



HAL
open science

Analyse des impacts économique-environnementaux du changement d'usage d'un foyer de cuisson traditionnel par un foyer de cuisson amélioré optimisé à charbon de bois dans les ménages de la ville de Kinshasa

Elías José Hurtado Pérez, Oscar Mulumba Ilunga, María Cristina Moros Gómez, Carlos Vargas Salgado

► To cite this version:

Elías José Hurtado Pérez, Oscar Mulumba Ilunga, María Cristina Moros Gómez, Carlos Vargas Salgado. Analyse des impacts économique-environnementaux du changement d'usage d'un foyer de cuisson traditionnel par un foyer de cuisson amélioré optimisé à charbon de bois dans les ménages de la ville de Kinshasa. *Environnement, Ingénierie & Développement*, 2017, N°75 - décembre 2017, pp.1-9. 10.4267/dechets-sciences-techniques.3714 . hal-03159757

HAL Id: hal-03159757

<https://hal.science/hal-03159757>

Submitted on 4 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Analyse des impacts économique-environnementaux du changement d'usage d'un foyer de cuisson traditionnel par un foyer de cuisson amélioré optimisé à charbon de bois dans les ménages de la ville de Kinshasa

Elías José Hurtado Pérez^{1,*}, Oscar Mulumba Ilunga^{1,2},
María Cristina Moros Gómez¹, Carlos Vargas Salgado¹

(1) Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Valencia, España, Camino de vera 46022.Valencia

(2) Institut Supérieur de Techniques Appliquées (ISTA/Ndolo), Kinshasa, R.D.Congo, Avenue Aérodrome n°3930, commune de Barumbu

*Auteur correspondant : ejhurtado@die.upv.es

RÉSUMÉ

Le présent travail a consisté à analyser les impacts économiques et environnementaux du changement d'utilisation dans les ménages de la ville Kinshasa en République démocratique du Congo (RD Congo) du foyer de cuisson traditionnel par un foyer de cuisson amélioré. Nous avons sélectionnés deux foyers de cuisson traditionnels (Traditional cookstove TCS), le TCS D27 et le TCS D23 et deux foyers de cuisson améliorés (Improved cookstove ICS), le ICS 16/8/NC et le ICS 16/8/C. Le test réalisé fut le test de cuisson contrôlée (cooking controlled test CCT), qui est un test de laboratoire dans des conditions strictement contrôlées. Tous les tests furent réalisés en cuisinant un mets local familier populaire, principalement apprécié par les ménages moyens et pauvres de Kinshasa. Pour cuire un repas sec de 1150 g de haricot et 1250 g de riz, il a fallu 2429 g de charbon de bois avec un foyer traditionnel TCS D27 et 1847,4 g avec un foyer traditionnel TCS D23. Mais cela exigeait seulement 1198,7 g de charbon de bois avec un ICS 16/8/NC ou 1081,1 g avec un ICS 16/8/C, ce qui représente des économies en combustible allant de 37% jusqu'à 55%. Ainsi un ménage de 10 personnes à Kinshasa dépenserait jusqu'à 48,61 \$/mois pour l'achat en combustible avec l'usage d'un TCS D27 alors qu'il n'aura besoin que de 22,01 \$ mensuels pour les mêmes tâches culinaires en utilisant un ICS 16/8/C.

MOTS-CLÉS : foyer amélioré, biomasse, charbon, bois, cuisson propre

ABSTRACT

This study is oriented to the economic and environmental impacts of the substitution in Kinshasa traditional cookstoves by improved clean cookstoves. We selected two traditional cookstoves (TCS), the TCS D27 and the TCS D23 and two improved cookstoves (ICS), the ICS 16/8/NC and the ICS 16/8/C. The test was carried out under the cooking controlled test (CCT) protocol, which is a laboratory test under strictly controlled conditions. All tests were carried out using the meal much preferred by the average and poor households of Kinshasa. To cook a dry meal of 1150g of beans and 1250g of rice, it takes 2429g of charcoal for a traditional cookstove TCS D27 and 1847g for traditional cookstove TCS D23. However, this only requires 1198g of charcoal for an improved cookstove ICS 16/8/NC and 1081g for an improved clean cookstove ICS 16/8/C. This represents fuel savings ranging from 37% to 55%. A household of 10 people in Kinshasa would spend up to \$ 48.61 per month to purchase fuel with a TCS D27 while it will only need \$ 22.01 per month for the same culinary tasks using an ICS 16/8/C.

KEYWORDS: improved, clean cookstove, biomass, charcoal

Analyse des impacts économique-environnementaux du changement d'usage d'un foyer de cuisson traditionnel par un foyer de cuisson amélioré optimisé à charbon de bois dans les ménages de la ville de Kinshasa

Elías José Hurtado Pérez, Oscar Mulumba Ilunga,
María Cristina Moros Gómez, Carlos Vargas Salgado

Introduction

Plus de la moitié de la population mondiale dépend encore de la combustion de la biomasse pour répondre aux besoins énergétiques de base (Rehfuess et al., 2006). Beaucoup de pays d'Afrique sub-saharienne utilisent jusqu'à 90% de biomasse-bois pour satisfaire leurs besoins de cuisson en nourriture. La République démocratique du Congo et spécialement, la ville province de Kinshasa ne fait pas exception. Avec un réseau électrique non fiable (fiabilité de 0,5), les habitants de Kinshasa dépendent presque quotidiennement à 80% du bois et charbon de bois pour répondre à leurs besoins énergétiques primaires. Clark et al., 2010, dans leurs études, rappellent que la recherche sur les effets sanitaires de la pollution de l'air par la combustion de biomasse est limitée par l'absence d'évaluations quantitatives de ces expositions. Adkins et al., 2010 présentent les résultats de deux études menées pour évaluer la performance et la facilité d'utilisation des foyers de cuisson à biomasse dans des conditions réelles de terrain en Afrique sub-saharienne rurale. Ces essais de cuisson et des enquêtes qualitatives permettent de comparer les améliorations. Rubab et Chandra Kandpal, 1996 tentent d'étudier les incidences financières de remplacement d'un foyer de cuisson traditionnel par un foyer de cuisson amélioré. Dans cet article, le rôle des différents facteurs qui influent sur le coût d'un foyer de cuisson amélioré ont été discutés. Le coût de la conception d'un foyer métallique portable populaire en Inde a été établi et des économies de combustible ont été quantifiées en termes de deux indicateurs de performance du foyer de cuisson : Le rendement thermique et la consommation spécifique de combustible en fonction de la taille de la marmite utilisée. Les calculs numériques indiquent qu'il est financièrement rentable de remplacer un foyer de cuisson traditionnel par un foyer de cuisson amélioré. Cependant, peu d'études ont évalué quantitativement les réductions d'exposition à des émissions nocives liées à l'introduction des foyers de cuisson améliorés, probablement en raison de la nature du coût et du temps de ces évaluations. L'étude de Johnson et Bryden, 2012 signale bien ce fait. Dans ce travail, on évalue les niveaux de monoxyde de carbone (CO) et les particules fines de diamètre inférieur à $2,5 \cdot 10^{-6}$ m (PM 2.5) sur les femmes non fumeuses de Honduras utilisant pour la cuisson des aliments, d'une part, les foyers de cuisson traditionnels et d'autre part, des foyers de cuisson améliorés dans deux communautés, une semi-urbaine et une autre rurale. Rehfuess et al., 2006 examinent les facteurs qui influent sur la consommation de bois de chauffage dans les foyers de cuisson à bois dans une ville rurale isolée de l'Afrique occidentale. Burwen

et Levine, 2012 ont effectué un test d'évaluation rapide pour quantifier les changements dans l'utilisation des combustibles et dans l'exposition à la fumée attribuable au déploiement d'un foyer de cuisson amélioré dans la région ouest du Ghana. Dans cet article, les auteurs traitent de l'effet de l'augmentation des taux d'échange d'air dans un test de cuisine contrôlée. Delapena et al., 2015 réalisent une étude quantifiant les impacts sur la santé du foyer de cuisson amélioré à gazéification de la biomasse ACE-I et du foyer de cuisson amélioré à biogaz au Cambodge. Cette étude a été menée dans les ménages ruraux de 24 villes périurbaines et 24 villages sur l'exposition personnelle (PE), la pollution de l'air dans la cuisine (KAP), avant et après l'introduction du foyer de cuisson à gazéification de la biomasse ACE-I. L'étude fournit une réduction significative de la moyenne KAP de 39% dans les ménages utilisateurs du foyer de cuisson ACE-I et pour les particules fines (PM 2.5) de 183 g/Nm^3 à 111 g/Nm^3 .

La biomasse forestière est la plus importante source d'énergie domestique pour de nombreuses familles en Afrique subsaharienne. Ndaye Nkanka, 2009 donne le scénario énergétique dans le contexte où la tendance actuelle reste inchangée (Business As Usual, BAU) de la RD Congo et montre la forte dépendance énergétique axée sur la biomasse-bois jusqu'en 2040. Le projet de l'introduction ou la diffusion des foyers de cuisson améliorés dans les habitudes locales de cuisson pourrait favoriser la réduction significative de la consommation de bois et du charbon de bois et aurait donc un impact positif sur la déforestation et la limitation des émissions nocives de CO et CO₂. Il pourrait éventuellement contribuer au développement économique-environnemental local. Ceci est l'objet de la présente étude présentée ici.

I. Matériels et méthodes

I.1. Matériels

I.1.1. Foyer de cuisson traditionnel à charbon de bois utilisé dans les ménages de Kinshasa

Le foyer de cuisson traditionnel à charbon de bois (traditional cookstove of charcoal TCS-CHAC) utilisé à Kinshasa est représenté à la figure 1 (la figure 1.A montre le TCS-CHAC à vide ; la figure 1.B illustre le TCS-CHAC chargé allumé et à la figure 1.C nous avons le TCS-CHAC en pleine utilisation). Ce foyer de cuisson traditionnel à charbon de bois est fabriqué par des producteurs artisanaux sans respecter des normes

de sécurité et d'économie de combustible. Très souvent, les tôles utilisées dans la construction de ces poêles de cuisson traditionnels sont les carcasses des voitures abandonnées et les tôles ramassées dans les usines. Les TCS-CHAC Kinshasa sont réalisés principalement avec des feuilles de tôle d'acier d'environ $1,5 \cdot 10^{-3}$ m d'épaisseur. Le diamètre de la chambre de combustion varie selon le constructeur entre $2,3 \cdot 10^{-1}$ m et $2,9 \cdot 10^{-1}$ m et une profondeur de $8,10^{-2}$ m. Cela fait un volume d'environ $0,00395 \text{ m}^3$ pour la chambre de combustion. Ce foyer a une masse de $1,175 \text{ kg}$ sous vide. La chambre de combustion présente de nombreux trous (trous de 10 mm de diamètre). Ces multiples orifices dans la chambre de combustion seraient à la base de nombreuses pertes d'énergie et une mauvaise combustion (combustion incomplète).

1.2.1. Foyer de cuisson amélioré à charbon de bois utilisé dans les ménages de Kinshasa

La figure 2 montre le foyer de cuisson amélioré à charbon de bois (improved cookstove of charcoal ICS-CHAC). À la figure 2.A nous pouvons voir le ICS 16/8/C à vide ; la figure 2.B

montre ICS 16/8/C chargé allumé et enfin à la figure 2.C nous avons le ICS 16/8/C en pleine utilisation. Ce foyer de cuisson amélioré comporte 4 supports marmites, une grille en tôle de $3,10^{-3}$ m d'épaisseur. La chambre de combustion est isolée thermiquement de l'extérieur par une couche d'isolation thermique (laine minérale). Le diamètre de la chambre de combustion est de $1,6 \cdot 10^{-1}$ m et une profondeur de $8,10^{-2}$ m. La tôle utilisée pour la chambre de combustion est de 3 mm d'épaisseur. Un trou rectangulaire de $1,4 \cdot 10^{-1} \text{ m} \times 5,10^{-2} \text{ m}$ permet à l'air d'entrer dans la chambre de combustion.

Les ICS 16/8/C et ICS 16/8/NC ont la même forme extérieure. Leur unique différence majeure se trouve au niveau de la chambre de combustion. Le premier dispose d'une chambre de combustion entourée de matière céramique. Par contre, le second a une chambre de combustion totalement métallique (sans céramique). Le volume de la chambre de combustion pour les deux foyers de cuisson est le même. La vue en coupe AA de la figure 3A illustre le ICS 16/8/NC sans céramique et la vue en coupe BB de la figure 3B représente le ICS 16/8/C avec céramique.

Figure 1. Foyer de cuisson traditionnel au charbon TCS-CHAC.

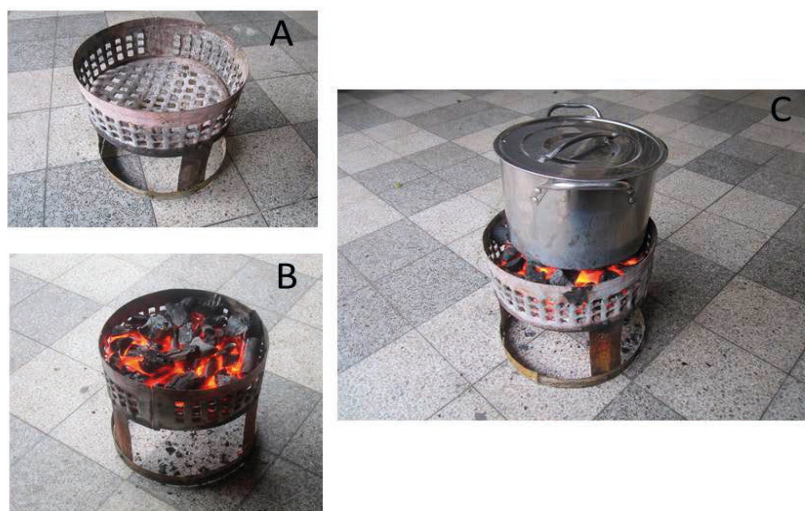
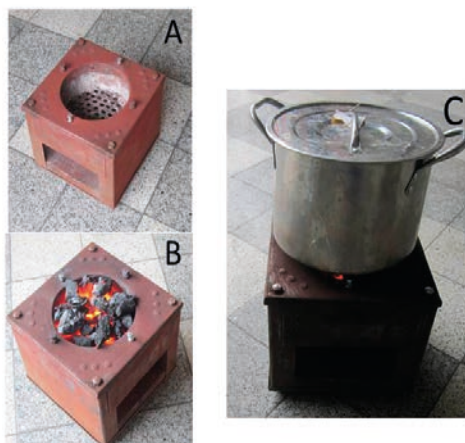


Figure 2. Foyer de cuisson amélioré ICS 16/8/C.



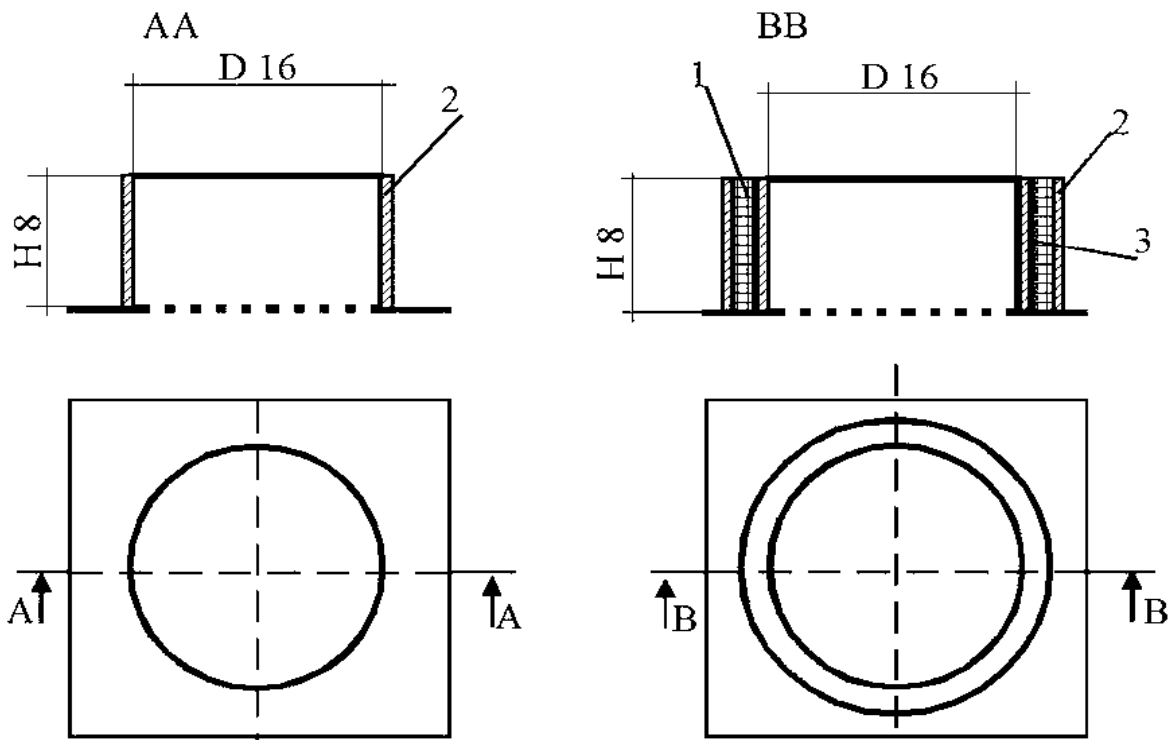


Figure 3. Chambre de combustion ICS 16/8/C et ICS 16/8/NC.

1 : céramique. 2 et 3 : parties métalliques de la chambre de combustion.

1.2. Méthode

Le test de cuisson contrôlée (Cooking Controlled Test CCT)

Nous avons utilisé la version 2.0 du protocole CCT, 2004. Lors d'un CCT, trois cuisiniers différents ont été sélectionnés. Ces cuisiniers ont eu assez de temps pour se familiariser avec les foyers. Pour cela, nous avons laissé à chaque cuisinier une période de deux semaines pleines pour cuisiner avec les nouveaux foyers afin de s'habituer à leur mode de fonctionnement. Les cuisiniers préparaient un même mets traditionnel, le plus consommé à Kinshasa. La masse totale de la nourriture sèche a été mesurée, de même que tous les ingrédients et la quantité d'eau utilisée. Chaque cuisinier a préparé son repas librement, sans recevoir d'instructions extérieures. À la fin, on a mesuré le poids du repas préparé, le temps de cuisson et la quantité de combustible utilisée. Wang *et al.*, 2013 dans leur travail donnent le minimum des tests qu'il faut répéter pour obtenir des résultats satisfaisants. Un minimum de 20 tests est exigé dans ce travail pour chaque étude sur un foyer de cuisson. Dans le cas de notre travail (étant donné que trois cuisiniers travaillaient sur trois foyers étalons comme le dit le protocole CCT 2.0, 2004) pour avoir un nombre de test qui soit supérieur à 20 tests il faut 3 tests par foyer et par cuisinier. Ce qui donne un nombre optimal de 27 tests de CCT. Après le test de CCT, les paramètres importants peuvent être évalués de la manière suivante :

- La masse totale des aliments cuisinés : elle sera mesurée juste après les opérations de cuisson. On a :

$$M_{no} = M_{nm} - M_m \quad (1)$$

Avec : M_{no} = masse de la nourriture [kg]. M_{nm} = masse totale de la nourriture et la marmite [kg]. M_m = masse de la marmite vide [kg].

- La consommation spécifique de combustible (specific fuel consumption SFC) : ce paramètre est important car il est l'indicateur de rendement pour le test de CCT. La consommation spécifique peut se calculer par la relation 2 ci-après comme un rapport de la masse totale de combustible nécessaire pour cuisiner une masse de nourriture (repas préparé).

$$SFC = \frac{M_{Fuel}}{M_{no}} \quad (2)$$

Avec : SFC = consommation spécifique de combustible [kg combustible/kg repas préparé]. M_{Fuel} = masse de combustible [kg]. La relation 2 peut être multipliée par 1000 pour avoir la SFC en [g combustible/kg repas préparé].

- Le temps de cuisson (Dtc) : cet indicateur se calcule par la relation 3 comme une simple différence entre le temps de la fin du processus de cuisson Tf et le temps du début du

processus de cuisson T_i .

$$\Delta t_c = T_f - T_i \quad (3)$$

Avec : Δt_c = temps de cuisson [min], T_f = temps fin processus de cuisson, T_i = temps début de la cuisson [min].

- *Le combustible* : tous les tests sont réalisés avec le même type de combustible : même source (site de Mampu au plateau de Batéké dans la province de Bandundu), même essence (*Acacia auriculiformis*), même granulométrie ($3,10^{-2} \times 3,10^{-2}m$), même taux d'humidité (7%).

2. Résultats et discussions

Les expériences réalisées ont permis d'obtenir les résultats suivants :

2.1. Analyses énergétiques

Les tests de T27 effectués avec 3 foyers types avec trois cuisiniers différents réalisant 9 tests chacun soit un total de 27 tests de CCT cuisinant le mets local préféré des habitants de Kinshasa sur une population de classe moyenne donnent les résultats du tableau 1. On peut calculer l'économie de combustible en remplaçant un foyer de cuisson traditionnel par un foyer de cuisson amélioré par la relation 4.

$$\text{Econom.}[\%] = \frac{\text{Cons. combustible TCS Kin} - \text{Cons. combustible ICS}}{\text{Cons. combustible TCS Kin}} \times 100 \quad (4)$$

Discussion

Un foyer de cuisson traditionnel TCS D27 consomme environ 2429 g de charbon de bois pour la cuisson de 1150 g de haricot et 1250 g de riz sec. Cette cuisson contrôlée nécessite environ en moyenne 7,56 litres d'eau et 250 ml d'huile végétale. Le mets ainsi préparé représente la nourriture pour un ménage de 10 personnes. Ceci permet, en première approximation, de dégager la consommation journalière moyenne en combustible par personne. Le TCS D23 consomme pour le même CCT avec

le même mets traditionnel 1847,4 g en moyenne de charbon de bois. Par contre, pour un foyer amélioré sans céramique ICS 16/8/NC, la consommation est de 1198,7 g de charbon de bois. Cependant un ICS 16/8/C avec céramique consomme 1081,1 g de charbon de bois pour réaliser les mêmes tâches de cuisine. Ces résultats sont résumés dans le tableau 1 et illustrés à la figure 5 ci-avant. La consommation spécifique en combustible (SFC) pour les différents foyers est donnée à la figure 4. Le foyer traditionnel TCS D27 a une SFC de 0,372 kg de charbon de bois/kg de repas préparé. Alors qu'elle n'est que de 0,283 kg de charbon de bois/kg de repas préparé pour un TCS D23. La plus faible SFC est celle du foyer de cuisson amélioré ICS/16/8/C, évaluée à 0,165 kg de charbon de bois/kg de repas préparé. Le temps de cuisson pour ce type de mets est long, il peut atteindre 4 heures 30 minutes. Ce qui explique le bon rendement des foyers céramiques. Lorsque le temps de cuisson est long, les foyers de cuisson avec chambre de combustion en céramique sont préférables aux foyers de cuisson à chambre de combustion sans céramique. En effet, la céramique joue le rôle de magasin d'énergie, juste l'équivalent d'un condensateur de forte capacité dans un circuit électrique ou un ressort amortisseur dans un système mécanique. Il permet de compenser les pertes d'énergie car la chambre de combustible garde un certain équilibre thermique même lors des différentes phases de remplissage de combustion dans la chambre de combustion. Pendant ce temps de remplissage en combustible dans la chambre, la température sur la marmite a tendance à baisser, occasionnant beaucoup de pertes énergétiques pendant la cuisson. Les économies de combustibles sont très significatives et varient de 55% à 35% selon le type de foyer et le référentiel choisit comme on peut le voir à la figure 6 ci-avant.

2.2. Analyses environnementales

A partir des tests réalisés en laboratoire, nous pouvons estimer l'impact que le changement d'un foyer de cuisson traditionnel par un foyer de cuisson amélioré aura sur les forêts par les résultats représentés aux figures 7, 8 et 9. La consommation journalière en charbon de bois par personne est estimée à 242,9 g/jour/personne en utilisant TCS et de 108,1 g/jour/personne pour la cuisson avec un ICS. Il devient facile de faire une projection, tout en tenant en compte du rendement des meules de carbonisation pour la transformation de bois en charbon de bois. Dans la

Tableau 1. Consommation de charbon de bois [kg] dans un CCT. Repas local de 1300 g de haricot et 1300 g de riz secs.

	TCS D27	TCS D23	ICS 16/8/NC	ICS 15/8/C
Charbon [kg]	2,429	1,847	1,199	1,081
SD(σ)	0,19	0,14	0,12	0,13
Cv	7,77	7,77	9,87	11,82
n	27	27	27	27

SD(σ) = déviation standard Cv = coefficient de variation.

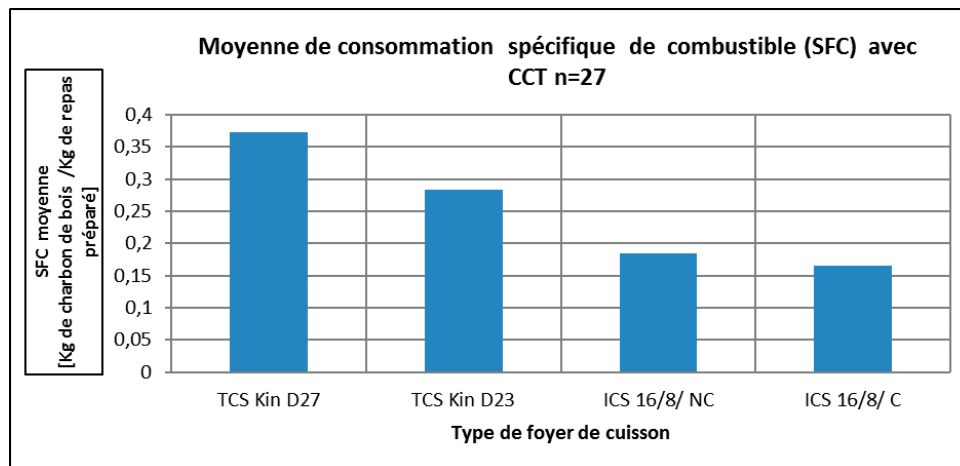


Figure 4. Consommation en charbon de bois par type de foyer de cuisson.

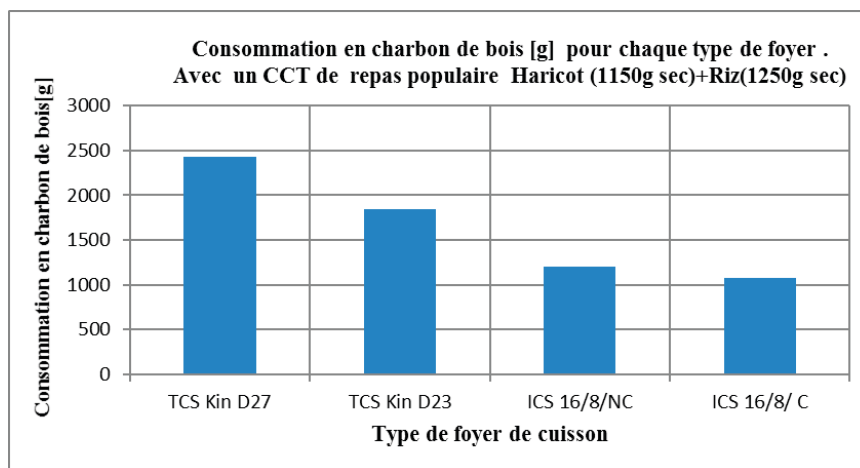


Figure 5. Consommation en charbon de bois pour chaque type de foyer de cuisson.

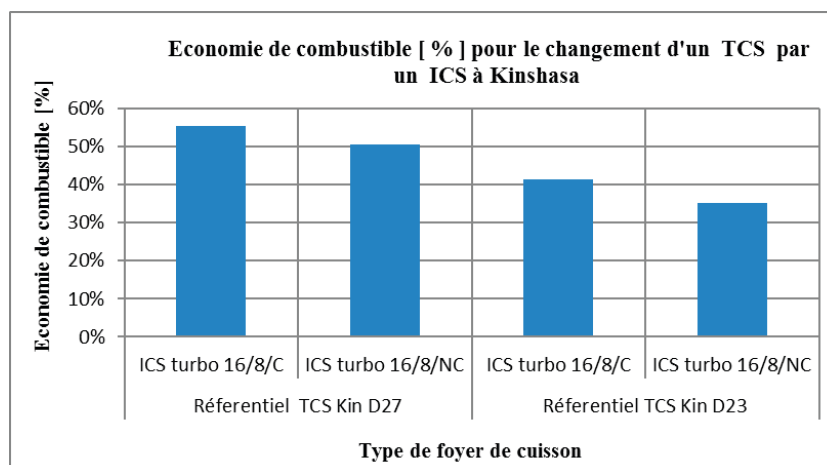


Figure 6. Economie de combustible pour le changement d'un TCS par un ICS à Kinshasa.

littérature, Schenkel *et al.*, (1997) donnent un rendement de carbonisation variant entre 15-20% pour les meules de carbonisation traditionnelles, lesquelles sont utilisées par la quasi-totalité des charbonniers sur le plateau de Bateké, la grande source d'approvisionnement en charbon de bois

de la ville de Kinshasa. Nous avons pris pour évaluer la consommation en bois, un rendement de carbonisation en meule de 20%. Sachant qu'environ 80% de la population a recours à la biomasse-bois pour résoudre quotidiennement ses besoins en cuisson d'aliments.

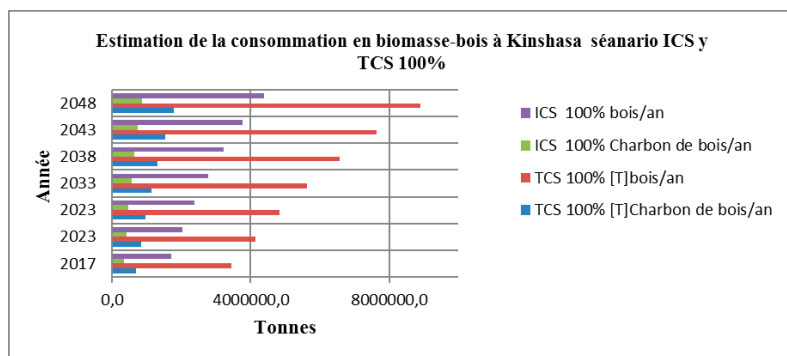


Figure 7. Estimation de la consommation en bois et charbon de bois à Kinshasa.

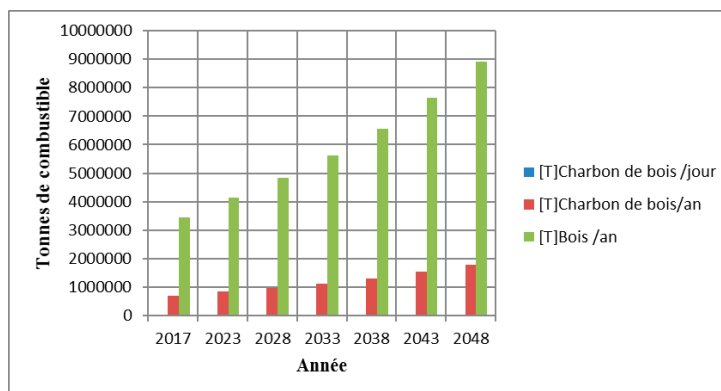


Figure 8. Estimation de la consommation en bois/charbon de bois à Kinshasa dans Scénario BAU.

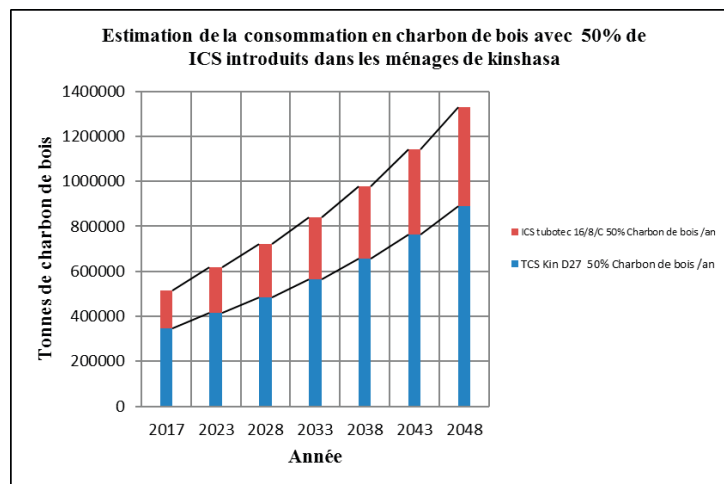


Figure 9. Estimation de consommation en combustible pour introduction à 50% des ICS.

Discussion

La figure 8 illustre les estimations de la consommation de charbon bois et bois dans la ville de Kinshasa dans le scénario BAU (*business as usual*), compte tenu des tests de CCT, qui donnent une consommation de 242,9 g/jour de charbon de bois par personne lorsque le foyer traditionnel le plus couramment utilisé TCS D27 continuerait à répondre aux besoins de cuisson dans les ménages de Kinshasa.

En estimant la population de Kinshasa à 10 millions d'habitants, avec un taux de croissance actuel de 3,1%, une projection peut être effectuée jusqu'en 2048, en utilisant la relation 6 suivante : Etant donné P_0 , la population initiale et P_n la population à l'instant n et τ le taux de croissance de la population, en 2048, avec cette prévision la population serait de 25,7 millions à Kinshasa. Dans la littérature UNFCC, 2016 ; Schenkel *et al.*, 1997, permet de faire la conversion de charbon de bois au bois en utilisant la relation 5 ci-après :

$$M_{wood} = M_{charc} \times 5 \quad (5)$$

Avec : M_{wood} = masse de bois [kg], M_{charc} = masse de charbon de bois [kg].

Cela signifie que la ville de Kinshasa aurait besoin d'une demande en charbon de bois de 4988 tonnes par jour ou 1 820 620 tonnes de charbon de bois par an. Une telle demande en charbon de bois aurait un impact très négatif sur l'environnement qui se traduirait par une déforestation massive et sauvage. La transformation actuelle de bois en charbon est réalisée en grande partie par des charbonniers artisanaux. Leurs meules de transformation ont un rendement d'environ 20% si bien qu'il faut multiplier cette demande par 5 comme le démontre la relation 5, pour obtenir une demande de 9 103 100 tonnes de bois de chauffe par an. Ceci est un désastre environnemental sans pareil si rien n'est fait pour y remédier; La figure 10 montre un scénario énergétique d'introduction dans les habitudes de cuisson de 50% des foyers de cuisson améliorés ICS 16/8/C. Il est facile de remarquer une chute considérable dans la consommation de charbon de bois et les économies atteindraient 55%.

$$P_n = P_o(1 + \tau)^n \quad (6)$$

2.3. Analyses économiques

Discussion

Les avantages économiques sont énormes pour les ménages lorsqu'ils changent leur modèle de cuisson : du foyer de cuisson traditionnel à un foyer de cuisson amélioré optimisé. Le TCS D27 exigerait comme 586,95 \$/an en dépense pour achat de charbon de bois pour un ménage moyen de Kinshasa de 10 personnes. Alors qu'un ICS 16/8/C avec 55% d'économie n'aura besoin que de 264,13 \$/an comme on peut le remarquer à la figure 11 ci-dessus. Il se dégage des gains considérables qui peuvent être utiles pour la scolarisation des enfants des familles pauvres. La figure 10 fait ressortir l'importance de l'optimisation de la chambre de combustion en fonction de la taille moyenne de la marmite utilisée : plus le diamètre de la chambre de combustion est grand par rapport à une même taille de marmite, plus la consommation est grande et les dépenses aussi. A remarquer les dépenses mensuelles en achat de combustible de 48,91 \$/mois pour un TCS D27 et de 32,61 \$/mois pour un TCS D23 pour un ménage de 10 personnes.

Conclusion

De tout ce qui précède, il convient de relever les énormes avantages économiques et environnementaux que procurerait le changement de mode cuisson dans la ville de Kinshasa d'un foyer de cuisson traditionnel à un foyer de cuisson amélioré.

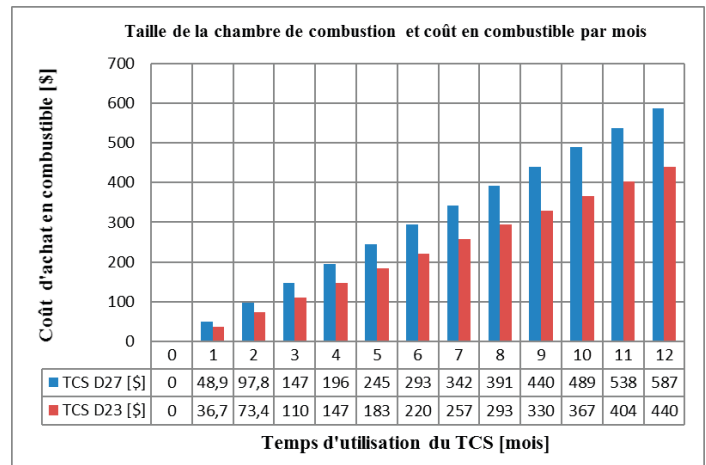


Figure 10. Comparabilité économique des foyers du point de vue du volume de la chambre de combustion avec la même taille de marmite.

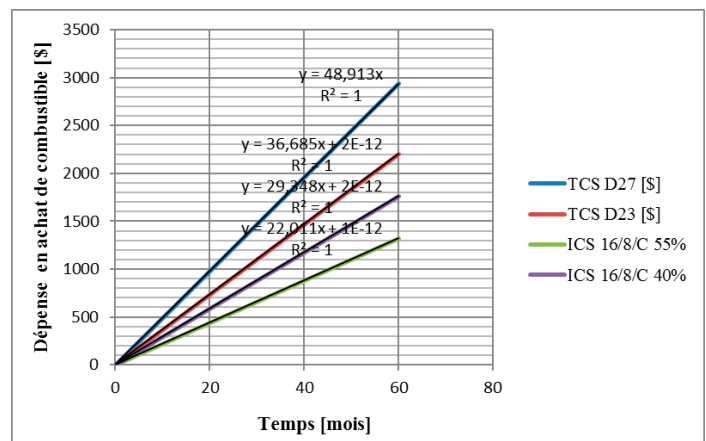


Figure 11. Evaluation du coût en combustible en fonction de la taille de la chambre de combustion.

La consommation en charbon de bois est 245,1 g/jour/personne avec un TCS D27 ; elle est de 184,7 g/jour/personne pour un TCS D23 alors qu'elle n'est que de 119,8 g/jour/personne pour un ICS 16/8/NC et de 108,1 g/jour/personne pour un ICS 16/8/C, ce qui veut dire que des économies en combustibles allant de 37% à 55% peuvent être réalisées. Un ménage de 10 personnes à Kinshasa (le mets cuisiné en CCT est un repas journalier pour un ménage de 10 personnes) dépenserait jusqu'à 48,61 \$/mois pour l'achat en combustible charbon de bois dans le scénario actuel avec un TCS D27 alors qu'il n'aura besoin que de 22,01 \$ mensuels pour les mêmes tâches culinaires en utilisant un ICS 16/8/C. Le foyer amélioré demeure l'outil technologique et écologique durable d'actualité pour résoudre les problèmes de cuisson pressants pour les ménages moyens et pauvres en Afrique subsaharienne en attendant de se focaliser sur d'autres formes d'énergies.

Plus particulièrement, la République démocratique du Congo devrait repenser sa politique énergétique en termes de développement durable. Vues la croissance démographique

et la demande en bois-énergie que cela implique, l'usage des foyers de cuisson améliorés utilisant le bois ou charbon de bois devrait être une transition énergétique rapide et non une finalité, c'est à dire une solution définitive. En effet, l'usage de la biomasse-bois comme source énergétique primordiale devrait être abandonné pour laisser place à un scénario de cuisson avec gaz naturel (LPG) ou biocarburant liquide (bioéthanol, etc.). Il suffit d'une bonne politique et d'une bonne planification énergétique pour ce faire car la République démocratique du Congo dispose dans sa partie orientale du pays (plus précisément vers le lac Kivu) d'un grand gisement en gaz naturel pour répondre aux besoins énergétiques de cuisson d'aliments. Une telle disposition ralentirait la déforestation et limiterait les émissions des gaz à effet de serre et le changement climatique.

Références bibliographiques

- Adkins Edwin, Tyler Erika, Wang Jin, Siriri David, Modi Vijay, (2010) Field testing and survey evaluation of household biomass cookstoves in rural sub-Saharan Africa. *Energy for Sustainable Development*, 14(3), p. 172-185. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2010.07.003>
- Burwen Jason, Levine David I., (2012) A rapid assessment randomized-controlled trial of improved cookstoves in rural Ghana. *Energy for Sustainable Development*, 16(3), p. 328-338. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.04.001>
- Clark Maggie L., Reynolds Stephen J., Burch James B., Conway Stuart., Bachand Annette M., Peel Jennifer L., (2010) Indoor air pollution, cookstove quality, and housing characteristics in two Honduran communities. *Environmental Research*, 110(1), p. 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2009.10.008>
- Delapena Samantha, Garland Charity, Jagoe Kirstie, Okada Emi, Ouk Sambath, Pennise David, Pillarisetti Ajay, Steele Jason, (2015) Quantifying the health impacts of ACE-1 biomass and biogas stoves in Cambodia, Final Report, Berkeley Air Monitoring Group, Commissioned by SNV Netherlands Development Organisation. http://www.snv.org/public/cms/sites/default/files/explore/download/quantifying_the_health_impacts_of_ace-1_biomass_and_biogas_stoves_in_cambodia.pdf (dernière consultation 04/07/2017).
- Johnson Nathan G., Bryden Kenneth M., (2012) Factors affecting fuel wood consumption in household cook stoves in an isolated rural West African village. *Energy*, 46(1), p. 310-321. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.08.019>
- Ndaye Nkanka B., (2009) *Planificación energética en los países en vías de desarrollo. Caso de la República Democrática del Congo*. Tesis doctoral no publicada, Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/4331>
- Rehfuess E., Mehta S., Prüss-Üstün A., (2006) Assessing household solid fuel use: multiple implications for the millennium development goals. *Environmental Health Perspectives*, 114(3), p. 373-87. <https://doi.org/10.1289/ehp.8603>
- Rubab Seemin, Chandra Kandpal Tara, (1996) Biofuel mix for cooking in rural areas: implications for financial viability of improved cookstoves. *Bioresource Technology*, 56(2-3), p. 169-178. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(96\)00015-6](https://doi.org/10.1016/0960-8524(96)00015-6)
- Schenkel Yves, Bertaux Paul, Vanwijnsberghe Stéphane, Carré José, (1997) Une évaluation de la technique de la carbonisation en meule. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 1(2), p. 113-124. <http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=16126> (dernière consultation 13/10/2017)
- Wang, Y., Sohn, M.D., Gadgil, A. J., Wang, Y., Lask, K.M., Kirchstetter, T.W., (2013). How many replicate tests do I need Variability of cookstove performance and emissions has implications for obtaining useful results. - Report Number: LBNL--6119E, Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), Berkeley, CA. <https://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/1172123> (dernière consultation 13/10/2017)
- (2004) The Controlled Cooking Test (CCT) version 2.0. <https://cleancookstoves.org/binary-data/DOCUMENT/file/000/000/80-1.pdf> (dernière consultation 04/07/2017)
- (2014) The Water Boiling Test (WBT) version 4.2.3. <https://cleancookstoves.org/binary-data/DOCUMENT/file/000/000/399-1.pdf> (dernière consultation 04/07/2017)
- (2016) AMS-II.G. Small-scale methodology: Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass version 08.0 Sectoral scope(s): 03. <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/DCO8WRRQVTGLH1GHQBCL035F5M13R8> (dernière consultation 20/11/2017)