

Pérenniser l'accès à une solution de cuisson propre à usage productif et/ou institutionnel



Guide méthodologique
Prise en compte de la diversité des contextes locaux

Pérenniser l'accès à une solution de cuisson propre à usage productif et/ou institutionnel

Guide méthodologique -
Prise en compte de la diversité des
contextes locaux

Ce guide est publié par le **Réseau Cicle** (Coopération internationale climat-énergie) :

S.C. pS-Eau

22 rue des Rasselins, 75020 Paris

www.reseau-cicle.org

fr.linkedin.com/company/reseau-cicle

Ce guide a été conçu à partir d'un rapport réalisé par Jean-François Rozis. Il s'appuie sur des ressources bibliographiques, connaissances et expériences du rédacteur, ainsi que des analyses d'entretiens collectés au cours d'une mission exploratoire au Rwanda et en Ouganda. Ces données ont été agrégées, puis enrichies des retours de divers contributeur·ices au cours de la rédaction, réalisée sans intelligence artificielle (IA).

À ce titre, le Réseau Cicle et Jean-François Rozis remercient les personnes ayant facilité le déroulé de la mission et nourri les réflexions présentes dans ce guide. Au Rwanda, ce sont tout particulièrement Simone Fehrenbach et Michael Rusagara de la GIZ-Endev et Yasmine Karam de BioMassters. En Ouganda, ce sont Virginia Echavarría de Simoshi Ltd et Sarah Babirye de l'UNACC (Uganda National Alliance of Clean Cooking).

Sur le terrain, que toutes et tous soient remerciés pour avoir présenté leurs réalisations, leur approche et leur appropriation des équipements cuisson propre : Peter Ngugi pour BioMassters, Valentine Mukakamana pour le RSB (Rwanda Standard Board), Sarah Babirye pour l'UNACC, Agnès Naluwagga pour le CREEC, Ronald Kaweesa gérant d'ECOCA East Africa Ltd (en lien avec Pesitho), ainsi que les chefs d'établissement des écoles visitées.

À distance, ce sont les diverses structures et personnes ayant explicité leur approche et les leçons apprises : **ADES, Initiative Développement, Nitidae, Lytefire, Yokoumi, Entrepreneurs Du Monde, le Cirad, mais aussi David Bérault et Crispin Pemberton-Pigott.**

Le Réseau Cicle remercie également l'ensemble des contributeur·ice·s membres qui ont participé à la relecture du document et se sont réunies à plusieurs reprises pour apporter leur vision à ce travail :

Camille Tignon, Initiative Développement

Alain Wasserfallen, ADES

Maud Ferrer, Gret

Fulgence Akaffou, Geres

Dimitri Tientega, Jeunes Acteurs de l'Énergie

Nicolas Livache, Experts Solidaires

Ravo Andrianirina, Institut supérieur de technologie d'Antsiranana

Coordination : **Corentin Oudot**

Conception et mise en page par **Atelier Hybrid**.

Impressions par **&OP**.

Photo de couverture : © Initiative Développement

En cohérence avec les objectifs d'intégration du genre et d'accès équitable aux services énergétiques entre les femmes et les hommes poursuivis par le Réseau Cicle, la rédaction de ce guide intègre un langage inclusif. Cette démarche reconnaît que le langage et la communication ne sont pas neutres. Elle permet de rendre compte des singularités et d'accroître la visibilité des femmes dans les enjeux d'accès à l'énergie abordés par le guide. Autant que faire se peut, les noms à portée individuelle (ex : consommateur·rice, usager·ère) sont systématiquement féminisés, contrairement aux noms désignant des entités (ex : acteurs locaux, exploitant, etc.). L'utilisation du point médian est limitée par la déclinaison masculine et féminine des noms et adjectifs, et par le recours aux termes épicènes. Le narratif tend aussi à éliminer les expressions généralisantes en précisant les contextes et les situations énoncées.

Ce guide a été réalisé avec le soutien de l'**Agence française de développement** (AFD) et de l'**Agence de la transition écologique** (ADEME).

© Réseau Cicle, S.C. pS-Eau. Paris, Février 2026.

Sommaire

Acronymes	7
Lexicographie	9
INTRODUCTION	10
Prise en main de ce guide méthodologique	11
Les concepts clés	13
Genre et inclusion dans les projets de cuisson propre dans le petit productif et l'institutionnel	19
Enjeux et opportunités de la cuisson propre dans le petit productif et l'institutionnel	20
Enjeux sanitaires	20
Une pression sur la ressource en bois-énergie	21
Un enjeu climatique	22
Enjeux sociaux	22
Un focus différencié entre l'institutionnel et le productif	24
ÉTAPE 1 : UN DIAGNOSTIC PRÉALABLE POUR DÉFINIR SA STRATÉGIE D'INTERVENTION (6 MOIS À 1 AN)	25
1.1. L'essentiel	26
1.2. Mise en œuvre de cette étape de diagnostic	26
A. Les bonnes pratiques pour collecter les données	26
A.1 Le site d'activité de cuisson	27
A.2 Aval : Commercialisation du produit fini	32
A.3 Amont : Ce qui est amené au site d'activité hors électricité/eau	37
A.4 Écosystème en lien avec l'activité de cuisson	40
A.5 Comparaison avec des contextes similaires	41
B. Exploitation des données	42
B.1 Comparatif du coût des énergies de cuisson	42
C. Les écueils à éviter lors de la phase de diagnostic	48
D. Les outils à utiliser	49
1.3. Prendre en compte les dimensions de genre et d'inclusion à cette étape	50
1.4. Aller plus loin	51
ÉTAPE 2 : Définition du positionnement de la structure porteuse	52
2.1. L'essentiel	53
2.2. Mise en œuvre de l'activité	53
2.3. Prendre en compte les dimensions de genre et d'inclusion à cette étape	58
2.4. Aller plus loin	60
ÉTAPE 3 : La phase pilote (3 à 5 ans)	61
3.1. L'essentiel	62
3.1. Mise en œuvre de la phase pilote	62

3.2.1. Le choix de la solution de cuisson propre : une complexité variable suivant le contexte.....	62
3.2.2 Le choix du ou des premiers sites pilotes.....	67
3.2.3. Le développement technologique des équipements biomasse-énergie.....	68
A. Les bonnes pratiques (choix des sites vitrines et des démonstrateurs).....	69
B. Les écueils à éviter.....	70
C. Les outils à utiliser.....	72
L'établissement du cahier des charges (CDC).....	72
Bilan et scénarios tendanciels.....	75
3.3. Prendre en compte les dimensions de genre et d'inclusion à cette étape.....	77
3.4. Aller plus loin.....	77
ÉTAPE 4 : Le passage à l'échelle.....	78
4.1. L'essentiel.....	79
4.2. Mettre en œuvre l'activité : définir son intervention.....	79
Option 1 : S'impliquer malgré une faible capacité opérationnelle.....	79
Option 2 : Passer le relais : l'appropriation locale.....	81
Option 3 : Permettre l'émergence d'une structure dédiée à la diffusion.....	84
Option 4 : Diffusion sur un territoire ou au sein d'une filière productive.....	91
A. Les bonnes pratiques pour le passage à l'échelle.....	96
B. Les écueils à éviter lors du passage à l'échelle.....	105
C. Les outils à utiliser : l'intérêt de la digitalisation pour évaluer l'impact.....	106
3.3. Prendre en compte les dimensions de genre et d'inclusion à cette étape.....	108
3.3. Aller plus loin.....	109
Conclusion.....	110
Annexes/Parties techniques.....	112
ANNEXE 1 : Énergies et équipements de cuisson propre.....	112
ANNEXE 2 : Les principes de base d'une combustion bois bûche de qualité.....	119
ANNEXE 3 : Caractérisation des performances énergétiques des équipements de cuisson.....	126
ANNEXE 4 : Fiches outils.....	131
Contenu énergétique (CE) de la biomasse (ou PCI, pouvoir calorifique inférieur).....	131
Calcul des facteurs d'émission des énergies de cuisson.....	133
Calcul de la VAN.....	135
Estimation de l'impact sanitaire : usage de l'outil HAPIT 3.1.1.....	137

Acronymes

ADES	Association pour le développement de l'énergie solaire
AFD	Agence française de développement
AOC	Approche orientée changement
AP	Air primaire (combustion du bois)
AS	Air secondaire (combustion du bois)
BE	Bureau d'études
CCA	Clean Cooking Alliance
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CLASP	Collaborative Labeling and Appliance Standards Program
CO	Monoxyde de carbone
CDC	Cahier des charges
CDN	Contribution déterminée au niveau national
CREEC	Centre for Research in Energy and Energy Conservation
ECS	Eau chaude sanitaire
EDM	Entrepreneurs du Monde
EPC	Electric Pressure Cookers
ESMAP	Energy Sector Management Assistance Program
FBR	Financement basé sur les résultats
fNRB	Fraction non renouvelable de la biomasse (utilisée pour les calculs d'émission de GES)
F3E	Réseau apprenant d'acteurs et actrices de la solidarité et de la coopération internationale
GES	Gaz à effet de serre (prend en compte CO ₂ , CH ₄ et N ₂ O pour la combustion de biomasse)
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIZ	Agence allemande de coopération internationale pour le développement (ex GTZ)
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
ID	Initiative Développement
IGP	Indication géographique protégée
IMF	Institution de microfinance
IoT	Internet des objets (Internet of Things)
IRD	Institut de recherche pour le développement
ISO	International Organization for Standardization
kWh	Unité de mesure de l'énergie (1 kWh = 3,6 MJ)

MECS	Modern Energy Cooking Services
MJd	Mégajoule délivré, unité d'énergie dite utile (employé dans l'ISO 19867-3)
MP	Matière première
OMS	Organisation mondiale de la santé
ODD	Objectif de développement durable
ONG	Organisation non gouvernementale
OSC	Organisation de la société civile
PAM	Programme alimentaire mondial
PCI	Pouvoir calorifique inférieur
PF	Produit fini
PM2,5	Particules fines (Particulate Matter) de nature solide
pS-Eau	Programme Solidarité Eau
SEforALL	Sustainable Energy for All
SARL	Société à responsabilité limitée
SAV	Service après-vente
SNV	Netherlands Development Organisation (Organisation néerlandaise de développement)
TRI	Temps de retour sur investissement
UNACC	Uganda National Alliance of Clean Cooking
VAN	Valeur actuelle nette

Lexicographie

Sont ici définis certains termes spécifiques utilisés dans le guide.

Amont : désigne ce qui entre sur le site d'activité de cuisson (matières premières, équipements, combustibles, etc.).

Aval : désigne ce qui sort du site d'activité avec une valeur marchande.

Cuisson propre : solution de cuisson respectant un seuil maximal d'émissions (CO, PM2,5, entre autres) mais aussi des garanties de sécurité (brûlure, retour de flamme, explosion, électrocution, blessure, chute, etc.) et de confort de travail (pénibilité, exposition à la chaleur, ergonomie, etc.).

Écosystème cuisson propre : ensemble des structures nationales voire internationales (ministères, secteur bancaire, financeurs, agences de développement, experts, ONG, bureaux d'études, filières de production/distribution/commercialisation, sociétés de services, structures de formation, laboratoires de tests, bureaux des standards, centres techniques, etc.) intervenant d'une manière ou d'une autre dans le domaine de la cuisson sur le territoire national.

Opérateur-riche : issu du monde professionnel, ce terme désigne l'utilisateur-riche de l'équipement de cuisson dans l'institutionnel ou dans le productif pour le-la différencier de l'utilisateur-riche en cuisson domestique.

Rendement énergétique : désigne le ratio entre l'énergie minimale théorique (appelée aussi « énergie utile ») pour réaliser une tâche bien définie (cuire une certaine quantité d'aliments dans une certaine quantité d'eau à pression atmosphérique, par exemple) et l'énergie utilisée pour cela. Il peut être mesuré en laboratoire ou sur le terrain. D'après ce rendement, il est possible de calculer une économie de combustible théorique en pourcentage entre un équipement traditionnel et un pensé comme plus économe, avec un rendement énergétique plus élevé, par la formule suivante : $(1 - \text{rendement traditionnel} / \text{rendement amélioré}) \times 100$.

Structure porteuse : organisation non gouvernementale, fondation (publique ou privée), association professionnelle, syndicat, université et organisme de recherche, coopérative, entreprise, etc., qui porte l'initiative (responsabilité administrative, financière et logique d'intervention) vis-à-vis d'un bailleur ou de financeurs publics ou privés.

Introduction

En mai 2024, [l'Agence internationale de l'énergie \(AIE\)](#) organisait à Paris son premier Sommet sur la *cuisson propre** en Afrique. Puis, la même année en novembre, lors de la COP29 organisée en Azerbaïdjan, cette thématique faisait l'objet de la conférence d'ouverture du pavillon dédié à l'ODD 7. Ces dernières années, l'accès aux solutions de cuisson propre est ainsi mis à l'agenda à l'occasion d'assises ou de forums internationaux, notamment au regard de son retard vis-à-vis des autres indicateurs de l'ODD 7 pour l'accès de toutes et tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable.

En effet, près de 2,4 milliards de personnes dans le monde ont encore recours à des dispositifs de cuisson peu ou pas optimisés, reposant majoritairement en zone rurale sur l'usage d'un feu ouvert dit « à trois pierres ». Cette activité mobilise beaucoup de temps entre la collecte du bois-énergie et la préparation des repas et expose dangereusement les cuisiniers et cuisinières à l'inhalation de particules fines (PM_{2,5}). Pour répondre à ces enjeux, il existe de nombreuses solutions de cuisson propre, dont l'adoption varie selon les technologies utilisées, les combustibles mobilisés et les contextes locaux de déploiement.

Toutefois, plusieurs facteurs peuvent entraîner une dégradation ou un abandon précoce des solutions, limitant leurs bénéfices potentiels à long terme. Par exemple, dans le cadre d'un rapport projet de cuiseurs améliorés à usage domestique mené par ProBEC M&E en Afrique de l'Est et australe¹, entre 20 % et 50 % des usagères déclaraient avoir abandonné le

nouveau cuiseur, ou cumulé son usage avec leur mode de cuisson traditionnel². Même constat pour les usages productifs : une étude menée en 2022 dans l'arrondissement de Djègbadji dans la commune de Ouidah, au Bénin, a révélé un taux d'abandon de plus de 50 % pour les équipements de cuisson améliorés utilisés dans la production de sel³.

Le Réseau Cicle, par ce guide méthodologique, cherche à aborder la problématique de la cuisson propre dans les milieux de l'institutionnel et du petit productif pour lesquels peu de ressources informationnelles et didactiques sont disponibles en comparaison avec la cuisson domestique. Pour pallier cet état de fait, ce guide entend formuler une série de recommandations et proposer un éventail d'outils tirés des leçons apprises par diverses initiatives. L'ambition de cette démarche est ainsi de pouvoir répondre aux questions auxquelles est confronté tout développeur de projet de cuisson propre dans ces secteurs, quelle que soit sa capacité d'intervention.

En ce sens, le but n'est pas de fournir une solution univoque, mais plutôt d'amener les lecteurs et lectrices (porteurs et porteuses de projets, bailleurs de fonds, investisseurs, etc.) à identifier un cheminement leur permettant de se poser les bonnes questions, dans le bon ordre. Pour cela, ce guide propose des outils de réflexion afin que chacun·e identifie la ou les solutions les plus adaptées aux pratiques vernaculaires liées à la cuisson, aux réalités socio-économiques et au contexte d'intervention propre à leur projet.

1 - Au Kenya, au Malawi, en Zambie, en Ouganda et en Tanzanie.

2 - PUTTI Vakenta Ramana, TSAN Michael, MEHTA Sumi, et al. The State of the Global Clean and Improved Cooking Sector, Energy Sector Management Assistance Program, Technical Report 007/15, Washington DC, mai 2015, p. 64.

3 - PADONOU Elie A., TOTIN Edmond, AKAKPO Bokon Alexis, et al. « Déterminants de l'abandon des foyers améliorés dans les systèmes de production du sel à Djègbadji, au Sud-Bénin », *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, vol. 32, n° 1, juin 2022, p. 3.

Prise en main de ce guide méthodologique

Les informations contenues dans le guide sont issues d'un travail de collecte de données effectué en amont par l'analyse de la documentation existante (publications, rapports d'évaluation, études, littérature scientifique, etc.), de la prise de contact direct avec divers acteurs de terrain, notamment en Afrique subsaharienne, ainsi que d'une mission de compréhension en Afrique de l'Est (au Rwanda et en Ouganda). Cette démarche permet d'appréhender au mieux les *écosystèmes de cuisson propre** et les approches reconnues comme pionnières.

Ainsi, ce guide s'adresse à plusieurs profils de lecteurs et lectrices : agents de développement dans les Suds, décideurs, bailleurs, acteur·rices de la coopération décentralisée et non gouvernementale, spécialistes et expert·es.

Seront abordées, entre autres, les questions suivantes :

Comment appréhender et mettre en œuvre une étape pilote pour valider une nouvelle solution de cuisson propre ou dupliquer une approche réussie dans un contexte similaire à sa zone d'intervention ? Comment prendre part à une dynamique de large diffusion d'une solution cuisson propre ? Quelles initiatives existantes peuvent nourrir une réflexion pour préparer une intervention dans son secteur d'activité ? Quels outils de diagnostic ou décisionnels seraient utiles à mobiliser dans son cas ?

Après la définition des notions essentielles et un point de différenciation entre le petit productif et l'institutionnel dans l'approche, le guide se décline en quatre chapitres, correspondant aux quatre étapes clés d'un projet cuisson propre :

- La phase de diagnostic.
- La définition du positionnement de la *structure porteuse**.
- La phase pilote.
- La phase de passage à l'échelle.

Se poser les bonnes questions à chaque étape

Afin de faciliter la lecture, chaque chapitre suit une trame didactique définie avec :

- une analyse du thème de la section appelée « l'essentiel » ;
- une section « mettre en œuvre cette activité » comprenant :
 - les pratiques à privilégier,
 - les écueils à éviter,
 - les outils à utiliser ;
- une analyse sur la prise en compte des dimensions de genre et d'inclusion ;
- une rubrique « aller plus loin » proposant des ressources complémentaires.

Des encadrés présentant des exemples concrets ou des cas pratiques sont exposés tout au long du guide, mettant en lumière ce qui a fait le succès ou l'échec d'un projet précis, afin de mieux comprendre quelles pratiques sont à privilégier ou au contraire à éviter.

* Voir Lexicographie p. 9.

Aller plus loin à l'aide des ressources proposées

Pour aller plus loin, une liste de ressources bibliographiques (pages web, articles scientifiques, rapports, etc.) est proposée au fil de ce guide, fournissant des modèles d'enquêtes, des bases de données, des tableurs de calcul, des fiches techniques et des liens vers des initiatives référentes. Pour la version numérique de ce guide, chaque ressource se présente sous forme d'un lien cliquable.

De plus, un certain nombre d'éléments techniques sont disponibles en annexe.



Les concepts clés

Secteurs institutionnel et petit productif

« Institutionnel » fait référence à un ensemble de lieux à usage social ou communautaire, comme les cantines scolaires, les centres de santé, les centres pénitentiaires et les camps militaires, avec des besoins de cuisson collective. « Petit productif » regroupe principalement des activités à vocation économique incluant les établissements de restauration, les vendeurs de plats préparés dans la rue, les hôtels et la transformation agroalimentaire avec des besoins de cuisson.

Procédés de cuisson concernés par le guide

Le procédé de cuisson est ici considéré au sens large comme un apport de chaleur pour obtenir un produit stabilisé ou transformé. Il peut s'agir de cuisson, d'ébullition, d'étuvage, de pasteurisation, de friture, au sein de restaurants, d'établissements publics et institutionnels ou d'unités de transformation agroalimentaire. Ne sera pas abordé le cas des situations d'urgence, qui comprennent notamment les interventions dans les camps de réfugiés, dont les problématiques sont spécifiques.

Les outils de diagnostic ou de définition de stratégie illustrés pour les applications retenues dans le guide pourront toutefois s'appliquer à des domaines techniques ou à des procédés non abordés dans ce guide.

Bornage de la puissance des équipements (10 à 100 kW)

Concernant la gamme de puissance des équipements abordés dans le présent guide, elle s'étend d'une limite basse autour de 10 kW à une limite haute autour de 100 kW.

Nous trouverons en limite basse des équipements pouvant être usités aussi bien dans les grandes familles en cuisson domestique que dans des restaurants ou de petites cantines scolaires (pour les plus petites puissances observées). Au-delà de 100 kW (fixant la limite haute), on constate un basculement vers des équipements plus orientés vers le milieu industriel, souvent sur la base de matériel importé (chaudières, brûleurs, etc.).

Qu'entend-on par « cuisson propre » ?

Afin d'avoir une vision commune de la notion de cuisson propre, nous nous référons à celle fournie par l'OMS⁴ faisant le distinguo entre les solutions de cuisson propre, intermédiaire et polluante.

Le schéma suivant présente cette différenciation s'appuyant sur la norme ISO 19867-3:2018⁵ (valeurs cibles d'après des essais en laboratoire) avec cinq niveaux (tiers en anglais) d'émissions de CO et de PM_{2,5}⁶.

4 - WORLD HEALTH ORGANIZATION. "Defining clean fuels and technologies". Clean Household Energy Solutions Toolkit (CHEST), publication en ligne, 28 mars 2025. Disponible sur : <https://www.who.int/tools/clean-household-energy-solutions-toolkit/module-7-defining-clean> (consulté le 05-01-2026).

5 - Norme complétée par l'ISO 5714:2023 spécifiant les conditions de tests pour les équipements de cuisson institutionnels pouvant dépasser 20 kW et par l'ISO 19869:2019 décrivant la mise en place de tests de caractérisation in situ (représentatif des valeurs de CO et PM_{2,5} rencontrées sur le terrain) pour des puissances en dessous de 20 kW ou un récipient de cuisson de moins de 150 L.

6 - De diamètre aérolucue inférieur à 2,5 µm, aptes à pénétrer dans les alvéoles pulmonaires.

Propre	Intermédiaire	Polluante
 Solaire	 Cuiseur à biomasse niveau 3 pour les PM _{2,5} et niveau 3 à 4 pour le CO	 Kérosène
 Électrique		 Charbon minier
 Biogaz		 Cuiseur biomasse niveau entre 0 et 2 pour le PM _{2,5} et le CO
 Gaz de pétrole liquéfié (GPL)		
 Éthanol		
 Cuiseur biomasse niveau 4 à 5 pour les PM _{2,5} et de niveau 5 pour le CO		

La concentration moyenne maximale sur 24 heures dans la zone de cuisson/zone de travail pour le niveau 3 est fixée à **170 µg/m³** pour les particules fines (PM_{2,5}) et à **5,4 mg/m³** pour le monoxyde de carbone (CO).

Extrait ISO 19867-3

« Pour les dispositifs non ventilés (sans cheminée ni conduit), les émissions répertoriées représentent les émissions totales. Pour les dispositifs ventilés (avec cheminée ou conduit), les émissions représentent les "émissions fugitives" qui ne sont pas captées par le système de ventilation du dispositif. »

Figure 1 – Objectifs de performance pour la cuisson propre et intermédiaire.

	Niveau ^b	Rendement thermique %	Émissions	
			CO g/MJ _d	PM _{2,5} mg/MJ _d
Meilleures performances ↑	5	≥ 50	≤ 3,0	≤ 5
	4	≥ 40	≤ 4,4	≤ 62
	3	≥ 30	≤ 7,2	≤ 218
	2	≥ 20	≤ 11,5	≤ 481
	1	≥ 10	≤ 18,3	≤ 1030
	0	< 10	> 18,3	> 1030

Spécificité de l'ISO 19867-3

La présence d'un **conduit de fumée efficace** (captant la quasi-totalité des émissions) permet donc de rentrer dans la catégorie **cuisson propre pour des équipements bio-masse-énergie ayant un bon rendement énergétique*** si l'on s'en tient aux seules émissions fugitives.

Pour mesurer les **émissions fugitives** en laboratoire, il faut un dispositif spécifique. Les émissions **totales** additionnent les **émissions fugitives** et les **émissions ventilées** (par conduit de fumée ou extracteur mécanique). En zone urbanisée ou dans l'institutionnel, où le panache de fumée peut affecter les personnes alentour, la norme nationale des pays concernés devra préciser les taux d'émissions totales maximales à respecter.

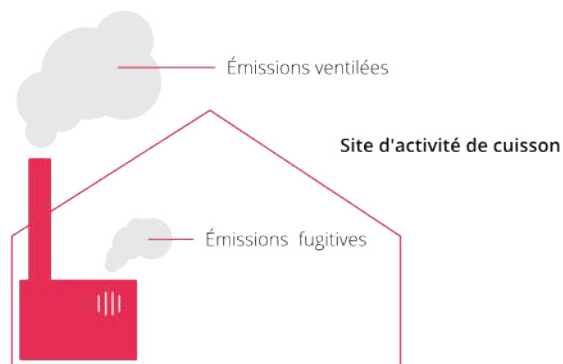


Photo : © Quang Nguyen Vinh sur Pexels

* Voir Lexicographie p. 9.



La catégorisation de cuisson intermédiaire à propre proposée par l'OMS, focalisée sur les émissions, ne spécifie pas les autres critères (rendement énergétique, durabilité, etc.). Nous fixerons une limite basse cohérente **autour de 30 %⁷ pour le rendement énergétique et une durabilité minimale**, sans détérioration des performances, **de 3 à 5 ans** pour considérer une solution de cuisson comme intermédiaire ou propre.

Nous irons toutefois encore plus loin dans ce guide pour comparer les solutions de cuisson propre en prenant en compte les impacts sociaux, économiques et environnementaux en cohérence avec la vision de développement durable comme ligne directrice, considérant les notions d'emplois générés, de plus-value économique, de résilience, d'inclusion, d'autonomie énergétique pour les pays concernés et les critères prépondérants pour les décideurs nationaux.



Aller plus loin :

BURNETT Richard T, POPE C. Arden III, EZZATI Majid, et al. "An Integrated Risk Function for Estimating the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Fine Particulate Matter Exposure". Environmental Health Perspectives, vol. 122, avr. 2014, p. 397-403. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13591

NABUKWANGWA Willah, RUTAYISIRE Révérien, KALKMAN-BOUDEWIJNS Esther A., et al. "Air pollution and health in Rwandan and Kenyan schools cooking with polluting fuels: a cross-sectional impact study". Environmental Research, vol. 285, 15 nov. 2025, 10 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13341

WORLD HEALTH ORGANIZATION. "Defining clean fuels and technologies". Clean Household Energy Solutions Toolkit (CHEST), World Health Organization, publication en ligne, 28 mars 2025. Disponible sur : <https://www.who.int/tools/clean-household-energy-solutions-toolkit/module-7-defining-clean> (consulté le 05-01-2026).

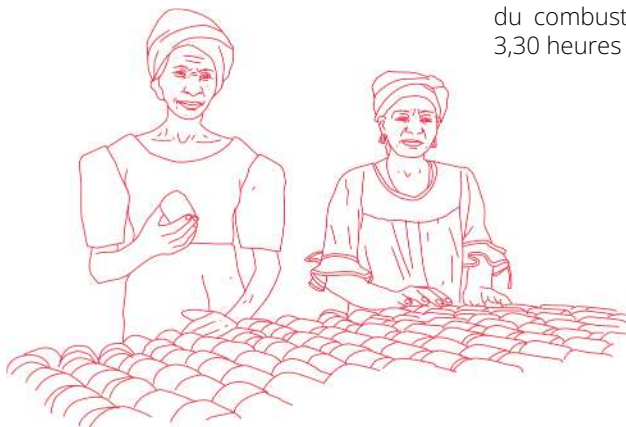
WORLD HEALTH ORGANIZATION. "Multi-Tier Framework for Cooking: A Comprehensive Assessment Method to Measure Access to Modern Energy Cooking Services". World Health Organization, publication en ligne, 24 sept. 2020. Disponible sur : <https://www.worldbank.org/en/topic/energy/brief/fact-sheet-multi-tier-framework-for-cooking> (consulté le 06-01-2026).

⁷ - Il faut noter qu'un rendement énergétique de 30 % est plus facile à atteindre par des équipementiers locaux dans l'institutionnel et le petit productif. Il est en effet possible d'obtenir une grande surface d'échange, par exemple en poursuivant l'échange thermique des gaz de combustion autour des parois latérales de la marmite standard, option technologique plus difficilement acceptable en cuisson domestique.

Genre et inclusion dans les projets de cuisson propre dans le petit productif et l'institutionnel

Prise en compte de la dimension genre

Le genre fait référence aux attributs, attentes, rôles sociaux et comportementaux qu'une société considère comme appropriés pour les hommes et les femmes. Il englobe des normes construites socialement autour du « masculin » et du « féminin ». Ces normes varient selon les sociétés et les périodes historiques, mais l'opposition masculin/féminin constitue une division sociale dans la plupart des contextes.



La question du genre est très marquée dans les impacts néfastes d'une pratique quotidienne et domestique. La collecte de combustible et la cuisson nécessitent un investissement temporel significatif, et cette responsabilité incombe principalement aux femmes dans de nombreux contextes. Par exemple, dans une enquête menée à Madagascar en 2023, pour 73 % des ménages, les femmes et les filles sont seules responsables de l'obtention du combustible et passent en moyenne 3,30 heures par jour à cuisiner.

En revanche, les situations rencontrées sont plus diverses dans l'institutionnel et le petit productif, car les hommes y sont plus représentés que dans la sphère des tâches domestiques. On retrouve des cuisiniers masculins dans les cantines scolaires, les restaurants, les hôtels, et certaines activités productives de cuisson sont exclusivement masculines (cas courant dans la distillation des huiles essentielles, par exemple). Dans ces configura-

tions, la pénibilité et les risques sanitaires liés à un usage quasi quotidien de solutions de cuisson dangereuses et très émissives concernent de nombreux utilisateurs, hommes comme femmes. Une analyse intégrant la dimension genre dans les activités productives ou institutionnelles s'attachera particulièrement à identifier la répartition des tâches selon le genre, les niveaux de responsabilité et de rémunération, et les impacts sanitaires.

8 - SEforALL. Planification énergétique intégrée – Rapport sur la cuisson propre. *Sustainable Energy for ALL*, juin 2024, p. 81.

Notions d'inclusion et d'intersectionnalité

Les questions à se poser tout au long de la future intervention porteront sur l'identification des publics vulnérables subissant des discriminations liées à leur identité : leur genre, classe socio-économique, ethnie, religion, etc. Une analyse intersectionnelle permet de rendre compte du cumul de ces facteurs de discrimination et d'identifier les risques de production ou reproduction d'inégalités par les actions menées.

La nouvelle solution de cuisson propre peut conduire à une réorganisation du tra-

vail et à une revalorisation des personnes en situation économique fragile, auparavant écartées de postes à responsabilité ou des prises de décision.

Des effets indirects peuvent être quantifiés. Par exemple, l'accès à un repas équilibré à très faible coût en zone rurale grâce à des cantines scolaires bien gérées peut limiter la déscolarisation des petites filles qui dans le cas contraire resteraient à la maison pour aider leur mère^{9,10}.

Principes de l'intervention en matière de genre et d'inclusion

Il est intéressant de rappeler la démarche d'équité de genre qui définit le niveau de transformation opéré par l'intervention¹¹.

Figure 2 – L'approche « effets transformatifs » pour le genre.



Il est conseillé au lecteur qui souhaite s'informer plus avant sur les approches transformatives, notamment dans le petit pro-

ductif, de se référer au guide récent sur les approches orientées changement (AOC) publié par le F3E¹².

9 - EVANS David K., ACOSTA Amina Mendez. "Education in Africa: What Are We Learning?" *Journal of African Economies*, vol. 30, n° 1, janv. 2021, p. 13-54.

10 - ALLADATIN Judicaël, BORORI Abel, GNANGUENON Augustin, et al. « Évaluation d'impact des cantines scolaires sur les performances et la rétention scolaires au primaire : Cas du Bénin », *Revistamultidisciplinar*, vol. 4, févr. 2022, p. 171-196.

11 - KHALIFA Yesmeen, et al. *Gender Equality, Equity and Women's Empowerment Framework: A proposed framework to assess and monitor gender equality, equity and women's empowerment in modern energy cooking services (MECS)*. Modern Energy Cooking Services (MECS), juill.2024, 169 p.

12 - DE RASILLY Claire, HOULBREQUE Magnolia. *Les approches orientées changement, renforcer les pouvoirs d'agir avec une perspective de genre et écologique*. Réseau F3E, Paris, juin 2025, 194p.



Aller plus loin :

CLANCY Joy, DUTTA Soma. *Gender in the transition to sustainable energy for all: From evidence to inclusive policies. Synthesis report of the evidence generated by the ENERGIA Gender and Energy Research Programme*. International Network on Gender & Sustainable Energy (ENERGIA), mars 2019, 106 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=11587

DARDÉ Christiane, SCHÖNAUER Kerstin. *La dimension genre dans les projets d'accès aux services essentiels : notions, approches et outils. Pour une égalité d'accès aux services essentiels*. Programme Solidarité Eau (pS-Eau), 2022, 73 p. (document disponible sur demande à : corentin.oudot@reseau-cicle.org).

DE RASILLY Claire, HOULBREQUE Magnolia. *Les approches orientées changement, renforcer les pouvoirs d'agir avec une perspective de genre et écologique*. Réseau F3E, Paris, juin 2025, 194p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13592

EL KOTNI Mounia, HELLEBRANDOVA Klara, NICOLAS Yveline, et al. *Repères sur : Genre et développement*. Réseau F3E, Paris, août 2021, 58p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=11587

IRENA. *Renewable energy: A Gender Perspective*. 2^e éd., International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. IRENA, oct. 2025, 118 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13402

KHALIFA Yesmeen, et al. *Gender Equality, Equity and Women's Empowerment Framework: A proposed framework to assess and monitor gender equality, equity and women's empowerment in modern energy cooking services (MECS)*. Modern Energy Cooking Services (MECS), juill. 2024, 169 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13595

RASTOGI Sheetal., SATSANGI Neh., ROUSSEAU Nick., et al. *Women in Modern Energy Cooking (WMEC)*. MECS report, Modern Energy Cooking Services, août 2025, 31 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13594

WORLD BIOGAS ASSOCIATION. *Women in Biogas. Survey Analysis Report 2024*. World Biogas Association, oct. 2024, 12 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13593

GLOBAL ALLIANCE FOR CLEAN COOKSTOVE. *Gender-informed approaches to strengthening human resources and operations : a training for clean cooking enterprises*. Clean Cooking Alliance, juill. 2021, 4 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=14107

RASTOGI Sheetal, SATSANGI Neh et SATYAM Kumar. *Where Change Begins: Women Powering Clean Cooking from the Ground Up*. MECS, mars 2026, 12 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=14108

Enjeux et opportunités de la cuisson propre dans le petit productif et l'institutionnel

La cuisson dans les secteurs institutionnel et productif fait face à de multiples enjeux, d'ordre sanitaire, environnemental, énergétique, social ou économique, mais présente aussi un certain nombre d'opportunités.

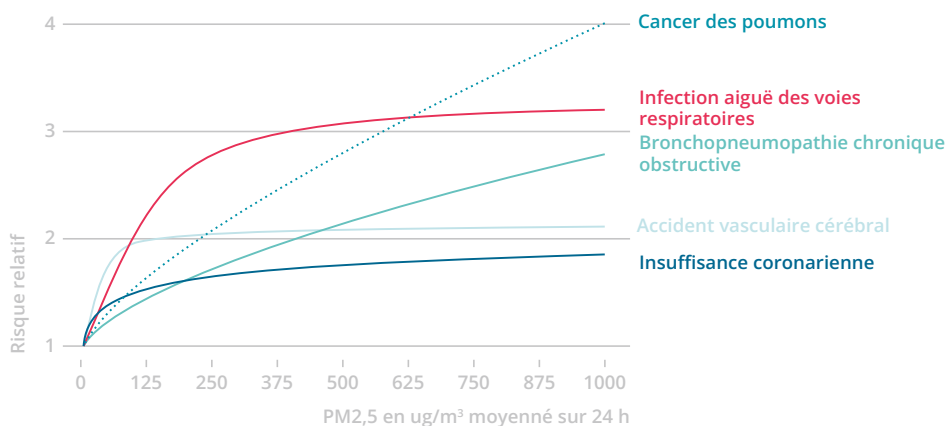


Enjeux sanitaires

Tout comme pour la cuisson domestique, l'exposition prolongée aux fumées de combustion incomplète de biomasse est source de nombreuses pathologies. Les particules fines PM_{2,5} sont un marqueur

de cette toxicité. Le risque relatif à l'exposition aux PM_{2,5} a pu être quantifié (cf. courbe de la fonction intégrée exposition-réponse pour les cinq maladies identifiées)¹³.

Figure 3 – Fonction intégrée exposition-réponse (concentration en PM_{2,5} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moyennée sur 24h)



13 - BURNETT Richard T, POPE C. Arden III, EZZATI Majid, et al. "An Integrated Risk Function for Estimating the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Fine Particulate Matter Exposure". Environmental Health Perspectives, vol. 122, avr. 2014, p. 397-403.



Une grande majorité des sites productifs et institutionnels, notamment en zone rurale, présentent des niveaux de concentration en PM_{2,5} très élevés (équipements rustiques de type « à trois pierres » avec des évacuations des fumées inadaptées, ayant recours à des biomasses souvent non calibrées, humides, voire des déchets de l'industrie textile ou du plastique)¹⁴.

D'autres risques sanitaires coexistent : une exposition prolongée à la chaleur, des risques de brûlure, une faible ergonomie entraînant des troubles musculosquelettiques.



Photo : © Duncan Arabang sur Pexels



Une pression sur la ressource en bois-énergie

Compte tenu de son faible coût, le bois-énergie reste la ressource énergétique majoritairement utilisée. Son approvisionnement ne permet généralement pas de garantir une gestion durable ni le non-prélèvement dans des forêts naturelles (circuits informels, moyens de contrôle limités

des autorités locales et nationales). À titre d'exemple, pour le seul besoin énergétique des cantines scolaires en Afrique subsaharienne, ce sont 8 millions de tonnes de bois qui sont consommées annuellement¹⁵.

¹⁴ - PETRLIK Jindřich, ISMAWATI Yuyun, DiGANGLI Joseph et al. "Plastic Waste Poisons Indonesia's Food Chain. Indonesia". International Pollutants Elimination Network (IPEN) avec Nexus3 Foundation et Ecoton, nov. 2019, 40 p.

¹⁵ - ESMAP et WORLD FOOD PROGRAMME. The State of Cooking Energy Access in Schools: Insights from an Exploratory Study. Energy Sector Management Assistance Program paper, World Bank Group, Washington, D.C., nov. 2023, page 12.



Un enjeu climatique

Comme toute activité énergétique, le secteur de la cuisson dans le petit productif et l'institutionnel produit des gaz à effet de serre. Si l'on reprend l'exemple des cantines scolaires, environ 5 400 000 T éqCO₂ sont émises chaque année¹⁶.

À la suite de l'Accord de Paris de 2015, chaque pays doit établir sa contribution déterminée au niveau national (CDN) afin d'atteindre l'objectif mondial de limiter la hausse des températures à 1,5 °C par rapport à l'ère préindustrielle. En décembre 2023, 96 pays avaient inclus des mesures spécifiques à la cuisson dans leur CDN.



Enjeux sociaux

Les nombreuses activités de transformation agroalimentaire, souvent à l'échelle familiale en zone rurale, et la restauration de rue sont autant de sources de revenus principales ou complémentaires, en particulier pour les femmes. Améliorer la rentabilité de ces activités et faciliter l'accès à des marchés plus solvables restent des axes d'intervention essentiels pour rompre le cycle de pauvreté des familles.

Concernant les cantines scolaires, il a été démontré qu'assurer un repas nutritif pour chaque enfant scolarisé est fondamental dans la qualité de l'apprentissage afin de limiter l'impact du niveau social d'origine¹⁷. Les pays africains ont engagé un effort considérable avec 20 millions d'enfants supplémentaires désormais nourris grâce à des programmes nationaux de repas scolaires ces deux dernières années (PAM, 2025). La part du financement public de l'alimentation scolaire y est ainsi passée de 30 % à 45 % entre 2020 et 2022, alors même que les contributions des donateurs internationaux ont fondu de 69 % à 55 % (crises sanitaires et géopolitiques).



Par exemple, avec un modèle de cuisine centrale assorti d'un système de traçabilité avancé, proposant un coût de repas nutritif et équilibré réduit pour 500 000 élèves, Food for Education a constaté au Kenya :

- 10 % d'augmentation de la fréquentation régulière ;
- 27 % d'inscriptions supplémentaires à l'école ;
- 20 % de réussite supplémentaire aux examens.

16 - 1g éqCO₂/kg de bois = fNRB x 1 747 g + 147,6 g (méthode de calcul Gold Standard), fNRB établie à 30 % d'après les travaux de R. Bailis.

17 - BARANGÉ, Lara. « L'importance du déjeuner : comment les repas scolaires renforcent la nutrition, l'éducation et l'agrobiodiversité en Afrique ». Alliance Bioversity International & CIAT, article du 27 févr. 2025. Disponible sur : <https://alliancebioversityciat.org/fr/stories/importance-dejeuner-comment-repas-scolaires-ameliorent-nutrition-education> (consulté le 06-01-2026).

Autant d'opportunités de développement durable

La cuisson propre dans le petit productif et l'institutionnel comporte donc des enjeux spécifiques en comparaison avec la cuisson domestique, mais aussi des opportunités. Comme démontré par la suite, elle est une source significative d'emplois directs au sein de l'activité concernée, et indirects chez les fournisseurs de combustibles, les équipementiers, etc.

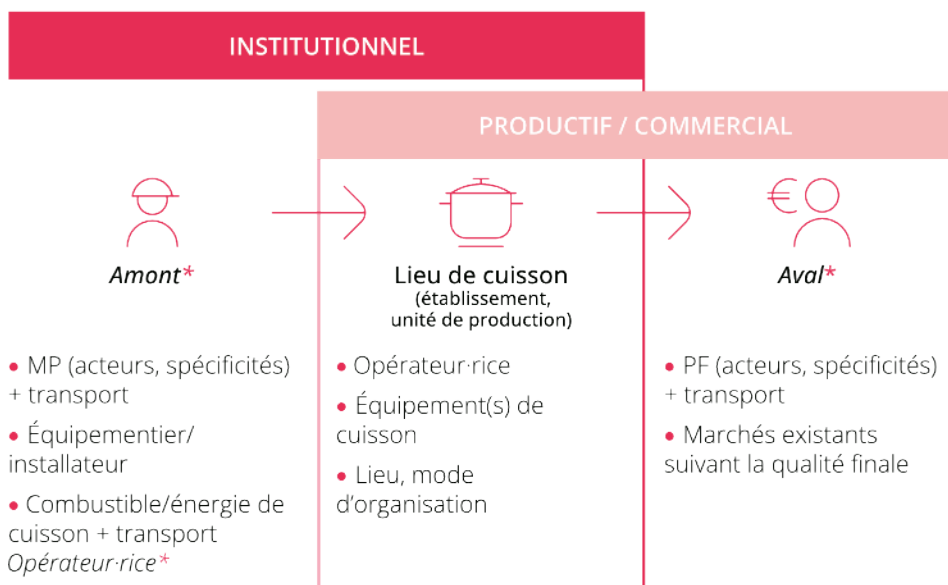
Les défis sont nombreux : la formation, la professionnalisation, la capacité à mieux commercialiser, à viser une certaine durabilité en réduisant les externalités négatives de nature environnementale ou sanitaire, à prendre en compte une certaine indépendance énergétique. Relever ces défis s'inscrit dans une stratégie de développement durable.

Depuis plusieurs décennies, beaucoup d'initiatives et d'innovations ont vu le jour dans les Suds, avec des contextes extrêmement variés dont les spécificités doivent être prises en compte. Avant de passer à l'étape du diagnostic, nous souhaitons souligner, la différence de priorisation dans l'analyse entre les secteurs institutionnel et productif.

Un focus différencié entre l'institutionnel et le productif

Il existe une différence forte dans les processus d'intervention entre l'institutionnel (incluant aussi sur ce point le secteur de la restauration) et le secteur dit « productif » ou « commercial ».

Notion de filière de production-commercialisation intégrant une activité de cuisson



+ Environnement externe (réglementation, services financiers, structures représentatives, structures d'appui...)

En effet, **pour l'institutionnel**, comme pour la cuisson domestique, il faut en premier lieu **répondre aux attentes et à la capacité d'adaptation de l'opérateur-rice** (s'adapter aux conditions d'usage). On insiste principalement sur l'expérience utilisateur.

A contrario, **pour le productif**, il s'agit dès la phase de diagnostic de **mettre l'accent en priorité sur l'aval** (quelle qualité du produit fini pour quel marché rémunérateur). Se concentrer exclusivement sur la transition vers une solution de cuisson propre sans prendre en compte les exigences de qualité du produit fini ou la possibilité d'aller vers un marché plus rémunérateur risque d'annihiler les efforts mis en œuvre. Nous détaillerons ce point spécifique dans les étapes suivantes.

* Voir Lexicographie p. 9.

**ÉTAPE 1 : Un
diagnostic
préalable pour
définir sa
stratégie
d'intervention
(6 mois à 1 an)**

1.1. L'essentiel

Il est fortement recommandé de réaliser un diagnostic préalable suffisamment détaillé de son contexte d'intervention afin de pouvoir proposer une stratégie permettant de lever les barrières identifiées.

Une approche validée dans un pays (voire une région voisine) ne pourra pas être simplement copiée-collée. Elle devra être adaptée après une analyse du nouveau contexte pour espérer rencontrer un succès équivalent.

Le diagnostic initial permet aussi, ultérieurement, d'évaluer les progrès obtenus par comparaison avec ces données collectées

en début d'intervention. L'autre intérêt est d'enclencher, dès cette étape, une dynamique opérationnelle avec les acteurs concernés et partenaires potentiels qui auront participé à l'élaboration de ce diagnostic (identification des problèmes, proposition de solutions, souhaits formulés, etc.). On parle alors de **diagnostic participatif**.

Sont listées ci-après les données à collecter par grandes catégories, dans la mesure du possible avec les outils de collecte recommandés.

1.2. Mise en œuvre de cette étape de diagnostic

L'étape de diagnostic se déroule généralement en deux temps : une phase de collecte de données et une phase d'analyse des informations obtenues.

A. Les bonnes pratiques pour collecter les données

La collecte des données (informations quantitatives ou qualitatives) a été scindée en cinq lots distincts afin d'avoir une vision complète du contexte dans lequel il est envisagé d'intervenir et ainsi de pouvoir étayer l'élaboration du futur plan d'action. La séparation amont/site d'activité/aval est reprise avec des acteurs différenciés. S'y ajoute la dimension nationale avec la notion d'écosystème, qui sera explicitée. Enfin, il est important de prendre en compte les initiatives dites « référentes en contextes similaires », qui seront évoquées à plusieurs reprises dans ce guide.

- A.1. Le site d'activité de cuisson
- A.2. L'aval : le circuit de commercialisation
- A.3. L'amont : l'approvisionnement
- A.4. L'écosystème national cuisson propre : l'environnement
- A.5. Comparaison avec des solutions pertinentes en contextes similaires : les initiatives référentes

A.1. Le site d'activité de cuisson

Rappel : Comme évoqué précédemment, **le site d'activité est le point prépondérant sur lequel il est nécessaire de concentrer les efforts de diagnostic et d'intervention pour l'institutionnel et les activités de restauration.** Il s'agit ici de caractériser au mieux les sites abritant l'acti-

vité de cuisson concernée. D'autre part, parmi les sites qui seront visités durant le diagnostic, il sera aussi possible d'identifier les plus pertinents pour la phase ultérieure dite « pilote » (cf. [paragraphe : Étape pilote, choix des sites pilotes](#)). Voici les catégories d'informations à collecter.



Personnes impliquées sur le site d'activité

À propos des personnes impliquées, on notera : leurs compétences, leur ancienneté, le niveau de fidélisation ou le taux de renouvellement, le niveau de formation/d'études suivant les fonctions occupées, le besoin complémentaire en formation pour toute nouvelle technologie à venir si

déjà identifiée, la durée journalière, le nombre de jours de travail/semaine, le niveau de rémunération, les ratios de production par opérateur-rice (kg de PF par personne) pour définir la productivité du site, etc.

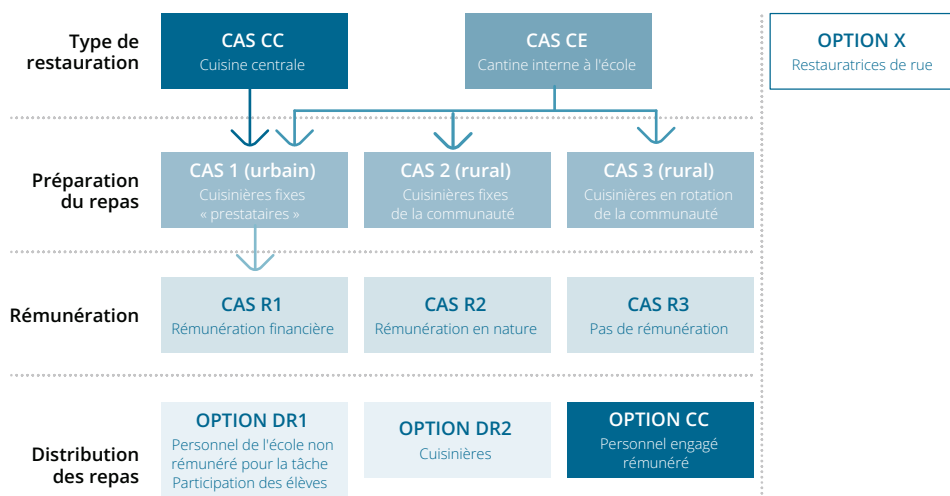


Modes d'organisation et cadre juridique

Pour le volet juridique du projet, on notera : la date de création, le statut juridique, le modèle de type formel ou informel, les spécificités du foncier (droit d'usage, titre de propriété, etc.), le mode de gestion (familial, entrepreneurial, groupement coopératif), l'accès éventuel à l'outil de production par location à un propriétaire, l'appartenance à une alliance ou à une représentation nationale, le ministère de tutelle, les obligations contractuelles ou normatives, le recours à une assurance, à une caisse de protection ou équivalent.

Dans le cas des cantines scolaires, le mode d'organisation autour de la distribution des repas peut être variable dans un même pays.

Figure 4 – Cas du Sénégal : différents modes d'organisation des cantines scolaires identifiés



X : Option à part **CE :** Cuisine par école

Source : Thérèse Gohin, 2023¹⁸



Localisation, potentialités et contraintes spécifiques

On définit la spécificité géographique : rural isolé/intermédiaire ou proche d'une zone urbaine/zone urbaine dense. Le rural isolé désigne une zone à faible densité de population avec un accès plus limité aux services dits « essentiels » (eau, assainisse-

ment, énergie, collecte et traitement des déchets), avec un coût de transport supplémentaire pour l'approvisionnement, les opérations d'installation et de maintenance des équipements de cuisson propre, etc.

Les questions à (se) poser :

- Existe-t-il des contraintes spécifiques sur le bruit, les fumées, la gestion des déchets, l'assainissement, les taxes locales et nationales ? Par exemple, dans certaines zones urbanisées, des arrêtés ou des mesures environnementales limitent les activités dégageant beaucoup de fumées.
- Existe-t-il des potentialités en ressources énergétiques sur la zone (biomasse non valorisée en lien avec des activités agricoles ou de transformation, réseau électrique sous-utilisé, etc.) ?

¹⁸ - GOHIN Thérèse. *Les modes d'organisation des cantines scolaires au Sénégal et leurs effets socio-économiques : une étude sur des cantines de 6 départements des programmes Niamde et Amopar*. Alimentation et Nutrition, nov. 2023, p.28

- Quelle est la saisonnalité de la production, le cas échéant ? Est-ce la disponibilité d'intrants à transformer, une période de disponibilité pour les opérateur·rices ou les conditions climatiques locales qui rythment cette saisonnalité ?
- Le site est-il adapté comme éventuel site vitrine/démonstration (éloignement d'un axe goudronné, accessibilité en toutes saisons, espace disponible, présence d'un abri/hangar de qualité pour protéger durablement les équipements existants ou à venir et assurer un certain confort de travail...)?



Nature et usage des équipements et accessoires de cuisson utilisés

Pour une première compréhension des technologies et accessoires de cuisson utilisés (qualité de la construction, performances), se référer à l'[annexe 1](#).



Pour caractériser les performances des équipements (cf. annexe 3), il est fortement recommandé de faire appel à un·e **technologue expérimenté·e** ou à un **centre technique spécialisé**. Ils disposent souvent d'une instrumentation spécifique (analyseur de combustion, datalogger, thermomètres spécifiques, mesure des particules fines...). Un bon échantillonnage et le recours à un protocole de caractérisation reconnu comme un standard pour le secteur visé permettront de disposer d'une référence fiable pour de futures comparaisons.

C'est aussi l'occasion de former, le cas échéant, les technicien·nes de la structure porteuse, en appui à cette étape de caractérisation



Photo : © Jean-François Rozis

Les autres caractéristiques non techniques peuvent être collectées par un-e non-spécialiste (nombre et type d'équipements de cuisson par site, nature des modèles fixes/mobiles/démontables, taille

des récipients de cuisson, dates d'installation, coûts, durées de vie estimées, provenance, nom de l'équipementier/atelier de construction, modalités d'entretien-maintenance, etc.).

Les questions à (se) poser :

- Quels problèmes sont évoqués par les opérateur-rices et la personne gérante concernant ces équipements (prix, performance, durabilité, dangerosité, complexité, disponibilité, SAV, pièces de rechange, etc.) ?

- Les personnes concernées ont-elles connaissance de solutions de cuisson propre plus performantes ? Quels sont les souhaits exprimés en ce sens, et les barrières identifiées (prix d'acquisition, accès à l'énergie, coût d'usage, etc.) ?



Les ressources énergétiques utilisées

En matière de ressources énergétiques, on regarde tout d'abord les énergies de cuisson utilisées dans les équipements précédemment caractérisés. Pour la description technique notamment des combustibles solides (teneur en eau, estimation ou mesure du contenu énergétique, propriétés physiques...), se reporter aux [annexes 1 et 4](#).

Il s'agira de préciser les conditions de stockage des combustibles (abri/séchoir dédié, capacité de stockage à traduire en mois d'utilisation, etc.) et **les modalités d'approvisionnement** (échéances, quantités par commande, collecte, prix par unité de mesure, saisonnalité, conditionnement, façonnage¹⁹ nécessaire avant utilisation...).



Bois en vrac, non calibré, non abrité, directement en contact avec le sol

Photos : © Mor Shani et © Ainars Cekul sur Pexels



Bois calibré, stocké sous abri, surélevé du sol

¹⁹ - Besoin de refendre, recouper les billots de bois, par exemple.

Les questions à (se) poser :

- Quels retours des opérateur·rices et de la personne gérante sur le stockage et l'approvisionnement (problèmes identifiés, évolution récente, souhaits exprimés) ?
- Concernant l'accès à l'électricité par le réseau national ou par une installation locale (mini-réseau, systèmes autonomes, etc.), il s'agira de caractériser cette électricité (puissance installée, monophasée ou triphasée, disponibilité journalière et/ou hebdomadaire, déles-

tage, qualité de la fourniture, prix du kilowattheure, parc de batteries le cas échéant, etc.).

- Depuis quand cet accès à l'électricité existe-t-il ? Quelle évolution est attendue ?
- La production de biogaz est-elle envisageable sur le site (accès à des déchets fermentescibles en quantité suffisante, savoir-faire local, place suffisante, besoins en eau, etc.) ?



Besoins en eau

L'approvisionnement en eau est souvent primordial pour le choix du site de production. Il a généralement été défini en amont (source, réserve d'eau de pluie, puits ou eau du réseau). Dans certains contextes, il s'agit d'un point critique (problème de

qualité ou rarefaction saisonnière) qui constitue la principale requête pour un accompagnement (améliorer sa qualité, réduire sa consommation, répondre à une demande en augmentation, etc.).

Les questions à (se) poser :

- Quelle quantité d'eau est nécessaire par unité de temps ? Quelle est sa disponibilité en fonction de la saison et sa qualité par rapport à la production envisa-

gée ? Quelle est l'évolution attendue (demande croissante, changement climatique...) ?



Assainissement/gestion des déchets

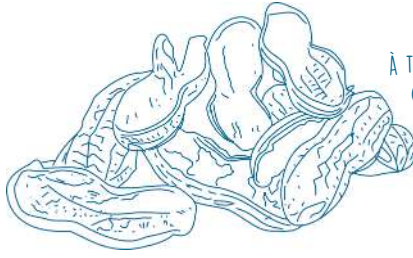
Avec une pression croissante sur les ressources, l'accumulation de déchets de production (rebut de parage, déchets de transformation, etc.), souvent simplement stockés à l'air libre à côté du site d'activité,

est une perte de valorisation. Après caractérisation et quantification au stade du diagnostic, il sera pertinent d'envisager une valorisation (compost, énergie, substrat de culture, etc.).

Les questions à (se) poser :

- Existe-t-il des problèmes d'assainissement liés à l'activité ? Quelles sont les quantités rejetées par unité de temps ?

Les déchets disponibles sur les sites sont-ils valorisables ?



À TITRE D'EXEMPLE, LES COQUES DE NOIX DE
CAJOU ET D'ARACHIDE VIDES ONT UN
FORT POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE

A.2 Aval : Commercialisation du produit fini



Rappel : La commercialisation du produit fini est le **point focus à analyser pour les activités productives**. Comment s'assurer de leur viabilité économique tout en intervenant sur les performances des nouvelles solutions de cuisson propre ? Les catégories d'informations à collecter sont les suivantes.



Produit fini

Pour une activité productive, le critère de qualité du produit fini (PF)²⁰ est prépondérant, permettant un prix de vente plus élevé ou tout simplement l'accès à un marché ayant des exigences requises. **Introduire une nouvelle technologie de cuisson plus propre et plus durable sur le plan environnemental ne pourra pas se faire au détriment de la qualité du produit exigée par la commercialisation.**

Les données à collecter sont :

- les critères de qualité en lien avec le marché visé ;
- les normes ou labels existants ;
- les bilans massiques de production (ratio PF/MP, résidus par catégorie/MP ou /PF, etc.) ;

- les données économiques permettant de définir suivant les hypothèses de rythme de production le prix de revient et donc un prix de vente cohérent (souvent variable en fonction de la qualité).

Il conviendra de se demander comment est réalisé le stockage du PF et d'identifier le packaging en usage si existant. Tout comme pour le volet technologique, il est conseillé de faire appel à une expertise confirmée dans le domaine agroalimentaire concerné pour déterminer quels sont les facteurs influant sur la qualité finale, les voies d'amélioration éventuelles, le besoin d'expérimentation, le cas échéant, etc.

²⁰ - Ensemble des qualités organoleptiques (appréciées par les sens humains : vue, toucher, goût, ouïe, odorat) et nutritives.



Distillation de feuilles de giroflier à Madagascar – Initiative Développement

Depuis des décennies, la filière de distillation des feuilles de giroflier à Madagascar suivait un schéma organisationnel qui semblait immuable avec une multitude de propriétaires de petits alambics dits « à feu nu ». Il s'agit d'une activité de soudure pour les propriétaires de girofliers alentour qui, suivant leurs besoins de liquidités (frais de scolarité, de santé, etc.), coupent une partie des branches et vont louer le droit d'usage de l'alambic correspondant à 0,5 L d'huile essentielle produite. En général, ils apportent leur propre bois combustible. La distillation dure entre 18 et 24 heures suivant la charge de feuilles variant de 20 à 200 kg !

Les alambics traditionnels sont constitués d'une cuve d'environ 1 m de diamètre, généralement en aluminium, positionnée au-dessus d'un foyer de combustion très rustique (absence de grille, de porte de chargement, de conduit de fumée, de réglage des entrées d'air, etc.). Le savoir-faire traditionnel permet cependant d'obtenir une huile essentielle avec un contenu en eugénol au-dessus de 80 % en masse, valeur recherchée par la filière aval. Le prix de vente de 1 L d'huile essentielle de feuille de giroflier se situe entre 8 et 10 €. Les alambics les plus utilisés enregistrent autour de 100 distillations par an.



Alambic traditionnel à feu nu

Le foyer de combustion se situe sous la cuve de distillation (absence de grille, de porte d'enfournement).

L'absence de conduit de fumée limite le tirage avec des retours de flamme par la zone d'enfournement.

Alambic à chaudière séparée

Le foyer de combustion se situe sous la chaudière. La vapeur produite est injectée en partie basse de la cuve de distillation par un tube depuis la chaudière.

Toujours pas de grille ni de porte d'enfournement.



Photo : © Jean-François Rozis

Au début des années 2020, l'introduction de chaudières locales a permis de modifier sensiblement les performances de production, avec une distillation trois fois plus rapide, une grande économie de combustible avec, en outre, l'usage rendu possible de bambous, de brindilles, voire d'une partie des feuilles distillées sommairement séchées. La dissémination de ces chaudières autour de 1 000 € a donc été fulgurante (investisseurs, ONG locales, etc.). Plusieurs dizaines de chaudières ont été rapidement diffusées. Avec un rythme de 300 distillations par an, l'activité permet de rembourser l'investissement en moins d'une année.

Figure 5 – Efficacité énergétique comparée des différents procédés de distillation des feuilles de giroflier à Madagascar

Comparaison des technologies	Alambic traditionnel	Alambic à chaudière séparée
Procédé de distillation	Hydrodistillation*	Vapodistillation
Débit vapeur moyen	0,5 L/min	1,2 L/min
Durée moyenne distillation	16-24 h	7,5 h
Puissance brute moyenne	100 kW	120 kW
Rendement énergétique ²¹	~ 20 %	~ 40 %
Consommation spécifique en kWh	450 kWh/L HEFG	200 kWh/L HEFG
Consommation spécifique en bois	136 kg/L HEFG	60 kg/L HEFG
Économie de bois par rapport à la méthode traditionnelle	56 %	

Une donnée majeure a cependant été oubliée dans ce cas d'étude : la qualité finale du produit ! La filière aval n'acceptait pas la qualité d'huile essentielle proposée par les alambics à chaudière séparée, présentant une teneur en eugénol inférieure à 80 %. **Le changement du processus de distillation a dégradé la qualité finale obtenue.**

Les collecteurs ont réussi dans un premier temps à pallier ce problème en mélangeant les huiles à faible taux d'eugénol à celles issues des alambics traditionnels. Actuellement, la quantité produite par les chaudières séparées étant proportionnellement trop importante, cette solution ne convient plus. La filière est dans une impasse. La piste technologique est désormais bien d'améliorer la performance des alambics traditionnels (rapidité, économie de bois), à coût abordable, **sans toutefois modifier le procédé de distillation.**

* - On se situe plutôt en simili-hydrodistillation, seule la partie basse des feuilles baigne dans l'eau.
 ** - Hb30 signifie une teneur en eau de 30 % sur base humide (masse d'eau/masse totale = 0,3).
 21 - Les notions de rendement énergétique et de consommation spécifique sont explicitées en annexe 3.



Que retenir de cette étude de cas ?

Avant d'introduire une solution de cuisson propre dans le secteur productif, il faut s'assurer de son impact sur la qualité du produit fini et surtout que cette dernière ne soit pas dégradée par rapport à l'existant. Les succès obtenus ont souvent été liés à une **amélioration conjointe des performances énergétiques et de la qualité du produit fini**, permettant d'accéder à des marchés plus rémunérateurs, et incitant plus facilement les sites de production à s'orienter vers cette nouvelle solution technologique de cuisson propre (temps de retour sur investissement plus rapide).



Accès des producteur·rices au marché

L'accès au marché est généralement le problème essentiel, voire existentiel, de tout·e producteur·rice. Les personnes productrices, en milieu rural isolé sans une organisation spécifique (coopérative, groupement, etc.), seront dépendantes des collecteurs et autres intermédiaires pour négocier équitablement leurs prix de vente.

Intervenir dans un contexte structuré avec un marché rémunérateur facilitera la conversion vers des technologies de cuisson plus propres avec un temps de retour sur investissement plus rapide et sécurisé. Il s'agira d'un choix stratégique pour toute intervention dans le secteur productif. On peut noter une évolution des modalités d'intervention qui ne séparent plus la nécessité de faciliter l'accès à un marché rémunérateur pour sortir les producteurs du cycle de pauvreté de celle d'utiliser un équipement de cuisson propre.

Les questions à (se) poser :

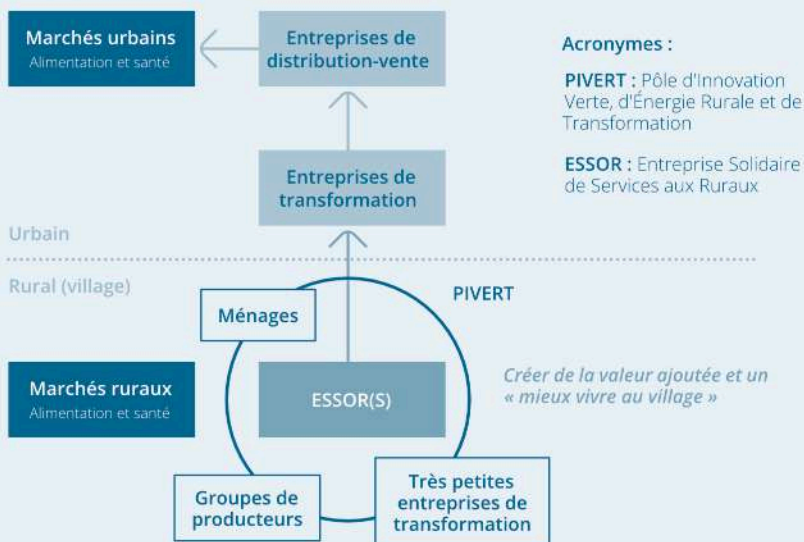
- Existe-t-il une dynamique de structuration des producteur·rices (collectifs, groupements, interprofession, etc.) ?
- Existe-t-il des organismes d'appui pour faciliter l'accès au marché ? La filière de production dispose-t-elle de dynamiques de structuration, de label ou de marque qualité ?
- Quelles sont les attentes exprimées par la filière aval (souhait de changement, problèmes identifiés, connaissance d'alternatives/d'initiatives pertinentes, améliorations possibles, priorités définies...) ?



Exemple : La démarche B'est

La démarche B'est est une dynamique de structuration territoriale mise en œuvre par **Sens Bénin** pour faciliter l'accès au marché des producteur·rices rural·es de manière durable et inclusive.

Figure 6 – La chaîne de valeur inclusive B'est



Les données à collecter :

- prix d'achat pratiqué par la filière aval ;
- qualité à respecter ;
- nature des acheteurs (intermédiaires, vente directe...) ;
- modalités de transport vers les acheteurs finaux ;
- spécificités des sites de vente ;
- concurrence, évolution attendue, visibilité ;
- existence d'un label/marque/IGP, modalités de promotion, filière nationale/export, existence de marchés spécifiques (bio, commerce équitable, etc.), de structures d'accompagnement spécifiques.

A.3. Amont : Ce qui est amené au site d'activité hors électricité/eau



Matière première



Photo : © AVSF – Projet de circuits courts et cantines scolaires au Sénégal (<https://www.avsf.org/projets/circuits-courts-et-cantines-scolaires-au-senegal/>)

Il est intéressant de caractériser les intrants non seulement pour le petit productif (influence sur la qualité du produit fini, chaîne de valeur, etc.) mais aussi dans l'institutionnel. Par exemple, pour les cantines scolaires en zone rurale, le recours à des circuits courts d'approvisionnement en aliments à cuire assurant, en outre, un débouché aux producteurs locaux (agriculteur-rices, éleveur-euses, transformateur-rices...) est aussi un enjeu de sécurité alimentaire résiliente.

Les données à collecter : qualité recherchée, prix, quantité, provenance, modalités

d'achat et d'approvisionnement, saisonnalité...



Énergies de cuisson (approvisionnement)

Il s'agit ici de caractériser la ou les **filières d'approvisionnement** en combustibles quelle que soit leur nature (provenance, acteurs impliqués, saisonnalité, aspects qualitatifs, prix par unité de volume ou de poids, évolution attendue des prix...).

Des questions ouvertes sur les problèmes rencontrés et des attentes exprimées permettent de mieux appréhender les défis actuels et futurs de cet approvisionnement. À ce stade, on ne cherche pas à réaliser une analyse poussée de la filière d'ap-

provisionnement, mais à en connaître les grandes spécificités et l'évolution attendue. Cela permettra soit d'orienter vers le choix de futurs fournisseurs en combustibles garantissant une durabilité de la ressource, soit d'identifier les énergies de cuisson les plus pertinentes.

On cherchera aussi des informations sur l'accès prochain au réseau électrique, des projets de mini-réseaux ou toute initiative locale en cours mettant à disposition une nouvelle source d'énergie de cuisson. C'est

de plus l'occasion d'identifier des sources de biomasse non valorisées et disponibles localement. On définit un prix au kilowatt-heure des diverses énergies de cuisson possibles (cf. prix du kilowattheure utile),

avec leur disponibilité et qualité, afin d'établir plus tard une analyse économique comparative (électricité, éthanol, GPL, biogaz, granulés, briquettes, biomasses diverses, solaire thermique...).

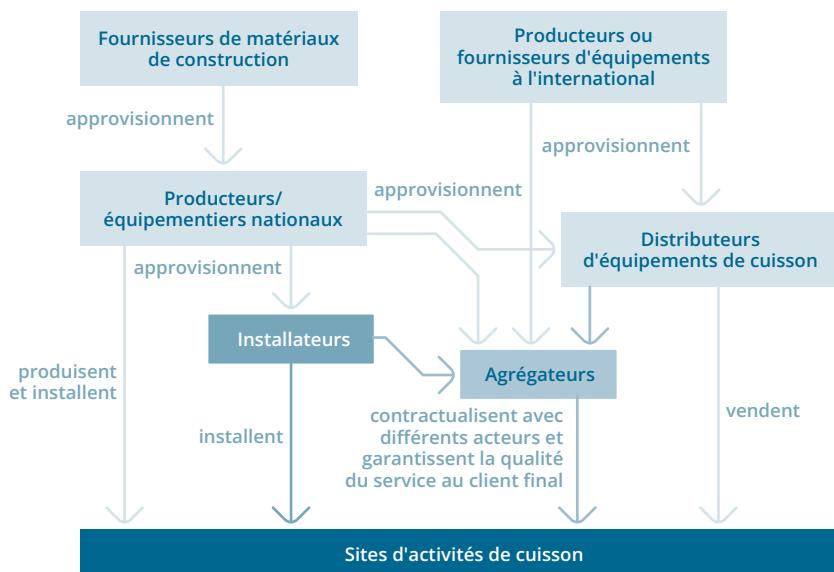


Équipementiers, fournisseurs de matériaux, distributeurs/installateurs

Concernant les **équipementiers** nationaux identifiés, leur caractérisation représente un enjeu de compréhension du contexte afin d'identifier les principaux problèmes rencontrés pour une transition vers une cuisson propre et durable, mais

aussi pour l'identification du ou des ateliers (soudure, chaudronnerie, maçonnerie, fonderie, etc.) pouvant produire les prototypes, le cas échéant, ou passer à l'échelle dans une étape de massification.

Figure 7 – Les quatre grands circuits de distribution en cuisson collective et productive avec les acteurs concernés



Des fiches descriptives pourront être élaborées pour chaque atelier²² mentionnant : la localisation, la spécialisation technique, l'expérience/formation du ou de la responsable technique, les réalisations antérieures en lien avec le secteur d'activité

visé, la gamme de produits réalisés et leur ancienneté, l'outillage disponible, la qualification du personnel, la stratégie commerciale (sous-traitance ou production propre déjà en place), la politique de SAV, le processus de contrôle qualité, les mo-

²² - Un exemple de fiche descriptive est fourni dans la section « Aller plus loin ».

dalités de contractualisation et de paiement, les délais attendus. Idéalement, une visite des installations opérationnelles mises en place par ces équipementiers sera envisagée.

Ici aussi, des questions ouvertes sur les problèmes rencontrés et des attentes exprimées permettent de mieux cerner les éventuelles difficultés (approvisionnement en matériaux spécifiques, taxes élevées, hausse du prix des matériaux, problème de foncier ou de place suffisante, concurrence) : comment appréhender les défis actuels et futurs de l'approvisionnement en matériaux spécifiques, le cas échéant ?

Concernant les **fournisseurs de matériaux**, il est pertinent de lister par catégorie de matériaux²³ les disponibilités, les qualités existantes, le prix par unité de mesure, etc., afin de faciliter le futur travail de prototypage ou de production d'un équipement de cuisson propre (choix d'une construction locale). Il est souvent difficile d'approvisionner à des coûts abordables et des délais raisonnables, notamment en contexte rural isolé, des métaux, briques, mortiers, isolants avec des qualités réfractaires résistant à des cycles de températures de combustion proches de 1 000 °C.

Quant aux **distributeurs d'équipements de cuisson et produits annexes (ustensiles, etc.)**, il s'agit de connaître leurs caractéristiques (gamme de produits, modalités d'importation, le cas échéant, adaptation possible avec la demande spécifique d'utilisation, le prix, les conditions d'achat, le SAV, les modalités de paiement et de la livraison-installation, les délais, etc.). On se demandera pour cette catégorie d'acteurs : Quelles sont leurs difficultés actuelles ? Quelle évolution est envisagée ?

Pour l'institutionnel et le petit productif, une catégorie d'acteurs supplémentaire peut exister. Il s'agit des **installateurs**, qui se fournissent auprès d'équipementiers ou de distributeurs nationaux ou internationaux et réalisent les installations avec tout le processus de contractualisation, de garantie et de maintenance (SAV).

Il convient alors de se demander s'ils sont des installateurs occasionnels ou de véritables **agrégateurs** en lien avec des équipementiers, des distributeurs, capables de répondre à des appels d'offres de type FBR, de dynamiser une filière émergente, d'avoir accès à des mécanismes financiers innovants (investisseurs à impact, finance carbone, etc.).

On peut ici rencontrer des **entreprises privées à caractère social (« social business »)**, comme **celles présentées dans ce guide** : Simoshi Ltd, BioMassters, Yokoumi, ECOCA, etc., qui ont développé un solide savoir-faire opérationnel. Envisager un partenariat avec ce type d'agrégateurs privés, si existant sur sa zone d'intervention, sera un gage de réussite et de durabilité.

23 - Un exemple de base de données métallerie sous forme de tableur est fourni dans la section « Aller plus loin ».

A.4. Écosystème en lien avec l'activité de cuisson

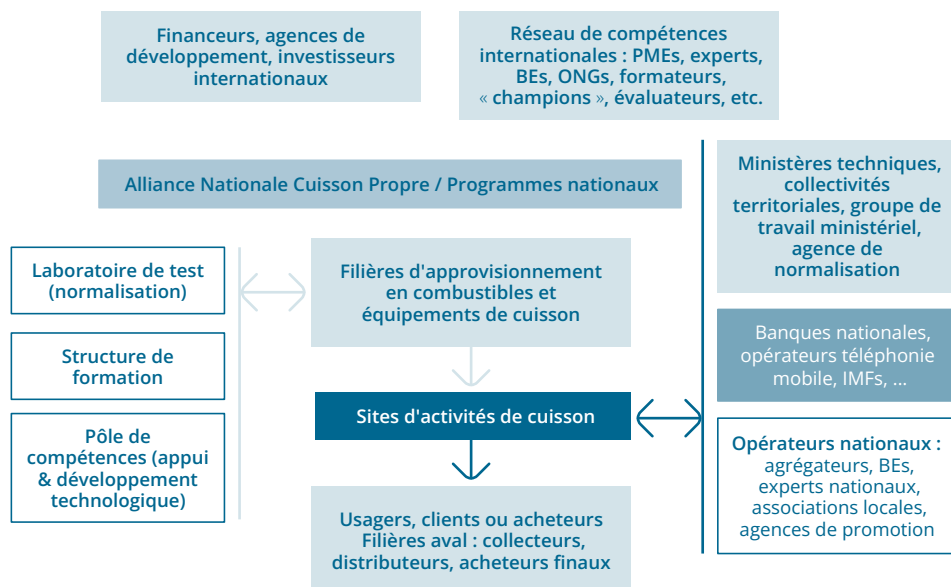
En parallèle au travail de diagnostic du secteur d'activité visé, il est important de mieux connaître l'écosystème local et national.



Notion d'écosystème

On désigne par « écosystème » l'ensemble des structures et des personnes intervenant d'une manière ou d'une autre dans le domaine de cuisson propre concerné.

Figure 8 – Schématisation d'un écosystème de cuisson propre



« champions » désigne ici les initiatives/entreprises matures à l'international cherchant à diffuser leurs acquis souvent sous forme de franchise, de nouvelles implantations vers d'autres pays.

Avec un écosystème déjà structuré et efficient, il est bien plus facile d'attirer des investisseurs, de mettre sur pied des programmes ambitieux et des politiques énergétiques cohérentes visant à accélérer la diffusion et l'usage d'équipements de cuisson propre, de travailler en synergie avec les différents acteurs, de faire monter en compétences les unités de production et les experts techniques nationaux, etc.

Il s'agit donc de décrire, dans la phase de diagnostic, l'écosystème en place. Quels appuis, partenaires potentiels, quelles initiatives en cours peuvent être identifiés ? Le retour d'expérience des initiatives passées dans le secteur de cuisson envisagé, s'il a été capitalisé, peut aussi s'avérer très utile.

On retrouve généralement une stratégie nationale cuisson propre ayant défini des axes stratégiques, des facilités et autres mesures d'accompagnement. Pour élaborer sa propre intervention, il faudra se demander :

- Comment s'insérer dans ces plans d'action nationaux ?
- Quels mécanismes de financement existent dans notre secteur d'activité (banques, fonds spécifiques type FBR, finance carbone, investisseurs à impact...) ?

- Quel est le niveau de priorité du secteur d'activité abordé pour les autorités nationales et locales ? Un fonds d'investissement ou des structures financières se sont-ils positionnés ?
- Les équipements peuvent-ils être testés dans le pays, suivant les standards internationaux, si besoin ?
- Existe-t-il des structures de formation dédiées pour les équipementiers, les installateurs, les technicien·nes de la cuisson propre ?

A.5. Comparaison avec des contextes similaires

Après avoir pris connaissance des initiatives nationales dans le secteur d'activité envisagé, il est toujours intéressant de s'informer de telles interventions référentes en contextes similaires.

Dans la section « [Aller plus loin](#) », une liste d'initiatives et études de cas est fournie, présentant des points d'intérêt divers (approches retenues, mode de commercialisation, technologie, mécanismes financiers, outils de formation, etc.).

B. Exploitation des données

Après la phase de collecte, il s'agit maintenant de passer à l'analyse des données.

Comparatif du coût des énergies de cuisson

Une des premières mesures à prendre en compte lorsqu'on envisage une éventuelle substitution énergétique est de réaliser une analyse du prix du **kilowattheure utile**. Les contextes étant très variables, une solution de substitution des combustibles

traditionnels (bois, charbon de bois) compétitive dans un pays peut s'avérer non pertinente économiquement dans un autre pays, voire dans une autre région d'un même pays.

Calcul du prix du kilowattheure utile

Le prix par kilowattheure pour un combustible est lié à son PCI²⁴ et à son prix par unité de poids. Par exemple, 1 kg de bois valant 0,12 € avec un PCI de 4,3 kWh/kg a un prix du kilowattheure que l'on arrondit à 0,03 €/kWh. Si on utilise deux équipements aux rendements énergétiques différents, pour **la même énergie utile** (même tâche énergétique de cuisson, dans notre cas), celui au rendement énergétique le plus bas va consommer plus de combustible.

On définit ainsi la notion de kilowattheure utile prenant en compte en plus le rendement énergétique de l'équipement de cuisson (**kWh utile = prix au kg / PCI / Rdt énergétique**).

Figure 9 – Exemple de calcul de prix du kilowattheure utile pour des énergies commerciales (non adapté pour la biomasse collectée, le solaire thermique ou le biogaz), cuisson avec ustensile standard, à pression atmosphérique

	Bois « trois pierres »	Bois cuiseur niveau 4	Granulé cuiseur niv 4 à 5	Charbon de bois cuiseur traditionnel	Charbon de bois cuiseur performant	GPL standard	Électricité Induction	Éthanol cuiseur
Rdt énergétique cuiseur	12 %	40 %	50 %	15 %	45 %	50 %	80 %	55 %
PCI combustible (kWh/kg)	4,3	4,3	4,5	8,0	8,0	12,5	1	7,0
Prix énergie (€/kg ou kWh)	0,12 €	0,12 €	0,30 €	0,20 €	0,20 €	1,41 €	0,15 €	0,20 €
Prix (€/kWh)	0,03 €	0,03 €	0,07 €	0,03 €	0,03 €	0,11 €	0,15 €	0,02 €
Prix du kWh utile (€/kWh)	0,23 €	0,07 €	0,13 €	0,17 €	0,06 €	0,23 €	0,19 €	0,05 €

Il s'agit d'un cas **factif** fondé sur des coûts réalistes, **à adapter à son contexte**. Par exemple, le granulé d'eucalyptus au Rwanda est commercialisé par BioMassters à 0,2 €/kg (2025), son prix du kilowattheure utile y est donc seulement de 0,09 € le rendant très compétitif. En Indonésie, le GPL subventionné se situe autour de 0,5 €/kg, soit un prix du kilowattheure utile de 0,08 €, etc.

24 - PCI : contenu énergétique par unité de poids, en kWh/kg ; cf. annexe 1 (pour les combustibles issus de la biomasse, cf. annexe 4).

En général, pour une activité de type restaurant, ce calcul suffit pour évaluer l'intérêt d'une substitution vers une autre énergie ou un équipement plus performant, le poste de dépense de l'énergie de cuisson dépassant largement celui ramené par an du seul coût de l'équipement de cuisson (prenant en compte le prix d'achat, d'entretien et de sa durée de vie).

Dans le cas d'un **mix énergétique**, il suffit de connaître le **ratio d'énergie utile par source d'énergie** pour réaliser le calcul du prix du kilowattheure utile du mix.



Exemple de **calcul pour un mix énergétique** (chiffres fictifs issus du tableau précédent)

Une cantine scolaire consomme par an 2 000 kg de bois (rendement énergétique du cuiseur associé : 40 %) et 800 kg de GPL (rendement du cuiseur associé : 50 %).

L'énergie utile se calcule par la formule : « kg combustible x PCI combustible x rdt énergétique ».

Pour le bois, on calcule ainsi $E_{\text{utile bois}} = 2\,000 \times 4,3 \times 0,4 = 3\,440 \text{ kWh}$

Pour le GPL, on calcule ainsi $E_{\text{utile gaz}} = 800 \times 12,5 \times 0,5 = 5\,000 \text{ kWh}$

Soit, une énergie utile totale de 8 440 kWh.

Le mix énergétique utile est donc 59 % de GPL et 41 % de bois. Avec les mêmes prix que le tableau précédent, le prix du kilowattheure utile du mix est de $0,59 \times 0,23 + 0,41 \times 0,07 = 0,16 \text{ €/kWh utile}$

Remarque : Dans cet exemple, le gaz liquéfié est le **combustible principal** (qui fournit le plus d'énergie utile) bien qu'en masse il soit minoritaire. Une erreur fréquente est de désigner comme combustible principal celui qui est le plus consommé en masse.

Il faut bien retenir qu'il s'agit de calculs s'appuyant sur des hypothèses (de coûts stables, de rendements énergétiques non fluctuants suivant l'entretien ou la vétusté de l'équipement, du type de combustible et du mode d'usage des cuiseurs, etc.).

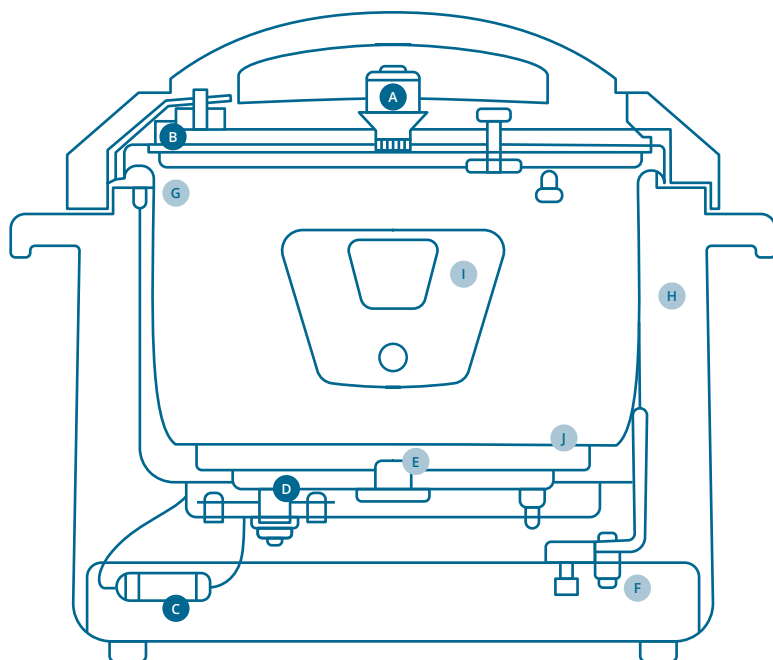
Plus on dispose de données mesurées (suivis de consommation énergétique en conditions réelles, analyse des factures si disponibles...), plus l'analyse comparative sera fiable.

Le cas des autocuiseurs électriques (EPC - Electric Pressure Cooker)

Pour les **EPC**, le **besoin en énergie utile est réduit** (cuisson sous pression plus rapide, besoin inférieur en eau avec moins d'évaporation). Ainsi, outre son rendement énergétique élevé autour de 90 % (très bonne isolation thermique, apport

énergétique au sein de l'enceinte de cuisson), le besoin en énergie utile est, en plus, inférieur. Pour les EPC, on peut donc fournir le chiffre de 75 %²⁵ de l'énergie utile nécessaire aux solutions usuelles de cuisson à pression atmosphérique.

Schéma de principe d'un autocuiseur performant



Mécanismes de sécurité

- A** Soupape de sécurité
- B** Ergot de blocage (évite ouverture sous pression)
- C** Thermomètre de sécurité
- D** Soupape sécurité secondaire

Mécanismes d'économie d'énergie

- E** Thermomètre de régulation
- F** Capteur de pression
- G** Joint de pressurisation
- H** Isolation thermique
- I** Interface utilisateur
- J** Plaque chauffante recevant le plat de cuisson fourni

25 - Extrapolé d'après les chiffres de : NSENGIYAREMYE Jerome, KHALIFA Yesmeen, et al. "Large electric pressure cookers in schools: Evidence from Lesotho". *Modern Energy Cooking Services (MECS) & World Food Programme*, nov.2023, 36 p.

Figure 10 – Exemple d'après les mesures effectuées dans les cantines scolaires au Lesotho

	cuiseur bois traditionnel	cuiseur GPL	EPC
Énergie utile (kWh/an)	5 000	5 000	3 750*
Rendement cuisEUR	15 %	50 %	90 %
Énergie consommée (kWh/an)	33 333	10 000	4 167
PCI combustible (kWh/kg)	4,3	12,5	1
Quantité combustible (kg ou kWh/an)	7 752	800	4 167
Prix énergie (€/kg ou €/kWh)	0,46 €	2,16 €	0,13 €
Prix énergie par an	3 566 €	1 728 €	542 €

* 75 % de l'énergie utile des solutions à pression atmosphérique

Dans ce contexte spécifique au Lesotho, avec un prix du bois commercial et du GPL très élevé et un prix du kilowattheure électrique très compétitif, la solution élec-

trique est, en effet, particulièrement avantageuse. Ce cas n'est toutefois pas systématiquement généralisable.

Analyse économique globale des sites d'activité dans le productif

Dans une activité productive, lorsque l'introduction d'une nouvelle solution de cuisson va modifier sensiblement le rythme de production et le chiffre d'affaires, il conviendra de procéder à une analyse financière plus poussée, c'est-à-dire un plan d'affaires prévisionnel permettant de comparer les options.

On précisera les niveaux d'investissement et d'amortissement en s'appuyant sur une durée de vie cohérente, les coûts d'entre-

tien-maintenance, les spécificités d'usage (nombre d'opérateur·rices, échelle des rémunérations en fonction des compétences nécessaires, etc.).

On analysera alors le temps de retour sur investissement (TRI), la valeur actuelle nette (VAN), etc. Il sera possible de comparer les solutions de cuisson propre pour les sites d'activité d'après les données obtenues sur le terrain. Voir annexe 4.

Chiffrage des impacts de la situation actuelle

Il est maintenant possible de chiffrer les impacts du scénario tendanciel actuel, si rien ne change. En d'autres termes, cela correspond à la question : quelle est l'évolution attendue (accroissement ou baisse de la demande, difficultés dans le secteur d'activité ciblé, etc.) ?

Ce chiffrage des impacts de la situation existante avant le démarrage de l'intervention permettra par la suite d'évaluer l'intérêt de solutions alternatives qui seront validées en phase pilote. Il permet aussi de mieux expliquer aux partenaires techniques et financiers l'ampleur du problème et de mettre en relief la pertinence de la future stratégie proposée.



Impact social

La situation actuelle peut se caractériser par le nombre d'emplois créés directement sur les sites d'activité ou indirectement (approvisionnement en combustibles, en matières premières...). D'autres données quantitatives peuvent être chiffrées quand il s'agit de temps passé à

la cuisson (procédé non optimisé), de temps de collecte du combustible, etc. Ces données permettent de mettre en évidence les discriminations existantes liées au genre, à la situation familiale, à l'âge, etc.

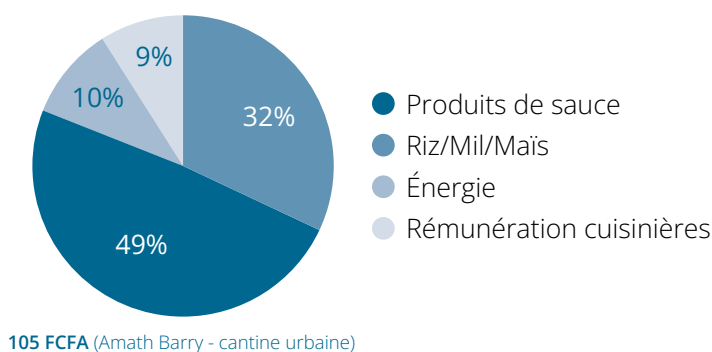


Impact économique

L'impact économique correspond aux ratios de performance économique qui vont jouer sur la rentabilité de l'activité productive ou le coût du repas par personne. Il est intéressant de caractériser le coût de

l'énergie dans le prix de revient du repas (institutionnel) ou du produit fini (petit productif). Ces ratios permettent de comparer les situations à l'échelle du territoire ou avec des contextes similaires.

Figure 11 – Exemple de calcul de prix de revient d'un repas scolaire (déjeuner) en fonction des postes de dépense



Source : Thérèse Gohin, 2023²⁶

Pour mettre en avant l'impact économique d'une filière productive, il s'agit de calculer la valeur ajoutée de l'activité dans l'économie locale, les chiffres d'affaires cumulés,

etc. (cf. [annexe 4](#), calcul de VAN pour les indicateurs économiques et financiers usuels).

26 - GOHIN Thérèse. *Les modes d'organisation des cantines scolaires au Sénégal et leurs effets socio-économiques : une étude sur des cantines de 6 départements des programmes Niamde et Amopar*. Alimentation et Nutrition, nov. 2023, p. 28.



Impact environnemental

En fonction de la consommation d'énergie, il est possible de calculer les quantités de GES produites pour évaluer l'impact sur le climat. Il faudra prêter une attention particulière à l'estimation de la part non renouvelable (fNRB) de la biomasse, qui a été longtemps surestimée et récemment redéfinie. Un outil de calcul est **fourni en annexe 4** pour les facteurs d'émission par type d'énergie.



Impact sanitaire

Il est possible de mesurer les émissions auxquelles sont exposés les opérateurs (PM_{2,5} ou CO) et les comparer avec les seuils recommandés (cf. **fin d'annexe 4**). Le chiffrage des impacts sanitaires (taux de morbidité, taux de mortalité, nombre d'années de vie en bonne santé perdues) avec des outils de type BAR-HAP²⁷ ou HAPIT²⁸, fournis par l'OMS et conçus pour la cuisson domestique, reste possible, mais les hypothèses de calcul sont difficilement transposables à l'institutionnel ou au petit productif.

Plus localement, les quantités de bois consommées peuvent être traduites en hectares d'équivalent forêt gérée durablement. Il peut s'agir aussi de calculer les quantités totales de résidus ou d'effluents non traités rejetés. Suivant le cas, un contaminant bien spécifique peut être caractérisé.

Les enquêtes réalisées sur les sites d'activité auront peut-être permis d'identifier des problèmes sanitaires spécifiques touchant un pourcentage élevé d'opérateurs et d'opératrices par rapport à un échantillon témoin sur la même zone et aux caractéristiques sociales identiques (problèmes cardiovasculaires, bronchite chronique, irritation chronique des yeux, cataracte précoce, etc.). Il peut être intéressant d'**interroger des centres sanitaires du territoire** pour des corrélations éventuelles avec l'activité de cuisson concernée.

27 - WORLD HEALTH ORGANIZATION. "Benefits of action to reduce household air pollution (BAR-HAP) tool". *Clean Household Energy Solutions Toolkit (CHEST)*, publication en ligne, mise à jour mars 2022. Disponible sur : <https://www.who.int/tools/benefits-of-action-to-reduce-household-air-pollution-tool> (consulté le 05-01-2026).

28 - INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION (IHME). "Household Air Pollution Intervention Tool (HAPIT3)". *HAPIT3: Household Air Pollution Intervention Tool*, publication en ligne, 2025. Disponible sur : <https://householdenergy.shinyapps.io/hapit3/> (consulté le 05-01-2026).

C. Les écueils à éviter lors de la phase de diagnostic

Le principal risque est de vouloir cloner une initiative ayant fonctionné dans un contexte similaire et de penser que la même approche ou la même technologie produira les mêmes effets. Les **pratiques culinaires, le prix des énergies, l'environnement institutionnel, les savoir-faire constructifs**, etc., sont de première importance pour identifier les potentialités et les points de vigilance ou de blocage à lever pour la future intervention en cuisine propre dans le secteur d'activité visé.

De ce fait, il ne faut **minimiser ni le budget** (moyens humains et matériels) **ni le temps** à allouer à cette étape de diagnostic. On ne peut que conseiller de **faire appel à des expertises externes**, généralement complémentaires à celles de la structure porteuse dans les domaines suivants :

- technologie et évaluation des performances des équipements de cuisson ;
- mécanismes de financement ;
- facilités de paiement ;
- approche commerciale, etc.

Pour réduire les coûts d'étude sur certaines composantes nécessitant des compétences spécifiques, un **partenariat avec une structure d'enseignement supérieur** peut être envisagé (projet professionnel en cours d'année ou stage de fin d'études), dans la mesure où cela est bien préparé et accompagné. Des financements pour des études de faisabilité/diagnostic ou des approches technologiques sont disponibles par exemple auprès de 60 décibels ou du Fonds d'innovation pour le développement (FID).



D. Les outils à utiliser

Pour les données ne nécessitant pas de test de caractérisation spécifique, les outils de collecte de type questionnaire ou guide d'entretien sont utilisés. On conseille d'avoir recours à des applications dédiées de type KoboCollect qui organisent automatiquement les réponses sous forme de tableur et réduisent les erreurs de saisie. Elles permettent également de fournir les localisations GPS et de stocker les images des sites visités.

Des modèles d'enquêtes sont fournis sur le lien Aller plus loin. Ils peuvent servir de base pour élaborer un questionnaire adapté au contexte. Ce sont généralement une série de questions dites « fermées » avec une réponse attendue en lien avec une liste prédéfinie facilitant le traitement ultérieur.

Il reste bien sûr pertinent de formuler des questions ouvertes appelant à collecter les retours exprimés, des contacts de fournisseurs de combustibles ou d'équipementiers, d'initiatives locales connues par les personnes enquêtées s'avérant pertinentes à visiter, des tentatives d'amélioration réalisées sur le site avec leur historique, etc.

Des relevés de mesure simples peuvent être demandés aux enquêteur·rices avec l'usage d'un mètre ruban (dimension des récipients de cuisson, par exemple), des photos des équipements rencontrés.

Cependant, dès qu'il faudra aller plus en détail dans la caractérisation des équipements énergétiques de cuisson ou de la qualité du produit fini²⁹, il est fortement conseillé de faire appel à un spécialiste, voire à un organisme agréé (laboratoire ou centre technique). Se référer à l'annexe 3 pour la caractérisation énergétique.

29 - RIVIER Michel, CHAPUIS Arnaud, VANDESTEENE Laurent. Protocole Diagnostic PME BioStar. *BioStar Afrique*, fév. 2024, 35 p.

1.3. Prendre en compte les dimensions de genre et d'inclusion à cette étape

Sur le site d'activité, il s'agit d'identifier la disparité dans les tâches confiées suivant le genre, les explications formulées, le cas échéant, les facteurs limitant l'accès à certains postes (formation, pénibilité, tradition, etc.) :

- Qui participe aux prises de décision ? Certains groupes en sont-ils exclus ?
- Qui cuisine ? Qui s'assure de l'approvisionnement ?

Si ce point semble crucial à prendre en compte pour permettre une évolution plus rapide ou plus durable vers des solutions de cuisson propre (lever des blocages culturels, la difficulté de collecter les retours de groupes marginalisés, etc.), une approche participative avec le recours à des facilitateur·rices spécialisé·es est pertinente à ce stade. Divers outils existent, comme ceux utilisés dans l'approche orientée changement (AOC)³⁰.

Et pour les bénéficiaires :

- Pour les cantines scolaires, les frais de scolarisation, dont celui des repas, sont-ils un enjeu de scolarisation, notamment en zone rurale ? Une augmentation du prix pourrait-elle exclure certaines familles ?
- Les filles sont-elles plus facilement déscolarisées en cas de ressources limitées dans les familles ?

30 - DE RASILLY Claire, HOULBREQUE Magnolia. *Les Approches orientées changement, renforcer les pouvoirs d'agir avec une perspective de genre et écologique*. Réseau F3E, Paris, juin 2025, 194 p.



1.4. Aller plus loin

Outil de création de questionnaire en ligne : <https://www.kobotoolbox.org/>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. "Benefits of action to reduce household air pollution (BAR-HAP) tool". *Clean Household Energy Solutions Toolkit (CHEST)*, publication en ligne, mise à jour mars 2022. Disponible sur : <https://www.who.int/tools/benefits-of-action-to-reduce-household-air-pollution-tool> (consulté le 05-01-2026).

INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION (IHME). "Household Air Pollution Intervention Tool (HAPIT3)". *HAPIT3: Household Air Pollution Intervention Tool*, publication en ligne, 2025. Disponible sur : <https://householdenergy.shinyapps.io/hapit3/> (consulté le 05-01-2026).

GOLD STANDARD FOR THE GLOBAL GOALS. "Methodology to estimate and verify Averted Disability Adjusted Life Years (ADALYs) from cleaner household air", publication en ligne, 2 août 2023. Disponible sur : <https://www.goldstandard.org/consultations/methodology-estimate-and-verify-averted-disability-adjusted-life> (consulté le 05-01-2026).

ROZIS Jean-François. Modèle d'enquête auprès des restaurateur·rices. *Réseau Cicle*, déc. 2025, 7 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13789

ROZIS Jean-François. Modèle présentation des producteur·rices et des cuiseurs. *Réseau Cicle*, déc. 2025, 3 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13790

ROZIS Jean-François. Caneva de tableau comparatif des solutions à partir de l'énergie utile (coût kWh utile, impact GES, économie potentielle, etc.). *Réseau Cicle*, déc. 2025. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13791

RIVIER Michel, CHAPUIS Arnaud, VAN DE STEENE Laurent. Protocole Diagnostic PME BioStar. *BioStar Afrique*, fv. 2024, 35 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13607

EFFICIENCY FOR ACCESS et MODERN ENERGY COOKING SERVICES. *Making the Switch: The Deployment Handbook for Institutional E-Cookers. Efficiency for Access / MECS*, jan. 2025, 48 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13608

ÉTAPE 2 : définition du positionnement de la structure porteuse

2.1. L'essentiel

Une fois le diagnostic établi, on dispose d'une compréhension approfondie du contexte dans lequel la *structure porteuse* souhaite intervenir afin de répondre à des problèmes identifiés avec les principaux intéressés (institution ou unité de production ayant recours à un procédé de cuisson).

Le bon positionnement de la structure porteuse tout au long de son intervention est une condition *sine qua non* pour garantir la durabilité de la dynamique amorcée après la mise en œuvre du projet.

Une structure porteuse qui n'est pas partie prenante dans le modèle économique en place (comme pourrait l'être une société de droit privé, une entreprise à caractère social, etc.) doit, en toute logique, dès le début, ne créer aucune dépendance de nature économique vis-à-vis des acteurs locaux (équipementiers, fournisseurs de combustibles, producteurs, gérants et opérateurs d'établissements...). Il s'agit d'un écueil récurrent des projets

financés par des bailleurs internationaux. C'est la raison pour laquelle nous insistons dans ce guide sur ce point méthodologique primordial pour une véritable démarche de codéveloppement.

Cette vision doit être partagée avec le bailleur pour éviter toute incompréhension et ne pas céder à la tentation d'assurer directement une partie des activités économiques (transport de matériaux, démarchage commercial pour l'accès au marché solvable, etc.), dans le but de respecter à tout prix les objectifs quantitatifs et les délais mentionnés avec son calendrier d'activités.

En phase pilote (validation d'une innovation technologique, test de marché, essais spécifiques, etc.), l'implication directe de la structure porteuse peut s'avérer importante. L'enjeu est dans les phases suivantes de se mettre en retrait progressivement, avec des interventions sur des points particuliers (recherche de financement, formations, suivi des activités, etc.).

2.2. Mise en œuvre de l'activité

A. Les bonnes pratiques



Rester dans son domaine de compétences

Les structures porteuses habituées à gérer des projets disposent généralement de très bonnes capacités de gestion, d'animation, et, pour certaines, des compétences spécifiques : montages financiers, accès au crédit, savoir-faire technologique particulier, structuration de filières de pro-

duction-commercialisation, accès à la finance carbone, etc.

Toutefois, certaines compétences nécessaires au bon accompagnement du secteur d'activité visé vont nécessiter la recherche de compétences externes : conduire le développement technologique

d'un nouvel équipement de cuisson, faciliter l'accès à un marché plus rémunérateur avec le développement d'une marque qualité, mettre en place un réseau de distributeur·rices, mettre sur pied une filière d'approvisionnement en biomasse-énergie pérenne.

L'étape de diagnostic aura permis d'identifier des partenariats possibles, idéalement dans le pays d'intervention, pouvant étoffer le panel de savoir-faire à réunir.



Mettre en avant, en premier lieu, les structures locales accompagnées

Même si ce positionnement et la visibilité exigée par certains bailleurs sont quelque peu antinomiques, il ne s'agit pas, en toute cohérence avec une vision à long terme, de mettre en avant la seule structure porteuse de type ONG/OSC, ayant une présence locale généralement limitée dans le temps. En premier lieu, il s'agit plutôt de **valoriser les structures locales, à renforcer au besoin, qui seront le moteur de projets dans le domaine d'activité et le territoire d'intervention.**

Une véritable appropriation par les parties prenantes locales sera à favoriser. Les solutions de cuisson introduites se diffuseront d'autant plus facilement. Si l'intervention a permis d'incuber ou de renforcer une unité de production de combustibles alternatifs ou de nouveaux équipements de cuisson propre, quel que soit son statut juridique, il s'agira d'en faciliter la viabilité et la promotion de manière totalement indépendante.



Positionnement de Nitidae pour accompagner un équipementier local

Dans le cadre d'un projet au Burkina Faso, Nitidae a sélectionné un atelier de chaudronnerie et soudure industrielle (ASIS) pour la fabrication d'un four de pyrolyse inspiré d'un modèle réduit réalisé en laboratoire. Outre des critères techniques de sélection, il fallait trouver **un équipementier se projetant dans une potentielle future diffusion dans les filières agro-industrielles.**

Les modalités de conception et de production ont été finalisées en prenant en compte les savoir-faire de l'équipementier (choix de l'épaisseur des tôles pour une meilleure durabilité, parties démontables par boulonnage pour entretien-maintenance, etc.).

Cette collaboration démarrée en 2011 a été poursuivie sur la durée. L'équipementier a été mis en avant pour devenir une structure formatrice pour des équipementiers d'autres pays (Bénin, Mali, Sénégal, Côte d'Ivoire, Mozambique et Madagascar).



Chantier école encadré par Didier Ouedraogo, directeur atelier ASIS (à droite). Photo : © Nitidae

Nitidae a toujours recherché la montée en compétences de l'équipementier burkinabè soit technique soit managériale (établissement de devis cohérents, contractualisation, collaboration avec des bureaux d'études, etc.).

B. Les écueils à éviter lors de la phase de positionnement de la structure porteuse



Entrer en concurrence avec les initiatives privées ou les structures locales impliquées

Dans les cas les plus extrêmes, l'intervention de la structure porteuse a porté préjudice à des initiatives locales déjà en place. On nomme cela une « **distorsion du marché** ». Par exemple, un projet peut mettre en place une stratégie de forte subvention d'équipements de cuisson (recherche de résultats rapides), télescopant une approche en place fondée sur des modalités de paiement sans subvention qui permettent de lisser le prix d'acquisition pour un équipement très performant.

On cherchera plutôt à trouver des complémentarités et à définir une stratégie commune. On peut citer le cas de groupes de travail thématiques à l'échelle d'un territoire, facilitant une vision commune et l'échange de bonnes pratiques pour éviter les risques d'interférences.

Il peut exister des alliances nationales autour de la cuisson propre³¹. Ces structures mettent en avant les diverses initiatives, facilitent les échanges entre parties prenantes et jouent le rôle d'interface avec les autorités nationales sur la thématique (mesures incitatives, cadre réglementaire, etc.).



31 - On peut citer le cas de l'UNACC en Ouganda, particulièrement dynamique, visitée lors de la mission exploratoire menée dans le cadre de l'élaboration de ce guide : <https://www.unaccug.org/>



Le modèle d'alliance nationale : le cas de l'UNACC

L'UNACC (Uganda National Alliance on Clean Cooking) est une structure associative de droit national avec une équipe d'animation et un budget minimal issu de ses adhérents et des financements obtenus (projets spécifiques, exhibitions, séances de formation, rencontres B2B, etc.).



Photo : © UNACC

L'Alliance nationale ougandaise pour la cuisson propre existe depuis 2013. Elle regroupe environ 400 producteurs de toute taille et distributeurs de solutions de cuisson propre. Elle leur offre :

- une forte visibilité pour le plaidoyer auprès des autorités nationales (détaxe des importations des équipements performants ou composants à assembler, mesures incitatives comme la tarification électrique spécial famille pour encourager la cuisson électrique, etc.) ;
- un accès à une série d'évènements ou supports promotionnels, dont des expositions commerciales, des showrooms, des ateliers de promotion de l'efficacité énergétique, etc.

Les programmes désireux de s'implanter en Ouganda trouvent aussi un interlocuteur privilégié pour avoir une vision globale du secteur privé national sur la cuisson propre avec une base de données actualisée.

Le challenge est de maintenir la durabilité économique d'une telle structure, dépendant en grande partie des programmes sur la cuisson propre finançant notamment les activités de promotion. Seule une faible part des ressources provient des membres, payant une contribution annuelle autour de 50-60 €.

2.3. Prendre en compte les dimensions de genre et d'inclusion à cette étape

Dans le domaine de l'accès à l'énergie et de l'implication dans les activités productives, on doit particulièrement prêter attention à la place des femmes (montée en compétences, participation à la prise de décision, autonomie financière, etc.), tant leur rôle est souvent prépondérant.

Cela doit être le cas, en premier lieu, au sein de l'équipe de la structure porteuse (recherche de parité, mode de fonctionnement et de prise de décision). On note souvent une véritable exemplarité parmi les structures associatives, jumelages, agences de développement, etc., dans la mise en avant des femmes dans les fonc-

tions à responsabilité (agent de développement, agent commercial, formatrice, technicienne, cheffe de projet, etc.), tout comme une gestion des ressources humaines inclusive (minorités, personnes avec handicap...).

Il est important de garder en tête cette vision inclusive pour enrichir les stratégies territoriales ou nationales en matière de cuisson propre, tout en gagnant en efficacité sur le terrain. La prise en compte du genre et de l'inclusion pour le développement économique d'un territoire est systématiquement une approche gagnant-gagnant.



Entrepreneurs Du Monde – Palmis Enèji, Haïti - Restauratrices de rue



Photo : © Entrepreneurs du Monde

Les restauratrices de rue utilisent traditionnellement le charbon de bois en dessous de supports métalliques pour la préparation des repas. La forte chaleur rayonnante et la fumée dégagée rendent ces environnements de travail néfastes pour leur santé à moyen et long terme.

La forte consommation de charbon de bois contribue d'autre part à une déforestation déjà très avancée dans le pays.

L'analyse du coût du kilowattheure utile met en avant la pertinence du recours au GPL (0,18 €/kWh utile contre 0,76 €/kWh utile pour le charbon de bois).

En 2012, EDM a permis l'émergence d'une entreprise haïtienne à caractère social, **Palmis Enèji**, spécialisée dans la diffusion de solutions de cuisson propre et d'éclairage solaire à destination des ménages, des commerçant·es et des institutions. Concernant les restauratrices, il s'agissait d'apporter une réponse adaptée pour lever les points de blocage à l'usage du GPL malgré un intérêt économique évident.



Photos : © Entrepreneurs du Monde

Une table de cuisson adaptée à leurs besoins a été conçue et produite localement. Les équipes de l'entreprise se déplacent directement sur le lieu de travail des restauratrices pour **installer les tables de cuisson à gaz** de manière professionnelle. Cette installation est suivie d'une **formation pratique à l'utilisation de l'équipement**, adaptée à chaque utilisatrice. Elle inclut également un **module sur les règles de sécurité à respecter** : manipulation des bonbonnes, allumage sécurisé, vérification des fuites, stockage adéquat, etc.

L'acquisition est proposée via une modalité de paiement par tranches, adaptée à la solvabilité de chacune. Fin septembre 2025, Palmis Enèji avait distribué plus de **23 000 cuisseurs GPL**, dont **environ 300 tables de cuisson à destination des restauratrices**.

Cette transition vers une cuisson propre a augmenté sensiblement la rentabilité de l'activité des restauratrices de rue, tout en proposant un environnement de travail bien plus sain (absence de fumées et de forte chaleur dégagée, moins salissant).

Le gain de temps a également été important, avec une moyenne de **18 heures en moins par semaine pour la préparation des repas** (allumage rapide, réglage de puissance facilité, cuisson plus rapide). Enfin, la pénibilité a aussi été fortement réduite, grâce à une fatigue physique bien moindre pour les restauratrices ayant fait le choix du GPL.



Que retenir de cette étude de cas ?

Avec une approche prenant en compte les attentes et les appréhensions de ce public féminin, il a été possible de proposer un service adapté et efficient, consolidant une activité génératrice de revenus prépondérante pour les familles concernées.



2.4. Aller plus loin

BONIS CHARANCLE Jean-Martial, VIELAJUS Martin. *Les ONG et leurs pratiques de partenariats : nouvelles tendances*, Coordination Sud, jan. 2017, 13 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13794

NANSI Gbelidji Hermann. *Pour une souveraineté africaine du progrès social*. HAL Open Science, Fondation Africalafia, 2025, 23 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13792



ÉTAPE 3 :
La phase pilote
(3 à 5 ans)

3.1. L'essentiel

À ce stade, la structure porteuse a la capacité de concevoir sa phase pilote **pour prouver la pertinence de la solution de cuisson propre adaptée au contexte local** : un nouvel itinéraire technique avec un ou des équipements de production et de cuisson innovants pour l'unité productive, une forte réduction du budget énergie de cuisson pour une institution, une nouvelle énergie de cuisson moins émissive et/ou plus durable, etc.

Cette phase a pour finalité de :

- valider le concept, les hypothèses de performances énergétiques et économiques ;
- former les équipes de production aux nouvelles solutions de cuisson propre

(échelle locale ou nationale) ainsi que les installateurs et installatrices identifiés ;

- tester le marché avec un nouveau PF plus qualitatif, le cas échéant ;
- valider le processus d'appropriation (formation à l'usage et à l'entretien-maintenance) ;
- préparer et chiffrer le passage à l'échelle.

La durée usuelle de cette phase pilote se situe entre 3 et 5 ans. Elle va consister en **moins d'une dizaine d'installations sur des sites bien identifiés avec un suivi et un accompagnement réguliers**. Elle permettra de répondre aux hypothèses initiales (performances, durabilité minimale, appropriation) avant de passer à une plus large échelle de diffusion.

3.2. Mise en œuvre de la phase pilote

3.2.1. Le choix de la solution de cuisson propre : une complexité variable suivant le contexte

La panoplie des solutions de cuisson propre disponibles à la date de publication de ce guide est présentée en [annexe 1](#).



Scénario simple

(sans développement technologique, quelques points de blocage à lever)

L'analyse économique préalable (cf. [annexe 4](#)) des solutions de cuisson propre potentiellement disponibles sur la zone d'intervention aura permis d'identifier une ou des alternatives à la situation actuelle. Les blocages à leur usage identifiés sont par exemple la non-accessibilité à l'équipement

ou à l'énergie de cuisson associée (prix d'acquisition élevé, difficulté d'approvisionnement de l'énergie associée sur la zone d'intervention, absence et donc méconnaissance des modèles performants sur le marché local, doutes sur l'adaptabilité de l'équipement au contexte d'usage, etc.).

Parfois un changement peut intervenir et rebattre les cartes. Par exemple, une décision judicieuse des autorités nationales ou un programme de financement fondé sur le résultat (FBR) aura rendu pertinente une solution de cuisson jusqu'alors peu compétitive (subvention pour l'acquisition des équipements à haut niveau de performances, nouvelle réglementation favorable à l'importation de matériels performants par la limitation, voire la suppression de taxes, une nouvelle grille tarifaire de l'électricité favorable à la cuisson électrique, etc.). Autant d'opportunités pour une structure porteuse de lancer une phase pilote dans sa zone d'intervention.

La phase pilote servira ici essentiellement à **lever les blocages identifiés pour démontrer l'adaptabilité et l'intérêt économique de la nouvelle solution de cuisson établis grâce au diagnostic**, et tous les effets positifs indirects induits (ergonomie, réduction des impacts sanitaires, rapidité, réduction des GES, etc.). Dans ce cas, il n'y aura pas de développement technologique à proprement parler, juste, au besoin, quelques adaptations, des validations d'usage.

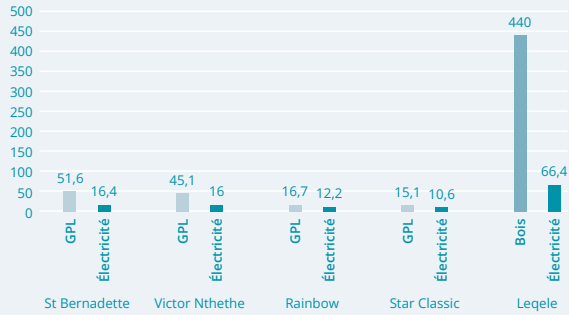


Cas des cantines scolaires au Lesotho

Une étude³² menée au Lesotho en 2002 auprès de cinq écoles a démontré la pertinence économique du passage à la cuisson électrique avec des autocuiseurs performants de grande capacité. La phase pilote a donc eu pour objectif de valider l'adaptabilité aux différents modes de cuisson, de prendre en compte le retour des opérateur·rices, de réaliser une analyse des coûts réels, etc.

Figure 12 – Coût moyen mensuel de l'énergie de cuisson (US\$) au Lesotho

Source : Modern Energy Cooking Services (MECS), 2023.³³



Au Lesotho, compte tenu du coût du bois et du GPL achetés par les écoles, l'option électrique avait un gros potentiel de diffusion avant la phase pilote. Une fois levés les blocages sur l'adaptabilité aux habitudes culinaires et démontrées les performances attendues d'équipements de grande capacité, il est possible de passer à l'étape suivante de large diffusion (passage à l'échelle).

32 - NSENGIYAREMYE Jerome, KHALIFA Yesmeen, et al. "Large electric pressure cookers in schools: Evidence from Lesotho". Modern Energy Cooking Services (MECS) & World Food Programme, nov. 2023, 36 p.

33 - Ibid.



Scénario plus complexe (besoin de développement technologique)

Ici, on est dans un contexte où **il n'y a pas au départ de solutions alternatives produites ou commercialisées/importées sur le territoire d'intervention suffisamment compétitives économiquement**, quel que soit le mécanisme financier envisagé (finance carbone, FBR, subvention ciblée, etc.). On peut aussi avoir un intérêt à vouloir valoriser énergétiquement sur le site les déchets produits (gain en compétitivité tout en ayant un impact environnemental favorable) mais sans disposer d'équipements abordables et assez performants localement.

Dans ce cas, la phase pilote nécessitera une étape de **développement technologique** (cf. [paragraphe 3.4](#)). On retrouve très sou-

vent ce cas de figure dans le petit productif, notamment en zone rurale éloignée avec pour seule option viable le recours à une biomasse locale à très bas coût.

Toutefois, les sites d'activité de cuisson sont déjà **bien organisés** (modèle formalisé de type coopérative, groupement, PME). Ils disposent d'une gestion efficiente, avec des **opérateur-rices aptes à suivre les procédures d'usage et d'entretien** des nouveaux équipements. Qui plus est, **le rythme de production et l'accès à un marché plus rémunérateur faciliteront un temps de retour sur investissement raisonnable** (généralement inférieur à 3, voire 2 ans), et rendront la solution de cuisson propre attractive.



Scénario très complexe (besoin de développement technologique, faible production, marché peu rémunérateur)

Certains contextes sont particulièrement contraignants pour le recours à une solution de cuisson propre. C'est le cas notamment des activités familiales et/ou très occasionnelles, quand la capacité d'investissement est quasi nulle ou que la rentabilité est trop faible pour s'extraire durablement du cercle vicieux de la pauvreté³⁴, etc. Ce sont des situations assez courantes en zone rurale isolée avec un accès limité à une commercialisation suffisamment lucrative.

Avant l'étape technologique, ou en simultané, il convient de **mener un accompagnement dans une démarche qualité afin d'accéder à un marché rémunérateur**.

Cela passe souvent par une **étape de professionnalisation avec un schéma d'organisation** de type groupement coopératif ou entrepreneurial et la possibilité de contractualiser avec des marchés spécifiques (marque qualité, commerce équitable, produits bien ciblés avec une communication et un packaging adaptés, etc.). Des compétences supplémentaires ou un partenariat avec des structures compétentes dans ces domaines sont à mettre sur pied par la structure porteuse (cf. [paragraphe positionnement de la structure porteuse](#)).

Dans les contextes les plus difficiles, les durées de la phase pilote s'allongent. Il

³⁴ - La notion de cercle vicieux de la pauvreté a été introduite par Ragnar Nurkse en 1953 et suppose que la pauvreté n'est pas seulement un état de fait mais un cycle qui s'auto-entretient.

faudra ainsi compter de 5 à 10 ans pour accompagner l'émergence de sites d'activité viables, novateurs, avec une organisation solide et la capacité de viabiliser leur production tout en ayant recours à des so-

lutions de cuisson propre. On se situe dans une **approche de structuration de filière productive, nécessitant un temps long de transformation des pratiques.**



Exemple : Yokoumi, filière karité au Togo



Photo : © Yokoumi

Une filière ancestrale source de revenus pour les femmes rurales à préserver

La production locale de beurre de karité dans les pays africains concernés est généralement réalisée de manière informelle et individuelle par les femmes en zone rurale.

La méthode traditionnelle présente une forte pénibilité, nécessite une quantité importante de bois de feu. On estime qu'il faut environ 1 kg de bois par kilogramme de beurre produit (torréfaction des amandes et cuisson pour faciliter l'extraction de l'huile).

D'autre part, comme le souligne Carole Tawema ([Karethic](#)), œuvrant dans le Nord Bénin, malgré une très haute qualité de cette production locale, les revenus d'une production familiale traditionnelle, issus de la vente directe du beurre produit, se situent seulement autour de 62 € par an et par femme productrice.

L'approche Yokoumi au Togo (village de Kelizio) lancée en 2017

Cette initiative est née d'une vision entrepreneuriale à caractère social partagée par deux femmes, Délali Adedje au Togo et Elsa Bortuzzo en France, afin d'accompagner les productrices de beurre de karité. Dans le but d'accroître leurs revenus, le choix a été fait de s'engager dans une certification bio et de commerce équitable pour assurer les débouchés commerciaux internationaux et une meilleure rémunération des productrices. La certification équitable oblige les productrices à consacrer une partie des revenus générés par la vente à des projets communautaires.

Une coopérative formelle a donc été mise sur pied au Togo, ainsi qu'une structure associative pour pouvoir monter des projets d'accompagnement dans la phase création et consolidation. Une organisation en miroir a été créée en France pour assurer la commercialisation, avec un modèle de SARL et une association pour solliciter des appuis financiers et renforcer les capacités de cette filière engagée dans une démarche de développement durable.



Photo : © Yama Lamido sur Pexels

Un site de production et un local de conditionnement ont pu être construits. Ce sont actuellement 50 productrices et 300 collectrices d'amandes qui permettent la production d'environ 25 tonnes de beurre de karité par an (le site est dimensionné pour produire jusqu'à 80 tonnes). Cette structuration a permis d'introduire des cuiseurs plus performants avec conduit de fumée réduisant sensiblement l'impact sanitaire de la production traditionnelle à « trois pierres ».

Un partenariat avec Terravolt pour une transition énergétique innovante

Terravolt est une structure technique proposant des solutions de production énergétique à partir de la valorisation des coproduits agricoles, d'ordures ménagères ou de résidus des industries agroalimentaires. Dans le projet Yokoumi, ce sont les coques de noix et les boues de barattage qui sont valorisées.



Que retenir de cette étude de cas ?

Structurer et garantir un marché rémunérateur pour pouvoir intervenir sur la technologie

Une fois que l'on a réuni un marché rémunérateur cible, une organisation solide et des capacités d'investissement, il est possible d'introduire une technologie de cuisson propre, voire d'optimiser les procédés en vue de valoriser énergétiquement les déchets produits par la transformation. Cela était impossible dans le modèle de production familiale initial.

L'exigence et le coût des labels bio et équitable

Pour des coopératives de petite taille comme Yokoumi, les labels ont un coût très élevé, entamant une part significative du chiffre d'affaires. De plus, les efforts d'organisation et d'investissement pour répondre au cahier des charges imposé sont importants.

Les productrices ont dû s'adapter pour venir travailler régulièrement sur le site de production. Les retombées actuelles les confortent dans ce choix de formalisation de leur activité (meilleure rémunération, renforcement des capacités, diverses initiatives communautaires créées, etc.).

3.2.2. Le choix du ou des premiers sites pilotes

Le bon sens dicte qu'il est préférable d'aller dans un premier temps **vers le plus simple**. Cela se traduit pour le ou les sites vitrines par :

- **une personne gérante, un groupe-ment ou une unité de production** avec une bonne capacité de gestion, des opérateur-rices avec une réelle aptitude et/ou un intérêt à respecter des protocoles d'usage, d'entretien-maintenance ;
- **un souhait exprimé** de l'équipe gérante pour s'impliquer dans une démarche d'innovation (visites occasionnelles du ou des sites vitrines avec les divers engagements correspondants) ;
- une personne gérante respectée dans sa communauté, ouverte au partage de nouveaux savoir-faire ;
- **une ou des localisations très accessibles** par la route en toute saison, à proximité des locaux de la structure porteuse ;
- **un approvisionnement en biomasse**, le cas échéant, **géré de manière raisonnée**, voire durable, à court terme ;
- si nécessaire, un accès au réseau électrique fiable avec le niveau de puissance, en mono ou triphasé, adapté aux besoins ;
- **un accès à l'eau non limitatif** permettant une production toute l'année au besoin ;
- **un espace suffisant pour les zones de cuisson et de stockage du combustible** avec un niveau de protection satisfaisant face aux intempéries ou au risque de vol ;
- **un foncier sécurisé** (bail formel à long terme ou propriété de l'équipe gérante).

3.2.3. Le développement technologique des équipements biomasse-énergie

Même si la tendance en cuisson propre est de faciliter le recours à des énergies dites « propres » et « standardisées » (électricité, éthanol, biogaz, GPL), avec généralement des équipements de

cuisson importés, le recours à la biomasse-énergie demeure toujours une option très compétitive sur tous les plans maîtrisée économiquement et amortissant les aléas géopolitiques.



La biomasse-énergie avec un usage moderne et performant (combustion propre, gestion durable de l'approvisionnement, haut rendement énergétique) s'avère très pertinente sur le plan environnemental et **reste l'énergie la plus créatrice d'emplois, notamment en zone rurale**. Il est prépondérant que porteurs de projets, institutions nationales et bailleurs aient un regard plus objectif sur cette énergie locale.

L'enjeu est donc, pour des contextes d'usage sans alternatives économiquement compétitives, de faciliter l'appropriation technologique par les équipementiers locaux, les centres de formation-démonstration si existants, les technicien·nes du secteur pour s'orienter vers une cuisson biomasse-énergie propre.

Des éléments techniques de compréhension sont fournis en annexe 2. Sans entrer dans les détails des performances et durabilités minimales de la cuisson propre, il est primordial de prendre systématiquement en **compte les sauts technologiques**³⁵ pour les équipementiers et **les besoins d'investissement et de rigueur**

dans le bon usage et l'entretien-maintenance pour le site d'activité de cuisson. L'écart est en effet important entre une solution, quasiment sans investissement, proche du « trois pierres » et un équipement de niveau minimal (« tier ») 3 répondant aux exigences qualitatives correspondantes.

- Pour les équipementiers, il s'agit de respecter précisément les plans de conception et d'exécution, de maîtriser le recours à des matériaux isolants et/ou réfractaires et les spécificités des entrées d'air, de l'extraction des fumées, etc., pour garantir performances et durabilité des équipements afin d'entrer dans la catégorie cuisson propre.
- Pour les responsables de sites, il s'agit de s'assurer du respect des procédures d'usage et d'entretien par les opérateur·rices, de saisir l'importance du stockage et du conditionnement du bois combustible et d'investir dans un abri de qualité (combustibles et zone de cuisson, au minimum).

35 - Un « saut technologique », ou « technology leapfrogging » en anglais, désigne un cas de figure dans lequel une population (ici un équipementier) adopte directement une technologie mature, sans passer par les technologies intermédiaires ou transitionnelles qui peuvent exister. L'exemple typique est l'adoption de la téléphonie mobile en Afrique subsaharienne, sans passer par le déploiement de lignes fixes.

Photo : © Hanny-G Investment

A. Les bonnes pratiques (choix des sites vitrines et des démonstrateurs)



Site vitrine : la contractualisation

Une fois identifiés le ou les sites pilotes qui respectent les critères objectifs de sélection listés en 3.2., il est très important de contractualiser les engagements mutuels du responsable du site et de la structure porteuse. Pour donner plus de poids à

cette contractualisation, on peut rechercher une cosignature par des autorités locales ou des représentant-es d'une fédération régionale ou nationale de la filière concernée, etc.



Démonstrateur : le prix de la qualité et de la durabilité

Il est recommandé, dès la phase pilote, de **faire le choix de la qualité pour les parties critiques** (chambre de combustion, zone d'échange thermique) afin de garantir une certaine durabilité et de valider le design et les performances du démonstrateur (prototype). Un travail pourra ensuite être mené pour diminuer les coûts par le recours maximisé à des solutions à base de matériaux locaux (éléments réfractaires, isolants, parties métalliques, etc.). Le coût des équipements de cuisson en phase de large diffusion sera sensiblement réduit par rapport à celui de la phase de prototypage-démonstration (de 30 à 50 % en général).

Dans certains cas, il n'existe pas de technologie de cuisson propre à coût rentable (temps de retour sur investissement cohérent avec l'activité). Seule, une nouvelle organisation (regroupement) et l'accès à un marché plus rémunérateur permettent de viabiliser une solution technologique suffisamment performante.

Passer d'un fonctionnement « à trois pierres » ou équivalent dit « amélioré » à un équipement avec une combustion de bonne qualité, un rendement minimal de 30 %, une évacuation par un conduit de fumée hors de la zone de travail, sans rayonnement thermique excessif vers l'opérateur-ice, avec une tenue des matériaux et une continuité des performances dans le temps, **nécessite un investissement financier difficilement compressible**.



Disposer d'un temps suffisant pour aller jusqu'à la validation

Il ne faut surtout pas sous-estimer le temps et les moyens nécessaires pour

passer d'un cahier des charges à un équipement validé prêt à être diffusé.

Un équipement « **validé** » est un équipement :

- ayant atteint les performances techniques visées ;
- dont la construction est maîtrisée par les constructeurs-installateurs locaux ;
- dont l'usage et l'entretien en situation réelle ont été intégrés par les opérateurs ;
- dont la tenue des matériaux sur un nombre de cycles de production important pendant 1 à 2 ans au minimum a été conforme aux attentes.

C'est par conséquent **un processus long** qui demande en moyenne deux ou trois versions de démonstrateurs à tester en conditions réelles avant d'aboutir à un modèle prêt à être diffusé. Plusieurs phases de conception, construction et tests en conditions réelles se suivent pour arriver à un compromis technologique satisfaisant (performances, robustesse, temps de retour sur investissement cohérent).

En conclusion, **avant de se lancer dans du développement technologique, il est important de vérifier l'adaptation des technologies existantes et, si ce n'est pas le cas, d'avoir pris conscience des efforts, des moyens et du temps nécessaires pour aboutir au résultat escompté.**

B. Les écueils à éviter



Choix des sites vitrines : une tendance à ajouter des difficultés inutiles

Dans une optique de « ne laisser personne de côté », certaines structures porteuses veulent prouver, dès cette phase pilote, leur capacité à réussir dans les environnements les plus contraignants (fort éloignement, voire une très faible accessibilité durant certaines périodes de l'année, per-

sonnes ciblées peu familières des partenariats de ce type et du respect des engagements contractualisés, etc.), créant des difficultés supplémentaires. Outre un renchérissement des coûts logistiques, ce sont autant de risques d'échec supplémentaires.



Choix des sites vitrines : l'abri trop souvent négligé

Beaucoup de sites de démonstration ne disposent pas d'un espace de stockage suffisant (combustible, MP, PF, etc.) ni d'un abri hors d'eau pour les équipements de cuisson. Exposés aux intempéries, leur dégradation est fortement accélérée (cas fréquemment rencontré sur le terrain). Ce qui n'a pas d'importance pour un foyer « à trois pierres » (coût nul à l'extérieur, quasi indestructible) est crucial pour un équipement assemblé avec des parties métalliques ou maçonnées et une chambre de combustion non prévue pour résister à des infiltrations d'eau.

Le budget défini initialement par site pilote est souvent sous-estimé, généralement chiffré selon le seul coût des équipements de cuisson. **L'absence d'abri ou d'une zone de cuisson de qualité a été très souvent observée**, car trop rarement budgétée et souvent difficile à financer par les bénéficiaires les plus défavorisés.



Démonstrateur : perturbation du processus d'appropriation technologique

Un écueil souvent rencontré à ce stade est un mauvais positionnement de la structure porteuse dans la relation entre l'expert concepteur-constructeur et l'équipementier. Certaines structures **imposent des choix technologiques ou de matériaux avec des préconçus sur les capacités de construction des équipementiers locaux**.

Il est conseillé de ne pas positionner de personnes intermédiaires entre l'expert concepteur-constructeur et les équipementiers locaux. On recommande de laisser la **sélection finale du ou des équipementiers** (pré-identifiés par la structure porteuse), qui seront retenus pour le chantier de construction, à l'expert constructeur, sur la seule base de critères techniques objectifs.

C. Les outils à utiliser



L'établissement du cahier des charges (CDC)

Le cahier des charges de l'équipement (à adapter au contexte ou à développer) reprend les éléments principaux de conception d'un équipement de cuisson propre et durable avec un objectif de durée de vie entre 5 et 10 ans sans grosse réparation tout en conservant ses performances initiales.

- Pour la biomasse-énergie, le choix des combustibles envisagés (essences de bois, agrorésidus) a été établi de façon à rester dans les principes d'une combustion propre (même plage de comportement au feu) comme explicité en [annexe 2](#).
- Le CDC listera les **performances attendues** :
 - capacité de production, débit vapeur ou quantité d'aliments à cuire (en lien avec la taille de la marmite) ;
 - rendement énergétique et/ou consommation spécifique attendus.
- Cela permettra au concepteur de calculer la puissance à fournir (débit combustible suivant les rendements énergétiques connus) et de dimensionner la chambre de combustion correspondante en fonction de son savoir-faire.
- Les contraintes de diffusion et d'installation et la disponibilité de matériaux spécifiques dicteront les modalités de construction et d'installation les plus appropriées en anticipant la phase de large diffusion, s'il y a lieu : un modèle clé en main, assemblé ou maçonné sur place, fixe ou mobile, etc.
- Le respect d'une norme existante ou à venir devra être pris en compte (arrêté local en attente de norme nationale). Par exemple, concernant les émissions relâ-

chées dans le voisinage (hors zone de travail, bien entendu), les contraintes seront généralement bien plus fortes en zone urbanisée qu'en zone rurale éloignée.

- La qualité recherchée dans le productif nécessitera une expertise complémentaire en agroalimentaire, influençant les conditions d'échanges thermiques, les températures minimales ou à ne pas dépasser, les durées de cuisson, etc.
- L'adaptation à l'opérateur-riche commandera des simplifications, des réglages prédéfinis, l'absence de porte d'enfournement si risque de mauvais usage. Il s'agira d'effectuer des **compromis entre performances et réalités d'usage** dans le contrôle de la qualité de combustion et/ou de la puissance. **Pour des activités à l'échelle familiale ou au sein d'institutions, ce critère est prépondérant.**
- S'ajouteront aussi une série de paramètres propres à l'usage spécifique de l'équipement (praticité, ergonomie, sécurité, entretien, etc.).
- Le possible recours à une électricité fiable et de puissance adaptée sera un élément à prendre en compte pour le design final (tirage assisté, alimentation automatique, allumage automatique, etc.).



Exemple cahier des charges alambic pour la distillation de feuilles de giroflier (contexte PME favorable)

- **Adaptabilité** : contexte entreprise bien organisée, capacité à suivre les consignes d'usage (porte chargement, entrées d'air, contrôle température sortie bas de conduit de fumée, entretien régulier, etc.)
- **Électricité** : non disponible
- **Puissance fournie** : environ 45 kW, rendement mini 60 %, soit débit vapeur autour 0,8 L/mn
- **Qualité combustion (bois bûche)** : très bonne, niveau 4 ou 5 pour le CO sur émissions totales
- **Conception métallique boulonnée** : démontable pour gros entretien annuel
- **Chambre de combustion avec intérieur briqueté** : à très longue durée de vie en briques réfractaires locales, adaptée au bois de longueur 50 cm, diamètre max 8 cm
- **Grille robuste** : longue durée de vie
- **Conduit de fumées** : hauteur d'environ 5 m, évacuation hors zone de travail au-dessus de la toiture
- **Bouilleur en aluminium** : avec tubes échangeurs standards (savoir-faire local en soudure)
- **Trappe de visite** : pour entretien simplifié des tubes
- **Cuve** : 90 cm de diamètre, hauteur 100 cm
- **Contrôle de niveau d'eau**
- **Tube de vidange** : avec système de fermeture simple en tout ou rien (construction locale)

Il s'agit d'un cahier des charges déjà assez avancé sur la base des savoir-faire des ateliers contractés. Les données de performances attendues sont précisées. Il est alors possible de passer à la phase de conception.



Le besoin de mobilité pour les vendeur·euses de rue



Une filière ancestrale source de revenus pour les femmes rurales à préserver

Certaines activités commerciales nécessitent une mobilité de l'équipement de cuisson. C'est le cas par exemple des vendeur·euses de rue.

Dans les villes du sud du Bénin, ce sont environ 3 000 vendeuses de beignets de niébé qui transforment chaque semaine environ 60 tonnes de cette légumineuse locale.

Les beignets sont frits dans un bain d'huile chauffé par des foyers à charbon de bois à faible rendement énergétique (à partir d'une jante de roue de voiture).

Les vendeuses se positionnent en bord de route sur les lieux de forte fréquentation.

Dans le cadre d'un projet de recherche appliquée associant plusieurs instituts de recherche (IRD, CIRAD, Laboratoire des sciences alimentaires de l'Université d'Abomey-Calavi), le « Niebétruck » a été développé sur la base de la technologie de cuisson d'Atingan³⁶.



Photos : © CIRAD



Que retenir de cette étude de cas ?

Une meilleure maîtrise de la puissance du cuiseur leur permet d'améliorer la qualité nutritionnelle des beignets avec une absorption réduite de l'huile de friture, mais aussi de respecter le besoin de mobilité des cuisinières.

36 - Atingan Solution SA, entreprise béninoise, a développé un modèle de cuiseur performant sur la base de coques de noix de palmiste carbonisées.



Bilan et scénarios tendanciels

À ce stade, les sites pilotes ont permis de collecter l'ensemble des données nécessaires pour préparer la phase de large diffusion (éléments financiers, besoins d'accompagnement après installation, logistique nécessaire notamment pour les éléments à importer au besoin, les équipementiers à solliciter, voire à renforcer pour passer à l'échelle, etc.).

Idéalement, une **évaluation externe** a mis en relief les points pertinents de la solution proposée face aux autres options et a estimé le potentiel de déploiement (institutions, filière de transformation agroalimentaire, restaurants, etc.). Pour la structure porteuse, c'est déjà un réel aboutissement d'avoir réussi à démontrer le bien-fondé d'une alternative de cuisson propre à fort potentiel dans le territoire et le secteur d'intervention visés.

Afin d'augmenter l'intérêt d'une diffusion et de convaincre des partenaires techniques et financiers éventuels, il est recommandé d'effectuer une analyse d'impact, un comparatif entre le scénario tendanciel défini durant la phase de diagnostic et le scénario avec la proposition de diffusion de la nouvelle solution de cuisson propre.

D'autre part, une analyse comparative de type grille multicritère avec les solutions existantes à l'échelle nationale peut aussi être bienvenue. En effet, il est possible d'utiliser ce type d'outil d'aide à la décision pour comparer objectivement les filières concernant les impacts en matière de développement durable à l'échelle d'un pays. Ce qui revient à se demander : comment se positionne la nouvelle solution de cuisson propre ? Quel intérêt à l'échelle du pays en incluant l'effet sur le climat ? Quelle valeur ajoutée dans l'économie nationale ? Quelle création d'emplois ? Etc.

Prenons l'exemple de cette analyse faite en 2024 au Bénin. On a noté, sur une échelle de 1 à 4, sans pondération, une liste de huit critères pour comparer les filières de production-commercialisation de

solutions de cuisson pour le besoin des restaurants. Les notes ont été définies en comparant les données objectives obtenues pour chaque critère. On obtient le tableau récapitulatif suivant.

Figure 13 – Exemple d'analyse comparative entre les filières de production-commercialisation (contexte restaurant urbain, Sud Bénin, 2024)

	Intérêt éco*	facilité usage	impact sanitaire	valeur ajoutée**	emplois créés	environ. local	GES	rdt éner. global	Note sur 20
Charbon de bois – cuiseur traditionnel	2	2	2	3	4	1	1	1	9
Charbon de bois – cuiseur performant	3	2	3	3	3	2	2	2	12
GPL – brûleur standard	1	4	3	2	2	4	3	2	14
Électricité – autocuiseur performant	2	4	4	2	2	4	3	3	15
Coques carbonisées – technologie Atingan	4	4	3	4	3	4	4	2	18
Granulé de bois – cuiseur performant	3	4	3	3	3	4	4	4	18

Éléments de compréhension : GPL, notation d'après calcul des GES et du rendement énergétique global en partant de la source à l'usage final, d'après « Comparative analysis of cooking fuels » (CCA, 2016) ; électricité, prise en compte du prix et du taux de CO₂/kWh électrique élevés dans le contexte béninois ; Atingan Solution SA est un équipementier béninois ayant développé un modèle de cuiseur de coque de noix de palmiste carbonisée très performant. * Intérêt économique pour l'établissement concerné (restaurant, dans ce cas), ** valeur ajoutée dans l'économie locale par installation (avec la production et la commercialisation de l'équipement et du combustible).

On peut ainsi comprendre pourquoi une forte pondération fondée seulement sur la facilité d'usage ou l'impact sanitaire fausserait une analyse exhaustive des impacts

des filières de production-commercialisation de solutions de cuisson propre à l'échelle d'un pays.

* Intérêt économique pour l'établissement concerné (restaurant, dans ce cas).
 ** valeur ajoutée dans l'économie locale par installation (avec la production et la commercialisation de l'équipement et du combustible).

3.3. Prendre en compte les dimensions de genre et d'inclusion à cette étape

La phase de conception doit prendre en compte, dans la mesure du possible, une situation qui serait au départ discriminante pour certaines populations.

Par exemple, une nouvelle solution de cuisson permettant de réduire le temps d'usage (fin d'une présence nécessaire pendant la nuit) ou la pénibilité de la manutention (fin de besoin de force musculaire pour le fendage ou la manipulation des bûches et le déplacement de poids très lourds) permet à une population féminine, jusque-là non représentée, d'accéder à une nouvelle activité économique.

On parle aussi de « co-conception » intégrant, dès l'élaboration du cahier des charges et des premiers essais de prototypes, les opérateur·rices et les équipes de construction pour prendre en compte les aspects ergonomiques, d'accessibilité, les savoir-faire dans les procédés de transformation agroalimentaire, etc.

Pour lever toute réticence d'une population auparavant exclue d'un type d'activité économique, des visites de sites dans d'autres régions où la nouvelle solution de cuisson propre plus inclusive a été adoptée sont conseillées.



3.4. Aller plus loin

Voir l'[annexe 2](#)

ÉTAPE 4 :

Le passage à l'échelle

4.1. L'essentiel

L'étape de large diffusion, dite de « passage à l'échelle », ne doit pas être sous-estimée. Les compétences à réunir vont s'accroître pour :

- assurer la promotion vers les utilisateurs et utilisatrices potentiel·les, ainsi que le plaidoyer auprès des autorités locales et nationales ;
- définir les mécanismes financiers pour faciliter l'acquisition ;
- structurer le volet production et/ou distribution ;

- élaborer les procédures durables d'accompagnement à l'usage et au SAV ;
- mettre sur pied les outils de suivi de diffusion.

Avant de rentrer dans le détail des outils et mécanismes fréquemment utilisés à cette étape, il est intéressant de prendre un peu de recul et de définir les approches possibles (options) selon les capacités opérationnelles de la structure porteuse sur son territoire d'intervention.

4.2. Mettre en œuvre l'activité : définir son intervention

Nous avons identifié quatre options possibles pour les structures porteuses.

Option 1 : S'impliquer malgré une faible capacité opérationnelle

Une organisation avec des moyens financiers et humains réduits mais souhaitant **s'investir dans une dynamique en cours sur la cuisson propre** peut tout à fait s'impliquer de

manière efficiente à l'échelle de sa zone d'intervention. Connaissant les forces et les faiblesses de ce territoire, elle peut identifier les points de blocage à lever.



Pallier un manque d'information

Parfois, il s'agit juste d'un manque d'informations, par exemple, concernant l'accès à une aide à l'acquisition d'une solution de cuisson propre (mécanisme de subvention ou de prêt préférentiel en place, connaissance d'une technologie existante à l'échelle nationale parfaitement adaptée mais encore non présente localement,

etc.). La structure porteuse peut **apporter une analyse technique et/ou économique** pour valider l'intérêt de la solution de cuisson propre envisagée et chercher les informations nécessaires pour permettre un choix éclairé (faciliter la visite d'installations similaires, par exemple).



Faciliter la formation, la montée en compétences

Prenons le cas d'équipementiers ou d'installateurs locaux ne disposant pas actuellement du savoir-faire spécifique à une technologie de cuisson propre en cours de diffusion à l'échelle nationale. Financer une formation et l'acquisition de ce nou-

veau savoir constructif permettra d'inscrire son territoire d'intervention dans la dynamique de diffusion nationale (installation biogaz, cuiseurs biomasse performants, installation électrique pour cuiseurs de grande capacité, etc.).



Faciliter l'acquisition

Il est souvent difficile d'avoir accès à un crédit d'acquisition à un taux préférentiel ou de justifier des garanties nécessaires pour une activité en petit productif ou une institution ayant de faibles moyens finan-

ciers. La structure d'appui peut **faciliter le montage du dossier financier**, apporter une garantie, mettre en place une modalité de paiement par tranches, etc.



Faciliter l'adoption à long terme

C'est peut-être dans ce rôle d'accompagnement, de **relais local à de grands programmes de diffusion**, que la structure porteuse est la plus pertinente. En effet, les moyens financiers sont généralement pourvus pour faciliter l'acquisition et l'installation de solutions de cuisson propre. Cependant, les grands programmes de diffusion ne sont pas toujours dotés d'une capacité de suivi après l'installation, notamment auprès des institutions.

Les structures porteuses peuvent mettre en place des relais locaux pour accompagner efficacement dès la réception des travaux, par un suivi régulier, la mise en place d'un outil financier pour assurer l'entretien et la maintenance de l'installation et la formation continue des opératrices, garantir les réparations d'urgence pour une continuité du service de cuisson propre, faciliter l'animation d'un comité de suivi dédié, etc. C'est à cette condition que les larges programmes de diffusion auront un impact sur la durée.

Option 2 : Passer le relais : l'appropriation locale

Ce cas de figure se présente souvent **à la suite d'un travail technologique par une organisation spécialisée qui est allée jusqu'au bout de la démonstration de la pertinence d'une solution de cuisson propre** (équipementiers et installateurs formés, sites vitrines opérationnels, évaluation technique et économique externe validant l'intérêt de la solution choisie).

Dans certains cas, cette organisation ne dispose ni de la compétence spécifique pour faciliter une large diffusion ni de la capacité opérationnelle pour cela (moyens financiers et humains correspondants). Elle peut aussi décider que son travail s'arrête à l'étape de la démonstration et qu'une structure dédiée prend en charge cette dissémination, ou que la solution de cuisson propre concernée soit intégrée dans la liste des équipements retenus dans le cadre d'un programme de large diffusion à l'échelle du ou des pays d'intervention.



Approche du programme BioStar du CIRAD en Afrique de l'Ouest – 2020-2026

Depuis 2020, le CIRAD coordonne un projet de recherche-développement, financé par l'Union européenne et l'AFD, visant à développer et à mettre en œuvre des solutions bio-énergie durables et adaptées au contexte africain. Les innovations développées, en collaboration avec des équipementiers locaux, permettent aux PME agroalimentaires d'utiliser leurs propres résidus de transformation pour produire l'énergie dont elles ont besoin. Au total, près de 40 équipements ont ainsi été déployés sur les sites de 17 PME partenaires. Les pays d'implantation sont le Sénégal et le Burkina Faso, et les échanges sont facilités avec le Mali, le Niger et la Côte d'Ivoire pour une dissémination des innovations à l'échelle sous-régionale.

Plusieurs innovations ont passé le stade des démonstrateurs et ont déjà fait l'objet de commandes auprès d'équipementiers locaux. On peut citer le cas des équipements suivants :

- torréfacteur d'arachide (combustible coques d'arachide en vrac) ;
- étuveuse d'anacarde (noix de cajou) pour petits groupements (combustible coques d'anacarde) ;
- torréfacteur d'amandes de karité (combustible boues de barattage, tourteaux de pressage).



Torréfacteur d'arachide



Étuveuse d'anacarde



Torréfacteur de karité

Photos : © CIRAD – BioStar – Thierry Ferre – Alexandre Parfait Sannou

Pour préparer la diffusion de ces équipements, outre la poursuite du travail de recherche-développement, le CIRAD et ses partenaires ont mis en place plusieurs actions :

- études de marché et analyse économique ;
- accompagnement au développement et à la structuration d'un secteur bioénergie aux échelles nationales ;
- prise de contact avec des structures spécialisées dans l'accompagnement des entreprises émergentes en production d'équipements.

Ces études de marché sur le potentiel de réplication des équipements vont permettre d'intéresser d'éventuels investisseurs et institutionnels afin de faciliter le passage à l'échelle et d'accompagner les équipementiers pour se lancer dans une production dédiée. Joël Blin, coordinateur du projet BioStar, tient à souligner toutefois que les transformations agroalimentaires fluctuent fortement d'une année sur l'autre en fonction des récoltes et de l'évolution des marchés nationaux et/ou à l'export. Ces fluctuations impactent le potentiel marché de développement d'équipements bioénergie et rendent difficile l'anticipation des retours sur investissement pour l'achat de ces équipements.

Pour s'assurer de la diffusion des technologies, des dossiers d'ingénierie ont été conçus pour chaque équipement et sont diffusés en accès libre (open source). En outre, des ateliers dits « de réplication » sont mis en place afin de former de nouveaux équipementiers et pour que ces savoir-faire soient largement partagés.



Que retenir de cette étude de cas ?

Pour lever certains points de blocage (accéder à des matériaux spécifiques, mener des achats groupés, négocier une exemption de taxe auprès du gouvernement, conduire des activités de plaidoyer, etc.), le projet BioStar a accompagné la structuration des acteurs bioénergie dans chaque pays d'intervention. Au Burkina Faso, une association a ainsi vu le jour, dénommée AFBIO-BF (Association des fournisseurs en bioénergie du Burkina Faso), reconnue officiellement, apte à promouvoir son secteur d'activité et à répliquer les équipements développés.



Exemple Lytefire : un modèle similaire à une microfranchise

Lytefire est une entreprise à caractère social, basée en Finlande, qui propose un modèle de diffusion similaire à une microfranchise pour faciliter la diffusion de sa technologie de four solaire. Après la phase démonstration dans plusieurs pays, prouvant le bon fonctionnement et l'intérêt économique de boulangeries solaires s'appuyant sur un budget énergie très compétitif comparé aux boulangeries traditionnelles, Lytefire ne s'implique pas directement dans l'implantation de tels sites d'activité.

Sa rémunération ne provient pas d'un pourcentage sur le bénéfice réalisé, contrairement au cas d'une franchise. Cependant, elle reste très attentive à la réussite économique des installations. L'entreprise finlandaise se positionne surtout en appui, en fournissant des formations sur site ou à distance, en donnant l'accès aux plans de construction par le biais de licences, en favorisant l'appropriation avec des adaptations techniques, commerciales ou managériales très variées (écoles, entrepreneurs individuels, centres de formation pour jeunes, structures d'accès à l'emploi).



Joan Arwa, entrepreneuse très dynamique au Kenya (Kisumu), gère 2 boulangeries solaires

Photos : © Lytefire



Technologie Lytefire : four solaire à concentrateur, appoint charbon de bois si besoin



Que retenir de cette étude de cas ?

Généralement, ce sont des relais associatifs ou d'encadrement locaux qui facilitent la phase de lancement (acquisition, accompagnement initial). Lytefire encourage un échange de bonnes pratiques à travers un réseau international d'utilisateur·rices de sa technologie, ce qui incite à des initiatives nouvelles en matière d'adaptation ou de nouveaux modes d'exploitation des fours solaires en fonction du contexte d'usage.

Option 3 : Permettre l'émergence d'une structure dédiée à la diffusion

La phase pilote peut aussi être l'opportunité de **faire émerger une structure privée apte à intégrer la nouvelle technologie** dans un modèle de dissémination à terme viable économiquement. Cette structure devra aussi avoir la capacité d'intervenir de manière efficiente sur la promotion, la distribution, l'installation et l'accompagnement financier, si besoin, pour l'acquisition et s'assurer de l'adoption à long terme. Ce sera elle qui coordonnera la production de l'équipement de cuisson par des équipe-

mentiers, son installation dans les meilleures conditions et son usage efficient à long terme. Pour qualifier une telle structure, on parle d'« **agrégateur** ».

Nous allons présenter trois exemples d'entreprises privées dédiées à la diffusion de solutions de cuisson propre rencontrées en Ouganda et au Rwanda et lors de la mission exploratoire.



Exemple Simoshi Limited

Simoshi Ltd fondée en 2016 par Virginia Echavarria, spécialiste de la finance carbone, vise à accompagner vers une cuisson propre 450 écoles (340 000 élèves) à terme en Ouganda.



Photos : © Simoshi Limited

En 2025, 200 écoles sont déjà accompagnées avec 600 cuiseurs biomasse améliorés, modèle UGASTOVE mobile d'une capacité entre 30 et 600 L. Leur durée de vie est estimée autour de 10 ans.

La sélection des écoles se fait en fonction d'une **proximité géographique de l'équipe de maintenance** (120 km maximum) pour garantir une intervention (installation ou réparation-maintenance) dans la journée pour limiter les coûts.

Pour faciliter la large diffusion de cet équipement, Simoshi Ltd prend en charge la totalité de la maintenance sur une dizaine d'années et une grande partie des coûts d'acquisition

Capacité en L	Quantité diffusée
30	52
50	117
100	65
150	76
200	59
250	39
300	18
350	15
400	7
450	1
500	1
600	2
TOTAL	452

(environ les $\frac{3}{4}$) par le biais de la finance carbone. Chaque école réduit ainsi par deux sa consommation en bois, ce qui représente en moyenne 90 tonnes de CO₂ économisés par an. Les crédits « carbone » générés permettent ainsi de financer le modèle économique de diffusion de cette technologie produite localement.

Un contrat est établi directement avec l'école pour clarifier les engagements de chacun. Les écoles s'engagent à mettre à disposition un personnel qui sera formé au bon usage du cuiseur (formation fournie par Simoshi Ltd), à pratiquer un approvisionnement en bois qualitatif (calibrage, stockage et séchage). Simoshi Ltd s'engage sur un suivi trimestriel pour la maintenance. Pour des raisons d'autonomie décisionnelle, de respect des engagements et de rapidité de contractualisation, les écoles privées sont souvent impliquées dans ce type de projets (situation fréquemment identifiée pour les interventions dans les écoles).



Que retenir de cette étude de cas ?

Ici est mis en avant un modèle de diffusion s'appuyant en grande partie sur la finance carbone (savoir-faire professionnel de la responsable de l'entreprise), mais pas spécifiquement sur une technologie. La solution de cuisson propre choisie initialement est facile à déployer (peu de changement dans l'organisation de l'école et faible investissement) tout en permettant une forte réduction de combustible (équipement initial très rustique proche du modèle « à trois pierres »).

Toutefois, Simoshi Ltd étudie actuellement la possibilité de passer à la cuisson électrique avec une analyse des coûts d'usage en contexte réel. Une des écoles accompagnées vient de réaliser une transition réussie (techniquement et économiquement) vers la cuisson par induction. À noter que l'intensité carbone de l'électricité en Ouganda est l'une des plus faibles d'Afrique grâce à la prépondérance de l'énergie hydraulique, autour de 60 g CO₂/kWhe.



ECOCA East Africa Limited

ECOCA East Africa Ltd est une entreprise privée proposant une solution de cuisson propre électrique pour les ménages et les écoles. Le design des équipements (batteries, onduleurs, certains cuiseurs) a été réalisé par Pesitho (entreprise danoise), les composants sont produits en Chine et assemblés en Ouganda (Lokopio Innovation Center).

En Ouganda, l'entreprise a équipé à ce jour cinq écoles en solutions hors réseau ou connectées au réseau électrique national. Toutefois, la solution de cuisson électrique sur réseau électrique semble être l'option la plus pertinente (montage financier facilité par un investissement initial moins important) pour une large diffusion de la technologie, comme c'est le cas en Tanzanie où elle intervient aussi.



Ecole Buddo Parents Academy, panneaux photovoltaïques et capteurs thermiques (production d'eau chaude)



Parc de batteries, autonomie pour faire face à une journée sans aucun apport solaire

L'audit énergétique initial permet de spécifier les besoins en eau chaude, en cuisson (suivant l'âge des élèves, le nombre de repas par jour, le type de repas). Dans l'école visitée, l'eau chaude stockée dans un ballon de 3 m³ permet de réduire sensiblement les besoins énergétiques pour la cuisson. Une pièce sécurisée est nécessaire pour le parc de batteries.



Photos : © Jean-François Rozis

La facilité d'usage et une certaine robustesse ont orienté vers des cuiseurs produits en Chine.

Le réglage de la puissance par paliers de 500 W permet un ajustement du maintien au chaud à une ébullition rapide. Les modèles ici sont autour de 200 L de capacité, pouvant aller jusqu'à 500 L.

À la suite de l'audit, quatre cuiseurs de différentes capacités et fonctions (cuisson du riz, bouillie du petit déjeuner, cuisson des haricots rouges, production d'eau chaude, friture...) ont été installés dans cette école (Buddo Parents Academy).

Pour faciliter l'appropriation par les cuisinier-ères, un véritable accompagnement est fourni en phase initiale, avec une semaine de présence pour tester les différentes préparations et ajuster les réglages. La seconde semaine est laissée en autonomie. Un suivi sur la troisième semaine est réalisé pour valider la prise en main.

Une subvention à hauteur de 50 % du coût de l'intervention a été apportée par un fonds dédié, le reste a été pris en charge par l'école.

Un contrat de maintenance est signé pour environ 1 400 € par an, incluant une visite technique et de maintenance tous les 4 mois. Cette charge demeure bien inférieure aux coûts du bois qui s'élevait à 5 000 à 6 000 € par an. Le temps de retour sur investissement est de 5 ans environ, d'après le responsable d'ECOCA East Africa Ltd (Ronald Kaweesa).



Que retenir de cette étude de cas ?

Le choix de la cuisson électrique est un choix central dans la stratégie d'ECOCA East Africa Ltd, incluant des équipements robustes, un dimensionnement rigoureux, un accompagnement initial au bon usage, un suivi à distance et une maintenance régulière.

À noter que le gouvernement ougandais s'implique par la non-taxation des panneaux solaires, du ballon de stockage de l'eau chaude, des batteries, de l'onduleur. Pour le moment, les cuiseurs électriques ne sont pas concernés, mais une directive est en préparation.



Exemple BioMassters au Rwanda

BioMassters est une entreprise privée à caractère social, reconnue pour avoir implanté un modèle unique de **société de services énergétiques** pour les ménages rwandais fondée sur la technologie des cuiseurs de type microgazéificateur (marque Mimi Moto) utilisant les granulés de bois d'eucalyptus. Elle met à disposition des ménages un ou deux cuiseurs selon la taille du foyer et assure un service client de très haute qualité, livrant à domicile les sacs de granulés.

La viabilité économique du modèle repose sur un coût maîtrisé du granulé de biomasse renouvelable (unité de granulation de type industriel à 10 tonnes par jour) avec un complément issu de la finance carbone.

LIVRAISON PAR MOTO ÉLECTRIQUE (RENDUE OBLIGATOIRE PAR LA RÉGLEMENTATION CONCERNANT LES MOTOCYCLES NEUFS À USAGE PROFESSIONNEL À KIGALI)



CUISEUR GRANULÉS DE NIVEAU 4 (PERFORMANCES ET ÉMISSIONS), TECHNOLOGIE HOLLANDAISE, CONSTRUCTION CHINOISE.

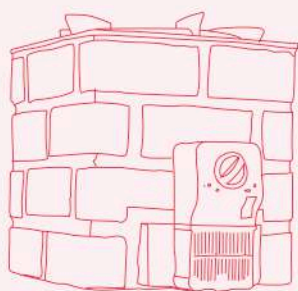
Concernant le productif et l'institutionnel, BioMassters déploie une nouvelle approche toujours fondée sur l'usage de granulés de bois (sciure d'eucalyptus) produits au Rwanda.



Restaurant avec table de cuisson constituée de plusieurs kits Mimi Moto. Photo : © BioMassters

Restaurants

Environ une quarantaine de restaurants à Kigali s'approvisionnent en granulés auprès de BioMassters. Il existe un modèle clé en main, mais certains ont préféré l'option à installer à partir d'un kit composé de la chambre de combustion et du système de ventilation à insérer dans un bâti maçonné.



KIT MIMI MOTO CHAMBRE DE COMBUSTION ET SYSTÈME DE VENTILATION INSÉRÉ DANS UN ENSEMBLE MAÇONNÉ (DÉMONSTRATEUR)

Conçue pour proposer une alternative à l'usage du charbon de bois, la solution « granulé » s'est aussi avérée très compétitive par rapport au GPL, tant sur le prix que sur la qualité du service rendu. Avec un prix de 0,2 €/kg de granulé et de 1 €/kg de GPL, et un rendement énergétique proche de 50 % pour les deux solutions, on arrive à **0,09 €/kWh utile pour le granulé, contre 0,16 €/kWh pour le GPL** (le contenu énergétique du granulé est de 4,6 kWh/kg et celui du GPL de 12,5 kWh/kg).

Ce simple calcul du kilowattheure utile (cf. figure 9) permet de comprendre pourquoi certains restaurateurs ont abandonné l'usage du GPL au profit du granulé de bois durable.

Cantines scolaires

Un test est en cours pour les écoles, avec un brûleur granulé à alimentation automatique (produit en Pologne, marque Kippi) positionné en dessous des marmites dans des cuiseurs biomasse améliorés.



Brûleur reculé de sa position de fonctionnement pour visualiser la flamme

Photos : © BioMassters



Brûleur avec son alimentation en position de fonctionnement

Compte tenu du prix du bois par camion encore très bas, la compétitivité économique est atteinte si la rénovation de la chambre de combustion du cuiseur permet une forte réduction du besoin d'énergie (passer de 15 à 20 % à un rendement de 45 à 60 %).

D'autres avantages sont au rendez-vous : un stockage plus pratique du combustible (compacité de la solution « granulé »), une facilité d'usage (juste à appuyer sur « on », tout est préréglé : allumage, vitesse d'alimentation, durée de combustion d'après les allures de cuisson identifiées lors de l'installation), une combustion propre au sein de l'établissement, etc.

La particularité de BioMassters n'est pas seulement sa technologie spécifique d'équipement de cuisson (prévue pour être performante et peu émissive), mais aussi et surtout **sa capacité à proposer un combustible alternatif local compétitif et géré durablement.**



Que retenir de ces études de cas ?

Les points communs de ces trois entreprises sont la forte compétence technique et managériale et la capacité à intégrer des mécanismes financiers divers (bailleurs, finance carbone, financeurs à impact), à dialoguer avec les autorités locales et nationales. Actuellement, elles ont toutes une stratégie d'extension vers des pays à contextes similaires pour diffuser leur savoir-faire.

Faciliter l'émergence ou l'atterrissage de telles structures privées généralement à caractère social est donc une option extrêmement pertinente pour garantir une durabilité de la dynamique de diffusion.



Option 4 : Diffusion sur un territoire ou au sein d'une filière productive

Les approches territoriales sont souvent plébiscitées par les structures porteuses, en particulier celles intervenant de longue date sur une même zone et donc ayant acquis une bonne connaissance du contexte et des acteurs. D'autre part, les efforts

concentrés sur une zone bien délimitée accélèrent l'intérêt du passage à une solution de cuisson propre, notamment parmi les institutions ou une filière de production bien définie géographiquement.



Expérience d'Initiative Développement sur la filière distillation ylang-ylang aux Comores

Historique et contexte

Depuis 2013, l'ONG ID accompagne la filière de production des huiles essentielles d'ylang-ylang aux Comores. Dans un premier temps, elle a axé son action sur la réduction de la consommation en bois de feu, et, plus récemment, sur une structuration de filière équitable, compétitive et durable.

Figure 14 – Chaîne de valeur de la filière ylang-ylang aux Comores



Distillation fleurs d'ylang-ylang. Photo : © Initiative Développement

L'huile essentielle est échantillonnée pour un marché à l'export suivant la qualité (parfum haut de gamme, produits cosmétiques, savons).

En 2021 (étude filière de P. Johnson), on comptait 246 distillateurs sur les trois îles (150 à Anjouan), 300 techniciens manœuvre, 3 000 propriétaires d'ylanguiers, environ 10 000 cueilleuses.

Solution proposée et approche retenue

Le modèle d'alambic proposé, dénommé UDAFE 4.1 (unité de distillation à foyer économique), construit par un atelier de soudure local, dispose d'un foyer de combustion sur grille avec porte de chargement, d'un conduit de fumée pour le tirage et d'une plus grande surface d'échange apportée par des tubes de fumée traversant l'intérieur de la cuve de distillation en partie basse (rôle d'échangeur tubulaire).



Tubes échangeurs en bas de cuve de distillation



Ramonage des tubes échangeurs

Photo : © Jean-François Rozis

La conversion vers une autre énergie commerciale n'est une option viable économiquement que pour une échelle industrielle (10 % de la production).

Résultats obtenus sur le volet bois-énergie durable

Environ 120 distillateurs disposent d'un modèle amélioré.³⁷ L'atelier chargé de la construction et de l'installation-maintenance des UDAFE est autonome depuis 2018. Les acquéreurs paient 100 % du prix de l'équipement avec parfois le soutien des exportateurs, qui contribuent soit par don (cas rare), soit par préfinancement de l'équipement qui sera remboursé par l'achat régulier d'huile essentielle.

ID assure le contrôle qualité après installation avec mise en place d'un système de garantie et la formation des technicien-ne-s de distillation. En parallèle, diverses actions de reboisement ont été entreprises avec des structures locales partenaires pour peu à peu organiser une filière d'approvisionnement en bois-énergie pérenne.

37 - Évaluation du programme FY-DAFE 2 (avr. 2016 - mars 2019)



Que retenir de cette étude de cas ?

Un besoin d'engagement sur la durée : L'accompagnement de la phase pilote à la phase de diffusion et de structuration de la filière (en cours) a été rendu possible par plusieurs cycles de **financement sur la durée** (une dizaine d'années).

Une approche par la formation et le dialogue : On note aussi les **effets positifs des formations** à destination de plusieurs types d'acteurs de la filière, notamment auprès des plus vulnérables. Le dialogue entre les acteurs a été facilité **par une approche AOC-MS** (approche orientée changement appliquée à la mobilité sociale). Une **interprofession** a ainsi vu le jour. Dans ses statuts, une **place pour les femmes est clairement spécifiée à tous les niveaux des instances**.



Expérience ADES : Projet « Cuisines institutionnelles modulaires » à Madagascar

Historique

ADES a initialement concentré ses efforts de diffusion sur deux régions à Madagascar (Atsimo Andrefana et Haute Matsiatra) concernant l'accompagnement à la transition des cantines scolaires vers des solutions moins consommatrices en bois de feu.

Les avantages du concept commencent à être largement connus, et l'approche suscite beaucoup d'intérêt de la part de nouveaux établissements, notamment militaires. Un partenariat avec le PAM a débuté en 2024 sur trois sites pilotes et pourrait être étendu à l'ensemble du pays.

Ciblage des écoles

Le premier critère d'éligibilité est le nombre minimal d'élèves, à savoir au moins 70 élèves prenant un repas une fois par jour en semaine. Un autre critère est la disponibilité d'une source d'eau potable, car l'approvisionnement en eau ne fait pas partie du service fourni. Il est demandé une faible participation financière aux frais de construction, de l'ordre de 5 %, et l'acceptation des conditions de service après-vente après expiration de la garantie fixée à 3 ans. Le but d'ADES est d'assurer le bon fonctionnement des réalisations durant au moins 10 ans, en proposant un contrat de service après-vente au-delà de la garantie.

L'approche proposée

L'approche se décline comme suit :

- des prestataires de construction locaux sur la base d'une passation de marché préalable : les prestataires construisent la cuisine suivant le plan édifié par les techniciens d'ADES, qui assurent le suivi tout au long de la construction et également l'installation des kits solaires pour le chauffage d'eau (chantiers de 30-45 jours selon le type de cuisine) ;
- un modèle fixe avec conduit de fumée dénommé OLI-60b (cuseur à bois) adapté pour des marmites de 60 cm de diamètre insérées aux $\frac{3}{4}$ dans la zone de développement de la flamme. Ce modèle de cuseur correspond aux besoins de 50 à 100 élèves suivant le type de repas préparé ;
- un modèle de marmite norvégienne, « magic box », dispositif fortement isolé recueillant la marmite avec la préparation précuite (10 minutes après ébullition) et permettant de finir la cuisson. Idéal pour le riz, elle maintient, en outre, le repas chaud prêt à servir ;
- un capteur thermique solaire pour préchauffer l'eau de cuisson ;
- la formation des cuisinières et responsables, un manuel d'utilisation affiché dans la cuisine ;
- des suivis trimestriels pour les sites proches du lieu de travail des équipes ADES du projet, et semestriels pour les sites éloignés de plus d'une journée ;
- des remplacements de matériel, si nécessaire, selon les accords de partenariat entre ADES et l'établissement bénéficiaire ;
- la collecte régulière des données servant à évaluer la performance de chaque cuisine.



Photos : © ADES Madagascar

Résultats obtenus

Côté résultats, on note en premier lieu une forte économie de bois en fonction du panachage des trois solutions proposées : une économie autour de 50 % avec le modèle amélioré, encore 20 points de plus avec l'usage systématique de la marmite norvégienne (70 % d'économie) et jusqu'à 85 % d'économie avec l'eau chaude préchauffée par le capteur solaire.

Le gain de temps sur la durée de préparation des repas est estimé entre 30 et 50 %.

La zone de cuisson sans fumée réduit sensiblement les risques sanitaires de l'activité.



Que retenir de cette étude de cas ?

Il s'agit d'une approche sur mesure sur un territoire ciblé avec une dizaine d'installations par an. Le passage à plus large échelle est difficile à envisager, car il devient problématique actuellement d'obtenir des appuis financiers pour des solutions de cuisson propre utilisant la biomasse locale mais n'offrant pas une image de « modernité ».

L'utilisation d'un combustible alternatif ainsi qu'une reconnaissance au niveau national comme solution de cuisson propre faciliteraient grandement l'obtention de financements. La pérennité des résultats obtenus en début d'intervention dans une école réside dans **un suivi sur la durée, avec une formation continue du personnel, souvent renouvelé**. Sans cet accompagnement, les bonnes pratiques s'érodent.

A : Les bonnes pratiques pour le passage à l'échelle

D'après divers exemples de passage à l'échelle, il est possible de définir **quatre leviers** à actionner simultanément afin de

permettre une conversion généralisée à la cuisson propre dans les secteurs institutionnels ou du petit productif.



1. Susciter l'intérêt

Plusieurs sites pilotes existent et sont fonctionnels (cf. étape précédente dite « pilote »). Il s'agit donc d'**organiser des visites pour les décideurs locaux et nationaux, pour les potentiels bénéficiaires** (chefs d'établissement, gérants d'unités de production), et **pour les structures relais** pouvant faciliter la diffusion vers leur zone d'intervention.

Dans le cas d'une construction locale, les équipementiers et installateurs déjà formés sont autant de relais de promotion (intérêt direct). Il est pertinent d'encourager leur **participation à des foires d'exhibition** sur la cuisson propre. Tout support d'information, de sensibilisation, joue son rôle en

fonction du public visé (panneaux d'affichage, messages radio, journaux d'information, site web dédié, etc.).

Ici, un écosystème structuré, notamment avec une alliance nationale cuisson propre, servira de relais d'information, appuiera l'organisation d'événements dédiés. Certains secteurs commerciaux ou productifs disposent de représentations nationales (syndicat des restaurateur·rices, union des producteur·rices par filière, groupement des exportateurs d'huiles essentielles, etc.), autant de relais à contacter et à intégrer dans la dynamique de promotion.



Sensibilisation globalisée sur l'importance de la cuisson propre : Smoke Free Village au Cambodge

La SNV (Organisation néerlandaise de développement) met en œuvre au Cambodge depuis 2021 une initiative axée sur la lutte contre l'exposition aux fumées toxiques durant la cuisson en zone rurale. La cible principale sont les ménages, mais aussi les activités commerciales, notamment les restaurants.

Centres de santé, pagodes, écoles, etc., plusieurs lieux de sensibilisation sont mobilisés, concentrés sur quatre messages principaux :

- Éloigner les enfants de la fumée pendant les activités de cuisson ;
- Cuisiner dans des locaux bien ventilés ;
- Sécher le bois de feu avant usage ;
- Investir dans des solutions de cuisson propre.



Figure 15 – Schéma de la capacité d'intervention des différents types de structures selon les strates de gouvernance³⁹

Gouvernance verticale	Niveau global	EnDev	CCA	GeCCo	SEforAll	Banques multilatérales	EU	
	Niveau national	MME	MAFF	MoH	MOWA	Société civile	Secteur privé / SMES	Producteurs + distributeurs d'énergie
	Niveau provincial	Ministères provinciaux	Société civile	Représentant des entreprises				
	Niveau du district	Administration du district	Bureau économique et du développement	Bureau de l'éducation du district	Bureau de la santé du district	Secteur privé / SMES	Société civile	
	Niveau communal	Autorité du village	Écoles	Centres de santé	Leader religieux	Police municipale	Société civile	Secteur privé / MSMEs

Gouvernance horizontale

Note : EU (Union Européenne, CCA (Clean Cooking Alliance), GeCCo (Global Electric Cooking Coalition), SEforAll (Sustainable Energy for All), MME (Ministère des Mines et de l'Énergie), MAFF (Ministère de l'Agriculture, des Forêts et de la pêche, MoH (Ministère de la Santé), SMES (Petite et moyenne entreprises), MOWA (Ministère de la condition de la femme), MSMEs (Micro, petites et moyenne entreprises)

L'approche retenue est essentiellement fondée sur la sensibilisation de toutes les strates d'influence ou d'interaction avec les utilisateur·rices potentiel·les de solutions de cuisson moins émissives.

Une évaluation récente a permis de mettre en avant un impact notable sur les 5 dernières années en comparaison avec un échantillon témoin. **Le recours à une solution de cuisson propre a augmenté de 35 % à 60 % après la phase de sensibilisation.** Outre l'impact sanitaire (88 % des réponses), les éléments qui ont été le moteur du changement sont une cuisson plus rapide (70 %), une cuisson facilitée (61 %) et une réduction des dépenses (21 %).

38 - SNV. Applying an Inclusive Governance Approach to Clean Cooking. Jan. 2025, p. 2.



Que retenir de cette étude de cas ?

Un Commune Council Energy Working Group (CCEWG) a été mis en place. Il s'agit d'un groupe de travail à l'échelle communale qui réunit des détaillants d'équipements, des représentants de centres de santé, des écoles, des autorités locales ou religieuses. C'est une approche intéressante pouvant être retenue dans une démarche territoriale. Cette sensibilisation peut être extrapolée à la cuisson productive ou institutionnelle.



2. Faciliter la production-distribution

Faire produire une solution de cuisson propre par un équipementier local, avec ou sans production de combustible alternatif, est un véritable défi de croissance à préparer et à planifier pour ajuster la capacité de production-installation aux objectifs quantitatifs, voire géographiques, de diffusion.

Outre des compétences en productique à développer (concevoir le changement d'échelle de la chaîne de production pour répondre à cette demande), c'est aussi repenser toute la logistique d'approvisionnement, consolider l'équipe de production, réaliser un montage financier pour acquérir les machines et autre outillage nécessaire, s'agrandir, acheter un nouveau terrain, définir le meilleur site d'implantation pour faciliter la livraison-installation. C'est en outre assurer l'accompagnement de l'équipementier afin qu'il puisse passer de sous-traitant à véritable unité de production d'équipements avec des capacités de gestion adaptées : valider le plan d'affaires avec une montée en puissance progressive, gérer des achats et des stocks, garantir une **trésorerie solide** et un formalisme

comptable avec un personnel dédié compétent, etc.

Des initiatives existent dans la plupart des pays pour accompagner ce type de PME innovantes dans leur passage à l'échelle. Cela demande de nouvelles compétences managériales qu'il faudra intégrer au sein de l'entreprise. Il sera parfois nécessaire de redéfinir un statut juridique plus formel, de s'exposer à de nouvelles taxations, sauf si des incitations fiscales en place facilitent l'émergence de telles entreprises (par exemple, un statut d'entreprise verte).

Il est souvent fait mention d'exemption de taxe pour les éléments importés à destination des unités de production ou d'assemblage local, voire des distributeurs-installateurs d'équipements performants (matériels électriques, matériaux spécifiques, etc.).

Certains plans d'action nationaux de cuisson propre proposent une série d'accompagnements financiers et de formation suivant la capacité des entreprises concernées : fonds d'amorçage ou de démarrage, fonds de croissance, fonds basés sur le résultat.



Incubateur d'énergie durable à Madagascar

L'Incubateur d'énergie durable (IED) à Madagascar est une initiative portée par l'ONUDI dans le cadre du projet Financement intégré pour les énergies durables (FIER) développé et mis en œuvre conjointement par le PNUD, l'UNCDF, le MEH, le ministère de l'Économie et des Finances et le ministère de l'Environnement et du Développement durable, en lien avec le secteur privé.

Depuis 2024, l'IED accompagne la structuration et la croissance des PME et start-up du secteur des énergies à Madagascar (électricité, biogaz, écoconstruction, mais aussi bio-combustibles et cuisson propre) dont l'approche est particulièrement innovante. Via un appel à candidatures, l'incubateur a rassemblé des cohortes de TPE/PME (15 start-up dans la cohorte de 2024, puis 30 en 2025) et appuyé la structuration financière, la maturité économique, le développement technique des solutions proposées et la mise en réseau. Des sessions d'information sont dispensées à travers l'île avec, par exemple, des étapes régionales en 2025 à Antsirabe, Fianarantsoa et Toliara.



Étape régionale de l'IED à Antsirabe. Photo : © IED

Avec une approche fortement territorialisée, l'IED propose aux entreprises développant des solutions de cuisson à destination des ménages et du secteur productif un large renforcement de capacités.



3. Faciliter l'acquisition par l'utilisateur-rice final-e

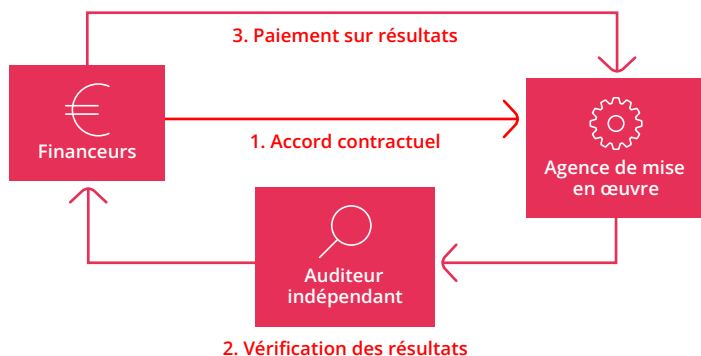
Mécanisme FBR (financement basé sur les résultats)

Il s'agit d'un mécanisme de financement public régulièrement employé dans les programmes cherchant à accompagner les équipementiers, les grossistes, les agrégateurs dans leur phase d'extension (tester de nouveaux segments de marché, de nouvelles solutions de cuisson, de nouvelles zones géographiques, etc.). Il peut

être appréhendé comme un accélérateur de croissance pour des structures de production et/ou de commercialisation prêtes à passer à l'échelle.

Le principe général est d'encourager ceux qui s'engagent dans le passage à l'échelle par un financement indexé sur le nombre de solutions de cuisson propre diffusées, après vérification par un organisme tiers.

Figure 16 – Principe d'organisation des mécanismes FBR



L'usage de ce fonds par la structure bénéficiaire n'est pas ciblé, c'est une prime à la diffusion.

Les modalités d'accès à ce type de financement sont définies de manière contextuelle pour s'adapter aux priorités du pays ou du secteur visé. Des bonus peuvent être proposés suivant le niveau socio-économique, la prise en compte du genre, le secteur d'activité de cuisson, l'éloignement géographique, la performance de l'équipement, etc.

Des conditions d'éligibilité pour les structures voulant y participer exigent souvent un solide formalisme financier et une capacité à aborder ce nouveau marché sans prise de risque (temps long pour le processus de paiement après vérification nécessitant une trésorerie solide). Autre inconvénient, les frais engagés pour la dissémination le sont souvent en devise locale, alors que les fonds perçus sont en dollars. Ainsi, entre le moment où la subvention est décrochée et le moment où elle est effectivement versée, l'évolution du taux de change, si elle est défavorable, peut conduire à perdre de l'argent sur les activités réalisées.

Ces financements ciblent généralement des structures dites « matures de taille importante ». Pour des structures encore trop peu expérimentées, des fonds de démarrage ou de croissance sont à privilégier.

Deux critiques sont par conséquent adressées au mécanisme FBR. La première concerne justement le niveau de maturité administrative et logistique pré-

requis à l'obtention de ces fonds : le développement de structures déjà matures est privilégié, leur permettant de conquérir de nouvelles parts de marché, parfois au détriment de petits constructeurs/distributeurs locaux. La seconde critique est le peu d'assurance quant à la réelle utilisation à long terme de la solution de cuisson propre distribuée.

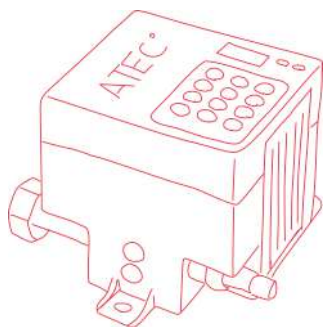
Mécanisme PAYGO (« Pay-As-You-Go »)

Pour pallier le problème du prix d'acquisition d'une solution de cuisson propre (malgré un temps de retour attractif), la structure chargée de la diffusion peut proposer des facilités de paiement incitatives pour des banques ou IMF qui considèrent ce type d'investissement trop innovant ou à risque.

Une approche originale apparentée à une location avec option d'achat est apparue ces dernières années avec le PAYGO (« Pay-As-You-Go »). Persuadées de l'intérêt à l'usage (économie budgétaire, facilité, gain de temps, etc.), les personnes ayant

acquis l'équipement peuvent rembourser son prix par un paiement mensuel très bas, conservant le caractère économe de la nouvelle solution de cuisson. Le prix final prenant en compte les coûts de mise en place du système PAYGO sera toujours plus élevé que le prix d'achat comptant ; le prix global reste toutefois une réelle opportunité d'économie budgétaire à long terme (coût de l'équipement, du combustible, de l'entretien-maintenance, de l'amortissement).

Pour limiter les risques d'impayés, les équipements disposent d'un dispositif bloquant leur fonctionnement si un défaut de paiement est constaté.



BOÎTIERS DE CONTRÔLE SUR LES INSTALLATIONS
BIOGAZ (ATEC AU CAMBODGE)



Exemples de boîtiers (smart meters) de contrôle sur les installations GPL (Circle gas au Kenya) à droite.
Photo : © Circle Gas

Ce type d'accès à la cuisson propre nécessite néanmoins de nouvelles compétences financières en gestion de crédit et de relation client au sein de l'entité chargée de la commercialisation. Celle-ci s'associe géné-

ralement avec des plateformes de paiement mobile et de crédit. Ces systèmes peuvent être adaptés pour les petites cantines institutionnelles ou commerciales.



Exemple de PAYGO développé par Hanny G Investment en Tanzanie pour l'institutionnel³⁹

Cuiseurs (Jiko Poa) et briquettes de biomasse (Kuni Poa) diffusés par Hanny G Investment en Tanzanie sur un modèle PAYGO s'appuyant sur un prix des briquettes très compétitif (0,095 €/kg, soit 0,04 €/kWh utile).



Photo : © Hanny-G Investment

Le remboursement du cuiseur s'effectue en six tranches après l'installation, sous réserve d'un engagement d'achat d'une quantité minimale de briquettes. 70 % des institutions ont poursuivi la contractualisation après la phase minimale d'engagement. Pour consolider ce taux de rétention, Hanny G procure une garantie de 2 ans avec un SAV de qualité (réparation et pièces de rechange au besoin), des sessions de formation des opératrices, des visites de routine et une assistance téléphonique gratuite.

À noter que Hanny Mbaria, la directrice de Hanny G, a fait le choix de promouvoir l'inclusion des femmes dans ses équipes, celles-ci représentant 75 % des employées, dont 80 % à des postes à responsabilité.

39 - MBARIA Hanny, SWAI George, EEP Africa, et al. "HANNY G – Case Study: Transforming Cooking in Tanzania with Clean Energy Innovation". *EEP Africa Case Study*, EEP Africa, sept. 2025, 17 p.



4. Accompagner l'adoption

L'adoption à long terme de la nouvelle solution de cuisson propre dans les programmes de large diffusion est souvent le talon d'Achille sans une solide stratégie de suivi après l'installation. Comme mentionné ci-dessus, les solutions liant l'équipement et le combustible permettent de mieux accompagner le site d'activité de cuisson avec un intérêt commun à un usage sur la durée (poursuite de l'achat du combustible spécifique).

C'est toute une **relation client** à mettre en place en prêtant une attention particulière à la **continuité du service rendu** (SAV réactif, livraison du combustible simplifiée par rapport à la situation antérieure, visites et formation continue prenant en compte la rotation fréquente du personnel dans les institutions, etc.).



Toufik – technicien de distillation formateur. Photo : © Initiative Développement

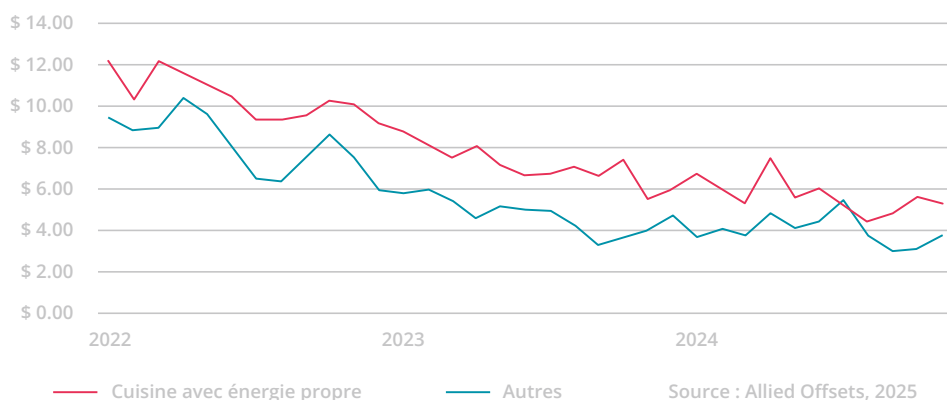
L'intérêt de la finance carbone et des mécanismes financiers à impact

La finance carbone est un mécanisme financier privilégié par les initiatives de large diffusion de solutions de cuisson propre (équipement et/ou combustible) dans la mesure où les réductions d'émission de GES obtenues peuvent se monnayer sur le marché volontaire ou obligatoire et apporter un complément de revenus consolidant les modèles économiques (additionnalité).

Il est clair qu'il s'agit d'un mécanisme complexe avec des procédures longues de

mise en place et une vérification annuelle par des organismes agréés. Cela représente un coût à ne pas sous-estimer. Les procédures faisant suite à l'Accord de Paris sont aussi en révision, les exigences d'intégrité et de transparence se sont accrues. Il faudra aussi être capable de vendre à un bon prix ces crédits carbone vérifiés. Avec un prix de vente entre 5 et 8 € par tonne, en dessous de 10 000 à 15 000 tonnes de CO₂ évitées par an, il n'est pas conseillé de se lancer dans ce mécanisme financier⁴⁰.

Figure 17 – Prix moyen par type de projets d'un crédit carbone sur les marchés volontaires



L'approche « Cook to earn » grâce à la digitalisation⁴¹

Pour faciliter l'adoption, certaines structures ont développé des incitations financières, à l'usage notamment, par le biais de la technologie de l'internet des objets (IoT). Celle-ci permet de surveiller en continu l'usage d'un équipement de cuisson connecté, de calculer directement les

réductions d'émissions de GES, d'envoyer par paiement mobile un pourcentage du prix en lien avec la finance carbone au bénéfice de l'utilisateur-rice. Ce modèle, testé par exemple par ATEC, est destiné avant tout à la cuisson domestique, mais peut s'envisager pour des restaurants et de petites activités commerciales.

⁴⁰ - Site explicatif sur la finance carbone avec un calculateur pour évaluer la pertinence d'aller vers ce mécanisme financier suivant les spécificités de son initiative : [VCM Startup guide | Mobile for Development](#)

⁴¹ - MECS. "Paying people carbon credits based on usage data". MECS, 2023, 24 p.

B : Les écueils à éviter lors du passage à l'échelle

Une difficile mutation d'un sous-traitant en une entreprise spécialisée à large capacité de production

Une difficulté majeure est celle d'identifier un potentiel « champion » qui va peu à peu s'organiser pour une production de qualité, standardisée, à large échelle. Deux profils d'équipementiers sont souvent rencontrés.

Le premier est un profil plutôt « opportuniste » qui n'est pas réellement focalisé sur une production axée sur la cuisson propre (équipement et/ou combustible) et qui va se positionner au gré des sollicitations sans réellement se projeter. Il choisira de conserver son positionnement de sous-traitant.

Le second est un profil plutôt « inventeur » qui va préférer développer une série d'innovations suivant les sollicitations, souvent nombreuses, pour divers secteurs productifs. Il est en perpétuelle recherche d'améliorations, mais sans réellement envisager une organisation centrée sur la large production une fois une demande importante identifiée pour un modèle défini.

Il s'agira, au lieu de positionner le ou les équipementiers comme structure cheffe de file de la dynamique de diffusion, de faciliter l'émergence d'une entité reconnue comme agrégateur avec une proposition de services et de modalités de paiement conceptualisée pour un secteur cuisson propre spécifique et un plan d'affaires solide (cf. exemples de Simoshi Ltd, BioMass-ters, etc.).

L'absence de suivi après installation

C'est l'écueil le plus récurrent dans les approches de large diffusion, où les modalités d'accompagnement et de SAV sont insuffisamment définies ou financées, ce qui conduit à l'abandon de solutions nécessitant une forte implication des opératrices dans l'entretien et le bon usage.

Le secteur institutionnel est souvent le plus sensible à ce manque de SAV ou de financement des pièces de rechange. Il a par exemple été extrêmement difficile localiser des installations biogaz toujours en usage quelques années après leur installation dans le secteur institutionnel.

Il ne faut donc pas sous-estimer le besoin d'accompagnement après installation. Les exemples mentionnés dans ce guide ont tous souligné l'importance de ce suivi (formation à l'usage, hot-line, visites régulières, garantie étendue, financement de ce SAV par divers mécanismes financiers, etc.).

C : Les outils à utiliser : l'intérêt de la digitalisation pour évaluer l'impact

Les larges diffusions en cuisson propre dans les secteurs institutionnel et productif se comptent tout au plus en quelques milliers d'installations, tandis que pour la cuisson domestique on dénombre plusieurs millions de ménages à l'échelle d'un pays. La première difficulté pour évaluer l'impact réel d'une large diffusion et en mesurer son niveau de réussite (réelle adoption sur la durée, effets mesurables de manière quantitative ou qualitative) est de définir un échantillonnage représentatif.

Sur des bases statistiques, cet échantillonnage se situe autour d'une centaine de sites présentant une certaine homogénéité⁴² suivant le taux de précision retenu pour mesurer les impacts économiques, le gain de temps, les performances énergétiques.

Habituellement, ces mesures sont effectuées par une équipe dédiée sur plusieurs jours par site, avec les procédures et l'instrumentation adaptées. Il s'agit d'un travail long, avec un temps de préparation en amont, de nombreux déplacements, pouvant présenter des biais saisonniers, des manquements dans la rigueur d'application des protocoles, etc.

Les exigences de plus en plus fortes de la finance carbone et autres financements à impact, notamment en matière de suivi et de durée des économies réelles de combustible après installation – et par conséquent de réduction des émissions de GES – ont conduit à un recours croissant à la digitalisation des solutions de cuisson propre.

Les solutions couplant l'équipement et le combustible (granulés, éthanol...), associées à un paiement par téléphone, vont

permettre de comptabiliser automatiquement, à chaque recharge ou achat de combustible, la réduction calculée de GES en comparaison avec l'usage équivalent (en énergie utile) de la solution traditionnelle.

Pour une mesure centrée sur l'équipement, il existe une série de possibilités :

- une instrumentation connectée (adaptée aux solutions biomasse-énergie) ;
- des compteurs connectés (« smart meters ») en lien avec les modalités PAYGO (GPL, biogaz, granulés, etc.) ;
- des compteurs d'énergie embarqués et connectés (équipements électriques).

Des solutions très simples existent, comme des enregistreurs de température permettant de vérifier les durées d'usage et leur évolution dans le temps (surveiller l'adoption réelle), mais il existe également des options plus sophistiquées avec géolocalisation, mesure instantanée des niveaux de consommation et envoi des données par le réseau mobile pour un suivi à distance et une gestion centralisée des données sur la durée de vie de l'équipement.

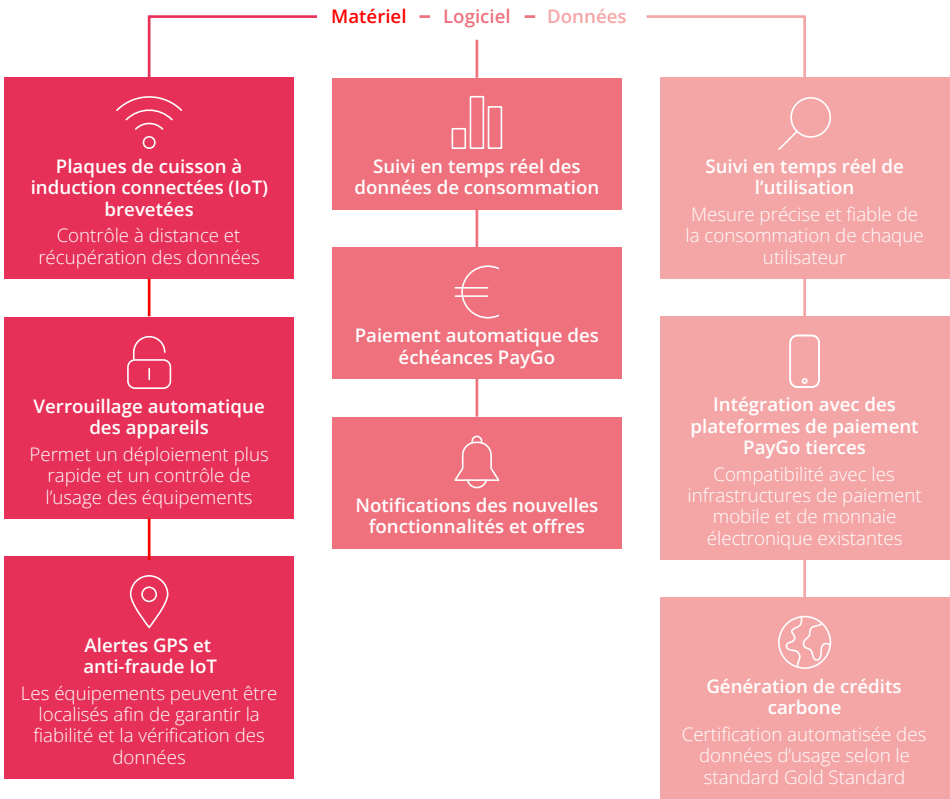
Il est donc possible d'avoir une **vision exhaustive** des installations sans besoin de passer par un échantillonnage et/ou des mesures ou des relevés mobilisant des équipes de terrain.

Le coût de ces moyens de mesure embarqués et connectés est en partie compensé par la réduction des coûts de vérification (automatisation de cette vérification sur une plateforme dédiée) et une attractivité plus grande auprès des acheteurs de crédits carbone (meilleure transparence, prix éventuellement plus élevé, etc.).

42 - En statistique, on utilise le coefficient de variation (écart type divisé par la moyenne) pour mesurer cette homogénéité autour d'une valeur moyenne (niveau de dispersion).

Toute initiative visant une large diffusion devra évaluer la pertinence, dans son contexte spécifique, d'une digitalisation du suivi de l'usage et des consommations après installation.

Figure 18 – Fonctionnement des systèmes de suivi des consommations et de paiement à distance



4.3. Prendre en compte les dimensions de genre et d'inclusion à cette étape

Beaucoup d'appels d'offres et de fonds spécifiques valorisent ou requièrent la prise en compte du genre. Or, dans la phase de passage à l'échelle, il est prépondérant de mesurer ces impacts concernant le genre et l'inclusion pour démontrer l'évolution obtenue entre la phase de diagnostic et la phase de diffusion de la nouvelle solution de cuisson propre vers les sites d'activité concernés.

D'autre part, l'évolution de l'organisation productive ou commerciale va certainement modifier les organisations traditionnelles familiales, qu'il faudra accompagner, au besoin. Par exemple, dans le cas des transformatrices de karité au Togo (cf. étude de cas Yokoumi), le fait de déplacer la production vers un atelier commun en dehors de l'espace familial pose des problèmes de garde d'enfants auxquels les femmes ont remédié par la mise en place d'une garderie coopérative.

Dans la chaîne de valeur, c'est l'occasion d'appliquer des mesures correctives pour équilibrer les rémunérations, comme pour les femmes cueilleuses aux Comores dans la distillation des fleurs d'ylang-ylang (cf. étude de cas Initiative Développement).

C'est aussi l'occasion d'appuyer l'émergence des cheffes d'entreprise dans le secteur de l'énergie. On peut citer par exemple le réseau GWNET (Global Women's Network for the Energy Transition), qui permet une formation hybride et un mentorat approprié.

L'intégration d'un réseau de femmes entrepreneures à l'échelle du pays ou l'organisation de rencontres ou de visites d'initiatives référentes portées par des cheffes d'entreprise sont autant d'opportunités de renforcement de capacité. Pour plus d'informations sur les organisations et réseaux de femmes actives dans les secteurs de l'énergie et du climat, consultez : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13848



4.4. Aller plus loin

Mécanisme financier FBR

ENERGY 4 IMPACT, MECS. "Clean cooking: Results-Based Financing as a Potential Scale-Up Tool for the Sector". *Modern Energy Cooking Services (MECS) Report*, oct. 2021, 29 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13602

FERGUSON Ronan. "Clean Cooking RBFs: Key Design Principles". *Clean Cooking Alliance Report & ESMAP*, 12 oct. 2022, 48 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13604

PERROS Tash, BERGMAN Marissa. "Current practices in results-based financing for energy access: a critical analysis of the available literature". *Climate Compatible*, juill. 2025, 24 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13123

Finance carbone

ENERGY 4 IMPACT, MECS. "Clean cooking: Results-Based Financing as a Potential Scale-Up Tool for the Sector". *Modern Energy Cooking Services (MECS) Report*, oct. 2021, 29 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13602

GHILARDI Adrian, BAILIS Rob. "Updated fNRB Values for Woodfuel Interventions". *Mo-FuSS, Universidad Nacional Autónoma de México – Campus Morelia & Stockholm Environment Institute*, 20 juin 2024, 68 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13605

GOLD STANDARD FOR THE GLOBAL GOALS. "Methodology – Gold Standard for the Global Goals". Disponible sur : <https://globalgoals.goldstandard.org/documents/methodology/> (consulté le 05-01-2026).

HASELIP James, BIGASA Iwona, BELLANCA Raffaella, et al. "Business and financing models for PV-supported clean cooking as a critical climate technology for last mile communities". *UNEP-CCC & WFP & GPA*, Copenhague/Danemark, juin 2025, 26 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13106

HUSSAIN Feisal, AGNEW Ed, HALL Julien, et al. *Buyer's Guide to High-Quality Cookstove Carbon Credits*. Clean Cooking Alliance, Washington, DC, févr. 2025, 90 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=12598

MODERN ENERGY COOKING SERVICES (MECS). "Clean Cooking Carbon Market, Overview of the Project Development Process". *MECS & ESMAP*, févr. 2024, 10 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=12188

UNITED NATIONS. *AM-Tool-33: Default values for common parameters*. Version 03.0, United Nations, 12 juin 2025, 10 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13606

Conclusion

Nous espérons que ce guide fournira aux structures désireuses d'aborder la cuisson propre dans le petit productif et l'institutionnel des clés de compréhension, des exemples inspirants et des points de vigilance sur les écueils à éviter à chaque étape, de la phase de diagnostic à la phase de large diffusion.

Loin de vouloir souffler une réponse univoque, l'idée est de démontrer l'importance de la prise en compte des spécificités de son territoire d'intervention tant les situations sont variées, que ce soit en matière de disponibilité ou de coût des énergies de cuisson, de particularités de l'écosystème technologique, productif, financier, normatif, ou d'organisation des sites d'activité de cuisson.

Ce guide met en avant deux points qui nous semblent trop souvent minimisés au regard des communications disponibles sur Internet et de la réalité du terrain.

Le premier concerne la nécessité de prendre en considération la pertinence, le cas échéant, de solutions de cuisson propre performantes à partir de biomasse-énergie locale, présentant à l'échelle d'un territoire son lot d'impacts bénéfiques (création d'emplois, résilience, appropriation technologique, renforcement du tissu économique productif, etc.). C'est une énergie de cuisson exigeante en matière de conception, de construction, d'entretien et d'usage des équipements de cuisson. Elle peut néanmoins s'avérer l'unique option pour beaucoup de contextes, notamment en zone rurale, pour l'accès à une solution de cuisson propre.

Le second point important est que la réussite d'une diffusion ne se compte pas en nombre d'installations réalisées, mais en nombre de réelles adoptions sur la durée par les institutions ou les sites productifs concernés. Outre le fait de recenser les outils techniques ou financiers disponibles pour garantir cette adoption, il nous semble important d'insister sur la notion de **durées incompressibles pour valider une solution nouvelle sur un territoire ou une filière productive**, dans la phase pilote pour évaluer le bon usage et la tenue dans le temps, tout comme dans la phase de large diffusion pour organiser cet accompagnement durablement après l'installation.

Certains éléments techniques ou informationnels portant sur les outils d'analyse, de caractérisation et de conception, ainsi que sur la présentation d'initiatives pertinentes, ne sont pas développés de manière approfondie dans le cadre de ce travail de synthèse des leçons apprises.

Pour les lecteurs et lectrices désirant aller plus loin sur certains aspects abordés, il est recommandé de visiter [la base de données du Réseau Cicle](#) où est compilée une liste de références bibliographiques et netnographiques. Elle sera actualisée autant que possible.

Annexes/Parties techniques

Annexe 1 : Énergies et équipements de cuisson propre

Les énergies de cuisson

Les combustibles solides : dérivés de biomasse et charbon minier

Figure 1 – Caractéristiques des biomasses sèches et du charbon minier

							
	Bois brut	Bouse séchée	Résidus agricoles Paille/palme/coque	Charbon de bois	Brique de charbon de biomasse	Brique de charbon densifiée	Charbon minier
	Biomasse brute (sèche)			Et biomasse carbonisée brute	Combustible alternatif		Combustible fossile
Teneur en eau %	10-40	10-20	10-40	2-20	5-15	8-10	1-8
PCI anhydre kWh/kg	4,5-5,5	3,5-5	4,5-6	6-8	6-7,5	4,5-5,3	6-8
% C sur sec	49-53	35-45	35-55	70-80	50-75	45-53	75-80
% H sur sec	6-7	4,5-5,5	6-7	1-3	1,5-3,5	6-7	5,5-6
% O sur sec	40-43,5	30-35	40-45	10-20	5-20	40-45	8-14
% N sur sec	0,1-0,2	1,5-3	0,1-0,5	0,2-0,5	0,5-2	0,1-0,5	2-2,5
% cendre sur sec	0,5-1,5	10-20	0,5-15	1-18	1-30	0,5-5	10-15

La difficulté du recours à une biomasse brute ou carbonisée réside dans la forte variabilité des contenus énergétiques, en fonction de sa nature (essence pour le bois, composition CHON), de son taux de cendre, mais **avant tout de sa teneur en eau**.

À titre de référence sont fournies dans le tableau ci-dessus les valeurs du PCI anhydre. Il est toutefois conseillé de procéder à une analyse en laboratoire du PCI anhydre dans le cadre d'une caractérisation énergétique. **Les procédures de mesure et de calcul sont présentées en annexe 4.**

Les autres facteurs de variabilité sont la masse volumique et le comportement au feu. Pour limiter cette variabilité, le recours à la densification (granulé, palet, brique) est une option souvent retenue en biomasse-énergie moderne, notamment en lien avec une norme dédiée.

Le charbon minier est exclu par l'OMS de la liste des énergies éligibles pour la cuisson propre ou intermédiaire.

Les combustibles liquides/en gel : kérosène et éthanol

Figure 2 – Caractéristiques des combustibles liquides

		
	Kérosène	Éthanol
	Combustible fossile	Combustible alternatif
Teneur en carbone %	85	52
PCI en kWh/kg	12,2	7
Masse volumique kg/L	0,8 kg/L à 15°C	0,82 kg/L à 15°C
Formule chimique	CnH2n+2 de C10H22 à C14H30	C2H6O

Le kérosène est exclu par l’OMS de la liste des énergies éligibles pour la cuisson propre ou intermédiaire.

Les combustibles gazeux : GPL et biogaz

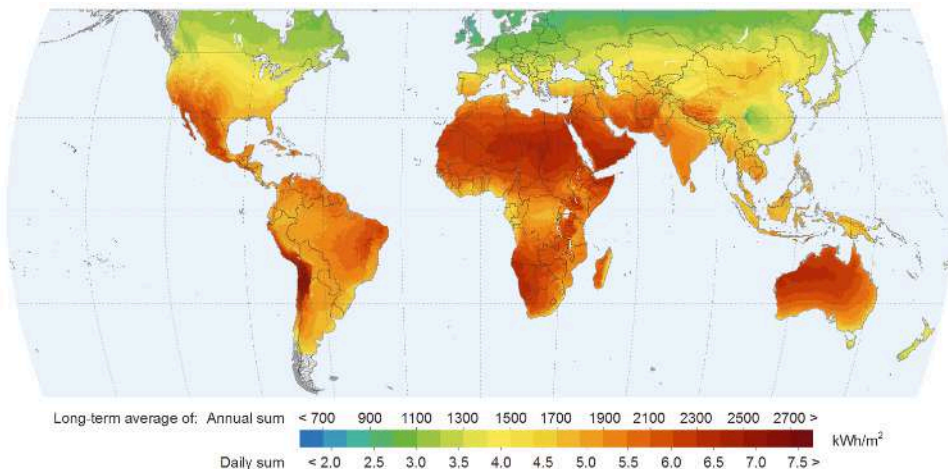
Figure 3 – Caractéristiques des combustibles gazeux

		
	GPL	Biogaz
	Combustible fossile	Combustible alternatif
Teneur en carbone %	83	44
PCI	12,7 kWh/kg	CH4 (10 kWh/m³), composition 60 % CH4 soit 6 kWh/m³
Formule chimique	CnH2n+2 de C10H22 à C14H30	CH4 (~50-70 %), CO2 (~30-50 %), H2O (~3 %), H2S (0,5-2 %)

Énergie solaire

L'énergie solaire se caractérise par une variabilité journalière et saisonnière. Les zones arides (faible nébulosité) sont généralement les plus exposées au rayonnement solaire au sol (cf. carte ci-dessous).

Figure 4 – Carte de l'énergie solaire au sol (rayonnement global horizontal) dans le monde (kWh/m²/an) - © SolarGis.



Électricité

Outre son prix au kilowattheure, sa fiabilité (coupures, variations de tension), l'électricité peut être questionnée sur son facteur d'émission selon son mix de production. Pour connaître l'intensité carbone du réseau électrique d'un pays, consulter un site comme <https://lowcarbonpower.org/fr/>.

Les équipements de cuisson

Il existe une très grande variété d'équipements selon les tâches de cuisson recherchées (ébullition, friture, torréfaction, distillation, production de vapeur, etc.), l'énergie utilisée, le niveau de performance énergétique, la technologie de combustion, le cas échéant, le niveau d'automatisme-régulation, la mobilité, le type d'installation (maçonné, en kit, clé en main, etc.), avec brûleur-pyrolyseur séparé ou intégré, etc.

Technologies de cuisson propre avec combustibles solides

Comme explicité en début de guide, pour répondre aux exigences de la cuisson propre, il est obligatoire de sélectionner des équipements avec un **rendement énergétique minimal de 30 %**, un système d'extraction des fumées efficace limitant fortement **les concentrations** de PM2,5 et de CO dans la zone de travail, dites « **émissions fugitives** » (exigences minimales : PM2,5 inférieures à 170 µg/m³ et CO inférieur à 5,4 mg/m³ en moyenne sur 24 h).

En zone urbanisée, pour le productif ou pour l'ensemble des sites institutionnels, il est recommandé de réduire les **facteurs d'émissions sur les émissions totales** (par le système d'extraction et les fugitives dans la zone de travail). Les valeurs par défaut correspondant au niveau 3 à ne pas dépasser sont pour les PM2,5 de 218 mg/Mjd et pour le CO de 7,2 g/Mjd. Elles sont normalement spécifiques pour chaque pays (valeurs nationales).

Variantes : Dans ces grandes catégories d'équipements de cuisson utilisant la biomasse-énergie, il existe bien sûr toute une déclinaison de variantes possibles : avec chambre de combustion intégrée ou brûleur amovible, version mobile ou fixe, clé en main ou construit/assemblé sur place, tirage naturel ou extracteur mécanique, etc. Le cahier des charges initial (page 53) aura permis de cibler les spécificités de l'équipement.

Désignation	Page réf.	Avantages	Inconvénients	Domaine d'application
« Rocket stove » ou équivalent bois bûche/biomasse densifiée (modèle UGASTOVE, ULI, etc.) avec système d'extraction de fumées efficient	p.123	• Coût abordable • Constructible localement • Transfert technologique Sud-Sud possible • Facilité d'usage • Amélioration des conditions de travail	• Concentration des flammes sur zone réduite de la marmite • Importance du bois calibré et sec pour réduire les facteurs d'émissions • Enfournement régulier du bois pour maîtriser la puissance fournie • Respect des procédures d'entretien	Institutionnel, petit agroalimentaire de type familial
Technologie de combustion bois bûche/biomasse densifiée plus avancée avec maîtrise des entrées d'air, échange optimisé avec la marmite ou recours à un véritable échangeur thermique (production eau chaude ou vapeur) et système d'extraction de fumée efficient	p.121	• Constructible localement • Haute performance énergétique, très faibles impacts sanitaires et facteurs d'émissions totales • Maîtrise de la puissance fournie (stabilité), surveillance réduite entre deux chargements	• Nécessite une forte expertise en conception • Coût plus important • Nécessite des matériaux réfractaires de qualité (hautes températures) • Respect des procédures d'utilisation et d'entretien • Importance du bois calibré et sec pour réduire les facteurs d'émissions	Productif organisé (opérateur-rices formé-es), en zone urbanisée avec des exigences sur les émissions totales
Pyrolyseur adapté à la biomasse à carboniser et système d'extraction de fumée efficient	p.124	• Large gamme de combustibles • Valorisation possible du biochar obtenu • Conception simple	• Phase démarrage polluante • Respect des procédures d'utilisation et d'entretien	Productif

Désignation	Page réf.	Avantages	Inconvénients	Domaine d'application
Brûleur granulé automatique	p.89	• Simplicité d'usage une fois paramétré	• Nécessite la disponibilité de granulés à bas coût, • Respect des procédures d'utilisation et d'entretien	Institutionnel et productif
Microgazéificateur granulés	p.88	• Facilité d'usage, très faible impact sanitaire	• Garantir accès sécurisé à des granulés de qualité à coût maîtrisé • Besoin SAV réactif	Restaurants, petites cantines scolaires
Brûleur coque carbonisée / brique de charbon de biomasse durable	p.74	• Facilité d'usage, très faible impact sanitaire	• Nécessite la disponibilité d'une biomasse carbonisée à bas coût	Restaurants, boulangeries, petites cantines scolaires
Brûleur performant adapté aux résidus de production agroalimentaire	p.81-82	• Réduction du budget énergie, évite le recours au bois environnant	• Nécessite un développement technologique si pas d'équipements adaptés	Unités de production agroalimentaire
Chaudière vapeur	p.33-34	• Plusieurs zones de cuisson en simultanée, souplesse dans l'usage • Rendement énergétique élevé avec grande surface d'échange	• Nécessite un bon niveau de compétences des technicien-nés (usage et entretien) • Investissement important	Cuisines centrales (haute pression) et productif (basse et haute pression)

Technologies avec combustibles liquides et gazeux

Désignation	Avantages	Inconvénients	Domaine d'application
Brûleur éthanol	• Très faible impact sanitaire • Praticité d'usage	• Filière éthanol à coût compétitif à mettre en place • Respect des procédures d'usage et d'entretien	Restaurants, petites cantines scolaires
Brûleur biogaz	• Très faible impact sanitaire • Praticité d'usage	• Investissement important suivant le volume du biodigesteur • Nécessite une alimentation régulière en déchets fermentescibles et un SAV efficient	Institutionnel et productif
Brûleur GPL	• Praticité d'usage	• Énergie fossile, les dernières études scientifiques démontrent des risques sanitaires (NOx) • Réticence de certains opérateur-ices sur le risque d'explosion • Nécessite des installateurs certifiés pour les grandes puissances • Stockage des bouteilles de gaz à sécuriser	Institutionnel et productif

Technologie solaire

Désignation	Avantages	Inconvénients	Domaine d'application
Four solaire avec système à concentration	• Aucun impact sanitaire • Constructible localement • Praticité d'usage	• Intermittence de la disponibilité de l'énergie solaire nécessitant une énergie d'appoint pour une activité productive • Investissement élevé • Respect des procédures d'usage et de sécurité (risque de brûlure)	Boulangeries (cf. Lytefire), restaurants, unités de torréfaction

Technologie électrique

Désignation	Avantages	Inconvénients	Domaine d'application
Plaques à induction	• Aucun impact sanitaire • Praticité d'usage • Gain de temps de cuisson	• Ustensiles à fond plat et adaptés à l'induction (présence de métal magnétique)	Restaurants, petites cantines scolaires
Bouilloire électrique	• Aucun impact sanitaire • Praticité d'usage	• Capacité limitée	Restaurants, petites cantines scolaires
Cuiseur grande capacité	• Aucun impact sanitaire • Praticité d'usage • Gain de temps de cuisson	• Investissement élevé • Nécessite un réseau électrique fiable	Restaurants, cantines scolaires
Autocuiseur électrique grande capacité	• Aucun impact sanitaire • Cuisson sous pression plus rapide • Praticité d'usage • Gain de temps de cuisson	• Investissement élevé • Nécessite un réseau électrique fiable	Restaurants, cantines scolaires

Annexe 2 : Les principes de base d'une combustion bois bûche de qualité

La combustion idéale du bois (composé principalement de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote) ne devrait produire en réagissant avec l'oxygène de l'air à haute température que du dioxyde de carbone (CO_2) et de la vapeur d'eau (H_2O). En réalité, une multitude de réactions se produisent en simultanée, les divers éléments chimiques produits réagissent à des vitesses variables en fonction des conditions de température, de présence d'agents oxydants (O_2 , CO_2 , H_2O), etc.

Malgré cette complexité, il existe une règle simple de mesure de la qualité de combustion: plus le ratio CO/CO_2 est élevé, moins la combustion est bonne. La production de monoxyde de carbone (CO) au détriment du dioxyde de carbone (CO_2) est un marqueur de cette mauvaise combustion, se traduisant par l'émission de divers éléments chimiques polluants et par une perte d'énergie potentiellement disponible dans le bois.

Pour calculer ce ratio, il suffit d'utiliser un analyseur de combustion, qui va mesurer la concentration volumique du CO et du CO_2 dans les fumées sèches⁴³. Les praticiens de la cuisson propre ont défini un **ratio CO/CO_2 maximal à 2 %**. Au-dessus de 2 %, la combustion est étiquetée de mauvaise qualité, signifiant une émission élevée de particules fines et autres polluants.

Cette bonne qualité de combustion reste atteignable avec des technologies de combustion bois dites « intermédiaires » comme les chambres de combustion en L (« rocket ») du moment que les dimensions géométriques sont respectées, que le bois est calibré et sec et que l'opérateur-rice suit les protocoles d'utilisation (réglage des entrées d'air, fermeture de la porte de chargement, nettoyage de la grille et du cendrier, etc.).

Il faut toujours se rappeler que la qualité de combustion des équipements à alimentation manuelle ne peut pas reposer que sur la seule technologie. **La nature du combustible biomasse et le comportement de l'opérateur-rice ont un rôle tout aussi important.**

La chambre de combustion (appelée aussi, selon le cas, « chambre de pyrolyse » s'il y a une séparation physique avec la zone de développement de la flamme) doit disposer d'une grille dimensionnée pour la puissance nominale recherchée, conçue pour retenir les braises rougeoyantes tout en laissant tomber les cendres produites, de conception solide (chocs mécaniques et thermiques) et facilement réparable, voire amovible.

La chambre de combustion est conçue pour une gamme de combustibles biomasse au comportement au feu proche. Il ne faut pas espérer concevoir un brûleur multicom bustible, apte par exemple à brûler du bois, des feuilles, des coques d'anacarde, etc., dans des conditions équivalentes de qualité de combustion. Une chambre de combustion est conçue en fonction de la puissance recherchée et de la nature du combustible biomasse.

⁴³ - La vapeur d'eau des gaz de combustion prélevés est condensée via un dispositif simple avant passage vers les cellules de mesure (O_2 et CO , généralement). Le taux de CO_2 est déduit par calcul d'après les mesures d' O_2 et de CO

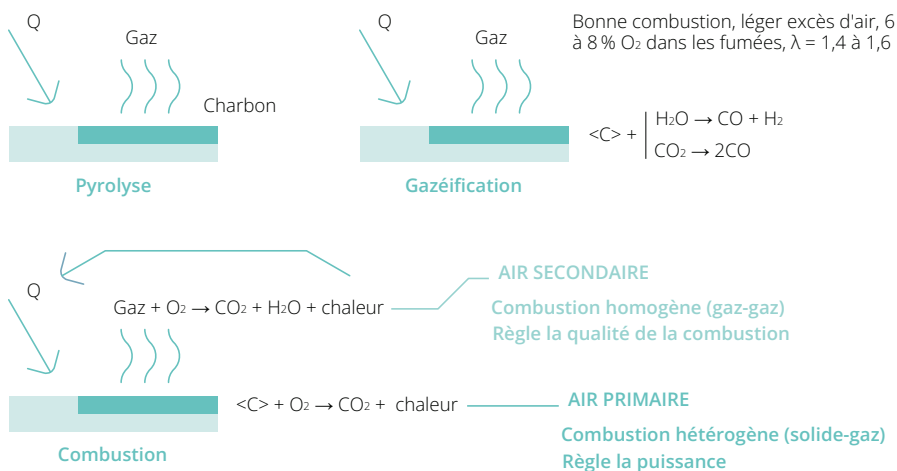


Exemple de grille à longue durée de vie : série de tubes inox cylindriques, pleins, amovibles, positionnés dans un cadre métallique à l'intérieur d'une chambre de combustion maçonnée en briques réfractaires (source : Initiative Développement avec l'appui technique de Planète Bois, Madagascar, unité de distillation de feuilles de giroflier).

Sa durabilité dépend de la qualité des matériaux réfractaires utilisés, souvent caractérisés, pour les argiles, par leur taux d'alumine. On peut citer par exemple le contrôle qualité effectué par Simoshi Ltd sur l'argile réfractaire utilisée par les producteurs du modèle UGASTOVE. Des tests sont effectués au sein d'un laboratoire agréé en Ouganda pour s'assurer de la présence minimale de 10 % d'alumine. Toutefois, pour des combustions à température de flamme élevée, proche de 1 000 °C, il est conseillé d'utiliser des matériaux réfractaires avec un taux d'alumine minimal compris entre 20 et 30 %.

Porte d'enfournement/surface d'ouverture de l'air primaire/conduit de fumée

Il s'agit là d'un trio d'éléments de construction interdépendants si on veut maîtriser la puissance fournie.



Pour obtenir de bons résultats, la température moyenne dans la zone de combustion doit être supérieure à 800 °C et la teneur en oxygène dans les fumées comprise entre 5 %, pour les appareils automatiques, notamment, et 10-12 % maximum pour les appareils manuels à bûches.

Le principe du conduit de fumée est de créer une dépression (tirage) au niveau de la chambre de combustion (capacité à aspirer l'ensemble des gaz produits autour d'une puissance nominale). Les ouvertures créées autour de la chambre de combustion pour injecter l'air dit « primaire » (AP) sous la grille et l'air dit « secondaire » (AS) au niveau des gaz de pyrolyse bénéficient de cette dépression pour aspirer l'air environnant.

Avec un conduit de fumée de 4 à 5 mètres, pour une puissance autour de 50 kW, quelques centimètres carrés d'ouverture pour le passage de l'AP s'avèrent suffisants⁴⁴. On comprend mieux alors l'interdépendance de ces trois éléments de construction. Si la porte de chargement du bois n'est plus hermétique à l'air ambiant (déformation due à la dilatation, défaut de conception, détérioration, non refermée par l'opérateur-riche), la puissance (production de gaz de combustion) s'accroît jusqu'à une certaine limite. Seule une partie de ce surcroît de chaleur produite est récupérée dans la zone d'échange thermique. Le reste contribue à élever la température et le débit des gaz de combustion en bas du conduit de fumée (forte perte énergétique, chute du rendement énergétique global).

On peut généralement moduler autour de 30 % de la puissance en combustion bois bûche. Au-delà, la dégradation de la qualité de combustion est importante (CO, PM2,5, etc.). Cette faible modulation autour d'une puissance nominale avec une technologie de combustion de qualité est très positive dans certains procédés agroalimentaires (recherche d'une puissance stable autour d'un nominal sans une intervention contraignante de l'opérateur-riche). Elle peut s'avérer trop limitante pour des procédés nécessitant de grands écarts de puissance au cours du temps.



Simple thermomètre plongeur à aiguille (coût 20 à 30 euros) pour contrôler la température des fumées

Clé de tirage suivant les conditions climatiques, contrôle des surpuissances

L'opérateur ajuste le débit d'AP par le biais de trois obturateurs calibrés pour conserver une température de fumées cible à ne pas dépasser

Obturateurs d'AP



Photo : © Jean-François Rozis

⁴⁴ - La dimension des ouvertures se fera lors des réglages de mise en route pour obtenir la puissance visée. Elle sera prédéfinie pour un modèle standardisé avec son conduit de fumée.

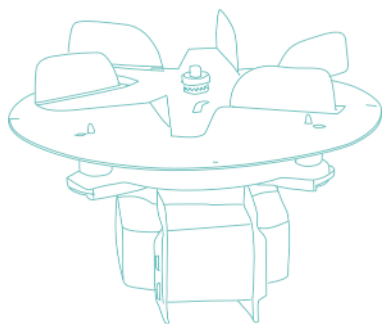
Le tirage par le conduit de fumée varie en fonction de la différence entre la température moyenne des gaz de combustion à l'intérieur du conduit et la température de l'air ambiant. Une montée en température des gaz de combustion dans le conduit de fumée, par exemple lors d'un chargement en bois (ouverture de la porte de chargement), augmente le tirage et perturbe temporairement les réglages prédéfinis d'entrées d'air, entretenant dans une certaine limite une plus haute puissance que celle recherchée. Les pré-réglages peuvent aussi être perturbés par des conditions climatiques variables, notamment la présence de vent plus ou moins fort.

Faute de régulation automatique, c'est donc l'opérateur-riche qui doit intervenir pour limiter les pertes d'énergie évitables par les fumées. Il peut être intéressant d'utiliser une clé de tirage pour limiter un excès de tirage (journée venteuse, combustible produisant beaucoup de gaz volatils, comme du bambou, par exemple...). Cela nécessite toutefois des opérateur-rices bien formé-es.

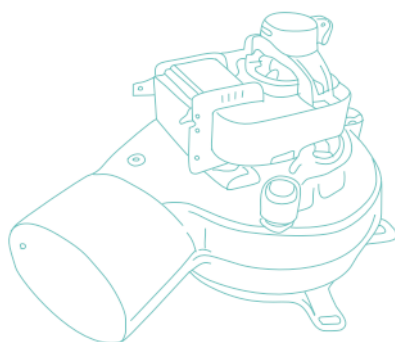
Le dimensionnement et l'installation d'un **conduit de fumée** tout comme son ramonage régulier sont autant d'éléments à prendre en compte pour s'assurer du bon fonctionnement de l'équipement de cuisson sur la durée. Son rôle et son intérêt sont très souvent sous-estimés. On peut juger de la maîtrise technologique de la combustion de biomasse par la qualité des systèmes d'extraction des gaz de combustion (tirage naturel ou assisté).

L'extracteur mécanique (tirage assisté)

L'extracteur mécanique peut constituer une alternative pertinente à un conduit de fumée. Il sera dimensionné suivant le débit à extraire. La puissance électrique nécessaire dépassera rarement 100 W dans notre cas (lié au débit des fumées et aux pertes de charge totales), une option photovoltaïque est donc envisageable. L'intérêt d'un extracteur mécanique est de faciliter la phase d'allumage mais surtout de pouvoir réduire fortement la température de sortie des gaz de combustion après échange avec la marmite ou tout échangeur spécifique. Qui dit réduction de la température des fumées dit réduction des pertes thermiques, donc un meilleur rendement énergétique global et ainsi une réduction de la consommation en combustible.



EXTRACTEUR MÉCANIQUE SPÉCIFIQUE
COMBUSTION BOIS/GRANULÉ.



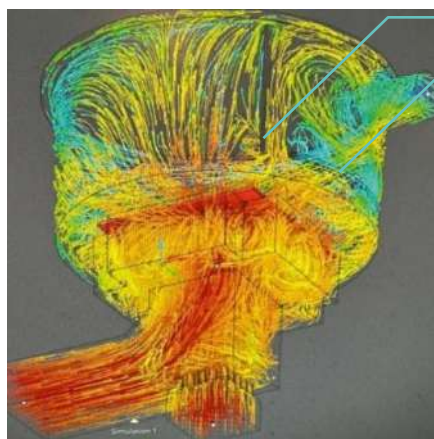
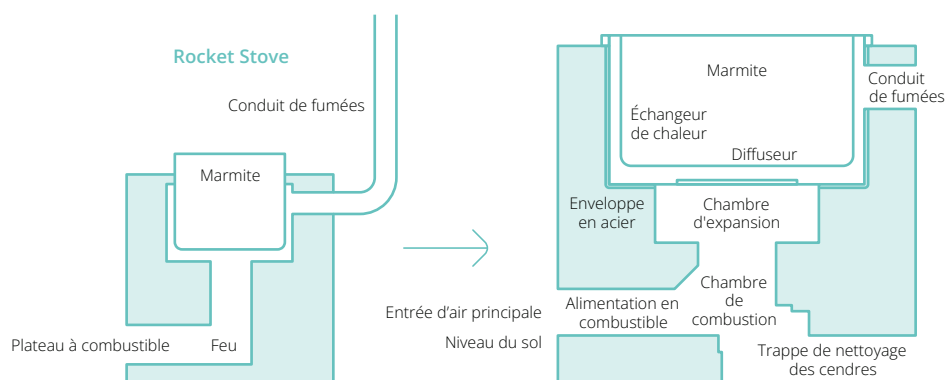
CERTAINS ÉLÉMENTS PEUVENT ÊTRE CONSTRUITS PAR UN ATELIER
MÉCANIQUE LOCAL ET AJOUT D'UN PETIT MOTEUR ÉLECTRIQUE

Points chauds (« effet Leidenfrost ») à éviter pour la cuisson avec les technologies de combustion à tunnel de développement de flamme

Une difficulté technique à régler lors d'une combustion propre de biomasse est une concentration des flammes avec une température au-dessus de 800 °C dans un tunnel débouchant sous la marmite, comme c'est le cas pour les modèles « rocket », par exemple. Les opérateurs se plaignent du risque de brûlure des aliments, mais aussi d'une faible durée de vie des fonds de marmites ce qui peut limiter la diffusion de tels équipements de cuisson propre.

Plusieurs solutions existent pour pallier ce problème. Nous présentons ci-dessous celle développée au Rwanda par l'expert concepteur-constructeur Crispin Pemberton-Pigott en appui au programme GIZ-EnDev⁴⁵. Elle consiste en une combinaison efficace d'une chambre d'expansion pour ralentir les gaz, d'un « diffuseur » pour répartir la chaleur sous la marmite et de chicanes sur la paroi latérale de la marmite (ici en inox) pour obtenir une répartition plus homogène de la chaleur autour de celle-ci.

Figure 2 – Schéma de principe « rocket stove » avec chambre d'expansion et diffuseur développé au Rwanda



Chicanes verticales et une horizontale (côté conduit de fumées) soudées sur la marmite.

La simulation par logiciel de dynamique des fluides montre une bonne répartition des températures autour de la marmite



Diffuseur

45 - Lien pour mieux comprendre la démarche de conception du diffuseur et des chicanes : https://www.newdawnengineering.com/website/library/Papers%2BArticles/CAU/CAU_FREPDC_2023/.

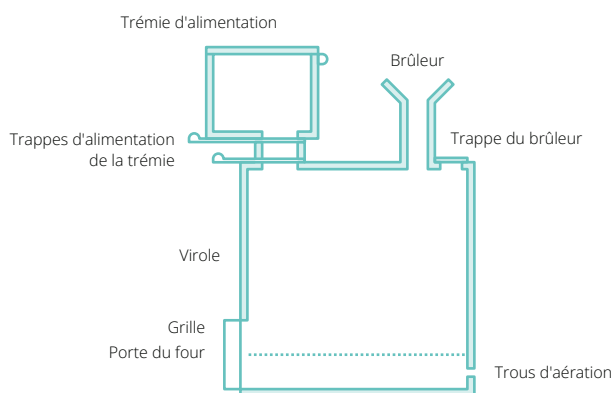
Option brûleur/pyrolyseur

Lorsqu'il s'agit d'utiliser une biomasse très spécifique, une option technologique est d'avoir recours à un brûleur ou à un pyrolyseur et d'utiliser la flamme produite pour échanger soit directement avec la marmite, soit à travers un échangeur, dans le cas d'une chaudière, par exemple.

On peut faire appel à une technologie importée, comme, par exemple, ce que propose BioMassters pour les écoles au Rwanda avec un brûleur à granulés à alimentation automatique après rénovation des cuiseurs (cf. [page 88](#)).

Cela peut aussi passer par une appropriation technologique locale, comme l'initiative menée par Nitidae pour valoriser les coques d'anacarde après décortiquage : un pyrolyseur simple et robuste a été conçu pour carboniser des charges successives de ces coques dans le carbonisateur en défaut d'air.

Figure 3 – Schéma du pyrolyseur de coques d'anacarde développé par Nitidae (par alimentation discontinue)



Combustion des gaz de pyrolyse

Les gaz de pyrolyse sont alors brûlés en partie haute en présence d'oxygène (air). La flamme produite arrive dans le plénum amont de l'échangeur tubulaire de la chaudière vapeur positionnée au-dessus. La vapeur générée sert ensuite à fragiliser les coques d'anacarde fraîches avant décortiquage.



Pour aller plus loin :

Projet BioStar : [BIOSTAR, des bioénergies pour les PME d'Afrique de l'Ouest](#)

PEMBERTON-PIGOTT Crispin. *Development of a 465-Litre, Tier 5 Institutional Wood Stove Using Ceramic Fiber Insulation for Rapid Heat-Up*. CAU-FREPDC 2023 Conference Paper, New Dawn Engineering Inc., déc. 2023, 39 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13609

ROGAUME Yann. « La combustion du bois et de la biomasse ». *Pollution Atmosphérique : Numéro spécial*, mars 2009, 17 p. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13610

NUSSBAUMER Thomas, *Combustion and Co-Combustion of Biomass: Fundamentals, Technologies, and Primary Measures for Emission Reduction*. *Energy & Fuels*, vol. 17, déc. 2003, p. 1510-1521. Lien de téléchargement : https://bdd.pseau.org/outils/biblio/index.php?pgmpseau_id=77&l=fr&d=13637

Annexe 3 : Caractérisation des performances énergétiques des équipements de cuisson

En théorie, la caractérisation énergétique des équipements de cuisson est définie simplement par une série de ratios mesurés en laboratoire ou, de préférence, sur le terrain. Seul, le terrain doit servir de référence pour évaluer les performances réelles des solutions de cuisson en contexte d'usage. Extrait ISO 19867-3 : « Il est recommandé de privilégier des études sur le terrain, qui représentent le meilleur moyen d'évaluer les impacts d'une intervention ou d'un programme de foyer dans le monde réel. »

A. Consommation d'énergie spécifique : le juge de paix

La consommation d'énergie spécifique est le ratio le plus important, celui qui permet de comparer les technologies sur le terrain. C'est une donnée que le gérant du site d'activité de cuisson a la capacité de mesurer et qui impacte directement son budget énergie. Il s'agit de la quantité d'énergie consommée, nécessaire à la cuisson, divisée par la quantité de produits finis ou de repas distribués (voire d'élèves, pour les cantines scolaires, par exemple).

Exemples de sites de cuisson	Ratio consommation spécifique
Cantine scolaire, centre de santé, centre pénitentiaire...	kWh/repas servis ou par élève, etc.
Boulangerie	kWh/kg de pain produit
Unité de production d'huile essentielle	kWh/L d'huile essentielle

Comment la mesurer ?

La mesure des quantités de produits finis, de repas distribués ou d'élèves servis nécessite la mise en place d'un système de suivi rigoureux lors de chaque session de cuisson. Pour la mesure de l'énergie utilisée, on a recours à des compteurs électriques dédiés pour la zone de cuisson, à l'analyse des factures d'achat pour les combustibles avec les quantités livrées. Il s'agira de convertir ces quantités en kilowattheures (cf. annexe 4 pour les combustibles dérivés de la biomasse).

C'est donc une mesure qui n'exige pas une instrumentation coûteuse, mais plutôt un engagement sur la durée dans le suivi des consommations énergétiques dédiées à la cuisson et des repas servis ou des quantités de produits finis, soit un gérant impliqué et un suivi rigoureux. Plus la mesure sera menée sur une longue durée, moins il y aura un risque de biais (climatique, saisonnier, aléas divers).

Si cette possibilité de collecter les informations directement des gérants n'est pas envisageable, il faut mandater **une personne spécialisée dans les audits énergétiques de courte durée** sur quelques cycles de cuisson pour établir les différents ratios de performance énergétique, dont la consommation d'énergie spécifique. Il est recommandé de préciser l'intervalle de confiance des ratios mesurés pour conclure de manière objective

d'une différence statistiquement significative entre les consommations spécifiques des solutions de cuisson à comparer.

Consommation d'énergie spécifique (CES) et économie d'énergie

Si on a $CES1 < CES2$, avec $CES1$ la consommation d'énergie spécifique de la solution de cuisson la plus performante, l'économie d'énergie en pourcentage est donc $E = (1 - CES1 / CES2) \times 100$.

Les précautions dans l'interprétation

Pour pouvoir comparer des consommations d'énergie spécifiques entre elles, il faut identifier les facteurs qui vont influencer sur leurs valeurs en dehors des seules performances énergétiques des solutions de cuisson. Ces facteurs influents sont nombreux.

Pour le secteur institutionnel, on peut lister :

- la saison et les conditions climatiques ;
- l'âge des élèves ;
- le type d'élève, externe ou pensionnaire ;
- la nature des repas préparés ;
- la taille et le matériau des marmites ;
- la maîtrise des opérateur-rices.

En saison froide, quelle que soit la technologie, il faut plus d'énergie pour la préparation des repas. Avec l'âge des élèves, la taille des portions augmente et donc le besoin en énergie de cuisson aussi. Un élève pensionnaire consomme, en dehors du petit déjeuner, deux repas par jour (midi et soir), alors qu'un externe ne consomme qu'un seul repas. Certains plats vont nécessiter plus d'énergie (énergie utile) pour leur confection. Par exemple, la cuisson des haricots nécessite plus d'énergie que celle du riz. Une marmite non adaptée à la puissance du brûleur génère plus de perte d'énergie et donc une consommation spécifique plus élevée. Les opérateur-rices, en fonction de leur maîtrise, réduisent ou au contraire accroissent le besoin en énergie de cuisson : trempage des légumineuses, adaptation de la puissance, usage de couvercle, durée de cuisson, modalités de chargement en combustible, etc.

Pour le productif, d'autres facteurs sont influents :

- équipement utilisé en continu ou à chaud (temps réduit entre deux cycles de cuisson) ou à froid (temps long entre deux cycles de cuisson) ;
- mauvais nettoyage des surfaces d'échanges thermiques, le cas échéant ;
- nature de la MP plus ou moins humide.

Les autres facteurs déjà mentionnés pour l'institutionnel restent pertinents pour le productif. La conduite du cycle de cuisson, de torréfaction, de distillation, de fragilisation... influe sur l'énergie consommée et donc sur la consommation d'énergie spécifique.

En résumé, comparer deux technologies dans des contextes d'usage différents par la mesure des consommations d'énergie spécifiques nécessite de prendre quelques précautions avant de conclure.

Cas du bois-biomasse

Il sera préférable, sur la base de la caractérisation du contenu énergétique de la biomasse concernée (cf. annexe 4), de traduire les kilogrammes de bois en kilowattheures (ou MJ). On note de très fortes variations de contenu énergétique par kilogramme entre des lots de bois d'essences et de teneurs en eau différentes. Toutefois, faute de possibilité de mesurer le contenu énergétique du bois, **sur un même site sur un temps long**, le calcul de la consommation spécifique, moyennée par exemple sur une année entière, si l'approvisionnement et le stockage n'ont pas été modifiés, permettra de comparer les performances énergétiques entre deux technologies (si même contexte d'usage).

B. Rendement énergétique

Le rendement énergétique est une notion bien plus théorique que celle de consommation d'énergie, et qui peut prêter à confusion. Il s'agit d'un nombre sans dimension exprimé en pourcentage et défini comme un ratio, à savoir l'énergie utile (énergie minimale pour accomplir une tâche énergétique) divisée par l'énergie consommée (énergie utilisée pour accomplir cette tâche).

Comment le mesurer ?

L'énergie consommée est facilement mesurable par le biais de compteurs électriques (wattmètres) et de balances suffisamment précises pour les combustibles (avec en outre la mesure de la teneur en eau pour les dérivés de la biomasse).

La mesure de l'énergie utile est, elle, plus délicate. En laboratoire, on ne considère que l'énergie nécessaire à porter l'eau utilisée à ébullition et l'énergie de vaporisation de l'eau évaporée durant la phase de mijotage (puissance définie d'après les observations sur le terrain).

D'après l'ISO 19867-3 : $Q1 = Cp \times G1 \times (T2 - T1) + (G1 - G2) \times \gamma$

sachant que :

- Q1 est l'énergie utile en kJ ;
- Cp est la capacité calorifique de l'eau entre 20 °C et 100 °C, soit 4,18 kJ/kg.K ;
- G1 est la masse initiale de l'eau dans le récipient de cuisson, en kg ;
- G2 est la masse finale de l'eau dans le récipient de cuisson, en kg ;
- T1 est la température initiale de l'eau dans le récipient de cuisson, en °C ;
- T2 est la température du point d'ébullition local, en °C ;
- γ est la chaleur latente de la vaporisation de l'eau au point d'ébullition, soit 2 257 kJ/kg.

La théorie

Un meilleur rendement induit plus d'économie, ce qui est logique.

Si on a $R1 > R2$, l'économie de combustible en pourcentage est $E = (1 - R2/R1) \times 100$

La pratique

Un cuiseur avec un meilleur rendement mais mal utilisé (marmite non adaptée, non-recours au couvercle, biomasse non adaptée, trop humide ou non calibrée...), trop puissant ou avec un réglage de puissance non adapté aux allures de cuisson ou un encrassement rapide des zones d'échange thermique, ne procure pas les économies d'énergie espérées. Il a déjà été constaté qu'un rendement énergétique potentiel de 50 % mesuré en laboratoire ne s'évalue en contexte réel qu'autour de 30 %.

C. Caractérisation des pertes thermiques (comportement thermique)

On appelle « pertes thermiques » toute l'énergie thermique non utilisée. C'est simplement la soustraction de l'énergie utile à l'énergie fournie (consommée).

On distingue trois grandes catégories de pertes thermiques :

- les pertes surfaciques ;
- les pertes par les gaz de combustion après échange (le cas échéant) ;
- les pertes par inertie thermique.

La caractérisation de ces pertes thermiques demande une instrumentation spécifique et une connaissance théorique des échanges thermiques. Nous ne rentrerons pas dans les détails, ici.

Les pertes surfaciques nécessitent l'usage de thermocouples de contact et/ou d'un thermomètre infrarouge avec ajustement de l'émissivité suivant la nature de la paroi. Les pertes vers le sol sont plus difficilement quantifiables. Les pertes surfaciques sont faibles au début et augmentent au fur et à mesure de la mise en chauffe de l'équipement de cuisson. La température de surface atteint généralement un équilibre par échange avec l'extérieur au bout de quelques heures pour les équipements les plus massifs.

Pour l'estimation des pertes par les fumées, il faut un analyseur de combustion étalonné fournissant le taux d'oxygène volumique. Une formule simple est alors utilisable, dite « de Siegert »⁴⁶, pour estimer ces pertes (ADEME, 2014).

$P_{\text{fumées}} \text{ (en \%)} = f \times (T_{\text{fumées}} - T_{\text{air ambiant}}) / \text{CO}_2 \text{ mesuré}$

avec :

- $P_{\text{fumées}}$ = pertes en pourcentage dans les fumées ;
- $T_{\text{fumées}}$ = température des fumées après échange avec la marmite/échangeur dédié, en °C ;
- $T_{\text{air ambiant}}$ = température de l'air environnant, en °C ;
- f = coefficient fixé à 0,78 pour le bois ;
- $\text{CO}_2 \text{ mesuré ou calculé}$ = $\text{CO}_2 \text{ calculé}$ par l'analyseur de combustion d'après O_2 ⁴⁷.

Pour mesurer les pertes dues à l'inertie thermique non utilisée par la cuisson suivante (remontée à la température d'équilibre de l'ensemble de l'équipement de cuisson), il faudrait être en mesure d'estimer la masse des différents matériaux et leur température moyenne en fin de cuisson et jusqu'à la prochaine cuisson. Cela s'avère plus délicat.

⁴⁶ - Il est possible de trouver des coefficients différents pour le bois pour la formule de Siegert suivant les sources et les constructeurs d'analyseurs de combustion ; nous fournissons ici celle proposée par l'ADEME.

⁴⁷ - $\text{CO}_2 \text{ calculé} = \text{CO}_2 \text{ max} \times (1 - \text{O}_2 \text{ mesuré}/21)$, avec $\text{CO}_2 \text{ max}$ pour le bois = 20,3.

Les pertes surfaciques (en phase de mise en chauffe) et par les fumées (sur la durée de la combustion) doivent être mesurées avec un pas de temps suffisamment court (autour de la minute) pour réduire les erreurs d'interprétation. Il est donc préférable d'avoir recours à des enregistreurs pour établir des bilans thermiques fiables.

Cette caractérisation thermique de l'équipement a son intérêt en phase de développement technologique pour chercher à réduire les pertes observées (réglage des entrées d'air, pertinence d'une meilleure isolation, performance de l'échange thermique avant sortie en bas de conduit de fumée, etc.).

ANNEXE 4 : Fiches outils

Contenu énergétique (CE) de la biomasse (ou PCI, pouvoir calorifique inférieur)

Le contenu énergétique ou PCI d'une biomasse (brute, carbonisée ou densifiée) est fonction de son PCI anhydre à pression constante (biomasse séchée en étuve). Cette valeur est obtenue après mesure dans un calorimètre (mesure du pouvoir calorifique supérieur à volume constant et prise en compte de la composition en H, O et N pour calculer le PCI anhydre à pression constante).

Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) comptabilise en plus l'énergie de condensation de la vapeur produite. La plupart du temps, cette énergie n'étant pas récupérée par les appareils à combustion, on a préféré pour les calculs, notamment de rendement énergétique, le PCI comme base d'énergie réellement utilisable.

Une fois connu le PCI anhydre par kilogramme de biomasse (littérature⁴⁸ ou mesure en laboratoire), il suffit d'appliquer la formule suivante pour un PCI (en kWh/kg) en fonction de sa teneur en eau.

$$\text{PCI}_{\text{brut}} = \text{PCI}_{\text{anhydre}} \frac{100 - E}{100} - 0,0067861 * E$$

Avec :

- E = teneur en eau mesurée de la biomasse, en % sur masse brute (masse eau/masse totale)

Le premier terme explique en grande partie la perte de l'énergie contenue dans la biomasse humide, on n'applique le PCI anhydre que sur la seule partie contenant de la biomasse.

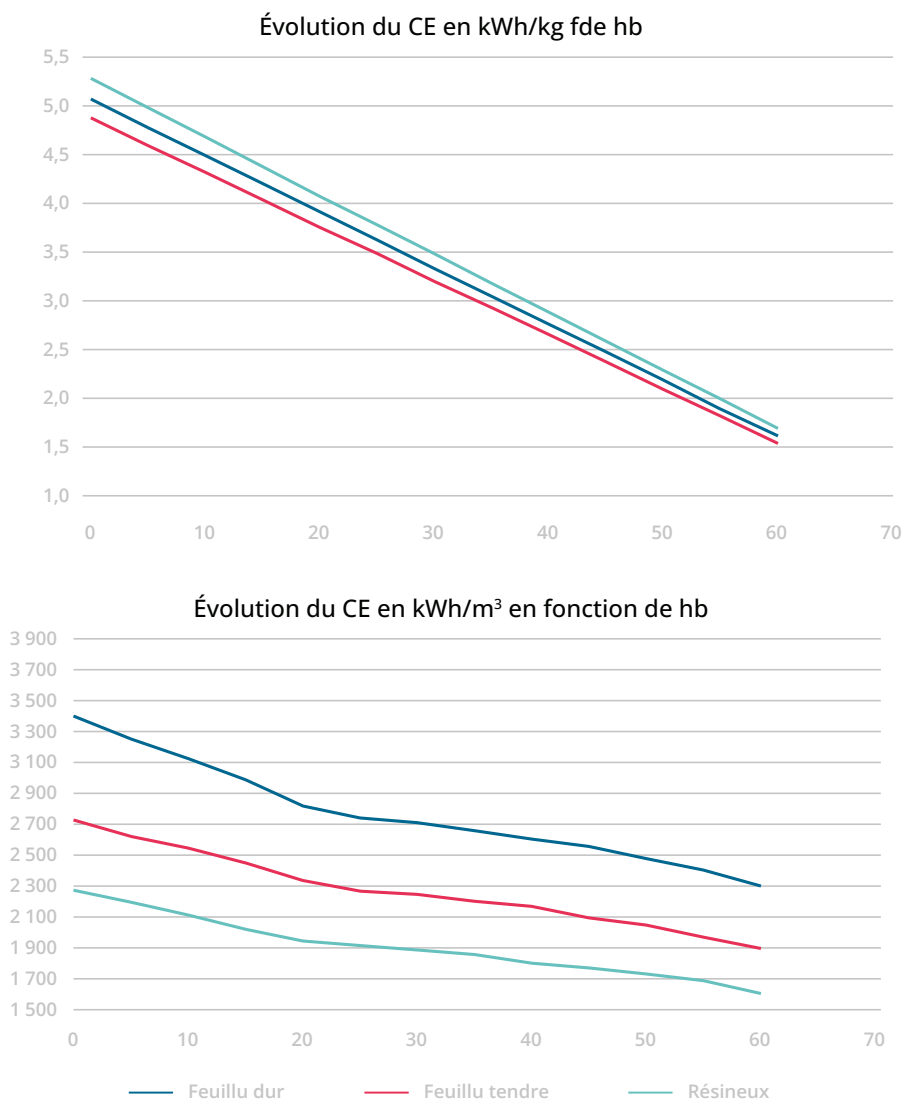
Le second terme signifie qu'en plus de n'apporter aucune énergie l'eau présente en absorbe (issue de la chaleur produite lors de la combustion) pour se vaporiser. Le coefficient correspond à la chaleur (enthalpie) de vaporisation à pression constante à 25 °C (convention normalisée) exprimée en kWh/kg. C'est donc une double peine énergétique d'avoir de l'eau dans sa biomasse.

Pour le bois, la variation de PCI anhydre par kilogramme est relativement faible suivant son essence, **la teneur en eau reste le facteur le plus influent sur le PCI brut**. Au-delà de 30 % de teneur en eau, le PCI brut ne représente plus que la moitié de la valeur du PCI anhydre.

Il est indispensable **de travailler en masse** pour connaître la quantité d'énergie collectée ou achetée avec la biomasse. Travailler en volume (m³ ou stères) est source d'erreur. En effet, la variabilité du PCI est très forte en fonction de l'essence si on travaille en mètres cubes, ce qui complique la mesure de l'énergie consommée (cf. courbes ci-dessous).

48 - <https://phyllis.nl/Browse/Standard/ECN-Phyllis>, base de données PCI et autres caractéristiques de diverses biomasses.

Figure 1 et 2 – Évolution du contenu énergétique du bois par kg ou par m³ en fonction de la teneur en eau sur masse brute



La notion de contenu énergétique par volume est utilisée plus spécifiquement dans les problématiques de transport, de stockage ou de dimensionnement de chambre de combustion (pyrolyse) par alimentation manuelle (temps entre deux chargements).

Pour la mesure de la teneur en eau, il faut être en mesure d'échantillonner son stock de biomasse. On sépare les lots par durée de séchage après coupe et par diamètre des bûches de bois pour disposer de lots homogènes. Au centre des bûches de grand diamètre, la teneur en eau est plus élevée qu'en surface. Il faut donc fendre des bûches à échantillonner et mesurer à cœur en deux endroits avec un hygromètre à pointe calibré pour le bois.



Pour plus de fiabilité, on privilégie le recours à un micro-ondes (mesure rapide) ou à une étuve (minimum 24 heures à une température de 5 °C au-dessus du point d'ébullition) avec une balance suffisamment précise (erreur maximale de 1 % sur la mesure). Pour la biomasse carbonisée, seule l'étuve est recommandée.

Ressource :

[Site web du Réseau Cicle](#)

Calcul des facteurs d'émission des énergies de cuisson

Hormis le cas de l'énergie solaire en usage direct (four ou cuiseur solaire), le recours à une énergie de cuisson est une source d'émission de gaz à effet de serre (GES).

Pour l'électricité, ce facteur d'émission par kilowattheure dépend du mix énergétique. On parle d'« intensité carbone ». Il est possible d'obtenir cette information, qui est réévaluée tous les ans, pour chaque pays.

Figure 3 – Intensité carbone suivant la nature des centrales électriques ; exemple pour quelques pays en Afrique

Type de centrale	Émissions (gCO ₂ e/kWh)	Pays	Facteur émission électricité (gCO ₂ e/kWh)
Charbon	820	Afrique du Sud	683
Pétrole (fioul)	600	Bénin	480
Gaz naturel	490	Niger	512
Photovoltaïque	48	Ouganda	58
Hydraulique	24	Rwanda	285
Nucléaire	12	Tanzanie	342
Éolien	11-12		

Source : GIEC, 2018

Source : Lowcarbonpower, 2022

Pour les combustibles de cuisson, il suffit de multiplier leur poids consommé par leur facteur d'émission exprimé en grammes équivalent CO₂ par kilogramme de combustible. On utilise ici la méthodologie Gold Standard pour définir la formule de calcul des facteurs d'émission en équivalent CO₂ en prenant en compte trois gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O).

Figure 4 – Facteurs d’émission combustion (d’après les valeurs de CLEAR⁴⁹, annexe 5, 2025)

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	g équivalent CO ₂ /kg *
Bois-biomasse	1 747 g	4,68 g	0,0624 g	= fNRB x 1 747 + 144
Charbon de bois	2 316 g	5,9 g	0,236 g	= fNRB x 2 316 + 225
Kérosène	3 150 g			= 3 150
Éthanol	2 180 g			= 0 (considéré comme renouvelable)
GPL	3 000 g			= 3 000
Biogaz	1 800 g/m ³			= 0 ** (considéré comme renouvelable)

* Le CH₄ a un pouvoir de réchauffement global, à l’horizon de 100 ans, de 27 (non fossile) à 29,8 (fossile) fois plus important que le CO₂. Ce facteur est de 273 pour le N₂O (d’après le 6^e rapport du GIEC, AR6).

** Il faut s’assurer de l’absence de fuite de biogaz (usage de la totalité du gaz produit, étanchéité de l’installation).

On remarque que pour les combustibles issus de biomasse, une notion de renouvelabilité de la ressource entre en jeu. La formule de Gold Standard (colonne de droite) permet de calculer pour chaque contexte le facteur d’émission final prenant en compte cette renouvelabilité. Par exemple, pour l’éthanol, il est considéré que la ressource est exploitée de manière renouvelable, sa fNRB est donc nulle.

Le calcul de la fNRB doit passer par des études géographiques du stock de biomasse et de scénarios d’utilisation et d’évolution de cette biomasse. Il est recommandé par les méthodologies finance carbone les plus récentes de se reporter aux valeurs établies grâce à l’outil MOFUSS⁵⁰ ou au TOOL 33⁵¹ de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques.

Pour les **combustibles solides, l’émission de CH₄ et N₂O, bien que réduite, ne peut être négligée** compte tenu du fort pouvoir de réchauffement global de ces deux gaz. La formule utilisée ne multiplie pas la valeur obtenue d’équivalent CO₂ pour ces deux gaz par la fNRB, en considérant qu’ils ne sont pas recyclés par la croissance de la biomasse, contrairement au CO₂ par photosynthèse. Ainsi, même si le bois est considéré comme une biomasse renouvelable (fNRB nulle), dans ce cas, contrairement à l’éthanol ou le biogaz, il se voit attribuer un facteur d’émission.

D’autre part, les méthodologies récentes prennent en compte les émissions de GES en amont de la seule combustion. Ce sont celles produites lors de l’extraction, du raffinage, du stockage, du conditionnement et du transport du combustible, et, le cas échéant, lors des fuites.

Pour le bois, vu la faible mécanisation et un transport généralement sur de courtes distances, ces émissions amont sont négligées.

Pour l’éthanol, la méthodologie CLEAR fournit un facteur d’émission par défaut en lien avec la production amont dans le cas d’une production d’éthanol à partir de canne à sucre.

49 - https://unfccc.int/sites/default/files/resource/A6.4_PNM004_appendices_methodology_clear.pdf

50 - https://www.mofuss.unam.mx/mofuss/files/Report_on_Updated_fNRB_Values_20_June_2024.pdf, tableau 5.

51 - <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-33-v3.pdf>, tableau 3.

Facteurs d’émissions amont et totales pour le charbon de bois, le GPL et l’éthanol

Pour le charbon de bois, la méthodologie CLEAR donne des valeurs par défaut issues de mesures effectuées lors du procédé de carbonisation traditionnel avec un ratio de conversion de 6 kg de bois pour 1 kg de charbon de bois.

Pour le GPL, si on prend en compte l’analyse de cycle de vie des énergies de cuisson réalisée en 2016 par le CCA⁵², il faudrait ajouter autour de 2,6 kg de CO₂ au facteur d’émission de la combustion seule, qui plus est sans prendre en compte les fuites occasionnelles. Pour le moment, la méthodologie CLEAR se contente d’ajouter le transport avec une valeur par défaut de 0,79 kg de CO₂/kg de GPL.

Figure 5 – Facteurs d’émission amont et totaux pour le charbon de bois, le GPL et l’éthanol (d’après Méthodologie CLEAR, annexe 4, 2025)

	CO ₂	Non CO ₂	g équivalent CO ₂ /kg
Charbon de bois (production)	4 170 g	2 790 g	= fNRB x 4 170 + 2 790
Charbon de bois (prod + comb)	6 525 g	3 019 g	= fNRB x 6 525 + 3 019
GPL (amont + combustion)	3 787 g		= 3 787
Éthanol (production et combustion)	633 g		= 633

Calcul de la VAN

La valeur actuelle nette (VAN) est un indicateur financier qui mesure la valeur créée par un investissement et constitue le critère déterminant pour faire un choix d’investissement pour une unité productive. Nous présentons ici une explication simplifiée pouvant aussi s’appliquer pour des activités non formelles.

La VAN est la différence entre la somme des flux de trésorerie actualisés en début de période (an 0) et le capital investi. Elle quantifie l’avantage absolu procuré par l’investissement, qui doit être positif et le plus élevé possible. Si la VAN est négative, l’investissement ne peut pas être retenu.

Cet avantage s’appuie sur une série d’hypothèses établies au plus près de la réalité et des évolutions attendues : rythme de production, prix de vente des divers produits finis, coût des intrants (MP, combustible), frais divers, dépenses d’entretien et maintenance, impôt sur le bénéfice, etc.

À partir de ces hypothèses, il est possible de calculer les flux de trésorerie prévus chaque année, disons sur 10 ans. On peut schématiser ce calcul des flux de trésorerie par un tableau simplifié à adapter selon le contexte.

52 - <https://cleancooking.org/wp-content/facit/assets-facit/Comparative-Analysis-for-Fuels-Executive-Summary.pdf>, tableau 1-2.

Libellé	An 0	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	An 6	An 7	An 8	An 9	An 10
Vente PF 1	+										
Vente PF 2	+										
Chiffre d'affaires (CA)	=										
Achat combustible	-										
Autres achats	-										
Marge brute	=										
Frais entretien	-										
Frais petit outillage	-										
Valeur ajoutée	=										
Récap salaires	-										
Impôts et taxes spécifiques	-										
Excédent brut d'exploitation	=										
* Dotation aux amortissements	-										
Résultat brut d'exploitation	=										
Frais financiers/intérêts emprunt	-										
Frais assurance emprunt	-										
Résultat avant impôt	=										
Impôts sur bénéfice	-										
* Résultat net	=										
Flux trésorerie (FT)	+										

Au chiffre d'affaires, on déduit chaque ligne blanche. Les lignes vertes sont le résultat des soustractions antérieures et portent une désignation financière spécifique.

Les flux de trésorerie pour chaque année sont la somme **résultat net + dotation aux amortissements**. Ils sont disponibles et se cumulent sur les 10 ans.

Si on ne prend pas en compte la possibilité de vendre cet équipement au bout de 10 ans (valeur résiduelle), la formule de la VAN est :

$$VAN = - C + FT \text{ année } 1/(1 + i)^1 + FT \text{ année } 2/(1 + i)^2 + \dots + FT \text{ année } 10/(1 + i)^{10}$$

Avec :

- C = capital investi (achat du nouvel équipement de cuisson propre dans notre cas),
- i = taux d'actualisation,
- FT = flux de trésorerie prévus à la fin de chaque exercice annuel.

Le **taux d'actualisation** correspond au taux de rentabilité souhaité par l'entreprise. Il équivaut au coût du capital finançant le projet et s'exprime en pourcentage. Si **la VAN est négative**, cela signifie que l'investissement n'est pas suffisamment rentable. Pour réaliser un choix entre deux types d'équipements de cuisson avec des durées de vie, des frais d'entretien, des coûts de combustibles différents, on compare les VAN à 10 ans pour sélectionner l'option avec la VAN la plus élevée.

Le **temps de retour** correspond à l'année où la **VAN est nulle**.

Estimation de l'impact sanitaire : usage de l'outil HAPIT 3.1.1

Pour établir les liens de causalité, on rentre ici dans le cadre d'études épidémiologiques, dites « études de cohorte », sur un nombre important d'individus, autour du millier au minimum, et sur plusieurs années. Cela permet d'évaluer l'impact du niveau d'exposition par utilisation de la solution traditionnelle en comparaison avec le niveau d'exposition réduit pour des opérateur-rices utilisant une solution de cuisson propre. On comprend bien que ce type d'étude est généralement hors de portée des programmes de diffusion en cuisson propre.

Il est toutefois possible comme approche alternative de mesurer sur un échantillon test minimal d'opérateur-rices (cf. recommandations Gold Standard ci-dessous) les niveaux d'exposition aux PM_{2,5} et CO, moyennés sur 24 heures, grâce à des équipements portables⁵³. Un échantillon identique de personnes utilisant la solution de cuisson traditionnelle devra être suivi de manière identique pour établir le scénario de base.



Photo : © Climate Consulting Solutions

Système de collecte sur filtre des particules fines (pompe silencieuse avec un cyclone séparateur PM_{2,5}) nécessitant la pesée ultérieure des filtres sur balance de précision.

Système d'estimation indirecte de la concentration en particules fines d'après la mesure de la diffusion d'un rayon lumineux.

Il est alors possible à partir de l'outil HAPIT fourni par l'OMS (<https://householdenergy.shinyapps.io/hapit3/>), pour le pays d'intervention, de comparer les impacts sanitaires entre deux groupes d'opérateur-rices (deux moyennes sur 24 heures de concentration en PM_{2,5}). Les simulations fourniront pour les cinq maladies retenues le nombre de décès et d'années de vie ajustées en fonction de l'invalidité évitée avec la solution de cuisson moins émissive.

Bien que cet outil de simulation d'impact sanitaire soit conçu pour des ménages, il est possible de paramétrer les variables pour des sites d'activité de cuisson (mentionner le nombre d'adultes, etc.).

⁵³ - Seuls les équipements portables prennent en compte les niveaux réels d'exposition auxquels sont confrontés sur 24 heures les opérateur-rices (site d'activité de cuisson, habitation, déplacements extérieurs, etc.)

Gold Standard précise les modalités de mise en place de telles études d'impact sanitaire (« Methodology to Estimate and Verify Averted Mortality and Disability Adjusted Life Years (ADALYs) from Cleaner Household Air ») avec les recommandations d'échantillonnage suivantes :

- lot de moins de 300 personnes : taille d'échantillon 30 personnes ;
- lot entre 300 et 1 000 personnes : taille d'échantillon 10 % du lot ;
- lot supérieur à 1 000 personnes : taille d'échantillon minimale de 100 personnes.

Pérenniser l'accès à une solution de cuisson propre à usage productif et/ou institutionnel

Le Réseau Cicle, par ce guide méthodologique, cherche à aborder la problématique de la cuisson propre dans les secteurs de l'institutionnel et du petit productif pour lesquels peu de ressources informationnelles et didactiques sont disponibles en comparaison avec la cuisson domestique. Ainsi, ce guide entend formuler une série de recommandations et proposer un éventail d'outils tirés des leçons apprises par diverses initiatives.

Vous y trouverez :

- Les bonnes questions à se poser à chaque étape : diagnostic, positionnement de la structure porteuse, phase pilote, passage à l'échelle ;
- Des exemples concrets et cas pratiques ;
- Une analyse et des recommandations spécifiques sur la prise en compte du genre ;
- Des ressources pour aller plus loin.

Le Réseau Cicle est soutenu par

