption de nouvelles sources d'énergie alternatives - Effet de substitution 	<ul style="list-style-type: none"> - Croissance démographique - Non-permanence des plantations (non-respect du contrat par les planteurs, qui prévoit 20 ans) - Non-permanence de la production et des ventes - Émergence et adoption de nouvelles sources d'énergie alternatives - Effet de substitution 	<ul style="list-style-type: none"> - Longévité des foyers améliorés et renouvellement des foyers améliorés - Non-permanence des stocks de foyers améliorés - Non-permanence des matières premières (métaux et argile) - Émergence et adoption de nouvelles sources d'énergie alternatives - Effet de substitution
Déplacement	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la fréquence des feux de brousse et de forêt - Introduction d'espèces exotiques et envahissantes dans le paysage régional 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction des terres agricoles due à la production de charbon de bois par les agriculteurs 	RAS

	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction des terres agricoles - Introduction de monocultures dans le paysage - Prolifération des parasites et des maladies - Chute des rendements agricoles. 		
Hypothèses et risques	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'opportunité - Permanence des plantations et non-respect du contrat - Non-paiement de la rétrocession aux associations - Importations de charbon de bois bon marché en provenance du Rwanda : menace pour ECOMakala 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût d'opportunité - Vol de bois en train de sécher avant la carbonisation - Importations de charbon de bois bon marché en provenance du Rwanda : menace pour ECOMakala 	<ul style="list-style-type: none"> - Effet rebond - Les pirates fabriquent des foyers moins efficaces et moins chers

5. Les possibilités d'étendre les activités de reboisement dans le paysage des Virunga

Le projet ECOMakala concerne actuellement 9 370 planteurs et couvre 11 217 ha répartis sur les 5 territoires de Beni, Lubero, Masisi, Rutshuru et Nyiragongo. Ainsi, en moyen le projet s'est agrandi à un rythme de 1 000 ha par an. Malgré le fait qu'une vingtaine d'essences ont été utilisées, uniquement quatre comptent pour environ 90% de l'ensemble des plantations. Le genre Eucalyptus compte pour lui seul environ 60% du total, soit environ 6 703.2 ha.

En ce qui concerne les possibilités d'expansion des activités de reboisement dans la région dans le cadre du projet ECOMakala, celles-ci concernent essentiellement les acteurs suivants :

- Les planteurs du programme ECOMakala existants ;
- Des planteurs copiant le modèle ECOMakala ;
- Les agriculteurs/fermiers qui n'ont pas encore planté des plantations ligneuses.

5.1. Les planteurs d'ECOMakala existants

L'enquête de terrain du projet a révélé que près de 74% des 629 planteurs interrogés (468) ont déclaré disposer de terres supplémentaires à leur disposition. Sur ce total, 75% ou 350 (56% du total interrogé), déclare disposer de terres supplémentaires pour une éventuelle inclusion dans le projet ECOMakala. Ce terrain supplémentaire représente 2 049 ha (voir tableau ci-dessous). Il est à noter que 78% du total, soit environ 1 603 hectares, appartiennent à seulement 61 planteurs, et que 68% des planteurs disposent de moins de 2 hectares supplémentaires à inclure dans le projet.

Table 18: Superficie d'autres terre disponible pour le projet					
Ha	Nb planteurs	%	Total Ha	% Ha	Ha moyen/planteur
≤0,5	16	5%	4,1	0,2%	0,3
>0.5-1	148	42%	118	5,8%	0,8
>1-2	73	21%	131	6,4%	2
>2-3	27	8%	78	3,8%	3
>3-4	9	3%	35	1,7%	4
>4-5	16	5%	80	3,9%	5
>5-10	35	10%	303	14,8%	9
>10-100	24	7%	800	39,0%	33
100+	2	1%	500	24,4%	250
	350	100%	2049	100%	5,9

Ainsi, sur l'ensemble des planteurs du projet, soit 9 370, il est possible d'estimer sur la base des résultats de l'enquête qu'environ 5 200 pourraient potentiellement posséder du terrain supplémentaire pour inclusion dans le projet ECOMakala. En revanche, compte tenu du fait que 78% de l'échantillon en superficie comprenait de très grands planteurs, il est peu probable que la population des planteurs restants soit représentative de l'échantillon. Par conséquent, en l'absence de données plus fiables, une estimation conservatrice de 2ha de terrain supplémentaire par planteur a été utilisée, soit 10 400ha. Cela équivaut à un quasi doublement de la superficie des terres du projet existant sous couvert arboré à environ 21 600 ha.

5.2 Des planteurs copiant le modèle ECOMakala

Sur les planteurs interrogés au cours de l'enquête, 50% (252) ont répondu connaître au moins une personne qui avait copié le modèle ECOMakala. Compte tenu de la population totale de planteurs, cela représente environ 4 650 planteurs. Parmi les planteurs qui ont répondu connaître d'autres planteurs imitant le modèle ECOMakala, 31% connaissaient une personne, 47% deux à cinq personnes et 22% plus de cinq personnes (voir tableau suivant).

Table 19: Combien de planteurs connaissez-vous qui imitent le modèle Ecomakala			
1	2-5.	6-10.	10+
78	119	31	25
31%	47%	12%	10%

Cette information montre la présence significative d'autres planteurs en dehors de la zone du projet. D'autre part, il est difficile de quantifier le nombre de planteurs supplémentaires et la superficie de leurs plantations avec précision, car les données ne sont pas assez détaillées et deux planteurs ECOMakala peuvent très bien connaître les mêmes planteurs imitant le projet, ce qui entraîne un double comptage des données. Par contre, si l'on fait la simple hypothèse que le nombre moyen de personnes qui imite le projet connu par les planteurs se situe entre 3 et 4, compte tenu de notre population de 4 650 planteurs, nous pouvons estimer que ceux-ci connaissent environ 16 000 planteurs individuels imitant le modèle ECOMakala.

Comme pour les planteurs du projet ECOMakala, il est probable que les planteurs qui copient le modèle disposent également de terres supplémentaires pour le reboisement et la production de charbon de bois. Si nous supposons que la moitié dispose d'une moyenne conservatrice de 2 ha supplémentaire pour le reboisement (comme pour les planteurs ECOMakala), cela donne 16 000 ha supplémentaires.

En conclusion, une estimation approximative des terres disponibles pour le boisement supplémentaire et la production de charbon de bois associée dans la zone du projet pourrait se situer autour de 26 400 ha, soit :

- 16 000 ha en comprenant la moitié des 16 000 planteurs qui imitent actuellement le modèle ECOMakala, soit 8 000 planteurs à 2ha par planteur ;
- 10 400 ha en comprenant les planteurs ECOMakala existants qui ont du terrain supplémentaire pour le reboisement, soit environ 5 200 planteurs à 2ha par planteur.

Note : La vente des semences hors du projet par les associations montre bien qu'il y a une activité de reboisement additionnel à celui du projet. En effet, pendant l'enquête du projet, un total de 65% des associations sondées ont répondu qu'elles vendaient les semences en dehors du projet (soit 11). Il serait intéressant de calculer le nombre de plants vendus par les associations associées au projet, afin d'essayer de comprendre ce que cela pourrait représenter typiquement en termes de surface supplémentaire sous couvert arboré.

5.3 Les agriculteurs qui n'ont pas encore planté des plantations ligneuses

En dehors des planteurs ECOMakala et des planteurs imitant le modèle, il existe dans le Nord-Kivu une population importante d'agriculteurs qui ne plantent actuellement pas d'arbres pour la production de makala. Dans la région du paysage Virunga, la principale activité de la population est l'agriculture pratiquée par environ 80% de la population (CARPE, 2013). Afin de calculer le nombre potentiel de planteurs nous avons utilisé les données suivantes :

- Une population du Nord-Kivu de 6 millions d'habitants (dernières estimations des Nations-Unies en 2015)
- Un ménage moyen de 8 personnes – soit 750 000 ménages
- 80% de la population pratiquant l'agriculture – soit 600 000 ménages

Donc en théorie et sur la base des hypothèses ci-dessus, le projet travaille actuellement avec uniquement 1.5% de tous les ménages pratiquant l'agriculture. Les opportunités d'augmentation sont très importantes et il n'est pas impossible d'imaginer que le projet touche 5% des ménages par exemple (soit 30 000). Si l'on considère que le nombre moyen annuel d'hectares par planteur ECOMakala est de 1.2 ha (11 217 ha / 9370 planteurs), une telle expansion du projet pourrait ajouter quelques 25 000 ha supplémentaires (en système agroforestier ou parcelle forestière uniquement en fonction des besoins des planteurs).

Ainsi en conclusion, selon les hypothèses ci-dessus, il semble faisable que le projet ECOMakala pourrait atteindre 51 400 ha soit environ 40 000 ha supplémentaires pour l'ensemble de la région.

Note : Sans avoir entrepris une étude de faisabilité détaillée, il est impossible de savoir avec certitude quel pourrait être le nombre exact de planteurs qui imitent le modèle ECOMakala et de nouveaux planteurs potentiels qui pourraient entreprendre des activités de boisement dans la zone du projet.

5.4. Les limites à l'expansion des activités de reboisement

Les éléments suivants sont considérés comme des limitations à l'expansion du boisement dans la région :

- Le manque de connaissances sur le nombre exact de planteurs qui imitent le modèle ECOMakala et des nouveaux planteurs potentiels qui pourraient entreprendre des activités de boisement. Il est ici nécessaire d'effectuer une étude de faisabilité détaillée. En ce qui concerne l'occupation de la terre après la récolte, 9% des répondants à l'enquête du projet ont insisté sur le fait qu'après la récolte, la terre n'était pas exploitée pour les arbres mais plutôt pour l'agriculture, les habitations ou les pâturages. Ce paramètre pourra être considéré en vue de l'étude de faisabilité sur la compréhension des opportunités d'expansion du projet ECOMakala.
- La nécessité de s'assurer que seules des terres marginales / non agricoles sont utilisées pour le reboisement (surtout si les monocultures sont plantées), sinon il faut adopter un système agroforestier (il s'avère que le projet a planté sur des zones propices à l'agriculture, même si ses objectifs étaient de planter uniquement sur des terres marginales / terres non productives). Une procédure de sélection stricte doit être mise en place pour de tels développements futurs.

La place dans le projet de l'agroforesterie/permaculture

Il semble nécessaire quand les conditions biophysiques le permettent d'adapter le modèle existant de boisement par un modèle davantage basé sur l'agroforesterie ou la permaculture. C'est-à-dire un système qui assure une synergie entre les arbres et les cultures et qui vise à concevoir des systèmes en s'inspirant de l'écologie naturelle. 71% des associations enquêtées pendant la mission souhaiteraient pratiquer l'agroforesterie plutôt que le boisement pur. Cela devrait permettre aux agriculteurs de s'engager beaucoup plus facilement et plus largement dans le projet, car ils seront en mesure d'incorporer de plus grandes superficies de terrain sous couvert arboré en association avec des cultures vivrières de base (même si en théorie le nombre d'arbres seront réduit significativement par ha – par exemple d'environ 1100 à 150/200).

✓ **Intérêts de l'agroforesterie dans le cadre du projet ECOMakala**

L'utilisation de modèles agroforestiers à grande échelle pour la production de charbon de bois ne devrait pas avoir d'effet négatif sur la production alimentaire, ainsi les modèles de couvert végétal continu devraient être préconisés avec des densités d'arbres associées. Ceci viendrait en complément du modèle actuel qui autorisent une production végétale associée les deux-trois premières années, suivi par 15-20 années de croissance successive des arbres uniquement.

En fonction des systèmes et pratiques adoptés, l'agroforesterie aura un effet important sur la production agricole, la gestion durable des sols et le rendement en arbres dans le temps par unité de surface. En effet, la densité d'arbres par hectare passera d'environ 1000 à 150-200 par exemple (ou plus, si les arbres sont également plantés autour des parcelles), en fonction du modèle pratiqué et selon les espèces/cultures utilisées. Cette perte de volume pourrait être compensée par l'augmentation importante de l'utilisation de l'agroforesterie par rapport aux simples plantations, en raison de la mise à disposition théorique d'une plus grande superficie de terrain. De plus, l'espacement entre les arbres plus important dans le modèle d'agroforesterie peut potentiellement fournir des arbres de plus gros volume, ce qui compensera également le volume total potentiel sur la période de rotation.

L'agroforesterie nécessitera un important travail de vulgarisation auprès des agriculteurs, car les modèles peuvent être diversifiés en fonction des espèces d'arbres et des cultures associées, etc.

✓ **Espèces à privilégier**

L'agroforesterie permettra aux agriculteurs de bénéficier plus rapidement des retombées économiques de leurs parcelles grâce à la récolte annuelle des cultures. Pour les raisons exposées en section 4.4 (effets environnementaux négatifs des plantations) le projet devrait s'éloigner des espèces exotiques, en particulier *Eucalyptus sp* (sauf quand elles sont parfaitement adaptées à l'environnement local) au profit des espèces locales à croissance rapide (liste fournie dans les enquêtes sur le terrain, mais toutes sous des noms locaux – une étude est nécessaire pour sélectionner plusieurs espèces à tester). Cette étude devrait également prendre en compte le travail de l'ICRAF sur un guide sur l'agroforesterie, dans lequel plusieurs essences ont été identifiées. Par exemple, travailler sur la récolte et le traitement des semences, travailler en pépinière sur ces essences et les mettre en place en plantation, mais aussi former un public ciblé.

Quand l'eucalyptus est planté, une étude détaillée de l'adéquation du site avant utilisation sera nécessaire, prenant en compte le type de végétation, le type de sol et sa structure existante, la présence de cours d'eau et la proximité des cultures. Il faudra éviter les monocultures mais plutôt mélanger les essences autant que possible, par exemple des espèces qui fixent l'azote autour des terres boisées d'eucalyptus.

Finalement, il est préférable (quand le site le permet, par exemple : altitude jusqu'au 900m, des sols ferrallitiques avec une bonne profondeur, pluviométrie 900mm+) de favoriser *Euc. madenii*, car l'espèce est considéré comme supérieur à *Euc. sligna* en forme de charbon et de plus résiste aux termites et à la sécheresse en basse altitude. *Senna siamea* devrait être promu dans les régions où il se développe correctement (par exemple en basse altitude) car il s'agit d'un excellent arbre énergétique à haute valeur calorifique et aux rendements financiers rapides en termes de sticks et de perches (actuellement, moins de 1% de la superficie totale du projet)

✓ **Risques et préconisations**

L'ampleur de la croissance de la superficie des plantations dépendra fortement de la disponibilité potentielle de la main-d'œuvre, la gestion des arbres étant en concurrence directe avec la production alimentaire.

Les plantations ont actuellement un certain nombre d'objectifs de production fixes, le bois étant l'objectif final après une période de rotation pouvant aller jusqu'à 20 ans. Tout ceci convient, mais a tendance à limiter l'impact potentiel que les plantations pourraient avoir sur la production de charbon de bois, car le charbon de bois ne représente qu'une petite partie du volume de production global par unité de surface. Idéalement, le projet devra développer de futurs modèles de plantation et d'agroforesterie, plus spécifiquement axés sur la production de charbon de bois, afin de garantir l'augmentation progressive du quantité d'ECOMakala sur le marché.

Tous les services écosystémiques devront être respectés lors du développement de futures plantations avec les essences appropriées, ainsi que le mélange entre essences d'arbres et cultures sélectionné en conséquence.

Les associations de planteurs devront être renforcées à tous les niveaux, y compris sur le plan technique et administratif - la collecte de données sur l'établissement et la gestion des parcelles membres devrait constituer une partie importante de leurs tâches.

Le vol sévit dans de nombreuses plantations. Il sera nécessaire, par exemple, d'installer des groupes de surveillance des plantations communautaires afin de réduire le nombre de vols.

Les feux de brousse font aussi partie des principales menaces pesant sur les plantations, en particulier dans les zones de savane sèche. Cela peut avoir un effet significatif sur la localisation géographique et la possibilité et durabilité des boisements. Ainsi, il est important d'élaborer un plan de zonage des risques d'incendie pour la région, surtout la zone au Sud Lubero (Kanyabayonga, Luofu Kirumba et environs) et éviter de planter des espèces inflammables telles que l'eucalyptus dans les zones exposées aux risques d'incendie

L'utilisation d'un petit groupe d'essences exotiques d'arbres peut entraîner un risque accru de prolifération d'attaque d'insectes et de maladies. Afin de pallier cette éventualité, il est important d'élaborer un plan stratégique intégré de lutte contre les ravageurs et les maladies à mettre en œuvre en cas d'épidémie majeure.

La situation précaire de nombreux agriculteurs ruraux de la région peut entraîner une récolte précoce des plantations de sticks, par exemple au détriment de la production potentielle de charbon de bois / bois d'œuvre.

Enfin, une augmentation de la sécurité est essentielle, si les planteurs vont s'engager dans le reboisement, surtout dans les zones actuellement à risque comme dans le nord de la province (région de Béni).

6. Analyse des écarts en vue d'améliorer la stratégie de mise en œuvre, l'efficacité et l'efficience des différentes composantes du programme

Définition : *Pour être efficace un projet a besoin d'optimiser ses ressources pendant son exécution. Pour être efficace il doit atteindre ses objectifs*

Ainsi, l'analyse des écarts a été considérée en termes de comparaison des performances réelles du projet par rapport aux performances souhaitées pour atteindre ses deux objectifs généraux, soit son efficience et son efficacité pour :

- Améliorer l'approvisionnement durable en bois-énergie dans la province du nord-Kivu (notamment la ville de Goma) et promouvoir une alternative à l'exploitation du charbon illégal en provenance du PNVi;
- Contribuer au développement durable et à la réduction de la pauvreté.

6.1. Atteinte de l'objectif 1 : *Améliorer l'approvisionnement durable en bois-énergie dans la province du nord-Kivu (notamment la ville de Goma) et promouvoir une alternative à l'exploitation du charbon illégal en provenance du PNVi;*

Cet objectif n'est actuellement que partiellement atteint, pour plusieurs raisons :

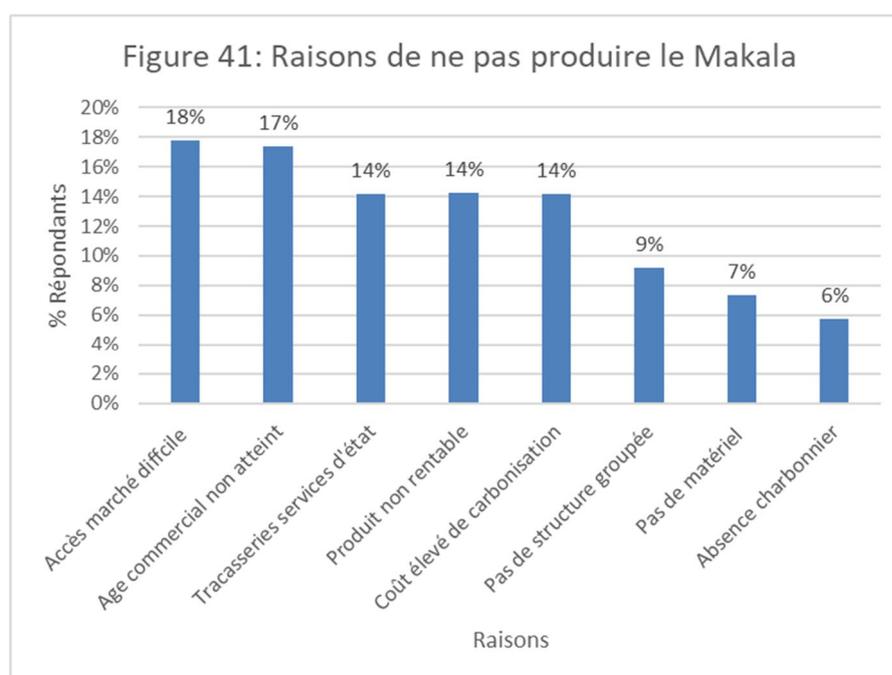
- **Une quantité d'ecomakala sur le marché toujours trop bas :** La première vente d'ecomakala à Goma a eu lieu seulement en 2015, bien qu'en théorie, cela aurait dû être

possible en 2012 soit environ cinq ans après le début du projet. Le niveau d'ecomakala vendu sur le marché à Goma reste toujours très négligeable en comparaison de la quantité qui devrait être disponible dans les plantations du projet. La mobilisation en 2018 de la société Goma-Stove (active depuis août 2017 dans la fabrication et vente des foyers améliorés) dans la commercialisation de l'Ecomakala à Goma va avoir une influence importante sur l'augmentation du niveau de vente dans les années à venir. Voir tableau suivant pour le nombre de sacs vendus en 2018.

N°	Mois	Nb de sacs vendus	Situation en Kg
1	Mai	41	3 720
2	Juin	95	7 020
3	Juillet	165	11 270
4	Aout	238	17 140
5	Septembre	249	18 101
6	Octobre	413	27 580
7	Novembre	259	18 130
8	Décembre	127	8 890
Total		1 587	111 851

Le tableau montre qu'en moyenne Goma-Stove a vendu environ 200 sacs d'Ecomakala par moi en moyen depuis le mois de mai (soit 14 tonnes à 70kg le sac). Par contre, l'objectif de Goma-Stove est de vendre 1 000 sacs par moi ou 70 tonnes. Ils sont donc actuellement à 20% de leur objectif.

Selon l'enquête du projet, uniquement 54% des planteurs ont mentionné qu'ils vendaient ou vendraient du makala. En ce qui concerne les raisons de non-production de makala, les réponses de l'enquête ont été variées (voir figure suivante). Pour que le projet soit sûr d'atteindre ses objectifs en termes d'impact sur le marché, il devra s'adresser à tout ou une partie des problèmes illustrés dans la figure.



En ce qui concerne la question des tracasseries par les services d'état, le projet a vulgarisé les taxes à payer en spécifiant les faits générateurs et les services concernés. Le document existe et reste disponible, à ce stade il pourrait être actualisé et vulgarisé davantage. Cela suppose l'impression du document et des séances de sensibilisations par territoires.

En ce qui concerne la question du fait que le makala est considéré par les planteurs comme un produit non rentable (14% des réponses), ceci fait sûrement référence à des ventes non-groupées où les transporteurs et les commerçants récupèrent leur part. Avec les ventes groupées par coopérative (ou encore plus via Goma-Stove avec leur stratégie de préfinancement) le planteur accède directement au marché et les bénéfices sont plus intéressants.

Par ailleurs comme déjà vu en section 4.3 le taux d'exploitation des parcelles est très variable entre la période 2007 et 2012 (90% à 46% respectivement). Pourtant, en théorie, tous les parcelles auraient dû être exploitées au moins une fois pour le makala pendant cette période (5 à 11 ans). Finalement, il y a actuellement très peu de planteurs adhérant à un des quatre coopératives : il est donc difficile de tracer les quantités de makala vendues car ils ne sont pas déclarés : il n'y a donc pas de papiers de vente ni d'entrée d'argent.

- La non maturité de toutes les plantations : L'exploitation pour le makala a été prévue par le projet pour la fin de l'année 5, donc en théorie uniquement les plantations établies entre 2007 et 2013 sont prêtes pour l'exploitation, soit environ 7 500 ha ou 66% du total.
- Un âge trop jeune pour l'exploitation en makala : selon diverses enquêtes et expérience, l'âge de 5 ans est trop court pour garantir une bonne qualité de makala. Les planteurs préfèrent donc garder leurs arbres sur pied au moins 1 ou 2 ans de plus. Ce phénomène a tendance à diminuer la quantité de charbon de bois sur le marché. Cependant, ceci peut être compensé en théorie par la plus grande taille des arbres coupés à la 6ème ou la 7ème année, augmentant ainsi la quantité de charbon de bois produite.
- Une qualité de produit manquant d'homogénéité : Il faut s'assurer que les espèces plantées ont un pouvoir calorifique élevé et conviennent à la production de charbon de bois. *Eucalyptus saligna* (actuellement coupé à partir de 5 ans) a donné des résultats relativement mitigés en termes de qualité et durée de combustion et chaleur émise. L'espèce n'est surtout pas compétitive avec les essences locales (voir tableau suivant).

Table 21 : La qualité en charbon produit par les essences du projet	
Nom de l'essence	Qualité de charbon de bois produit
<i>Eucalyptus saligna</i>	Produit un makala de faible densité avec le four traditionnel, tandis qu'avec le four amélioré la densité s'améliore.
<i>Eucalyptus maedenii</i>	Produit un makala de forte densité qui pourrait concurrencer les Makala du PNVi exploités illégalement, malheureusement cette espèce ne s'adapte pas dans certaines régions.
<i>Grevillea robusta</i>	Produit un makala de bonne qualité, mais sa croissance peut être lente si elle n'est pas dans une bonne station, et ne fournit pas de rejeton.

<i>Senna siamea</i>	Produit un makala de bonne qualité. Espèce avec une croissance rapide qui développe très bien les rejets. Par ailleurs, elle résiste bien à la sécheresse et aux termites.
<i>Cedrela sp.</i>	Croissance rapide mais produit un makala de moyenne qualité. Fait du bois d'œuvre de qualité qui est facile à travailler.

- **Le non-respect de la majorité des planteurs de couper leurs plantations pour le makala :** les planteurs préfèrent soit laisser les arbres sur pied dans l'objectif de produire du bois d'œuvre, ou de couper leurs arbres plus tôt pour les sticks et c ou le bois de chauffage, car ils estiment que la production de makala ne rentabilise pas leur plantation. Ce point est considéré comme une des barrières principales à l'atteint de l'objectif 2.

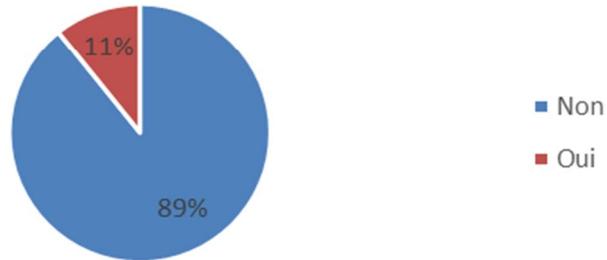
Sur les 714 planteurs sondés qui commercialise actuellement des produits issus de leurs plantations seulement 71% soit 514 commercialisent du makala, ce qui signifie que 29% ne commercialisent pas du makala malgré le contrat avec le projet qui stipule une commercialisation minimum de 60%. En revanche 98% des planteurs qui sont adhérent à une coopérative commercialisent le makala. Une partie importante des planteurs qui ne commercialisent pas le makala produisent plutôt des sticks (89% du total vendus) et/ou des stères pour le bois de chauffage (54% du total).

- **Une commercialisation du makala peu structurée :** l'efficacité et la méthode de commercialisation du makala est actuellement dans ces débuts, et il n'existe que 4 coopératives de commercialisation dans deux des cinq territoires de la province (Masisi et Lubero). Par ailleurs, ces entités ne sont pas au même niveau d'efficacité et leur renforcement est nécessaire à quasiment tous les niveaux.
- **Le cas des coopératives :** Le sondage a montré qu'uniquement 64% des planteurs sondés étaient au courant de l'existence des coopératives de production et de commercialisation du makala (957 sur 1507 répondants – soit données DIOBAS combiné avec données ONFI). La plupart des planteurs qui ne connaissent pas les coopératives se trouvent dans les territoires de Béni, Rutshuru et Nyiragongo, là où ces derniers ne sont pas présents (voir tableau suivant).

Territoire	Total répondants	Oui	Non	% oui
Masisi	380	329	51	87%
Lubero	403	325	78	81%
Rutshuru	341	180	161	53%
Beni	333	103	230	31%
Nyiragogo	50	20	30	40%
Total	1507	957	550	64%

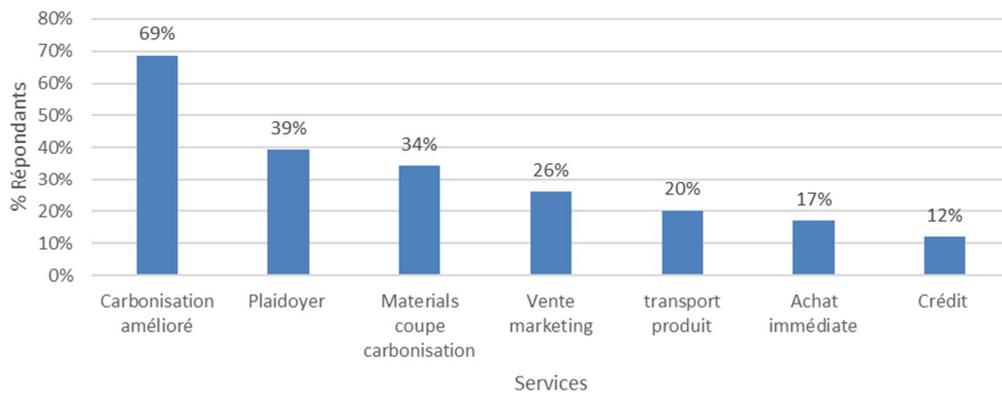
Selon la figure suivante seulement 11% des planteurs sondés sont membres d'une coopérative de production et de commercialisation du makala (soit 179 planteurs sur 1662). Sur ce total, uniquement 51% ont signé un contrat de commercialisation avec la coopérative.

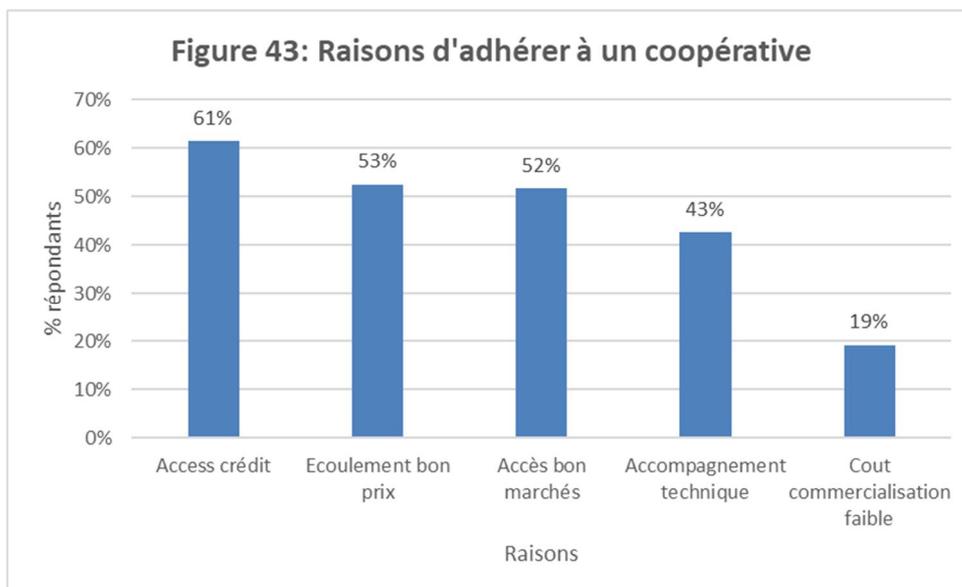
Figure 41: Etes-vous membre d'un coopérative de production et commercialisation de makala?



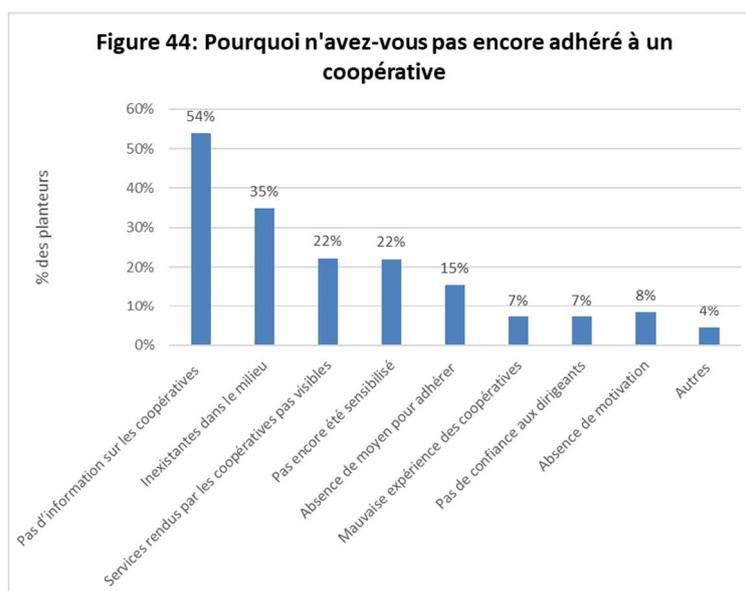
Les raisons données par les répondants quant aux services fournis par les coopératives ainsi que les avantages d'avoir adhéré à ces derniers pour la production et commercialisation du makala sont donnée dans les figures suivantes :

Figure 42 : Les services entant que membre d'un coopérative

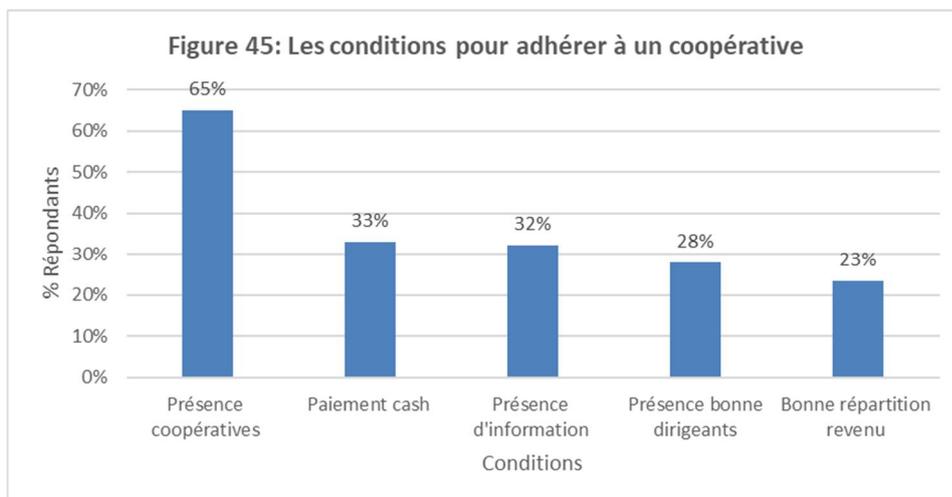




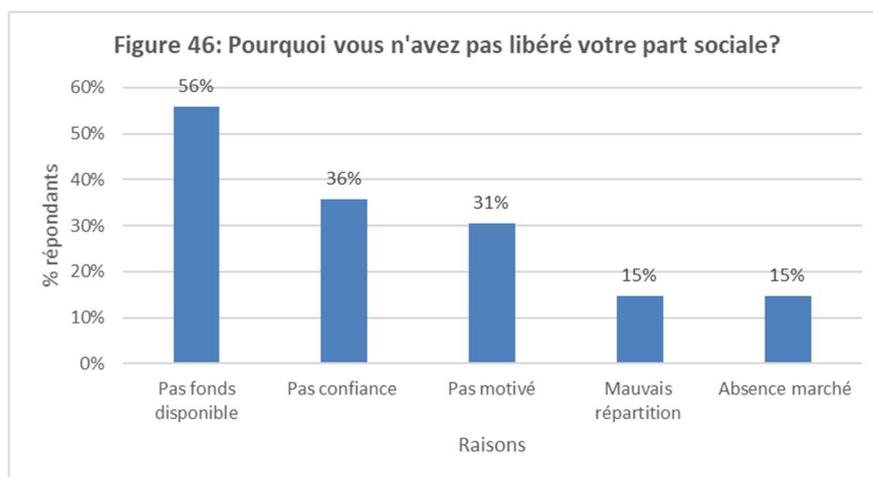
Les figures montrent que le service principal fourni par les coopératives est l'accès à la carbonisation améliorée (69% des répondants), et que les raisons principales d'adhérer à une coopérative sont l'accès au crédit, un bon prix de vente et l'accès aux bons marchés. Les raisons données par les répondants qui ne commercialisent pas leur makala par une coopérative sont les suivantes :



La figure montre que les raisons principales pour la non-adhésion aux coopératives sont un manque d'information sur les coopératives, leurs rôles/avantages etc, et le simple fait qu'elles n'existent pas dans certains territoires (Beni, Rutshuru et Nyirangongo). En ce qui concerne les conditions nécessaires pour adhérer à une coopérative, la simple présence d'une telle structure a été donnée comme raison principale par 65% des répondants (absence dans les territoires de Béni, Rutshuru et de Nyirangongo, et peu présents dans les autres territoires en général). Voir figure suivante :



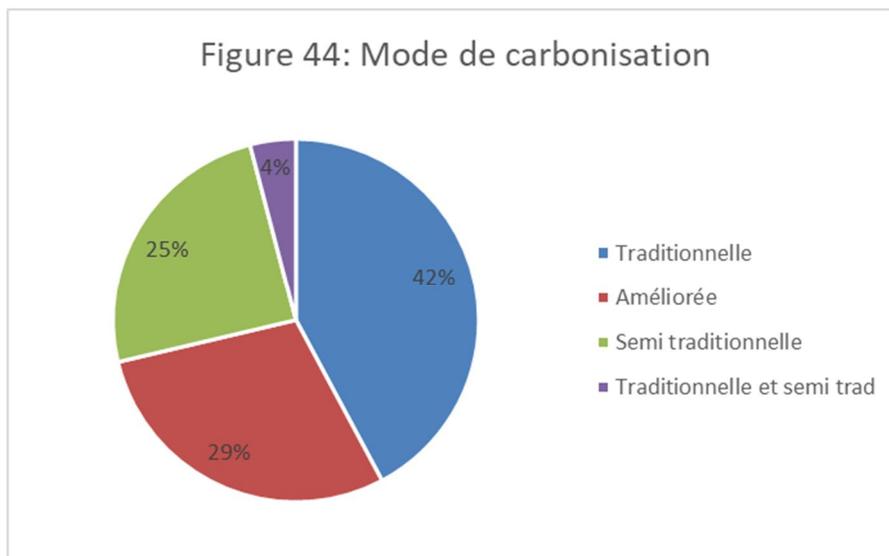
En ce qui concerne la difficulté des coopératives à fonctionner correctement, la question de paiement de la part sociale par les adhérents est vue comme une barrière importante. En effet, la figure suivante montre que sur le total des planteurs ayant adhéré à une coopérative, seulement 52% ont réglé leur part sociale. La raison la plus importante (56% des répondants) est le manque des fonds disponibles. Ceci est suivi par le manque de confiance dans les coopératives et un manque de motivation (voir figure suivante).



- L'autoconsommation du makala par les planteurs : L'enquête de terrain a montré qu'une quantité de planteurs pratiquent l'autoconsommation de leurs arbres pour le makala. Le montant de makala consommé par les foyers n'est pas considéré comme important par contre, car ceux-ci utilisent en majorité le bois de chauffe. Cette autoconsommation a donc un effet minime sur la quantité de makala sur les marchés urbains.
- Une promulgation des techniques de carbonisation améliorée dans ses étapes préliminaires : un charbon peut uniquement être considéré comme durable s'il a été produit selon des méthodes améliorées qui ont comme objectif une meilleure utilisation de la ressource, ou meilleur taux de rendement bois/charbon. Ces méthodes de carbonisation améliorée sont relativement nouvelles et n'ont été promues et utilisées par le projet que récemment. Leur véritable impact et leur participation à un approvisionnement durable en charbon dans la province reste encore à atteindre. En

effet, sur les 519 répondants qui font de la carbonisation, l'échantillonnage a montré que seuls 29% (151) pratiquent de la carbonisation améliorée et les autres, soit 61% pratiquent une carbonisation traditionnelle ou semi traditionnelle. Afin d'assurer un plus grand pratique de la carbonisation dans la région il est indispensable de faire le suivant :

- Former d'avantage des charbonniers dans tous les territoires ;
- Les équiper en matériels de carbonisation ;
- Développer des outils de vulgarisation des techniques de carbonisation améliorée.



- La non-maîtrise des coûts de production et de commercialisation d'ECOMakala comparé aux produits non-ECOMakala : afin de promouvoir des politiques prévoyant des incitations écologiques, telles que la réduction de la TVA sur le charbon durable, afin de rendre ce dernier plus compétitif.
- Besoin de mieux maîtriser les impacts négatifs liés à la production de l'ECOMakala à tous les niveaux de la chaîne de production (mais essentiellement pendant la phase de plantation) afin d'assurer que le produit est respectueux de l'environnement (en particulier pour le genre Eucalyptus).
- Mieux comprendre les opportunités d'augmenter l'importance / influence du projet dans la province : Dans l'optique d'augmenter sa sphère d'influence et son impact sur l'approvisionnement durable du charbon sur le marché, le projet a besoin de mieux comprendre les opportunités liées à son expansion. Actuellement cette connaissance est très limitée, malgré la quasi-certitude que les opportunités sont importantes (voir section 5).
- Des questions de transport à résoudre : le transport du makala est vu pour une partie importante des planteurs comme un barrière important au développement du secteur.

En conclusion, pour l'objectif 1, il semble difficile de considérer que le projet a atteint son objectif principal d'avoir eu un impact sur la réduction de la déforestation dans le PNVi, et qu'il a donc atteint son efficacité optimale. Ceci est dû essentiellement du fait que la quantité

d'ECOMakala produite et commercialisée pendant les dix dernières années du projet n'est actuellement pas très élevée, voire même assez faible.

Si l'on regarde l'efficacité des objectifs spécifiques des différents composantes du projet sur les dernières 10 années en revanche, ceux-ci ont quasi toujours été atteints. Par exemple, à côté du manque actuel du charbon de bois sur le marché en provenance du projet, l'impact des FA est plus significatif en termes de potentiel de réduction de charbon utilisé, avec l'augmentation progressif des pratiques de la carbonisation améliorée. Par ailleurs, l'important travail fait sur la sensibilisation et la promulgation des FA, ainsi que l'effet d'entraînement et la potentielle production et commercialisation de makala en provenance des plantations en dehors les coopératives a également contribué à l'efficacité des objectifs spécifiques du projet.

6.2 Atteinte de l'objectif 2 : Contribuer au développement durable et à la réduction de la pauvreté

Pendant les derniers dix ans le projet ECOMakala a contribué progressivement au développement socio-économique local à travers la mise en œuvre de ses diverses activités, essentiellement par la création d'emploi et l'augmentation du revenu des foyers. Cette contribution devrait augmenter avec le temps une fois que les plantations auront atteint leur maturité et que les bénéficiaires de l'utilisation des FA seront mieux connus et répandus dans la province.

La création d'emploi

- Dans les plantations : pendant leur établissement (en particulier pour les femmes), leur exploitation et la manutention et commercialisation des produits exploités ;
- Dans la fabrication et commercialisation des FA (en particulier des femmes) ;
- Dans les méthodes de carbonisation améliorées – action récente mais en augmentation.

L'augmentation des revenus des foyers

- Résultat de la vente des produits issus des plantations ;
- Via l'emploi dans les plantations et la production et commercialisation des FA ;
- Via les économies faites sur la réduction de l'utilisation du charbon de bois grâce aux FA.

L'augmentation du revenu des foyers offre de meilleures possibilités d'améliorer le bien-être social, telles qu'un meilleur accès à la santé et à l'éducation et à de meilleures conditions de vie en général.

Dans le cas des plantations, cette contribution au développement durable et à la réduction de la pauvreté est particulièrement évidente au moment de l'établissement de la plantation (création d'emplois) et pendant les différentes périodes de récolte tout au long de la durée de vie ou de la rotation des plantations (revenu et emploi). On pourrait toutefois faire valoir que les avantages socio-économiques des plantations sont plus réduits après l'établissement et entre les périodes de récolte successives.

En conclusion, en ce qui concerne l'objectif 2, le projet peut être considéré comme ayant atteint son objectif de contribuer à un développement durable et à la réduction de la pauvreté. En revanche, cette contribution devrait augmenter significativement dans les

prochaines années une fois que les bénéficiaires du projet sont à leur maximum. Le fait que les résultats intermédiaires du projet ont été atteints (en fonction des moyens dans les différentes interventions), on peut constater que l'efficacité du projet en ce qui concerne ces deux objectifs est également en bonne voie d'être atteinte.

6.3 L'analyse des lacunes du projet influencent son efficacité et son efficacité

Afin de répondre pleinement aux objectifs du projet et ainsi d'augmenter son efficacité et son efficacité, un certain nombre d'activités et ou des décisions ont besoin d'être mis en œuvre/prises afin de réduire l'écart entre la situation actuelle et la situation souhaitée pour chacune des trois composantes du projet. Le tableau suivant souligne les lacunes du projet (ou les situations à améliorer) et donne quelques solutions afin de combler ces lacunes :

Note : une tentative de classer les sujets à améliorer a été faite en les classant de 1 à 3, 1 étant le plus urgent à améliorer. Il va sans dire cependant, que tous les sujets à améliorer sont tous importants et étroitement liés au succès général et aux éventuels impacts du projet.

Situation actuelle à améliorer	Problèmes engendrés	Importance projet (1- 3)	Solutions à apporter
Amélioration de l'efficacité des plantations pour la production de ECOmakala			
Le niveau d'implication des associations partenaires dans le projet	Manque de suivi des plantations et d'interactions avec des planteurs menant à une diminution de l'efficacité et des résultats attendus du projet en général et la performance optimum des plantations etc.	1	Assure que la rétrocession est respectée par les planteurs vers les associations afin d'augmenter la motivation pour et l'implication dans le projet de ces dernières Conseil : L'élaboration d'une étude spécifique pour mieux comprendre les barrières au respect de la rétrocession et dresser un bilan de la situation actuelle
Le suivi du développement et la croissance des plantations	Manque de connaissance sur les capacités des plantations au niveau croissance et rendement – difficile de bien estimer les quantités de makala potentiellement disponibles dans le temps au niveau projet avec précision	1	Continuation de relève des données dendrologiques dans le cadre du projet mené par CO2-Logic : Avant le travail de CO2-Logic en 2017, et la mise en place et suivi d'un réseau de placettes permanentes éligibles pour la certification, il y a eu peu de modélisation et collecte de données scientifiques sur le rendement et de la croissance des plantations au cours des 10 dernières années. Du telle modélisation est importante afin de disposer de données fiables pour les décisions de gestion et l'expansion future du projet. Le projet de CO2-Logic

			<p>devrait donner lieu à une évaluation économique des plantations plus fidèle, qui fournira des informations précieuses nécessaires pour fixer les objectifs de production des plantations, les types et les quantités de produits etc.</p> <p>Conseil : assure que les placettes permanentes de suivi sont complètement représentatives du projet ECOMakala, et pas uniquement les plantations éligibles pour les crédits de carbone Gold Standard</p>
Les pratiques sylvicoles pour des parcelles spécifiques	Sélection non-optimum des arbres pour l'exploitation, manque d'efficacité au niveau de rendement en volume et économique pour chaque produit final	1	<p>Conseil : sélectionner les arbres en fonction de leur utilisation finale bien en amont de leur exploitation, afin de mieux comprendre la valeur économique des plantations et la quantité de produits attendu sur une surface donnée (en connexion avec les données recueillies des placettes permanentes)</p>
La qualité d'ECOMakala mise sur le marché	Les espèces plantées n'ont pas tous un pouvoir calorifique très élevé et ainsi, ne conviennent pas parfaitement à la production de charbon de bois, notamment <i>Eucalyptus saligna</i> qui représente un parti majeur du bois coupé pour de charbon	1	<p>Conseils : Besoin d'augmenter l'utilisation des essences d'une meilleure qualité en termes de valeur calorifique pour la production du charbon, comme par exemple ; <i>l'Acacia mearnsii</i> et <i>l'Eucalyptus maidenii</i>, (dans la mesure du possible de chaque station forestière bien sûr)</p> <p>Étude du potentiel et de la productivité des espèces locales clés pour la production de charbon de bois de qualité - devrait être limitée à 3 à 5 espèces afin de garantir l'efficacité de la gestion et le collecte des données. Note : Comme pour l'étude ci-dessous, il faut voir si ce type d'étude existe déjà. Si oui, déterminer dans quelle mesure il peut être amélioré si nécessaire. L'enquête de terrain a montré que 42% des planteurs connaissaient d'autres espèces potentielles avec les impacts</p>

			<p>économiques et environnementaux positifs pour le projet et que ces espèces étaient utiles pour l'agroforesterie (voir annexe et fichier Excel « Enquête planteurs » pour la liste des essences – actuellement en noms locaux) ;</p> <p>Il faut considérer le prolongement de la période de rotation pour des espèces de qualité médiocre au niveau charbon de bois, notamment <i>Eucalyptus saligna</i> (actuellement 5 ans)</p> <p>Besoin d'assurer une bonne réduction de l'humidité du bois avant carbonisation, car il permet de faciliter le transport avec la réduction du poids et joue surtout sur la qualité du charbon produit (meilleure valeur calorifique).</p>
La quantité de ECOMakala sur les marchés	Réduction de l'impact du projet sur la substitution de makala illégal et la dégradation de la forêt	1	<p>Besoin de renforcer l'objectif de la production d'ECOMakala (contractuellement 60%) car actuellement non suivie à 100%, avec en conséquence une réduction importante de la quantité d'ECOMakala sur le marché. La raison principale du non-respect de taux de ECOMakala est que la majorité des planteurs veut produire du bois d'œuvre car ils estiment que la production de makala ne rentabilise pas leur plantation.</p> <p>Besoin de renforcer les compétences des coopératives de production et de commercialisation de charbon de bois (y compris le niveau d'adhésion) et encourager l'établissement de telles structures dans les territoires où elles ne sont pas présentes actuellement comme Béni, Rutshuru et Nyiragongo*</p> <p>*Note de WWF : Les coopératives ne sont pas démontrées jusque-là efficaces dans la</p>

			commercialisation de charbon. L'analyse de schéma d'approvisionnement et l'expérimentation actuelle auraient tendance à privilégier la livraison du charbon sur base d'un contrat avec Goma Stove via les grands planteurs. Deux raisons à cela : l'entreprise a la capacité d'acheter cash aux petits planteurs (ce que les coopératives n'arrivaient pas à faire) et le planteur aurait une garantie de marché sur base du contrat octroyé par Goma Stove (beaucoup de coopératives n'arrivent pas à prendre le risque avec le transport à leur frais). D'où la nécessité d'augmenter le capital de Goma Stove pour le changement d'échelle
Manque de connaissance sur les questions liées avec l'assimilation et entrainement des planteurs « non-ECOMakala »	Manque de visibilité concernant l'influence du projet sur les planteurs hors-ECOMakala, ainsi que la vraie disponibilité de charbon de bois correspondants hors projet	2	<p>Conseil : conduire une étude sur l'identification et la cartographie des planteurs hors projet qui ont assimilé le modèle ECOMakala afin de les mieux comprendre et d'évaluer et encourager les retombées du projet. Par exemple :</p> <p>Qui et où sont-elles ? Quels est leurs nombres ? Quelle est la zone sous couvert de plantations ? Quels sont leurs motivations /objectifs ? Quels modèles / espèces utilisent-ils ?</p> <p>Note : L'identification de l'effet d'entrainement via la télédétection est possible mais les images doivent être assez bonnes pour différencier entre les plantations de bananes par exemple. Il faut plutôt aller sur le terrain pour répertorier les plantations d'effet d'entrainement</p>
Manque de connaissance sur des opportunités et des potentiels de boisement en nombre de	Manque de visibilité concernant les opportunités pour comprendre le potentiel réel du projet au niveau de son	2	<p>Conseil : conduire une étude sur l'identification et la cartographie des planteurs afin de bien estimé leur</p>

fermiers/planteurs par territoire, et dans la région du Nord-Kivu dans son ensemble	expansion et sa sphère d'influence dans la région		nombre, les surfaces disponibles pour le reboisement et leur motivation pour participer dans le projet et produire du charbon de bois etc.
Les coûts de production et de commercialisation entre ECOMakala et non-ECOMakala	Le non-compétitivité du ECOMakala vis-à-vis du non-ECOMakala	2	Conseil : conduite une étude pour mieux comprendre les coûts de production et de commercialisation d'ECOMakala vs. non-ECOMakala, afin de promouvoir des politiques prévoyant des incitations écologiques, telles que la réduction de la TVA sur le charbon de bois durable, afin de rendre ce dernier plus compétitif
Connaissance quantitative des vrais impacts du projet sur la déforestation et la dégradation dans et autour le PNVi	Difficile de justifier le projet en relation avec l'attient de ces objectifs, ainsi de comprendre les impacts de l'augmentation de la taille de projet	1	Conseil : Besoin d'introduire des études à long terme avec les relevés de terrain basé sur des indicateurs prédéfini et mesurable, afin d'obtenir des données fiables qui prouveraient de manière quantitative que les interventions du projet (en particulière la production et la commercialisation du ECOMakala) entraînent directement une réduction de la déforestation, en particulier dans le PNVi
Le manque de données scientifiques sur les impacts positifs et négatifs environnementaux du projet	Compréhension non-conclusif sur les impacts environnementaux du projet (par exemple la position controversée de l'eucalyptus vis-à-vis certains planteurs)	1	Conseil : Introduire une étude détaillée sur la mesure des impacts environnementaux du projet sur l'environnement local impliquant la mise en place de parcelles d'essai et la mesure d'indicateurs liés à la fertilité et qualité du sol et à l'alopathie sur la végétation et les cultures environnante
Le manque de données scientifiques sur les rendements et des performances des cultures de base dans les modèles agroforestiers (<i>Grevillia robusta</i> /maïs/haricots par exemple)	Manque de connaissance sur les vraies opportunités économique et biologique (synergies entre les espèces) des modèles agroforestiers promu auprès des planteurs, se manifestent par un manque éventuel d'adhésion au projet par ces dernières	2	Conseil : Mettre en place une étude des rendements et des performances des cultures de base dans des modèles agroforestiers, par opposition aux mêmes cultures dans un système non agroforestier. Note : A voir si ce type d'étude existe déjà. Si oui à déterminer dans quelle mesure il peut être amélioré si nécessaire et les données utilisées.
Amélioration de l'activité de la carbonisation améliorée			

Réhabilitation des sites de carbonisation	Dégradation des sites ayant été soumise à la carbonisation, difficulté en termes de re-végétalisation et érosion dans les sites sur pente	1	Besoin d'assurer que les sites de carbonisation sont bien réhabilités post production (re-végétalisation si nécessaire). Faire tourner les sites de carbonisation afin de réduire le dégât potentiel sur les sols. Choisir les sites pour la carbonisation dans les endroits moins exposés à l'érosion. En effet, La plupart des sites de carbonisation restent exposés à l'érosion suite aux pluies car aucun réaménagement du site n'est envisagé. Cela s'aggrave sur les sites de carbonisation se trouvant sur les pentes importantes
Nombre de charbonniers pour le carbonisation amélioré	Manque de pratique et de promulgation des techniques de carbonisation amélioré en partie à cause d'un manque de personnes/charbonniers formés	1	Fort besoin d'augmenter le nombre de charbonniers qualifiés dans les nouvelles méthodes de carbonisation ainsi que la promulgation de la méthode elle-même. Il est à noter qu'actuellement les charbonniers existent, mais que ce sont les coopératives qui ne sont pas en mesure de les prendre en charge d'où une proposition liée à leur motivation (en dehors des coopératives) par le projet est intéressent à développer.
Amélioration de l'activité de la production et la commercialisation des FA			
Connaissance sur l'utilisation des FA dans les centres urbains de la région de Nord-Kivu hors Goma	Le manque de connaissance de l'utilisation des FA dans toute la région ne permet pas le projet de bien cibler les besoins en tant qu'utilisation des FA et les conséquences associés sur la réduction de la consommation du charbon.	1	Besoin de capitaliser sur les enquêtes menées dans les villes de Beni et de Butembo par CO2-Logic concernant l'utilisation et la demande des FA et les enquêtes en cours par Jiko Bora dans les deux villes afin d'assurer la mise en œuvre d'un plan de production et de marketing associé pour ces villes
Connaissance sur la partie du marché des foyers pirates	Le place sur les marchés des foyers pirates est un barrière potentiel au promulgation et utilisation plus répandu des foyers améliorés	2	Besoin de mieux comprendre la partie du marché des FA pirates et élaborer un plan d'action pour remplacer de telles foyers avec celles du projet. Note : Cette action est actuellement en cours avec Goma Stove et Jiko Bora qui sont en train d'élaborer leur plan de marketing dans lequel la stratégie des concurrents sera abordée et des actions liées à la

			réduction de leur influence seront proposées
La maîtrise du coût de production des FA	<p>La marge gagnée sur la vente d'un FA est étroitement liée avec son coût de production. Une meilleure marge est donc possible si ces coûts sont mieux maîtrisés (actuellement un instabilité du prix des matériels sur le marché)</p> <p>Par ailleurs, c'est la marge (ou bénéfices financières) qui permettra une entreprise d'investir davantage dans l'amélioration de sa technologie ainsi de monter sa sphère d'influence</p>	2	Besoin d'étudier comment réduire les coûts de production des FA en obtenant des matières premières à moindre coût (aluminium et argile). Par exemple, dans la formation sur la gestion des organisations, lors de la révision du plan d'affaire de Goma Stove, les formateurs ont proposés les actions suivantes pour réduire le coût des FA : utiliser une seule moto triporteur, revoir le coût du personnel, revoir le coût du loyer, privilégier une vente en gros et non en détail
La réhabilitation durable des zones d'extraction de l'argile pour la production des FA	Dégradation des sites d'extraction d'argile	1	Besoin d'étudier la réhabilitation durable des zones d'extraction de l'argile pour la production de FA (élaboration d'un plan annuel durable d'extraction et de réhabilitation), la collecte, le recyclage et l'élimination des déchets des vieux FA. Note : Dans un objectif de remplacer l'argile, le projet vise à développer un modèle plus efficace et sans argile.
Connaissance sur les briquettes de charbon de bois	Une utilisation du charbon de bois moins efficace en durée de combustion et de chaleur dégagée	2	Besoin d'étudier les avantages et les inconvénients des briquettes de charbon de bois pour utilisation dans les FA, par rapport au simple charbon de bois et élaborer un plan d'action pour la promotion et la commercialisation des briquettes de charbon. Note : La société GOMA Stove Sarl a déjà mis en place un projet de briquettes fabriqués à base de la poussière de charbon de bois ainsi que des machines pour la production. Cette initiative est dans ces premiers étapes et a besoin d'être renforcé (cas d'étude d'autres pays, ligne de production plus efficace, étude de marché etc.)

Bibliographie

Réseau pour la Conservation et la Réhabilitation des Ecosystèmes Forestiers, Avril 2018 : Etude d'impacts écologiques et socio-économiques des activités de WWF dans le paysage Virunga. Cas de projets de reboisement, carbonisation et foyers améliorés

Geert Lejeune, et al. 2013, ECOMakala: répondre à la demande énergétique pour protéger les forêts du Parc National des Virunga au Nord-Kivu (RDC) et lutter contre la pauvreté.

Bouyer et al., 2013. Evaluation finale du projet ECOMakala, Viabilisation durable de l'approvisionnement en bois-énergie des populations rurales riveraines de la ville de Goma (RDC)

CO2-Logic, Project Design Document, Ecomakala Virunga energy project, Version 8, mai 2017

ONFI, 2013-2015, Projet pilote REDD géographiquement intégré Ecomakala+ Nord-Kivu

ONFI, 2015 Rapport de l'étude filière bois énergie en province du Nord Kivu

UCL, 2015, Cartographie et estimation quantitative de la couverture forestière et de la déforestation dans le sud du Landscape Virunga

Mizinzi, J-P., Valette, P., 2016, Impact des foyers améliorés dans la province du Nord-Kivu, Enquête à Goma. WWF – Charki asbl

Peter, C., & Sander, K. 2009. Environmental crisis or sustainable development opportunity? Transforming the charcoal sector in Tanzania: a policy note.

Ministère du Plan et Macro International. 2008. Enquête Démographique et de Santé, République Démocratique du Congo 2007. Calverton, Maryland, U.S.A. : Ministère du Plan et Macro International.

WWF Belgique, Agroforesterie et charbon de bois durable : co-construction paysanne d'une chaîne de valeur de l'ECOMakala, protecteur du Parc des Virunga (RDC Nord-Kivu) », Octobre 2014

Potapov, P. V., Turubanova, S. A., Hansen, M. C., Adusei, B., Broich, M., Altstatt, A., & Justice, C. O, 2012. Quantifying forest cover loss in Democratic Republic of the Congo, 2000–2010, with Landsat ETM+ data. *Remote Sensing of Environment*, 122, 106-116

Rubinstein, R. Y., & Kroese, D. P., 2016. *Simulation and the Monte Carlo method* (Vol. 10). John Wiley & Sons

WWF Belgique, Rapport Narratif final ECOMakala Novembre 2007 à février 2013

WWF Belgique (Geert Lejeune *et al*) Guide technique, ECOMakala, répondre à la demande énergétique pour protéger les forêts du PNVi et lutter contre la pauvreté, 2013

WWF, Thierry Lusenge *et al*, Guide méthodologique des forestiers-Vulgarisateurs, Avril 2013

Réseau CREF, Etude d'impacts écologiques et socio-économiques des activités de WWF dans le paysage Virunga. Cas des projets de ; reboisement, carbonisation et foyers améliorés, Avril 2018

Bilan hydrique comparé d'une savane et d'une plantation d'eucalyptus dans le bassin du Kouilou (République Populaire du Congo), Jerzy Jan NIZINSKI, Dominique Morand Jean-Joël Loumeto et Anh Galat-Luong, 2008

Quand la ville mange la forêt: les défis du bois-énergie en Afrique centrale, Jean-Noël Marien et al 2013

Annexes

Annexe 1 : Le nombre de répondants par question posée pendant l'enquête de terrain

Nombre de répondants par question posée			
Sujet	Nombre de répondants	% du total projet	Source de données
Les moyens par quels les planteurs ont été impliqués dans le projet	629	7%	ONFI
La taille des parcelles par planteur et le type de planteurs	1664	18%	ONFI et DIOBAS
L'utilité des parcelles pour les cultures	629	7%	ONFI
Occupation du terrain avant adhésion au projet EcoMakala	629	7%	ONFI
Type de contrat foncier	629	7%	ONFI
Nombre de plantations EcoMakala	1664	18%	ONFI et DIOBAS
Connaissance d'autres personnes qui imitent le model Ecomakala	629	7%	ONFI
L'exploitation des parcelles	1664	18%	ONFI et DIOBAS
Nombre de récoltes	194	2%	ONFI
Age de la première coup	490	5%	ONFI et DIOBAS
Les essences plantées	1151	12%	ONFI et DIOBAS
Evolution de la plantation d'Eucalyptus saligna	9370	100%	WWF données
Raisons que les planteurs non pas exploité leurs plantations	629	7%	ONFI
Occupation de la terre après la récolte	625	7%	ONFI
Connaissance d'autres espèces potentielles pour le projet	629	7%	ONFI
Densité des plantations non exploité	629	7%	ONFI
Cause de la densité régressif	629	7%	ONFI
Le mode de transport entre la plantation et la marché en ville	308	3%	ONFI
Utilisation de la main d'ouvre pour le transport des produits	145	2%	ONFI
Forme de produit vendu	1078	12%	ONFI et DIOBAS
Utilisation des produits	150	2%	ONFI
Pourquoi vendez-vous de makala	149	2%	ONFI
Raisons de ne pas produire le makala	1031	11%	ONFI et DIOBAS
Conditions nécessaire pour produire le makala	578	6%	ONFI et DIOBAS
Connaissance de la nouvelle méthode de carbonisation	1049	11%	ONFI et DIOBAS
Propositions pour l'amélioration de production et commercialisation des produits	1180	13%	ONFI et DIOBAS
Etes vous membre d'un coopérative de production et de commercialisation	1662	18%	ONFI et DIOBAS
Vente des produits	662	7%	ONFI et DIOBAS
Les difficultés pour vendre les produits	321	3%	DIOBAS
La connaissance sur le taux de production de makala selon le contrat du projet	1047	11%	ONFI et DIOBAS
Le mode de carbonisation	650	7%	ONFI et DIOBAS
Les difficultés rencontrés pendant la carbonisation	624	7%	ONFI et DIOBAS
Connaissance et respect de la rétrocession vers les associations	1189	13%	ONFI et DIOBAS
Avez-vous déjà rétrocedé?	754	8%	ONFI et DIOBAS
Plantation endommagées	629	7%	ONFI
Type de dégât	403	4%	ONFI
Les impacts négatifs du projet sur l'environnement local	375	4%	ONFI
Espèces tributaires des impacts	486	5%	ONFI
Niveau de perception du planteur de l'importance des impacts sur l'environnement local	487	5%	ONFI
Les impacts positifs du projet sur l'environnement local	453	5%	ONFI
Espèces tributaires des impacts	225	2%	ONFI
Niveau de perception du planteur de l'importance des impacts sur l'environnement local	225	2%	ONFI
Contribution socio-economique des plantations	153	2%	ONFI
Type de bien être socio-economique	153	2%	ONFI
Pensez-vous que les plantations sont rentable?	153	2%	ONFI
Pourquoi les plantations sont rentable?	1097	12%	ONFI et DIOBAS
Pratique des cultures vivrières dans les plantations	629	7%	ONFI
Types de cultures pratiqué dans les plantations	464	5%	ONFI
Année de l'installation des cultures vivrières dans les plantations	464	5%	ONFI
Possession d'autre terres que celles disponible pour le projet Ecomakala	629	7%	ONFI
Planteurs qui pourraient destiner une partie de leurs terre au projet	468	5%	ONFI
Pourcentage des parcelles dans laquelle travail des femmes	629	7%	ONFI
Taches des femmes dans les plantations	548	6%	ONFI
Taille de ONFI échantillon	629		
Taille de DIOBAS échantillon	1035		
Nombre d'associations enquêté	17		

Annex 2 : Les matrices de confusion

Matrice de confusion de la classification d'image de 1987

<i>Réalité</i> Classification	Forêts denses	Forêts perturbées	Savanes Arborées	Savanes herbeuses	Agricoles	Eau	Urbains	Sol nu	Total	User Accuracy (%)
Forêts denses	985	6	2	7	0	0	0	0	1000	98,5
Forêts perturbées	7	975	18	0	0	0	0	0	1000	97,5
Savanes Arborées	0	18	959	5	6	4	8	0	1000	95,9
Savanes herbeuses	0	0	8	991	0	1	6	0	1006	98,5
Agricoles	0	0	39	6	560	6	2	0	613	91,4
Sol nu	0	0	6	6	0	979	8	0	999	98,0
Urbains	0	0	6	1	0	13	980	0	1000	98,0
Eau	0	0	0	0	0	0	0	1000	1000	100
Total	992	999	1038	1016	566	1003	1004	1000	7618	
Producer Accuracy (%)	99,3	97,6	92,4	97,5	98,9	97,6	97,6	100		
Overlay Accuracy (%)	97,62									

La matrice de confusion pour 1987 montre une précision globale de plus de 97% et une précision producteur supérieure à 90% pour l'ensemble des 8 classes d'occupation des sols. On observe une confusion importante entre la classe savanes arborées et la classe agricoles ce qui explique la précision productrice plus faible que pour les autres classes d'occupation des sols (92,4 % pour savanes arborées) et une précision utilisateur plus faible pour la classe agricoles avec une valeur de 91,4%. La précision utilisateur des autres classes est aussi au-dessus de 90%. La confusion observée entre les classes savanes arborées et agricultures est lié probablement à la présence de grande plantation de café dans la zone à cette époque dont la signature spectrale s'apparente plus à des savanes arborées qu'à des zones agricoles. Ces indicateurs statistiques montrent que la cartographie issue de cette classification est suffisamment fiable pour en sortir les statistiques surfaciques des classes d'occupation du sol.

Matrice de confusion de la classification d'image de 1997

	Forêts denses	Forêts claires	Savanes Arborées	Savanes herbeuses	Agricole	Urbain	Sol nu	Eau	Total	User Accuracy (%)
Forêts denses	961	21	8	0	1	0	0	0	991	97
Forêt claire	36	929	34	1	0	0	0	0	1000	92,9
Savanes Arborées	10	24	960	5	1	0	0	0	1000	96
Savanes herbeuses	0	4	7	983	1	1	4	0	1000	98,3
Agricole	1	1	15	12	538	4	3	0	574	93,7
Urbain	0	0	0	1	0	690	0	0	691	99,9
Sol nu	0	0	0	10	0	4	986	0	1000	98,6
Eau	0	0	0	0	0	0	0	1000	1000	100

Total	1008	979	1024	1012	541	699	993	1000	7256	
Producer Accuracy (%)	95,3	94,9	93,8	97,1	99,4	98,7	99,3	100		
Overlay Accuracy	97,32%									

La précision globale de la classification des images de 1997 sur l'ensemble du paysage des Virunga est de 97%. L'ensemble des classes d'occupation des sols ont des précisions producteurs et utilisateurs supérieur à 90%. Ces statistiques montrent la qualité des résultats du traitement et d'extraction des classes.

Matrice de confusion de la classification d'image de 2007

	Forêts denses	Forêts claires	Savane Arbustive	Savane herbeuse	Agricole	Urbain	Sol nu	Eau	Total	User Accuracy (%)
Forêts denses	955	36	7	0	1	0	0	1	1000	95,5
Forêt claire	26	970	4	0	0	0	0	0	1000	97
Savanes Arbustives	0	3	989	0	8	0	0	0	1000	98,9
Savanes herbeuses	10	3	2	967	13	5	0	0	1000	96,7
Agricole	0	1	17	12	874	7	0	0	911	95,9
Urbain	0	0	0	0	5	963	32	0	1000	96,3
Sol nu	0	0	0	4	0	64	932	0	1000	93,2
Eau	0	0	0	0	0	0	0	1000	1000	100
Total	991	1013	1019	983	901	1039	964	1001	7911	
Producer Accuracy (%)	96,4	95,8	97,1	98,4	97	92,7	96,7	100		
Overlay Accuracy (%)	96,7									

La précision globale de la classification sur les images Landsat-5 et Landsat-7 en 2007 sur l'ensemble du paysage des Virunga est de 96%. L'ensemble des classes d'occupation des sols ont des précisions producteurs et utilisateurs au-delà des 90%. La classe "cours d'eau et lac" a une précision productrice et utilisateur de 100% permettant d'extraire sans omission ou commission de toutes les surfaces liées à cette classe. La classe forêts denses et forêts claires ont respectivement des précisions productrices de 96,4% et 95,8%. Ces statistiques montrent la qualité des résultats du traitement et d'extraction des classes.

Matrice de confusion de la classification d'image de 2017

	Forêts denses	Forêts claires	Savane Arbustive	Savane herbeuse	Agricole	Urbain	Sol nu	Eau	Total	User Accuracy (%)
Forêts denses	936	33	18	11	2	0	0	0	1000	95,5
Forêt claire	20	976	2	2	0	0	0	0	1000	97
Savanes Arbustives	5	6	971	0	18	0	0	0	1000	98,9
Savanes herbeuses	6	0	16	956	16	6	0	0	1000	96,7
Agricole	0	4	20	36	934	5	0	0	999	95,9
Urbain	0	0	0	0	15	951	34	0	1000	96,3
Sol nu	0	0	5	16	0	76	903	0	1000	93,2
Eau	0	0	0	0	0	0	0	1000	1000	100
Total	967	1019	1032	1021	985	1038	937	1000	7911	
Producer Accuracy (%)	96,8	95,8	94,1	93,6	94,8	91,6	96,4	100		
Overlay Accuracy (%)	95,4									

La précision globale de la classification sur les images Sentinel-2 en 2017 sur l'ensemble du paysage des Virunga est de 95,4%. L'ensemble des classes d'occupation des sols ont des précisions producteurs et utilisateurs au-delà des 90%. Sur cette classification, la classe zone "urbain" est à une précision productrice de 91% inférieur à la précision productrice de toutes les autres classes. Cette valeur de précision producteur de la classe "urbain" s'explique par la confusion observée entre cette classe et la classe "sol nu". Ces statistiques montrent la qualité des résultats du traitement et d'extraction des classes.

Annexe 3 : Liste des essences proposés pour le projet ECOmakala par les planteurs pendant l'enquête du projet

Mbele
 Acrocarpus
 Musavu
 Pinus patula
 Tuna
 Misevere
 Muhangahanga
 Kikohwa
 Igifurafura
 Bricot
 Muringa
 Casuarina
 Mugando
 Mivumu
 Kikohwa

Mirengere
Mbina
Mulengera
Liboyo
Kibiriti
Mutushu
Musone
Mighandwe
Mulengere
Mutsafu
Mutusu
Figien,
Mubiritsa
Munee
Mulingandi