



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



UNIVERSITÉ MONTESQUIEU
BORDEAUX IV

**École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo
UFR Sciences économiques et de gestion de Bordeaux IV**

**MEMOIRE DE
DIPLOME D'ÉTUDES SUPÉRIEURES SPÉCIALISÉES**

OPTION : « ÉTUDES D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX »

**En co-diplômation entre
L'Université d'Antananarivo et l'Université Montesquieu-Bordeaux
IV**

Intitulé :

**ANALYSE DE CYCLE DE VIE ET ETUDES D'IMPACTS
ENVIRONNEMENTAUX DU CUISEUR SOLAIRE PARABOLIQUE
DANS LA REGION DU SUD-OUEST
DE MADAGASCAR**

Présenté le 10.octobre 2008

par

Monsieur RAZAFIMANANTSOA LAUREAT GARCIN



DESS 2007 - 2008

D E S S E I E 2007 - 2008

**École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo
UFR Sciences économiques et de gestion de Bordeaux IV**

MEMOIRE DE

DIPLOME D'ÉTUDES SUPÉRIEURES SPÉCIALISÉES

OPTION : « ÉTUDES D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX »

**En co-diplômation entre
L'Université d'Antananarivo et l'Université Montesquieu-Bordeaux IV**

Intitulé :

**ANALYSE DE CYCLE DE VIE ET ETUDES D'IMPACTS
ENVIRONNEMENTAUX DU CUISEUR SOLAIRE PARABOLIQUE
DANS LA REGION DU SUD-OUEST
DE MADAGASCAR**

Présenté le 10.octobre 2008

par

Monsieur RAZAFIMANANTSOA LAUREAT GARCIN



Devant le jury composé de :

Président	: - Monsieur RAMANANTSIZEHENA Pascal.	Professeur
Examineurs	: - M. POINT Patrick	Professeur Titulaire
	- M. RAKOTOMALALA Minoson	Professeur Titulaire
	- M. RABETSIAHINY	Maître de Conférences

Encadreur pédagogique : RAKOTONDRAMIANANA Hery Tiana, Maître de Conférences
au Département de Physique de la Faculté des Sciences de
l'Université d'Antananarivo, Coordinateur de CERSAE.

TABLE DES MATIERES

<u>DIPLOME D'ÉTUDES SUPÉRIEURES SPÉCIALISÉES.....</u>	<u>i</u>
<u>D E S S E I E 2007 - 2008.....</u>	<u>ii</u>
<u>DIPLOME D'ÉTUDES SUPÉRIEURES SPÉCIALISÉES.....</u>	<u>ii</u>
<u>TABLE DES MATIERES.....</u>	<u>i</u>
<u>ACRONYME.....</u>	<u>iii</u>
<u>NOMENCLATURE.....</u>	<u>iv</u>
<u>LISTE DES TABLEAUX.....</u>	<u>v</u>
<u>LISTE DES FIGURES.....</u>	<u>vi</u>
<u>AVANT PROPOS.....</u>	<u>vii</u>
<u>INTRODUCTION.....</u>	<u>1</u>
<u>CHAPITRE I : EVALUATION ENVIRONNEMENTALE PAR L'ACV.....</u>	<u>3</u>
<u>1 – 1 La méthode d'ACV.....</u>	<u>3</u>
<u>1 – 1 – 1 Définition et intérêts de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV).....</u>	<u>3</u>
<u>1 – 1 – 2 ACV et les autres outils d'analyse environnementale.....</u>	<u>4</u>
<u>1 – 1 – 3 Méthodologie de l'ACV.....</u>	<u>4</u>
<u>1 - 2 Objectifs de l'étude.....</u>	<u>5</u>
<u>1 - 3 Champ de l'étude.....</u>	<u>6</u>
<u>1 – 3 - 1 Unité fonctionnelle et options comparées.....</u>	<u>6</u>
<u>1 – 3 - 2 Frontières du système.....</u>	<u>6</u>
<u>1 – 3 – 3 Description des 3 scenarii.....</u>	<u>7</u>
<u>1 - 3 - 4 Allocation pour les Biens d'équipement.....</u>	<u>10</u>
<u>1 - 3 - 5 Allocation pour la main d'œuvre.....</u>	<u>10</u>
<u>1 – 3 – 6 Exigence relative des données.....</u>	<u>10</u>
<u>1 – 3 – 7 Exigence relative de la qualité de données.....</u>	<u>11</u>
<u>1 – 3 – 8 Couverture temporelle et géographique.....</u>	<u>11</u>
<u>1 - 4 Analyse d'inventaire.....</u>	<u>11</u>
<u>1 – 5 Données.....</u>	<u>11</u>
<u>1 – 5 – 1 Données pour l'analyse de l'utilisation d'énergie primaire.....</u>	<u>12</u>
<u>1 – 5 – 2 Émission de CO2.....</u>	<u>14</u>
<u>1 – 5 – 3 Coûts.....</u>	<u>15</u>
<u>1 – 6 Analyse.....</u>	<u>16</u>
<u>1 – 6 – 1 Utilisation d'énergie primaire et émissions de CO2 pour le bois de chauffe.....</u>	<u>16</u>
<u>1 – 6 – 2 Utilisation d'énergie primaire et émissions de CO2 pour le charbon.....</u>	<u>17</u>
<u>1 – 6 – 3 Utilisation d'énergie primaire et émissions de CO2 pour le cuiseur solaire.....</u>	<u>18</u>
<u>1 – 6 – 4 Scénario de bois de chauffe.....</u>	<u>19</u>
<u>1 – 6 – 5 Scénario de Charbon de bois.....</u>	<u>19</u>
<u>1 – 6 – 6 Scénario du cuiseur solaire parabolique.....</u>	<u>20</u>
<u>CHAPITRE 2 : ETUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....</u>	<u>23</u>
<u>2 – 1 Contexte et localisation du secteur d'étude.....</u>	<u>23</u>
<u>2 – 2 Milieu physique.....</u>	<u>25</u>
<u>2 – 2 – 1 Climat.....</u>	<u>26</u>
<u>2 – 2 – 2 Sols et végétations.....</u>	<u>28</u>
<u>2 – 3 Milieu humain.....</u>	<u>30</u>
<u>2 – 4 Méthode d'identification et d'évaluation des impacts.....</u>	<u>31</u>
<u>2 – 5 Aspects économiques.....</u>	<u>33</u>
<u>2 – 5 – 1 La réduction de la pauvreté.....</u>	<u>33</u>
<u>2 – 5 – 2 Dépenses supplémentaires pour l'acquisition de cuiseur.....</u>	<u>34</u>
<u>2 – 5 – 3 Création d'emploi par la production des cuiseurs solaires.....</u>	<u>34</u>

2 – 5 – 4 Séquestration additionnelle de carbone.....	35
2 – 5 – 5 Gain financier.....	35
2 – 5 – 6 Perte de source d'énergie.....	36
2 – 6 Aspects sociaux	36
2 – 6 – 1 Modification des méthodes de cuisine	36
2 – 6 – 2 Dommages aux yeux ou risque de cécité.....	37
2 – 6 – 3 Gain de temps	37
2 – 6 – 4 Diminution des risques et dangers des fumées.....	38
2 – 7 Aspects environnementaux.....	39
2 – 7 – 1 Diminution de la déforestation.....	39
2 – 7 - 2 Réduction d'émission des polluants.....	39
2 – 8 Impact résiduel.....	40
CONCLUSION	42
LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	44
ANNEXES	47

ACRONYME

ACV	analyse de cycle de vie
AMC	Analyse multicritère
ADES	association pour le développement de l'énergie solaire
Ar	ariary
BEB	besoin d'énergie brute
CSP	cuisseur solaire parabolique
EIE	études d'impacts environnementaux
FE	facteur d'émission
FCB	foyer à charbon de bois
FTP	foyer à trois pierres
GWP	global warming potential
ICV	inventaire de cycle de vie
INSTAT	Institut national de la statistique
MDP	mécanisme de développement propre
PCI	pouvoir calorifique inférieur
PRG	potentiel de réchauffement global.
SOLTEC	solar technology
UNHCR	united nation high commissioner of refugee
UF	unité fonctionnelle

NOMENCLATURE

°C	degré Celsius
CH ₄	méthane
CO ₂	dioxyde de carbone
g	gramme
GJ	giga joule
h	heure
kg	kilogramme
kJ	kilojoule
km	kilomètre
KWH	Kilowattheure=3.6 MJ
m	mètre
m ²	mètre au carré
MJ	mégajoule
mm	millimètre
SO ₂	dioxyde de soufre
t	tonne
tkm	tonne kilomètre
W	watt

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Energie nécessaire pour les matériaux de base.....	12
Tableau 2 : Energie nécessaire pour le transport.....	13
Tableau 3 : Distance aux transports.....	13
Tableau 4 : valeurs pour l'étape d'utilisation	14
Tableau 5 : facteurs d'émission de CO2.....	15
Tableau 6 : valeurs pour les calculs économiques.....	16
Tableau 7 : usage d'énergie pour le scénario bois de chauffe.....	16
Tableau 8 : usage d'énergie pour le scénario du charbon	17
Tableau 9 : usage d'énergie pour le scénario du cuiseur solaire	19
Tableau 10: donnée source sur l'AMC appliquée sur les scénarios.....	21
Tableau 11: résultat de l'AMC du bois de chauffe , du charbon, du SK-14.....	21
Tableau 12 :résumé des résultats de l'étude de cas.....	22
Tableau 13 : critère d'évaluation des impacts.....	32
Tableau 14 : Impacts anticipés sur l'économie.....	33
Tableau 15 : Impacts anticipés sur le milieu social.....	38
Tableau 16: Impacts anticipés sur le milieu naturel.....	40
Tableau 17 : Energie dépensée au transport.....	50

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Foyer à trois pierres.....	7
Figure 2 : Foyer au charbon.....	8
Figure 3 : Cuiseur solaire parabolique.....	9
Figure 4: comparaison de l'ACV et de l'EIE.....	23
Figure 5 : localisation de la région Sud ouest (Atsimo Andrefana).....	26
Figure 6 : Insolation moyenne mensuelle.....	27

AVANT PROPOS

Ce travail s'inscrit dans la formation d'Etude d'Impacts Environnementaux en co-diplômation avec l'Université Montesquieu-Bordeaux IV et l'Université d'Antananarivo.

Ainsi nos remerciements s'adressent, tout d'abord, à **Monsieur le Professeur Jean Pierre LABORDE, Président de l'Université Montesquieu-Bordeaux**. Avec tous nos respects, nous vous exprimons nos humbles remerciements.

Puis, nous tenons à remercier vivement **Monsieur Le Professeur Wilson RAJERISON, Président de l'Université d'Antananarivo**. Nous lui transmettons l'expression de notre profonde reconnaissance.

Ensuite, nous remercions **Monsieur Le Professeur Pascal RAMANANTSIZEHENA**, Directeur de l'École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, pour avoir accepté de présider ce « *MEMOIRE* » malgré ses nombreuses responsabilités. Qu'il trouve ici l'expression de notre haute considération.

Nous tenons également à exprimer nos remerciements à **Monsieur RABETSIAHINY**, Maître de Conférences, responsable pédagogique de la formation auprès de l'École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, pour avoir accepté de faire partie de ce jury.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à **Monsieur le Professeur Patrick POINT**, de l'Université Montesquieu-Bordeaux IV, qui nous a fait le grand honneur de siéger parmi les membres du jury.

Nous sommes particulièrement reconnaissant envers **Monsieur le Professeur Minoson RAKOTOMALALA** de l'Université d'Antananarivo, qui a accepté la tâche d'être examinateur, malgré ses lourdes responsabilités.

Nous remercions aussi

- A tous les Enseignants qui sont intervenus dans la formation;

- A l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), par son appui aux missions d'enseignement des enseignants de l'Université Montesquieu-Bordeaux IV;
- Au Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC), par l'intermédiaire du Projet MADES pour appuyer la formation dans son basculement vers le système LMD.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à **Monsieur Hery Tiana RAKOTONDRAMIARANA**, Maître de Conférences au Département de Physique de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, notre encadreur, pour les critiques et les précieux conseils formulés conduisant à la réalisation de ce mémoire.

Je tiens aussi à remercier tout le personnel de l'ADES de sa collaboration.

J'adresse mes sentiments les plus respectueux aux membres de ma famille qui m'ont toujours soutenu et aidé.

Enfin nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

INTRODUCTION

L'utilisation de différents combustibles pour cuire est l'un des secteurs les plus importants pour l'usage d'énergie à Madagascar : la cuisine est très énergivore. Dans les pays développés la cuisine consomme moins de 10% de la consommation nationale totale de combustible. Néanmoins, seule une faible proportion de l'énergie commerciale constituée par l'électricité et les combustibles fossiles est consommée dans le secteur du ménage de Madagascar. Les principales sources d'énergie commerciales à l'usage domestique sont le charbon de bois, le bois de chauffe, les cuiseurs solaires. Ensemble les deux premiers produits occupent une part importante de l'énergie consommée dans les ménages.

La cuisine est une principale nécessité pour l'homme partout dans le monde. Le problème surgit quand le carburant est rare ou fortement cher. Les problèmes sont plus prononcés dans la plupart des pays en développement, en particulier dans les villages et les milieux ruraux. En effet, la cuisine tient une part importante de consommation d'énergie dans les pays en développement. La majeure partie du besoin énergétique de cuisson est assurée par les combustibles solides de biomasse tels que le charbon de bois, le bois de chauffe. L'abattage des arbres pour avoir du bois de chauffe cause un déboisement qui mène à la désertification. A Toliara, toute la ville est presque desservie par l'électricité à côté d'autres combustibles primaires tels que l'énergie solaire et le gaz. Ceux-ci sont tous utilisés pour la cuisson. Cependant, le problème du coût énergétique et sa hausse fréquente obligent les gens, non seulement dans des milieux ruraux mais également en milieu urbains, à considérer l'utilisation des ressources énergétiques alternatives.

Il y a un besoin critique de développement de l'usage de méthodes de cuisine alternative, appropriées et accessibles dans les pays en développement. Heureusement, la région de Toliara bénéficie d'un ensoleillement abondant. Toliara se situe (entre 21°66' et 24°72'S et entre 43°47' et 45°47' Est) dans une zone ensoleillée du globe. Malgré cet énorme potentiel, les technologies d'énergie solaire ne sont pas encore largement répandues, excepté les box solaires.

Toliara présente des conditions climatiques très favorables pour toutes les applications d'énergie solaire. Ainsi, toutes les applications d'énergie solaire sont recommandées pour exploiter cette énorme ressource énergétique. Les cuiseurs solaires paraboliques semblent être un bon produit de substitution pour l'usage

répandu de la cuisson au bois de chauffe dans la région. Toutes sortes de nourritures peuvent être cuites avec les cuiseurs solaires paraboliques dans un laps de temps raisonnable. Les cuiseurs solaires paraboliques peuvent être utilisés dans beaucoup de régions de Toliara. L'utilisation des cuiseurs solaires paraboliques aiderait dans la conservation des combustibles conventionnels, tels que le bois de chauffe, le gaz, l'électricité et le charbon de bois. La protection de la forêt contribue à préserver les écosystèmes. Par ailleurs, l'utilisation du cuiseur solaire a comme conséquence la réduction d'émission de CO₂ dans l'environnement

Les systèmes thermiques solaires se fondent sur une source d'énergie "propre" et ils ne produisent aucune émission polluante pendant leur utilisation. Est-ce assez pour dire que ces systèmes sont vraiment "propres"?

Une analyse complète de la performance environnementale des cuiseurs solaires paraboliques doit tenir compte non seulement de leur utilisation, mais également de leur cycle de vie entier, « du berceau à la tombe », y compris la phase de production (extraction de matières premières, production de composants et assemblage du produit fini), de distribution à l'utilisateur et du traitement du déchet du produit par la réutilisation, l'incinération ou la décharge.

Une telle expansion des frontières de système laisse trouver " des impacts cachés ", qui sont associés à d'autres phases du cycle de vie de cuiseur solaire parabolique.

Néanmoins, la discussion au sujet des avantages et des inconvénients de différentes possibilités existantes pour cuire peuvent seulement être tranchée si les effets sur l'environnement des combustibles de cuisine sont considérés à travers le cycle de vie tout entier de ces combustibles. La technique méthodologique adoptée pour la recherche est une analyse de cycle de vie (ACV). Elle a été développée ces dernières années pour analyser et comprendre la totalité des effets de la ressource naturelle et environnementaux de l'usage de cette ressource.

Le présent document se décline en deux chapitres. Le premier se consacre à l'évaluation environnementale par l'analyse de cycle de vie (ACV). Quant au deuxième et dernier chapitre, il porte sur l'étude des impacts environnementaux de l'utilisation du cuiseur solaire.

CHAPITRE I : EVALUATION ENVIRONNEMENTALE PAR L'ACV

Ce premier chapitre vise à décrire l'application d'ACV sur certains combustibles de cuisine et particulièrement sur la cuisson solaire. De ce fait, il s'avère indispensable de présenter la méthode et de fixer l'objectif ainsi que le champs d'étude

1 – 1 La méthode d'ACV

Dans ce sous-chapitre, on présente la définition de l'ACV selon la norme et les intérêts de l'approche du cycle de vie. Ensuite, on compare l'ACV avec d'autres outils de management environnemental pour mieux faire comprendre l'ACV.

1 – 1 – 1 Définition et intérêts de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV)

L'analyse du cycle de vie est un outil, qui à partir de bilans matière-énergie, évalue les impacts environnementaux potentiels associés à un produit tout au long de sa vie (c'est-à-dire du berceau à la tombe), de l'extraction des matières premières à sa production, son utilisation et à sa destruction.

Si l'ACV a tout d'abord été consacrée à l'étude de produits, son utilisation a depuis été étendue à l'évaluation des procédés ou des services. Aussi, le terme de «système de produit» sera-t-il employé pour désigner l'objet auquel se rapporte l'ACV (produit, procédé ou service).

Les aspects environnementaux sont les éléments d'intervention entre le système étudié et l'environnement, à savoir les entrants et les sortants d'un système, tant d'un point de vue matière qu'énergie. Les grandes catégories d'impacts environnementaux qu'il convient de considérer comportent l'utilisation des ressources, la santé humaine et les conséquences écologiques.

Le cycle de vie comprend l'extraction des matières premières nécessaires à la fabrication du produit, sa fabrication proprement dite, son utilisation, puis son traitement après usage incluant le recyclage et/ou la valorisation et l'enfouissement des déchets ultimes. Le recyclage et/ou la valorisation peuvent avoir lieu au sein du même cycle de vie (boucle fermée) ou au sein d'un autre cycle de vie (boucle ouverte).

Se voulant un système d'explication globale, le principal intérêt de cette approche est qu'elle relie autour d'un système tous les impacts environnementaux des processus élémentaires impliqués. L'ACV se présente donc comme un outil efficace

du management environnemental pour une maîtrise et une réduction globale des impacts environnementaux.

1 – 1 – 2 ACV et les autres outils d'analyse environnementale

Outre l'ACV, il existe un éventail d'outils pour le management de l'environnement : étude d'impact, étude de risque, étude de déchets, audit environnemental, évaluation de la performance environnementale. Chacun possédant un champ d'application et des caractéristiques propres. Par exemple, l'étude de déchets se limite à un type de substance, l'évaluation environnementale concerne tout type d'entreprise, l'ACV un produit particulier, etc.

Les caractéristiques des différents outils d'évaluation environnementale sont représentées ci- dessous.

Etude d'impact : évaluation de l'ensemble des impacts potentiels sur l'environnement et sur la vie quotidienne des habitants, dans un contexte local donné, qui est entraîné par la construction et la mise en activité d'une installation industrielle, d'une infrastructure sociale, d'un grand immeuble..

Etude de risque : évaluation des risques d'accident associés à l'exploitation d'un site industriel et élaboration d'un plan d'intervention en cas d'accident.

Etude de déchets : description des filières existantes de production, gestion et élimination de déchets au sein d'un site industriel et étude technico-économique des solutions possibles pour l'élimination des déchets.

Audit environnemental (AE) : évaluation de l'efficacité des actions environnementales engagées par une organisation (politique environnementale, programmes et systèmes de gestion des problèmes environnementaux) et élaboration de nouvelles actions.

1 – 1 – 3 Méthodologie de l'ACV

. Définition des objectifs et du champ de l'étude

La phase initiale de l'ACV est d'une importance cruciale car elle assure la valeur et la validité du résultat d'une ACV.

La définition des objectifs de l'étude indique la problématique, l'application envisagée et les destinataires de l'étude.

Le champ de l'étude décrit les frontières du système ainsi que les catégories de données à étudier et les hypothèses retenues au cours de l'étude. Les principaux éléments, spécifiés par la norme, sont :

- l'unité fonctionnelle ;
- les frontières initiales du système étudié (règles de coupure, domaine de validité spatio- temporelle) ;
- les catégories de données ;
- les exigences portant sur la qualité des données ;
- les hypothèses ;
- les limites ;
- la revue critique.

Par ailleurs, l'ACV étant itérative, le champ de l'étude peut être modifié suite à l'acquisition d'informations supplémentaires (obstacles à l'étude, nouvelles données disponibles, nouveaux acteurs impliqués).

Les systèmes étudiés sont analysés et comparés sur la base de l'Unité fonctionnelle (UF), cette dernière permettant d'assurer la validité de la comparaison de systèmes différents. Une UF appropriée, conformément à l'objectif et au champ de l'étude, est construite à partir de l'évaluation des fonctions remplies par le(s) système

Analyse de l'inventaire

L'inventaire est un bilan matière-énergie du système de produit sur tout son cycle de vie tel qu'il a été défini lors de la définition du champ de l'étude. Après la définition des objectifs et du champ de l'étude, **l'analyse de l'inventaire** du cycle de vie porte sur les modes de calcul et de collecte des données.

Evaluation des impacts

Dans le domaine de l'ACV, la phase d'évaluation des impacts consiste à évaluer les résultats de l'inventaire en terme de conséquences sur l'environnement. Elle consiste donc à associer aux résultats de l'inventaire des impacts environnementaux spécifiques et elle intègre également l'étude des mécanismes de ces impacts.

1 - 2 Objectifs de l'étude

L'objectif prévu de cet inventaire est de caractériser la consommation de ressource et les aspects environnementaux significatifs liés à la production de cuiseur solaire parabolique.

Le but de l'étude se décline aux objectifs suivants :

- compiler un inventaire de cycle de vie des poids environnementaux associés à la production, à l'utilisation et à la mise en décharge du cuiseur solaire parabolique, du foyer à charbon et du foyer à trois pierre et,
- employer les données de l'inventaire de cycle de vie pour comparer les impacts potentiels sur l'environnement provenant de ce cuiseur solaire et les autres modes de cuissons cités ci-dessus.

1 - 3 Champ de l'étude

Le champ de l'étude se focalise sur les points suivants :

- les fonctions des systèmes de produit ;
- l'Unité fonctionnelle ;
- les systèmes de produit à étudier ;
- les frontières de système de produit et ;
- conditions de qualité initiales de données.

1 – 3 - 1 Unité fonctionnelle et options comparées

L'Unité fonctionnelle appropriée aux buts de cette étude est définie comme «l'usage de cuiseur solaire pour cuire un repas ».

1 – 3 - 2 Frontières du système

Les frontières du système définissent les étapes de cycle de vie et les processus d'Unité à étudier et les produits émis dans l'environnement (par exemple: anhydride carbonique, méthane etc.) et les entrées ou ressources (par exemple: réserve de charbon, minerais de fer etc.) à inclure dans l'évaluation.

Les frontières du système doivent être définies d'une manière que les entrées et les sorties du système soient des flux élémentaires.

Le but de l'étude est d'inclure tous les processus significatifs, matériel en retraçant les flux de matière et d'énergie au point où la matière et l'énergie sont extraites ou émises dans l'environnement naturel.

1 – 3 – 3 Description des 3 scénarii

Dans cette section, les scénarii sont décrits en termes de critères. Ceci se fait en donnant une vue d'ensemble des processus impliqués dans le cycle de vie en décrivant les différents profils de cuisson. En cas de besoin, on explique comment les frontières de système sont Le repas moyen appliqué. D'abord, il est important de décrire le repas moyen par tête d'un ménage moyen de 4 à 5 personnes [22.]. Le repas contient 0.162 kg de riz, 0.08 kg de maïs et 0.15 kg de manioc, 0.02 kg de légumes, 0.047 kg de viandes et poissons, et 0.021 kg de lait et d'œufs.

Cuisson au feu de bois

Le bois de chauffe est l'un des combustibles ligneux traditionnels pour cuire à Toliara. Il est collecté dans la forêt et est coupé en petits morceaux et séché au soleil si nécessaire. Pour préparer le repas, un foyer à trois pierres sert de support pour les marmites

Le dispositif est totalement fabriqué à partir de matériaux disponibles localement. La production ne nécessite donc aucune énergie primaire en termes de préparation, transport et production de matériau de base. Comme l'étape de rebut se caractérise par l'éclatement de la pierre, l'utilisation d'énergie primaire et l'émission de CO₂ provient en conséquence seulement de l'étape d'utilisation.

Figure 1 : Foyer à trois pierres



Cuisson au charbon de bois

Le foyer est habituellement fabriqué à partir de fut métallique ou de carrosserie de voiture de rebut. Les pièces détachées peuvent être montées facilement, sans besoin d'électricité, grâce aux outils servant à couper, plier et perforer.

Figure 2 : Foyer au charbon



La quantité de charbon consommée par famille dépend de la taille de ses membres. Une famille de 4 personnes peut consommer entre 85 à 100 kg par mois à Toliara. Pour cuire, le charbon est brûlé dans des foyers portables. Le charbon est transporté à Toliara par camion. L'étape de rebut se caractérise par la rouille du métal, l'utilisation d'énergie primaire et l'émission de CO₂ provient seulement de l'étape d'utilisation. Le dispositif est aussi entièrement fabriqué à partir de matériaux disponibles localement. Par conséquent, la production ne nécessite aucune énergie primaire en terme de préparation, transport et production de matériau de base.

Cuisson au cuiseur solaire

Le troisième scénario à considérer est le cuiseur solaire parabolique Sk-14, qui fait l'objet d'un projet promotion par l'ADES à Toliara, comme un dispositif complémentaire au charbon de bois.

Comme le cuiseur solaire est seulement utilisé pendant la journée et les jours ensoleillés, on a besoin également de foyer à charbon et une certaine quantité de charbon de bois, pour assurer la cuisson, quand le temps ne s'y prête pas. Pour l'impact du foyer à

charbon et de l'utilisation de charbon de bois, les mêmes hypothèses décrites dans le paragraphe précédent sont utilisées.

Figure 3 : Cuiseur solaire parabolique



Le cuiseur se compose d'une armature tournante de fer et d'un plat parabolique d'aluminium, qui concentre les rayons solaires au niveau de la marmite. Le cadre est produit dans un atelier en soudant et en coupant les 19 kg de fer, importé par bateau. Le réflecteur est fait de lames d'aluminium.

Les réflecteurs sont transportés d'Allemagne par camion et par bateau vers Antananarivo. Une fois arrivé à Tana, SOLTEC les assemble sur le cadre en acier.

Ceci exige une certaine énergie primaire. Au cours de la cuisson le cuiseur emploie l'énergie solaire d'une efficacité environ de 67% pour une insolation de 700W/m² et ne requiert aucune utilisation d'énergie primaire et n'émet pas de CO₂ [1]; [2]. Ainsi, tout usage d'énergie pendant l'étape d'utilisation est lié à l'utilisation de charbon de bois seulement. Le cadre doit être peint une fois par an, pour le maintenir environ 12 ans, et parfois des petites réparations doivent être faites manuellement. Le producteur s'attend à ce que les réflecteurs aient une durée de vie au moins de 10 ans. Les réflecteurs doivent être essuyés doucement avant et après usage. Les réflecteurs perdent une partie de leur réflectivité lors de leur cycle de vie, mais cette diminution de performance n'est pas considérée dans la comparaison énergétique, en supposant que le test de durabilité par le producteur prouve que la comparaison énergétique est négligeable, comme pour le cas de

Sk-14 [3]. La destination des cuiseurs pendant l'étape de rebut ou de mise en décharge est fortement incertaine. On suppose que les pièces et les matériaux qui peuvent être recyclés ou réutilisés sont vendus aux collecteurs de métal.

1 - 3 - 4 Allocation pour les Biens d'équipement

Tout l'équipement nécessaire pour tout processus impliqué dans le cycle de vie des cuiseurs solaires paraboliques est désigné sous le nom de biens d'équipement. Exemples de biens d'équipement :

- bâtiments d'usine ;
- l'équipement de processus, par exemple chaudières, ventilateurs, pompes, etc. et;
- véhicules.

1 - 3 - 5 Allocation pour la main d'œuvre

Lors d'une ACV, il n'est pas pratique d'inclure une évaluation du travail humain, du aux difficultés d'attribution, de délimitation de frontières, de collecte de données.

Pour l'ACV de produit où les produits et les procédés de production sont semblables, il est raisonnable de supposer que le travail est le même pour chaque système de produit. Ainsi, il est préférable de négliger le travail humain dans la présente étude. Ceci doit être examiné comme systèmes de produit divergent. Nous avons exclu le travail d'humain dans la mesure où il est en dehors de la portée et des ressources de cette étude.

1 - 3 - 6 Exigence relative des données

En plus de la collecte des données décrivant l'utilisation et la fabrication de cuiseur solaire à évaluer, ce qui suit a été identifié en tant que principaux éléments pour lesquels l'inventaire a été requis

- production d'électricité ;
- production d'aluminium ;
- production d'acier ;
- gestion des déchets et ;
- d'autres entrées de matières du système.

1 – 3 – 7 Exigence relative de la qualité de données

Les données ont été collectées principalement à partir des sources suivantes :

- entrevues avec des experts concernant les étapes principales de cycle de vie ;
- bases de données validées par inventaire de cycle de vie et ;
- publication décrivant les entrées et sorties lors des étapes de cycle de vie.

1 – 3 – 8 Couverture temporelle et géographique

En raison des limitations inhérentes de l'ACV quant à la disponibilité et à la qualité de données, les résultats montrent les flux d'énergie et de la matière comme des impacts potentiels sur l'environnement de la situation lorsque l'étude a été réalisée.

Étant donné qu'un certain nombre de processus couverts dans les limites de système sont très particuliers à Madagascar, par exemple, le traitement de déchets solides municipaux, et les distances de transport, l'étude globale est seulement valide pour Madagascar.

1 - 4 Analyse d'inventaire

L'analyse d'inventaire implique des procédures de collecte et de calcul de données pour mesurer les entrées et sorties appropriées d'un système de produit.

Dans l'analyse d'inventaire de cycle de vie (ICV), les données environnementales ont été rassemblées pour chacune des phases incluses dans les frontières du système. La majeure partie des données utilisées ne sont pas des données primaires ; donc elles n'ont été ni collectées sur le champ, directement des producteurs, ni vérifiées en commun avec les responsables dans les chaînes de processus.

1 – 5 Données

Dans cette section les données pour les analyses des effets sur l'environnement, sont décrites. Toutes les données sont accompagnées de leurs sources et des commentaires sur leur validité si leur corrélation temporelle, géographique ou technique est mise en doute. Dans les cas où il est impossible de trouver une valeur spécifique de l'énergie, ou les ressources utilisées pour la production d'un produit ou d'un processus (par exemple quand les valeurs de la littérature ne correspondent pas, ou lorsqu'on ne trouve aucune valeur) les données sont présentées sous la forme d'un intervalle de valeur supérieure et inférieure.

D'abord les données pour l'utilisation d'énergie primaire sont présentées, suivi des données d'émission de CO₂.

1 – 5 – 1 Données pour l'analyse de l'utilisation d'énergie primaire

Matières Premières

Pour la plupart des matières premières, les valeurs de BEB ont été employées. En faisant ainsi, tous les procédés de production de l'étape des matériaux ont été pris en considération, sans les avoir examinés en détail. Le tableau n°1 illustre les valeurs de BEB utilisées.

Tableau 1: Energie nécessaire pour les matériaux de base

BEB	Valeur utilisée	Intervalle	Unité	Sources
Acier	20	14-25	MJ/kg	[4] [5]
Fer	35	20-60	MJ/kg	[6], [7]
Aluminium	187,1	170-200	MJ/kg	[8], [9]
Peinture	84	65	MJ/kg	[10]

Source: Lindeboom & Goverde, 2005

Etape de transport

La deuxième étape à discuter est l'étape de transport. Le tableau 2 présente la consommation de carburant de différents moyens de transport requis pour les scénarii. Le transport maritime est employé pour tous les scénarii. En outre, le PCI du diesel a été utilisé pour convertir la valeur du fret de route à Toliara et à Antananarivo. Pour le changement de l'usage de carburant d'un camion vide par rapport à un camion entièrement chargé, une valeur européenne a été utilisée, faute de disponibilité de données locales.

Tableau 2 : Energie nécessaire pour le transport

Carburant consommé	valeur	Intervalle	Unité	Sources
Fret de la route	4,6	-	Mj/t/km	[10]
Fret de la route	3,6	-	MJ/tkm	[11].
Transport international (bateau)	0,2	-	MJ/tkm	[5]
Transport international (avion)	16,2	-	MJ/tkm	[11].
Carburant utilisé pour le fret de la route de retour	40%	-	-	[10]
PCI diesel	43,3	-	MJ/kg	[12] [13]

Source : Lindeboom& Goverde ,2005

Les distances, parcourues par certaines composantes du cuiseur parabolique entre quelques villes concernées par l'étude comme Toamasina, Toliara, Antananarivo, sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Distance aux transports

Distances	valeur	Intervalle	Unité	Sources
Antananarivo - Toamasina	350		Km	
Allemagne- Antananarivo	9900		Km	Estimations basée sur une carte
Afrique du Sud - Toamasina	2000		km	Estimations basée sur une carte
Antananarivo Toliara	945		Km	

L'étape de production

Tous les différents scénarii consistent en une perte des composants qui peuvent être assemblés manuellement ou avec un peu de soudure. Par conséquent, l'énergie consommée lors de l'assemblage est négligeable par rapport à l'utilisation des matériaux de base.

Étape d'utilisation (entretien compris)

Pour la quantité de combustible nécessaire à chaque scénario aucune donnée spécifique n'a pu être trouvée.

Bien que l'énergie solaire ne soit considérée comme une énergie primaire, il n'y a aucune raison d'inclure des valeurs sur l'efficacité du cuisinier.

Les processus de réparation ou d'entretien n'exigent pas beaucoup de main-d'œuvre ou de matériaux. Ainsi, aucune énergie primaire directe n'est consommée.

Tableau 4 : valeurs pour l'étape d'utilisation

Étape d'utilisation	Valeur	Intervalle	Unité	Sources
Backup ratio (voir annexe 5: calcul du taux de substitution)	45%	38% - 52%		[23]
Foyers à trois pierres	22,83	20,09-25,57	kg/repas moyen	[21]
Foyers de charbon de bois	2,51	1,99 -2,25	kg/repas moyen	[21]
PCI bois de chauffe	16,8	10.5-21	MJ/kg	[14]
PCI charbon de bois	32.5		MJ/kg	[15]

Source: Lindeboom& Goverde, 2005

Étape de rebut ou de mise à décharge

Puisque aucune donnée n'a été trouvée sur la politique pour traiter les déchets, en partie en raison d'une certaine incertitude, on suppose donc qu'aucun des matériaux employés n'est ni réutilisé ni recyclé, de ce fait formant un mauvais cas. de scénario.

1 – 5 – 2 Émission de CO₂

Les facteurs d'émission exprimés dans le tableau 5 sont appropriés pour tous les différents stades du cycle de vie. La valeur du pétrole brut est utilisée lorsque le transport maritime est mis en jeu dans l'analyse de sensibilité. Les valeurs d'émission de CO₂ par usage de l'énergie primaire de ce tableau 5 ont été prises pour les estimations des facteurs d'émission qui ne peuvent pas être connues directement.

Tableau 5 : facteurs d'émission de CO₂

FE de CO ₂	Valeur	Intervalle	Unité	Sources
Bois	83		Kg/GJ	[14]
Charbon	95		Kg/GJ	[13] [14]
pétrole brut	75		Kg/GJ	[14]
Diesel	74		Kg/GJ	[13]; [14]
Pétrole lampant	72		Kg/GJ	[14][10]
Production de pétrole	0,48		Kg/kg	[13]
Gaz naturel	56	1 - 2,6	Kg/GJ	[5][4]
Acier	1,8		Kg/kg	[15]
Charbon de bois	100		Kg/GJ	
Fer	2,4	1,3 – 3,5	Kg/kg	[5]
Aluminium	11,7		Kg/kg	[10]
Peinture	2,4		Kg/kg	[10]
CO₂ électricité generation	123	-	Kg/GJp	[17]
Energie primaire utilisée pour l'électricité	0	-	Kg/GJp	[13].
Energie primaire utilisée à Madagascar		-		

Source : Lindeboom & Goverde, 2005 [23]

1 – 5 – 3 Coûts

L'analyse financière peut être effectuée quand les données du tableau 6 sont combinées avec les données des effets environnementaux de l'étape d'utilisation. La plupart de ces valeurs n'ont aucun intervalle d'incertitude, mais comme ce sont principalement des prix courants des services ou des dispositifs qui sont relativement faciles à obtenir, ceci n'est pas vraiment nécessaire. Il est, cependant, difficile de prévoir les changements de valeurs au cour du temps et par conséquent ces données devraient être manipulées avec soin. Le taux d'inflation choisi est celui de l'année du mois de mai 2008 (6.4 %).

Le taux directeur de l'année 2006 (12%) est appliqué. Le prix du charbon est également incertain, quoique le prix actuel soit connu 211 Ar/kg.

Tableau 6 : valeurs pour les calculs économiques

	valeur	unité	sources
Taux d'Inflation	6,4	%	[27]
Taux directeur	12	%	[26]
prix du bois de chauffe	300	Ar/kg	
prix du charbon de bois	211	Ar/kg	
prix du Foyer à charbon	3000	Ar	
Prix de SK 14	200000	Ar	SOLTEC

1 – 6 Analyse

Cette partie est consacrée essentiellement à la présentation des résultats de différents scénarii en terme d'émission de CO₂ et utilisation d'énergie primaire, des interprétations et des discussions afin de pouvoir apprécier les effets sur l'environnement.

1 – 6 – 1 Utilisation d'énergie primaire et émissions de CO₂ pour le bois de chauffe

La seule utilisation appropriée d'énergie dans le scénario de bois de chauffe est la combustion du bois de chauffe (voir tableau 7).

Le besoin moyen estimé de 2.25 kg de bois [21] (dont le Pouvoir calorifique inférieur est de 16.8 MJ/kg [14]) équivaut à une consommation d'énergie de 37.83 MJ/repas.

Tableau 7 : usage d'énergie pour le scénario bois de chauffe

Scénario de bois de chauffe			
	Etape du Cycle de vie	Énergie utilisée (MJ/repas)	Emission de CO ₂ (kg/repas)
	pré		
1	fabrication.	0.0000	0.0000
2	Transport	0.0000	0.0000
3	Production	0.0000	0.0000
4	Transport	0.0000	0.0000
5	Utilisation	37.83	3.137
6	Déchet	0.0000	0.0000
	Total.	37.83	3.137

La combustion de bois de chauffe est le seul processus qui cause l'émission de CO₂. En multipliant l'énergie utilisée par un facteur d'émission de 83 kg/GJ, on obtient le résultat de l'émission totale de 3,137kg/repas.

1 – 6 – 2 Utilisation d'énergie primaire et émissions de CO₂ pour le charbon

Dans l'hypothèse où une valeur de 2,51 kg de charbon de bois par repas est prise [21], ceci implique que l'énergie consommée à chaque repas vaut 32. 5 MJ [15]. La différence avec le bois de chauffe vient principalement du pouvoir calorifique élevé (ou la forte efficacité du foyer à charbon) du charbon par rapport au bois de chauffe

Pour le processus de production du foyer à charbon, l'énergie utilisée peut être négligée car la fabrication opérée manuellement se réduit au pliage et à la perforation des rebuts de fut, de carrosserie. La production de ses pièces principales, dont l'acier, exige 35 MJ/kg, soit 0,015 MJ/ repas, avec une hypothèse que le foyer est utilisé pendant un an avec 3 repas par jour mais comme la masse du foyer est seulement de 0.5 kg, l'énergie utilisée due à la production de l'acier prend seulement une petite part de l'énergie totale utilisée (MJ/repas)

Le charbon est produit approximativement entre 40 à 70 km de la ville. En supposant que tous les camions doivent retourner vide signifie que la distance aller et retour, est imputée au transport du charbon. En appliquant une valeur de 4.6 MJ/t/km [15] pour la consommation de carburant, une réduction de 50% pour l'énergie dépensée pour un camion vide donne une consommation d'énergie de 0.345 MJ/repas

Tableau 8 : usage d'énergie pour le scénario du charbon

scénario du Charbon			
	Étape de cycle de vie	Energie Utilisée (MJ/repas)	Emission de CO ₂ (kg/repas)
	pré		
1	fabrication.	0.015	0,036
2	Transport	0.000	0.000
3	Production	0.000	0.000
4	Transport	0.345	0.034
5	Usage	81,575	8.1575
6	déchet	0.000	0.000
	Total.	81,965	8.1645

L'émission de CO₂ dans la phase d'utilisation s'obtient en multipliant le facteur d'émission du charbon (100 kg/GJ) à la quantité d'énergie utilisée par repas du charbon de bois soit 8.1645 CO₂ / repas. Les autres émissions se calculent de la même manière en utilisant les facteurs d'émission du tableau 5.

1 – 6 – 3 Utilisation d'énergie primaire et émissions de CO₂ pour le cuiseur solaire

D'après les études de Lindeboom et Goverde [23], le réflecteur consomme énormément d'énergie parmi les différents matériaux constitutifs du cuiseur solaire. En se référant au BEB de l'aluminium, le besoin énergétique du réflecteur vaut 609.3 MJ/cuiseur. Pour un réflecteur d'une durée de vie de dix ans, le cuiseur contribue à une cuisson de pas moins de $10 * 365.25 * 2$ repas par jour soit 14610 repas pendant sa durée de vie. Par conséquent, quand le besoin en énergie des plats de réflecteur est exprimé par repas, on obtient seulement une valeur de 0.041 MJ/repas. La production des pièces de fer du cuiseur explique 0.031 MJ/repas, alors que la contribution de la production de peinture est encore plus petite. La somme de ces deux valeurs explique la valeur 0.072 MJ/repas de l'étape de préfabrication du tableau 8.

Il faut distinguer deux types de transport : le premier est lié à la production de matériaux pour construire le cuiseur. Le deuxième est lié au transport proprement dit des matériaux qui vont être assemblés à Antananarivo. Pour le premier transport, les valeurs utilisées sont issues des travaux de Lindeboom et Goverde [23]. Il en est de même pour l'énergie dépensée pour la production du cuiseur et les émissions correspondantes. Le transport du réflecteur de l'Allemagne (0.033 MJ/repas) est largement responsable de la valeur pour le « transport » proprement dit illustré dans le tableau 9. Pour avoir l'énergie dépensée en MJ/t, il faut multiplier la distance parcourue, du tableau 3, par la valeur du fret d'un constituant du cuiseur, du tableau 2 selon le mode de transport utilisé, puis par le poids de ce matériau . Enfin, pour avoir une valeur exprimée en MJ/repas, il faut diviser la valeur obtenue par 14610. Les détails du calcul sont présentés en annexe 6. En supposant que le cuiseur solaire peut cuire 55 % du repas ce qui implique un «back-up» ou un taux de remplacement de 45 %, c'est-à-dire, en se référant aux données relatives au charbon de bois (§ 1- 6 -2) on a $32.5 \text{ MJ/repas} * 0.45$ soit 36,88MJ/repas. L'usage d'énergie restant est alloué à la réparation, et particulièrement la peinture, dans cette phase.

En raison des grandes incertitudes concernant le stade de mise en décharge, aucune valeur d'énergie n'a été incluse dans cette étape.

Tableau 9 : usage d'énergie pour le scénario du cuisEUR solaire

	Étape de cycle de vie	Energie Primaire Utilisée (MJ/repas)	Emission de CO2 (kg/repas)
1	préfabrication.	0,072	0,005
2	transport	0,003	0
3	Production	0,03	0,004
4	Transport	0,042	0,002
5	Utilisation	36,921	3,7780
	Total.	37,404	3,789

Les émissions produites pour l'étape de préfabrication sont issues de l'acier et de l'aluminium. Elles sont obtenues en multipliant leurs BEB respectifs, dans le tableau 1, avec leurs poids respectifs puis avec leurs facteurs d'émissions, dans le tableau 5.

Pour l'étape d'utilisation, les émissions considérées proviennent de l'utilisation de charbon tenant compte du taux de substitution et celle provoquée par la peinture. Cette dernière se calcule de la même manière que précédemment.

Comme l'énergie primaire, la majeure partie de l'émission de CO₂ est affectée à l'étape d'utilisation, et par conséquent au taux de remplacement. L'émission finale est de 3,789 kg/repas une fois la production et le transport du cuisEUR pris en compte.

1 – 6 – 4 Scénario de bois de chauffe

Il n'y a aucun coût initial alloué au foyer de bois de chauffe. Les coûts par repas se réduisent ainsi totalement à l'utilisation du bois de feu. Le prix actuel sur le marché local est de 300 Ar /kg et l'utilisation moyenne du bois de feu par repas (2.25 kilogrammes) il peut estimer que les coûts du combustible par repas pour ce scénario sont 675Ar. Le changement d'une partie des paramètres au cours du temps doit être pris en considération. Les coûts de bois de chauffe sont supposés à augmenter avec l'inflation (6.4 % à Madagascar). Avec un taux d'intérêt de 12%, les coûts d'approvisionnement de bois de chauffe sur 10 ans peut être estimé à 1871,82 Ar par repas.

1 – 6 – 5 Scénario de Charbon de bois

L'approvisionnement en charbon de bois implique à la fois aussi bien un coût initial que des coûts récurrents. Au début, chaque ménage utilise un foyer de charbon de bois, et après ce foyer doit être remplacé par un foyer neuf tous les deux ans.

Pour le premier achat le prix actuel est supposé à 3000 Ar, pour les prochains achats, les taux d'actualisation et d'inflation doivent encore être pris en considération. À $t=2$; la troisième année, quand ce deuxième achat doit être fait, le prix doit avoir probablement atteint 8023.50 Ar, avec un taux d'actualisation de 12% et un taux d'inflation de 6.4%.

Comme tous les autres prix, par hypothèse, le prix de charbon de bois augmente selon l'inflation. Les coûts actuels de combustible pour un repas peuvent être calculés en multipliant ce prix (211 Ar/kg) à la quantité de combustible requise (2.51 kg), donnant une valeur de 529,61 Ar par repas.

1 – 6 – 6 Scénario du cuiseur solaire parabolique

Pour le scénario de cuiseur solaire les coûts peuvent être divisés en trois composants : un investissement initial sur le cuiseur solaire, des investissements multiples pour des foyers de charbon de bois et des coûts de substitution au charbon. Ce scénario exige le plus grand investissement initial comparé aux autres solutions car le cuiseur solaire doit être achetés.

Le cuiseur solaire et le foyer à trois pierres peuvent durer pour toute la période de dix ans, mais le foyer de charbon de bois doit être remplacé plusieurs fois. Étant donné qu'il est moins fréquemment (avec un facteur-2) utilisé dans ce scénario, il a été supposé que le foyer durera deux fois plus longtemps que dans le scénario de charbon de bois. Ainsi, à $t=4$ et à $t=8$ de nouveaux foyers de charbon de bois doivent être achetés, pour 10727.53 Ar et 19485,02 Ar respectivement. Sans compter que les coûts de production et de transport du cuiseur solaire, cette valeur de 200000 Ar n'inclue pas les coûts nécessaires à la mise en oeuvre de la promotion des cuiseurs solaires.

Dans la situation actuelle, les propriétaires de cuiseurs sont responsables de l'entretien approprié du cuiseur, à travers les coûts de réparation et peinture.

Un cuiseur solaire n'exige aucun combustible, et en tant que tels, ainsi aucun coût de combustible n'a été pris en compte. Cependant, lorsque le recours au charbon de bois est nécessaire, les coûts de combustible surgissent. Ces coûts sont désignés sous le nom des coûts de substitution. Avec un taux annuel constant de 45% [23], et les coûts de charbon de bois comme calculés ci-dessus.

1 – 6 – 7 Analyse multicritère

Le tableau 10 présente la source de donnée pour la comparaison finale, qui n'est que le résultat des analyses précédentes.

Tableau 10: donnée source sur l'AMC appliquée sur les scénarios

Donnée Source de l' Analyse Multicritère			
	Énergie Primaire utilisée (MJ/repas)	émissions CO ₂ (kg/repas)	Coûts
cuisson au bois de chauffe	37.83	3.137	2629,78 ar
cuisson au charbon	81.965	8.1645	529
cuisson au SK-14	37,404	3,789	

Tous les critères analysés se sont avérés être des aspects fortement importants pour mettre en application la technologie de la cuisson dans la région du Sud ouest. Néanmoins, le caractère du projet a probablement montré que quelques aspects sont de plus grande importance que d'autres.

Tout d'abord, du fait que l'ADES est disposé à investir dans la réduction des impacts environnementaux, on peut en déduire que les effets sur l'environnement doivent, au moins, être légèrement plus importants que les coûts.

Tous les aspects se sont avérés importants, et donc aucun n'est supposé être plus important que les deux autres combinés. En outre, on ne pense pas que les effets sur l'environnement ne sont pas assez importants pour excéder l'importance des coûts.

De ces prétentions, un ensemble logique de poids de facteurs peut être déduit: les effets sur l'environnement 0.20 par critère secondaire, coût 0.60.

Tableau 11: résultat de l'AMC du bois de chauffe , du charbon, du SK-14

		Poids
Effets sur l'Environnement	émission de	0.20
	énergie primaire utilisée	0.20
Coûts		0.60
Total		1

En résumé, l'analyse d'inventaire a mis en évidence les points faibles des combustibles de cuisine. L'étape d'utilisation représente le plus gros consommateur d'énergie. Il a été mis en évidence que le scénario de charbon de bois consomme énormément d'énergie par rapport aux scénarii de charbon de bois et du cuiseur solaire parabolique. Les émissions de CO₂ évoluent de la même manière. Les détails de ces résultats sont donnés dans le tableau 12.

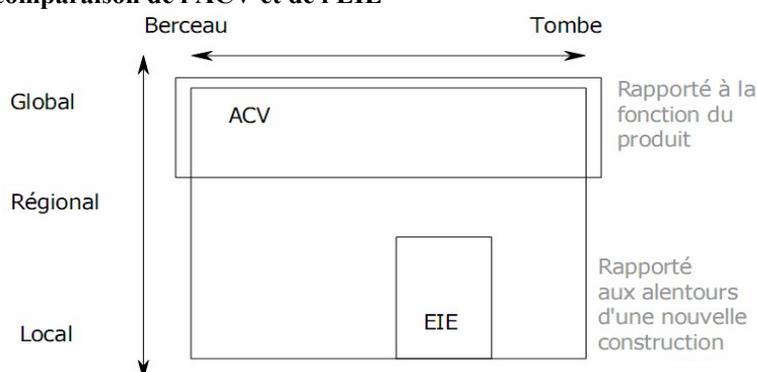
Tableau 12 :résumé des résultats de l'étude de cas

Ressources	FBC	FC	CSP
Énergie [MJ/repas]	37.83	81,965	37,404
Émissions CO ₂ [kg/repas]	3.137	8.1645	3, 789

CHAPITRE 2 : ETUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

L'objectif principal de cette méthode est d'évaluer les impacts sur l'environnement d'une nouvelle source localisée de pollution, telles qu'une industrie ou une route, sur ses environnements. Appliquée au niveau des combustibles de cuisine, l'EIE étudie les impacts sur l'environnement des nouvelles pratiques de cuisine. Elle peut également être employée comme manière d'alerter les ménages que leur mode de cuisine n'est pas durable. La méthode repose sur le concept que l'impact d'une activité humaine dépend de la pollution liée à cette activité et à la sensibilité de l'environnement en termes de biodiversité, logement, tourisme, etc. Les trois aspects de durabilité – environnementaux, économiques et sociaux – sont pris en considération. L'EIE évalue les impacts sur l'environnement d'une nouvelle source localisée de pollution, et à un moindre degré des impacts régionaux. A la différence de l'approche d'ACV, les impacts globaux résultant de la nouvelle activité sont rarement pris en considération. La figure ci-dessus montre une comparaison entre l'EIE et l'ACV.

Figure 4: comparaison de l'ACV et de l'EIE



Les impacts locaux, régionaux, et globaux sont considérés, selon la distance entre la source d'émission et le secteur affecté par chaque type d'impact.

La ligne verticale représente le niveau des impacts d'une source de pollution

La ligne horizontale représente le stade d'activité à laquelle est soumise un produit.

2 – 1 Contexte et localisation du secteur d'étude

- **La dépendance à l'égard du bois de chauffe**

Le bois de chauffe est une des sources d'énergie traditionnelles pour cuire dans presque tout Madagascar.

Spécialement dans des zones sèches du continent africain, beaucoup de personnes souffrent de la pénurie croissante de bois de chauffe. La pression démographique, l'érosion et le déboisement causent une dégradation environnementale grave. Le sud de Madagascar éprouve encore ses propres crises qui affectent principalement les pauvres ruraux. Par ailleurs il y a des sécheresses périodiques et des pressions urbaines ont causé le déboisement et l'érosion du sol. De plus, l'utilisation du bois de chauffe produisant de la fumée, souvent à l'intérieur du ménage, constitue une cause principale de maladie respiratoire aiguë pour les enfants, les femmes et les personnes âgées.

- **Problème de l'énergie pour cuire dans la zone rurale sud**

Généralement, la pauvreté implique, parmi tant d'autres conséquences, un accès limité aux ressources énergétiques, destinées à assurer la cuisson et le chauffage de l'eau, dans le ménage. La question énergétique exige une analyse approfondie vis-à-vis de la pauvreté qui influence souvent le choix d'énergie utilisée par les ménages. Les ménages dépendent des sources incertaines et imprévisibles de revenu et de divers besoins, dont l'énergie. Les revenus faibles et incertains perpétuent la dépendance des ménages à l'égard des sources d'énergie qui peuvent être gratuites (cas du bois de chauffe) achetées en petites quantités quotidiennement.

- **Cuisine solaire comme une alternative au bois**

La seule source d'énergie gratuite qui peut concurrencer le bois est l'énergie solaire. Les cuiseurs solaires sont restés dans un stade de développement pendant un certain temps. Cependant, ce n'était que récemment qu'il y a eu un effort pour les rendre économiquement viables. Le sud de Madagascar est exposé à une forte insolation, ce qui en fait une excellente localisation géographique pour employer les cuiseurs solaires.

L'utilisation de multiple combustible, ou la pratique qui utilise une gamme de combustibles par suite de leur disponibilité et accessibilité, est une norme dans les ménages des pays en développement, notamment dans les milieux ruraux. L'utilisation de multiple combustible est principalement influencée par des soucis de survie. L'utilisation des cuiseurs solaires convient au modèle d'utilisation de multiples combustibles.

La section suivante décrit brièvement l'état initial des milieux physique, biologique et social dans la zone étudiée. Les données de base pour la zone de la concession ont été examinées dans le cadre d'une monographie et d'autres études. Ces données permettront de décrire les conditions de base qui servent de référence pour l'évaluation des effets potentiels du projet.

2 – 2 Milieu physique

Située au Sud Ouest de Madagascar, la région d'ATSIMO ANDREFANA se trouve dans la Province autonome de Toliara.

Elle est limitée au nord par le fleuve MANGOKY, à l'Est par le massif ruiniforme de l'Isalo et une partie de la région de TOLAGNARO, au Sud par le fleuve MENARANDRA et à l'Ouest par le Canal de Mozambique.

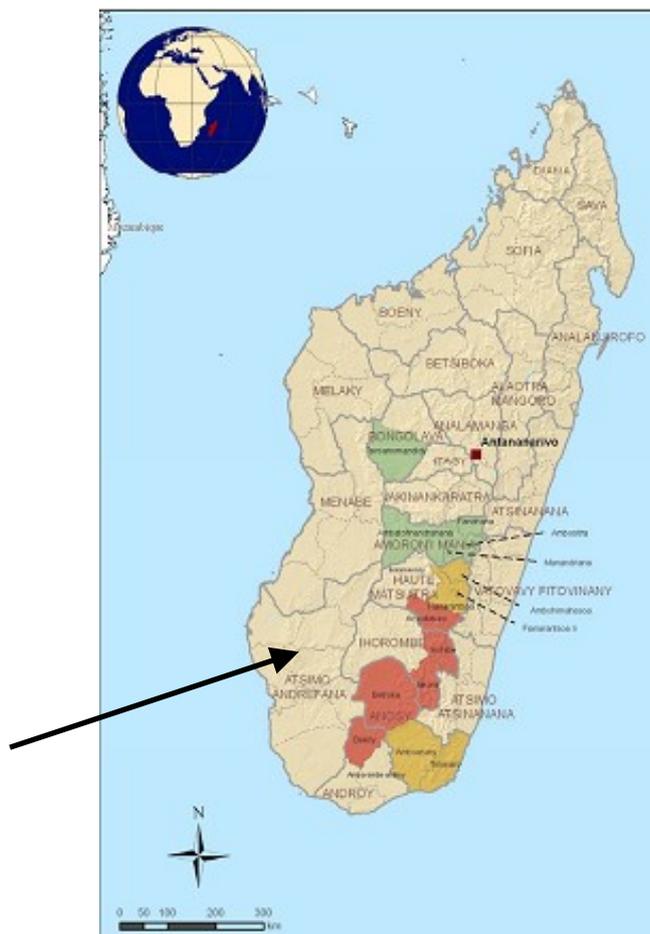
Elle est composée de 9 sous-préfectures et 86 communes [19].

Les limites géographiques sont les suivantes :

- latitude : entre 21°66' et 24°72' Sud
- longitude : entre 43°47' et 45°47' Est

La région Sud Ouest fait partie d'un de sept écorégions de Madagascar, qui n'est constituée que de fourré épineux s'étendant du Sud au sud-ouest de Madagascar avec sa frontière nordique au fleuve Mangoky sur la côte occidentale et les pentes ouest de la chaîne de montagne d'anosyennes dans le sud-est.

Figure 5 : localisation de la région Sud ouest (Atsimo Andrefana)



Source : FIDA [25]

2 – 2 – 1 Climat

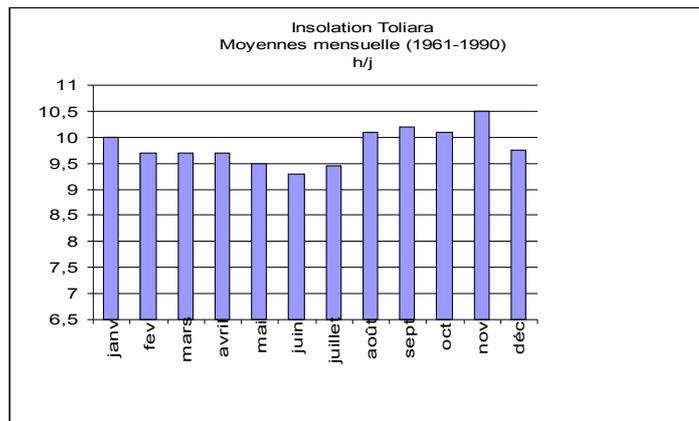
Pluviométrie

La moyenne pluviométrique annuelle pour la région est au plus de 500 (millimètres) par an. Les secteurs les plus secs sont dans [la région côtière](#) du sud-ouest où les précipitations annuelles peuvent être moins de 350 millimètres par an et la saison sèche peut durer 9 à 11 mois. Le climat est dominé par une saison humide et une saison sèche, avec la majeure partie de la pluie tombant entre octobre et avril. Les précipitations peuvent être erratiques [18]

Ensoleillement

Toliara bénéficie d'un ensoleillement abondant. Toliara se situe (entre 21°66' et 24°72'S et entre 43°47' et 45°47' Est) dans la zone ensoleillée du globe. La période d'ensoleillement de Toliara est 2 624 h/an avec un maximum de 10.5 h/j au mois de novembre et 9.4 h/j au minimum en juin.

Figure 6 : Insolation moyenne mensuelle



Source: ADES, 2008 [16].

Le sol

La nature fortement poreuse du sol et de la roche mère fournit une faible capacité pour la végétation d'absorber l'humidité. Beaucoup de plantes ont développé des adaptations pour stocker très peu d'eau pour réduire au minimum la perte d'eau [19].

Températures

La variation des températures, tout au long de l'année reste faible (amplitude annuelle comprise entre 7° et 10°). Les moyennes annuelles sont toujours comprises entre 25°C (Morombe) et 23°C (au sud de l'Onilahy) [18].

Les moyennes annuelles de températures pour la région s'étendent entre le maximum de 30° à 33°C et le minimum de 15° à 21°C.

Vents

Le littoral est balayé en permanence par un vent dominant, « Tsiok'Atimo », de direction SW - NE et qui constitue un facteur sélectif local de la végétation.

Dans le Sud-Ouest, l'alizé qui a franchi la falaise orientale, y est subsidient, c'est-à-dire, sec et de caractère anticyclonique, ce qui donne le plus souvent une dorsale anticyclonique sur l'ensemble de la région. Le temps est beau et frais en raison du refroidissement nocturne.

2 – 2 – 2 Sols et végétations

Topographie, géologie

La topographie est relativement plate et allant du niveau de la mer aux altitudes typiquement entre 55_m et 200 m au-dessus de niveau de la mer, avec une altitude augmentant graduellement de la côte intérieure vers les montagnes centrales.

Il y a deux grands types de roche : la roche calcaire tertiaire du plateau Mahafaly et les sables rouges non consolidés du sud central et du sud-est. Cette géologie correspond à une division importante dans l'habitat.

Flore

La végétation générale distribuée à travers la région est un buisson épineux dans le sud et l'ouest et une mosaïque de buisson épineux et prairie secondaire plus à l'intérieur. Les plantes représentées incluent un mélange d'arbres à feuilles caduques et à feuilles persistantes succulents.

Le fourré épineux ou la forêt épineuse est habituellement de 3 à 6 m de hauteur, mais inclut parfois des arbres naissants de la famille de Didiereaceae qui atteignent plus de 10 m de hauteur, des *Alluaudia ascendens* et *A procera*. D'autres émergents dans la forêt incluent des espèces de *Commiphora*. (Famille de Burseraceae), *Tetrapterocarpon geayi* (famille de légumineuses), et *Gyrocarpus americanus* (famille de Hernandiaceae), aussi bien que d'autre espèces d'Euphorbiaceae, de légumineuses et les baobabs du Bombacaceae [19].

La végétation varie à travers toute cette région, d'Est en Ouest, produisant les communautés de végétation d'aspect divers dans tout le fourré épineux. Les parties du fourré épineux manquent complètement d'espèce de Didiereaceae. L'*Alluaudia*

procera et les *A. ascendens* dominent les parties orientales. À l'Ouest, dans le Nord, il n'y a aucune espèce émergente d'*Alluaudia*, mais par contre ce milieu est dominé par *Didierea madagascariensis*, des baobabs nains *Adansonia fony*, le grand de *Pachypodium geayi*, et des espèces de *Deloni spp.*

Quelques plus petits centres notables d'endémisme se produisent dans la région. Les falaises de roche à calcaire à l'Est du lac Tsimanampetsotsa, sur le plateau Mahafaly, ont une végétation peu commune comportant quatre familles principales : Euphorbiaceae, Didiereaceae, Bombacaceae et Fabaceae. Ici, la végétation inclut *Euphorbe stenoclada* distinctif succulent et les arbres bouteilles de *Moringa drouhardii*[19].

Les autres communautés et habitats significatifs de plantes dans [la région](#) incluent des broussaille touffues des dunes côtières et les forêts de galerie sur les sols alluviaux encadrant les grands [fleuves](#) (le Mandrare, l'Onilahy, le Linta, et le Fiherenana). Bien que les forêts de galerie se trouvent le long [des fleuves](#) dans la forêt épineuse, leur composition floristique est en grande partie différente et les forêts de galerie sont semblables à la forêt de grands arbres à feuilles caduques de l'Ouest.

Particularité de la Biodiversité

[La région](#) a le pourcentage d'endémisme le plus élevé de plantes à Madagascar. Les quatre vingt quatre pour cent des genres et 95 pour cent d'espèces rencontrées dans la région sont endémiques à l'île. Une partie d'espèces forestières dominantes appartient à la famille endémique de Didiereaceae. Il y a 11 espèces et 4 genres (*Didierea*, *Alluaudia*, *Alluaudiopsis* et *Decaryia*) dans cette famille. Certaines des plantes endémiques sont extrêmement rares dues aux gammes restreintes, telles que les *suzannae* d'aloès (*Liliaceae*) et le palmier, *Dypsis decaryi*, aussi bien que les herbes d'euphorbe, les espèces de *Pachypodium spp* [19].

Par ailleurs, les cordons littoraux sont souvent associés à des Mangroves assez étendues sur des vasières dues à des dépôts fluviaux importants. La mangrove de FITSITIKA (Manombo-Toliara) est actuellement la plus belle mangrove de la région du Sud-Ouest avec une superficie de 400 ha, alors que celle de BEVOALAVO est en voie de disparition. Celles des envaciens de la ville de Toliara (Sarodrano, Ankilibe, Ankiembe, la Batterie et le Nord Fiherena) ont pratiquement disparu (déforestation).

Ces mangroves hébergent une faune importante de poissons, de crustacées (en particulier crevettes et crabes) de coquillages, d'oiseaux rares ainsi que des algues. Elles sont aussi riches en « Afiaty » (*Avicennia*) et « Tanga » (*Rhizophora*).

Faune

La faune de [la région](#) est également distinctive et comprend trois mammifères strictement endémiques, le lémurien *Lepilémurien leucopus*, le *Galidictis grandidieri* et le *Microcebus griseorufus*. Six autres lémuriens se trouvent seulement dans le fourré épineux : les lémuriens *Lepilémurien ruficaudatus*, *Propithecus verreauxi*, *Lémur catta*, *Phaner furcifer*, *Cheirogaleus medius*, *Microcebus murinus*.

Des espèces de [reptiles](#) endémiques de la région incluent des caméléons *Furcifer belalandaensis* et *F. antimena*. De plus, les tortues *Pyxis arachnoides*, et *Geochelone radiata* sont présentes dans la région et la zone au nord. Le boa *Acrantophis dumerilii* se rencontre dans cette région. Beaucoup d'autres espèces sont endémiques de la région comme *Oplurus saxicola* et *O. fihereniensis*, *Phelsuma breviceps*, *Ebenavia maintimainty* et des *Matoatoa brevipes*, et le serpent *Liophidium chabaudi*.

Il y a 8 espèces d'oiseaux endémiques et 2 espèces additionnelles d'oiseaux qui vivent seulement du côté occidental plus sec de l'île. Les espèces endémiques incluent le *Coua verreauxi*, *Coua cursor*, *Xenopirostris xenopirostris*, *Calicalicus rufocarpalis*, *Newtonia archiboldi*, et *Monticola imerinus*.

2 – 3 Milieu humain

En 2001, l'effectif estimé de la population régionale est de 934 539 habitants ; la population de Toliara II de 184 256 habitants représente 20% de la population régionale. Avec 29 habitants / km², il est deuxième en terme de densité de population après Toliara I avec 361 habitants / km².

A Toliara II, la population féminine représente 50,56% et la population masculine 49,43%. L'âge moyen de la population est de 21,41 ans tandis que pour le sexe féminin, il est de 21,52 ans (Monographie Sud Ouest).

La population active représente 50,4% de l'ensemble tandis que la proportion des inactifs est de 49,58%.

Lors du dernier recensement en 1993, le taux moyen de croissance de la population de 1975 à 1993 est de 3,4% pour la région et supérieur pour le district, soit 4,5%.

La forte croissance démographique est liée aux phénomènes de migration, ainsi que les mariages et procréations précoces des jeunes filles de la région.

2 – 4 Méthode d'identification et d'évaluation des impacts

L'importance des impacts est évaluée à partir de critères prédéterminés et ceux retenus dans le cadre de cette étude sont définis ci-après.

- **Durée de l'impact**

Un impact peut être qualifié de temporaire ou de permanent. Un impact temporaire peut s'échelonner sur quelques jours, semaines ou mois, mais doit être associé à la notion de réversibilité. Par contre, un impact permanent a un caractère d'irréversibilité et est observé de manière définitive ou à très long terme.

- **Étendue de l'impact**

L'étendue de l'impact correspond à l'ampleur spatiale de la modification de l'élément affecté.

On distingue trois niveaux d'étendue : régionale, locale et ponctuelle.

L'étendue est régionale si un impact sur une composante est ressenti dans un grand territoire (l'ensemble d'une commune par exemple) ou affecte une grande portion de sa population.

L'étendue est locale si l'impact est ressenti sur une portion limitée de la zone d'étude ou par un groupe restreint de sa population.[24]

L'étendue est ponctuelle si l'impact est ressenti dans un espace réduit et circonscrit ou par seulement quelques individus.

- **Intensité de l'impact**

L'intensité de l'impact est fonction de l'ampleur des modifications sur la composante du milieu touché par une activité du projet ou encore des perturbations qui en découleront.

Ainsi, une forte intensité est associée à un impact qui résulte en des modifications importantes de la composante du milieu, qui se traduisent par des différences également importantes au niveau de son utilisation, de ses caractéristiques ou de sa qualité.

Un impact de moyenne intensité engendre des perturbations de la composante du milieu touché, qui modifient modérément son utilisation, ses caractéristiques ou sa qualité.

Enfin, une faible intensité est associée à un impact ne provoquant que de faibles modifications à la composante visée, ne remettant pas en cause son utilisation, ses caractéristiques ni sa qualité.[24].

- **Importance de l'impact**

La corrélation entre les descripteurs de durée, d'étendue et d'intensité permet d'établir une appréciation globale des divers impacts. À cet effet, le tableau 9 sert de guide pour évaluer l'importance d'un impact, mais il revient à l'évaluateur de porter un jugement global sur l'impact en fonction des spécificités du milieu. L'appréciation globale est classée selon les quatre catégories suivantes :

- Impact majeur : les répercussions sur le milieu sont très fortes et peuvent difficilement être atténuées;
- Impact moyen : les répercussions sur le milieu sont appréciables mais peuvent être atténuées par des mesures spécifiques;
- Impact mineur : les répercussions sur le milieu sont significatives mais réduites et exigent ou non l'application de mesures d'atténuation;
- Impact négligeable : les répercussions sur le milieu ne sont pas significatives ou sont hypothétiques et sans conséquences notables, cette catégorie d'importance n'apparaît donc pas dans le tableau suivant.

Tableau 13 : critère d'évaluation des impacts

Intensité	Étendue	Durée	Importance de l'impact		
			Majeure	Moyenne	Mineure
Forte	Régionale	Permanente	X		
		Temporaire		X	
	Ponctuelle	Permanente	X		
		Temporaire		X	
	Locale	Permanente		X	
		Temporaire			X
	Régionale	Permanente	X		
		Temporaire		X	
	Ponctuelle	Permanente		X	
		Temporaire			X
	Locale	Permanente		X	
		Temporaire			X
	Régionale	Permanente		X	
		Temporaire			X
	Ponctuelle	Permanente		X	
		Temporaire			X
	Locale	Permanente			X
		Temporaire			X

Source : EIES PIC, 2005

2 – 5 Aspects économiques

Le tableau 14 résume l'évaluation des impacts de la promotion du cuiseur sur un point de vue économique

Tableau 14 : Impacts anticipés sur l'économie

Impact	source d'impact	Évaluation de l'importance de l'impact			
		Intensité	Etendue	Durée	importance
séquestration additionnelle de carbone	conservation des forêts comme principal stockage de carbone	forte	régionale	permanente	majeure
Perte de source d'énergie gratuite ou très bon marché	changement de sources d'énergie.	moyenne	locale	permanente	majeure
La réduction de la pauvreté	disponibilité d'énergie de ménage	moyenne	locale	permanente	majeure
Création d'emploi à travers la production des cuiseurs solaires	Mise en place de son propre atelier dans sa région et création d'entreprise pour un revenu durable.	moyenne	locale	permanente	majeure
gain financier	L'intensité solaire moyenne par jour.	moyenne	locale	permanente	majeure

2 – 5 – 1 La réduction de la pauvreté

Les cuiseurs solaires améliorent la disponibilité d'énergie de ménage, qui en même temps peut réduire la pauvreté et améliorer la qualité de la vie. En effet,

- Pour les ménages pauvres où un large pourcentage du revenu mensuel est dépensé en combustibles, plus d'argent est disponible pour acheter d'autres combustibles;
- en disposant d'un certain mélange de combustible, les cuiseurs solaires augmentent également la sécurité d'énergie. Une fois que le ménage possède un cuiseur solaire, il pourra toujours faire cuire (aussi longtemps que le soleil brille) ;
- un gain financier, qui aurait été dépensé sur l'énergie, est maintenant disponible pour d'autres choses ;
- par l'utilisation d'un cuiseur solaire, les combustibles fossiles ou l'électricité

sont disponibles pour d'autres activités ou usages. Par exemple, au lieu d'employer le charbon de bois pour cuire, il peut être utilisé pour repasser les linges ;

- les repas qui nécessitent un temps de cuisson long consomment une quantité importante de combustible, ainsi ils sont idéalement adaptés à la cuisine solaire

2 – 5 – 2 Dépenses supplémentaires pour l'acquisition de cuiseur

Le prix d'achat d'un cuiseur parabolique de 200 000 MGA est un problème pour les groupes les plus pauvres particulièrement ; le temps de retour de capitaux varie largement selon des circonstances locales et, dans beaucoup de cas, peut être de deux ou trois ans. L'appareil doit donc être de bonne qualité, utilisant en conséquence des matériaux chers.

Il y a lieu de favoriser l'accès à l'information sur l'existence de nouveaux produits, surtout pour les femmes et l'accès au crédit pour acheter les produits innovateurs tels que les fours solaires.

2 – 5 – 3 Création d'emploi par la production des cuiseurs solaires

Vu la précarité de la situation énergétique, tester le cuiseur solaire s'avère un produit idéal pour créer des affaires durables. Une copie du cuiseur qui inclut en plus quelques améliorations techniques éventuelles peut être produite.

Le grand potentiel du marché de cuiseur solaire local suscite une grande production à petite d'abord, puis à grande échelle dans la région avec des services de livraison dans toute la région.

L'expérience de Soltec montre que deux travailleurs peuvent fabriquer un cuiseur solaire par jour. Ajustement fait pour les vacances, jours de fête etc., cela signifie 250 cuiseurs par an sont possibles. La confection de 100 000 cuiseurs solaires crée ainsi 800 emplois.

Il est important de définir un composant éducatif de ce projet et d'assurer le besoin d'équipement d'atelier pour le montage de cuiseur.

Les personnes à ressource limitée peuvent obtenir des formations techniques aussi bien en mécanique qu'en gestion à partir de ce composant. À la fin de la formation, elles doivent bénéficier d'un équipement de base pour leur permettre de mettre en place leur propre atelier et de monter ainsi une entreprise privée comme source de revenu durable.

2 – 5 – 4 Séquestration additionnelle de carbone

Le mécanisme de développement propre (MDP) est la mise à jour de protocole de Kyoto de l'exécution commune. Les pays en développement avec les projets qui réduisent des émissions de dioxyde de carbone ou d'augmentation de séquestration de carbone peuvent les mettre en application conjointement avec d'autres pays. La vulgarisation des cuiseurs solaires constitue un moyen de réduire la pression sur la forêt et elle peut être faite par le MDP. Une société intéressée, probablement un secteur public cherchant à construire une nouvelle centrale thermique dans un pays développé, cherche à compenser l'augmentation des émissions de carbone qui s'ensuivent en achetant et en distribuant les cuiseurs solaires dans un pays en voie de développement.

Pour que cette transaction soit viable sur le plan économique et sur le plan environnemental, les cuiseurs solaires doivent réduire le déboisement d'une ampleur qu'ils peuvent justifier leur achat, le coût de leur intégration et l'appui technique pour assurer un succès de vulgarisation.

En outre, cette mesure nécessite :

- Une sensibilisation à grande échelle sur le MDP
- Des appuis financiers et humains destinés à organiser ce mécanisme dans son ensemble et surtout sa structuration d'ensemble ;
- Un accord cadre avec le secteur privé malgache pour un meilleur engagement de celui-ci.

2 – 5 – 5 Gain financier

Tout consommateur qui achète un cuiseur solaire, bénéficie d'un gain financier fonction des facteurs suivants :

- le nombre et le type de repas cuit,
- le type de combustible conventionnel utilisé par le consommateur avant l'utilisation d'un cuiseur solaire parabolique.

L'utilisation du cuiseur solaire présente de nombreux avantages allant dans le sens d'un développement plus « durable ». Son impact sur l'économie familiale est nette : le fait d'utiliser un cuiseur solaire permet de bénéficier d'une énergie gratuite et renouvelable, et limite ainsi les dépenses de combustibles. En sachant que ces dépenses représentent environ 13% du revenu familial pour le charbon [22.], les

économies substantielles apportées par les cuiseurs solaires peuvent donc être investies dans l'éducation des enfants ou dans l'alimentation.

2 – 5 – 6 Perte de source d'énergie

Nombreux sont ceux qui couvrent leurs besoins énergétiques en coupant de plus en plus de bois dans leurs environnements immédiats. En substituant leur combustible de cuisine à l'énergie solaire, ils perdent leur source d'énergie habituelle qui est gratuite ou de très bon marché. La plupart d'entre eux ne peuvent pas se permettre le changement à d'autres sources d'énergie.

Pour combattre la crise de bois de chauffe par l'utilisation des cuiseurs solaires, il est nécessaire de disposer des fonds pour leur fabrication et diffusion.

Les cuiseurs solaires devraient être utilisés, ensemble avec d'autres énergies renouvelables, pour résoudre le problème de l'énergie domestique et retrouver un équilibre entre la consommation et la production de bois, en particulier dans les régions atteintes de déforestation, de dégradation des forêts et de désertification dont la région de Toliara.

2 – 6 Aspects sociaux

2 – 6 – 1 Modification des méthodes de cuisine

Les aspects sociaux des systèmes d'introduction de cuiseur solaires peuvent poser des problèmes importants, puisque la cuisine avec de l'énergie solaire diffère radicalement des autres méthodes de cuisine. Pour cette raison, l'énergie solaire offre seulement un supplément à d'autres sources d'énergie, et ne peut pas assurer un remplacement à 100%.

Les applications sont limitées parce que :

- le soleil brille seulement par intermittence toujours
- tous les repas ne peuvent pas se préparer dans un cuiseur solaire : faire frire toutes les nourritures est pratiquement impossible.

Beaucoup de gens cuisinent à l'aube ou au crépuscule. Un cuiseur solaire ne peut pas, donc, être employé. Il est souvent difficile et parfois impossible de changer ces habitudes de cuisine.

La présentation d'une nouvelle manière de préparation de nourriture qui nécessite une nouvelle approche à la cuisine elle-même peut être culturellement

perturbatrice sur des manières qui ne sont pas aisément évidentes, comme l'impossibilité de cuire la nuit avec un cuiseur solaire.

Le cuiseur solaire doit être pris seulement en tant que solution partielle aux problèmes de combustibles relatifs aux besoins de cuisine.

Une stratégie pour contrecarrer le manque d'adaptation et pour impliquer les femmes consiste à utiliser des cuiseurs simples et construits localement. Des femmes locales peuvent être formées à promouvoir les cuiseurs solaires qu'elles construisent.

Le cuiseur solaire doit être pris seulement en tant que solution partielle aux problèmes de combustibles relatifs aux besoins énergétique de cuisine.

La cuisson solaire nécessite une promotion active. Les organisations de la société civile sont les mieux placées pour faire la promotion. Des démonstrations de cuisine solaire sont un moyen valable pour familiariser la population avec le maniement des cuiseurs solaires, leur maintien et les précautions à prendre.

2 – 6 – 2 Dommages aux yeux ou risque de cécité

Le cuiseur solaire parabolique a le potentiel de concentrer la lumière aux intensités, qui pourraient causer des dommages aux yeux ou même la cécité si les rayons lumineux se reflètent sur les yeux des opérateurs. Dans des conditions de fonctionnement normales, ceci ne doit poser aucun problème parce que les opérateurs ne se placent pas dans l'aire de réflexion de la lumière considérée comme dangereuse.

Le port des lunettes contre soleil est préconisé pour protéger les yeux des rayonnements solaires

2 – 6 – 3 Gain de temps

Les gains de temps potentiels liés à l'utilisation du cuiseur solaire peuvent se traduire comme:

- gain de temps qui résulte de la réduction du temps de collecte de bois ;
- gain de temps potentiel dans le processus de cuisine.

L'utilisation de cuiseur réduit la corvée de bois de chauffe des femmes et des enfants. Quand les ménages ramassent leur combustible, femmes et enfants passent de nombreuses heures chaque semaine à chercher des branches et des brindilles. Le ramassage n'est pas nécessairement quotidien, sa durée et sa fréquence variant selon les quantités de bois qu'on peut trouver.

Moins accaparées par la corvée de ramassage de combustible loin de la maison et disposant d'appareils plus performants pour cuire les aliments, les femmes ont plus

de temps pour entreprendre des activités productives, s'instruire, s'occuper de leurs enfants et se relaxer. Moins astreints à ramasser souvent du bois, les enfants ont plus de temps pour aller à l'école, faire leurs devoirs et s'amuser.

2 – 6 – 4 Diminution des risques et dangers des fumées

En revanche, l'utilisation de combustibles plus propres peut diminuer les risques sanitaires liés au combustible solide ou ligneux. Lorsque le bois est brûlé à l'intérieur des bâtiments, dans des foyers qui ne contrôlent pas l'émission de fumée et en l'absence de cheminées qui puissent l'évacuer, ces fumées ont un impact direct sur la santé des familles, en particulier des femmes et des enfants. La pollution à l'intérieur des bâtiments implique très souvent des infections respiratoires graves, des maladies pulmonaires obstructives chroniques, et, à un indice pondéral bas, le cancer du poumon et des problèmes ophtalmologiques.

Outre qu'elles font reculer les problèmes respiratoires, les sources d'énergie domestique moins polluantes permettent de faire bouillir l'eau et de réduire ainsi l'incidence des maladies d'origine hydrique.

Un résumé de l'évaluation d'impacts anticipés de la promotion des cuiseurs paraboliques solaires sur le plan social est présenté dans le tableau 15.

Tableau 15 : Impacts anticipés sur le milieu social

Impact	source d'impact	Évaluation de l'importance de l'impact			
		Intensité	Etendue	Durée	importance
Modification des méthodes de cuisine	Adaptation au défaut du cuiseur:	forte	locale	permanente	majeure
dommages aux yeux ou même cécité	potentiel de concentrer la lumière	faible	locale	permanente	mineure
Diminution des risques et dangers des fumées	combustibles plus propres	forte	locale	permanente	majeure
Gain de temps	collecte de bois de chauffe.	faible	locale	permanente	mineure

2 – 7 Aspects environnementaux

2 – 7 – 1 Diminution de la déforestation

La production de charbon de bois conduit à ce que tous les arbres et buissons sont condamnés à être abattus aussitôt qu'ils sont assez grands.

L'adoption des variantes des cuiseurs solaires (box solaire) de 1617 kwh à 2034 kwh pendant une année équivaut à consommer 2180 à 2750kg de charbon de bois au cours de l'année. Avec l'utilisation d'un réchaud solaire, un foyer peut sauver près de 22 à 28 tonnes de bois par an, tout en sachant que le rendement de carbonisation est de 10% [21].

2 – 7 - 2 Réduction d'émission des polluants

Il est à souligner que la combustion de charbon de bois, de bois de chauffe engendre des émissions de dioxyde de carbone, celles-ci sont largement évitées par l'utilisation du cuiseur solaire

Le charbon provoque ainsi l'émission de quantités importantes d'oxydes, de SO_2 , et de CH_4

La quantité des émissions évitées par l'utilisation du cuiseur solaire dépend du combustible utilisé avant la substitution et du degré de celle-ci. Si c'était le charbon de bois qui était seulement consommé, l'effet de substitution est plus grand que dans le cas du bois. Une partie des gaz émis pendant la production du charbon de bois concerne le Méthane, qui est un gaz à effet de serre et a un Potentiel de Réchauffement Global (PRG, angl. GWP) élevé, à savoir 56, calculé sur un horizon de 20 ans. Beaucoup de ménages consomment le bois et le charbon. Si le cuiseur solaire est utilisé dans une procédure de cuisson sur deux comme en Haiti [20.], 515 kg de carbone par ménage correspondant à 1889 kg d'équivalents de CO_2 peuvent être évité annuellement, si le bois était seul utilisé auparavant, et 1016 kg de carbone correspondant à 3723 kg d'équivalents de CO_2 si c'était le charbon de bois

Le passage à des sources d'énergie domestique, en plus de diminuer la fumée à l'intérieur des habitations, permet d'économiser du combustible et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Lorsque les familles les plus pauvres (groupe cible de l'action) épuisent leurs réserves immédiates de bois de feu pour la cuisine, elles sont prises dans un engrenage qui peut dégrader leur habitat et accroître davantage leur pauvreté. L'une des conséquences les plus perverses de l'utilisation de l'énergie sur l'environnement trouve son origine dans les activités de cuisine des ménages. Dans certains endroits, c'est la cause de la déforestation et de la désertification.

Le tableau 16 ci-après présente un aperçu de l'évaluation des impacts anticipés de vulgarisation de cuisEUR solaire sur le milieu naturel.

Tableau 16: Impacts anticipés sur le milieu naturel

Composante	Impact	source d'impact	Évaluation de l'importance de l'impact			
			Intensité	Etendue	Durée	importance
Qualité de l'air	Réduction d'émission de polluants tels que SO ₂ , CH ₄ , fumée	les feux de végétation.	faible	locale	permanente	mineure
	La réduction du principal gaz à effet de serre CO ₂ . Émission directe de CO ₂ , . Émission indirecte de CO ₂ .	économie combustible.				
Flore	Diminution de la déforestation	Carbonisation du bois,	faible	locale	permanente	majeure

Bref depuis sa création, l'association avait livré près de 356 cuisEUR solaires paraboliques. Ces derniers permettent d'économiser des tonnes de bois, de réduire les émissions de CO₂, de préserver la santé de la population et la nature exceptionnelle de l'île qui est également à la base du tourisme qui se développe à Madagascar.

2 – 8 Impact résiduel

Au niveau des ménages, certains facteurs externes peuvent favoriser la prise ou le refus des cuisEUR solaires :

- emplacement adéquat pour le cuisEUR solaire ;

Les utilisateurs les considèrent comme un investissement et sont peu disposés à placer les cuiseurs à l'extérieur. Le manque de place sûre et protégée à l'intérieur du foyer provoque une certaine réticence des utilisateurs à opter pour le cuiseur parabolique ;

- l'espace de la cour et la disponibilité d'un endroit ensoleillé pour cuire : dans quelques secteurs urbains les maisons sont très près des unes des autres et la cour peut ne pas avoir un ensoleillement adéquat à cause des grands arbres ou des formes d'ombres des bâtiments voisins.

CONCLUSION

Les préalables à une comparaison juste des caractéristiques environnementales de différents systèmes de cuisson consistent à ce que les systèmes comparés soient équivalents et accomplissent les exigences fonctionnelles; les caractéristiques techniques, leurs données soient fiables et les profils environnementaux des énergies et les matières employées dans la comparaison soient comparables.

La comparaison de la cuisson solaire et celles au bois de chauffe et au charbon en tant que combustible de cuisine mène à quelques résultats intéressants.

L'investigation sur l'approvisionnement de combustible, incluant toutes les étapes du cycle de vie avec la cuisine, montre un avantage environnemental du cuiseur solaire parabolique pour les indicateurs étudiés. L'étape d'utilisation engendre une part étonnamment élevée des fardeaux environnementaux pour les combustibles.

L'avantage environnemental du cuiseur solaire parabolique est plus frappant lorsque la cuisine, l'avant dernière étape du cycle de vie est incluse dans le profil environnemental. La cuisson à l'énergie solaire cause la plus faible émission de CO₂. Même si la cuisson consomme la majeure partie de l'énergie nécessaire, certaines parties en amont du cycle de vie sont responsables d'une faible part sur tout le fardeau environnemental.

Cette étude a prouvé que trois différents concepts de cuisson construits avec différents matériaux ont produit différents effets environnementaux. Nous pouvons voir que pour les systèmes de cuisson à l'énergie solaire et au feu de bois, les valeurs des effets environnementaux sont de loin plus « propres » et moins énergétivore que pour la cuisson au charbon.

Quant à l'étude d'impacts environnementaux, il est à noter que l'impact social sur l'économie rurale, et les avantages économiques causés par la diffusion des cuiseurs solaires, doivent être pris en considération dans une analyse plus détaillée. D'un point de vue purement économique, le système décrit n'est pas entièrement compétitif vis-à-vis des combustibles ligneux habituels: leur besoin élevé de capitaux (relativement aux sources traditionnelles, c'est-à-dire. bois de chauffe) les rend rarement rentables ; les limitations intrinsèques (par exemple, la dépendance à la présence du soleil) impliquent des changements au niveau de la préparation des repas et même un cuiseur entièrement utilisé ne "sauve" pas sans équivoque l'environnement.

Le présent rapport ne reflète pas un inventaire de cycle de vie détaillé sur la production de cuiseur solaire parabolique. les émissions et. Il est limité aux émissions de CO₂ et aux utilisations d'énergie. D'autres polluants liés à la production d'aluminium et d'acier, l'utilisation de ressource, le potentiel d'acidification, le potentiel d'eutrophisation, la formation d'oxydants photochimiques, l'écotoxicité méritent une considération pour rendre cet ACV plus rigoureux .

LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1].SCHEFFLER W., HOEDT H.
“Evaluation Report: On Scheffler Reflector Technology Transfer to RIIC, Kanye.”
1998
- [2].EG SOLAR
www.eg-solar.de, as visited on November 5th 2004.
2004.
- [3].CZECH S
Email correspondence with Stephan Czech of EG solar.
2004
- [4].ENERGETICS INC.
“Energy and Environmental Profile of the US iron and steel industry”
2000
- [5].MATHIESEN, L. & MAESTAD, O.
“Climate policy and the steel industry: achieving global emission reductions by an incomplete climate agreement”. Discussion paper.
2002.
- [7].GIELEN, D.J. & MORIGUCHI, Y.
“Technological potentials for CO₂ emission reduction in the iron and steel industry”. International Journal of Environmental Technology and Policy 1, no. 3, 229-249 pp.
2003.
- [8]. WORREL, E.
“Potentials for improved use of industrial energy and materials”, Utrecht: Universiteit, Faculteit Scheikunde, Utrecht.
1994
- [10]. ECOINVENT 2000. For more information, please contact Wilfried van Sark; w.g.j.h.m.vansark@chem.uu.nl
2000
- [14]. Pokharel G.R. & Munakami R.,
“Renewable energy technologies and avoidance cost of CO₂ in Nepal”, Germany and IWM-Program, Centre for Rural technology, University of Flensburg, Nepal.
2003
- [15]. ADEME
“Facteurs d’émission de dioxyde de carbone pour les combustibles”
Avril 2005

[16]. ADES.
“ENERGIE ET ENVIRONNEMENT DEVELOPPEMENT DE L’ENERGIE SOLAIRE A TOLIARA.”
www.ayuntamientovalencia.org/ayuntamiento/
lien visité le 14 août 2009

Sans date

[17] BLOK, K. & AL.,
Reader Energie-analyse, Utrecht University, Department of Science,
Technology and Society
2000

[18].MINISTERE DE L’AGRICULTURE, DE L’ELEVAGE ET DE LA PECHE, UNITE DE POLITIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT RURAL (UPDR), “Monographie de la région du sud-ouest”
Juin 2003

[19].http://www.eoearth.org/article/Madagascar_spiny_thickets
lien visité le 04 août 2008

[20].VIALA, J.-P.
“ Marktchancen und -probleme bei der Einführung von regenerativen Energiequellen in Haiti, dargestellt am Beispiel des Solarkochers, Diplomarbeit an der Technischen Fachhochschule Berlin, <http://www.emsolar.ee.tu-berlin.de>”
1999

[21].MADAGASCAR TRIBUNE
“Un four solaire ADES sauve 22 tonnes de bois”, <http://www.madagascar-tribune.com>. Date de mise en ligne : lundi 30 juin 2008
Lien visité le 03 septembre 2008

[22].INSTAT
“Enquête prioritaire auprès des ménages”
1999

[23] LINDEBOOM RALPH. & GOVERDE RENE.
“Towards sustainable relief-assistance - Applicability of the sunny solution”, report as part of study on the topics of Energy & Materials, Science & Policy, Utrecht University,
March 2005

[24] PRESIDENCE PROJET POLE INTEGRES DE CROISSANCE (PIC)
“Evaluation environnementale et sociale du pole de Nosy Be Version finale”
EES, Madagascar.
Juin 2005

[25] FIDA
“Proposition de prêt et de don à la République de Madagascar pour le Projet d’appui aux organisations professionnelles et aux services agricoles ”
Septembre 2008

[26] ZAFIMAHOVA SERGE

“Les entreprises malgaches face à l’internalisation et à la globalisation de l’économie”

Novembre 2006

[27] www.french.xinhuanet.com lien visité le 13 oct. 2008.

ANNEXES

Annexe 1 : SK 14.....	48
Annexe 2 : SOLTEC.....	48
Annexe 3 : présentation de l' ADES.....	48
Annexe 4 : promotion de cuiseur solaire.....	49
Annexe 5 : Calcul du taux de remplacement ou de substitution.....	49
Annexe 6 : Energie dépensée au transport.....	50

Annexe 1 : SK 14

Le SK 14 est robuste et léger à la fois, bon marché à fabriquer et simple à manipuler. Sa puissance atteint les 600 Watt. Par un bon ensoleillement, trois litres d'eau bout en 30 minutes. La marmite de 12 litres pour laquelle est conçu le SK 14 permet de cuisiner pour 20 personnes. Le réchaud solaire fonctionne une heure après le lever du soleil jusqu'à une heure avant le coucher de ce dernier. Grâce à sa haute performance, il est même efficace par un ensoleillement périodique relativement court. Une fois cuits, les mets peuvent continuer à mijoter dans un panier-thermos.

La distance miroir-foyer du SK 14 n'est que de 28 cm. Il est donc nécessaire de réajuster le miroir toutes les 15 à 25 minutes lorsque l'on veut atteindre une performance maximale constante : ceci s'effectue en un tour de main. Le foyer se situe au centre du miroir – brûlures et éblouissements sont vraiment très faciles à éviter : pour remuer ou retirer la marmite du foyer, on bascule le réflecteur de manière à ce que la marmite se retrouve à l'ombre.

Annexe 2 : SOLTEC

SOLTEC est le pionnier en matière de cuiseur solaire à Madagascar et gère un atelier de formation professionnelle depuis plus de 15 ans. Le SK14 est probablement le réchaud solaire le plus connu. Il est fabriqué par SOLTEC.

Annexe 3 : présentation de l' ADES

ADES est l'abréviation pour Association pour le **D**éveloppement de l'**E**nergie Solaire.

ADES est une organisation non gouvernementale (ONG) et une association d'utilité publique qui a pour mission la production de fours solaires et la promotion d'énergies renouvelables à Madagascar.

Elle a été fondée en 2001 par la Suisse Regula Ochsner.

Objectifs de l'ADES

ADES veut offrir à la population économiquement pauvre de Madagascar grâce au four solaire une alternative à la méthode traditionnelle de cuisiner avec du charbon de bois et participer ainsi à la préservation de l'espace vital et à la lutte contre la pauvreté.

ADES soutient également d'autres possibilités d'utilisation de l'énergie solaire comme la production d'électricité, de même que l'utilisation d'autres formes d'énergies renouvelables comme l'énergie éolienne ou celle de biogaz

Annexe 4 : promotion de cuiseur solaire

Un bon nombre de démonstrations et campagne de conscientisation sur la technologie de cuisine solaire ont été organisée par l'ADES. Ceci a créé un grand intérêt au sein de la population. Pendant les démonstrations, différents types de nourritures sot cuits dans les cuiseurs solaires. Les personnes qui assistent à ces démonstrations obtiennent des informations pratiques en observant l'usage des cuiseurs solaires. L'audience peut goûter au repas cuit.

Annexe 5 : Calcul du taux de remplacement ou de substitution

Pour calculer l'économie potentielle de la technologie de cuisine solaire, on doit déterminer combien de repas peuvent être cuits en un jour, aussi bien que pour le système de substitution (charbon ou autre)

. Ce premier nombre peut être facilement obtenu par des enquêtes sur terrain. Pour un jour ensoleillé en octobre il a été prouvé qu' il possible de faire cuire 4 repas moyens pour 6 personnes. Ainsi, en un jour ensoleillé, il est possible d'économiser une quantité de charbon habituellement utilisée pour préparer 4 repas.

Pour mesurer les avantages (ratio de combustible utilisé) il faut enregistrer le nombre de jours pendant une période relativement longue pour laquelle les cuiseurs solaires peuvent être utilisés. Puis les jours doivent être classés selon qu'ils soient:

1. des jours ensoleillés où la cuisine solaire peut être utilisée tout au long de la journée.
2. des jours nuageux et pluvieux; où aucune utilisation du cuiseur solaire ne peut être faite du tout.
3. des demi-jours ensoleillés ; un jour l'où le cuiseur solaire peut seulement en partie être utilisé.

Annexe 6 : Energie dépensée au transport**Tableau 17 : Energie dépensée au transport**

distance en km	Acier	Aluminium	fret	transport en MJ/t
350	19		4,6	30590
945	19	3	4,6	95634
360		3	3,6	3888
9900		3	16,2	481140
2000	19		0,2	7600
Total				618852

En divisant par 1000 , puis par 14610, l'énergie totale dépensée au transport,
on a 0.0423 MJ/repas

RAZAFIMANANTSOA LAUREAT GARCIN

lauratgarcin@yahoo.com

Cité ‘‘U’’ Ambatomaro 202-H

Antananarivo

« Analyse de cycle de vie et études d’impacts environnementaux du cuiseur solaire parabolique dans la région du sud-ouest de Madagascar. ». 49 pages

RESUME

L’approvisionnement en bois de chauffe et du charbon de bois tend de nos jours à être de plus en plus difficile que dans le passé car la disponibilité du charbon de bois est incertaine. Depuis 2000, l’ONG Soltec a commercialisé des cuiseurs solaires paraboliques aux malgaches. Dans ce contexte, l’association ADES envisage la promotion de ces produits dans la région sud ouest de Madagascar.

Pour optimiser le succès de ce projet, l’utilisation du cuiseur solaire (Sk-14) actuellement a été comparée à deux scénarii, dans lesquels la cuisine est faite respectivement au bois de chauffe et au charbon de bois. Pour le Sk-14 on a supposé que lorsque le temps n’est pas favorable, le charbon est utilisé.

Ainsi, tout le cycle de vie des dispositifs a été examiné sur la base de l’utilisation d’énergie primaire et d’émission de CO₂.des scénarii étudiés.

L’utilisation de l’énergie solaire n’étant pas comptabilisée, car gratuite, la majeure partie de l’utilisation d’énergie du cuiseur solaire est attribuée: à l’utilisation du charbon de bois quand le cuiseur solaire ne peut pas être utilisé lors de mauvaises conditions.

L’étude d’impacts environnementaux a montré que le SK-14 contribue à la réduction de la déforestation et est socialement acceptable mais reste peu compétitif par rapport aux bois et charbons

Mots clés : cuiseur solaire parabolique, bois de chauffe, charbon de bois, analyse de cycle de vie, études d’impacts environnementaux.

ABSTRACT

The supply of woodfuel and charcoal to the region nowadays tend to be more and more difficult than it has been in the past as the availability of charcoal is unreliable. Since 2000 the NGO Soltec has sold parabolic solar cookers to Malagasy people. In this context, the association ADES will promote those products in South West part of Madagascar.

To optimize the success of this project, the use of the currently used (SK-14) solar cooker has been compared to two alternatives, in which all cooking is done on firewood and charcoal respectively. For the SK-14 it has been assumed that in the time it can not be used due to wheather conditions, charcoal would be used as a back-up.

The alternatives have been compared on the topics of primary energy usage and CO₂ emission. When doing so, the whole lifecycle analysis of the alternatives and accompanying devices has been examined.

A reduction about half the environmental impact can be obtained via this solar cooker. In fact, most of the energy use of the solar cooker can be attributed to the back-up need: the use of charcoal when the solar cooker cannot be used due to bad weather conditions.

The environmental impact assessment has shown that the SK-14 reduce deforestation and is socially acceptable, but less competitive compare to fuelwood and charcoal.

Key words: parabolic solar cooker, fuelwood, charcoal, life cycle analysis, environmental impact assessment.

RAKOTONDRAMARANA Hery Tiana, Maître de Conférences au département de physique de la Faculté des Sciences de l’Université d’Antananarivo, Coordinateur de CERSAE.