

Production anti-écologique de charbon de bois en périphérie des localités Kinseki et Ntampa: Une nécessité de recourir au langage de modélisation UML pour la lutte contre la déforestation

[Anti-ecological production of charcoal on the outskirts of Kinseki and Ntampa localities: A need to use UML modeling language for the fight against deforestation]

Sylvain Mavinga¹, Félicien Lukoki², D. E. Musibono³, Apollinaire Biloso⁴, and Lambert Binzangi⁵

¹Unité de Communication Environnementale, Faculté des Sciences Agronomiques, Département des Ressources Naturelles, BP 314 Boma, RD Congo

²Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département de Biologie, BP 190 Kinshasa XI, RD Congo

³Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Sciences de l'Environnement, BP 190 Kinshasa XI, RD Congo

⁴Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département d'Economie Agricole, BP 117 Kinshasa XI, RD Congo

⁵Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Sciences de l'Environnement, BP 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Kinseki and Ntampa, the traditional oven (earth millstone) is the only technique used which is used in the process of the anti-ecological production of charcoal « makala ». Its qualitative and quantitative yield depends on the good handling of experienced and conscientious charcoal burners. Nevertheless, it leads to the destruction of biotopes, reduces forest or savannah biological diversity, degrades the soil, modifies the proper functioning of the biogeochemical and climatic cycles of the surrounding environment. Indeed, the majority of the peasant community remains in ecological ignorance which does not allow it to fight against the regressive series which characterizes the forest or the savannah, therefore the major concern of the charcoal burners is to have a large quantity of plant species in as little time as possible, without making a physical environmental accounting of the phytomass. This way of behaving transforms the primitive woody landscape into an anthropogenic grassy landscape and particularly accelerates deforestation. How to model with UML, the anti-ecological production system of charcoal, in order to fight against deforestation? What are the plant species most exploited by charcoal burners for the production of charcoal? With regard to these two questions, it is considered that the design of activity diagrams based on environmental and computer knowledge seems to be adequate to fight against deforestation; the most exploited species are those found in the savannas.

The results obtained in the field show that the anti-ecological production of charcoal is practiced either in the forest (opinion of 88% of the subjects surveyed), or in the savannah (opinion of 12% of the subjects surveyed); no coal maker applies ecological principles (opinion of 100% of subjects surveyed); 91% of surveyed households are composed of more than 5 people against 9% who have only less than 5 people; 91% of the subjects surveyed have a low monthly income (i.e. less than \$199); 100% of the subjects surveyed do not replace cut trees in the forest or savannah with others.

KEYWORDS: Anti-ecological production, charcoal, Kinseki, Ntampa, traditional oven, deforestation, UML.

RESUME: A Kinseki et à Ntampa, le four traditionnel (meule de terre) est la seule technique utilisée qui est mise à contribution dans le processus de la production anti-écologique de charbon de bois « makala ». Son rendement qualitatif et quantitatif dépend de la bonne manipulation des charbonniers expérimentés et consciencieux. Néanmoins, elle entraîne la destruction des biotopes, réduit la diversité biologique forestière ou savanicole, dégrade les sols, modifie le bon fonctionnement des cycles biogéochimiques et climatiques de l'environnement ambiant. En effet, la majorité de la communauté paysanne reste dans l'ignorance écologique qui ne lui permet pas de lutter contre la série régressive qui caractérise la forêt ou la savane, dès lors la préoccupation majeure des charbonniers est d'avoir une grande quantité d'espèces végétales en moins de temps possible, sans faire une comptabilité environnementale physique de la phytomasse. Cette façon de se comporter, transforme le paysage ligneux primitif en paysage herbeux anthropogène et accélère particulièrement la déforestation. *Comment modéliser avec UML, le système de production anti-écologique de charbon de bois, en vue de lutter contre la déforestation ? Quelles sont les espèces végétales les plus exploitées par les charbonniers pour la production de charbon de bois ?* Au regard de ces deux questions, l'on estime que la conception des diagrammes d'activités fondés sur des connaissances environnementales et informatiques semble être adéquate pour lutter contre la déforestation; les espèces les plus exploitées sont celles qui se trouvent dans les savanes.

Les résultats obtenus sur le terrain permettent de retenir que la production anti-écologique de charbon de bois se pratique soit dans la forêt (avis de 88 % des sujets enquêtés), soit dans la savane (avis de 12 % des sujets enquêtés); aucun charbonnier n'applique les principes écologiques (avis de 100 % des sujets enquêtés); 91 % de ménages enquêtés sont composés de plus de 5 personnes contre 9 % qui n'ont que moins de 5 personnes; 91 % des sujets enquêtés ont un revenu mensuel faible (soit moins de 199 \$); 100 % des sujets enquêtés ne remplacent pas des arbres coupés en forêt ou en savane par d'autres.

MOTS-CLEFS: Production anti-écologique, charbon de bois, Kinseki, Ntampa, four traditionnel, déforestation, UML.

1 INTRODUCTION

«En l'an 2000, le secteur boisé recouvrait environ 3,9 milliards d'hectares, soit en gros 30% de la surface émergée de la planète, mais chaque année, le couvert forestier mondial se réduit » (Lester, 2001). «Dans les forêts africaines, les populations s'intéressent beaucoup plus à l'exploitation de bois que toute autre ressource végétale, provoquant par ce fait la déforestation. Comme on peut le remarquer, «les activités pratiquées par l'homme dans les forêts tropicales sont souvent la cueillette, l'extraction de bois pour l'énergie domestique..., doublés de feu, qui dégrade la surface de la Terre, et cela, de manière encore plus étendue» (Binzangi, 1989). Qui plus est, au début du 20^{ème} siècle, les villes, cités, localités et villages de la République Démocratique du Congo (RDC) étaient entourés des écosystèmes forestiers que les populations considéraient comme de véritables réservoirs, en ce qui concerne les combustibles ligneux, autrement appelés pétrole du pauvre". Mais à ce jour, spécialement dans les milieux forestiers, le prélèvement de milliers de tonnes de grumes et d'autres formes d'exploitation représentent une menace en RDC. «La pression anthropique exercée sur les forêts congolaises trouve partiellement sa justification dans la quête de la survie des populations» (Mavinga, 2013).

A Kinseki et à Ntampa, la déforestation progresse de manière démesurée et a une gravité telle que tout autour des implantations humaines, il n'y a que de savanes, dont la biomasse a fortement diminué. Cela est dû notamment à la pression démographique toujours croissante, à l'intensité de l'agriculture non sédentarisée, à la récolte du bois de feu, à la production anti-écologique de charbon de bois, à la faiblesse des institutions qui devraient gérer la forêt, au non-respect de la jachère, etc. Eu égard à ce qui précède, l'on se pose la question suivante: *Quels sont les principaux sites de production de charbon de bois ?* Les savanes restent probablement les principaux sites de production anti-écologique de charbon de bois.

L'objectif global de cette publication scientifique est de permettre la restauration des milieux forestiers illégalement exploités à Kinseki et à Ntampa, en développant des boîtes à idées modélisées et des recommandations pour les populations locales, décideurs politiques, chercheurs, opérateurs économiques, etc. Les objectifs spécifiques de l'étude sont en effet: concevoir à l'aide des diagrammes d'activités des ménages un modèle qui décrit le déroulement des activités liées à l'utilisation illégale de la forêt ou de la savane ainsi que la plantation des arbres dans l'aire d'étude; déterminer les principales espèces végétales les plus exploitées par les charbonniers; analyser les variantes qui sont liées aux principaux sites de production anti-écologique de charbon de bois. En plus, cette recherche propose aux différents scientifiques et acteurs environnementaux les solutions durables qui peuvent significativement atténuer la progression des activités qui conduisent à la dégradation et à la déforestation.

2 PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

Le milieu exploité est le territoire de Kasangulu/province du Kongo Central (carte 1). Avec sa superficie de 4 680 km², il comporte trois secteurs: Kasangulu, Luila et Lukunga Mputu. Dans le cadre de cette étude, les localités Kinseki et Ntampa ont été prises en compte, du fait qu'elles sont réputées pour leur grande production de charbon de bois. Elles renferment non seulement la population indigène appartenant à des différentes tribus relevant de la grande ethnie des "Bakongo", mais aussi celle qui tire le plus clair de ses ressources des produits forestiers ligneux destinés principalement à l'approvisionnement de grands centres de Kinshasa qui deviennent toujours plus peuplés.

Le terme "Kasangulu" tire son origine de l'existence à l'époque coloniale, à la cité de Kasangulu, d'un grand marché où les portugais venaient faire le troc des étoffes appelés "Kasa" (une sorte de tissu noir bleuâtre très dur et fort apprécié par la population paysanne) avec des porcs ("Ngulu" en Kikongo), amenés par les paysans. C'est pourquoi, on baptisera ce lieu de Kasangulu, au détriment de son ancienne appellation, "Kigalu". Ce nom sera étendu à l'ensemble du territoire de Kasangulu qui faisait partie du district des Cataractes. Les termes "Kinseki" et "Ntampa" tirent leur origine d'avant l'époque coloniale. Kinseki a été construit sous l'existence du chef M'voto venant de Kongo dia Ntotila, c'est-à-dire de San Salvador en Angola et Ntampa, sous le règne du chef Mamputu qui fut un grand meurtrier. Ces deux localités sont construites sur un plateau dont le Sud-Est est dominé par une plaine rattachée à un talus dont la composition géologique présente deux types de roches sédimentaires: cohérente et meuble.

« Du point de vue pédologique, les sols kaolisols sont les plus répandus. Quant à la végétation, elle est composée d'une mosaïque faite de forêts et de savanes » (Binzangi, 1998). En outre, certains arbres, arbustes et arbrisseaux sont clairsemés avec des troncs tortueux, conséquence directe des incendies occasionnés par les mange-forêts. De ce fait, la végétation climacique a fini par laisser sa place à des pyrophytes. En plus, les syndromes de la végétation perturbée sous la pression de la population locale sont devenus très visibles dans le milieu rural exploré. Sur le plan phytogéographique, «le Kongo Central en général, et les localités susmentionnées en particulier, appartient à la région guinéo-congolaise, domaine du bassin congolais. Dans cet espace géographique, la flore présente une large prédominance des éléments guinéens» (Lukoki, 2005).

localités du territoire de Kasangulu. En se basant sur le constat énoncé par le PNUD/UNOPS (1998) cité par Biloso (2008): « *En cas d'absence de statistiques plus précises, il vaut mieux prendre des mesures fondées sur un jugement sain, même s'il n'est pas trop documenté que d'attendre sans fin d'obtenir des statistiques adéquates ou encore de ne rien faire du tout* », nous avons consulté les informants clés afin d'avoir leurs avis sur les aspects abordés. Il s'agit de deux chefs coutumiers de terres (les anciens de 3^{ème} et 4^{ème} âges), deux agents de l'Agence Nationale des Renseignements, d'un chef de groupement Ntampa. Cependant, ni informations détaillées concernant le recensement de la population ou des indices de pauvreté à l'échelle des localités, ni des cartes détaillées et récentes n'étaient disponibles. Ainsi, les principales informations recensées sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Principales informations sur les localités Kinseki et Ntampa

Critère	Localité	
	Kinseki	Ntampa
Etat de la forêt	Forêt naturelle très dégradée, pas de plantations	Forêt naturelle très dégradée, pas de plantations
Nombre de ménages approximatifs	400	350
Activités principales	Production de charbon de bois	Production de charbon de bois
Disponibilité de revenus mensuels	Faible	Faible
Eloignement de la forêt par rapport aux localités cibles		
Période d'exploitation de la forêt	Distance estimée (en km)	Distance moyenne estimée (en km)
2015-2020	De 8 à 11	9,5 ± 2,12

Le tableau 1 permet de constater qu'entre 2015 et 2020, la série régressive a déjà pris des dimensions spatiales très importantes suite au renchérissement des combustibles conventionnels, de l'électricité, des appareils électro-ménagers, etc.

S'agissant de méthodes, nous avons utilisé l'observation transversale, l'approche systémique, l'analyse statistique. Quant aux techniques, nous avons recouru à la recherche documentaire, la pré-enquête et connaissance de l'aire d'étude, l'échantillonnage, l'enquête par questionnaire, l'interview guidée. Pour comparer les fréquences de deux groupes afin d'inférer une relation, nous avons appliqué le test statistique Chi-carré (χ^2) en vue de rejeter ou non l'hypothèse nulle (H_0), donc de prendre une décision.

Pour ce qui est de la modélisation, UML a été utilisé en vue de dégager un processus de décision et stratégique lié à l'utilisation de la forêt ou de la savane.

3.1 ECHANTILLONNAGE

Les enquêtes ainsi que des discussions ouvertes combinées avec des observations sur le terrain étaient les principaux outils pour étudier les processus de la production anti-écologique de charbon de bois qui se pratique dans les zones périphériques de Kinseki et Ntampa. Dans un premier temps, des discussions ouvertes avec un responsable d'ONG local et deux représentants des autorités territoriales concernées avec "la gestion des forêts" ont été menées. Subséquemment, des interviews semi-directifs avec les chefs coutumiers de terre de Kinseki et Ntampa, deux anciens de 3^{ème} et 4^{ème} âges, ainsi qu'avec trois informateurs clés concernant, entre autres, le cadre historique et culturel des localités, l'utilisation des terres, la collecte et la vente de charbon de bois. En substance, cinquante paysans dans chaque localité ont été enquêtés. Les interviews abordaient le thème relatif à l'obtention d'un permis de coupe d'arbres auprès de l'Etat congolais avant l'exploitation, à la sélection des espèces végétales les plus utilisées, aux dimensions requises par du bois à carboniser, aux sites de production anti-écologique de charbon de bois, à la pratique de la jachère forestière. Avec les données collectées lors de ces discussions ouvertes, des variables telles que le nombre de personnes étant rattaché aux ménages, la fourchette de revenus mensuels, l'utilisation de la forêt ou de la savane et les plantations des arbres permettant de caractériser les ménages ont été identifiées.

De plus, une enquête effectuée à l'aide d'un court questionnaire semi-directif à questions fermées portant sur les ménages a permis d'obtenir des informations caractérisant ces derniers. Ainsi, 100 questionnaires fermés avaient été respectivement réalisés à Kinseki et à Ntampa.

4 ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT DU SYSTÈME DE L'INCENDIE DE FORÊT OU DE SAVANE

L'analyse de l'environnement du système de l'incendie de forêt (figure 1) permet de construire une vision simplifiée d'une réalité complexe qui existe entre homme, faune, végétation, topographie et climat (Napoli, 2021). Malheureusement, elle n'est pas bien comprise par le pyromane ou charbonnier qui exploite démesurément la forêt tout comme la savane, et ce, bouleverse tout un système des interactions multiples et complexes qui existent entre les paysans et leur milieu naturel. Or, la forêt ou la savane renferme un ensemble d'éléments physico-chimiques qui détermine un milieu dans lequel vivent une flore et une faune spécifiques. Ce pourquoi son ordre qualitatif doit être préservé.

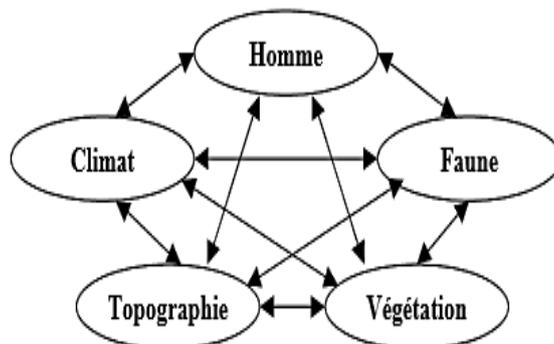


Fig. 1. L'environnement du système incendie de forêt

Source: Napoli, 2021

Eu égard à ce qui précède, il y a lieu de remarquer que l'environnement de système de l'incendie de forêt ou de savane repose sur l'interaction ou l'interrelation, la totalité ou globalité et l'organisation d'éléments. L'interaction ou l'interrelation n'est rien d'autre que l'action réciproque des éléments en présence. La totalité ou la globalité est donc l'unité des éléments dans leur ensemble. Et tout en étant ensemble, la totalité ne se réduit pas à la somme des parties du système, d'où « le tout est plus que la somme de ses parties ». L'organisation fait comprendre ce qu'un système. Cette dernière apparaît dans l'agencement d'une totalité en fonction de la répartition de ses éléments en niveaux hiérarchiques. C'est-à-dire, la matière, l'énergie et l'information s'assemblent et forment une totalité pour le bon fonctionnement des structures fonctionnelles dans la forêt et la savane. Selon leur degré d'organisation, une totalité n'aura pas les mêmes propriétés.

5 MODÉLISATION UML

«UML ou langage de modélisation unifié, de l'anglais Unified Modeling Language, est un langage de représentation des modèles, basé sur des notations graphiques simples et compréhensibles par des non scientifiques. C'est donc un outil de dialogue qui devient progressivement la référence en termes de modèles-objets » (Bommel, 2004). L'objet représente le module élémentaire de ce concept de modélisation. Il est décrit comme une entité regroupant un ensemble de données, les actions qu'on peut faire sur elles et leur comportement. En outre, un diagramme UML est une représentation graphique, qui s'attache à une forme précise du modèle. « Le langage UML est utilisé pour spécifier le modèle et pour le simplifier au mieux sans perdre de vue le principal objectif qui est de garder une certaine complexité » (Promburom et al., 2005). A cet effet, Mavinga (2021), rappelle que l'UML est un langage de modélisation au sens théorique des langages qui renferme des concepts, une syntaxe et une sémantique. Son aspect visuel facilite la comparaison et l'évaluation des solutions. De plus, son indépendance (par rapport aux langages d'implémentation, domaine d'application, processus...) en fait un langage universel.

Dans de cette recherche, il dispose les diagrammes pour représenter les modèles (vues subjectives, mais pertinentes de la réalité) dont la finalité est de donner une représentation simplifiée ne retenant que les éléments et les interactions les plus significatifs (modèle cognitif); fournir au décideur des schémas qui lui permettent de prendre rapidement une décision en présence soit d'une information trop abondante et donc difficilement maîtrisable soit au contraire d'une information lacunaire ou incertaine (modèle décisionnel); permettre à partir de la connaissance de l'état présent et passé de la forêt et de la savane, de déduire le comportement futur (modèle prévisionnel).

5.1 MODÈLE RELATIF AU PROCESSUS DE DÉCISION LIÉ À L'USAGE DE LA FORÊT OU LA SAVANE

Lors des entretiens semi-directifs qui ont précédé les entretiens fermés dans les localités Kinseki et Ntampa, les premières hypothèses sur les processus de décision concernant l'utilisation de la forêt ou savane ont été émises. La principale raison de l'utilisation illégale de la forêt ou savane, donnée par les enquêtés aux localités cibles, était la mauvaise situation socio-économique en général. Les jeunes surtout n'avaient pas la possibilité de travailler ailleurs pour gagner leur vie. « On sait que ce que l'on fait détruit la forêt ou la savane. On aimerait bien exercer un autre travail, s'il y en avait. Mais on ne peut trouver rien d'autre ». À ceci s'ajoute la petite taille de la propriété terrienne des ménages, qui les « oblige » à produire du charbon de bois pour survivre. Presque tous les enquêtés, surtout à Ntampa, ont souligné qu'il était important de louer des terres (espace forestier ou savanicole) pour arriver à l'objectif d'autosuffisance en énergie bois. D'après eux, la seule façon de gagner l'argent nécessaire pour louer ces terres était l'utilisation commerciale de la forêt ou de la svane. Ainsi, deux premiers diagrammes d'activités des ménages concernant l'utilisation illégale de la forêt ont été construits sur la base de ces informations (figures 2 et 3).

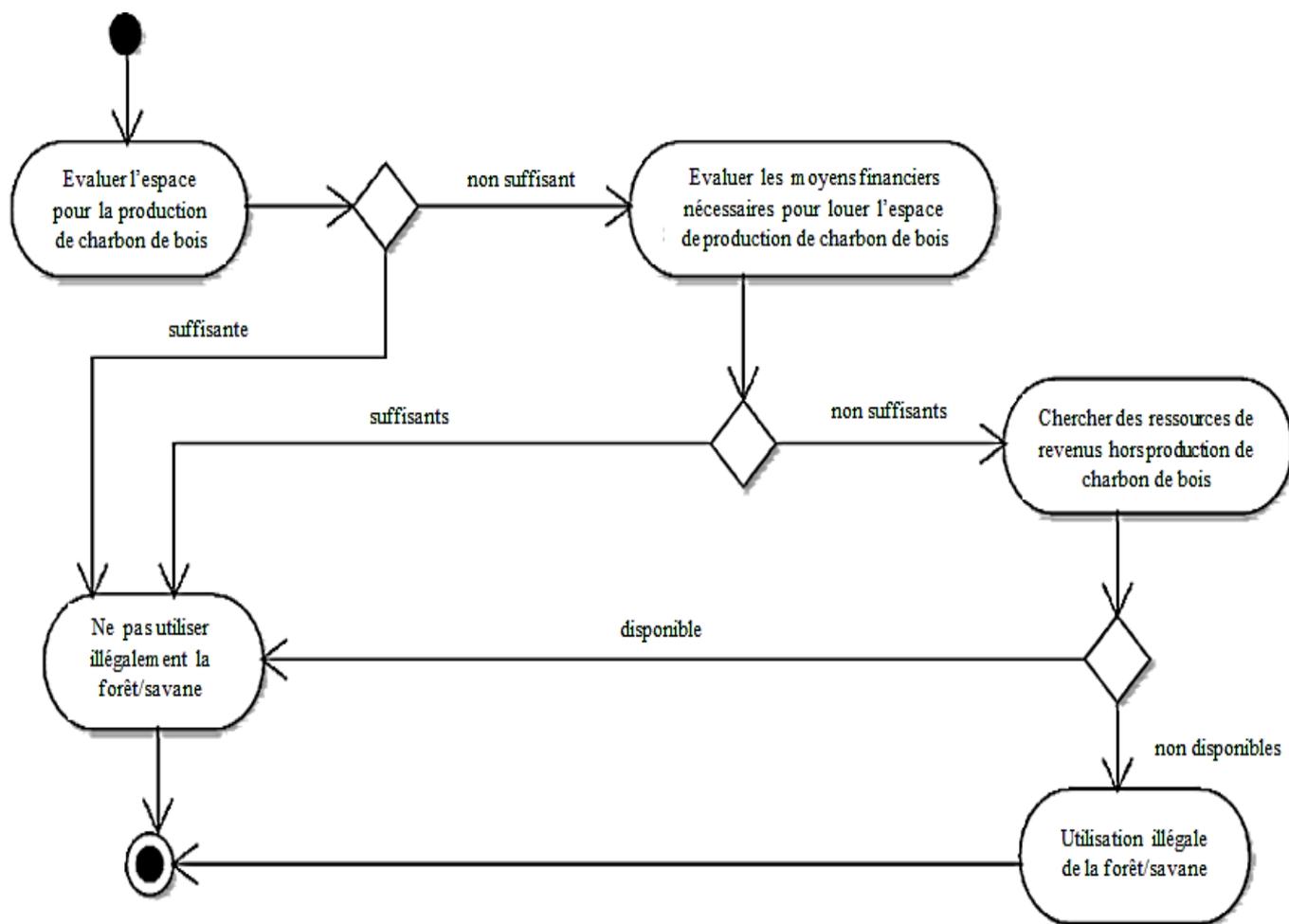


Fig. 2. Premier diagramme d'activité des ménages relatif à l'utilisation illégale de la forêt ou de la savane

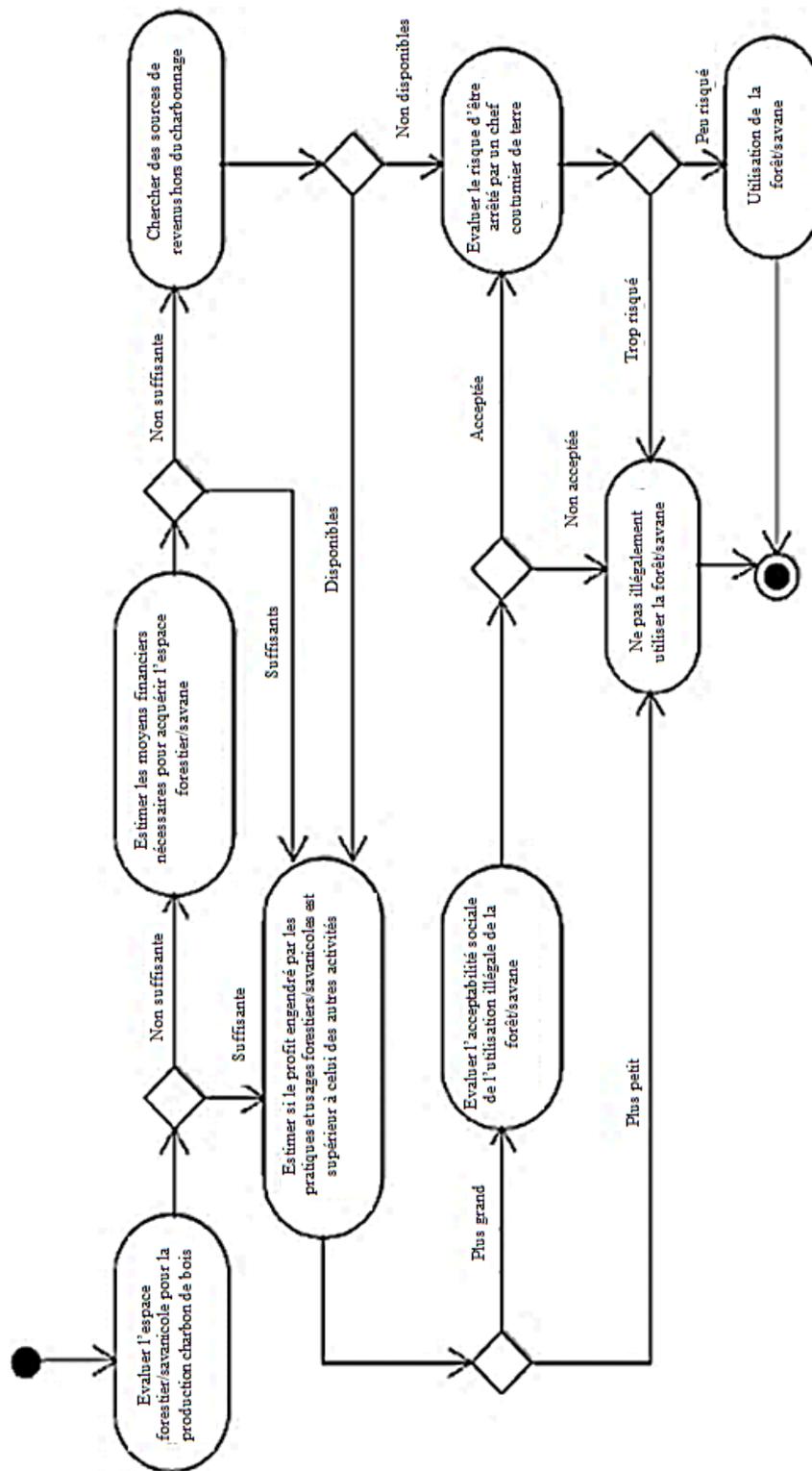


Fig. 3. Deuxième diagramme d'activité des ménages relatif à l'utilisation illégale de la forêt ou savane

Dans ce premier modèle basé sur les figures 2 et 3, la question centrale est de savoir si un ménage/un couple/une famille a suffisamment de terres à exploiter pour produire la quantité nécessaire de charbon de bois au cours de l'année. S'il en a assez, le ménage n'utilisera pas la forêt commercialement. Si, au contraire, il ne dispose pas suffisamment de terrain, les membres de ce ménage devront louer des terres supplémentaires s'ils en ont les moyens, trouver d'autres sources de revenus sinon. La première priorité est le travail temporaire ou régulier. Ce n'est en effet qu'en cas d'absence d'emploi, qu'ils utiliseront la forêt illégalement pour faire du profit. Les étapes de ce modèle ont été présentées et discutées dans les deux localités.

5.2 MODÈLE RELATIF À LA DÉCISION DE PLANTER DES ARBRES

La première étape dans le processus de décision consiste à déterminer si un ménage est réellement motivé pour planter des arbres sur ses propres terres (figure 4). Cette étape est fortement influencée par la disponibilité de la forêt pour les ménages. Tant que la forêt assure l'approvisionnement en bois énergie, l'intérêt réel pour la plantation d'arbres sur leurs propres terres est donc limité. La décision de planter est alors un renoncement à la consommation présente. Or, dans le contexte des forêts et des savanes en périphérie de Kinseki et Ntampa, ce renoncement est une contrainte majeure, surtout pour les types autovalorisant et autosuffisant. L'espace forestier ou savanicole doit être suffisant pour couvrir les besoins en charbon de bois lorsque la croissance des arbres repoussera. Les petits propriétaires devront probablement changer leur mode d'utilisation déjà intensif des terres. Même s'ils plantent des essences à croissance rapide, ils ne pourront tirer des bénéfices de leur investissement avant cinq à six ans voire plus. Entre temps, ils devront financer leurs besoins quotidiens qui, autrement, auraient été satisfaits grâce aux revenus de charbonnage annuels, aussi maigres soient-ils. L'étape «Évaluer la terre disponible pour planter des arbres» estime donc si les ménages ont assez de terres pour réaliser des plantations d'arbres. La surface souhaitée est éventuellement diminuée dans cette étape.

En réalité, dans les zones rurales, quand il n'y a pas assez de terres pour faire vivre une population de plus en plus nombreuse dépendant de la production anti-écologique de charbon de bois, les pressions qui s'exercent sur les forêts ou savanes déjà exploitées deviennent encore plus intenses. A la suite des héritages, du morcellement des propriétés entre membres d'une même famille et des ventes de concessions forestières ou savaniques, la taille moyenne des arbres à exploiter diminue dans les zones périphériques forestières des localités étudiées. A mesure que les ressources du ménage faiblissent, les arbres sont parfois sacrifiés pour faire face à des besoins plus urgents.

Face à ces constats, des solutions peuvent être envisagées dans le but d'améliorer la surface du couvert forestier. L'arbre hors forêt, planté par le paysan peut être proposé comme solution. De plus, les attentes de la participation semblent être différentes pour les différents acteurs. Les paysans espèrent obtenir plus de revenus de la forêt ou de la savane et pouvoir exploiter de plus grandes surfaces sans planification.

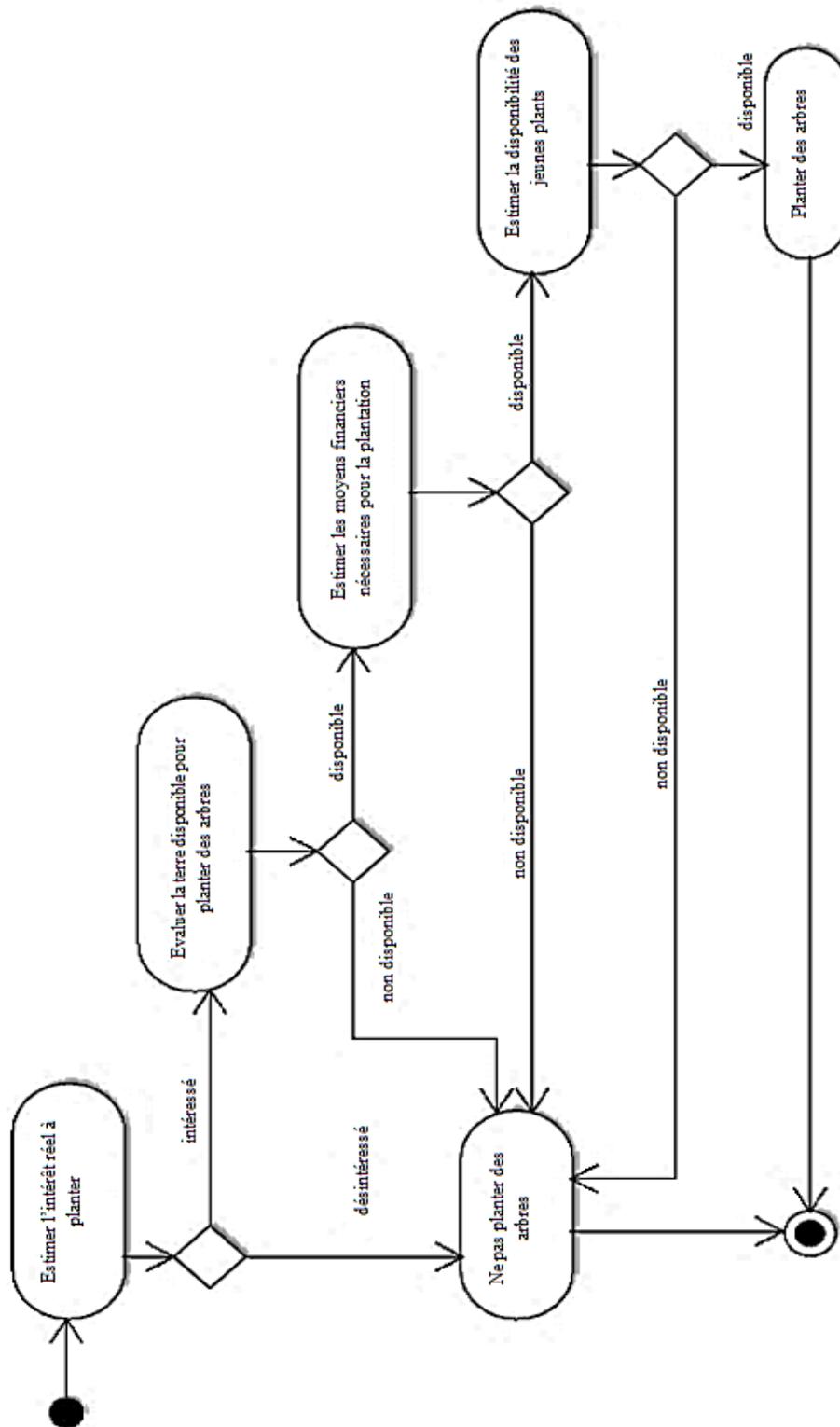


Fig. 4. Diagramme d'activité des ménages relatif à la plantation des arbres

Par ailleurs, l'étude a été menée entre le 15 décembre 2021 et 30 mars 2022. Les questions posées étaient les suivantes:

1. Pratiquez-vous le charbonnage au niveau de la forêt ? Oui ou non
2. Depuis le début de la production de charbon de bois, utilisez-vous la forêt ou la savane selon les principes écologiques ? Oui ou Non
3. La taille de votre ménage est-elle supérieure à 5 personnes ? Oui ou Non

4. Votre revenu permet-il de couvrir les besoins ménagers mensuels ? Oui ou Non
5. Les arbres que vous coupez en forêt sont-ils remplacés par d'autres ? Oui ou Non

Au regard des questions posées ci-dessus, nous estimons que tous les charbonniers pratiquent leurs activités dans les savanes du fait que le recul des forêts secondaires se sont sensiblement fait remarquer. Il y a lieu de dire qu'il y a ruptures d'équilibres écologiques en forêt ou savane, entre autres, la réduction des activités photosynthétiques qui par effet d'entraînement est source de beaucoup de faits néfastes sur les services écosystémiques. Le nombre de personnes dans les ménages est une demande potentielle permanente vis-à-vis de la forêt ou savane, surtout ceux qui ont plus de 5 personnes. Quoiqu'il en soit, la fourchette de revenus mensuels ne couvre pas les besoins ménagers due à plusieurs facteurs interréliés. Les charbonniers ne remplacent pas les arbres coupés par d'autres dû essentiellement à l'intensification de la cueillette de bois de feu sans reboisement.

6 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 2. Avis des sujets enquêtés relatifs à la pratique du charbonnage en forêt

Modalité	Fréquence observée	%	Fréquence attendue	χ^2
Oui	12	12	50	28,88
Non	88	88	50	
Total	100	100	100	

La lecture de données du tableau 1 révèle que sur les 100 charbonniers enquêtés, 88 % affirment que la production de charbon de bois se pratique au niveau de la savane. Car, la forêt jadis déjà dégradée connaît un recul de grande ampleur qui interpelle. Par contre, 12 % produisent le charbon de bois au niveau de la forêt, du fait que les dimensions des essences ligneuses tant du point de vue de la hauteur que de diamètre sont moins réduites par rapport à celles de la savane. De plus, « les chantiers de production anti-écologique de charbon de bois situés dans la forêt et la savane sont convertis en plantation de bananiers, maïs, etc. ou plus banalement en champs vivriers les mois qui suivront » (Mavinga, 2019). A cet effet, l'on constate que la pratique de la jachère forestière ou savanicole est de mise, mais, elle est toujours courte, soit moins de 5 ans, car les paysans ne dépendent que de la culture de subsistance pratiquée, entre autres, sur des espaces forestiers ou savanicoles.

En analysant la valeur de χ^2 du tableau 1, H_0 est rejetée. Car, cette valeur est supérieure à la valeur critique $\chi^2_{0,95}$ au seuil de 5 % avec un degré de liberté 1. Ainsi, les résultats du terrain permettent de conclure que le charbon de bois est plus produit dans la savane que dans la forêt. En outre, les sujets enquêtés, reconnaissent aussi que les techniques de carbonisation et la coupe répétée des arbres ont une évolution régressive cumulée sur la déforestation telle qu'il est illustré par la figure 1 et photo 1. Ainsi, les résultats de Binzangi (1989) confirment que sur l'aire de carbonisation, le sol est brûlé jusqu'à une profondeur d'environ 10 cm, voire plus.

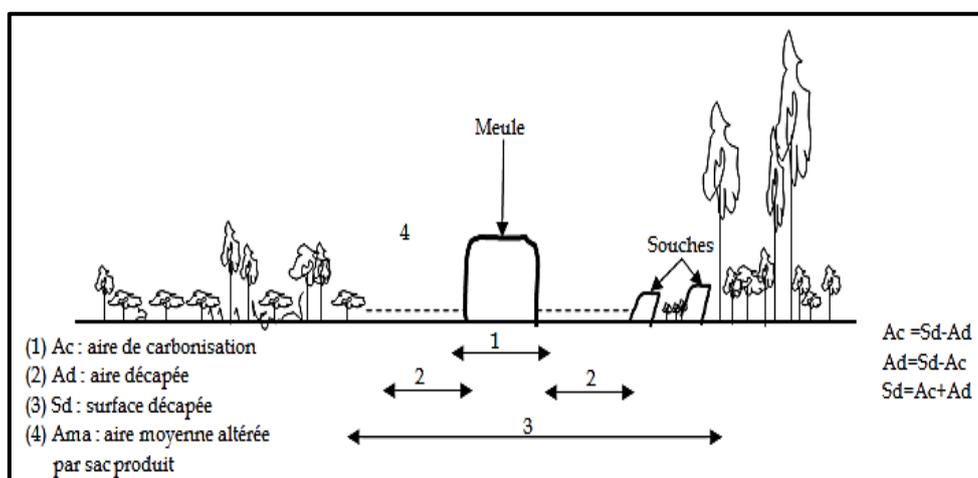


Fig. 5. Aire de production de charbon de bois

Source: Mavinga (2019)



Photo 1. Fabrication de charbon de bois à l'aide d'un four traditionnel à Kinseki (Photo Mavinga, 2015)

En outre, les fours de "makala" sont fabriqués de manière disséminée, en trois dimensions différentes: grand (7 m³ ou plus, d'un mètre de hauteur), moyen (4 à 6m³, d'un mètre de hauteur), petit (1 à 3 m³, d'un mètre de hauteur), tout en sachant que le petit four de "makala" peut produire 5 sacs de "makala" pendant 3 jours de carbonisation; le four moyen de "makala" peut donner 10 sacs de "makala" durant près de 5 jours de carbonisation; le "grand four" de "makala" peut produire 30 sacs de "makala", durant près d'une semaine de carbonisation.

Tableau 3. Avis des sujets enquêtés relatifs à l'utilisation de la forêt ou la savane selon les principes écologiques

Modalité	Fréquence observée	%	Fréquence attendue	χ^2
Oui	0	0	50	50
Non	100	100	50	
Total	100	100	100	

L'analyse de données du tableau 2 renseigne que les 100 % des charbonniers enquêtés, affirment qu'ils n'appliquent pas les principes écologiques tels que "tout retrait nécessite une restitution", "la nature a horreur du vide", "tout est lié à tout". A ce point de vue, Thonya et Mavinga (2021) renseignent qu'il y a donc la perturbation des cycles biogéochimiques qui par effet d'entraînement est source de beaucoup de faits néfastes sur les services écosystémiques.

Au regard de l'analyse statistique de données du tableau 2, il y a lieu de noter que la valeur de χ^2 est supérieure à la valeur critique $\chi^2_{0,95}$ au seuil de 5 % avec un degré de liberté 1. De ce fait, H_0 est rejetée. Ainsi, les résultats du terrain permettent de conclure qu'aucun charbonnier ne pratique les principes écologiques, que ce soit au niveau de la forêt tout comme au niveau de la savane.

Tableau 4. Avis des sujets enquêtés relatif à la taille du ménage composant plus de 5 personnes

Modalité	Fréquence observée	%	Fréquence attendue	χ^2
Oui	91	91	50	33,62
Non	9	9	50	
Total	100	100	100	

En se référant aux résultats du tableau 3, l'on se rend compte que sur les 100 ménages enquêtés, 91 % affirment que la taille de leur ménage est composée de plus de 5 personnes, contre 9 % de ménages qui n'ont que moins de 5 personnes. En sus, plus le nombre de personnes au sein du ménage augmente, plus les paysans s'adonnent à l'exploitation des formations forestières en vue d'assurer, au quotidien leur survie dont la finalité est l'apparition d'un déséquilibre sur le cycle naturel des ressources essentielles. Avec les résultats de Mavinga (2013), l'on note qu'à Kinseki et à Ntampa, la taille du ménage la plus

importante est 12 et la moins importante est 1, mais tous surexploitent les espaces boisés sans tenir compte de leur temps nécessaire pour se reconstituer ou se régénérer.

Après l'analyse statistique de données du tableau 3, l'on se rend compte que la valeur de χ^2 trouvée est supérieure à la valeur critique $\chi^2_{0,95}$ au seuil de 5 % avec un degré de liberté 1. A cet effet, H_0 est rejetée. Donc, les résultats de terrain permettent de conclure que tous les ménages ont approximativement plus de 5 personnes.

Tableau 5. Avis des sujets enquêtés relatif à la couverture des besoins ménagers mensuels

Modalité	Fréquence observée	%	Fréquence attendue	χ^2
Oui	9	9	50	33,62
Non	91	91	50	
Total	100	100	100	

L'analyse des aspects socio-économiques réalisée grâce au tableau 4, permet de préciser que sur les 100 sujets enquêtés, 91 % reconnaissent que leur revenu mensuel réalisé est faible (soit moins de 199 \$). A cet effet, ils sont incapables de faire face à la couverture des besoins familiaux, entre autres, le nombre de repas par jour est de deux au lieu de trois, à cause notamment de la dégradation ou déforestation. Curieusement, les 9 % des sujets enquêtés estiment que leur revenu mensuel réalisé est passable, du fait qu'il est lié à la taille du ménage. Les résultats de Mavinga et al. (2017) précisent que dans l'hinterland de Kinshasa, la surface forestière (forêt climacique, forêt secondaire adulte) est passée de plusieurs dizaines de milliers d'hectares à presque zéro. Cette situation a détruit les valeurs culturelles et sociales des localités étudiées.

Après l'analyse statistique de données du tableau 4, l'on note que la valeur de χ^2 trouvée est supérieure à la valeur critique $\chi^2_{0,95}$ au seuil de 5 % avec un degré de liberté 1. Ainsi, nous rejetons H_0 pour ainsi conclure que presque tous les sujets enquêtés ont quasiment un revenu faible, ce qui fait qu'il est difficile de résoudre objectivement leurs besoins sociaux.

Tableau 6. Avis des sujets enquêtés relatifs au remplacement des arbres coupés en forêt par d'autres

Modalité	Fréquence observée	%	Fréquence attendue	χ^2
Oui	0	0	50	50
Non	100	100	50	
Total	100	100	100	

La lecture de données du tableau 5 permet de comprendre que les 100 % des sujets enquêtés ont reconnu qu'ils ne remplacent pas des arbres coupés en forêt par d'autres, d'autant plus que l'État est non seulement démissionnaire mais absentéiste. Les espèces les plus exploitées sont, entre autres, *Albizia adianthifolia*, *Albizia chinensis*, *Hymenocardia acida*, *Hymenocardia ulmoides*, *Millettia laurentii*, *Caloncoba welwitschii*. Certaines espèces préférées se sont déjà raréfiées. Dans le cadre du projet de développement du marché d'électricité pour la consommation domestique et à l'exportation (PMEDE), Mavinga (2016) révèle que si l'on coupe un arbre, il faut en planter au moins 5. Parce que sa vie a des impacts très significatifs dans l'environnement: du minéral à l'organique, de la respiration à la croissance.

Au regard de l'analyse statistique de données du tableau 5, il y a lieu de noter que la valeur de χ^2 est supérieure à la valeur critique $\chi^2_{0,95}$ au seuil de 5 % avec un degré de liberté 1. De ce fait, H_0 est rejetée et nous concluons qu'aucun charbonnier ne remplace des arbres coupés en forêt par d'autres.

7 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les localités dans lesquelles nous avons exploité avaient un potentiel forestier considérable dans les décennies passées. A ce jour, les paysans n'ont pas suffisamment des matières ligneuses pour vivre seulement du charbonnage. En plus, les alternatives économiques autres que la production anti-écologique de bois sont très rares. L'utilisation illégale des forêts ou des savanes est alors une stratégie naturelle qui génère des revenus pour les paysans mais avec des pratiques intensives et non durables. Les stratégies de restauration forestière doivent envisager l'encouragement de la collaboration et de l'échange entre les différents acteurs (les paysans, les scientifiques, les ONG, etc.). Cependant, les paysans les plus pauvres n'ont pas les ressources financières suffisantes pour entreprendre des plantations par leurs propres moyens. Au-delà de les motiver à

planter, il faudrait également les soutenir financièrement. En plus, la recherche forestière est importante, dès lors forêts indigènes sont dégradées et détruites par la population rurale. Ainsi, la question forestière ou savanicole ne pourra être résolue par des solutions techniques seules, mais avec une combinaison de solutions techniques et socio-économiques.

En sus, pour une réussite optimale, la gouvernance de l'environnement du système de production anti-écologique des étapes intermédiaires doivent être réalisées: effectuer dans les localités étudiées des levés de tous les espaces forestiers ou savaniques appartenant à l'État pour des raisons d'établissement des limites et d'évaluation des ressources. C'est de cette manière que des titres de propriété seraient obtenus pour les forêts ou les savanes qui n'en ont pas; établir, par ces levés des espaces cibles, les ressources disponibles pour un usage commercial ou pour préserver la biodiversité; attribuer des surfaces de plantation aux communautés étant donné que le service de reboisement du ministère de l'environnement et développement durable n'a pas reboisé de nouvelles zones ou même replanté des arbres dans les plantations où ils avaient été abattus au cours des dix dernières années. Mettre en place des conditions de la gestion en créant des conventions entre la communauté locale et le gouvernement congolais; utiliser les ressources obtenues grâce aux conventions pour financer la conservation et la protection des forêts et les replanter. Ces produits pourraient même faire l'objet d'un commerce et alimenter la ville de Kinshasa afin que la demande puisse être satisfaite; assurer des formations pour les agents et les chefs coutumiers de terres pour qu'ils soient à la hauteur de comprendre leur nouveau rôle de médiateur. De plus, ils peuvent aider les communautés paysannes à élaborer des plans de gestion et offrir une certaine assistance au niveau des zones forestières louées au secteur privé.

REFERENCES

- [1] ALBINI F A. (1985), A model for fire spread in wildland fuels by radiation; *Comb. Sci. Technol.* 42; pp. 229-258.
- [2] ALBINI F A. (1986), Wildland fire spread by radiation - a model including fuel cooling by natural convection; *Comb. Sci. Technol.* 45; pp. 101-113.
- [3] BEDU L., MARTIN C., KNEPFLER M., TALLEC M. & URBINO A. (1987), Appui pédagogique à l'analyse du milieu rural dans une perspective de développement. Montpellier, DAS-CIRAD, 191 p. Document Système Agraire, Vol. 8.
- [4] BILOSO A. (2008), Valorisation des produits forestiers non ligneux des plateaux de Bateke en périphérie de Kinshasa (RD Congo)", Thèse de doctorat, ULB. p. 235.
- [5] BINZANGI K., L. (1998), L'Environnement du Kongo Central: un patrimoine en péril, Lukuni Iwa yuma, vol. II n°1, Université Libre de Luozi, pp.55-73.
- [6] BINZANGI K., L. (1989), Contribution à l'étude du déboisement en Afrique tropicale: le cas du Shaba méridional, Faculté des Sciences, Université de Lubumbashi, p. 236.
- [7] BOMMEL P. (2004), Modélisation des dynamiques spatiales par la plate-forme Cormas. In: V. Faure, J.-C. Castella and D. Hervé (Eds.), *Atelier Modélisation Environnement, IRD-NSS Dialogues: Dynamique des paysages et aménagement du territoire.* p. 26.
- [8] DUPUY J.L. (1991), Modélisation prédictive de la propagation des incendies de forêts; Document P IF9103; Rapport bibliographique; Université Claude Bernard Lyon 1 / Institut National de la Recherche Agronomique; 64 p.
- [9] DUPUY J.L. (1997), Mieux comprendre et prédire la propagation des feux de forêts: expérimentation, test et proposition de modèles »; Thèse de Doctorat; Université Claude Bernard - Lyon I; 272 p.
- [10] LESTER B, R. (2000), *Eco-économie: une autre croissance est possible et durable*, Ed. du Seuil, New York, 438 p.
- [11] LUKOKI L., F. (2005), Notes de phytogéographie, Diplôme d'Études Supérieures/Gestion de l'Environnement, Faculté des Sciences. Département des Sciences de l'Environnement, Université de Kinshasa.
- [12] MC ARTHUR A.G. (1967), Fire behaviour in eucalypt forest; *Comm. Aust. For. Timb. Bur. Leaflet* 107, 100; 23 p.
- [13] MALELE M. et RITVISAY B. (1986), Les forêts dégradées des environs de Kinshasa: leur aménagement et leur contribution éventuelle à la production d'énergie domestique. Rapport général du projet lambeaux forestiers, SPIAF, Kinshasa, Zaïre, 76p.
- [14] MANOKA P. (2021), Communication personnelle, Bureau de localité Ntampa, Secteur de Luila, Territoire de Kasangulu/Kongo Central/RDC.
- [15] MAVINGA M., S. (2021), Notes de cours de Conception des systèmes d'information, Faculté des Sciences. Département de Mathématiques et Informatique, Université de Saint Dominique. Kinshasa/RDC.
- [16] MAVINGA M., S. (2019), Production de combustibles et dégradations des formations forestières dans l'Hinterland de Kinshasa, Thèse de doctorat en Sciences - Groupe: Environnement, Université de Kinshasa/RDC, 313 p.
- [17] MAVINGA M., S. (2013), Effets cumulés de la déforestation sur l'environnement des villages Kinseki et Ntampa (Bas-Congo), Faculté des Sciences. Université de Kinshasa, 192 p.
- [18] MAVINGA M., S., MANINGAMA M., P., LUKOKI L., F., MUSIBONO D.E., BINZANGI K., L. (2017). La production non rationnelle de combustibles ligneux dans l'Hinterland de Kinshasa et ses effets cumulés sur les revenus des paysans, dans

International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 Vol. 21 No. 2 Sep. 2017, pp. 284-290, en ligne <http://www.ijias.issr-journals.org/>, consulté le 18 février, 2022 à 23 h 52'.

- [19] NAPOLI A. (2021), Formalisation et gestion des connaissances dans la modélisation du comportement des incendies de forêt, Thèse de doctorat en Géographie. Université de Nice - Sophia Antipolis. France., p. 213.
- [20] NLANDU N., M. et MAVINGA M., S. (2020), Analyse de la performance du projet apicole de Luki, dans les secteurs de Boma Mungu, Bundi et Patu, Département des Ressources Naturelles: Eaux et Forêts. Université Président Joseph Kasa-Vubu, Faculté des Sciences Agronomiques. 38 p.
- [21] PROMBUROM P., EKASINGH M., EKASINGH B. & SAENGCHYOSWAT C. (2005), Multi-agent systems for collective management of a northern Thailand watershed: model abstraction and design. In: F. Bousquet, G. Trébuil and B. Hardy (Eds.), Companion modeling and multi-agent systems for integrated natural resource management in Asia. Metro Manila, IRRI, pp. 21-40.
- [22] PNUD/UNOPS (1998), Monographie de la province de Kinshasa, République Démocratique du Congo.
- [23] ROTHERMEL R C, 1972, A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. USDA Forest Service, Research Paper INT-115.
- [24] TRABAUD L., 1989, Les feux de forêt. Mécanismes, comportement et environnement. Ed. France Sélection, Aubervilliers; 278 p.