



REPUBLIKAN'I MADAGASIKARA  
Fitiavana - Tanindrazana - Fandrosoana



MADAGASCAR

# Planification Energétique Intégrée

RAPPORT SUR LA CUISSON PROPRE

JUIN 2024

EN PARTENARIAT AVEC :



## Autres ressources dans cette série

### Plan énergétique intégré à Madagascar



#### Electrification

- Rapport de synthèse
- Rapport technique



#### Cuisson Propre

- Rapport de synthèse
- Rapport technique



#### Chaînes du froid médicales et agricoles

- Rapport de synthèse
- Rapport technique



#### Collecte de données primaires

- Rapport technique



#### Données PEI en ligne

- Outil interactif de planification

### Powering Social Infrastructure à Madagascar



#### Powering Healthcare à Madagascar

- Evaluation du marché et feuille de route pour l'électrification des établissements de santé

EN SAVOIR PLUS SUR LE TRAVAIL DE SEforALL À MADAGASCAR

# Table des matières

<b>TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX .....</b>	<b>4</b>
<b>ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS.....</b>	<b>7</b>
<b>TERMES CLÉS .....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>12</b>
Aperçu du PEI de Madagascar .....	13
Objet du présent rapport .....	14
Objectifs du PEI dans le cadre du volet cuisson propre .....	15
<b>DEFIS DE LA CUISSON PROPRE A MADAGASCAR.....</b>	<b>16</b>
<b>METHODOLOGIE POUR L'ANALYSE DE L'ACCES A LA CUISSON PROPRE .....</b>	<b>19</b>
Aperçu de la méthodologie .....	20
Données secondaires.....	21
Données d'enquêtes.....	25
Technologies de cuisson et combustibles .....	30
Analyse géospatiale de l'accès à l'énergie.....	32
Analyse géospatiale de la cuisson propre.....	47
<b>RESULTATS GEOSPATIAUX DE LA CUISSON PROPRE .....</b>	<b>55</b>
Possession de foyers de cuisson.....	55
Consommation d'énergie finale.....	66
Coûts des foyers de cuisson .....	70
Coûts des combustibles de cuisson.....	71
Coûts de la cuisson propre.....	75
Impacts de la déforestation .....	76
Co-bénéfices.....	78
<b>COUTS DE LA CUISSON PROPRE ET ECART D'ACCESSIBILITE FINANCIERE.....</b>	<b>83</b>
Écart d'accessibilité financière.....	83
<b>RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>85</b>
<b>ANNEXE 1 : REFERENCES EN MATIERE DE CUISSON PROPRE .....</b>	<b>88</b>
<b>ANNEXE 2 : PARTIES PRENANTES DE LA CUISSON PROPRE .....</b>	<b>94</b>
<b>ANNEXE 3 : ENQUETE SUR LA CUISSON PROPRE .....</b>	<b>95</b>
<b>ANNEXE 4 : RESULTATS DE L'ENQUETE SUR LA CUISSON PROPRE .....</b>	<b>96</b>
<b>ANNEXE 5 : TECHNOLOGIES DE CUISSON .....</b>	<b>96</b>
<b>ANNEXE 6 : COMBUSTIBLES DE CUISSON .....</b>	<b>102</b>
<b>ANNEXE 7 : SEGMENTS DU MARCHE DE LA CUISSON DOMESTIQUE .....</b>	<b>104</b>
<b>ANNEXE 8 : SEGMENTS DU MARCHE DE LA CUISSON EN INSTITUTION .....</b>	<b>107</b>

# Table des figures et tableaux

Figure 1. Organigramme de l'élaboration du PEI.....	14
Figure 2. Aperçu de la méthodologie de la cuisine propre.....	20
Figure 3. Type de foyers et de combustibles par niveau MTF.....	27
Figure 4. Types de combustibles de cuisson pour les ménages et les institutions interrogés.....	28
Figure 5. Utilisation des foyers par les ménages et les institutions.....	28
Figure 6. Potentiel de cuisson électrique mesuré en pourcentage des structures connectées au réseau en 2023.....	35
Figure 7. Potentiel de cuisson électrique mesuré en pourcentage des structures connectées au réseau en 2030.....	35
Figure 8. Infrastructure GPL à Madagascar (extrait de Vakana 2023).....	36
Figure 9. Potentiel de bois par type de forêt.....	38
Figure 10. Potentiel géospatial de bois à Madagascar.....	38
Figure 11. Potentiel de production de bioéthanol à partir de toutes les sources.....	42
Figure 12. Potentiel des besoins totaux en énergie de cuisson pouvant être satisfaits par le potentiel de production d'éthanol à partir de toutes les sources dans chaque commune en 2023.....	42
Figure 13. Potentiel des besoins totaux en énergie de cuisson pouvant être satisfaits par le potentiel de production d'éthanol à partir de toutes les sources dans chaque commune en 2030.....	42
Figure 14. Potentiel de production de granulés/briquettes de biomasse.....	44
Figure 15. Potentiel des besoins totaux en énergie de cuisson pouvant être satisfaits par le potentiel de production de granulés/briquettes de biomasse dans chaque commune en 2023. ...	44
Figure 16. Potentiel des besoins totaux en énergie de cuisson pouvant être satisfaits par le potentiel de production de granulés/briquettes de biomasse dans chaque commune en 2030. ...	44
Figure 17. Potentiel de production de biogaz.....	47
Figure 18. Potentiel des besoins totaux en énergie de cuisson pouvant être satisfaits par le potentiel de production de biogaz dans chaque commune en 2023.....	47
Figure 19. Potentiel des besoins totaux en énergie de cuisson pouvant être satisfaits par le potentiel de production de biogaz dans chaque commune en 2030.....	47
Figure 20. Project possession des technologies de cuisson pour les ménages dans le scénario de base.....	55
<b>Figure 21. Classement par niveau des technologies de cuisson pour les ménages dans le scénario de base.....</b>	<b>56</b>
Figure 22. Project possession des technologies de cuisson pour les ménages dans le scénario universel.....	56
Figure 23. Classement par niveau des technologies de cuisson pour les ménages dans le scénario universel.....	57
Figure 24. Projet Possession des technologies de cuisson pour les institutions dans le scénario de base.....	57
Figure 25. Classement par niveau des technologies de cuisson pour les institutions dans le scénario de base.....	58

Figure 26. Projet Possession des technologies de cuisson pour les institutions dans le scénario universel .....	58
Figure 27. Classement par niveau des technologies de cuisson pour les institutions dans le scénario universel.....	59
Figure 28. Estimation des taux de possession de foyers pour 2023, le scénario de base 2030 et le scénario universel 2030. ....	59
Figure 29. Consommation d'énergie finale pour la cuisson des aliments par les ménages dans le scénario de base.....	68
Figure 30. Consommation d'énergie finale pour la cuisson dans les institutions dans le scénario de base.....	68
Figure 31. Consommation d'énergie finale pour la cuisson des aliments dans les ménages selon le scénario universel.....	68
Figure 32. Consommation d'énergie finale pour la cuisson dans les institutions selon le scénario universel .....	69
Figure 33. Quantité et coûts d'achat des foyers pour le scénario de base .....	70
Figure 34. Quantité et coûts d'acquisition des foyers pour le scénario universel.....	71
Figure 35. Coût total national des combustibles pour la cuisson des ménages dans le scénario de base.....	74
Figure 36. Coût total national des combustibles pour la cuisson dans les institutions selon le scénario de base.....	74
Figure 37. Coût total national des combustibles pour la cuisson des ménages dans le scénario universel .....	74
Figure 38. Coût total national des combustibles pour la cuisson dans les institutions selon le scénario universel.....	75
Figure 39. Déforestation et utilisation totale de la biomasse due aux foyers de cuisine pour le scénario de base.....	77
Figure 40. Déforestation et utilisation totale de la biomasse due aux foyers de cuisine pour le scénario universel .....	77
Figure 41. Causes totales de la déforestation liée à la cuisson des aliments entre 2023 et 2030 pour le scénario de base .....	78
Figure 42. Causes totales de déforestation liées à la cuisson des aliments entre 2023 et 2030 pour le scénario universel .....	78
Figure 43. Impact des ménages sur le climat dans le scénario de base .....	79
Figure 44. Impact des institutions sur le climat dans le scénario de base .....	79
Figure 45. Impact des ménages sur le climat dans le scénario universel .....	79
Figure 46. Impact des institutions sur le climat dans le scénario universel .....	80
Tableau 1. Combustibles et types de foyers utilisés par les ménages et les institutions.....	26
Tableau 2. Technologies de cuisson observées à Madagascar et données correspondantes .....	31
Tableau 3. Combustibles de cuisson observés à Madagascar et données correspondantes.....	32
Tableau 4. Combustibles de cuisson observés à Madagascar et les prix correspondants .....	32
Tableau 5. Modalités d'électrification et implications pour les considérations relatives à la cuisson électrique dans l'approche de modélisation .....	34
Tableau 6. Potentiel de bois par unité de surface et potentiel total de bois selon les types de forêts .....	37
Tableau 7. Type de four à charbon de bois et conversion correspondante du bois en charbon de bois .....	39

Tableau 8. Volumes de production annuelle de grain pour certaines cultures. ....	40
Tableau 9. Données sur l'utilisation des terres agricoles. (Banque mondiale, 2017) .....	40
Tableau 10. Facteurs de conversion de l'éthanol pour la composante grain des cultures sélectionnées. ....	41
Tableau 11. Potentiel de production d'éthanol pour certaines cultures si tous les grains sont convertis en éthanol. ....	41
Tableau 12. Facteurs de conversion pour les résidus agricoles et leur contenu énergétique. ....	43
Tableau 13. Potentiel de production de résidus agricoles pour certaines cultures si tous les déchets sont convertis en granulés et en briquettes. ....	44
Tableau 14. Nombre de têtes de bétail. (FAOSTAT, 2021) .....	45
Tableau 15. Volumes de production de biogaz pour une sélection de bétail. ....	46
Tableau 16. Potentiel de production de biogaz pour une sélection d'animaux d'élevage si tous les déchets sont convertis en biogaz. ....	46
Tableau 17. Localisation géospatiale des clients pour les foyers de cuisson .....	51
Tableau 18. Nombre de structures pour les ménages et les institutions par segment rural et urbain .....	51
Tableau 19. Types de combustibles et de foyers utilisés par les ménages nationaux pour les scénarios de modélisation. ....	53
Tableau 20. Type de combustible et de foyer de l'institution nationale pour les scénarios de modélisation. ....	54
Tableau 21. Besoins en énergie finale pour cuisiner sur différents types de foyer pour les ménages et les institutions .....	67
Tableau 22. Type de combustible biomasse et taux d'utilisation pour répondre à la demande en 2030 pour chaque scénario. ....	69
Tableau 23. Coûts de cuisson pour les ménages utilisant chaque type de foyer et reflétant l'écart de prix des combustibles dans les zones rurales et urbaines .....	72
Tableau 24. Coûts de cuisson pour les institutions utilisant chaque type de foyer et reflétant la différence de prix des combustibles pour les zones rurales et urbaines. ....	73
Tableau 25. Coût total des combustibles et des foyers dans le scénario de base .....	76
Tableau 26. Coût total des combustibles et des foyers dans le scénario universel .....	76
Tableau 27. Impacts sur la santé selon chaque scénario d'intervention .....	81
Tableau 28. Heures consacrées à la cuisine chaque jour, par type de combustible .....	81
Tableau 29. Temps consacré à la préparation des repas pour le cuisinier du ménage dans le scénario de base et le scénario universel .....	82
Tableau 30. Cas de référence pour le calcul de l'écart d'accessibilité financière .....	83
Tableau 31. Écart d'accessibilité financière pour le scénario de base. ....	84
Tableau 32. Écart d'accessibilité financière pour le scénario universel. ....	84

## ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

<b>ADER</b>	Agence de Développement de l'Electrification Rurale
<b>AFD</b>	Agence Française de Développement
<b>ARELEC</b>	Autorité de Régulation de l'Electricité
<b>ASS</b>	Afrique Sub-saharienne
<b>ASU</b>	Université d'État d'Arizona
<b>AVAI</b>	Année de Vie Ajustée sur Incapacité (Disability-Adjusted Life Year DALY)
<b>BAD</b>	Banque Africaine de Développement
<b>BT</b>	Basse Tension
<b>ESMAP</b>	Energy Sector Management Assistance Program - Programme d'assistance à la gestion du secteur de l'énergie de la Banque Mondiale.
<b>FBR</b>	Financement Basé sur les Résultats (« Result Based Finance » RBF).
<b>GdM</b>	Gouvernement de Madagascar
<b>GEAPP</b>	Global Energy Alliance for People and Planet
<b>GHI</b>	Global Horizontal Irradiation – Irradiation Solaire Horizontale Globale
<b>GIZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit – Agence coopération internationale allemande pour le développement
<b>GLCEP</b>	Geospatial Least-Cost Electrification Plan – Plan Géospatial d'Electrification à moindre coût
<b>GPL</b>	Gaz de Pétrole Liquéfié
<b>HAPIT</b>	Household Air Pollution Intervention Tool - Outil d'intervention sur la pollution atmosphérique des ménages
<b>HdU</b>	Heure d'Utilisation
<b>HT</b>	Haute Tension
<b>INSTAT</b>	Institut National de la Statistique
<b>IPP</b>	Independent Power Producer - Producteur d'électricité indépendant
<b>JIRAMA</b>	Jiro sy Rano Malagasy - Service publique historique d'électricité malagasy
<b>JSI</b>	John Snow Inc. – Organisation internationale focalisé sur la santé, l'éducation et l'inclusion socio-économique.
<b>MECS</b>	Modern Energy Cooking Services - Services de cuisson d'énergie moderne
<b>MEDD</b>	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
<b>MEH</b>	Ministère de l'Energie et des Hydrocarbures
<b>MINAE</b>	Ministère de l'Agriculture et l'Elevage
<b>MT</b>	Moyenne Tension
<b>MTF</b>	Multi Tier Framework – traduction littérale « Cadre Multi-Niveaux » - Cadre d'analyse de la Banque Mondiale pour définir les différents niveaux d'accès à l'énergie
<b>NPE</b>	Nouvelle Politique de l'Energie
<b>ODD</b>	Objectif de Développement Durable
<b>OMH</b>	Office Malgache des Hydrocarbures
<b>ONU</b>	Organisation des Nations Unies
<b>ONUUDI</b>	Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel

<b>OPEC Fund</b>	Organization of the Petroleum Exporting Countries Fund for International Development – Fonds de l'OPEP pour le développement international
<b>OPEP</b>	Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole
<b>ORE</b>	Office de Régulation de l'Electricité
<b>OSM</b>	Open Street Map
<b>PDMC</b>	Plan de Développement au Moindre Coût
<b>PEI</b>	Plan Energétique Intégré
<b>PME</b>	Petites et Moyennes Entreprises
<b>PNUD</b>	Programme des Nations Unies pour le Développement
<b>PV</b>	Photovoltaïque
<b>SEforALL</b>	Énergie Durable pour tous
<b>SIG</b>	Système d'Information Géographique
<b>SPI</b>	Système/Solution Photovoltaïques Individuel
<b>UE</b>	Union Européenne
<b>UEF</b>	Universal Energy Facility (Fonds pour l'accès universelle à l'Energie - Programme de SEforALL)
<b>USAID</b>	United States Agency for International Development – Agence des Etats Unis pour le Développement International
<b>WWF</b>	World Wide Fund for Nature

## TERMES CLÉS

**Accès à l'énergie :** Décrit si la source d'énergie, si disponible, peut être accédée ou obtenue par l'utilisateur de foyer de cuisson.

**Ajouts de foyer :** Des foyers récemment acquis que les utilisateurs ne détenaient pas ou n'avaient pas utilisés précédemment. Ils représentent des ajouts au nombre total de foyers pour un utilisateur et pour un pays.

**Année de vie corrigée de l'incapacité (AVCI) :** Mesure de la charge globale de morbidité, exprimée en nombre d'années perdues en raison d'une mauvaise santé, d'un handicap ou d'un décès prématuré.

**Biocombustibles :** Les combustibles renouvelables fabriqués à partir de matières organiques, telles que les plantes et les matériaux dérivés des plantes.

**CO :** Monoxyde de Carbone.

**CO<sub>2</sub> :** Dioxyde de Carbone.

**Combustible solide :** Combustible sous forme solide utilisé comme source d'énergie pour produire de la chaleur ou de l'électricité, par exemple "le bois, le charbon, le charbon de bois et la tourbe".

**Combustibles de cuisson :** Les sources d'énergie employées pour le chauffage nécessaire à la cuisine incluent, mais ne sont pas limitées à, des options telles que le bois, le charbon, le kérosène, l'essence, l'éthanol, le propane, le gaz naturel, le butane et l'électricité, parmi d'autres.

**Composante :** Les composantes du Plan Energétique Intégré sont le plan d'électrification à moindre coût, le plan de cuisson propre, le plan de chaîne du froid médical et le plan de chaîne du froid agricole.

**Dispositifs de cuisson/appareils de cuisson :** Désigne un dispositif et/ou un appareil quel que soit le combustible utilisé, par exemple "Foyer de cuisson" ou "Autocuiseur".

**E-cooking :** Un foyer de cuisson électrique.

**Électrification hors réseau :** Cette approche inclut les mini-réseaux et les systèmes solaires individuels destinés aux foyers, entreprises et institutions publiques. Ces solutions n'englobent pas les systèmes de production d'énergie renouvelable connectés au réseau.

**En réseau :** Raccordé au réseau électrique national interconnecté.

**Équivalent en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>e) :** Tous les gaz à effet de serre ont un équivalent en dioxyde de carbone qui détermine leur potentiel de réchauffement global par rapport à une tonne métrique de dioxyde de carbone.

**Extension du réseau :** Le développement du réseau consiste à connecter les logements et les entreprises qui ne bénéficient pas encore de l'électricité, en étendant le système de distribution en moyenne tension (MT), en ajoutant de nouveaux transformateurs de distribution, et en prolongeant le réseau basse tension (BT) pour établir de nouvelles connexions.

**Facteur d'émission :** Un terme qui décrit la quantité d'un certain type d'émission générée (comme le monoxyde de carbone) par rapport à la quantité d'énergie ou de combustible utilisée, mesurée en termes de kg d'émission / kg de combustible.

**Gaz à effet de serre (GES) :** Gaz présents dans l'atmosphère terrestre qui retiennent la chaleur. Les principaux GES sont la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) et l'ozone (O<sub>3</sub>).

**Mini-réseau :** Systèmes de distribution, qu'ils soient en basse tension ou en moyenne tension, qui restent autonomes sans connexion avec d'autres réseaux de distribution nationaux ou sous-stations, et qui disposent de leur propre source d'énergie, provenant soit de sources renouvelables, thermiques, hydrauliques, ou d'autres types.

**Modèle géospatial :** Toutes les analyses spatiales ont été réalisées dans un système d'information géographique qui regroupe des données géospatiales et non géospatiales spécifiques, ainsi que des bases de données, afin de mener des analyses à l'aide de modèles et d'algorithmes géospatiaux. L'expression "modèle géospatial" fait référence aux analyses géospatiales et aux modèles de données contenus dans la base de données des systèmes d'information géographique utilisée pour le projet.

**Plan Energétique Intégré (PEI) :** Un plan qui adopte la stratégie la plus efficace pour garantir un accès universel à l'énergie pour l'électrification et la cuisine, offrant aussi des solutions pour un stockage du froid optimal destiné aux chaînes du froid dans les secteurs médical et agricole, en appui au gouvernement de Madagascar. Le PEI est également désigné sous le terme d'étude ou de plan dans le texte suivant.

**Plateforme de visualisation de données (plateforme) :** Une plateforme de visualisation de données en ligne, accessible au public, interactive et conviviale qui fournit aux décideurs politiques et aux professionnels de l'énergie des données et des informations leur permettant de prendre des décisions éclairées sur les stratégies et les opérations visant à faire progresser l'accès à l'énergie dans le pays.

**PM10 :** Particule d'un diamètre de 10 microns ou moins, également appelée « particules inhalables ». Inhalables dans les poumons, elles peuvent induire des effets néfastes sur la santé.

**PM2,5 :** Particule d'un diamètre de 2,5 microns ou moins, également appelée « particules fines inhalables ». Les particules fines inhalables peuvent pénétrer dans les parties plus profondes des poumons et peuvent également entrer dans le sang.

**Potentiel de réchauffement global (PRG) :** Une mesure de la quantité de chaleur (rayonnement thermique) piégée dans l'atmosphère terrestre par un gaz à effet de serre particulier. Le Potentiel

de Réchauffement Global (PRG) est généralement mesuré sur une période donnée et normalisé en utilisant l'équivalent en dioxyde de carbone comme base de comparaison.

**Remplacements de foyers :** Les foyers qui remplacent le même type de foyer et qui sont remplacés à la fin de la durée de vie utile du foyer d'origine. Ils n'affectent pas le nombre annuel total de foyers pour un utilisateur et un pays.

**Réseaux isolés :** Réseaux de distribution indépendants gérés par les services publics, comprenant potentiellement leur propre source d'énergie, qu'elle soit renouvelable, thermique, hydraulique, ou de toute autre nature.

**Scénario :** Description d'un ensemble possible de résultats sur la base d'un ensemble supposé de conditions d'entrée.

**Scénario d'accès universel à la cuisson propre ("scénario du PEI") :** Un scénario de cuisson propre plus agressif qui suppose un accès universel à l'électrification et aux technologies de cuisson améliorées pour 2030.

**Scénario du Pacte énergétique SDG7 pour la cuisson propre ("scénario de base") :** Scénario permettant d'atteindre les objectifs de cuisson propre fixés dans le Pacte énergétique de l'ODD 7 pour 2030.

**Solutions de cuisson :** Fait référence aux combinaisons possibles de combustibles de cuisson et d'appareils de cuisson, par exemple, les "cuisinières à GPL".

## INTRODUCTION

Madagascar se classe comme le deuxième plus grand pays insulaire au monde, couvrant une superficie de 572 000 kilomètres carrés, et abrite environ 29,6 millions d'habitants<sup>1</sup>. Ce pays se distingue malheureusement par l'un des niveaux de pauvreté les plus critiques de l'Afrique australe. Près de 80 % des adultes malgaches travaillent dans le secteur agricole, lequel contribue à environ 43 % du Produit intérieur brut (PIB) du pays<sup>2</sup>. Les cultures principales sont le riz, le manioc, le maïs et la patate douce. On compte environ 2 600 centres de santé dédiés à la vaccination dans le pays<sup>3</sup>. Néanmoins, le taux de vaccination systématique a récemment chuté, en partie à cause des perturbations engendrées par la COVID-19, atteignant actuellement seulement 51 % pour le vaccin BCG et 70 % pour la première dose de DPT<sup>4</sup>. Les faibles taux de vaccination sont particulièrement marqués dans les régions rurales et isolées<sup>5</sup>.

Le secteur de l'électricité à Madagascar est principalement géré par la JIRAMA (Jiro sy Rano Malagasy), l'entreprise nationale d'électricité et d'eau, qui exploite une multitude de petits réseaux de production et de distribution desservant les principaux centres urbains, mais fournit un service limité dans les zones rurales. L'Agence pour le développement de l'électrification rurale (ADER) joue un rôle crucial dans la coordination des initiatives d'électrification hors réseau, notamment grâce à l'implémentation et à la gestion de plus de 100 mini-réseaux et de systèmes solaires autonomes. À l'heure actuelle, le taux d'électrification du pays est d'environ 35 % selon le rapport de suivi de l'Objectif de Développement Durable 7 (ODD7) de 2023<sup>6</sup>, tandis que l'accès à des solutions de cuisson propres reste significativement bas, touchant seulement 5 % des foyers malgaches. Le pays compte également environ 2 600 centres de santé dédiés à la vaccination<sup>7</sup>.

Face aux défis rencontrés par les secteurs de l'énergie, de la santé et de l'agriculture à Madagascar, SEforALL et le Gouvernement de Madagascar (GdM) ont convenu de parrainer et de développer le Plan Énergétique Intégré (PEI) pour le pays. Ce plan vise à offrir une analyse globale des aspects de l'électrification, de la cuisson propre et de la chaîne du froid, dans le but de promouvoir un accès élargi à l'énergie moderne et aux services connexes pour les communautés urbaines, périurbaines et rurales à travers Madagascar. Le volet chaîne du froid du PEI envisagera des stratégies pour améliorer les infrastructures de réfrigération nécessaires au stockage et à la distribution de vaccins, ainsi qu'à la conservation de produits agricoles et alimentaires. L'objectif du PEI est de contribuer à l'amélioration des politiques d'énergie et d'électrification et de servir de référence pour les investissements dans le secteur énergétique, permettant ainsi aux acteurs publics et privés d'identifier les meilleures approches pour accroître l'accès à l'énergie et la qualité des services associés.

---

1 Banque mondiale, 2022. <https://data.worldbank.org/country/madagascar>

2 FIDA 2021. Programme d'options stratégiques pour le pays 2022-2026

3 Analyse du réseau de la chaîne d'approvisionnement des vaccins à Madagascar, 2019, JSI.

4 Performance de la Vaccination de Routine, Janvier 2023. Direction du Programme Élargi de Vaccination.

5 SEforALL, Services de Consultance pour le Plan Énergétique Intégré (PEI) à Madagascar, 2023.

<sup>6</sup> En 2020, suivi du rapport sur l'ODD 7 (2022)

7 Analyse du réseau de la chaîne d'approvisionnement des vaccins à Madagascar, JSI, 2019

## Aperçu du PEI de Madagascar

SEforALL a sélectionné un groupement d'experts, dirigé par NRECA International, pour élaborer le Plan Énergétique Intégré (PEI). Les entités faisant partie de ce consortium pour le PEI comprennent le JSI, l'Université d'État d'Arizona (ASU), DGrid Energy et Fraym. Les conclusions du PEI pour Madagascar sont le fruit d'une analyse géospatiale approfondie, s'appuyant sur un modèle géospatial dynamique élaboré par l'équipe de NRECA. Ce modèle intègre des données issues de multiples sources, y compris mais non limitées aux informations sur l'infrastructure de production et de distribution électrique de la JIRAMA, les réseaux routiers, les données hydrologiques, les statistiques démographiques et de population, les informations relatives à la cuisson propre, les infrastructures de santé et de vaccination, ainsi que les données concernant la production agricole et sa chaîne de valeur. L'exploitation de ces données géoréférencées a permis d'évaluer les options d'électrification, de chaîne du froid et de cuisson propre pour l'ensemble des communautés urbaines, périurbaines et rurales de Madagascar, en s'appuyant sur des modèles conçus par les membres du consortium NRECA.

Ce projet d'envergure tire parti des enseignements reçus des projets antérieurs de SEforALL en matière de plan énergétique intégré réalisés au Nigeria en 2021 et au Malawi en 2022. Le Plan Énergétique Intégré (PEI) de Madagascar vise les objectifs et buts suivants :

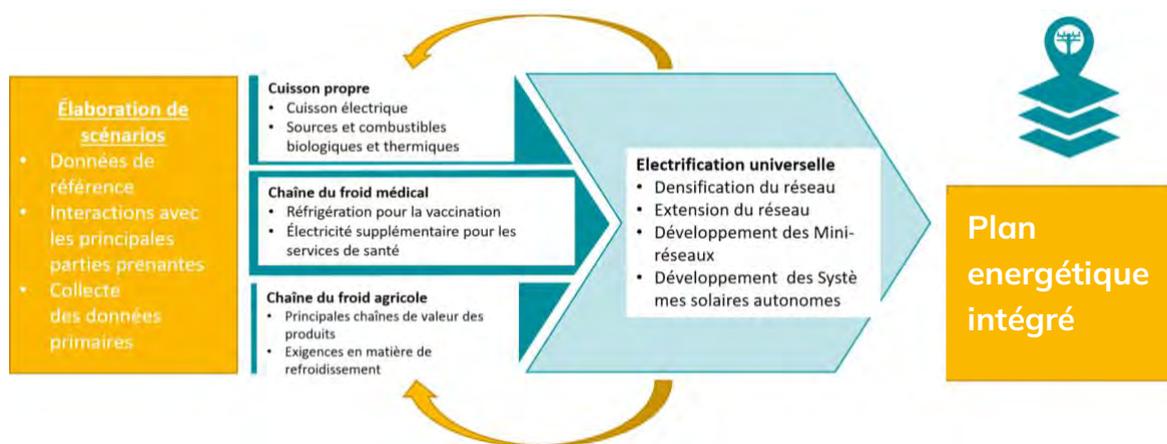
- Élaborer et présenter un plan énergétique intégré prenant en compte les questions de genre, qui résume une stratégie d'électrification géospatiale à faible coût pour étendre les services. Ce plan s'appuie sur les analyses d'électrification effectuées récemment en 2018 et 2021<sup>8</sup> pour identifier la voie la plus économique vers l'électrification universelle à Madagascar. Le PEI accorde une attention spéciale à l'électrification des infrastructures publiques et aux possibilités d'améliorer l'utilisation productive de l'énergie, en se basant sur des données actuelles et nouvelles concernant l'analyse de l'accessibilité financière. Le modèle d'électrification examine les options technologiques en fonction de leur coût d'approvisionnement, ce qui permet de dresser une liste précise de projets pour l'extension du réseau, les mini-réseaux et les installations solaires individuelles - allant au-delà de simples estimations d'accès. Cette liste de projets, combinée à une analyse des coûts des différentes technologies, sert à déterminer les besoins en financement par technologie et par région géographique à Madagascar. Cette approche représente une avancée significative dans la planification de l'électrification, une première pour Madagascar.
- Concevoir un modèle géospatial basé sur une analyse de scénarios pour le déploiement de solutions de cuisson améliorés et propres à Madagascar. Cette étude englobe l'introduction d'appareils de cuisson améliorés, l'utilisation de combustibles de biomasse alternatifs et/ou l'électrification comme substituts aux combustibles traditionnels. L'analyse combinée de l'électrification et de la cuisson propre repose sur une plateforme d'information géospatiale commune intégrant des données attributaires pour examiner les solutions technologiques et les coûts de possession totaux des technologies alternatives. L'étude couvre aussi bien la cuisson domestique qu'institutionnelle.

---

<sup>8</sup> Assistance Technique à la Préparation d'une analyse des options d'électrification géospatiale au moindre coût pour un déploiement sur réseau et hors réseau Madagascar, Rapport Finale. Banque mondiale, août 2021

- Élaborer des modèles géospatiaux pour appréhender les coûts logistiques, les obstacles et les défis associés aux chaînes du froid dans les secteurs médical et agricole. Ces modèles prennent en compte les besoins des chaînes du froid médicales, incluant les vaccinations courantes et celles contre la COVID-19, ainsi que les besoins futurs en vaccination, et l'analyse des chaînes du froid agricoles pour évaluer l'étendue, la demande énergétique et le coût total de la réfrigération pour certains produits agricoles comme le poisson et les produits laitiers. Ces analyses sont intégrées aux modèles d'électrification et de cuisson pour identifier les zones prioritaires en matière d'accès à l'énergie pour un refroidissement équitable à Madagascar.
- Fournir l'ensemble des données et résultats du PEI, y compris les sources primaires et secondaires, au gouvernement de Madagascar afin de faciliter les processus de planification et d'analyse en interne des institutions du secteur énergétique. Des initiatives de renforcement des capacités sont prévues pour former ces parties prenantes à l'utilisation et à l'analyse des données grâce aux outils géospatiaux et aux résultats de modélisation finalisés.
- Mettre en place une plateforme de visualisation destinée à offrir un accès libre à toutes les données, résultats et analyses de scénarios pour les parties prenantes ciblées. La conception de cette plateforme privilégie la simplicité d'utilisation pour permettre aux utilisateurs d'accéder, d'interagir avec, de télécharger et d'analyser les données et résultats du PEI de manière intuitive. La plateforme sera accessible au public.

Figure 1. Organigramme de l'élaboration du PEI.



## Objet du présent rapport

Ce document détaille la section "cuisson propre" du Plan Énergétique Intégré (PEI). Il fournit un aperçu complet du PEI, de l'analyse effectuée et des résultats obtenus concernant la cuisson propre, ainsi que des défis spécifiques à Madagascar dans ce domaine. Le rapport aborde également la méthodologie adoptée pour la collecte et la validation des données réalisées sur le terrain pendant le projet. Il décrit ensuite l'approche méthodologique utilisée pour l'analyse géospatiale de la cuisson propre, suivie des résultats de la modélisation, des analyses de différents scénarios, des besoins identifiés en termes de foyers de cuisson et de combustibles, de l'utilisation finale de l'énergie, des impacts sur la déforestation, ainsi que des répercussions sur le genre, les

jeunes, la santé, et enfin, des besoins de financement associés. Le rapport se conclut par une section dédiée aux principales conclusions et recommandations.

## Objectifs du PEI dans le cadre du volet cuisson propre

Le volet "cuisson propre" du Plan Énergétique Intégré (PEI) s'intègre harmonieusement au volet "électrification" pour examiner l'influence des différentes stratégies d'électrification, des objectifs d'électrification visés et du rythme d'électrification sur les possibilités de cuisson propre. Elle vise à promouvoir l'accès à des technologies de cuisson améliorées et à des combustibles plus propres par les moyens suivants :

- Évaluer le potentiel de production et l'accès à sept types de combustibles différents (bois, charbon de bois, électricité, GPL, biogaz, bioéthanol, granulés/briquettes de biomasse) dans les 1579 communes et municipalités de Madagascar.
- Analyser les préférences des consommateurs, évaluer la possession et l'usage de sept combustibles sur quinze types de foyers de cuisson, avec des distinctions claires par région, zone urbaine ou rurale, et type de client (ménage ou institution).
- Compiler les données primaires d'une enquête sur la cuisson propre et les données secondaires de rapports publics pour dresser un état des lieux de la cuisson propre à Madagascar en 2023.
- Proposer deux scénarios d'objectifs jusqu'en 2030, s'appuyant sur les ambitions de cuisson, le développement de la bioénergie et l'électrification définis dans la politique énergétique de Madagascar (2015-2030) et le Pacte national pour l'énergie (2022), entre autres.
- Approfondir l'analyse des scénarios de transition vers la cuisson propre en considérant le potentiel énergétique, les préférences des consommateurs, les obstacles à l'adoption de solutions de cuisson propre, le coût des foyers, les pratiques de collecte de combustible, le coût des combustibles, et les besoins en termes de production de foyers.
- Chiffrer les coûts associés à la cuisson propre pour les foyers et les combustibles dans chaque scénario et identifier l'écart d'accessibilité à combler entre ce que les consommateurs peuvent payer et le prix des technologies de cuisson propre.
- Mettre en lumière les avantages de la cuisson propre pour les femmes et les jeunes en quantifiant les impacts sur la santé, le temps de cuisson et le temps de collecte de combustible.
- Souligner l'importance de la cuisson propre pour réduire la déforestation et les émissions de gaz à effet de serre issues de la cuisson, et pour améliorer la sécurité énergétique des ménages et des institutions à Madagascar.
- Offrir une analyse géospatiale détaillée des opportunités et défis associés à la transition vers un accès universel aux technologies de cuisson et aux combustibles propres.

## DEFIS DE LA CUISSON PROPRE A MADAGASCAR

L'importance critique du secteur de la cuisson propre à Madagascar se manifeste clairement lorsque l'on considère que 71 % de la consommation totale d'énergie finale dans le pays est attribuable aux ménages. Cette situation est largement due à l'utilisation intensive du bois par les ménages ruraux (plus de 80 % d'entre eux) et du charbon de bois par les ménages urbains (plus de 60 %). En 2020, moins de 1 % des 27 millions de Malgaches utilisaient des combustibles et des technologies de cuisson propres. S'il n'y a pas intervention significative, on estime qu'environ 36 millions de personnes seront privées d'accès à des solutions de cuisson propre d'ici 2030, ce qui aura des effets négatifs majeurs sur la santé, l'environnement et l'égalité des genres, entre autres aspects.

La combustion de combustibles solides dans des conditions de ventilation inadéquates génère de hauts niveaux de particules fines PM2.5 et d'autres émissions nocives, une cause d'environ 21 000 décès par an à Madagascar dus à la pollution de l'air intérieur. Par ailleurs, la déforestation constitue une menace considérable pour les écosystèmes et les moyens de subsistance, avec des prévisions de disparition de 25 % des forêts d'ici 2030. Bien que la majorité de cette perte forestière soit imputable à l'agriculture (80-90 %), une part significative découle également de l'utilisation domestique et institutionnelle du bois et du charbon pour la cuisson, le chauffage de l'eau et les applications énergétiques productives telles que dans l'agro-industrie et la restauration. De plus, à Madagascar comme ailleurs, les responsabilités liées à la cuisson pèsent de manière disproportionnée et systématique sur les femmes. Dans le cadre familial et professionnel, les tâches de cuisine, incluant la collecte ou l'achat de combustible, incombent majoritairement aux femmes. Ces activités entraînent des conséquences néfastes sur leur santé et représentent un fardeau temporel considérable, occupant souvent un tiers à la moitié de leur journée pour la collecte de combustibles, la préparation des repas, la cuisson, le service et le nettoyage.

Les technologies de cuisson propres offrent de multiples avantages, notamment une amélioration notable de la santé publique, un pas vers une plus grande égalité des sexes, une diminution significative de la déforestation, ainsi qu'une réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et d'autres polluants atmosphériques. Elles peuvent également entraîner une baisse des dépenses énergétiques consacrées à la cuisson. En effet, l'utilisation de foyers de cuisson améliorés impacte directement et de manière mesurable l'efficacité énergétique liée à l'usage du bois et du charbon, contribuant ainsi à diminuer le rythme de la déforestation. Les solutions de cuisson qui exploitent des sources de combustibles durables et qui sont disponibles localement donnent la possibilité aux usagers de se détacher totalement de la dépendance au bois et au charbon de bois. Ces alternatives renforcent la sécurité énergétique des ménages, des entrepreneurs et des communautés qui, sans cela, risqueraient de perdre l'accès aux combustibles traditionnels dans les 5 à 20 années à venir, surtout dans les zones fortement affectées par le changement d'usage des terres et par une déforestation rapide. De surcroît, en réduisant le temps nécessaire à la collecte de combustibles et au nettoyage après la cuisson, les technologies de cuisson propres libèrent du temps pour les femmes. Ce temps peut alors être réinvesti dans des activités génératrices de revenus ou dans l'éducation, amplifiant ainsi les effets bénéfiques sur l'équité de genre et l'ouverture d'opportunités égales pour tous.

On peut citer parmi les options alternatives au bois et au charbon de bois pour la cuisson, l'électricité (cuisson électrique ou E-cooking), le gaz de pétrole liquéfié (GPL), le bioéthanol, le biogaz, les granulés ou briquettes de biomasse, ainsi que l'énergie solaire. En 2023, malgré les nombreux avantages connus de la cuisson propre et une demande manifeste de la part des consommateurs pour des technologies et combustibles de cuisson plus propres, la présence de ces combustibles alternatifs sur le marché reste très limitée. Les estimations suggèrent que seulement 1 % des ménages et moins de 4 % des institutions utilisent ces sources d'énergie alternatives. Ce faible taux d'adoption persiste malgré le soutien et le plaidoyer de la part des organismes gouvernementaux, ainsi que l'intérêt des organisations de financement et des acteurs du secteur privé prêts à investir dans la diffusion de technologies de cuisson propre. Cette situation est observée même si ces efforts sont moins fréquents à Madagascar que dans d'autres régions du monde.

Les initiatives d'entrepreneurs et d'organisations de développement ont joué un rôle crucial dans la promotion des programmes de cuisson propre à Madagascar, en déployant une variété de foyers, de types de combustibles, de canaux de distribution pour les foyers et les combustibles, ainsi que de modèles de financement. Des programmes menés par EnDev et ADES ont spécifiquement visé à renforcer la production locale et la capacité de distribution de foyers améliorés, profitant à plus de 370 000 ménages ainsi qu'à 2 000 entreprises et institutions à la fin de l'année 2022. Ces initiatives ont non seulement sensibilisé à l'importance de la cuisson propre, mais ont aussi engendré des avancées significatives dans ce domaine jusqu'à présent, tout en apportant une compréhension approfondie des obstacles systémiques à la cuisson propre tant au niveau local qu'international à Madagascar. Bien que les taux d'adoption de la cuisson propre restent modestes, les efforts réalisés jusqu'à maintenant ont éclairé les voies pour élaborer des politiques plus efficaces concernant les foyers, améliorer l'accès à des combustibles plus propres, initier des programmes de distribution de foyers, fournir du soutien et de l'accompagnement aux entrepreneurs, éduquer les consommateurs, et faciliter le financement nécessaire pour accélérer le passage à des méthodes de cuisson plus propres et plus durables.

Le gouvernement de Madagascar a reconnu l'importance de la cuisine propre et la transition des combustibles biomasse traditionnelle, et a entrepris plusieurs initiatives pour générer un environnement réglementaire et politique favorable au développement des combustibles et technologies alternatifs, avec le soutien de divers partenaires de développement, y compris l'Union Européenne, l'USAID, la GIZ et d'autres. Cela inclut la préparation d'un projet de loi sur les bioénergies qui fournit un cadre clair et incitatif pour le développement des combustibles et technologies de bioénergie à Madagascar, des normes pour les foyers améliorés et les réchauds à bioéthanol. Le gouvernement a également développé une Feuille de route nationale du bioéthanol, ainsi que des plans de développement régional de la bioénergie et une Stratégie Nationale pour les Options alternatives au Bois.

Un effort majeur récent soutenu par le Fonds de l'OPEP pour le Développement International a fourni des financements sous forme de subventions pour un certain nombre d'études et de programmes pilotes visant à cartographier et à quantifier les opportunités de cuisson propre à Madagascar (à travers le soutien à SEforALL pour la finalisation du PEI Madagascar), à identifier et structurer les chaînes de valeur prioritaires à travers une série d'études et de pilotes qui seront menés par l'ONUDI, ainsi qu'un soutien à travers le (FENU) sur les mécanismes de financement

pour les investissements en cuisson propre. Le soutien du Fonds de l'OPEP pourrait être étendu à travers un prêt de 35 millions de dollars américains pour un programme de transition vers la cuisson propre, actuellement en discussion avec le Gouvernement de Madagascar.

En plus des données et des contributions à la planification du PEI de Madagascar, le ministère de l'Énergie et des Hydrocarbures collabore avec le WWF pour développer un suivi régional et des statistiques sur la production et l'utilisation de la bioénergie et du bois. Ces données seront accessibles via un tableau de bord national public.

Les travaux réalisés dans le cadre du volet "cuisson propre" du PEI appuient ces efforts en fournissant un module géospatial et analytique généralisé. Ce module permet aux parties prenantes de visualiser, de planifier et de prendre des décisions collaboratives pour atteindre les objectifs de cuisson propre en tenant compte des variations géographiques à travers le pays. Ce travail peut offrir une orientation plus ciblée et une priorisation dans le développement des politiques énergétiques et de cuisson propre, des projets pilotes, de l'entrepreneuriat et des opportunités de croissance commerciale. Il fournit également des indications sur les innovations technologiques ou les combustibles nécessaires pour atteindre les objectifs, les besoins en chaîne d'approvisionnement pour les combustibles alternatifs, les stratégies de tarification et de financement, ainsi que les préférences et pratiques des consommateurs qui influent sur les choix de technologies de cuisson et de combustibles, le marketing et la formation.

## METHODOLOGIE POUR L'ANALYSE DE L'ACCES A LA CUISSON PROPRE

L'analyse de la cuisson propre intègre à la fois des données géospatiales et non géospatiales, ainsi qu'un mélange de données quantitatives et qualitatives. Cette approche permet de dresser un portrait complet de la situation de la cuisson propre à Madagascar en 2023 et d'établir des projections jusqu'en 2030 selon différents scénarios.

Les analyses prennent en considération les objectifs des marchés de cuisson des ménages et des institutions, en se basant sur les objectifs nationaux, tout en tenant compte des prévisions d'urbanisation du gouvernement de Madagascar qui influent sur le pourcentage de la population totale ayant accès à certaines technologies, combustibles et prix. Les 7 types de combustibles inclus dans l'analyse sont le bois, le charbon de bois, les granulés et briquettes de biomasse, le bioéthanol, le biogaz, le gaz de pétrole liquéfié (GPL) et l'électricité. Ces combustibles sont associés à 15 variétés différentes de foyers pour les marchés de la cuisson domestique et institutionnelle.

Les méthodes utilisées prennent en compte le comportement et les préférences des utilisateurs lors de l'estimation de l'utilisation des technologies de cuisson et des combustibles. Cette considération est cruciale étant donné que de nombreuses études menées dans le cadre des programmes de foyer de cuisson ont historiquement surestimé l'impact en supposant un changement complet des pratiques de cuisson traditionnelles. De plus, ces études ont souvent utilisé des caractéristiques globales au niveau du pays qui ne reflètent pas les comportements des différents segments réels du marché. Bien que ces études fournissent une orientation utile pour le développement des politiques, l'absence de données géospatiales limite la capacité à élaborer des stratégies et à opérationnaliser les programmes de foyers de cuisson en tenant compte des circonstances locales qui varient d'une région à une autre. Par conséquent, de nombreuses études de ce type risquent de négliger des facteurs locaux essentiels tels que le comportement des utilisateurs, l'empilement des foyers et le potentiel de production de combustible. Ce travail utilise des données primaires et secondaires pour décrire les différents segments de marché et leurs modes de possession et d'utilisation des foyers, afin de générer des scénarios représentatifs pour la transition vers la cuisson propre, tant sur le plan conceptuel que quantitatif. Les calculs et l'analyse des données ont été effectués sous Excel.

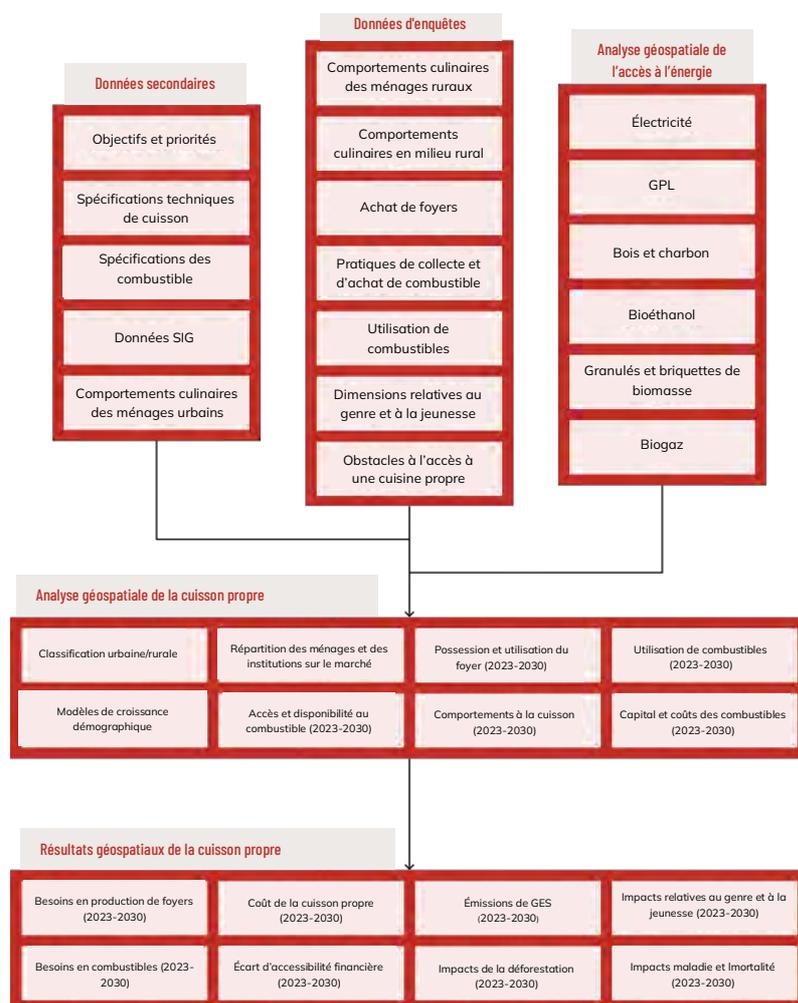
Les données utilisées pour évaluer les options alternatives de cuisson propre sont vastes et diverses, mais souvent hétérogènes et parfois contradictoires. La plupart de ces données sont de nature géospatiale ; elles varient selon la localisation géographique ou sont influencées par des modèles de population liés à l'accessibilité des combustibles et des ressources. Cela inclut des informations telles que l'accès à l'électricité, la disponibilité des ressources en biomasse, les coûts logistiques et de transport associés à chaque type de combustible, les habitudes alimentaires locales, ainsi que les données socio-démographiques générales ou professionnelles propres à chaque localité. Le défi principal de ce projet résidait dans la formulation de relations entre les types de combustibles, les coûts des foyers et des combustibles, l'accessibilité financière, les technologies de cuisson (foyers), l'accessibilité des combustibles, les préférences des consommateurs et les réseaux de distribution de combustibles spécifiques. Ceci visait à faciliter l'analyse du potentiel de cuisson propre à travers Madagascar. À ce stade précoce du projet, il était également crucial de caractériser les scénarios et les objectifs de manière à ce que les analyses ultérieures puissent conduire à des recommandations pratiques pour les parties prenantes telles

que les agences gouvernementales, les institutions de financement, les développeurs et les organismes de réglementation.

## Aperçu de la méthodologie

La Figure 2 résume le flux de travail pour l'analyse de la cuisson propre, y compris les blocs de processus pour les entrées de données, les tâches d'analyse et les sorties de données. Les descriptions suivantes fournissent des détails sur chaque donnée ou processus du flux de travail, et les sections suivantes du rapport détaillent les hypothèses de modélisation, les méthodes et les résultats.

Figure 2. Aperçu de la méthodologie de la cuisine propre.



- **Données secondaires :** La collecte de données secondaires a impliqué la recherche et l'analyse de rapports, de documents techniques, de politiques énergétiques, de normes, ainsi que des entretiens avec des parties prenantes. Cela a fourni une base de connaissances existante sur la situation de la cuisson propre à Madagascar.

- **Données d'enquêtes** : Des enquêtes auprès des ménages et institutions ont été menées pour obtenir des données primaires sur les comportements de cuisson, les habitudes d'achat de foyers, les pratiques d'approvisionnement en combustible, les dimensions de genre et de jeunesse, ainsi que les obstacles à l'accès à la cuisson propre. Cela a permis d'obtenir des données directes auprès des utilisateurs.
- **Analyse géospatiale de l'accès à l'énergie** : Les données géospatiales sur l'accès à l'énergie ont été recueillies à partir du PEI pour l'électricité et d'autres sources secondaires pour le GPL. Pour les autres combustibles comme le bioéthanol, le biogaz, les granulés et briquettes de biomasse, le bois et le charbon de bois, des cartes SIG de l'utilisation des sols ont été utilisées pour générer les données.
- **Analyse géospatiale de la cuisson propre** : Cette analyse a permis de déterminer comment atteindre les objectifs du scénario de cuisson propre en tenant compte du segment de marché, de l'emplacement dans le pays, de la croissance démographique, de la possession de foyers et de la consommation de combustible.
- **Résultats géospatiaux de la cuisson propre** : Les résultats comprennent des données sur la production de foyers, les coûts associés, la consommation de combustible, les émissions, la déforestation et les impacts sur la santé, en mettant particulièrement l'accent sur les femmes et les jeunes.

## Données secondaires

La collecte de données a impliqué l'examen de divers documents tels que des rapports techniques, des plans énergétiques, des politiques et des normes, ainsi que la réalisation d'entretiens avec des parties prenantes et des enquêtes sur la cuisson propre. Ces données, recueillies dans différents formats tels que des données SIG, des fichiers Excel et des documents, ont été ensuite soumises à une validation rigoureuse, puis agrégées et synthétisées. La collaboration avec l'ONUDI et le Ministère de l'Énergie et des Hydrocarbures a été particulièrement fructueuse, leur partage généreux de données et de résultats a renforcé la précision et la fiabilité de notre analyse de la cuisson propre. Cette coopération a également favorisé le développement de synergies, permettant d'améliorer les pratiques de cuisson propre et d'intégrer les résultats dans d'autres initiatives, comme l'implantation de raffineries de bioéthanol.

## Études et documents

Les principaux documents contenant des données secondaires sont les suivants :

1. SEforALL (Janvier 2023). Dossier sur la cuisine propre: Madagascar.
2. SEforALL (2019). Dynamiser la finance: prendre le pulse de l'accès à l'énergie à Madagascar.
3. SDG7 Pacte énergétique pour le Ministère de l'Énergie et des Hydrocarbures (MEH) - Madagascar, Août 2022.
4. Dalberg et la Banque Mondiale (2020, Mai). Madagascar Ethanol Clean Cooking – Analyse d'impact et de politique

5. Dalberg et USAID (2020, Mars). ISP Madagascar, Stratégie et feuille de route pour la cuisson à l'éthanol, Rapport sur les recommandations.
6. Garcia, F. P., & Raji, A. K. (Août 2020). Accès à une énergie efficace et durable: cas de Madagascar. En *2020 IEEE PES/IAS PowerAfrica* (pp. 1-5). IEEE.
7. Klug, T. (2018). Comprendre les impacts des pratiques culinaires traditionnelles dans les zones rurales de Madagascar et une voie à suivre avec des foyers améliorés.
8. Reed, Erik. (10 Juin 2021). Document de restructuration divulgable - Programme de financement climatique pour l'éthanol et la cuisson propre à Madagascar - P154440. La Banque Mondiale.
9. Energy, A. R. (2014). Une cuisine propre et améliorée en Afrique subsaharienne. *The World Bank Group: Washington, DC, USA*.
10. UNDP. (2020). L'énergie et les pauvres Décortiquer le cas d'investissement pour l'énergie propre hors réseau Madagascar.
11. Blanco, M., Greene, L. K., Davis, L. J., & Welch, C. (2019). Utilisation du combustible et préférences de cuisson dans la région SAVA. *Madagascar Conservation & Development*, 1(4), 1.
12. Yu, S., Lew, V., Ma, W., Bao, Z., & Hao, J. L. (2022). Révéler les facteurs clés qui affectent l'utilisation des briquettes de biomasse en Afrique grâce au processus SWOT et à la hiérarchie analytique: un cas of Madagascar. *Fuel*, 323, 124298.
13. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2023). FAOSTAT pour Madagascar.
14. United States Department of Agriculture (2023). Service agricole étranger pour Madagascar.
15. Baraneedharan, V. (2023). ÉVALUATION DU MARCHÉ DE LA COMPÉTITIVITÉ ET DU POTENTIEL DE DÉCARBONISATION DE L'INDUSTRIE SUCRIÈRE DANS LA RÉPUBLIQUE DE MADAGASCAR. [www.unido.org](http://www.unido.org)

Plus de 120 articles publiés ont été étudiés dans un deuxième groupe afin de valider et fusionner les données secondaires et primaires, et de contribuer à la formulation des hypothèses nécessaires à l'analyse des scénarios. Une bibliographie détaillée de ces articles est disponible à l'annexe 1 du rapport.

### Parties prenantes et entretiens

L'annexe 2 contient une liste exhaustive des parties prenantes impliquées dans la cuisson propre, comprenant des gouvernements, des ONG, des fournisseurs de foyers et de combustibles, des consultants, des organismes de financement, des développeurs, ainsi que des universités et des instituts de recherche. Des entretiens ont été menés avec de nombreuses de ces organisations pour comprendre les projets en cours ou prévus, qui n'ont pas encore été documentés dans un rapport public. Ces entretiens ont fourni une source précieuse de données secondaires, comme décrit plus en détail dans le rapport principal.

## Scénario et sources de données géospatiales

Les principaux ensembles de données obtenus et conservés à partir de la collecte de données secondaires et d'entretiens sont les suivants :

- **Objectifs du scénario** - Les cibles établies pour l'ODD 7 ont été tirées du Pacte énergétique pour Madagascar en tant que « scénario de base de cuisson propre » et des cibles de cuisson propre plus agressives rendues possibles grâce à l'électrification universelle et au déplacement complet du bois et du charbon de bois dans le « scénario PEI de cuisson propre ». D'autres objectifs majeurs en matière de politique et de transition énergétique ont été obtenus grâce à des rapports et des données provenant d'organisations telles que Energizing Finance et Country Brief for Madagascar de SEforALL, le PNUD, la MECS, l'USAID, la Banque mondiale, Clean Cooking Madagascar, Project Gaia, Montclair State University, l'Université de Liverpool et Duke University, pour n'en citer que quelques-unes. Des rapports tels que l'étude 2019 de SEforALL sur la situation énergétique à Madagascar, qui analyse l'état actuel et propose des voies et des investissements pour atteindre les objectifs de 2030, ainsi que les études de Dalberg Consulting sur les opportunités liées à l'éthanol, ont été particulièrement instructifs et ciblés. Ces diverses études fournissent des données historiques, des données existantes et des projections jusqu'en 2030, aidant ainsi à proposer des trajectoires de transition potentielles
- **Banque mondiale Small Hydro Atlas** - Les données géospatiales sur l'utilisation des terres ont été extraites du Banque mondiale Small Hydro Atlas de Madagascar datant de 2017. Ces données fournissent des informations au niveau communal concernant l'utilisation des terres, notamment les zones cultivées et forestières<sup>9</sup>.
- **Niveaux administratifs et population** - Le PEI utilise le portail Humanitarian Data Exchange (HDX) pour représenter spatialement les niveaux administratifs de Madagascar, allant du niveau administratif 0 (pays) au niveau 4 (fokontany). Les données géospatiales concernant les niveaux 0 à 3 ont été obtenues à partir de ce portail. Pour le niveau 1 (région), un fichier de forme (shapefile) adapté de l'ONUDI a été utilisé pour représenter spatialement les 23 régions de Madagascar. Cependant, ces données n'étaient pas disponibles auprès des agences officielles telles que l'INSTAT ou FTM, empêchant ainsi leur partage public. Les données de l'INSTAT ont été utilisées pour l'urbanisation, détaillant les zones urbaines dans 76 communes sur un total de 1 579 communes dans l'ensemble de données HDX. L'analyse de la cuisson propre est menée au niveau communal, avec une répartition de la population entre les zones rurales et urbaines attribuée à chaque commune.

---

<sup>9</sup> Banque mondiale via ENERGYDATA.info, dans le cadre d'un projet financé par le Programme d'assistance à la gestion du secteur de l'énergie (ESMAP). Pour plus d'informations : Madagascar - Small Hydro GIS Atlas, 2017, <https://energydata.info/dataset/madagascar-small-hydro-gis-atlas-2017>

## Limites des données

Au cours de l'analyse, plusieurs limitations de données ont été identifiées. Des stratégies d'atténuation sont discutées en parallèle avec ces limitations :

- **Non-concordance du nom de la commune** - Les noms de communes de l'INSTAT ne correspondaient pas toujours aux noms de communes de HDX, et dans de tels cas, les ménages urbains de l'INSTAT ont été assignés au nom de commune le plus proche dans l'ensemble de données de HDX ou répartis entre des communes ayant des noms apparentés (par exemple, l'INSTAT répertorie la commune Tsiroanomandidy et HDX répertorie les communes Tsiroanomandidy Ville et Tsiroanomandidy Fihaonana).
- **Des incohérences observées dans les données sur le taux d'urbanisation.** Alors que les données de l'INSTAT indiquent un taux d'urbanisation d'environ 20 %, les sources de données de l'ONU affichent un taux d'urbanisation de 40 %. Les données de l'INSTAT, étant la seule ressource disponible au niveau communal, ont été sélectionnées pour être utilisées. Cependant, l'ensemble de données de l'INSTAT comprend des noms de communes qui ne correspondent pas à ceux de l'ensemble de données HDX, ce qui a nécessité une recherche minutieuse des noms de communes similaires dans l'ensemble de données HDX. Dans certains cas, la population urbaine indiquée pour une commune selon l'INSTAT dépasse la population totale de cette commune selon l'HDX. Dans ces cas, les ménages urbains excédentaires ont été réassignés à des communes voisines afin d'assurer que les chiffres globaux d'urbanisation correspondent au niveau du district, de la région et du pays.
- **Généralisation de la production agricole au niveau de la commune** - Les données sur la production agricole au niveau de la commune font défaut. Ainsi, une approximation est nécessaire pour estimer cette production, notamment en utilisant des données sur la surface agricole disponible. Dans cette étude, seule la superficie utilisée pour la culture du riz a été spécifiquement désagrégée des autres terres agricoles dans l'ensemble de données du Small Hydro Atlas. Par conséquent, les volumes de production géospatiale des autres cultures telles que le maïs, les pommes de terre et le manioc sont proportionnels à la superficie totale des terres agricoles dans une commune. En d'autres termes, chaque commune cultive chaque culture en fonction des proportions relatives de chaque culture, utilisant les données de production agricole à l'échelle nationale comme référence.
- **Incertitude sur les niveaux de production agricole pour les années à venir** - L'incertitude entourant les niveaux de production agricole futurs est significative, en raison de divers facteurs comme les cyclones et les conséquences potentielles de la persistance de sécheresses sévères. Par conséquent, les chiffres de production agricole de l'année la plus récente ont été considérés comme constants pour pallier cette incertitude.
- **Incertitude sur le nombre de têtes de bétail pour les années à venir** - De même, les données sont insuffisantes pour prédire avec précision les volumes de bétail à venir. Les chiffres de volume de bétail de l'année la plus récente ont été utilisés comme approximation, compte tenu de cette incertitude.

## Données d'enquêtes

Une enquête sur la cuisson propre a été menée en parallèle avec une enquête sur les dépenses énergétiques. L'instrument d'enquête a été élaboré pour recueillir des données primaires sur la possession et l'acquisition de foyers, les sources de combustible, les pratiques d'approvisionnement en combustible, l'utilisation des foyers pour les repas et d'autres activités, l'empilement des foyers, les préférences d'utilisation des foyers, les lieux d'utilisation des foyers, les dépenses totales et les dépenses spécifiques pour la cuisson, le genre du cuisinier et du décideur en matière d'achat, les obstacles à l'utilisation des foyers et des combustibles préférés, ainsi que le temps consacré à l'obtention du combustible. Ces données ont été collectées auprès des répondants résidentiels et non résidentiels. Un formulaire d'enquête unique a été utilisé pour tous les types de répondants, avec des questions complémentaires pour guider les enquêteurs en fonction des réponses des participants. Une version en anglais de l'instrument d'enquête, sous forme de fichier PDF, est disponible en annexe 3, tandis que les résultats détaillés de l'enquête sont présentés en annexe 4.

Les enquêtes ont été menées en français, avec des enquêteurs capables de communiquer en malgache selon les besoins. La méthodologie d'échantillonnage utilisée était un échantillonnage intentionnel en deux étapes. Dans la première étape, une sélection ciblée d'un maximum de deux zones de service de mini-réseau actives a été identifiée en collaboration avec SEforALL et ADER, couvrant les régions du sud, du centre et du nord de Madagascar. Les zones de service de mini-réseau ont été sélectionnées parmi celles qui exploitent des mini-réseaux soutenus par ADER via leur Appel à Projets (AP) et leur processus de sollicitation de projets ouverts. La sélection finale des sites comprenait des mini-réseaux exploités par des opérateurs privés tels qu'ANKA dans le sud (mini-réseau solaire PV), WeLight dans le nord (mini-réseaux solaires PV), HIER dans le centre (mini-réseau hydroélectrique), ainsi qu'une association communautaire à Manombo Sud dans la région sud. Cette sélection a été effectuée en coordination avec SEforALL et ADER. Pour chaque zone de service de mini-réseau sélectionnée, une deuxième étape d'échantillonnage a été utilisée pour sélectionner quatre types de répondants : les ménages résidentiels électrifiés et non électrifiés, ainsi que les répondants commerciaux et institutionnels électrifiés et non électrifiés. La NRECA a suggéré que chaque échantillon contienne jusqu'à 350 ménages et 100 non-ménages par base de sondage, divisant également la taille de l'échantillon de manière égale entre les zones électrifiées et non électrifiées pour une représentation proportionnelle. En somme, chaque échantillon comprenait 175 répondants résidentiels de zones électrifiées et 175 répondants résidentiels de zones non électrifiées, ainsi que 50 répondants non résidentiels de zones électrifiées et 50 répondants non résidentiels de zones non électrifiées. Un calculateur de taille d'échantillon a été utilisé pour déterminer l'objectif de 350 enquêtes auprès des ménages pour chaque base d'échantillonnage<sup>10</sup>, basé sur une population maximale de 4 000 ménages par site, avec une marge d'erreur de 5 % et un niveau de confiance de 95 %.

Deux catégories de répondants ont été recensées :

---

<sup>10</sup> Voir - (<https://www.calculator.net/sample-size-calculator.html>)

- **Ménage (M)** : Un ménage est un groupe d'individus vivant sous le même toit, formant une unité familiale qui peut inclure une aide domestique.
- **Institutions** : Les institutions, ou petites entreprises et établissements publics (EP), sont définies comme des structures dont l'objectif principal est de mener des activités génératrices de revenus ou de fournir des services publics tels que des dispensaires, des écoles ou des bureaux de l'administration publique. Pour des informations plus détaillées sur les enquêtes menées auprès des institutions, veuillez-vous référer au rapport d'enquête du PEI de Madagascar.

Un résumé des principales sections et conclusions de l'enquête est présentés ci-dessous.

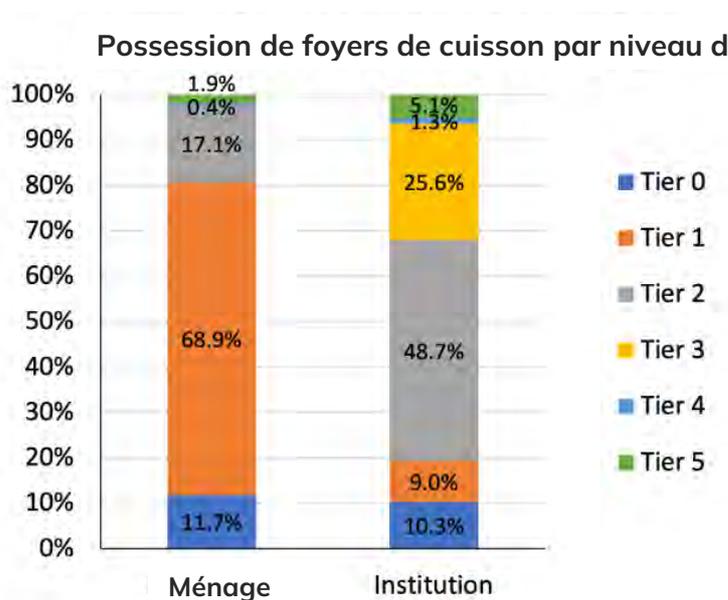
- **Synthèse sur les types de foyers et combustibles utilisés** - Tableau 1 récapitule les différents types de foyers observés durant l'étude, distinguant leur utilisation soit au sein des ménages, soit dans des institutions, ou par les deux. Les sources d'énergie identifiées incluent le bois, le charbon de bois, l'électricité, le gaz de pétrole liquéfié (GPL) et le biogaz. L'analyse des données recueillies auprès des ménages a révélé 12 modèles de foyers, tandis que l'enquête institutionnelle a identifié 9 modèles. Parmi ceux-ci, certains équipements comme les foyers à bois de type trois pierres et basique, la bouilloire électrique, le four électrique, et les dispositifs à GPL étaient présents tant dans les ménages que dans les institutions.

**Tableau 1.** Combustibles et types de foyers utilisés par les ménages et les institutions.

Combustible et type de foyer	Niveau MTF	Utilisation par les ménages	Utilisation par les institutions
Foyer à bois - 3 pierres	0	x	x
Foyer à bois - basique	1	x	x
Foyer à bois - amélioré	2	x	
Foyer à bois - institutionnel de basique	2		x
Foyer à bois - institutionnel amélioré	3		x
Charbon de bois - basique	1	x	
Charbon de bois - amélioré	2	x	
Charbon de bois - institutionnel basique	2		x
Charbon de bois - institutionnel amélioré	3		x
Électrique - rice cooker	5	x	
Électrique - bouilloire	5	x	x
Électrique - friteuse	5	x	
Électrique - four	5	x	x
Électrique - micro-ondes	5	x	
GPL - bouteille	4	x	x
Biogaz	4	x	
<b>Total des foyers observés</b>	N/A	12	9

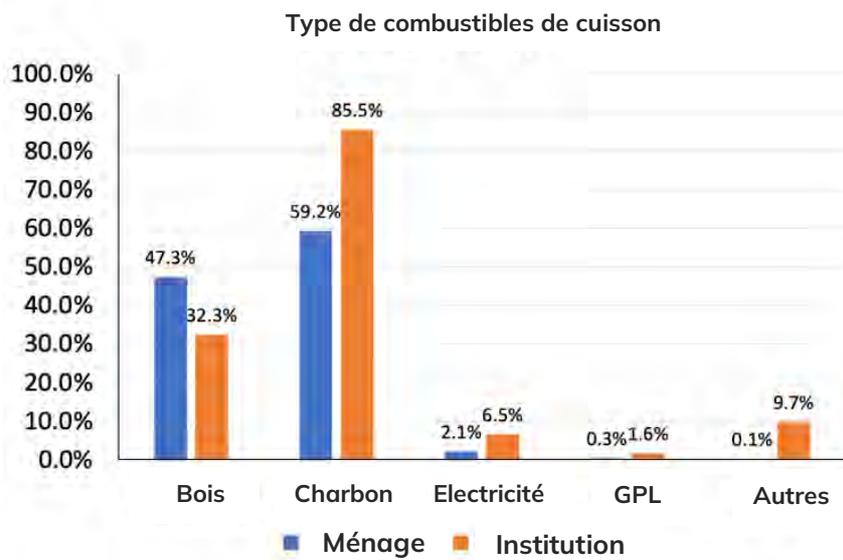
- Possession de foyers**– La possession de diffère à travers les régions. Dans le Nord, le charbon de bois prédomine avec 67,9% des ménages qui l'utilisent, tandis que 31,9% optent pour le bois. Les pourcentages d'utilisation du bois et du charbon de bois se rapprochent davantage dans les régions du centre et du sud: 54,3% pour le bois et 42,5% pour le charbon dans la région centrale, contre 43,3% (bois) et 53,6% (charbon) dans la région sud. L'adoption de l'électricité reste faible, absente dans le nord, et représentant seulement 3,5% et 2,1% dans les régions centrale et sud respectivement. Le GPL est peu utilisé, exclusivement au Sud, et le biogaz est mentionné dans un seul ménage. Chez les institutions, la répartition est de 25,6% pour le bois, 67,9% pour le charbon, 5,1% pour l'électricité, et 1,3% pour le GPL, toutes régions confondues. Selon la Figure 6, qui classe la possession de foyers de cuisson par les ménages et les institutions selon le niveau MTF, les foyers de cuisson chez les ménages se trouvent principalement au niveau 1, suivi du niveau 2, et ensuite du niveau 0, avec peu d'appareils dans les niveaux supérieurs. Aucun foyer de cuissons de niveau 3 n'a été rapportée par les ménages durant l'enquête.

Figure 3. Type de foyers et de combustibles par niveau MTF.



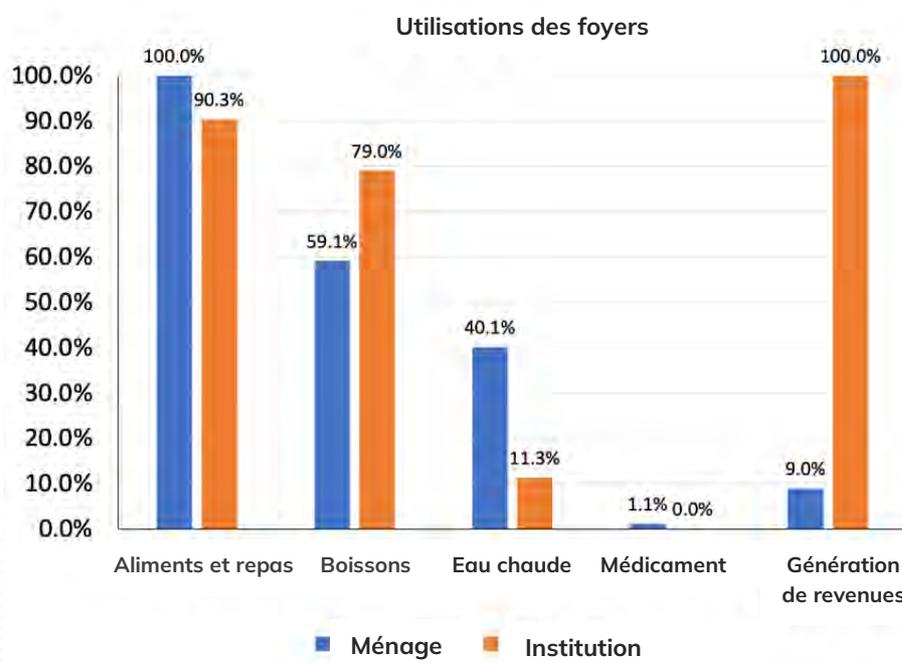
- Utilisation des foyers** - La figure 4 fournit un aperçu des préférences de possession des foyers selon le type de combustible utilisé, incluant le bois, le charbon de bois, l'électricité et autres. Les foyers à combustible solide dominant largement, avec une prédominance notable des foyers à charbon de bois tant dans les ménages que chez les non-ménages. Une grande partie des ménages sondés dispose d'un unique foyer, 91,5% affirmant utiliser exclusivement un seul foyer, tandis que les 8,5% restants pratiquent l'empilement de foyers, en utilisant plusieurs foyers simultanément. Il est important de souligner que l'empilement de foyers est significativement plus courant dans les institutions que dans les ménages, 27,4% des répondants institutionnels déclarant adopter cette pratique.

Figure 4. Types de combustibles de cuisson pour les ménages et les institutions interrogés.



- Utilisations des foyers** - Les différentes utilisations des foyers se classent en cinq catégories majeures : la préparation de nourriture ou de repas, la préparation de boissons, le chauffage de l'eau (pour le lavage ou le bain), la préparation de médicaments, et comme moyen de génération de revenus. La catégorie "autre" de la question "Quelles autres utilisations faites-vous de votre foyer ?" n'a reçu comme réponse unique que la préparation de médicaments. La figure 5 illustre en pourcentage les réponses des sondés.

Figure 5. Utilisation des foyers par les ménages et les institutions.



- **Achat de foyers** : La majorité des ménages (78,4 %) ont acquis leurs foyers en l'achetant directement, tandis que 14,4 % l'ont obtenue gratuitement et 5,9 % l'ont reçue en cadeau. Une minorité (1,3 %) a choisi de la fabriquer eux-mêmes. Chez les institutions, les chiffres sont similaires pour l'achat direct (78,4 %) et l'obtention gratuite (14,4 % et 5,9 %), avec une légère variation pour ceux qui l'ont acheté via un plan de paiement (1,3 %) et ceux qui ont fabriqué les leur gratuitement (17,9 %). Aucune institution n'a utilisé de plan de paiement.
- **Collecte et achat de combustibles** : Parmi les ménages interrogés, 73,5 % achètent leur combustible, tandis que 21,7 % le collectent gratuitement. Seul 0,8 % le produit eux-mêmes, et 4 % utilisent d'autres méthodes d'acquisition. Le combustible est généralement disponible pour la plupart, bien que le bois et le charbon de bois connaissent parfois des ruptures de stock.
- **L'utilisation du combustible** : L'utilisation du combustible a été auto-déclarée par les ménages et les institutions. Les valeurs rapportées par les répondants avaient une large gamme, et donc, un écart type important par rapport à la valeur moyenne. Il est à noter que les ménages utilisant un foyer à bois basique ont signalé une utilisation légèrement supérieure de bois par rapport au feu à trois pierres, et cela pourrait être dû à plusieurs facteurs tels que la taille plus petite de la famille, les familles avaient plus d'usages pour ce foyer de cuisson (potentiellement en raison d'un revenu plus élevé), les conceptions de foyers basiques n'étaient pas aussi efficaces que perçu, ou d'autres facteurs.
- **Les barrières à l'accès** : Il est immédiatement évident qu'environ 9 ménages sur 10 ont répondu qu'une certaine barrière existait à la possession d'un foyer de cuisson amélioré. L'incapacité de payer était la raison la plus couramment observée, survenant dans environ 3 ménages sur 4, indépendamment de la région enquêtée. Des différences régionales notables dans les réponses ont été trouvées pour les répondants indiquant un manque d'accès au marché, avec 32,5 % pour la région Nord, 20,5 % pour la région Sud et 13,1 % pour la région Centrale indiquant cette raison pour ne pas posséder un foyer de cuisson amélioré. Beaucoup moins d'institutions ont signalé avoir une barrière à la possession d'un foyer de cuisson amélioré, seulement environ 1 institution sur 10. Encore une fois, l'incapacité de payer était la réponse la plus élevée à toute barrière énumérée, indépendamment de la région enquêtée.
- **Genre et considérations** : Les femmes sont principalement responsables de l'obtention des combustibles. Les femmes collectent les combustibles dans 73 % des ménages enquêtés, avec 64 % des ménages indiquant que les femmes sont seules responsables de l'obtention du combustible. Lorsqu'on se concentre uniquement sur la collecte de combustible, les hommes sont plus souvent que les femmes à collecter du combustible dans la forêt, les buissons et les flancs de montagne. Pour les institutions, les femmes jouent un rôle plus courant dans l'acquisition de combustible par rapport aux ménages, ce qui est largement dû à la grande quantité d'achats de charbon de bois effectués par les femmes. Les femmes maintiennent également une plus grande proportion de prise de décision dans la sélection du foyer et du combustible, avec plus de 80 % des répondants indiquant que les femmes gèrent le budget et sont responsables de la sélection du foyer de cuisson et des combustibles.

- Considérations relatives à la jeunesse** : Les adultes jouent un rôle prédominant dans l'approvisionnement en combustible pour les ménages et les institutions, avec une participation plus limitée des enfants dans ce domaine, légèrement plus accentuée dans les ménages que dans les institutions. La classification des répondants en adultes, enfants, et personnes âgées a été effectuée sur la base d'une question démographique détaillée, considérant les enfants, petits-enfants, et neveux/nièces comme enfants, et les grands-parents comme personnes âgées. En ce qui concerne les responsabilités culinaires, les adultes sont seuls en charge dans 73,2 % des ménages. Ils partagent cette tâche avec d'autres générations dans 21,6 % des cas. Les enfants se retrouvent seuls responsables de la préparation des repas dans 4,7 % des ménages, tandis que les aînés prennent cette responsabilité dans 0,5 % des cas. Pour les institutions, les informations recueillies se limitent au lien de parenté sans préciser l'âge des personnes impliquées.

## Technologies de cuisson et combustibles

Les informations concernant les technologies de cuisson et les combustibles proviennent de deux sources principales : la collecte initiale de données, qui inclut des informations secondaires, et une enquête dédiée à la cuisson propre, représentant les données primaires. Cette enquête a particulièrement ciblé les zones rurales, apportant des précisions non disponibles dans les rapports existants.

Les informations relatives à l'utilisation de l'énergie finale, c'est-à-dire l'énergie contenue dans les combustibles, ainsi que le rendement des foyers, sont employées pour estimer l'énergie utile totale, ou l'énergie "dans la casserole", nécessaire à la préparation d'un repas. Cette estimation permet ensuite de déterminer la quantité d'énergie finale requise pour n'importe quelle association de combustible et de foyer. Cette démarche repose sur des relations fonctionnelles bien établies entre les caractéristiques énergétiques des combustibles et leur capacité de conversion en énergie (rendement). Des illustrations des foyers et des combustibles sont disponibles respectivement dans les annexes 5 et 6.

### Technologies de cuisson

Le tableau 2 présente les technologies de cuisson, organisées selon le type de combustible utilisé. Les analyses et les synthèses fournies ici reposent sur l'examen de plus de 40 sources bibliographiques, ainsi que sur des données recueillies lors d'enquêtes et d'entretiens avec diverses parties prenantes. Afin de rester cohérent avec les suppositions globales du Plan Énergétique Intégré (PEI), il n'a pas été tenu compte des variations nationales des technologies de cuisson, en partant du principe que les coûts des équipements restent constants à travers Madagascar. Bien qu'il existe une grande diversité de foyers disponibles, avec des centaines de modèles et des milliers de vendeurs offrant diverses versions de ces modèles, ce tableau vise à offrir une vue d'ensemble simplifiée mais représentative pour étayer la modélisation du scénario de développement de 2023 à 2030.

**Tableau 2.** Technologies de cuisson observées à Madagascar et données correspondantes

Combustible (foyer)	Prix (\$)	Durée de vie (y)	Efficacité (%)	Niveau MTF
Bois (3 pierres)	0.10	1	14%	0
Bois (basique)	1.19	2	25%	1
Bois (amélioré)	1.73	5	27%	2
Bois (institutionnel basique)	6.68	10	30%	2
Bois (institutionnel amélioré)	9.71	10	35%	3
Charbon de bois (basique)	3.29	1	10%	1
Charbon de bois (amélioré)	4.77	2	24%	2
Charbon de bois (institutionnel basique)	12.88	5	25%	2
Charbon de bois (institutionnel amélioré)	18.72	5	30%	3
Granulé/Briquette (brûleur unique)	20.00	4	35%	3
Biogaz (foyer et four)	84.00	3	44%	4
Bioéthanol (double brûleur)	24.50	3	52%	4
GPL (foyer et four)	92.00	6	56%	4
Appareil (cuseur de riz)	15.00	6	45%	5
Appareil (plaque chauffante)	18.20	2	62%	5
Appareil (induction)	40.00	6	90%	5

### Combustibles de cuisson

Les principaux combustibles utilisés pour la cuisson à Madagascar sont répertoriés dans le tableau 3, tandis que les prix associés à ces combustibles sont indiqués dans le tableau 4. Le facteur d'émission mentionné fait uniquement référence aux émissions résultant de la combustion pour l'utilisation finale de l'énergie, et ne prend pas en compte les émissions liées au cycle de vie pouvant découler de la production ou du transport de combustibles tels que le charbon de bois. Le tableau 4 présente à la fois les prix pratiqués dans les zones rurales et urbaines, selon la disponibilité des données. Les informations concernant le facteur d'émission en équivalent CO<sub>2</sub> proviennent de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

**Tableau 3.** Combustibles de cuisson observés à Madagascar et données correspondantes

Combustible	Valeur énergétique (MJ / kg)	Facteur d'émissions de CO <sub>2</sub> (kg / combustible)	Référence
Bois	18.41	1.775	Clean Cooking Alliance (2019)
Charbon de bois	31.98	3.662	Jetter et Kariher (2009)
Granulé/Briquelette	16.75	2.409	Mlotha (2019)
Biogaz	22.65	1.476	Decker et al. (2018) avec 60% de méthane
Bioéthanol	22.80	1.943	Energypedia (2023)
GPL	45.00	3.242	Benka-Coker et al. (2018)
Électrique	N/A	0,520 (par kWh)	Randrianarison et al. (2022) pour la région d'Antananarivo

**Tableau 4.** Combustibles de cuisson observés à Madagascar et les prix correspondants<sup>11</sup>

Combustible	Prix rural (\$ / unité)	Prix urbain (\$ / unité)	Unité	Référence
Bois	0.03	0.06	kg	Enquête du PEI sur la cuisson, SEforALL (2023), échelonnement urbain deux fois le prix rural
Charbon de bois	0.08	0.16	kg	Enquête du PEI sur la cuisson, SEforALL (2023)
Granulé/Briquelette	0.42	0.84	kg	Matek et al. (2020), échelonnement urbain deux fois le prix rural
Biogaz	0.74	Non utilisé	kg	Matek et al. (2020)
Bioéthanol	1.04	1.04	litre	SEforALL (2023)
GPL	1.65	1.65	kg	SEforALL (2023)
Électrique	0,13 (raccordé au réseau) 0,50 (mini-réseau)		kWh	Composante électrification du PEI de Madagascar

## Analyse géospatiale de l'accès à l'énergie

L'analyse du potentiel total de production de combustibles à Madagascar est effectuée à l'échelle de la commune, niveau géospatial standardisé pour toutes les analyses menées dans le cadre du Plan Énergétique Intégré (PEI). Cette étude ne prend pas en considération la proximité des infrastructures de transport, comme les routes ou les voies navigables, pour évaluer la capacité

<sup>11</sup> Bien que les combustibles soient, dans de nombreux contextes, plus chers en milieu rural, une échelle de 1 : 1 a été utilisée pour le GPL et le bioéthanol dans le PEI en l'absence de données appropriées permettant de déterminer un différentiel urbain/rural pour les prix des combustibles.

d'acheminement des combustibles vers les utilisateurs finaux. L'objectif est de se concentrer sur le potentiel de production proprement dit, dans une démarche descriptive visant à évaluer ce qui est possible en termes d'accès pour les consommateurs, afin de nourrir les discussions autour de la planification des solutions de cuisson, en sachant que certains facteurs dépassent le cadre de cette étude.

Les estimations de production pour chaque type de combustible sont présentées à l'échelle communale et considérées comme étant sans restriction, ce qui signifie que l'analyse n'a pas appliqué de limitations hypothétiques liées au site ou à des usages concurrents du combustible (comme l'utilisation de biomasse pour l'alimentation). Ces estimations peuvent ensuite être agrégées pour calculer le volume total de biomasse, et par conséquent, l'énergie totale disponible pour chaque type de combustible au sein de n'importe quelle division administrative de Madagascar, que ce soit au niveau de la commune, du district, de la région, ou du pays entier. À chaque niveau administratif, la quantité totale d'énergie disponible est comparée aux besoins énergétiques totaux en cuisson de tous les ménages et institutions, permettant ainsi de répondre à des interrogations sur l'adéquation des ressources en combustibles, comme par exemple : "Les ressources en bioéthanol de cette commune sont-elles suffisantes pour couvrir tous les besoins de cuisson locaux ?". Bien que cette question n'implique pas que les combustibles resteront confinés aux limites d'une commune, elle offre une perspective sur les possibilités de production et de consommation locales, minimisant ainsi les coûts logistiques et les émissions. Ce processus aide à identifier les zones où le développement de certains combustibles et foyers de cuisson pourrait répondre aux besoins locaux, avec un potentiel de production excédentaire suffisant pour l'expédition vers les centres urbains, comme le bioéthanol.

L'accès à l'électricité est tiré de l'étude du PEI de Madagascar sur l'électrification. L'accès au GPL est minime et n'est disponible que dans certaines zones urbaines. L'accès au bois et la production de charbon de bois sont plus élevés dans les zones plus boisées, telles qu'identifiées par les catégories d'utilisation des terres. Le potentiel de production de combustible à partir d'autres biocombustibles est évalué en utilisant des données telles que les déchets agricoles, la canne à sucre et d'autres matières premières du bioéthanol, et la propriété du bétail. Ce potentiel de production total peut ensuite être utilisé pour prioriser les districts et les communes pour des analyses locales et logistiques détaillées de la collecte de matières premières et de la production de biocombustibles.

## L'électricité

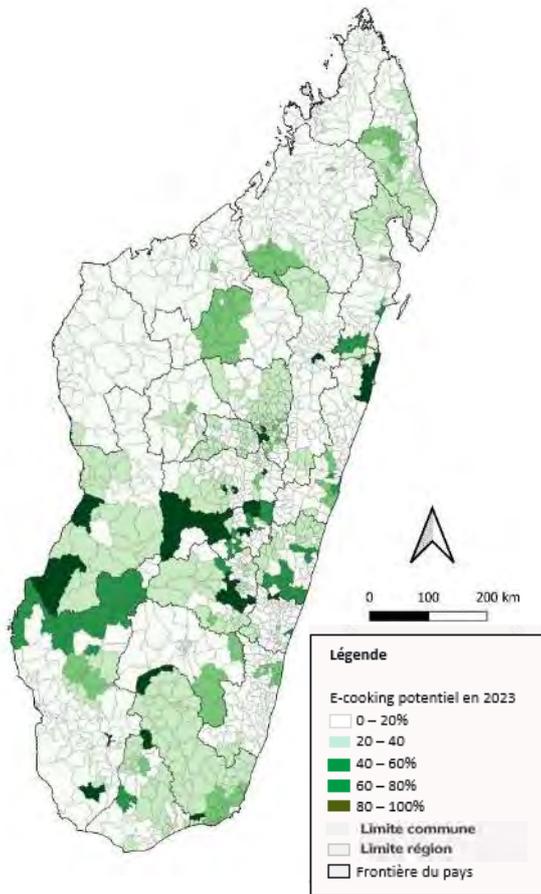
Les informations sur l'accès à l'électricité dans le cadre du Plan Énergétique Intégré (PEI) catégorisent les consommateurs selon leur mode de connexion : réseau national, mini-réseau, système PV individuel (SPI) ou absence d'accès à l'électricité, avec une agrégation au niveau de chaque commune. Pour le "scénario de base", qui envisage une progression moins rapide de l'électrification, la catégorie "sans accès" est particulièrement pertinente. Ce segment est éliminé dans le cadre du "scénario d'accès universel", qui ambitionne une électrification complète et rapide. Les données sur les émissions liées à la production d'électricité sont également fournies dans cette composante du PEI.

La cuisson électrique est considérée comme viable pour les systèmes connectés au réseau de la JIRAMA, les systèmes isolés de la JIRAMA et les mini-réseaux plus importants en bordure de réseau, et non viable pour les petits mini-réseaux isolés ou les Système PV individuel (SPI). Le tableau 5 fournit le détail de la modalité d'électrification et comment cela influence le potentiel de la cuisson électrique. Les systèmes de mini-réseaux isolés et les SPI sont de niveau 4 et ne disposent pas de capacité de puissance suffisante pour la cuisson, et ont un tarif utilisateur final élevé qui est prohibitif en termes de coûts pour la cuisson pour une très petite quantité de clients par rapport à d'autres types de combustibles et de foyers identifiés dans l'enquête sur la cuisson propre. De plus, cette utilisation mineure de la cuisson électrique dans les zones rurales est reflétée dans cette étude. Les figures 6 et 7 visualisent les communes à Madagascar où la cuisson électrique est considérée comme possible.

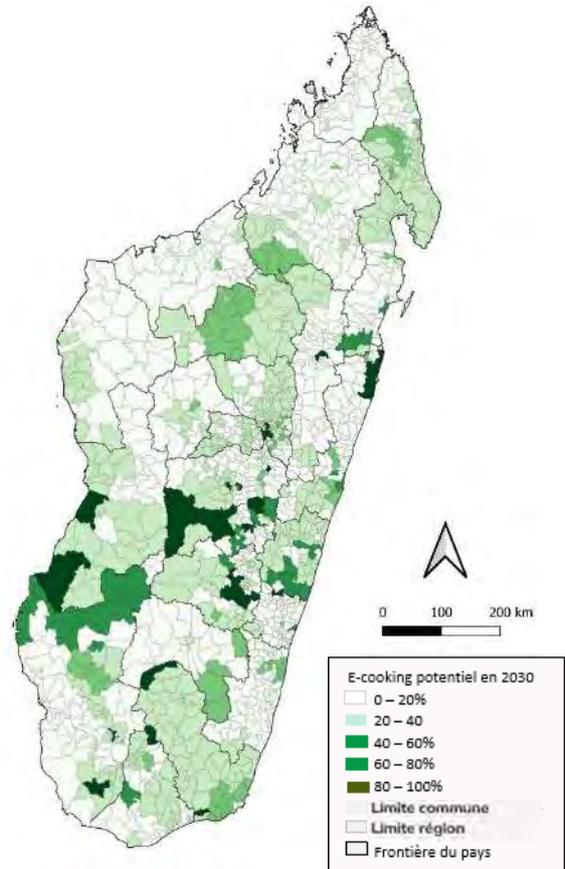
**Tableau 5.** Modalités d'électrification et implications pour les considérations relatives à la cuisson électrique dans l'approche de modélisation

La cuisson électrique possible (Connexion au réseau)	La cuisson électrique n'est pas possible (Connexion isolée)
JIRAMA existante	Mini-réseau MT (isolé)
Densification de la JIRAMA	Mini-réseau BT
Extension du réseau de la JIRAMA (interconnecté)	Solutions solaires autonomes
Extension du réseau de la JIRAMA (isolée)	Pas d'accès
Mini-réseau MT (en bordure de réseau)	

**Figure 6.** Potentiel de cuisson électrique mesuré en pourcentage des structures connectées au réseau en 2023



**Figure 7.** Potentiel de cuisson électrique mesuré en pourcentage des structures connectées au réseau en 2030



### Gaz de pétrole liquéfié (GPL)

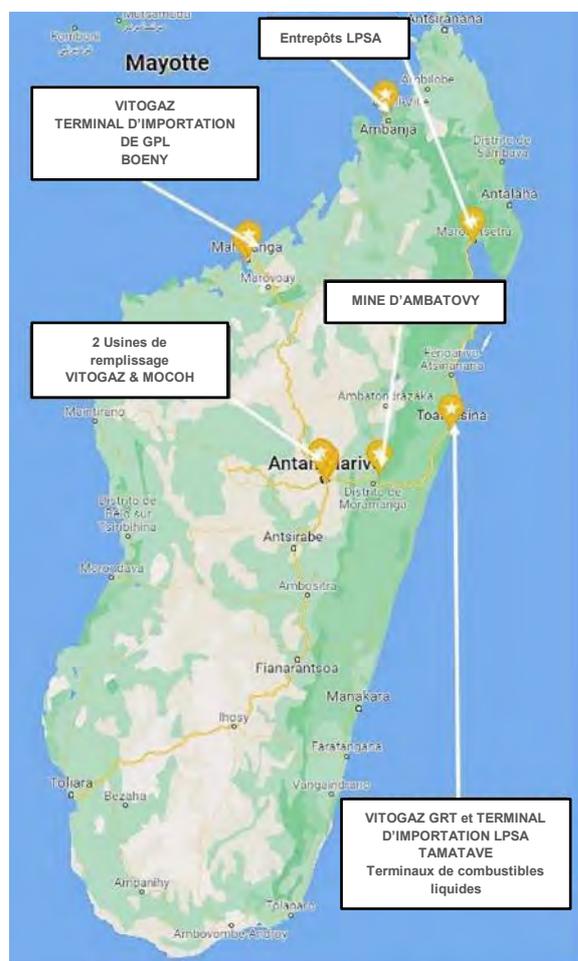
Le secteur du Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL) à Madagascar est caractérisé par un développement limité, principalement en raison de l'absence d'infrastructure de raffinage nationale, nécessitant ainsi l'importation du GPL. Jusqu'à présent, le gouvernement malgache n'a pas significativement régulé ou encouragé ce marché. Parmi les acteurs clés du marché, on trouve des entreprises internationales telles que Total Energies et Rubis Group, ainsi qu'un acteur local, Jovena.

Le groupe Rubis opère à travers deux filiales sur l'île : Vitogaz Madagascar et Galana, qui distribuent toutes deux du GPL. La présence de Vitogaz est notable avec 14 distributeurs agréés et 640 détaillants indépendants à Madagascar. Les principaux formats de bouteilles proposés par l'entreprise sont de 9, 12.5, 25, et 39 kg. La consommation domestique annuelle de GPL est estimée à 9 500 tonnes, avec environ 250 000 bouteilles de 6 kg équivalentes en circulation à tout moment, selon les chiffres de Vakana 2023.

Malgré la disponibilité du GPL, moins de 1 % des ménages malgaches l'utilisent comme source d'énergie, avec une préférence marquée pour son usage dans les zones urbaines. Vitogaz sert

également un segment significatif de clients commerciaux et industriels, incluant des boulangeries, des torréfacteurs, des restaurants, des hôtels, et divers autres établissements, faisant de la consommation domestique une fraction des ventes totales de l'entreprise. La consommation de GPL par les ménages a peu varié au cours de la dernière décennie, se maintenant entre 0,2 et 0,3 kg par personne.

**Figure 8.** Infrastructure GPL à Madagascar (extrait de Vakana 2023)



## Bois

Les informations relatives à l'utilisation des terres et au couvert forestier à Madagascar, issues de la Banque mondiale et du Madagascar Small Hydro GIS Atlas de 2017, indiquent que les forêts tropicales de l'île peuvent fournir entre 600 et 3000 kg de bois par hectare. La fourchette la plus courante pour le bois seul est de 600 à 1200 kg/ha, tandis qu'en incluant les branches, elle s'étend de 1000 à 2000 kg/ha.

Le tableau 6 dresse un inventaire des différentes catégories de forêts à Madagascar, spécifiant pour chacune leur superficie, leur potentiel de production de bois de feu par hectare, et le total du potentiel de bois de feu. La figure 9, quant à elle, visualise le potentiel de bois de feu disponible selon chaque type de forêt. Les forêts classées comme denses surpassent en nombre et en potentiel de bois toutes les autres catégories combinées, ce qui suggère que l'essentiel des

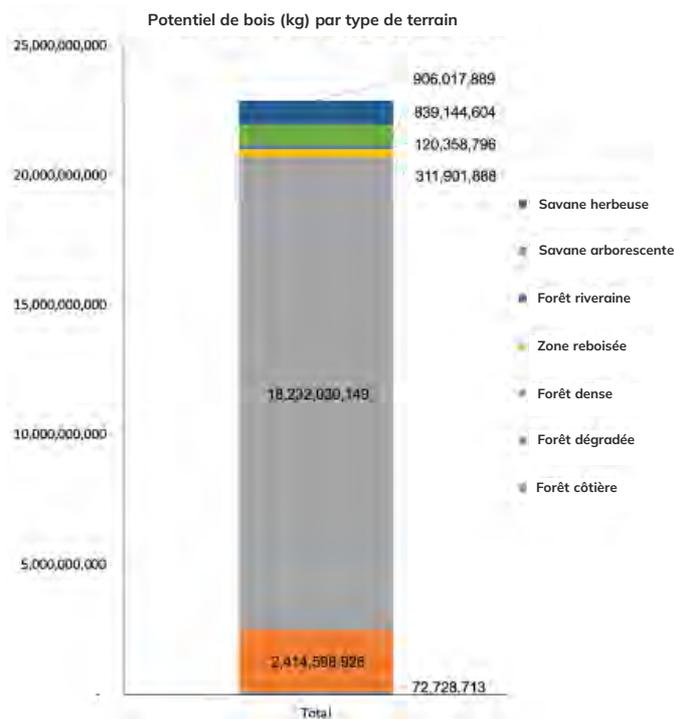
ressources en bois de l'île est issu de ces forêts denses. En plus des forêts, le potentiel de bois dans les zones de savane a été évalué, tenant compte du fait que 29% du bois est récolté en dehors des zones forestières<sup>12</sup>. Cette ressource a été estimée puis répartie de manière uniforme sur l'étendue des savanes de Madagascar, résultant en un potentiel relativement faible de bois par hectare dans ces zones.

**Tableau 6.** Potentiel de bois par unité de surface et potentiel total de bois selon les types de forêts

		Somme des superficies (ha)	Densité du bois (kg par hc)	Potentiel de bois (kg)
Type de forêt	Forêt côtière	72 729	1 000	72 728 713
	Forêt dégradée	2 414 599	1 000	2 414 598 926
	Forêt dense	9 116 015	2 000	18 232 030 149
	Zone reboisée	311 902	1 000	311 901 888
	Forêt riveraine	120 359	1 000	120 358 796
	Savane arborée	17 707 977	47	839 144 604
	Savane herbeuse	19 119 165	47	906 017 889
	<b>Total Madagascar</b>	<b>48 862 746</b>	<b>N/A</b>	<b>22 896 780 965</b>

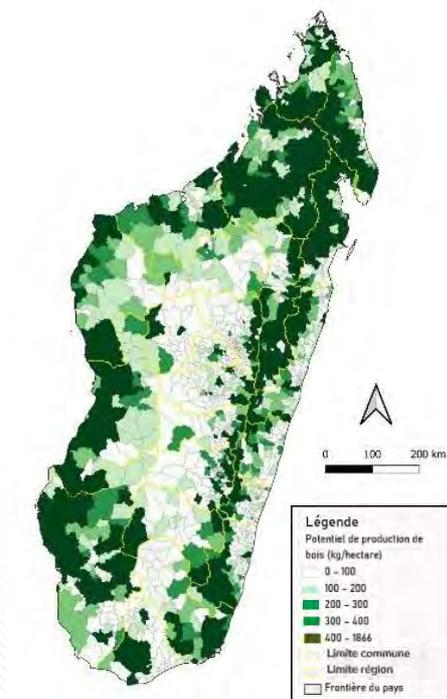
<sup>12</sup> Reiner, F., Brandt, M., Tong, X., Skole, D., Kariryaa, A., Ciais, P., Davies, A., Hiernaux, P., Chave, J., Mugabowindekwe, M., Igel, C., Oehmcke, S., Gieseke, F., Li, S., Liu, S., Saatchi, S., Boucher, P., Singh, J., Taugourdeau, S., ... Fensholt, R. (2023). More than one quarter of Africa's tree cover is found outside areas previously classified as forest. *Nature Communications*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37880-4>

**Figure 9.** Potentiel de bois par type de forêt



La figure 10 illustre le potentiel total de bois pour chaque commune de Madagascar, en prenant en compte les divers types de forêts présentes et le potentiel spécifique de bois de chacune. Les communes avec le potentiel le plus élevé en matière de bois sont principalement situées le long des côtes, notamment dans les régions centre-ouest et nord-est du pays.

**Figure 10.** Potentiel géospatial de bois à Madagascar



## Charbon de bois

La localisation de la production de charbon de bois à Madagascar devrait être concentrée dans les zones présentant un potentiel élevé de bois, conformément aux données présentées dans la figure 10. La technologie des fours utilisée joue un rôle crucial dans l'efficacité de la transformation du bois en charbon de bois, influençant directement la quantité de bois nécessaire, ainsi que la qualité, la densité énergétique du charbon produit. Le tableau 7 détaille différentes technologies de fours et leur efficacité en termes de rendement de production de charbon de bois. La fabrication de charbon de bois peut se faire dans un cadre légal ou de manière illicite. Promouvoir une production de charbon de bois durable et conforme à la réglementation est essentiel pour minimiser l'impact sur la déforestation. À cette fin, l'exploitation de plantations dédiées à la production de charbon de bois, qui n'affectent pas négativement les forêts naturelles, est mise en avant comme une stratégie prioritaire.

**Tableau 7.** Type de four à charbon de bois et conversion correspondante du bois en charbon de bois

Type de four	Efficacité (kg_c/kg_w)
Four en terre	19.5%
Four à briques	31.0%
Four Kon-Tiki	22.0%
Four à tambour en acier	29.0%

## Bioéthanol

Le bioéthanol peut être produit à partir d'une variété de cultures, spécifiquement à partir du grain de la culture (par exemple, le grain de maïs et non la tige de maïs). La composante géospatiale du potentiel de bioéthanol est calculée en utilisant les volumes de production nationale des cultures, les données communales sur les tailles des terres cultivables, et les facteurs de conversion des cultures en éthanol. Cette analyse calcule le potentiel total de production de bioéthanol en supposant que toute la production de cultures est disponible pour la conversion en biocarburant (en supposant qu'aucune culture n'est utilisée pour la consommation humaine ou animale). Les estimations doivent donc être considérées comme une limite supérieure de ce qui est possible pour informer les discussions sur la nourriture vs le biocarburant. Ces données peuvent ensuite être utilisées dans les conversations de planification qu'une quantité absolue ou un pourcentage de déviation de la production de cultures pour le bioéthanol, qui pourrait également varier par région ou district, et l'établissement de telles limites n'est pas dans le champ d'application de cette analyse qui se concentre uniquement sur l'estimation du potentiel total.

Les volumes de production des cultures ont été obtenus de FAOSTAT et de l'USDA et résumés dans le tableau 10. Il y avait des données insuffisantes pour prévoir avec précision les volumes potentiels de cultures à l'horizon 2030, en particulier compte tenu des périodes prolongées de sécheresse, et ainsi un volume de production annuel constant a été supposé pour 2023 à 2030. Par exemple, les volumes de production de maïs ont été stables au cours des 5 dernières années, mais sont la moitié des niveaux de production d'il y a 10 ans (USDA, 2023).

**Tableau 8.** Volumes de production annuelle de grain pour certaines cultures.

Culture	Volume de la production annuelle de grain (tonnes)
Canne à sucre	3 122 686
Maïs	225 000
Riz	4 391 386
Manioc	2 439 642
Patate douce	1 143 320
Pommes de terre	251 258

Les informations concernant l'utilisation des terres agricoles par commune à Madagascar ont été recueillies grâce aux données de la Banque mondiale, publiées dans le Madagascar Small Hydro GIS Atlas, en 2017. L'utilisation des terres y est classifiée en trois catégories distinctes, dont le détail est présenté dans le tableau 9. Parmi ces catégories, les rizières sont clairement distinguées des autres types de cultures, facilitant ainsi la localisation précise de la production de riz en fonction de l'emplacement des zones rizicoles. Les deux autres catégories de terres agricoles, à savoir les grandes cultures et un mélange de cultures, sont regroupées sous l'appellation "autres terres cultivées" ou terres non destinées à la riziculture. La répartition géospatiale de la production agricole sur ces dernières est déterminée en fonction de la proportion relative de "autres terres cultivées" disponible dans chaque commune.

**Tableau 9.** Données sur l'utilisation des terres agricoles. (Banque mondiale, 2017)

Catégorie d'utilisation des sols	Superficie des terres (hectares)
Rizière	1 260 024
Grandes cultures	429 565
Mélange de cultures	5 438 911
<b>Total</b>	<b>7 128 500</b>

Les taux de conversion de l'éthanol pour les principales cultures à Madagascar sont indiqués dans le tableau 10. La valeur énergétique de l'éthanol de cuisson est de 22,8 MJ par kg (energypedia, 2023) avec une densité de 0,783 kg par litre (Cool Conversion, 2023) pour une valeur énergétique volumétrique de 17,85 MJ par litre.

**Tableau 10.** Facteurs de conversion de l'éthanol pour la composante grain des cultures sélectionnées.

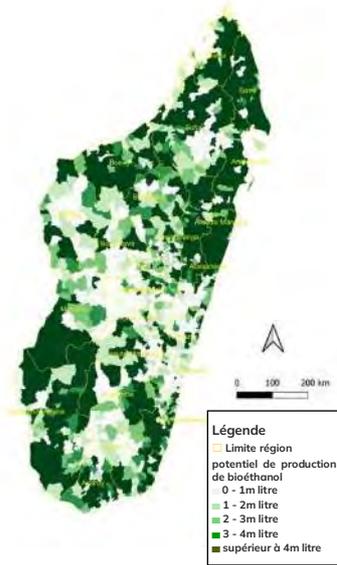
Culture	Taux de conversion de l'éthanol (L par tonne de grain)
Canne à sucre	700
Maïs	390
Riz	525
Manioc	500
Patate douce	219
Pommes de terre	208

Le potentiel total de production de combustible bioéthanol est donné dans le tableau 11, qui représente la quantité maximale d'éthanol qui pourrait être produite si tous les grains disponibles de chaque culture étaient transformés en éthanol. La figure 11 montre le volume total potentiel de production de bioéthanol à partir de sources situées dans chaque commune. Cette quantité est comparée aux besoins énergétiques totaux pour la cuisson en 2023 et 2030 et affichée dans les figures 12 et 13, respectivement. Ces figures incluent les besoins énergétiques des ménages et des institutions. En considérant la nation dans son ensemble, l'offre énergétique potentielle totale de bioéthanol pourrait répondre à 416 % ou 5863 % des besoins de cuisson des ménages et des institutions, respectivement, en 2030, en supposant que toutes les cultures soient utilisées pour la production de bioéthanol. Ces résultats identifient la limite supérieure pour une production de bioéthanol non contrainte et ne doivent pas être pris comme un plan d'action prescriptif pour la production et l'utilisation de foyers de cuisson, qui prend en compte plus de facteurs, comme introduit dans les Scénarios de Cuisson Propre et l'analyse géospatiale.

**Tableau 11.** Potentiel de production d'éthanol pour certaines cultures si tous les grains sont convertis en éthanol.

Culture	Production (tonnes)	Volume d'éthanol (Litres)	Valeur énergétique de l'éthanol (MJ)
Canne à sucre	3 122 685	2 185 879 948	39 023 203 184
Maïs	225 000	87 750 000	1 566 548 100
Riz	4 391 386	2 305 477 650	41 158 309 199
Manioc	2 439 642	1 219 821 000	21 776 732 420
Patate douce	1 143 320	250 249 903	4 467 561 377
Pommes de terre	251 257	52 350 419	934 580 624
<b>Total</b>	<b>11 573 291</b>	<b>6 101 528 921</b>	<b>108 926 934 904</b>

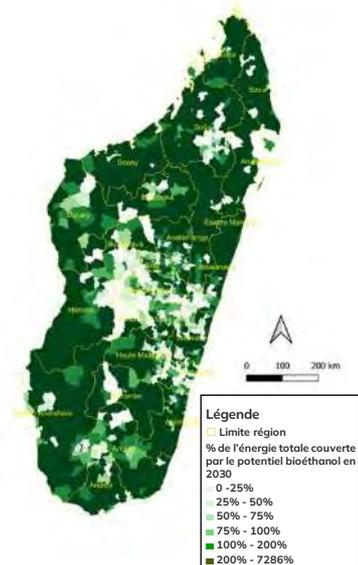
**Figure 11.** Potentiel de production de bioéthanol à partir de toutes les sources.



**Figure 12.** Potentiel des besoins totaux en énergie de cuisson pouvant être satisfaits par le potentiel de production d'éthanol à partir de toutes les sources dans chaque commune en 2023.



**Figure 13.** Potentiel des besoins totaux en énergie de cuisson pouvant être satisfaits par le potentiel de production d'éthanol à partir de toutes les sources dans chaque commune en 2030.



## Granulés et briquettes de biomasse

Les résidus agricoles, tels que les tiges de maïs, peuvent être valorisés en granulés ou briquettes compressées, offrant ainsi une alternative énergétique durable aux combustibles traditionnels. Toutefois, les données concernant les déchets de sciure de bois issus des scieries ne sont pas disponibles et ne sont donc pas incluses dans cette analyse. Le potentiel de production de granulés et de briquettes de biomasse est estimé à partir des volumes de production agricole au niveau national, des superficies des terres cultivées à l'échelle communale, des coefficients de conversion des grains en résidus agricoles, et du pouvoir calorifique de chaque type de déchet agricole.

Les informations relatives à la production végétale et aux surfaces cultivées, déjà utilisées pour les estimations de production de bioéthanol, sont également applicables à cette analyse. Le tableau 12 détaille les coefficients de conversion des grains en déchets agricoles et présente le contenu énergétique de divers types de résidus agricoles. Pour certaines cultures, la quantité de résidus peut surpasser celle des grains produits, notamment lorsque les parties non comestibles de la plante, comme les tiges et la paille, sont plus lourdes que les parties récoltées pour l'alimentation, telles que les grains de maïs. Le pouvoir calorifique de chaque type de résidu agricole est calculé sur une base sèche, avec une humidité de 10 % assumée pour les produits finis sous forme de granulés ou briquettes.

**Tableau 12.** Facteurs de conversion pour les résidus agricoles et leur contenu énergétique.

Culture	Type de résidus	Rapport entre les résidus et les grains (kg de résidus par kg de grain)	Valeur énergétique* (MJ par kg)
Canne à sucre	Bagasse de canne à sucre	0.25	18
	Résidus de canne à sucre	0.6	16
Maïs	Epis de maïs	0.3	15
	Tiges et pailles de maïs	1.56	16
Riz	Cosses de riz	0.33	13
	Pailles de riz	1.53	16
Manioc	Tiges de manioc	0.5	17
Patate douce	Patate douce	0.25	18
Pommes de terre	Pommes de terre	0.25	18

\* La valeur énergétique est donnée sur une base sèche.

Le potentiel total de production de combustible sous forme de granulés ou de briquettes de biomasse est présenté dans le tableau 13, qui représente la quantité maximale de granulés ou briquettes de biomasse qui pourrait être produite si tous les déchets agricoles disponibles de chaque culture étaient convertis en granulés. Les déchets agricoles peuvent être collectés dans les fermes ou les installations agro-industrielles, et le coût et la complexité de la collecte à partir de nombreux sites distribués pourraient réduire le potentiel pour le combustible de granulés/briquettes de biomasse. La figure 14 montre le volume total potentiel de production de granulés/briquettes de biomasse à partir de sources situées dans chaque commune. Cette quantité est comparée aux besoins énergétiques totaux pour la cuisson en 2023 et 2030 et affichée dans les figures 15 et 16, respectivement. Ces figures incluent les besoins énergétiques des ménages et des institutions. En considérant la nation dans son ensemble, l'offre énergétique potentielle totale de granulés/briquettes de biomasse pourrait répondre à 556 % et 7826 % des besoins de cuisson des ménages et des institutions, respectivement, en 2030, en supposant que tous les déchets de culture soient utilisés pour la production de granulés/briquettes. Ces résultats identifient la limite supérieure pour une production de granulés/briquettes de biomasse non contrainte et ne doivent pas être pris comme un plan d'action prescriptif pour la production et l'utilisation de foyers de cuisson, qui prend en compte plus de facteurs, comme introduit dans les Scénarios de Cuisson Propre et l'analyse géospatiale.

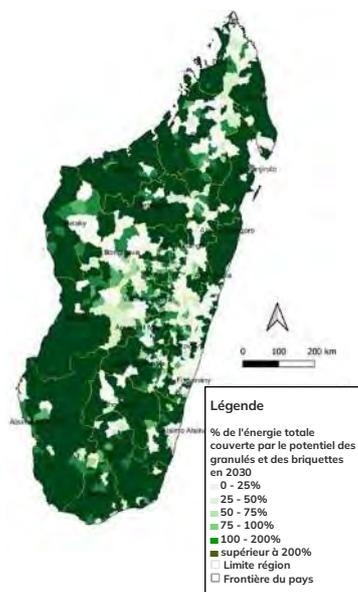
**Tableau 13.** Potentiel de production de résidus agricoles pour certaines cultures si tous les déchets sont convertis en granulés et en briquettes.

Culture	Résidus (tonnes)	Énergie (MJ)
Canne à sucre	2 654 282	39 23 852 321
Maïs	418 500	2 827 003 032
Riz	8 167 977	55 175 384 607
Manioc	1 219 821	30 652 779 249
Patate douce	285 830	14 365 197 286
Pommes de terre	62 814	3 156 915 165
<b>Total</b>	<b>12 809 226</b>	<b>145 412 131 660</b>

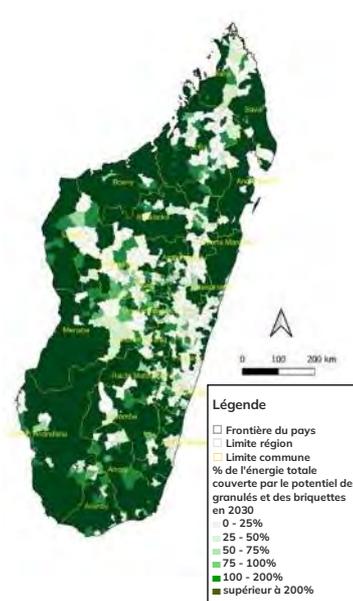
**Figure 14.** Potentiel de production de granulés/briquettes de biomasse.



**Figure 15.** Potentiel des besoins totaux en énergie de cuisson pouvant être satisfaits par le potentiel de production de granulés/briquettes de biomasse dans chaque commune en 2023.



**Figure 16.** Potentiel des besoins totaux en énergie de cuisson pouvant être satisfaits par le potentiel de production de granulés/briquettes de biomasse dans chaque commune en 2030.



## Biogaz

Le biogaz peut être généré à partir de la digestion anaérobie des déchets animaux, et bien que certains types de déchets alimentaires ou de cultures puissent également être utilisés pour la digestion anaérobie, cette étude n'inclut pas les déchets alimentaires en raison du manque de données et suppose que les déchets de cultures sont déviés vers des granulés/briquettes de biomasse et non vers le biogaz. Le potentiel de biogaz pour Madagascar est calculé en utilisant les

comptages de bétail, la localisation géospatiale sur les terres agricoles et les facteurs de conversion des comptages de bétail en génération de biogaz. D'autres besoins tels que l'eau et la disponibilité de l'équipement ne sont pas considérés, juste la source de carburant est reflétée ici.

Les comptages de bétail (têtes) ont été obtenus de FAOSTAT et résumés dans le tableau 14. Il y avait des données insuffisantes pour prévoir avec précision les changements potentiels dans les comptages de bétail jusqu'à 2030, et ainsi un nombre constant de bétail a été supposé pour 2023 à 2030. Les localisations géospatiales pour les terres agricoles sont utilisées comme proxies pour les localisations géospatiales du bétail parce qu'il n'existe pas de base de données au niveau des communes sur les emplacements du bétail.

**Tableau 14.** Nombre de têtes de bétail. (FAOSTAT, 2021)

Bétail	Nombre (tête)
Bovins	8 800 000
Chèvres	1 498 079
Moutons	852 075
Cochons	1 249 339
Poulet	42 700 000

Les calculs des volumes de production de biogaz par tête de bétail sont basés sur les coefficients de conversion présentés dans le tableau 15. Ces coefficients prennent en compte plusieurs facteurs clés, tels que la quantité de déchets solides produite par l'animal, la proportion de ces déchets qui est volatile et susceptible de produire du biogaz (la fraction solide volatile), ainsi que la capacité de ces déchets à générer du méthane (le rendement en méthane des déchets solides d'un animal spécifique). L'objectif est de normaliser la production totale de méthane pour une seule tête de bétail sur une base annuelle. La production de méthane est estimée en considérant une valeur énergétique de 55,5 MJ par kg de méthane et une densité de 0,716 kg par mètre cube, selon l'Engineering Toolbox (2023). Cette approche permet de standardiser le potentiel énergétique pour la cuisson, le méthane étant une référence commune pour comparer le potentiel énergétique de différents types de bétail, plutôt que le volume de biogaz produit, qui peut varier en termes de valeur énergétique en fonction de la concentration de méthane (qui oscille entre 0,4 et 0,6 par volume). Cette variabilité rend le biogaz moins précis comme indicateur de comparaison dans les études qui ne fournissent que des données volumétriques sans préciser la valeur énergétique. La conversion en volume équivalent de biogaz, en tenant compte d'une concentration de méthane de 0,4 à 0,6, permet d'estimer la quantité d'énergie utilisable. Par exemple, avec une concentration de méthane de 0,4, on obtient une valeur énergétique de 22,25 MJ par kg ( $55,5 \text{ MJ/kg} \times 0,4$ ), ce qui est proche de la valeur énergétique standard de 22,65 MJ/kg pour le biogaz utilisé dans les foyers, selon energypedia (2023). Le volume de biogaz restant est considéré comme composé de gaz inerte et donc non combustible.

**Tableau 15.** Volumes de production de biogaz pour une sélection de bétail.

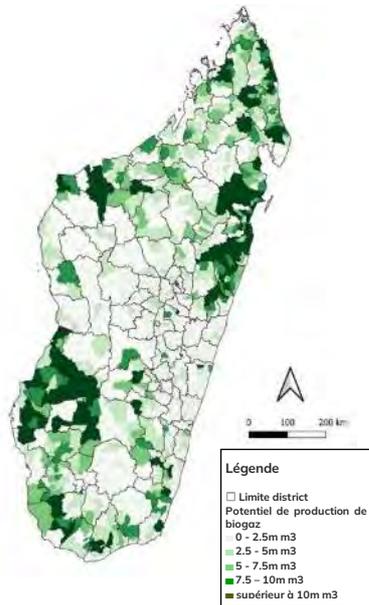
Bétail	Production de déchets (kg humide / hd / an)	Fraction solide volatile (kg solide / kg humide)	Production de méthane (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / kg de solides volatils)	Production de méthane (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / hd / an)
Bovins	12,911	0.17	0.19	412
Chèvres	960	0.17	0.19	31
Moutons	398	0.17	0.19	13
Cochons	2,933	0.15	0.34	148
Poulet	69	0.25	0.19	3

Le potentiel total de production de biogaz est indiqué dans le tableau 16, qui représente la quantité maximale de biogaz qui pourrait être produite si tous les déchets animaux disponibles étaient utilisés. La figure 17 présente le volume total de production potentielle de biogaz à partir de sources situées dans chaque commune. Cette quantité est comparée aux besoins énergétiques totaux pour la cuisson en 2023 et 2030 et affichée dans les figures 18 et 19, respectivement. Ces chiffres incluent les besoins énergétiques des ménages et des institutions. Si l'on considère l'ensemble du pays, l'offre totale d'énergie issue du biogaz pourrait couvrir 608 % et 8569 % des besoins de cuisson des ménages et des institutions, respectivement, en 2030, en supposant que tous les déchets animaux soient utilisés pour le biogaz. Ce potentiel de production total peut ensuite être utilisé pour classer les districts et les communes par ordre de priorité en vue d'analyses locales et logistiques détaillées de la collecte et de la transformation des déchets animaux en biogaz, en tenant compte notamment de la concurrence avec les engrais et des quantités totales de déchets récupérables dans les petites exploitations agricoles et les grandes exploitations commerciales.

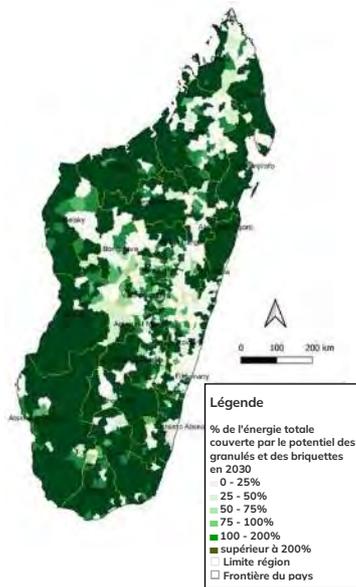
**Tableau 16.** Potentiel de production de biogaz pour une sélection d'animaux d'élevage si tous les déchets sont convertis en biogaz.

Bétail	Déchets (tonnes)	Énergie (MJ)
Bovins	3 626 648 256	144 115 748 397
Chèvres	45 905 934	1 824 210 022
Moutons	10 824 897	430 159 762
Porcs	184 388 144	7 327 216 065
Poulets	138 829 656	5 516 812 870
<b>Total</b>	<b>4 006 596 888</b>	<b>159 214 147 116</b>

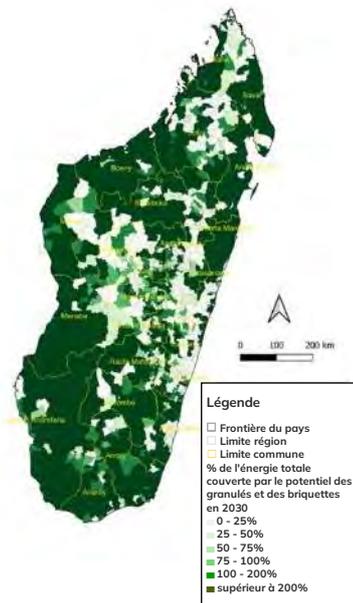
**Figure 17.** Potentiel de production de biogaz.



**Figure 18.** Potentiel des besoins totaux en énergie de cuisson pouvant être satisfaits par le potentiel de production de biogaz dans chaque commune en 2023.



**Figure 19.** Potentiel des besoins totaux en énergie de cuisson pouvant être satisfaits par le potentiel de production de biogaz dans chaque commune en 2030.



### Autres technologies de cuisson et combustibles

Des alternatives de cuisson et sources d'énergie telles que les fours solaires, la sciure, le fumier, et le kérosène<sup>13</sup> démontrent une présence marginale ou absente sur le marché de Madagascar, ce qui rend leur contribution aux résultats globaux et aux orientations stratégiques pratiquement insignifiante. Par conséquent, ces options n'ont pas été prises en compte dans les modèles ou les évaluations géospatiales réalisées dans cette étude. Cette démarche vise à focaliser l'analyse sur les solutions de cuisson et les combustibles exerçant une réelle influence sur le paysage énergétique malgache.

### Analyse géospatiale de la cuisson propre

Pour atteindre les objectifs de l'Objectif de Développement Durable 7 (ODD 7), deux scénarios de cuisson propre ont été élaborés, chacun visant des niveaux spécifiques d'adoption de foyer de cuisson propre d'ici 2030. Le premier, désigné comme le "scénario de base", s'appuie sur les engagements pris dans l'Energy Compact, tandis qu'un "scénario d'accès universel" plus ambitieux est évalué dans le cadre du Plan Énergétique Intégré (PEI), visant un accès universel à des solutions de cuisson propre. Ces scénarios s'inspirent également d'objectifs plus larges en matière de politique énergétique et de transition vers des énergies durables, tirés d'études et de données fournies par des entités telles qu'Energizing Finance, SEforALL, le PNUD, MECS, l'USAID, la Banque Mondiale, Clean Cooking Madagascar, Dalberg Consulting, Project Gaia, Montclair State

<sup>13</sup> Le kérosène est parfois utilisé pour l'éclairage mais pas pour la cuisine.

University, l'Université de Liverpool, et Duke University. Ces sources comprennent les données historiques, actuelles et prévisionnelles jusqu'en 2030 pour esquisser des trajectoires possibles de transition énergétique.

L'analyse fournit un modèle prospectif basé sur des scénarios pour atteindre des objectifs quantitatifs pour les scénarios de référence et d'accès universel à l'énergie. Il ne s'agit pas d'un problème d'optimisation au moindre coût car une telle analyse ne traduit pas les circonstances telles que les limitations du potentiel de combustible, les préférences des consommateurs pour les foyers de cuisson, ou les effets des politiques. Cette étude géospatiale (1) prévoit le potentiel de combustible incluant les biocombustibles alternatifs et l'accès élargi à l'électricité, et (2) utilise le potentiel de combustible amélioré pour guider les analyses de scénarios qui décrivent les voies pour atteindre les objectifs nationaux établis de cuisson propre et les objectifs d'accès universel.

Les deux scénarios sont introduits et décrits. Les descriptions des segments de marché (par exemple, ménages et institutions, rural contre urbain) suivent ensuite et incluent plus de détails sur les projections de possession de foyers et les comportements des utilisateurs de chaque segment de marché. Aucun objectif public n'a été défini pour les solutions de cuisson institutionnelles, et ces valeurs sont supposées imiter les objectifs d'adoption de combustible pour les ménages en l'absence d'autres données pour décrire les tendances possibles pour l'adoption de foyers institutionnels. Ces données décrivant l'adoption moyenne de foyers pour une zone géographique spécifique (urbaine, nord rural, centre rural, sud rural) ont ensuite été projetées uniformément sur toutes les communes au sein de cette zone géographique. Les tendances des ménages ruraux utilisent des informations de l'enquête, tandis que les tendances des ménages urbains sont tirées de MTF car les emplacements urbains n'étaient pas inclus dans l'enquête PEI.

### Scénario du Pacte énergétique de l'ODD 7 ("scénario de base")

Le scénario de base est basé sur la réalisation des objectifs fixés pour 2030 par le ministère de l'Énergie et des Hydrocarbures (MEH) de Madagascar, tels qu'énoncés dans le Pacte énergétique de l'Objectif de Développement Durable 7 (SDG7 Energy Compact). Ces objectifs comprennent :

- Équipement de 50 % des ménages en foyers de cuisson améliorés, en se concentrant sur l'utilisation de bois amélioré et de charbon de bois amélioré. Cette projection prend en compte la préservation des préférences actuelles des ménages entre le bois et le charbon de bois telles qu'elles sont observées en 2023.
- Adoption de combustibles d'origine biologique par 20 % des ménages, avec une répartition prévue de 80 % pour l'éthanol, 10 % pour le biogaz, et 10 % pour les granulés/briquettes de biomasse. Cette répartition reflète une volonté de privilégier le déploiement de l'éthanol en tant que source d'énergie renouvelable à Madagascar.
- Utilisation de solutions de cuisson propres par 2 500 000 ménages, avec une prédominance de la cuisson électrique (90 %) par rapport au GPL (10 %). Les options de cuisson électrique seront réparties également entre les plaques chauffantes et les plaques à induction, ciblant les ménages équipés soit d'un seul foyer de cuisson, soit d'une combinaison de plusieurs, dans un effort de prioriser la cuisson électrique en ligne avec les ambitions globales du Plan Énergétique Intégré (PEI).

Pour les 0,64 millions de ménages restants non inclus dans le Pacte, il est prévu qu'ils continuent à utiliser des foyers de niveau 0 et 1. Parmi les ménages urbains, la totalité est censée utiliser le GPL (10,4 %), tandis que les autres privilégient les options de cuisson électrique (71,7 %), réparties de manière égale entre plaques chauffantes et à induction, suivies du bioéthanol (10 %) et du charbon de bois amélioré (7,4 %). Ainsi, la répartition des types de foyers chez les ménages ruraux est déduite de la différence entre les objectifs nationaux et l'adoption de foyers en milieu urbain.

Quant à l'équipement des institutions en 2030, il s'aligne sur les tendances observées chez les ménages en termes de transition vers des combustibles alternatifs, favorisant cependant les foyers institutionnels améliorés au détriment de modèles à brûleur unique moins efficaces et de moindre taille. L'adoption de multiples types de foyers continue pour celles fonctionnant au bois et au charbon, avec une transition prévue vers des modèles institutionnels améliorés utilisant ces combustibles. Les institutions urbaines adoptent des tendances de changement de combustible similaires à celles des ménages, optant majoritairement pour la cuisson électrique (71,7 %), le GPL (10,4 %), le bioéthanol (10 %) et les foyers institutionnels améliorés fonctionnant au charbon (7,9 %). Ceci laisse une petite part pour l'utilisation du GPL par les institutions rurales (0,6 % de l'ensemble rural), et les préférences restantes en matière de foyers pour les ménages ruraux sont établies en fonction de la différence entre les objectifs nationaux et l'utilisation urbaine des foyers.

### Scénario d'accès universel ("scénario PEI")

Le scénario d'accès universel privilégie principalement la cuisson électrique, suivie de l'utilisation du bioéthanol et d'autres combustibles plus propres. Il vise à réaliser des ambitions plus élevées concernant l'adoption de technologies et combustibles de cuisson plus propres, conformément aux recommandations de l'étude sur l'électrification du PEI et aux contributions de SEforALL, d'acteurs gouvernementaux et de partenaires de développement. L'objectif est de supprimer totalement l'emploi de combustibles solides d'ici 2030, permettant ainsi à 2,1 millions de personnes chaque année d'accéder à des méthodes de cuisson propres. La section dédiée à l'analyse géospatiale de l'accès à l'énergie examine l'aspect géospatial de cette démarche.

L'analyse du PEI calcule qu'il y a 3 013 000 ménages raccordés au réseau en 2023 et 3 557 000 ménages raccordés au réseau de la JIRAMA en 2030. On suppose que ces ménages utilisent la cuisine électrique avec des plaques à induction et non des plaques chauffantes, et qu'ils conservent des comportements similaires à ceux observés en 2023 concernant l'empilement d'un foyer électrique et d'un foyer à biomasse. L'utilisation de GPL est maintenue par rapport au scénario de base. Les combustibles d'origine biologique sont utilisés pour répondre aux besoins de cuisson restants, avec 60 % de bioéthanol, 20 % de granulés/briquettes, et 20 % de biogaz. Les ménages urbains sont supposés être les seuls utilisateurs de GPL (10,4 %), un nombre similaire d'utilisateurs de cuisson électrique est attendu par rapport au scénario de base (71,7 %), mais tous utilisant une plaque à induction et aucune plaque chauffante, et le reste des ménages utilise le bioéthanol (17,9 %). La possession de foyers de cuisine par les ménages ruraux peut alors être calculée comme la différence entre les objectifs nationaux et l'utilisation des foyers en milieu urbain. Une petite quantité de cuisson utilisant du bois et du charbon de bois reste pour refléter que certains consommateurs peuvent continuer à préférer l'empilement des modes de cuisson et compléter les plaques à induction avec des foyers améliorés à bois et à charbon de bois.

En 2030, les institutions ont adopté des pratiques similaires aux ménages en matière de transition vers d'autres types de combustibles, avec une part estimée à 27,1 % utilisant une unique solution de cuisson électrique et 28,2 % ayant recours à plusieurs solutions, représentant ainsi 55,3 % des institutions bénéficiant de la cuisson électrique. L'usage combiné de foyers inclut une plaque à induction accompagnée soit d'un foyer institutionnel amélioré pour le bois, soit pour le charbon de bois. Il est prévu que les institutions restantes privilégient le bioéthanol (42,3 %) et une minorité le GPL (2,4 %). Les institutions urbaines, suivant des tendances semblables aux ménages, favorisent la cuisson électrique (71,7 %), le GPL (10,4 %) et le bioéthanol (17,9 %). Ceci implique une faible consommation de GPL par les institutions rurales (représentant 0,6 % de l'ensemble rural), et la différence entre les objectifs nationaux et l'usage urbain permet de déduire les types de foyers utilisés par les ménages ruraux. Les solutions individuelles incluent le bioéthanol et la plaque à induction électrique, tandis que l'emploi de tout foyer institutionnel amélioré est supposé être assorti d'une plaque à induction électrique.

### Segments du marché

Aucun travail n'a réalisé une étude complète couvrant à la fois les clients ruraux et urbains, les différentes régions de Madagascar, les différents types de clients (ménages, non-ménages), les limitations d'accès à l'énergie (bois, électrique, GPL, etc.) ainsi que les préférences et comportements en matière de préparation des repas. De plus, les études sur l'utilisation de l'énergie de cuisson emploient souvent différentes méthodes, sont réalisées dans différents lieux et à différents moments de l'année, et ne disposent souvent pas d'une taille d'échantillon suffisante à l'échelle d'une région ou d'un pays pour permettre une utilisation généralisée des résultats comme représentatifs des segments de marché pour Madagascar. Les données primaires pour les zones rurales et les données secondaires pour les zones urbaines créent une image représentative de la cuisine à Madagascar pour les consommateurs ménages et non-ménages. Ces données ont été confrontées à plus de 40 sources de données secondaires pour atteindre un consensus sur des entrées généralisables de haut niveau organisées comme suit, avec des classifications principales pour (a) les ménages ou les institutions, et (b) l'emplacement rural ou urbain :

- **Localisation géospatiale des clients** - L'usage de la cartographie géographique a permis de numériser les structures des bâtiments. Ces structures ont été identifiées comme étant des ménages ou des institutions, en se basant sur la proximité avec le réseau de la JIRAMA pour distinguer les zones rurales des urbaines. Le tableau 17 indique les pourcentages de ménages et d'institutions par rapport au total des structures, selon les données de l'électrification du PEI, ainsi que la proportion de ces entités possédant des foyers selon des données primaires. Le tableau 18 présente le décompte des structures dans les zones rurales et urbaines, incluant les utilisateurs de foyers parmi les ménages et institutions. Les informations démographiques et structurelles de 2023 ont été projetées pour 2030 avec un taux de croissance annuel estimé à 2,4 %. Des informations complémentaires concernent les segments ruraux, y compris la région analysée, influençant les préférences de foyers, la disponibilité et l'approvisionnement en combustible (cueillette gratuite, coût du combustible, etc.).

**Tableau 17.** Localisation géospatiale des clients pour les foyers de cuisson

Paramètres	Rural (> 15 km de JIRAMA)	Urbain (< 15 km de JIRAMA)
Des ménages aux structures (bâtiments)	95.0%	99.0%
Ménages qui cuisinent	99.3%	99.3%
Des institutions aux structures	5.0%	1.0%
Institutions qui cuisinent	18.7%	18.7%

**Tableau 18.** Nombre de structures pour les ménages et les institutions par segment rural et urbain

Nombre de structures	Ménages		Institutions		Total	
	2023	2030	2023	2030	2023	2030
<b>Localisation</b>						
Rurale - Nord	2,438,384	2,505,230	20,442	20,597	2,458,825	2,525,827
Rurale - Centrale	3,645,206	3,735,257	26,963	26,602	3,672,169	3,761,859
Rurale - Sud	1,748,205	1,816,711	14,581	14,840	1,762,786	1,831,552
<b>Rurale</b>	<b>7,831,795</b>	<b>8,057,198</b>	<b>61,985</b>	<b>62,040</b>	<b>7,893,780</b>	<b>8,119,238</b>
Urbaine	1,980,281	2,412,383	11,620	13,799	1,991,901	2,426,182
<b>Total</b>	<b>9,812,075</b>	<b>10,469,580</b>	<b>73,605</b>	<b>75,839</b>	<b>9,885,681</b>	<b>10,545,419</b>

- Consommation énergétique** : L'énergie effective, ou "énergie au niveau du pot", nécessaire à la préparation des repas par les ménages est estimée à 2 500 MJ par foyer et par an, afin de correspondre aux résultats de l'étude MTF. La collecte de données primaires a révélé une grande variabilité et des disparités dans les quantités d'énergie effective rapportées par les répondants concernant l'utilisation du bois et du charbon. L'adoption de la valeur MTF, ou de toute autre moyenne cohérente, part du principe que les foyers malgaches partagent des habitudes alimentaires et des besoins énergétiques similaires. D'autres recherches évaluant en MJ les besoins alimentaires ou la consommation de combustibles (bois ou charbon) en Afrique sub-saharienne ont identifié un intervalle de 2 000 à 10 000 MJ par foyer et par an d'énergie effective<sup>14</sup>. Pour les institutions, l'énergie effective a été enregistrée à 24 497 MJ par institution et par an, sur la base d'enquêtes menées auprès de 62 institutions. Les données secondaires suffisantes faisant défaut, il est difficile de comparer cette valeur aux besoins énergétiques réels des institutions. Un aperçu de ces données est fourni ci-dessous.
  - Ménage : 2 500 MJ / ménage / an
  - Institution : 24 497 MJ / institution / an
- Possession et utilisation de foyers** : Les données concernant les habitudes des ménages ruraux proviennent des résultats de l'enquête, alors que les informations sur les ménages urbains sont issues de l'étude MTF, étant donné que les zones urbaines n'étaient pas couvertes par l'enquête du PEI. La question de la possession de foyers par les institutions a également été examinée dans l'enquête du PEI pour les clients en milieu rural. Il n'existe

14 Johnson, N. G., & Bryden, K. M. (2012). Energy supply and use in a rural West African village. *Energy*, 43(1), 283-292.

pas d'équivalent pour les institutions urbaines, d'où l'introduction d'hypothèses afin de caractériser la possession de foyers et les pratiques culinaires des institutions urbaines. Les paragraphes suivants fournissent des détails sur ces informations et suppositions.

- **Empilement de foyers** - Les études précédentes offraient peu d'informations sur les pratiques et la consommation d'énergie liées à l'empilement de différents types de foyers. L'enquête du PEI a apporté des précisions en identifiant les participants disposant de plusieurs foyers, leur fréquence d'utilisation respective et la quantité de combustible consommé par chaque foyer durant une semaine type. Des détails complémentaires sur les activités de cuisson (telles que la préparation des repas, le chauffage de l'eau) effectuées avec chaque foyer ont également été recueillis, mais ces pratiques n'ont pas été modélisées explicitement dans cette analyse, qui se concentre sur la consommation énergétique totale journalière sans tenir compte des variations au cours de la journée. Ainsi, il est supposé que les utilisateurs possédant à la fois des foyers à bois et à charbon partagent leur temps de cuisson équitablement entre ces deux types de foyers (50 % sur chaque), et ceux disposant à la fois de foyers à biomasse (bois ou charbon) et d'un foyer électrique consacrent 75 % du temps de cuisson au foyer à biomasse et 25 % au foyer électrique. Cette hypothèse est jugée avoir un impact négligeable sur les conclusions et recommandations quantitatives de l'étude, étant donné que l'empilement concerne moins de 8 % de l'ensemble des entités (ménages ou institutions) étudiées, et toute répartition en pourcentage aurait un effet mineur sur les calculs d'ensemble.

Les segments de marché pour les ménages sont classifiés selon la technologie de cuisson principale utilisée, le cadre rural ou urbain, et la région spécifique en milieu rural. Le tableau 19 illustre la distribution de la possession de foyers institutionnels selon la technologie de cuisson à travers le pays pour l'année 2023, pour le scénario de base en 2030, ainsi que pour le scénario d'accès universel en 2030, conformément aux descriptions des scénarios mentionnées précédemment. La répartition précise de la possession de foyers en fonction de la zone (rurale ou urbaine) et par région rurale est détaillée dans l'annexe 7. Il est assumé que les pourcentages de possession de foyers sont uniformes au sein de chaque région au niveau communal.

**Tableau 19.** Types de combustibles et de foyers utilisés par les ménages nationaux pour les scénarios de modélisation.

	%			NOMBRE		
	2023	2030 SCÉNARIO DE BASE	2030 SCÉNARIO UNIVERSEL	2023	2030 SCÉNARIO DE BASE	2030 SCÉNARIO UNIVERSEL
<b>PROPRIÉTÉ D'UN SEUL FOYER</b>						
Bois (3 pierres) - Total	13,8 %	1,1 %	0,0 %	1 349 813	114 055	-
Foyer à bois - basique - Total	20,8 %	1,6 %	0,0 %	2 041 094	172 645	-
Foyer à bois - amélioré - Total	7,0%	20,9 %	0,0 %	691 203	2 186 432	-
Charbon - basique - Total	31,4 %	2,5 %	0,0 %	3 078 563	260 128	-
Charbon - amélioré - Total	19,5 %	25,5%	0,0 %	1 909 092	2 671 453	-
Granulé/Briquelette - Total	0,0 %	2,0%	12,7 %	-	209 392	1 332 516
Biogaz - Total	0,1 %	2,0%	12,7 %	5 245	209 392	1 332 516
Bioéthanol - Total	0,0 %	16,0 %	38,2%	-	1 675 133	3 997 548
GPL - Total	0,3 %	2,4 %	2,4 %	32 363	250 000	250 000
Électrique - plaque chauffante - Total	0,2 %	9,6%	0,0 %	23 067	1 000 000	-
Électrique - plaque chauffante - Total	0,0 %	9,6%	27,1 %	-	1 000 000	2 835 869
<b>PROPRIÉTÉ DE FOYERS MULTIPLES</b>						
Bois - basique + Charbon - basique	2,1 %	0,9 %		207 631	94 226	
Bois amélioré + Charbon de bois amélioré	2,8 %	3,6 %		271 360	376 905	
Bois basique + plaque de cuisson électrique/riccooker	0,5 %			53 934		
Bois amélioré + Plaque d'induction électrique/riccooker	0,5 %	1,2 %	3,4 %	47 388	125 000	360 566
Charbon basique + plaque de cuisson électrique/cuiseur à riz	0,5 %			53 934		
Charbon amélioré + Plaque d'induction électrique/cuiseur à riz	0,5 %	1,2 %	3,4 %	47 388	125 000	360 566

Les segments de marché pour les institutions sont définis selon la principale technologie de cuisson utilisée, le cadre rural ou urbain, et par région dans les zones rurales. Le tableau 20 illustre comment se répartit la possession de foyers institutionnels en fonction de la technologie de cuisson à travers le pays pour l'année 2023, pour le scénario de base en 2030, ainsi que pour le scénario d'accès universel en 2030, en accord avec les descriptions des scénarios évoquées auparavant. La répartition détaillée de la possession de foyers, que ce soit dans les zones rurales ou urbaines et par région rurale, est exposée dans l'annexe 8. On part du principe que les pourcentages de possession de foyers restent uniformes au niveau communal au sein de chaque région.

**Tableau 20.** Type de combustible et de foyers cibles pour les institutions pour les scénarios de modélisation.

	%			COMPTE		
	2023	2030 SCÉNARIO DE BASE	2030 SCÉNARIO UNIVERSEL	2023	2030 SCÉNARIO DE BASE	2030 SCÉNARIO UNIVERSEL
<b>PROPRIÉTÉ D'UN SEUL FOYER</b>						
Bois (3 pierres) - Total	2,1 %	0,0 %	0,0 %	1 517	-	-
Foyer à bois - basique - Total	6,2 %	0,0 %	0,0 %	4 528	-	-
Foyer à bois - amélioré - Total	1,6 %	0,0 %	0,0 %	1 162	-	-
Foyer à bois – basique - institutionnel	2,9 %	0,0 %	0,0 %	2 098	-	-
Foyer à bois - amélioré - Total	2,5 %	4,0%	0,0 %	1 807	3 003	-
Charbon - basique - Total	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-	-	-
Charbon - amélioré - Total	1,6 %	0,0 %	0,0 %	1 162	-	-
Charbon (institutionnel basique)	34,2%	0,0 %	0,0 %	25 187	-	-
Charbon (institutionnel amélioré)	16,5%	26,3%	0,0 %	12 144	19 946	-
Granulé/Briquelette - Total	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-	-	-
Biogaz - Total	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-	-	-
Bioéthanol - Total	0,0 %	20,0 %	42,3 %	-	15 168	32 061
GPL - Total	1,5 %	2,4 %	2,4 %	1 106	1 811	1 811
Électrique - plaque chauffante - Total	2,0%	9,6%	0,0 %	1 471	7 244	-
Électrique - plaque chauffante - Total	0,0 %	9,6%	27,1 %	-	7 244	20 542
<b>PROPRIÉTÉ DE FOYERS MULTIPLES</b>						
Bois - basique + Charbon - basique	1,5 %	0,0 %	0,0 %	1,079	-	-
Bois - amélioré + Charbon - amélioré	6,0 %	7,3%	0,0 %	4 426	5 505	-
Bois - basique + charbon de bois – basique (institutionnel)	11,6 %	0,0 %	0,0 %	8 547	-	-
Bois - amélioré + Charbon - amélioré (institutionnel)	8,0%	19,1 %	0,0 %	5 906	14 453	-
Bois amélioré + Plaque d'induction électrique/cuiseur à riz	0,0 %	0,0 %	7,1 %	-	-	5 356
Charbon basique + plaque de cuisson électrique/cuiseur à riz	0,8 %	0,8 %	0,0 %	598	598	-
Charbon amélioré + Plaque d'induction électrique/cuiseur à riz	1,2 %	1,1 %	21,2 %	869	869	16 068

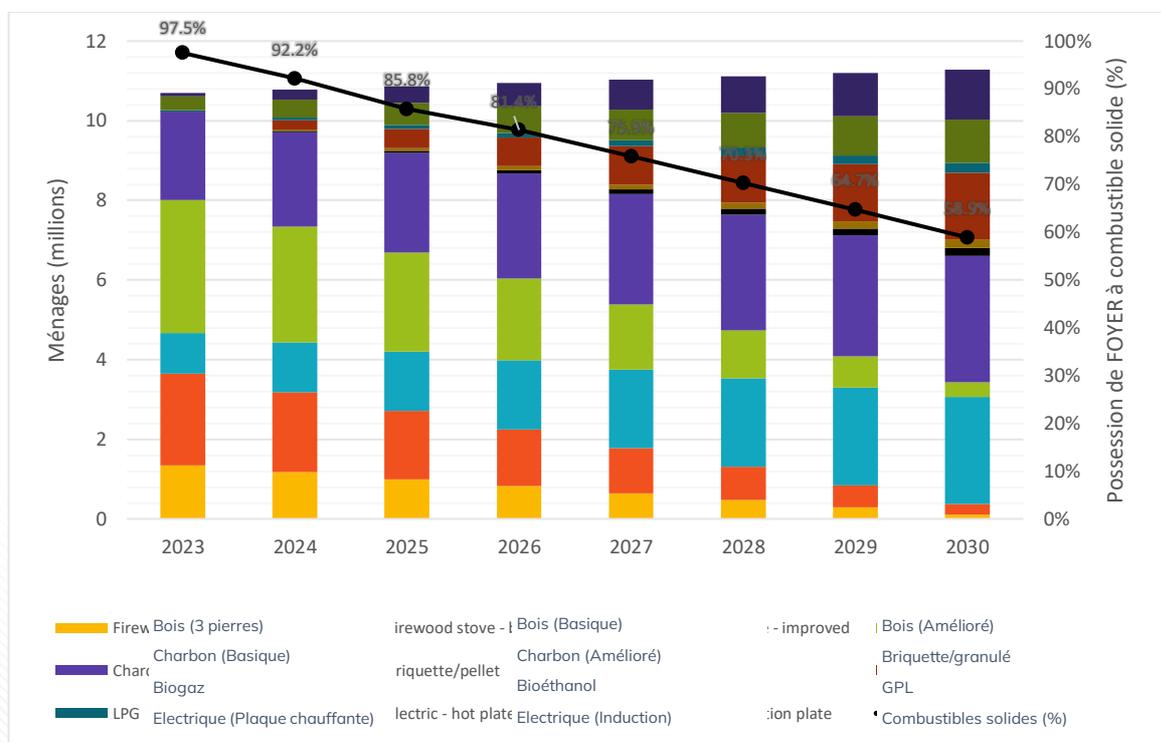
## RESULTATS GEOSPATIAUX DE LA CUISSON PROPRE

### Possession de foyers de cuisson

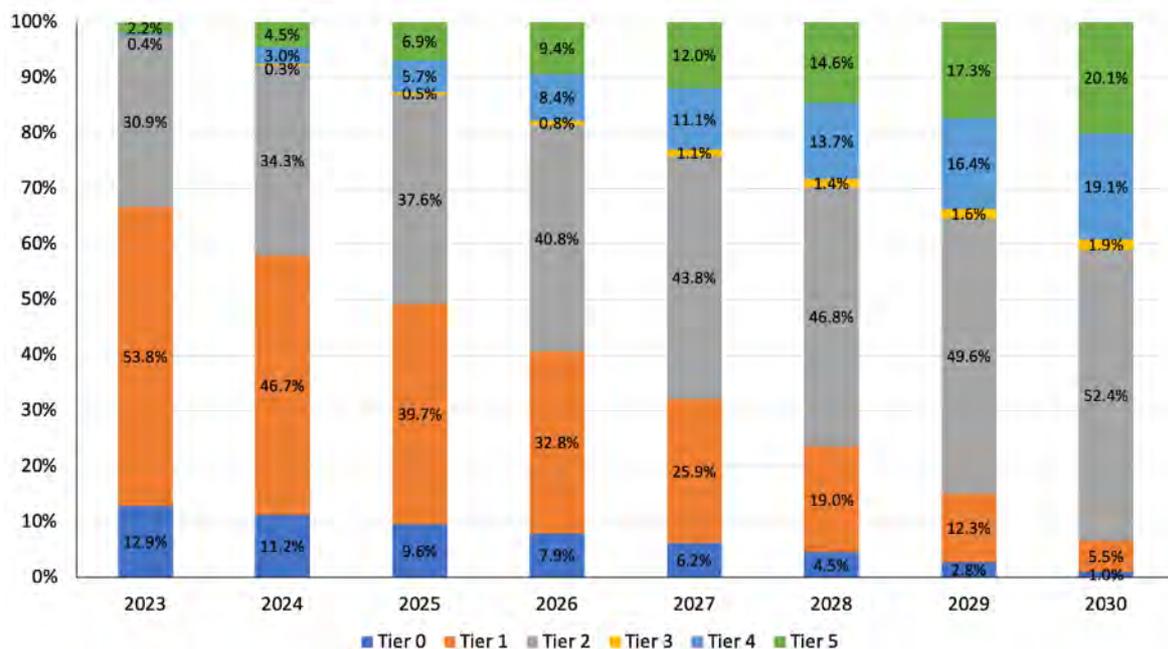
Les préférences pour la possession de différents types de foyers sont examinées à travers 15 catégories de foyers et de combinaisons de combustibles, ainsi que pour 12 configurations d'empilement de foyers. Ces catégories d'utilisateurs, qu'ils possèdent un seul foyer ou plusieurs, servent à déterminer le nombre total de foyers de cuisson détenus tant par les ménages que par les institutions. Des illustrations résumant au niveau national montrent les évolutions annuelles dans l'adoption de foyers de 2023 à 2030, complétées par des cartographies SIG détaillant la possession de foyers de cuisine par commune.

Dans le cadre du scénario universel, on observe une réduction considérable de la possession de foyers fonctionnant aux combustibles solides (bois et charbon) chez les ménages, passant de 97,5 % en 2023 à 6,4 % en 2030, comme illustré par la figure 22. Cette baisse s'explique par une moindre utilisation du bois et du charbon, excepté parmi les utilisateurs préférant l'usage combiné de plusieurs foyers. Ce changement marque une amélioration notable par rapport au scénario de base, représenté par la figure 20, où la possession de foyers à combustibles solides ne diminue qu'à 58,9 % en 2030. De même, pour les institutions, le taux d'utilisation de foyers à combustibles solides passe de 95,8 % en 2023 à 66,4 % et 22,1 % en 2030 pour le scénario de base et le scénario universel respectivement, avec les progrès les plus significatifs observés dans le scénario universel comme l'indiquent les figures 21 et 23.

**Figure 20.** Project possession des technologies de cuisson pour les ménages dans le scénario de base



**Figure 21.** Classement par niveau des technologies de cuisson pour les ménages dans le scénario de base



**Figure 22.** Project possession des technologies de cuisson pour les ménages dans le scénario universel

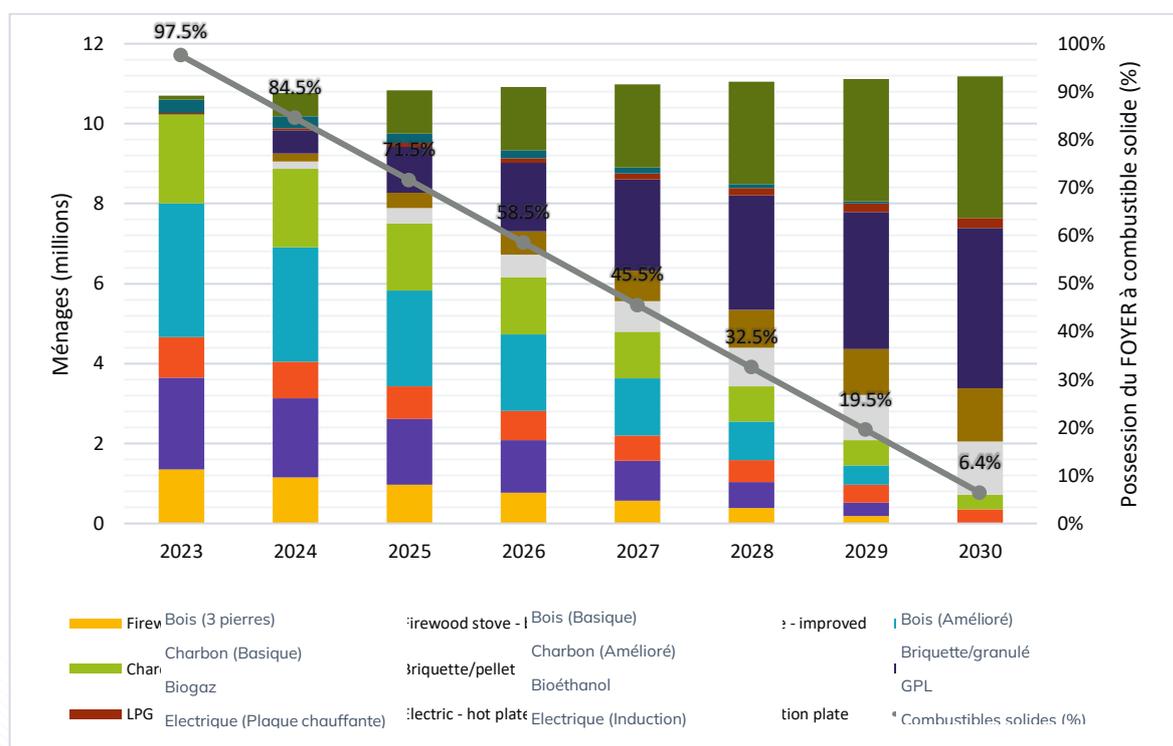
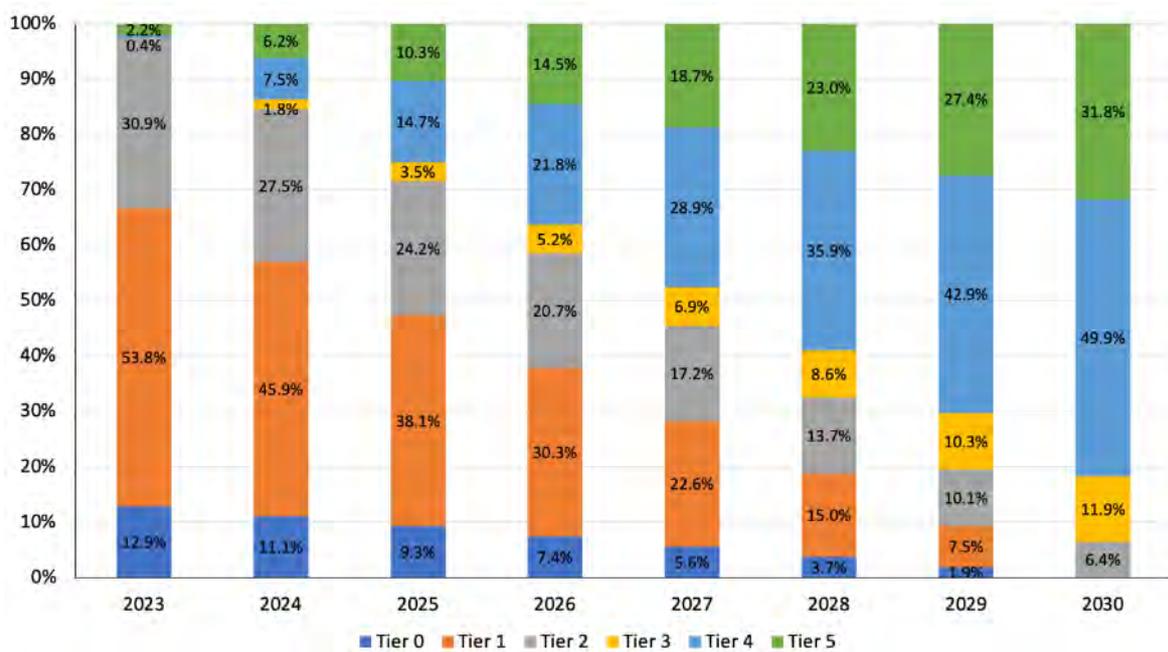


Figure 23. Classement par niveau des technologies de cuisson pour les ménages dans le scénario universel



Un pourcentage plus élevé d'institutions utilise des foyers à combustible solide par rapport aux ménages. Pour le scénario de base présenté à la figure 21, la possession de combustibles solides passe de 95,8 % à 66,4 % entre 2023 et 2030, tandis que le scénario universel, plus agressif, réduit la possession de combustibles solides à 22,1 % en 2023, comme le montre la figure 22. Les institutions bénéficient d'une meilleure classification des foyers dans les deux scénarios, comme le montrent les figures 21 et 23.

Figure 24. Projet Possession des technologies de cuisson pour les institutions dans le scénario de base

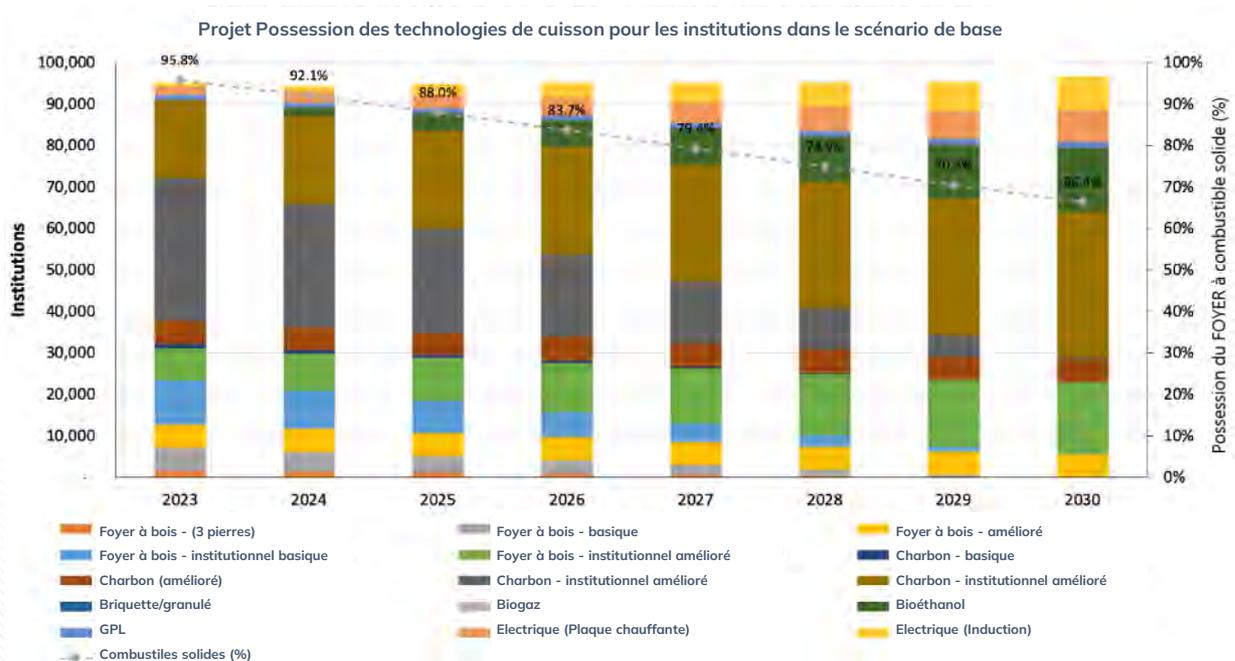


Figure 25. Classement par niveau des technologies de cuisson pour les institutions dans le scénario de base

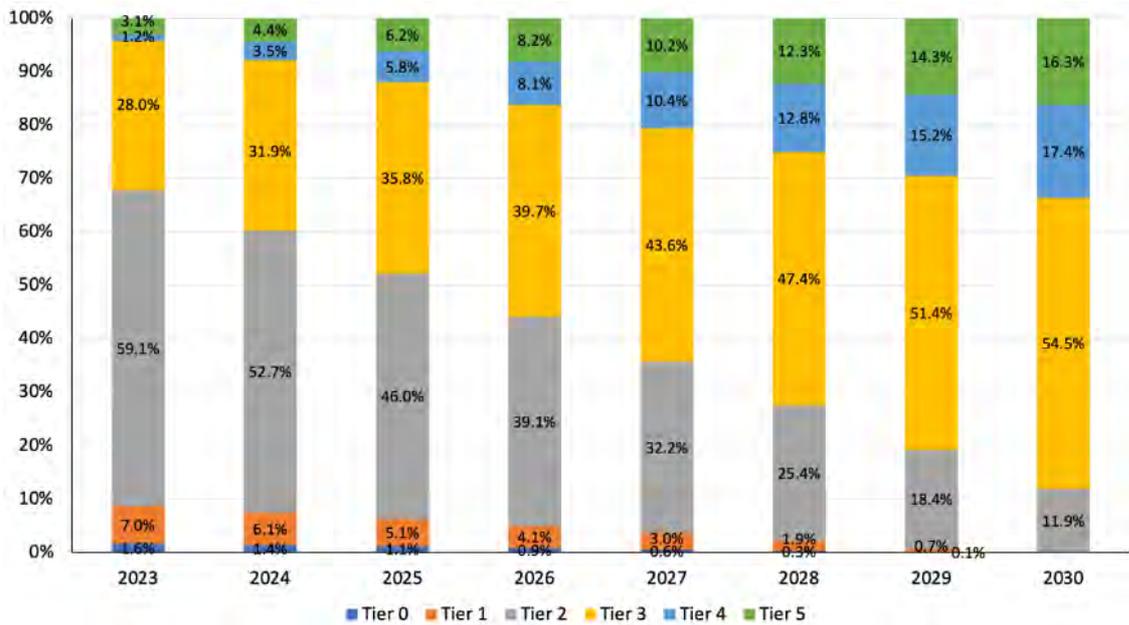


Figure 26. Projet Possession des technologies de cuisson pour les institutions dans le scénario universel

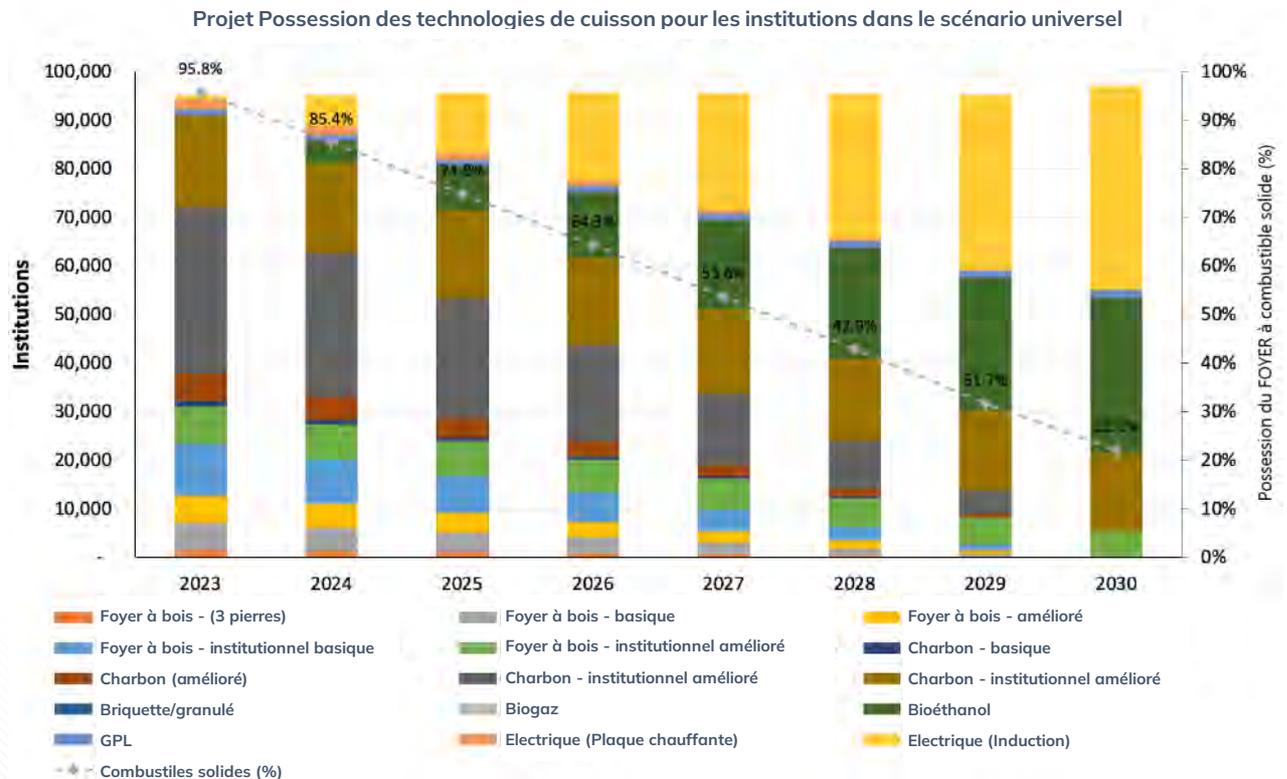
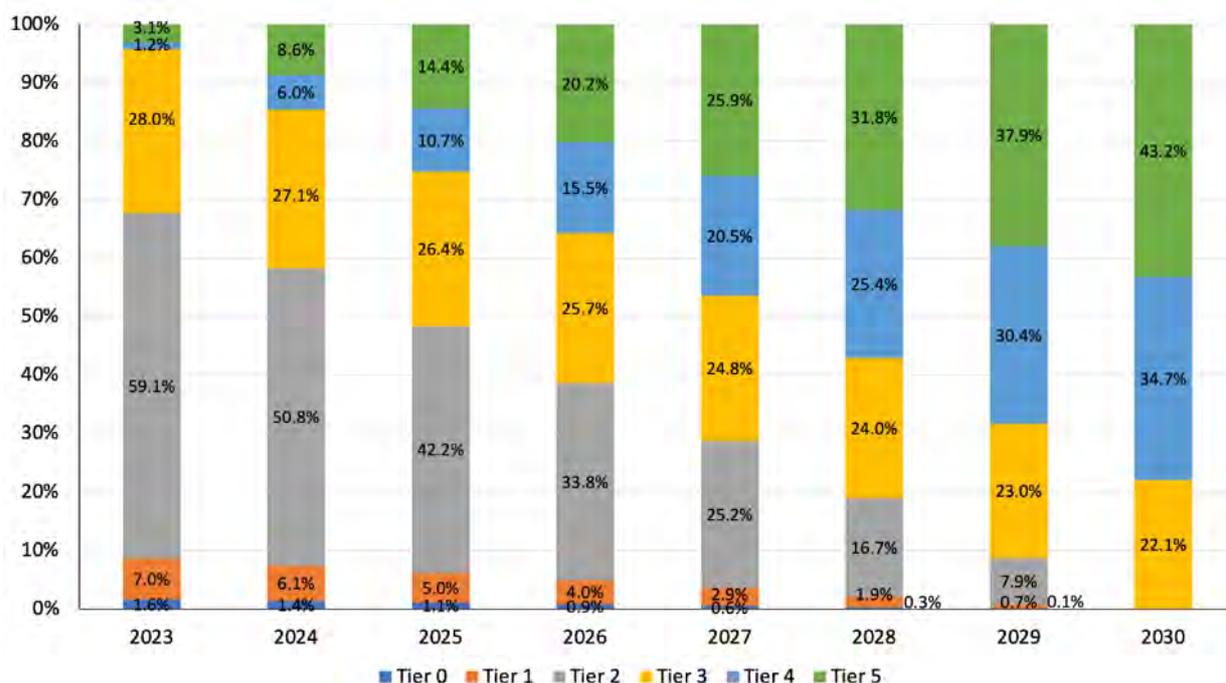


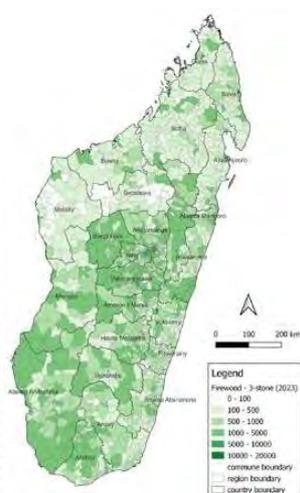
Figure 27. Classement par niveau des technologies de cuisson pour les institutions dans le scénario universel



Une carte SIG est fournie pour chaque combinaison foyer-combustible en 2023 (actuellement), 2030 (scénario de base) et 2030 (scénario universel). Les cartes sont élaborées avec un système de couleurs uniforme pour la légende, facilitant ainsi la comparaison entre elles. Il est important de noter qu'en raison de ce choix, certaines cartes peuvent sembler simplifiées ou manquer de couleur. Cela indique l'absence ou la rareté d'un type de foyer spécifique en comparaison avec d'autres types.

Figure 28. Estimation des taux de possession de foyers pour 2023, le scénario de base 2030 et le scénario universel 2030.

Bois - 3 pierres (2023)



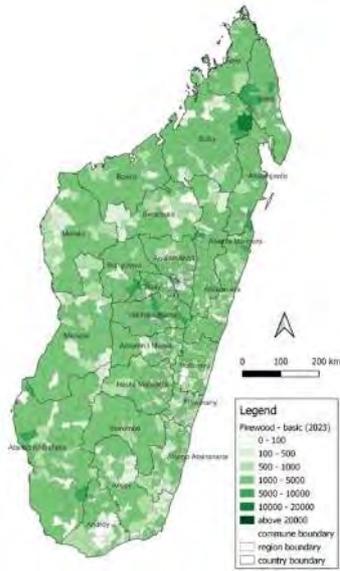
Bois - 3 pierres (scénario de base 2030)



Bois - 3 pierres (2030 Universel)

Aucun sur la carte

Bois - basique (2023)



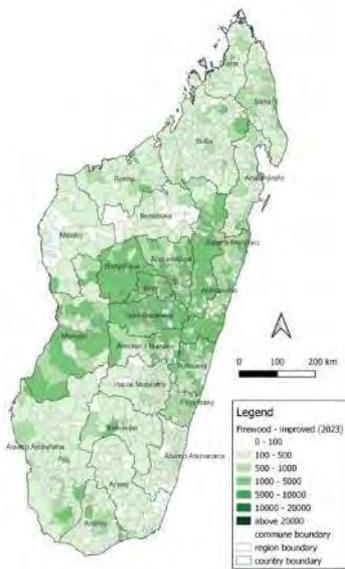
Bois - basique (base 2030)



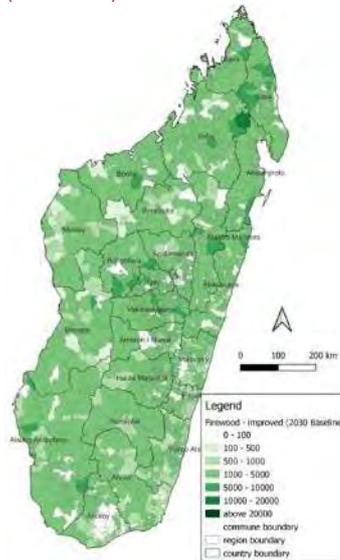
Bois - basique (2030 universel)

Aucun sur la carte

Bois - amélioré (2023)



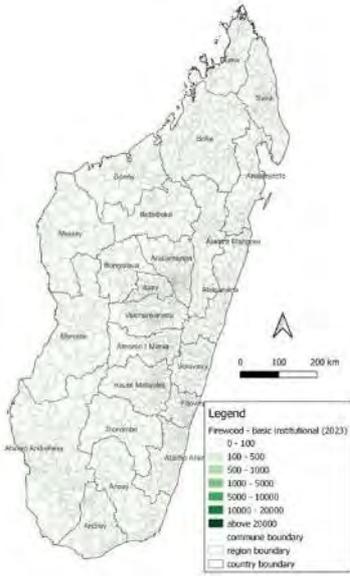
Bois - amélioré (base 2030)



Bois - amélioré (universel 2030)



Bois - institutionnel basique (2023)



Bois - institutionnel basique (base 2030)



Bois - institutionnel basique (2030 universel)



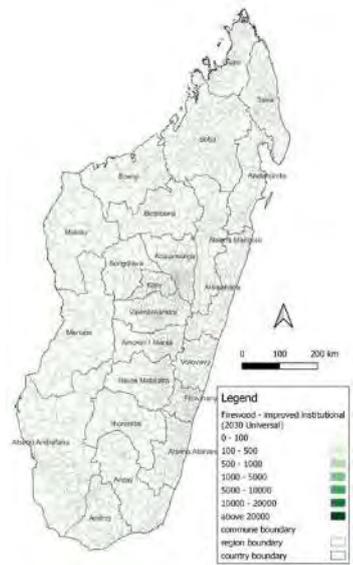
Bois - institutionnel amélioré (2023)



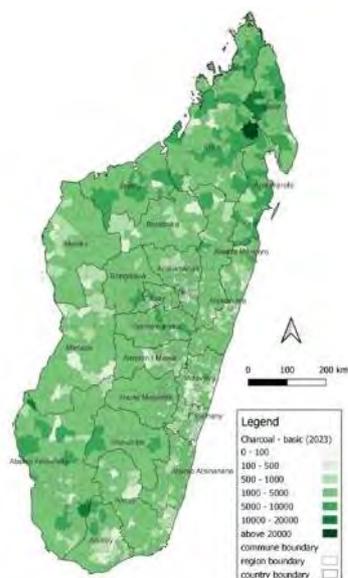
Bois - institutionnel amélioré (base 2030)



Bois - institutionnel amélioré (universel 2030)



Charbon de bois - basique (2023)



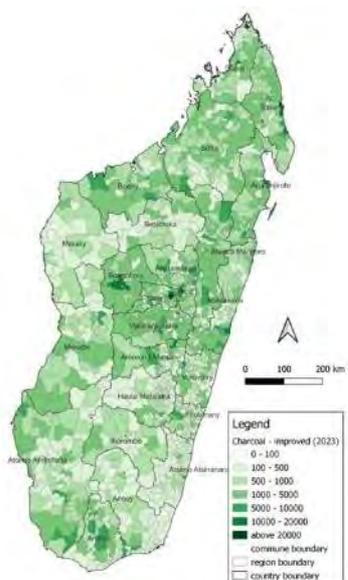
Charbon de bois - basique (scénario de base 2030)



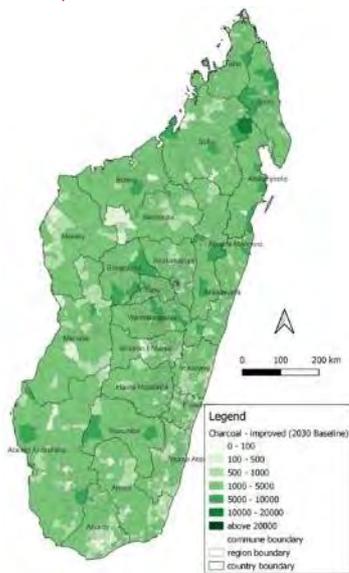
Charbon de bois - basique (scénario universel 2030)

Aucun sur la carte

Charbon de bois - amélioré (2023)



Charbon de bois - amélioré (base 2030)



Charbon de bois - amélioré (scénario universel 2030)



Charbon de bois - institutionnel basique (2023)



Charbon de bois - institutionnel basique (base 2030)



Charbon de bois - institutionnel basique (scénario universel 2030)

Aucun sur la carte

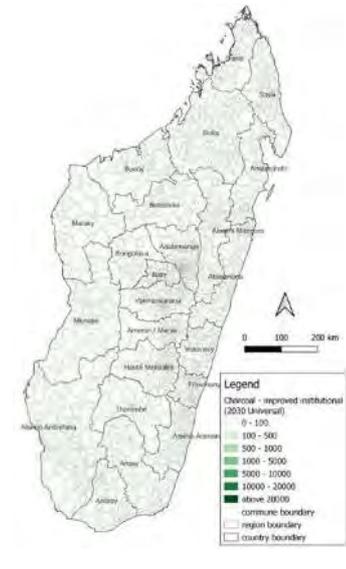
Charbon de bois - institutionnel amélioré (2023)



Charbon de bois - institutionnel amélioré (base 2030)



Charbon de bois - institutionnel amélioré (scénario universel 2030)



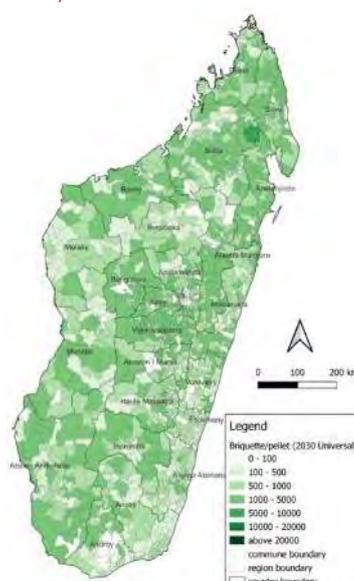
Briquettes (2023)

Aucun sur la carte

Briquettes (scénario de base 2030)



Granulé/Briquelette (scénario universel 2030)



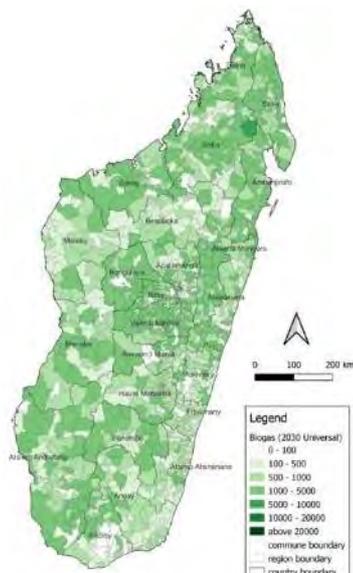
Biogaz (2023)



Biogaz (scénario de base 2030)



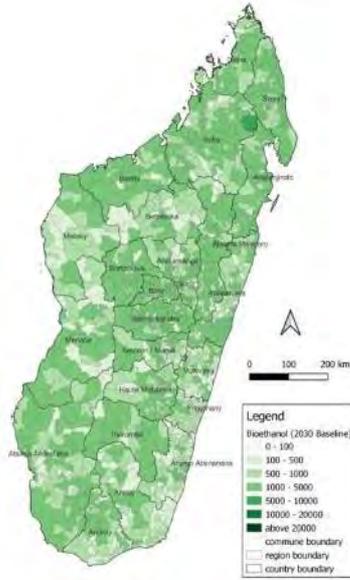
Biogaz (scénario universel 2030)



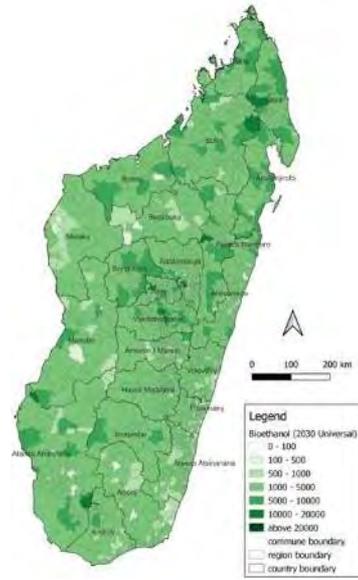
Bioéthanol (2023)



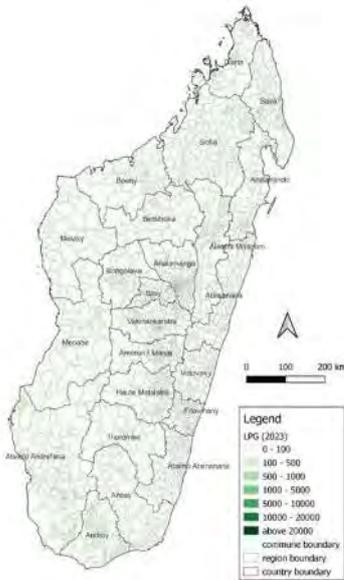
Bioéthanol (scénario de base 2030)



Bioéthanol (scénario universel 2030)



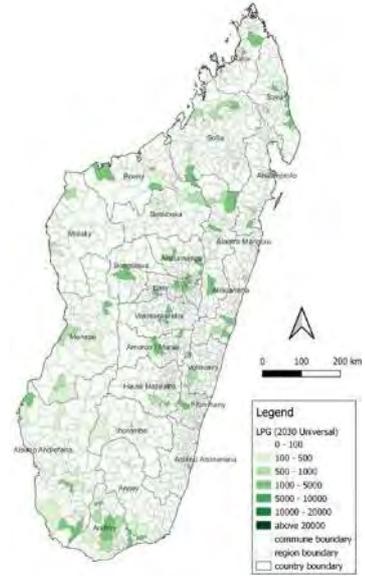
GPL (2023)



GPL (scénario de base 2030)



GPL (scénario universel 2030)



Électrique - plaque chauffante (2023)



Électrique - plaque chauffante (scénario de base 2030)



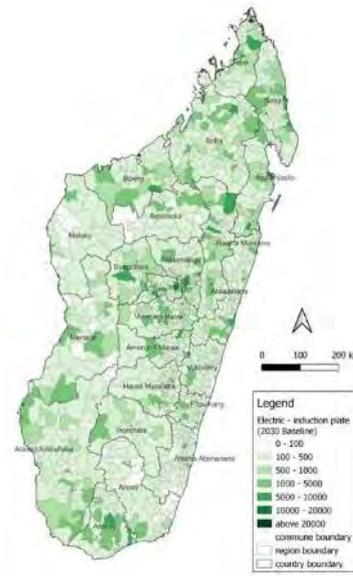
Électrique - plaque chauffante (scénario universel 2030)



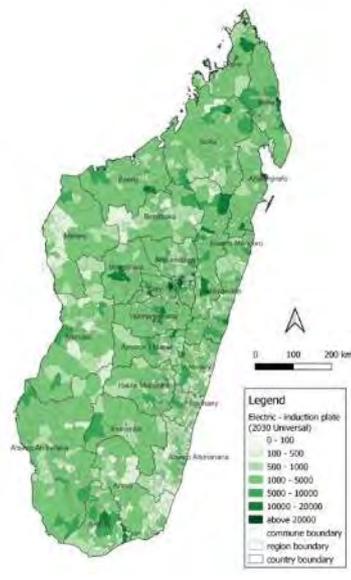
Électrique - induction (2023)



Électrique - induction (scénario de base 2030)



Électrique - induction (scénario universel 2030)



## Consommation d'énergie finale

L'énergie finale utilisée représente l'énergie contenue dans le combustible qui, une fois l'efficacité du foyer prise en compte, est transformée en énergie utile pour la cuisson. Les données géospatiales sur la consommation d'énergie finale par commune sont déterminées en fonction de la possession de foyers et de combustibles par commune (comme expliqué dans la section sur la propriété et l'utilisation des foyers), de l'efficacité des foyers et des combustibles (voir la section

sur les technologies de cuisson) ainsi que de la quantité d'énergie utile nécessaire pour la cuisson pour chaque type de consommateur (détail dans la section sur les segments de marché des scénarios). Ces éléments permettent de calculer les besoins en énergie finale pour la cuisson sur chaque type de foyer pour chaque catégorie de consommateurs, comme indiqué dans le tableau 21. Il est à noter que l'énergie utile nécessaire pour la cuisson est estimée à 2 500 MJ par ménage et par an, et à 24 497 MJ par institution et par an.

**Tableau 21.** Besoins en énergie finale pour cuisiner sur différents types de foyer pour les ménages et les institutions

Type de Foyer	Besoins énergétiques finaux pour la cuisson (MJ / an)	
	Ménage	Institution
Foyer à bois - 3 pierres	17 921	175 606
Foyer à bois - basique	10 000	97 988
Foyer à bois - amélioré	8 333	81 657
Foyer à bois - institutionnel basique	9 259	90 730
Foyer à bois - institutionnel amélioré	7 143	69 991
Charbon de bois - basique	25 000	244 970
Charbon de bois - amélioré	10 417	102 071
Charbon de bois - institutionnel basique	10 000	97 988
Charbon de bois - institutionnel amélioré	8 333	81 657
Granulé/Brique	7 143	69 991
Biogaz	5 747	56 315
Bioéthanol	4 854	47 567
GPL	4 464	43 745
Électrique - plaque chauffante	4 003	39 227
Électrique - induction	2 778	27 219

La consommation d'énergie finale par consommateur s'améliore au fil du temps, de 2023 à 2030, à mesure que les ménages et les institutions utilisent des foyers de niveau supérieur présentant un meilleur rendement thermique. La consommation d'énergie finale par ménage diminue de 49,5 % dans le scénario de base de la figure 56 et de 69,3 % dans le scénario universel de la figure 57. En ce qui concerne les institutions, la consommation d'énergie finale par institution diminue de 28,5 % dans le scénario de base (figure 58) et de 45,9 % dans le scénario universel (figure 59). Chacun de ces scénarios a un impact significatif sur la réduction de la déforestation, comme cela est quantifié et discuté plus loin.

Figure 29. Consommation d'énergie finale pour la cuisson des aliments par les ménages dans le scénario de base

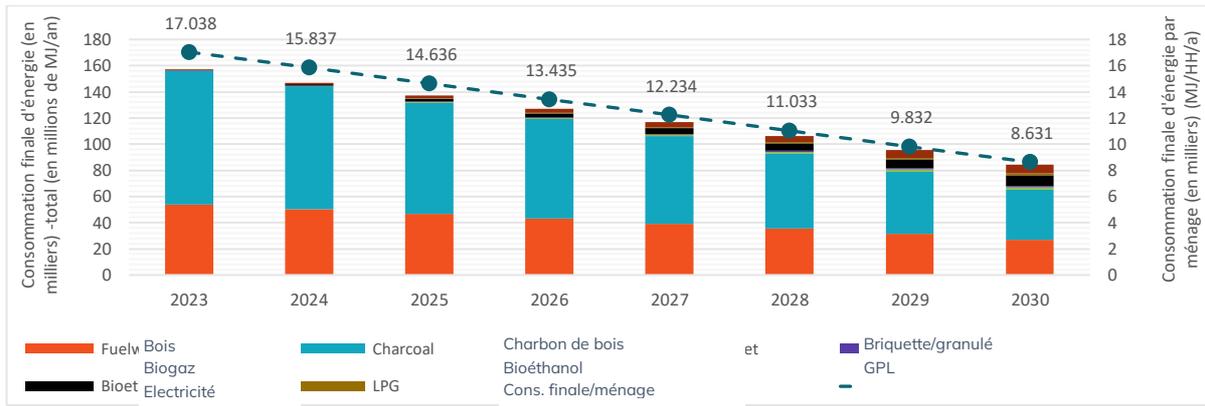


Figure 30. Consommation d'énergie finale pour la cuisson dans les institutions dans le scénario de base

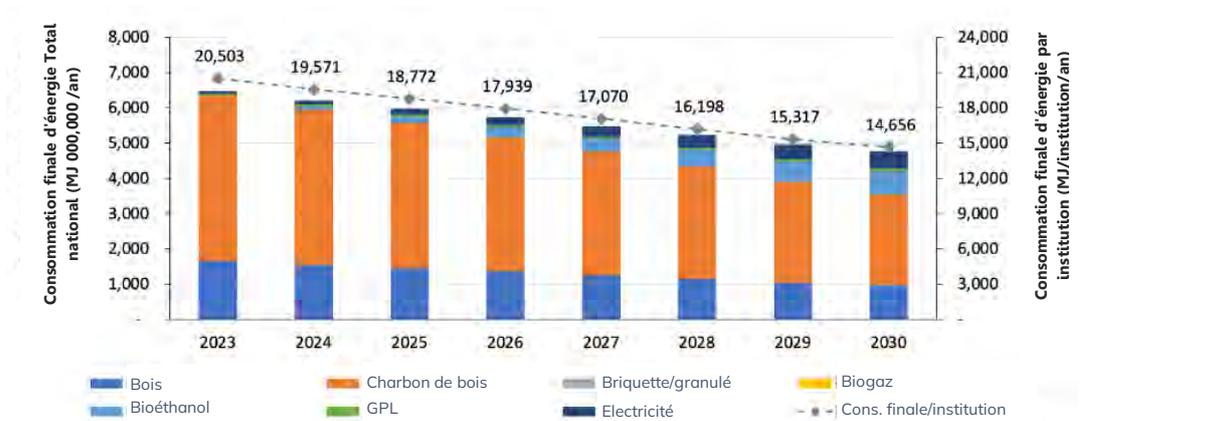


Figure 31. Consommation d'énergie finale pour la cuisson des aliments dans les ménages selon le scénario universel

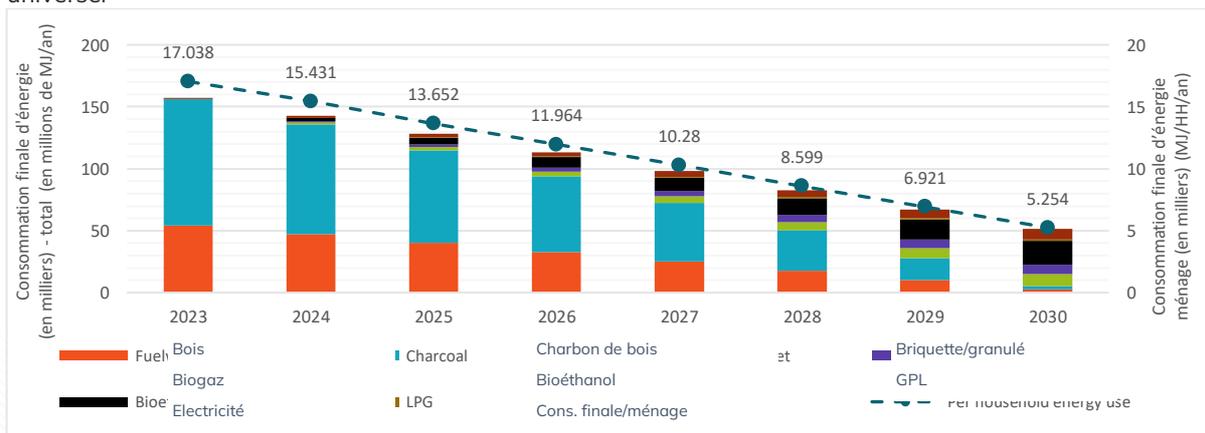
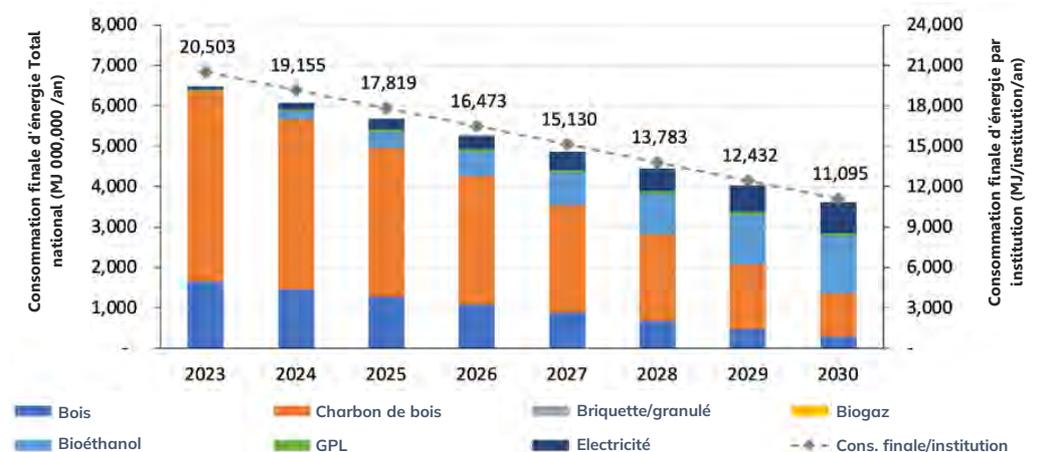


Figure 32. Consommation d'énergie finale pour la cuisson dans les institutions selon le scénario universel



Concernant les combustibles dérivés de la biomasse, tels que le bioéthanol, le biogaz et les Granulés/briquettes, la disponibilité en biomasse brute excède largement les besoins en combustibles de chaque scénario, comme le montre le tableau 22. Cette estimation pourrait guider les politiques en faveur de la détermination des cultures à privilégier ou des proportions de réaffectation des produits alimentaires pour la production de combustible, incluant les cultures à exclure en faveur d'alternatives comme le biogaz ou les déchets agricoles transformés en granulés/briquettes. Tandis que le biogaz est généralement utilisé sur son lieu de production, le bioéthanol et les granulés/briquettes peuvent être conditionnés et transportés vers les zones urbaines, ouvrant la voie à une industrie potentielle importante pour la cuisson propre qui pourrait remplacer l'usage du charbon de bois en milieu urbain. Chaque type de combustible présente un potentiel comparable pour la production d'énergie finale à Madagascar. Cette information, combinée aux cartographies géospatiales de l'accès aux combustibles, pourrait servir à élaborer des stratégies à l'échelle des districts ou des communes pour optimiser les chaînes d'approvisionnement en combustibles.

Tableau 22. Type de combustible biomasse et taux d'utilisation pour répondre à la demande en 2030 pour chaque scénario

Type de combustible	Demande de base 2030	2030 Demande universelle	2030 Potentiel de combustible* sous forme d'énergie MJ 000 000
MJ 000 000 (% du potentiel de combustible)			
Granulé/Briquette	1,496 (1.03%)	9,518 (6.55%)	145,412
Biogaz	1,203 (0.76%)	7,658 (4.81%)	159,214
Bioéthanol	8,792 (8.07%)	20,816 (19.11%)	108,926

\* Le potentiel maximal de disponibilité de combustible, sans tenir compte des contraintes (telles que la réaffectation des grains à des fins alimentaires), illustre la capacité maximale réalisable.

## Coûts des foyers de cuisson

Le calcul du total annuel des besoins en foyers de cuisson se base sur les estimations générales de possession de foyers (voir section Possession de foyers de cuisson), le coût associé et la durabilité des foyers (voir section Technologies de cuisson). Les besoins annuels en foyers se divisent en : (a) ajout de foyers - acquisition de nouveaux foyers précédemment non possédés ou utilisés par les consommateurs, et (b) remplacement de foyers - substitution de foyers vieillissants par des modèles identiques en fin de leur durée de vie. Les ajouts de foyers augmentent le nombre total de foyers pour un utilisateur et pour le pays, tandis que les remplacements maintiennent le nombre constant, substituant simplement un foyer usé. Les calculs de coûts des foyers et combustibles prennent en compte l'évolution démographique, l'empilement de foyers et le changement de type de combustible, comme expliqué dans la section Analyse géospatiale de la cuisson propre. Les résultats sont présentés par type de technologie et en totalité pour toutes les technologies.

Les figures 33 et 34 illustrent respectivement les montants et coûts totaux annuels des foyers de cuisson pour le scénario de base et le scénario d'accès universel. Les graphiques sont conçus avec les mêmes échelles sur l'axe des y pour simplifier la comparaison entre les scénarios. Le coût total d'investissement dans les foyers de cuisson entre 2023 et 2030 s'élève à 362 143 967 dollars pour le scénario de base, contre 672 020 070 dollars pour le scénario d'accès universel, marquant une hausse de 85,6 % pour ce dernier. Cette augmentation est due au coût plus élevé des alternatives de foyers fonctionnant avec la biomasse (bioéthanol, granulés/briquettes, biogaz) et des foyers de cuisson électrique. La variabilité du graphique reflète les différents rythmes d'adoption à mesure que les foyers de chaque type arrivent en fin de vie.

Figure 33. Quantité et coûts d'achat des foyers pour le scénario de base

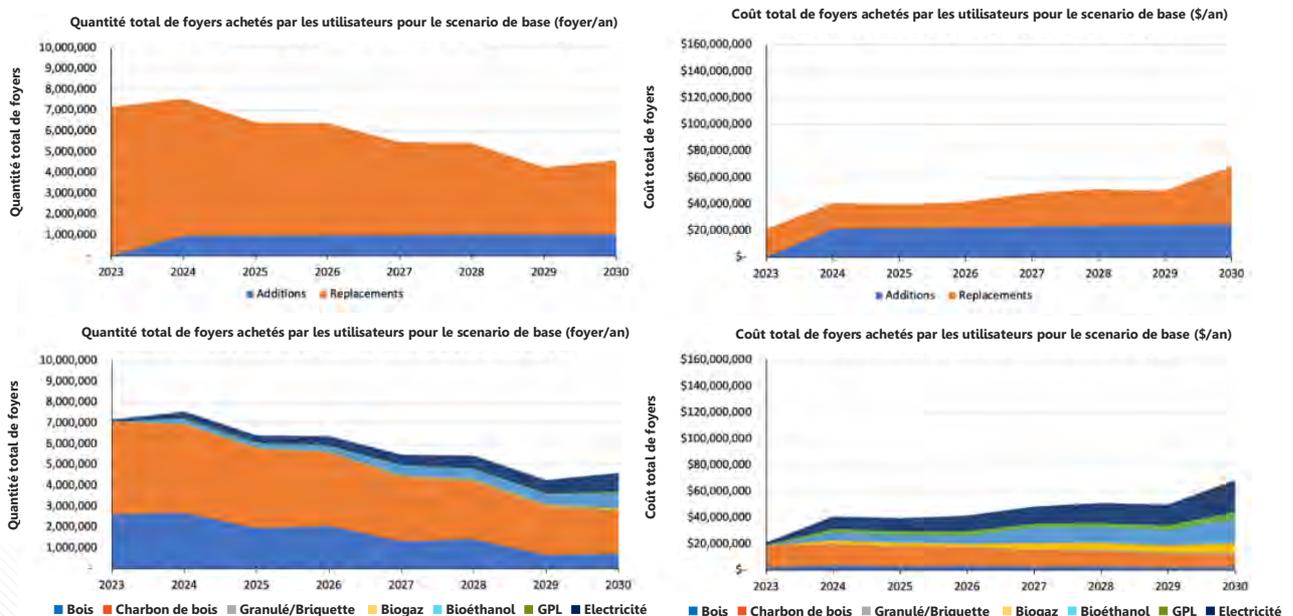
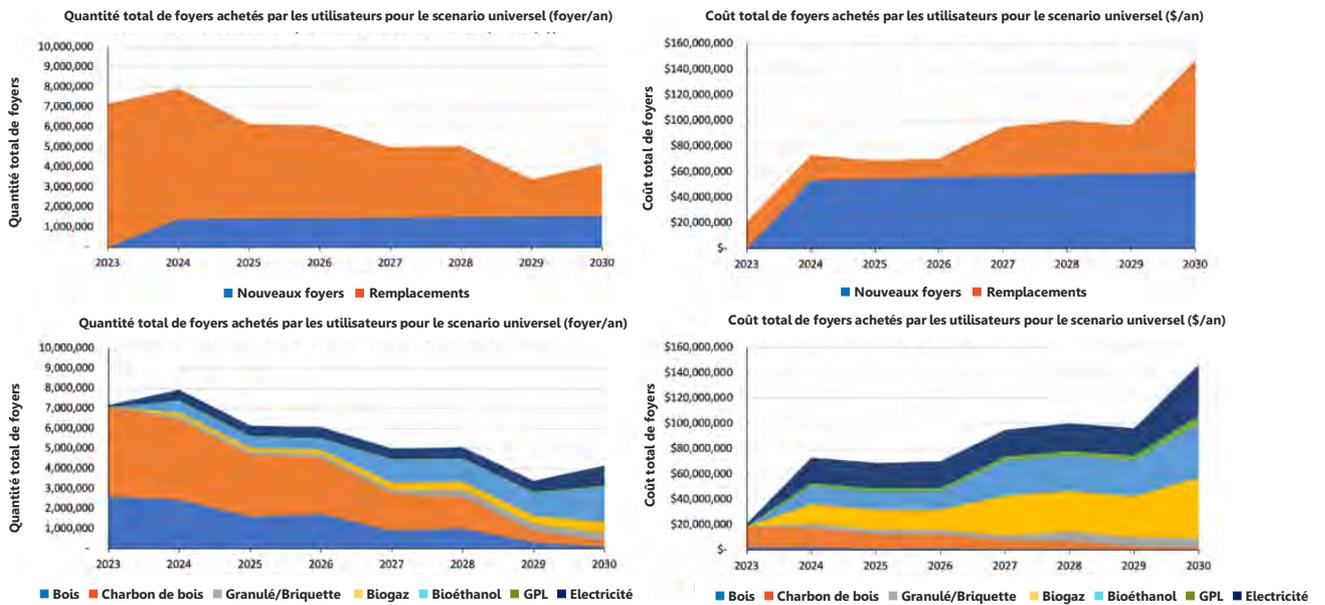


Figure 34. Quantité et coûts d'acquisition des foyers pour le scénario universel



## Coûts des combustibles de cuisson

Les tableaux 23 et 24 indiquent le coût annuel de la cuisson (combustible uniquement) pour les ménages et les institutions, respectivement. Les résultats sont présentés pour chaque combinaison de combustible et de foyer et différenciés par lieu afin d'illustrer les effets du prix du combustible dans les zones rurales et urbaines. Ces coûts annuels sont calculés à partir des coûts des combustibles de cuisson et des rendements des foyers présentés plus haut dans la section Technologies de cuisson et combustibles. Le faible coût du bois et du charbon de bois compense le rendement inférieur des foyers améliorés et le coût total de la cuisson est inférieur pour les foyers à combustible solide. Toutefois, un cas notable est que les plaques électriques à induction peuvent permettre de cuisiner à moindre coût dans les zones urbaines par rapport aux foyers à charbon de bois basique si l'électricité est achetée au tarif de la JIRAMA (une raison connexe est que les foyers à charbon de bois basique n'ont qu'un rendement de 10 % contre 90 % pour les foyers électriques à induction).

**Tableau 23.** Coûts de cuisson pour les ménages utilisant chaque type de foyer et reflétant l'écart de prix des combustibles dans les zones rurales et urbaines

Type de Foyers	Coût du combustible pour la cuisson des ménages (\$ / y)	
	Rural	Urbain
Foyer à bois - 3 pierres	29	58
Foyer à bois - basique	16	33
Foyer à bois - amélioré	15	30
Foyer à bois - institutionnel basique	14	27
Foyer à bois - institutionnel amélioré	12	23
Charbon de bois - basique	63	125
Charbon de bois - amélioré	26	52
Charbon de bois - institutionnel basique	25	50
Charbon de bois - institutionnel amélioré	21	42
Granulé/Briquelette	179	358
Biogaz	188	188
Bioéthanol	283	283
GPL	164	164
Électrique - plaque chauffante	556	145
Électrique - induction	386	100

**Tableau 24.** Coûts de cuisson pour les institutions utilisant chaque type de foyer et reflétant la différence de prix des combustibles pour les zones rurales et urbaines

Type de foyer	Coût de la cuisson pour les institutions (\$ / an)	
	Rural	Urbain
Foyer à bois - 3 pierres	286	572
Foyer à bois - basique	160	319
Foyer à bois - amélioré	148	296
Foyer à bois - institutionnel basique	133	266
Foyer à bois - institutionnel amélioré	114	228
Charbon de bois - basique	613	1 226
Charbon de bois - amélioré	255	511
Charbon de bois - institutionnel basique	245	490
Charbon de bois - institutionnel amélioré	204	409
Granulé/Brique	1 755	3 510
Biogaz	1 840	1 840
Bioéthanol	2 771	2 771
GPL	1 604	1 604
Électrique - plaque chauffante	5 448	1 417
Électrique - induction	3 780	983

À l'échelle nationale, le coût global de la cuisson pour tous les ménages et institutions est estimé en combinant les données sur les coûts des combustibles en milieu rural et urbain (comme indiqué dans le tableau 6) avec les pratiques d'achat ou de collecte gratuite de combustible (illustrées par la figure 17). On suppose notamment que 49,7 % des consommateurs de bois procèdent à l'achat du bois, tandis que 98,6 % des utilisateurs de charbon de bois achètent leur charbon. La collecte gratuite de combustible n'est pas associée à un coût monétaire, et le coût du combustible pour chaque année est calculé selon les données du tableau 24, le nombre de détenteurs de foyers et en prenant en compte l'impact de l'empilement des foyers. De 2023 à 2030, les dépenses en combustible de cuisson par les ménages connaissent une hausse de 185 % dans le scénario de base et de 519 % dans le scénario universel, illustrées par les figures 35 et 37 respectivement. Pendant cette même période, les coûts de combustible pour les institutions s'accroissent de 226 % sous le scénario de base et de 526 % sous le scénario universel, comme le montrent les figures 36 et 38. L'augmentation considérable des dépenses en combustibles dans le scénario d'accès universel s'explique par une plus grande utilisation du bioéthanol et de l'électricité.

Figure 35. Coût total national des combustibles pour la cuisson des ménages dans le scénario de base

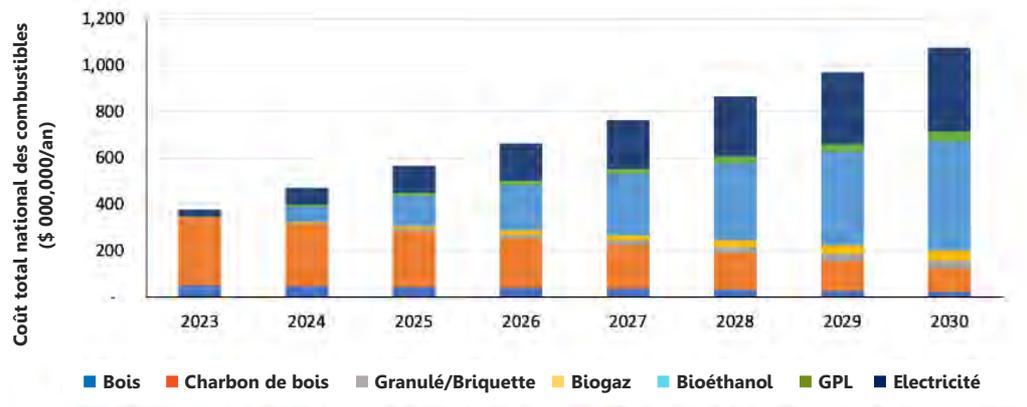


Figure 36. Coût total national des combustibles pour la cuisson dans les institutions selon le scénario de base

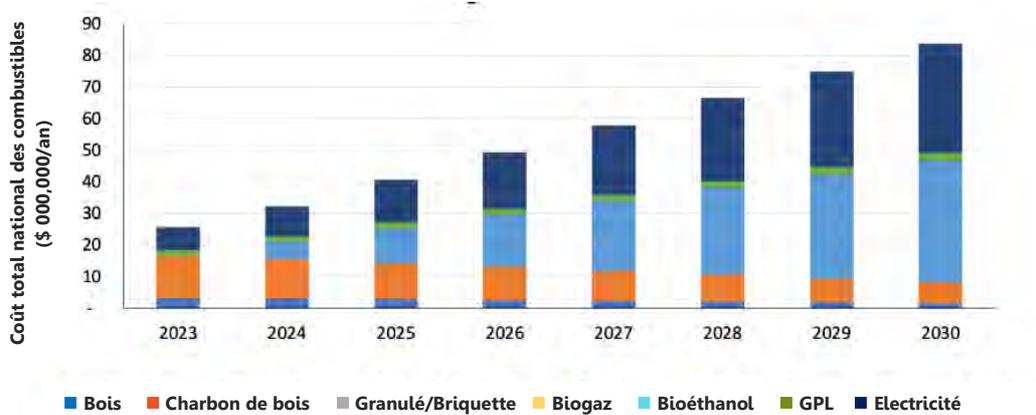
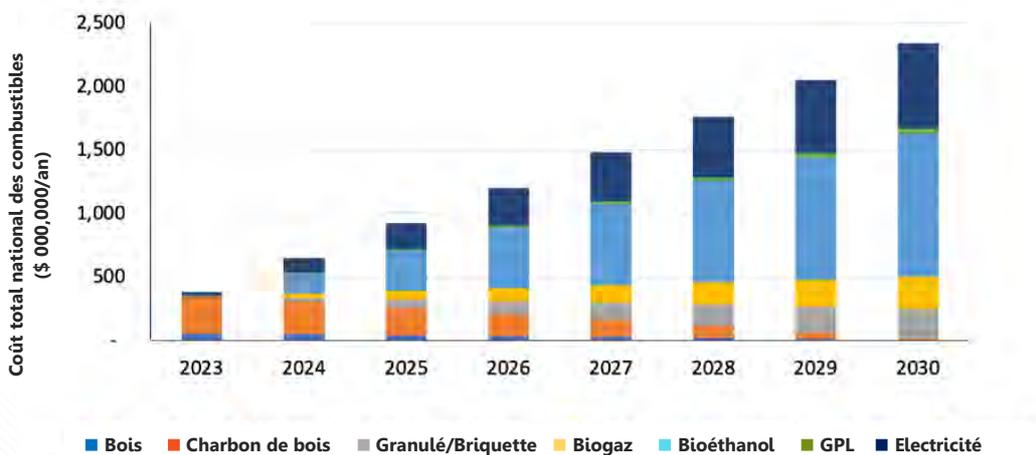
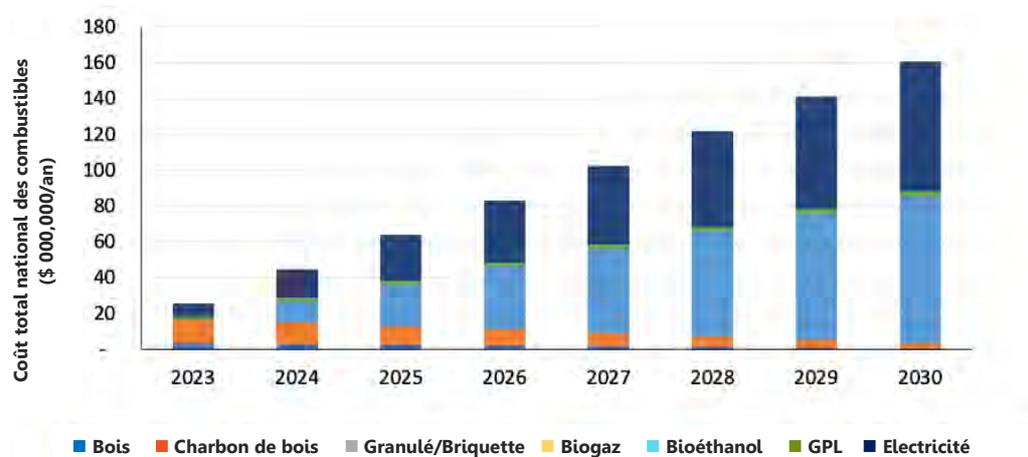


Figure 37. Coût total national des combustibles pour la cuisson des ménages dans le scénario universel



**Figure 38.** Coût total national des combustibles pour la cuisson dans les institutions selon le scénario universel



## Coûts de la cuisson propre

Entre 2023 et 2030, le coût total associé aux foyers et aux combustibles dans le cadre du passage à des méthodes de cuisson propres est détaillé dans les tableaux 25 et 26 pour, respectivement, le scénario de base et le scénario d'accès universel, classé par type de combustible. Cette organisation vise à faciliter la planification du remplacement des foyers fonctionnant au bois et au charbon par des alternatives plus propres qui contribuent à réduire ou à éliminer la déforestation liée à la cuisson alimentaire. Les coûts liés à l'infrastructure nécessaire à la production des foyers et des combustibles, ainsi que ceux associés à la chaîne d'approvisionnement, ne sont pas inclus ici. De même, les économies potentielles résultant d'une augmentation de la production ne sont pas considérées.

Dans les deux scénarios, une utilisation résiduelle de bois et de charbon de bois est anticipée, reconnaissant qu'il est irréaliste d'espérer une cessation immédiate de ces combustibles ; des efforts ciblés et prolongés seront nécessaires pour les réduire progressivement. Les coûts associés aux foyers incluent à la fois l'investissement initial lors de l'achat et le coût de remplacement après la fin de leur durée de vie. Les coûts des combustibles, quant à eux, sont cumulés sur toute la période de 2023 à 2030. Il ressort de cette analyse que les coûts des combustibles dominent les dépenses de transition énergétique, représentant 97,1 % du total. Bien que subventionner l'achat des foyers puisse être bénéfique, il est essentiel de s'attaquer aux coûts des combustibles, soit par la réduction des coûts de production, soit par des subventions, pour faciliter cette transition.

**Tableau 25.** Coût total des combustibles et des foyers dans le scénario de base

Foyers et type de combustible	Foyer	Combustible	Total
Bois	23 227 227 \$	318 800 956 \$	<b>342 028 183 \$</b>
Charbon de bois	103 849 793 \$	1 661 858 534 \$	<b>1 765 708 327 \$</b>
Granulé/Brique	5 955 140 \$	148 859 104 \$	<b>154 814 244 \$</b>
Biogaz	30 403 744 \$	160 037 979 \$	<b>190 441 723 \$</b>
Bioéthanol	70 247 062 \$	2 021 745 095 \$	<b>2 091 992 156 \$</b>
GPL	26 581 775 \$	194 055 551 \$	<b>220 637 326 \$</b>
Électrique	101 879 227 \$	1 684 739 530 \$	<b>1 786 618 757 \$</b>
<b>Total</b>	<b>362 143 968 \$</b>	<b>6 190 096 749 \$</b>	<b>6 552 240 717 \$</b>

**Tableau 26.** Coût total des combustibles et des foyers dans le scénario universel

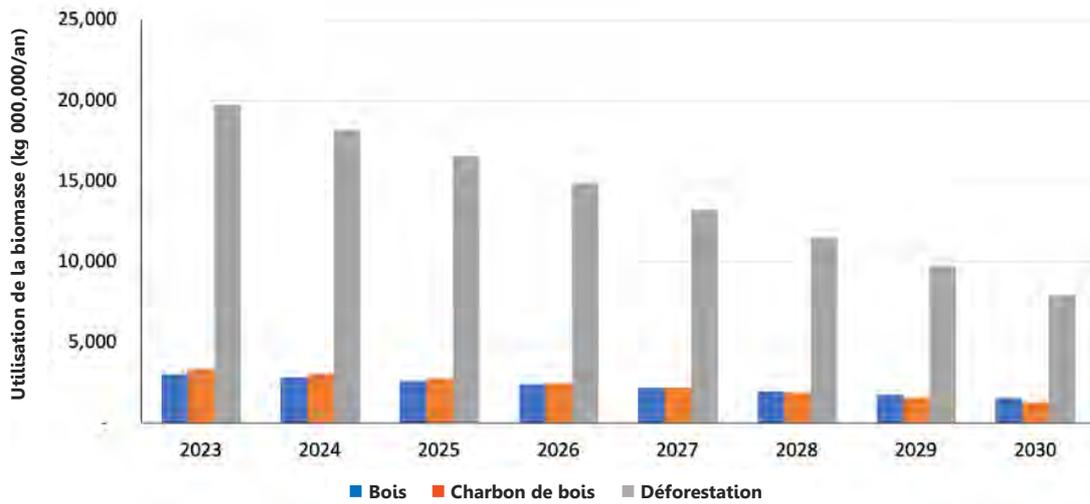
Foyers et type de combustible	Foyer	Combustible	Total
Bois	11 200 040 \$	235 436 905 \$	<b>246 636 945 \$</b>
Charbon de bois	69 455 821 \$	1 280 430 187 \$	<b>1 349 886 007 \$</b>
Granulé/Brique	37 895 240 \$	947 276 658 \$	<b>985 171 898 \$</b>
Biogaz	191 194 024 \$	997 064 244 \$	<b>1 188 258 268 \$</b>
Bioéthanol	167 660 997 \$	4 793 947 921 \$	<b>4 961 608 918 \$</b>
GPL	26 581 867 \$	195 739 067 \$	<b>222 320 934 \$</b>
Électrique	168 032 082 \$	3 064 264 520 \$	<b>3 232 296 602 \$</b>
<b>Total</b>	<b>672 020 070 \$</b>	<b>11 514 159 502 \$</b>	<b>12 186 179 573 \$</b>

## Impacts de la déforestation

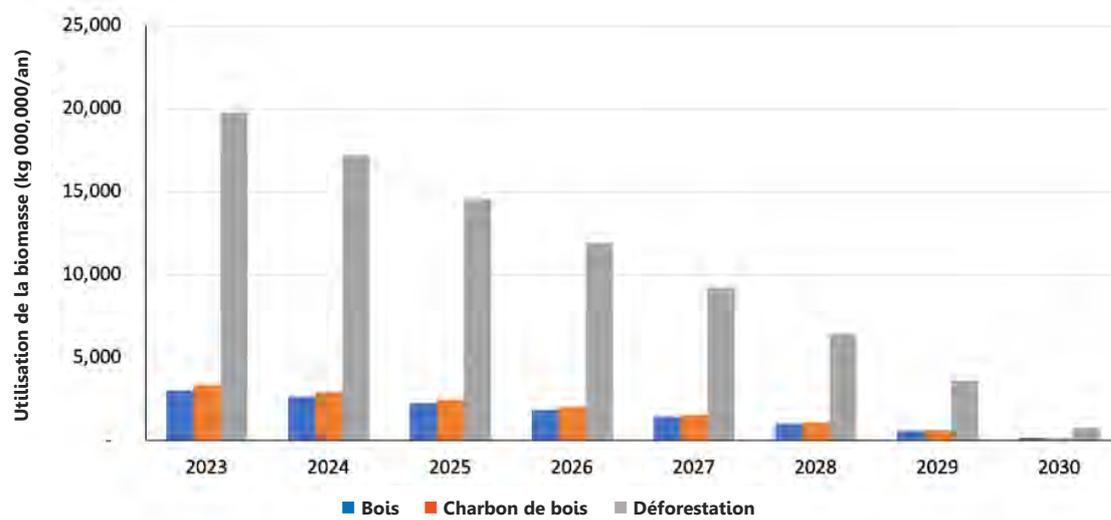
La cuisson alimentaire est à l'origine de 5 à 20 % de la déforestation globale, tandis que le changement d'affectation des terres pour l'agriculture représente plus de 80 % de cette déforestation. Dans le contexte de la déforestation associée à la cuisson, le charbon de bois est le principal contributeur, avec une perte forestière moyenne attribuée à sa production de 83,2 % sur la période 2023-2030 selon le scénario de base. La figure 39 illustre cette situation année par année, montrant que malgré des volumes comparables de bois et de consommation de charbon, la perte de forêt due au charbon de bois prédomine en raison d'une efficacité moyenne des fours à charbon estimée à 20 %. Au total, 95,3 % de la déforestation durant cette période est imputée aux ménages selon le scénario de base, bien que les améliorations des foyers de cuisson contribuent à une baisse de 59,8 % des taux de déforestation annuels entre 2023 et 2030. Le

scénario universel, illustré par la figure 40, envisageant des objectifs d'adoption plus ambitieux pour les foyers de cuisson, permettrait une réduction de 96,2 % des taux de déforestation annuels sur la même période. Le charbon de bois reste néanmoins le principal moteur de la déforestation liée à la cuisson, représentant 83,9 % de la perte forestière. Les figures 41 et 42 offrent une vue géospatiale de la déforestation par commune pour le scénario de base et le scénario universel, respectivement.

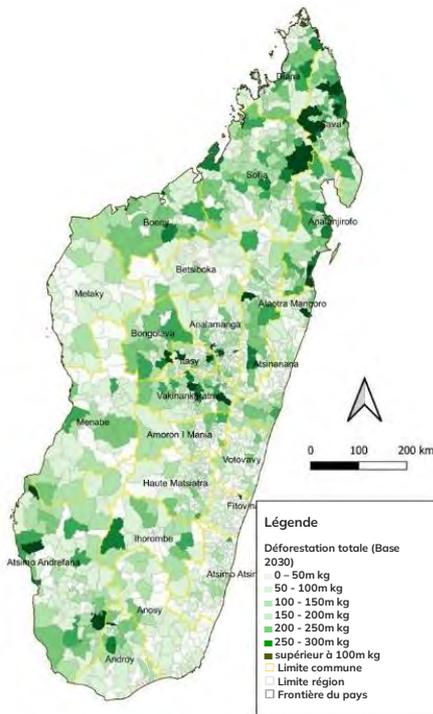
**Figure 39.** Déforestation et utilisation totale de la biomasse due aux foyers de cuisine pour le scénario de base



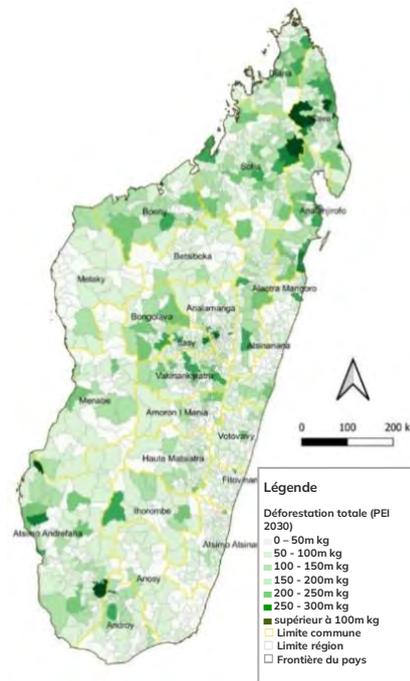
**Figure 40.** Déforestation et utilisation totale de la biomasse due aux foyers de cuisine pour le scénario universel



**Figure 41.** Causes totales de la déforestation liée à la cuisson des aliments entre 2023 et 2030 pour le scénario de base



**Figure 42.** Causes totales de déforestation liées à la cuisson des aliments entre 2023 et 2030 pour le scénario universel



## Co-bénéfices

Différentes données essentielles sont utilisées pour intégrer les cofacteurs dans l'analyse, avec des conséquences significatives sur la santé environnementale, la santé individuelle et l'impact sur les femmes. Les performances du scénario de base sont évaluées en comparaison avec celles du scénario du PEI.

**Émissions et impact sur le réchauffement climatique** - Les émissions dues à la cuisson sont estimées en se basant sur les facteurs d'émission relatifs à la combustion des combustibles et à la production sur place de CO<sub>2</sub>. Les émissions totales annuelles de CO<sub>2</sub> de la part des ménages et des institutions, selon le scénario de base, connaissent une réduction de 49,8 % et 28,2 % respectivement entre 2023 et 2030. Ces baisses sont encore plus marquées dans le scénario universel, atteignant 70,3 % et 46,2 % respectivement. Les figures 43, 44 et 45 montrent ces diminutions au fil du temps pour le scénario de base et le scénario universel.

Figure 43. Impact des ménages sur le climat dans le scénario de base

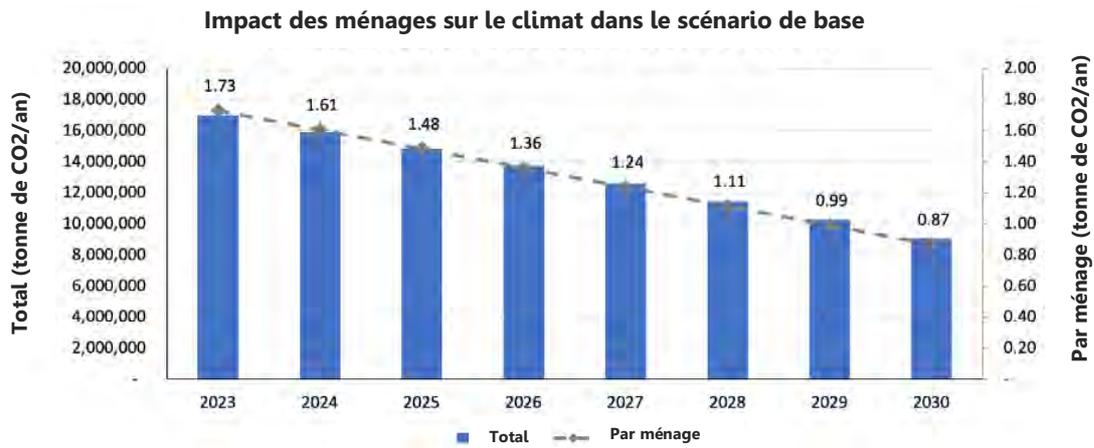


Figure 44. Impact des institutions sur le climat dans le scénario de base



Figure 45. Impact des ménages sur le climat dans le scénario universel

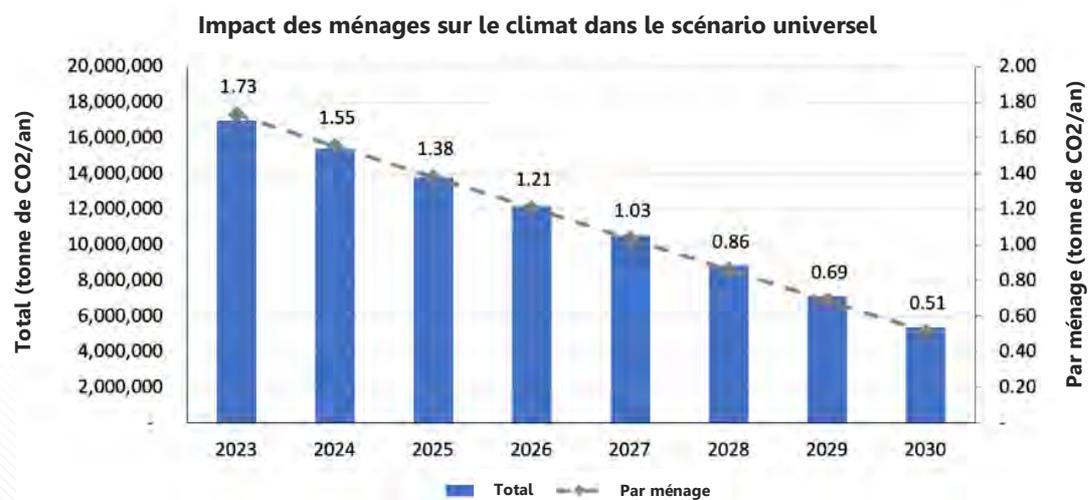
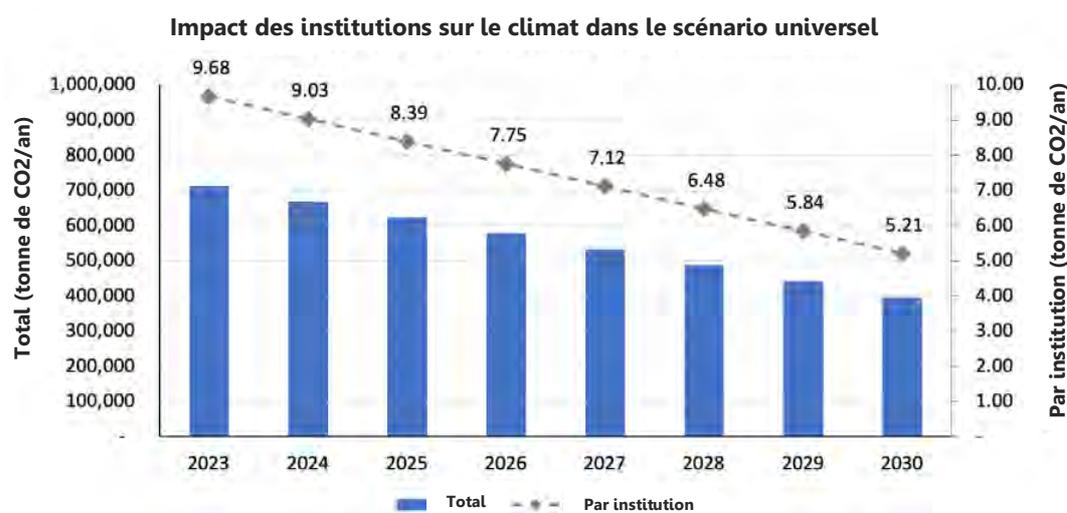


Figure 46. Impact des institutions sur le climat dans le scénario universel



**Exposition et impacts sur la santé :** Les émissions générées par la cuisson et les méthodes de cuisson sont à l'origine d'une exposition aux polluants dangereux tels que le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), les particules fines (PM<sub>10</sub>) et les particules ultrafines (PM<sub>2.5</sub>). Ces informations sont cruciales pour évaluer les répercussions sur la santé des individus utilisant ces foyers, en particulier les effets délétères sur les femmes et les enfants qui passent du temps près du foyer de cuisson. Les impacts sur la santé sont évalués à l'aide de l'outil HAPIT (Household Air Pollution Intervention Tool). Cet outil permet d'estimer les avantages sanitaires des interventions sur les foyers de cuisson, en se fondant sur diverses hypothèses détaillées ci-après. Les avantages pour la santé sont exprimés en Années de Vie Ajustées sur l'Incapacité (AVAI), avec des résultats présentés dans le tableau 27. Les gains pour la santé sont nettement supérieurs dans le cadre du scénario universel, comme le démontrent les AVAI évitées et les décès prévenus, grâce à une plus grande adoption et utilisation de technologies de cuisson propres et améliorées.

- **Dans le scénario de base pour 2030**, avant l'intervention, l'exposition quotidienne par personne aux PM<sub>2.5</sub> avec un foyer à bois traditionnel est de 77,6 PM<sub>2.5</sub>. Après l'intervention avec l'installation d'un foyer à bois amélioré, cette exposition est réduite à 64,7 PM<sub>2.5</sub> par jour par personne, affectant l'ensemble de la population pour une intervention ayant une durée de vie utile de 5 ans.
- **Pour le scénario universel en 2030**, avant toute intervention, l'exposition aux PM<sub>2.5</sub> reste la même que dans le scénario de base pour un foyer à bois traditionnel, soit 77,6 PM<sub>2.5</sub> par jour par personne. Cependant, après l'intervention, avec le choix de l'option la plus efficace en termes de réduction des PM, l'exposition diminue considérablement pour atteindre 7 PM<sub>2.5</sub> par jour par personne, s'appliquant à toute la population avec une durée de vie utile de l'intervention fixée à 5 ans.

**Tableau 27.** Impacts sur la santé selon chaque scénario d'intervention

Impact sur la santé	Scénario de base	Scénario universel
AVAI évitées (enfant)	64 934	689 349
Décès évités (enfants)	756	8 022
AVAI évitées (adultes)	97 164	1 225 051
Décès évités (adultes)	3 653	49 183

**Genre :** La collecte de combustible et la cuisson nécessitent un investissement temporel significatif, et cette responsabilité incombe principalement aux femmes. En supposant qu'il n'y ait pas de changement dans les rôles de genre, les économies de temps suivantes sont attendues avec la transition vers des technologies de cuisson et des combustibles plus propres, basées sur le temps auto déclaré consacré à la collecte de combustible et à la cuisson dans les données des enquêtes ménagères. Les allocations de temps auto déclarées issues des données de l'enquête dans le Tableau 28 peuvent être combinées avec les pourcentages de possession de foyers dans les Tableaux 29 et 30 pour estimer le temps de cuisson économisé pour les ménages et les institutions, respectivement, en notant toutefois que certains répondants utilisant de l'électricité et du GPL peuvent également préparer des types de repas ou de boissons différents de ceux préparés sur des foyers à bois et à charbon. Le changement de foyer et de combustible dans le scénario de base permet d'économiser 19,4 % et 14,5 % du temps de cuisson pour les ménages et les institutions, respectivement, et cette situation s'améliore dans le scénario universel, permettant d'économiser 46,5 % et 39,6 % du temps de cuisson pour les ménages et les institutions, respectivement. Ceci est principalement attribué à la cuisson électrique, et dans une moindre mesure, à l'utilisation du GPL par les ménages. Le temps de collecte des combustibles change également, ce qui est bénéfique pour les femmes comme pour les hommes. Les différences de genre ne sont pas estimées ici en raison de la complexité liée au fait que les représentations de genre varient selon le type de combustible, le processus de collecte et la classification urbaine ou rurale.

**Tableau 28.** Heures consacrées à la cuisine chaque jour, par type de combustible

Type de combustible du foyer	Heures de cuisson (h / jour)	
	Ménage	Institution
Bois	3.22	6.15
Charbon de bois	3.44	5.62
Électrique	1.77	1.75
GPL / autres	1.60	4.00

**Tableau 29.** Temps consacré à la préparation des repas pour le cuisinier du ménage dans le scénario de base et le scénario universel

Type de combustible du Foyer	Possession d'un foyer par le ménage (%)		
	Aujourd'hui (2023)	Situation de référence (2030)	Universel (2030)
Bois	44.4%	27.4%	3.2%
Charbon de bois	53.1%	31.5%	3.2%
Électrique	2.2%	20.1%	31.8%
GPL / autres	0.4%	20.9%	61.8%
Moyenne (h / jour)	3.30	2.66	1.77

## COÛTS DE LA CUISSON PROPRE ET ECART D'ACCESSIBILITE FINANCIERE

Les coûts totaux du scénario de base et du scénario universel sont d'abord indiqués, puis l'écart d'accessibilité est présenté comme la différence entre le scénario universel et le scénario de base.

### Écart d'accessibilité financière

L'évaluation de la différence d'accessibilité financière se base sur la comparaison entre un scénario de base et d'autres scénarios envisagés. Selon le tableau 30, le scénario de base prévoit que les habitudes des ménages et des institutions en termes de possession et d'utilisation de foyers, ainsi que de choix de combustibles, restent inchangées de 2023 à 2030, avec les seules augmentations de coûts provenant de la croissance démographique. Les tableaux 31 et 32 illustrent les différences d'accessibilité financière, comparant le scénario de base avec les coûts totaux des scénarios standard et universel présentés dans les tableaux 30 et 31, respectivement. Les valeurs négatives dans ces tableaux indiquent des économies financières potentielles qui pourraient être réalisées en abandonnant les foyers et combustibles actuels au profit d'options plus efficaces, telles que celles avec un Multi-Tier Framework (MTF) supérieur. Pour couvrir le déficit d'accessibilité de 2023 à 2030, le scénario standard requerrait un financement supplémentaire de 85 % par rapport aux coûts actuels, tandis que le scénario universel exigerait une augmentation de 244 % des fonds par rapport au scénario de base. Le tableau récapitulatif présente les différentes technologies de cuisson et les types de combustibles considérés pour le calcul de l'écart d'accessibilité financière.

- Technologies de cuisson : bois amélioré, charbon amélioré, granulés/briquelette, biogaz, bioéthanol, GPL, électricité
- Combustibles : Granulés/briquelettes, biogaz, bioéthanol, GPL, induction électrique

Les coûts analysés se limitent uniquement aux foyers et combustibles, excluant les investissements infrastructurels nécessaires à l'expansion de leur production ou distribution. L'hypothèse retenue pour le calcul entre 2023 et 2030 considère que le prix unitaire des foyers et combustibles reste constant, sans prendre en compte les variations dues à l'inflation, aux fluctuations des taux de change internationaux, ou aux potentielles baisses de prix découlant de l'augmentation des volumes de production.

**Tableau 30.** Cas de référence pour le calcul de l'écart d'accessibilité financière

Foyer et type de combustible	Foyer	Combustible	Total
Bois	18 641 372 \$	466 923 504 \$	485 564 876 \$
Charbon de bois	136 850 267 \$	2 521 647 781 \$	2 658 498 048 \$
Granulé/Briquelette	\$ -	\$ -	\$ -
Biogaz	1 222 772 \$	8 199 773 \$	9 422 545 \$
Bioéthanol	\$ -	\$ -	\$ -
GPL	4 338 952 \$	59 917 544 \$	64 256 496 \$
Électrique	15 433 507 \$	308 361 980 \$	323 795 487 \$
<b>Total</b>	<b>176 486 870 \$</b>	<b>3 365 050 582 \$</b>	<b>3 541 537 452 \$</b>

**Tableau 31.** Écart d'accessibilité financière pour le scénario de base

Foyer et type de combustible	Foyer	Combustible	Total
Bois	4 585 856 \$	(148 122 549 \$)	(143 536 693 \$)
Charbon de bois	(33 000 474 \$)	(859 789 247 \$)	(892 789 721 \$)
Granulé/Brique	5 955 140 \$	148 859 104 \$	154 814 244 \$
Biogaz	29 180 972 \$	151 838 207 \$	181 019 179 \$
Bioéthanol	70 247 062 \$	2 021 745 095 \$	2 091 992 157 \$
GPL	22 242 823 \$	134 138 008 \$	156 380 831 \$
Électrique	86 445 719 \$	1 376 377 550 \$	1 462 823 269 \$
<b>Total</b>	<b>185 657 098 \$</b>	<b>2 825 046 168 \$</b>	<b>3 010 703 266 \$</b>

**Tableau 32.** Écart d'accessibilité financière pour le scénario universel

Foyer et type de combustible	Foyer	Combustible	Total
Bois	(7 441 332 \$)	(231 486 599 \$)	(238 927 931 \$)
Charbon de bois	(67 394 446 \$)	(1 241 217 594 \$)	(1 308 612 040 \$)
Granulé/Brique	37 895 240 \$	947 276 658 \$	985 171 898 \$
Biogaz	189 971 252 \$	988 864 472 \$	1 178 835 724 \$
Bioéthanol	167 660 997 \$	4 793 947 921 \$	4 961 608 918 \$
GPL	22 242 915 \$	135 821 524 \$	158 064 439 \$
Électrique	152 598 575 \$	2 755 902 539 \$	2 908 501 114 \$
<b>Total</b>	<b>495 533 201 \$</b>	<b>8 149 108 921 \$</b>	<b>8 644 642 122 \$</b>

## RECOMMANDATIONS

Pour favoriser un accès universel aux solutions de cuisson propres à Madagascar, plusieurs leviers peuvent être actionnés, notamment des mesures politiques ciblées, des investissements conséquents, la mobilisation du secteur privé, ainsi que la mise en place de stratégies prenant en compte les spécificités de genre et la diversité locale des ressources énergétiques et des préférences des consommateurs, comme l'a révélé l'analyse géospatiale effectuée. En s'appuyant sur une approche adaptée aux réalités territoriales, ces orientations nationales proposent des pistes pour l'élaboration de politiques globales inclusives, répondant aux exigences et spécificités locales. Voici les principales recommandations issues de cette étude :

- **Les combustibles dérivés de la biomasse, tels que le bioéthanol, le biogaz et les granulés/briquettes, présentent un potentiel important pour répondre aux besoins de cuisson propre et peuvent satisfaire les besoins énergétiques des ménages et des institutions, tant en milieu rural qu'en milieu urbain.** Ces alternatives peuvent se marier avec les technologies de cuisson électrique dans les régions connectées au réseau électrique ou aux mini-réseaux. Selon les prévisions, même dans un scénario ambitieux d'adoption de combustibles propres, la biomasse requise pour la production de bioéthanol, biogaz, et granulés ou briquettes représenterait seulement une fraction modeste (19,11 %, 4,81 %, et 6,55 % respectivement) des ressources disponibles, minimisant ainsi les risques de concurrence avec l'agriculture alimentaire ou la production d'engrais naturels. L'encouragement d'investissements spécifiques, l'optimisation de la chaîne d'approvisionnement, et la mise en œuvre de projets pilotes pourraient révéler le potentiel économique de la cuisson à l'électricité et des foyers à biocombustibles, augmentant la sensibilisation des consommateurs et stimulant l'intérêt du secteur privé. Par ailleurs, des initiatives politiques innovantes et des efforts de lobbying gouvernementaux sont essentiels pour établir un cadre favorable au développement autonome de l'industrie de la cuisson propre dans le pays. Dans ce contexte, l'engagement gouvernemental, soutenu par des investissements stratégiques tels que ceux proposés par le Fonds de l'OPEP pour le développement international, qui envisage un financement de 35 millions de dollars en prêts et subventions, joue un rôle crucial. Ce soutien financier vise à réaliser les ambitions de la Nouvelle Politique de l'Energie de Madagascar pour la période 2015-2030, en favorisant une transition nationale vers des solutions de cuisson plus propres et plus durables.
- **Les clients ruraux devraient privilégier les combustibles alternatifs issus de la biomasse.** Environ 80 % des ménages sont situés en milieu rural et utilisent le bois ou le charbon de bois comme source de combustible principale ou unique. Le nombre de ménages et d'institutions désignés comme ruraux restera stable alors que la population de Madagascar augmente et que l'urbanisation reste modeste. Par conséquent, les ménages et institutions ruraux doivent avoir accès à des alternatives en matière de combustibles. Lorsqu'on considère l'accès aux combustibles et leur coût, les meilleures opportunités résident dans le bioéthanol, le biogaz et les déchets agricoles convertis en granulés et briquettes, avec environ 77 % des ménages ruraux et 48 % des institutions rurales utilisant des combustibles alternatifs issus de la biomasse dans le Scénario Universel.
- **Les clients urbains ont l'opportunité de se détourner du charbon de bois.** Un effort national pour améliorer l'utilisation des combustibles dérivés de la biomasse peut réduire la déforestation. La portabilité des combustibles est essentielle, en particulier pour le bioéthanol et les granulés/briquettes de biomasse dans les zones rurales, tandis que la cuisson électrique et le GPL devraient bénéficier d'une meilleure accessibilité et adoption (achat) dans les zones urbaines. Environ 72 % et 10 % des ménages urbains devraient utiliser respectivement l'électricité et le GPL pour la cuisson dans le Scénario Universel, les institutions urbaines suivant une tendance similaire.

- **Des options pour l'équité énergétique sont disponibles et peuvent être accélérées grâce à l'engagement de divers acteurs clés à travers la chaîne de valeur.** Deux scénarios ont été comparés, incluant un scénario de base tel que défini par le Compact de la Cuisson Propre et le scénario du PEI, qui offre un accès universel à l'électricité permettant une utilisation accrue de la cuisson électrique (E-cooking) tout en favorisant une adoption plus élevée des foyers de niveaux 4 et 5 utilisant des combustibles dérivés de la biomasse. Chaque scénario modélise une voie de transition potentielle de 2023 à 2030, prenant en compte le potentiel des combustibles, les préférences des consommateurs, les coûts des foyers de cuisson, les pratiques de collecte de combustible et les coûts du combustible. Les résultats ont montré les volumes de production nécessaires pour les solutions de cuisson propres et les combustibles alternatifs, les effets associés sur la déforestation, les implications pour les femmes et les jeunes, les coûts de cuisson propres au niveau des clients et les coûts agrégés pour les consommateurs, ainsi que le fossé d'accessibilité financière qui devra être comblé pour offrir un avenir de cuisson plus propre.
- **Les technologies et les combustibles de cuisson plus propres offrent des avantages significatifs et concrets pour les femmes et les jeunes.** Comme c'est le cas dans le monde entier, les tâches de cuisson à Madagascar affectent de manière disproportionnée les femmes de manière significative et systématique. Les technologies de cuisson propre bénéficient non seulement aux femmes lors de la préparation des repas, mais réduisent également le temps passé à obtenir du combustible et à nettoyer, ce qui peut permettre aux femmes d'utiliser leur temps différemment et potentiellement de le consacrer à la génération de revenus ou à l'éducation, créant ainsi encore plus d'avantages pour l'équité des genres et l'opportunité. En se concentrant sur les tâches de cuisson domestique, principalement la responsabilité des femmes, on estime qu'en 2023, elles passent en moyenne 3,30 heures par jour à cuisiner. Ce temps est réduit à une moyenne de 2,66 heures par jour dans le Scénario de Base 2030, et encore réduit à une moyenne de 1,77 heures par jour dans le Scénario Universel 2030. Les bénéfices pour la santé des adultes et des enfants sont significatifs, avec une estimation de 756 et 8 022 décès d'enfants évités dans les scénarios de Base et Universel, respectivement, et une estimation de 3 653 et 49 183 décès d'adultes évités dans les scénarios de Base et Universel, respectivement.
- **L'amélioration de la production de charbon de bois représente une méthode éprouvée et immédiate pour réduire la déforestation.** L'utilisation de fours améliorés peut diminuer de 50 % la consommation de bois pour la production de charbon. Il est essentiel d'améliorer la production de charbon pour limiter les pertes forestières, même si Madagascar s'oriente vers un abandon progressif de l'utilisation du bois et du charbon. De telles solutions intermédiaires et de transition sont nécessaires et pratiques pour offrir des opportunités d'amélioration incrémentale aux acteurs locaux.
- **L'accessibilité financière de la cuisine propre demeure un obstacle majeur à l'atteinte des objectifs nationaux.** Les données d'enquête révèlent qu'environ 75 % des ménages considèrent les coûts de cuisson comme la principale barrière, tandis qu'un faible pourcentage d'institutions indique rencontrer des difficultés à utiliser des solutions de cuisson propre. Considérant que le coût initial d'acquisition d'un foyer est modeste par rapport au coût du combustible, la stratégie de subventionner le coût des foyers est utile mais doit être accompagnée de réductions dans le coût de production des combustibles et permettre l'investissement privé pour réaliser ces économies d'échelle. Les subventions de combustibles devraient également être envisagées pour réduire cet écart d'accessibilité financière. Il existe également un potentiel pour réduire le coût de production d'un foyer à mesure que les volumes de production augmentent et que les chaînes d'approvisionnement se développent et deviennent plus efficaces. D'autres coûts

doivent également être pris en compte, tels que les investissements dans les infrastructures qui ne sont pas inclus ici.

- **La collaboration et les partenariats seront essentiels pour surmonter les obstacles à l'accès universel.** La vision future de la cuisson propre pour Madagascar dans le cadre du scénario du PEI nécessitera une collaboration interministérielle entre les secteurs de l'énergie, des finances, de l'agriculture, des transports, du commerce et d'autres secteurs du gouvernement malgache. De plus, une collaboration accrue entre le gouvernement et les développeurs de foyers ainsi que les producteurs de combustibles sera cruciale pour planifier et évaluer de manière collaborative les opportunités liées à la cuisson propre. Les organisations non gouvernementales peuvent jouer un rôle de facilitateur en aidant à planifier et à soutenir les interventions du secteur privé et du secteur public.

## ANNEXE 1 : REFERENCES EN MATIERE DE CUISSON PROPRE

Il s'agit notamment, mais pas exclusivement, des éléments suivants :

1. Becker, E. S. (2017). *Appropriate Technology and the Imagined Global South: Discourses and Dissonance in Betafo, Madagascar* (Doctoral dissertation, University of Puget Sound).
2. Randriamalala, J. R., Randrianomanana, M., Ranaivoson, R. E., Rabemananjara, Z. H., & Hervé, D. (2021). Estimating wood charcoal supply to Toliara town in southwestern Madagascar, a comparison of methods. *Scientific African*, 14, e01011.
3. Mudombi, S., Nyambane, A., von Maltitz, G. P., Gasparatos, A., Johnson, F. X., Chenene, M. L., & Attanassov, B. (2018). User perceptions about the adoption and use of ethanol fuel and cookstoves in Maputo, Mozambique. *Energy for sustainable development*, 44, 97-108.
4. Razanakoto, A. M. (2017). *Comparative Analysis of the Environmental, Health and Economic Aspects of Charcoal and Fuelwood Consumption in Rural Madagascar*. State University of New York College of Environmental Science and Forestry.
5. Nematchoua, M. K. (2021). Analysis and comparison of potential resources and new energy policy of Madagascar island; A review. *Renewable Energy*, 171, 747-763.
6. Nogueira, L. P., Longa, F. D., & van der Zwaan, B. (2020). A cross-sectoral integrated assessment of alternatives for climate mitigation in Madagascar. *Climate Policy*, 20(10), 1257-1273.
7. Michaelowa, A., Hoch, S., Weber, A. K., Kassaye, R., & Hailu, T. (2021). Mobilising private climate finance for sustainable energy access and climate change mitigation in Sub-Saharan Africa. *Climate Policy*, 21(1), 47-62.
8. Aggarwal, A., Childress, S., Greene, L., Guidera, L., Guo, K., Holt, D. ... & Wakefield, T. (2017). *Energy & Development (Global Energy Access Network Case Studies)*.
9. Dasgupta, S., Martin, P., & Samad, H. A. (2015). Lessons from rural Madagascar on improving air quality in the kitchen. *The Journal of Environment & Development*, 24(3), 345-369.
10. Dasgupta, S., Martin, P., & Samad, H. A. (2013). Addressing household air pollution: a case study in rural Madagascar. *World Bank Policy Research Working Paper*, (6627).
11. Andrianantenaina, M. H., & Ramamonjisoa, B. O. A. (2016). Hydrous ethanol as a renewable household fuel for low-income country: case study for Madagascar. *Lat. Am. Appl. Res*, 46, 121-126.
12. Müller, N., Michaelowa, A., & Eschman, M. (2011). Proposal for a new standardised baseline for charcoal projects in the Clean Development Mechanism. *Zurich. pp*, 86.
13. Andriamanohiarisoamanana, F. J., Randrianantoandro, T. N., Ranaivoarisoa, H. F., Kono, H., Yoshida, G., Ihara, I., & Umetsu, K. (2022). Integration of biogas technology into livestock farming: Study on farmers' willingness to pay for biodigesters in Madagascar. *Biomass and Bioenergy*, 164, 106557.
14. Qin, L., Wang, M., Zhu, J., Wei, Y., Zhou, X., & He, Z. (2021). Towards circular economy through waste to biomass energy in Madagascar. *Complexity*, 2021, 1-10.
15. Haladová, D., Cundr, O., & Pecen, J. (2011). Selection of optimal anaerobic digestion technology for family sized farm use—case study of southwest madagascar. *Agricultura tropica et subtropica*, 44, 3.
16. Tolessa, A., Bélières, J. F., Salgado, P., Raharimalala, S., Louw, T. M., & Goosen, N. J. (2022). Assessment of agricultural biomass residues for anaerobic digestion in rural Vakinankaratra Region of Madagascar. *BioEnergy Research*, 1-14.
17. Nesser, H. (2014). *The Mechanical and Social Feasibility of Using Biogas to Fuel an Essential Oil Distillation Unit in the Rural Commune of Ankarimbelo, Madagascar*.
18. Purves, I. J., & Gardiner, V. (2012). Culturally and financially sustainable applications of loowatt technology in Antananarivo, Madagascar – Early feedback.
19. Hosier, R., Kappen, J., Hyseni, B., Tao, N., & Usui, K. (2017). Scalable business models for alternative biomass cooking fuels and their potential in Sub-Saharan Africa.
20. Dasgupta, S., Martin, P., & Samad, H. A. (2015). Lessons from rural Madagascar on improving air quality in the kitchen. *The Journal of Environment & Development*, 24(3), 345-369.

21. Matthews, W. G. (2014). Opportunities and challenges for petroleum and LPG markets in Sub-Saharan Africa. *Energy Policy*, 64, 78-86.
22. Bounds, M. (2012). Ethanol as a household fuel in Madagascar.
23. Masekamani, D., Makonese, T., & Annegarn, H. J. (2016, March). Performance evaluation of three charcoal stoves. In *2016 International Conference on the Domestic Use of Energy (DUE)* (pp. 1-7). IEEE.
24. Ehrensperger, A., Randriamalala, J. R., Raoliarivelo, L. I., & Husi, J. M. (2015). Jatropha mahafalensis for rural energy supply in south-western Madagascar? *Energy for sustainable development*, 28, 60-67.
25. Murali, P., Ram, B., Prathap, D. P., Hari, K., & Venkatasubramanian, V. (2021). Sugarcane Based Ethanol Production for Fuel Ethanol Blending Program in India.
26. Jeevan Kumar, S.P., Sampath Kumar, N.S. & Chintagunta, A.D. Bioethanol production from cereal crops and lignocelluloses rich agro-residues: prospects and challenges. *SN Appl. Sci.* 2, 1673 (2020).
27. Ademiluyi, F. T., & Mepba, H. D. (2013). Yield and properties of ethanol biofuel produced from different whole cassava flours. *International Scholarly Research Notices*, 2013.
28. Lareo C, Ferrari MD, Guigou M, Fajardo L, Larnaudie V, Ramírez MB, Martínez-Garreiro J. Evaluation of sweet potato for fuel bioethanol production: hydrolysis and fermentation. *Springerplus*. 2013 Sep 30;2:493.
29. Mostofa, M. (2019). An introduction to bioethanol and its prospects in Bangladesh: a review. *Journal of Energy Research and Reviews*, 2(2), 1-12.
30. Matek, Benjamin; Pablo Torres; Gordon Smith; Eric Hyman; Santiago Enriquez; and Khadija Mussa (2020). Cost-Benefit Analysis of Charcoal and Wood Use for Household Cooking and Demand- and Supply-Side Alternatives for Forest Conservation in Lilongwe, Malawi. Washington, DC: Crown Agents USA and Abt Associates, Prepared for USAID.
31. AFD. (2022). Etude de contexte : Profils économiques des régions Androy, Anosy Melaky et Menabe.
32. Bowyer, J. L. (2016, January 1). Wood: Future Availability. ScienceDirect; Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128035818022141>
33. Ethanol as a Household Fuel in Madagascar Health Benefits, Economic Assessment, and Review of African Lessons for Scaling-up. (2011).
34. Lanly, J.P. (1982) Tropical Forest Resources. FAO forestry paper 30, United Nations Food and Agricultural Organization, Rome.
35. Shrestha, S. (2022). Gender roles in natural resource use in Madagascar. <https://digitalcommons.montclair.edu/etd>
36. Tadele, W. (2019). Madagascar Energy and Fuels Baseline Report.
37. USAID. (2020). ISP Madagascar: Ethanol Cooking Strategy and Roadmap-Demand and Supply Analysis Report.
38. World Bank Group. (2022). MADAGASCAR Beyond Connections Energy Access Diagnostic Report Based on the Multi-Tier Framework.
39. World Food Programme. (2022). Clean and modern energy for cooking A path to food security and sustainable development.
40. energypedia (2019). Cooking with Ethanol and Methanol. [https://energypedia.info/wiki/Cooking\\_with\\_Ethanol\\_and\\_Methanol](https://energypedia.info/wiki/Cooking_with_Ethanol_and_Methanol)
41. Jetter, J. J., & Kariher, P. (2009). Solid-fuel household cook stoves: Characterization of performance and emissions. *Biomass and bioenergy*, 33(2), 294-305.
42. Decker, Thomas, Marc Baumgardner; Jason Prapas; and Thomas Bradley. 2018. "A Mixed Computational and Experimental Approach to Improved Biogas Burner Flame Port Design." *Energy for Sustainable Development* 44 (June): 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2018.02.008>
43. Benka-Coker, Megan; Wubshet Tadele; Alex Milano; Desalegn Getaneh; and Harry Stokes. 2018. "A Case Study of the Ethanol CleanCook Stove Intervention and Potential Scale-up in Ethiopia." *Energy for Sustainable Development*. 46: 53–64. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082618302722>

44. Aemro, Y. B., Moura, P., & de Almeida, A. T. (2021). Experimental evaluation of electric clean cooking options for rural areas of developing countries. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100954>
45. Bendall, D. (2008). Energy Efficient Equipment. *Food Management*, 43(1), 64–68.
46. Bensch, G., & Peters, J. (2013). Alleviating Deforestation Pressures? Impacts of Improved Stove Dissemination on Charcoal Consumption in Urban Senegal.
47. Castalia Limited. (2015). Evaluation of Rural Electrification Concessions in sub-Saharan Africa.
48. Chomanika, K., Vunain, E., Mlatho, S., & Minofu, M. (2022). Ethanol briquettes as clean cooking alternative in Malawi. In *Energy for Sustainable Development* (Vol. 68, pp. 50–64). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.03.002>
49. Cleancookingmarket.com. (2023a, August 25). *Cookmate Charcoal Stove – Large Size*.
50. Cleancookingmarket.com. (2023b, August 25). Institutional Brick Fuelwood Stove – Double Unit.
51. Cleancookstoves.org. (2023, August 31). *Clean Cooking Catalog*.
52. Coast Appliances. (2023, January 16). How Long Does a Microwave Last? Microwave Maintenance Tips.
53. CoolEffect.com. (2023, August 25). Biogas Digesters and Clean Cookstoves.
54. Desertcart.com. (2023a, August 31). 18Qt. Electric Roaster Oven with Metal Inner Rack - Red.
55. Desertcart.com. (2023b, August 31). Aroma Housewares Aroma 6-cup (cooked) 1.5 Qt. One Touch Rice Cooker, White (ARC-363NG), 6 cup cooked/ 3 cup uncook/ 1.5 Qt.
56. Desertcart.com. (2023c, August 31). Daewoo SDA1805 2000W Electric Single Induction Hob with Built-In Timer and Adjustable Temperature Settings, Automatic Switch Off and Overheat Protection, 220-240v, package may vary,Black.
57. Desertcart.com. (2023d, August 31). GE Countertop Microwave Oven | 0.7 Cubic Feet Capacity, 700 Watts | Kitchen Essentials for the Countertop or Dorm Room | Stainless Steel.
58. Desertcart.com. (2023e, August 31). OVENTE Electric Kettle Hot Water Heater 1.7 Liter - BPA Free Fast Boiling Cordless Water Warmer - Auto Shut Off Instant Water Boiler for Coffee & Tea Pot - White KP72W.
59. Desertcart.com. (2023f, August 31). Presto 05420 FryDaddy Electric Deep Fryer,Black.
60. Desertcart.com. (2023g, August 31). Proctor Silex Electric Stove, Single Burner Cooktop, Compact and Portable, Adjustable Temperature Hot Plate, 1200 Watts, White & Stainless (34106).
61. Desertcart.com. (2023h, August 31). Propane Gas Cooktop, Single Burner Gas Stove Stainless Steel Portable Gas Stove, Auto Ignition Camping Single Burner LPGfor RV, Apartments, Outdoor.
62. Durand, A., Hirzel, S., Rohde, C., Gebele, M., Lopes, C., Olsson, E., & Barkhausen, R. (2022). Electric Kettles: An Assessment of Energy-Saving Potentials for Policy Making in the European Union. *Sustainability (Switzerland)*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/su142012963>
63. Electricrate.com. (2023, August 31). How Many Watts Does it Take to Run A Microwave?
64. Intermediate Technology Development Group. (2023, August 31). *Stoves for Institutional and Commercial Kitchens*.
65. iStockphoto.com. (2015, May 30). Charcoal filled bags along Madagascar spiny desert roadside stock photo.
66. Jeske, A. (2023, June 12). Are Air Fryers Worth The Hype?
67. Johnson, N. G., & Bryden, K. M. (2012). The impact of cookstove adoption and replacement on fuelwood savings. *Proceedings - 2012 IEEE Global Humanitarian Technology Conference, GHTC 2012*, 387–391. <https://doi.org/10.1109/GHTC.2012.56>
68. Lakshmi, S., Chakkaravarthi, A., Subramanian, R., & Singh, V. (2007). Energy consumption in microwave cooking of rice and its comparison with other domestic appliances. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 715–722. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.011>
69. Landi, D., Consolini, A., Germani, M., & Favi, C. (2019). Comparative life cycle assessment of electric and gas ovens in the Italian context: An environmental and technical evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 221, 189–201. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.196>
70. Lin, S.-J. (2023, June 7). The 8 best rice cookers in 2023, tested and reviewed. Insider Reviews.

71. Lucchi, M., Suzzi, N., & Lorenzini, M. (2019). Dynamic model for convective heating of a wet brick during energy characterisation of domestic electric ovens. *Applied Thermal Engineering*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114117>
72. Miller, G. (2014, July 16). Don't cook fish in the microwave!
73. Negrete-Rousseau, R. (2020, March 2). *How to Spec an Electric Fryer*.
74. O'Kelly, J. (2022, November 6). *Bioethanol Fireplace Fuel (A Complete Guide)*. Fireplace Universe.
75. Owen, M. (2012). Production of fuel briquettes from charcoal waste in Diego, Madagascar.
76. Ralaidovy, A. (2023, August 25). *Biomass Briquette in Madagascar*.
77. Renewables Liberia. (2023, August 25). *Bioenergy and Improved Cook stoves*.
78. Roubík, H., & Mazancová, J. (2019). Small-scale biogas plants in central Vietnam and biogas appliances with a focus on a flue gas analysis of biogas cook stoves. *Renewable Energy*, 131, 1138–1145. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.054>
79. SEforALL (2023, January). Clean Cooking Country Brief: Madagascar.
80. SEforALL (2019). Energizing Finance: Taking the Pulse of Energy Access in Madagascar.
81. SESCOM. (2023, August 25). Improved and modern Institutional Fuelwood Stoves (SeTa-IS) .
82. Shah, M. B. N., Zailan, N., Abidin, A. F. Z., Halim, M. F., Annuar, K. A., Azahar, A. H., Harun, M. H., & Yaakub, M. F. (2019). PID-based temperature control device for electric kettle. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9(3), 1683–1693. <https://doi.org/10.11591/ijece.v9i3.pp1683-1693>
83. TheMillStores.com. (2023, August 25). *Fuelwood*.
84. Union College. (2023, August 25). Transforming a Toaster Oven into a Solder Reflow Oven. Trim Theme.
85. Wathore, R., Mortimer, K., & Grieshop, A. P. (2017). In-Use Emissions and Estimated Impacts of Traditional, Natural- and Forced-Draft Cookstoves in Rural Malawi. *Environmental Science and Technology*, 51(3), 1929–1938. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b05557>
86. Wijaya, M. E., & Tezuka, T. (2013). Measures for improving the adoption of higher efficiency appliances in Indonesian households: An analysis of lifetime use and decision-making in the purchase of electrical appliances. *Applied Energy*, 112, 981–987. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.02.036>
87. AFD. (2022). Etude de contexte : Profils économiques des régions Androy, Anosy Melaky et Menabe.
88. Bouillet, J.-P., Rasamindisa, A., Rakotondraoelina, H. A., & Razafimahatratra, S. (2019). *CAPITALISATION DES REALISATIONS ET DES ACQUIS DU PROJET ARINA*.
89. BUREAU DES NORMES DE MADAGASCAR. (2018). *FOYER AMELIORE A CHARBON DE BOIS*.
90. BUREAU DES NORMES DE MADAGASCAR. (2022). *RÉCHAUD A ÉTHANOL*. [www.bnm.mg](http://www.bnm.mg)
91. GIZ. (n.d.). Vers une modernisation de la filière bois-énergie.
92. GIZ. (2020). Programme d'Appui à la Gestion de l'Environnement (PAGE) - Madagascar.
93. GOUVERNEMENT DE MADAGASCAR. (n.d.). AVANT-PROJET DE LOI SUR LA BIOENERGIE A MADAGASCAR.
94. Project Gaia. (2023). *Preliminary Results of a Feasibility Study on Sugar Production from Sugarcane in Talaky Bas*. <https://tradingeconomics.com/madagascar/imports/sugars->
95. Randrianjohary, A. P. (n.d.-a). *Déroulement des interventions*.
96. Randrianjohary, A. P. (n.d.-b). *Plan de mise en oeuvre*.
97. Randrianjohary, A. P. (2020). *Etudes bibliographiques*.
98. Sustainable Energy For All. (2023). *Plan Energétique Intégré : Madagascar Réunion de présentation technique-Compte rendu*. <https://malawi-iep.sdg7energyplanning.org/>
99. Sustainable Energy for All, & Global Energy Alliance for People and Planet. (2023). *Plan Energétique Intégré MADAGASCAR*.
100. The World Bank, & Dalberg. (2020). SOLUTIONS DE CUISSON PROPRE À L'ÉTHANOL À MADAGASCAR-ANALYSE D'IMPACT ET DE POLITIQUE.
101. USAID. (2020). PAI MADAGASCAR STRATÉGIE ET FEUILLE DE ROUTE POUR LA CUISSON À L'ÉTHANOL RAPPORT SUR LES RECOMMANDATIONS.

102. AFD. (2022). Etude de contexte : Profils économiques des régions Androy, Anosy Melaky et Menabe.
103. AIDES. (2015). ASSISTANCE TECHNIQUE POUR L'ELABORATION DE LA STRATEGIE NATIONALE BOIS-ENERGIE Rapport final.
104. AIDES. (2017). PROGRAMME D'APPUI A L'AGRO-SYLVICULTURE AUTOUR D'ANTANANARIVO.
105. APPUI AUX INVESTISSEMENTS DURABLES SARL. (n.d.). PROGRAMME D'APPUI A L'AGRO-SYLVICULTURE AUTOUR D'ANTANANARIVO Mise en place d'un système de suivi des prix des charbons de bois et du bois de feu dans la ville d'Antananarivo.
106. APPUI AUX INVESTISSEMENTS DURABLES SARL. (2017). ETUDE DE MARCHE ET ELABORATION D'UNE STRATEGIE DE COMMERCIALISATION DE CHARBON DE BOIS PRODUIT A PARTIR DE LA TECHNIQUE AMELIOREE DE CARBONISATION RAPPORT FINAL.
107. Biodev Madagascar Consulting. (2016). PROGRAMME DE PRODUCTION ETHANOL DOMESTIQUE CADRE DE GESTION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE.
108. Charpin, M., Legeay, D., Rabemanantsoa, N., & Richter, F. (2019). Caractérisation des filières bois-énergie et élaboration du schéma d'approvisionnement en bois-énergie de la région Analamanga, Madagascar. *Bois et Forêts Des Tropiques*, 340, 13-25. <https://doi.org/10.19182/bft2019.340>
109. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (n.d.-a). Schema d'Approvisionnement Urbain en Bois-Energie de la zone Ambanja et Nosy Be 2019-2030. [www.giz.de](http://www.giz.de)
110. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (n.d.-b). *Schema d'Approvisionnement Urbain en Bois-Energie de la zone Ambilobe 2020-2030*. [www.giz.de](http://www.giz.de)
111. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (n.d.-c). Schéma Directeur d'Approvisionnement Urbain en Bois Energie (SDAUBE) Ville de Mahajanga 2020 - 2030. [www.giz.de](http://www.giz.de)
112. giz. (n.d.). Vers une modernisation de la filière bois-énergie.
113. Ministère de L'environnement, de l'écologie, de la mer et des forêts, & MEEH Source de bien être, pilier du développement. (n.d.). *PLAN REGIONAL EN ENERGIE DE BIOMASSE Région Atsimo-Andrefana 2019 - 2033*.
114. Ministère de L'environnement, de l'écologie, de la mer et des forêts, & Repoblikan'i Madagasikara, M. de l'énergie et des hydrocarbures. (n.d.-a). *Plan Régional en Energie de Biomasse 2016-2020 Région de Boeny*.
115. Ministère de L'environnement, de l'écologie, de la mer et des forêts, & Repoblikan'i Madagasikara, M. de l'énergie et des hydrocarbures. (n.d.-b). *Plan Régional en Energie de Biomasse 2016-2020 Région de DIANA*.
116. Rabemananjara, Z. H., Rakotoarivelo, M. F., & Rabemanantsoa, N. A. (2013). Travaux d'inventaire et de capitalisation des cas de la gouvernance de la Filière Bois Energie au niveau des 5 Régions de Madagascar.
117. LOI n° 2013-013 Sur la Production et la Commercialisation de l'Ethanol Combustible, (2013).
118. DECRET N° 2014-903 Portant application de la Loi n° 2013-013 en date du 14 Novembre 2013 sur la production et commercialisation de l'Ethanol Combustible., (2015). [http://www.cnlegis.gov.mg/legis/afficherDoc.php?id=43035&adr\\_server=http://www.cnlegis.gov.mg2/16](http://www.cnlegis.gov.mg/legis/afficherDoc.php?id=43035&adr_server=http://www.cnlegis.gov.mg2/16)
119. The World Bank. (2016). RESTRUCTURING PAPER ON A PROPOSED PROJECT RESTRUCTURING OF MG ETHANOL CLEAN COOKING CLIMATE FINANCE PROGRAM.
120. Travaux d'inventaire et de capitalisation des cas de la gouvernance de la FBE au niveau des 5 Régions de Madagascar (Diana, Boeny, Atsimo Andrefana, Analamanga et Zone COFAV). (n.d.).
121. USAID. (2020). PRODUCTIVE LANDSCAPES (PROLAND) STIMULATING SMALLHOLDER TREE CULTIVATION FOR WOODFUEL: LEARNING FROM SUCCESS IN MADAGASCAR.
122. World Food Programme. (n.d.). World Food Programme Concept Note.
123. Reiner, F., Brandt, M., Tong, X. et al. More than one quarter of Africa's tree cover is found outside areas previously classified as forest. *Nat Commun* 14, 2258 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37880-4>
124. Rahm, M. (2021). Suivi par teledetection de l'évolution du couvert forestier à l'échelle nationale - Rapport final

125. Reiner, F., Brandt, M., Tong, X., Skole, D., Kariryaa, A., Ciais, P., Davies, A., Hiernaux, P., Chave, J., Mugabowindekwe, M., Igel, C., Oehmcke, S., Gieseke, F., Li, S., Liu, S., Saatchi, S., Boucher, P., Singh, J., Taugourdeau, S., ... Fensholt, R. (2023). More than one quarter of Africa's tree cover is found outside areas previously classified as forest. *Nature Communications*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37880-4>
126. Vakana. (2023). Summary of the LPG market of MADAGASCAR 2023.
127. Randrianarison, M. P., Randrianandrasana, N., Razafiarivony, N. A. T., & Raheliharilalao, B. (2022). Greenhouse gases emission factors of mix electricity generation in Madagascar.
128. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) web: <https://www.climatelinks.org/sites/default/files/asset/document/2022-09/MalawiCharcoalReport.pdf>

## ANNEXE 2 : PARTIES PRENANTES DE LA CUISSON PROPRE

Le tableau suivant dresse la liste des acteurs clés dotés d'expertise, de connaissances ou d'autorité dans le domaine de la cuisson propre à Madagascar, rassemblés en mai 2023.

Nom de l'organisation	Rôle de l'organisation à Madagascar
Ministère de l'énergie et des hydrocarbures (MEH) - Madagascar	Gouvernement
Ministère de l'agriculture (MAEP) – Depuis MINAE	Gouvernement
Ministère de l'environnement et du développement durable (MEDD)	Gouvernement
Office Malgache des Hydrocarbures (OMH)	Gouvernement
Modern Energy Cooking Services (MECS)	ONG
Clean Cooking Alliance	ONG
ONUDI – Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel	ONG
Clean Cooking Madagascar	ONG
CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement)	Recherche
GIZ	Conseil
Ethnolab	Vendeur
Nosy Maitso	Vendeur
Banque Mondiale Ci-Dev	Bailleurs de fonds
Projet Gaia	ONG
Green Development (Norvège)	ONG
Fonds OPEP pour le développement internationale	Bailleurs de fonds
FAO - Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation	Organe des Nations unies
WLPGA - Association mondiale du GPL	ONG
REDD+ Country Rep Madagascar	ONG
PNUD – Programme des Nations Unies pour le Développement	Organe des Nations unies
PAM – Programme Alimentaire Mondiale	Organe des Nations unies
Zahana	ONG
Madaprojects	Développeur
Tozzi Green	Développeur
BeLocal	ONG
Natif	Conseil
SAFI	Vendeur
Fonds mondial pour la nature	ONG

Guangzhou Iceberg Environmental Consulting Services	Cabinet de consultance
Université de l'Indiana	Université
Groupe de surveillance de l'air de Berkeley	Université
Centre des Lémuriens de l'Université de Duke	Université
Institut de santé publique de Liverpool	Université
Aide4Mada	ONG
Programme alimentaire mondial	Organe des Nations unies
CCNUCC	Organe des Nations unies
ADES/ MyClimate	ONG
INBAR	ONG
Angovo Maharitra (Conseil en crédits de carbone)	Cabinet de consultance
SEED Madagascar	ONG
Ascension et Sainte Trinité, Wyoming	Bailleurs de fonds
Fondation Caring Response Madagascar	ONG
Lernen-Helfen-Leben e.V.	ONG
Sol Solidari	ONG
Soleil24	ONG
Blazing Tube Solar	Vendeur
Fondation de l'alliance public-privé	ONG
Centre Écologique Albert Schweitzer	ONG
Université de Toliara	Université
Catholic Relief Services	Bailleurs de fonds
Aide du Royaume-Uni (UK Aid)	Bailleurs de fonds
Sommer Holzwerkstatt	Vendeur
Haute Ecole l'Ingénieurs d'Yverdon-les-Bains	Université
GLPGP - Partenariat mondial pour le GPL	ONG

## ANNEXE 3 : ENQUETE SUR LA CUISSON PROPRE

En pièce jointe, un PDF séparé

## ANNEXE 4 : RESULTATS DE L'ENQUETE SUR LA CUISSON PROPRE

En pièce jointe, un PDF séparé

## ANNEXE 5 : TECHNOLOGIES DE CUISSON



Bois (3 pierres) (Madagascar, Au-delà des connexions (Groupe de la Banque mondiale, 2022))



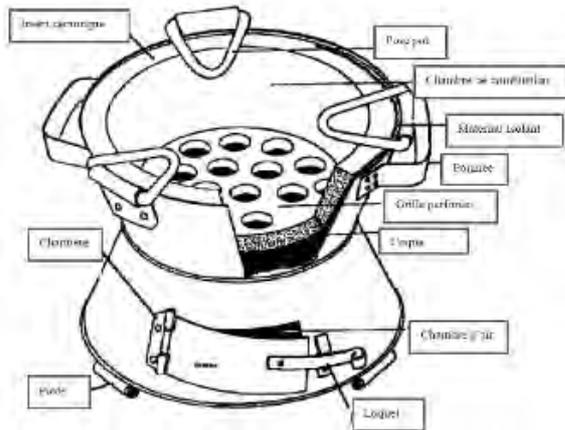
Bois (basique) (Madagascar, Au-delà des connexions (Groupe de la Banque mondiale, 2022))



Bois (amélioré) (SE4ALL, Clean Cooking Country Brief : Madagascar (SE4All, 2023))



Charbon de bois (basique) (Alléger la pression de la déforestation ? Impacts de la diffusion des foyers améliorés sur le charbon de bois  
Consommation en milieu urbain au Sénégal, Bensch et Peters, 2013)



Charbon de bois (amélioré) (FOYER AMELIORE A CHARBON DE BOIS (NORME MALAGASY, 2018))



Briquette (Briquettes d'éthanol comme alternative de cuisson propre au Malawi, Chomanika et al, 2022)



Biogaz (installations de biogaz à petite échelle dans le centre du Vietnam et appareils à biogaz, avec un accent sur l'analyse des gaz de combustion des foyers à biogaz (Roubik et Mazancova, 2019))



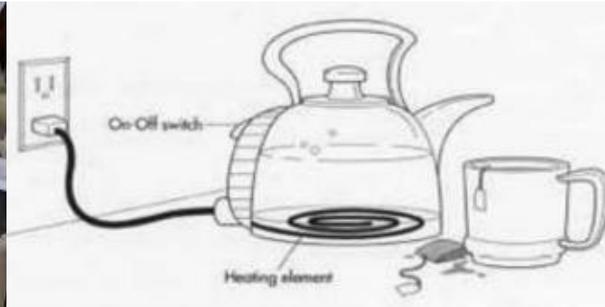
Bioéthanol (SE4ALL, Clean Cooking Country Brief : Madagascar (SE4All, 2023))



GPL Madagascar, au-delà des connexions (Groupe de la Banque mondiale, 2022)



Réchaud (évaluation expérimentale des options de cuisson électrique propre pour les zones rurales des pays en développement, (Aemro et. al, 2020)



Bouilloire électrique (dispositif de contrôle de la température basé sur le PID pour une bouilloire électrique, Shah et al 2019)

Cuiseur de riz électrique

(<https://www.insider.com/guides/kitchen/best-rice-cooker#best-overall-yum-asia-panda-mini-rice-cooker-1>)



Électrique - friteuse (<https://thewell.northwell.edu/healthy-living-fitness/is-an-air-fryer-healthy>)



Four électrique

(<https://muse.union.edu/nguyenh/transforming-a-toaster-oven-into-a-solder-reflow-oven/>)



Électrique - micro-ondes

(<http://careercenter.blog.hofstra.edu/2014/07/dont-cook-fish-in-microwave.html>)



Bois - institutionnel basique

(<https://cleancookingmarket.com/product/institutional-brick-fuelwood-stove-double-unit/>)



Charbon de bois - institutionnel basique  
(<https://cleancookingmarket.com/product/cookmate-charcoal-stove-large-size/>)

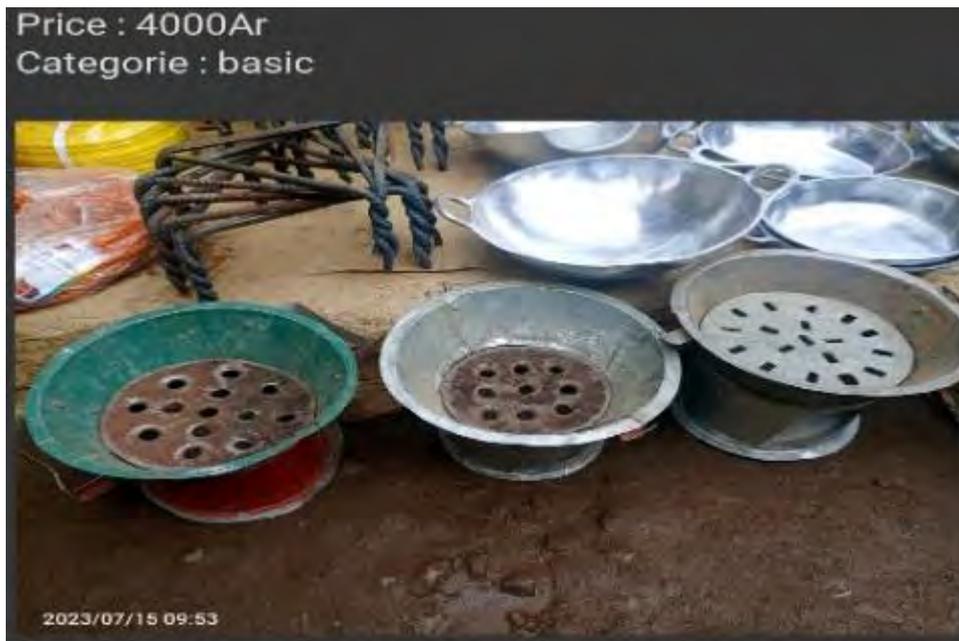
Bois - institutionnel amélioré (<https://sescom.co.tz/about-us/19-improved-and-modern-institutional-fuelwood-stoves-seta-is>)

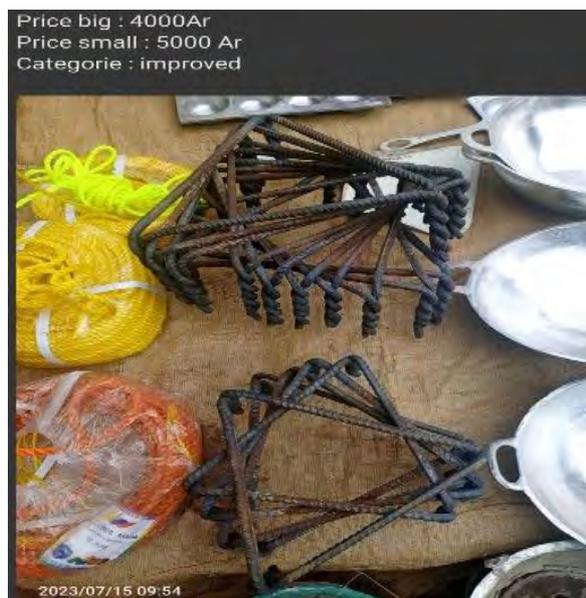
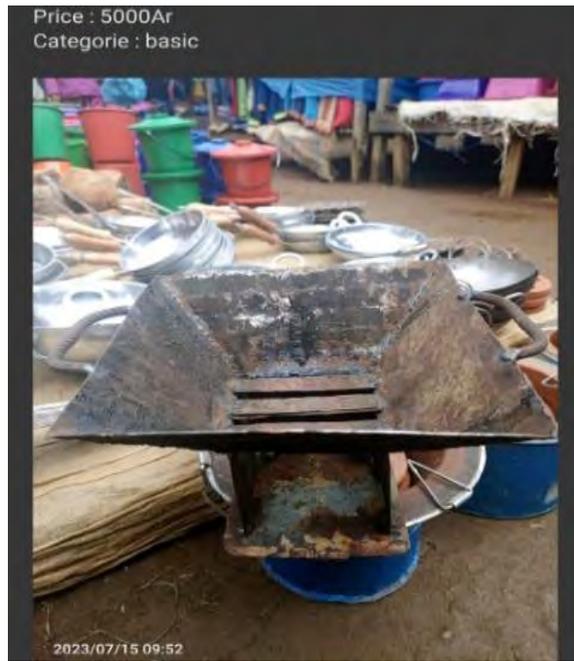


Foyer solaire  
Madagascar, au-delà des connexions (Groupe de la Banque mondiale, 2022)

Charbon de bois - institutionnel amélioré  
(<http://www.renewables-liberia.info/index.php/projects-new/biomass-cooking/82-the-role-of-endev-in-providing-renewable-and-efficient-energies-to-the-people-of-liberia>)

Images supplémentaires des types de foyers





## ANNEXE 6 : COMBUSTIBLES DE CUISSON



Fagots de bois  
(<https://www.themillstores.com/products/fuelwood>)



Sac de charbon de bois  
(<https://www.istockphoto.com/photo/charcoal-filled-bags-along-madagascar-spiny-desert-roadside-gm475566182-66027733>)



Bouteille de GPL (SE4ALL, Clean Cooking Country Brief : Madagascar (SEforALL, 2023))



Bioéthanol  
(<https://fireplaceuniverse.com/bioethanol-fireplace-fuel/>)



Briquette (<https://gogetfunding.com/biomass-briquette-in-madagascar/>)



Biogaz (<https://www.cooleffect.org/project/biogas-digesters-and-clean-cookstoves-aa>)



Électrique ()

## ANNEXE 7 : SEGMENTS DU MARCHE DE LA CUISSON DOMESTIQUE

Urbain	Ménages (%)			Ménages (nombre)		
	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)
<b>Foyer</b>						
Propriété d'un seul foyer						
Foyer à bois - 3 pierres	24.0%	0.0%	0.0%	475.267	-	-
Foyer à bois - basique	0.8%	0.0%	0.0%	15.842	-	-
Foyer à bois - amélioré	7.0%	0.0%	0.0%	138.620	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - basique	6.1%	0.0%	0.0%	120.797	-	-
Charbon de bois - amélioré	60.2%	7.9%	0.0%	1.192.129	191.238	-
Charbon de bois - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Granulé/Briquelette	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Biogaz	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Bioéthanol	0.0%	10.0%	17.9%	-	241.238	432.477
GPL	1.0%	10.4%	10.4%	19.803	250.00	250.00
Électrique - plaque chauffante	0.0%	35.9%	0.0%	17.823	864.953	-
Électrique - induction	0.0%	35.9%	71.1%	-	864.953	1.729.906
<b>Propriété de foyers multiples</b>						
Foyer à bois - basique + Charbon basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - amélioré + Charbon amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Charbon - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Charbon - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-

Rural	Ménages (%)			Ménages (nombre)		
	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)
<b>Foyer</b>						
Propriété d'un seul foyer						
Foyer à bois - 3 pierres	11.2%	1.4%	0.0%	874.546	114.055	-
Foyer à bois - basique	25.9%	2.1%	0.0%	2.025.252	172.465	-
Foyer à bois - amélioré	7.1%	27.1%	0.0%	552.583	2.186.432	-
Foyer à bois - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - basique	37.8%	3.2%	0.0%	2.957.766	260.128	-
Charbon de bois - amélioré	9.2%	30.8%	0.0%	716.963	2.480.215	-
Charbon de bois - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Granulé/Briquelette	0.0%	2.6%	16.5%	-	209.392	1.332.516
Biogaz	0.1%	2.6%	16.5%	5.245	209.392	1.332.516
Bioéthanol	0.0%	17.8%	44.2%	-	1.433.895	3.565.072
GPL	0.2%	0.0%	0.0%	12.560	-	-
Électrique - plaque chauffante	0.1%	1.7%	0.0%	5.245	135.047	-
Électrique - induction	0.0%	1.7%	13.7%	-	135.047	1.105.963
<b>Propriété de foyers multiples (Empliment de foyer)</b>						
Foyer à bois - basique + Charbon basique	2.7%	1.2%	0.0%	207.631	94.226	-
Foyer à bois - amélioré + Charbon amélioré	3.5%	4.7%	0.0%	271.360	376.905	-
Foyer à bois - basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.7%	0.0%	0.0%	53.934	-	-
Foyer à bois - amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.6%	1.6%	4.5%	47.388	125.000	360.566
Charbon - basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.7%	0.0%	0.0%	53.934	-	-
Charbon - amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.6%	1.6%	4.5%	47.388	125.000	360.566
Foyer à bois - institutionnel basique + Charbon - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Charbon - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-

Rural - Nord	Ménages (%)			Ménages (nombre)		
Foyer	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)
<b>Propriété d'un seul foyer</b>						
Foyer à bois - 3 pierres	3.4%	1.4%	0.0%	82.905	35.463	-
Foyer à bois - basique	28.5%	2.1%	0.0%	15.842	53.625	-
Foyer à bois - amélioré	0.0%	27.1%	0.0%	-	679.829	-
Foyer à bois - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - basique	53.6%	3.2%	0.0%	1.306.974	80.882	-
Charbon de bois - amélioré	8.7%	30.8%	0.0%	212.139	771.175	-
Charbon de bois - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Granulé/Brique	0.0%	2.6%	16.5%	-	65.106	414.320
Biogaz	0.0%	2.6%	16.5%	-	65.106	414.320
Bioéthanol	0.0%	17.8%	44.2%	-	445.842	1.108.490
GPL	0.3%	0.0%	0.0%	7.315	-	-
Électrique - plaque chauffante	0.0%	1.7%	0.0%	-	41.990	-
Électrique - induction	0.0%	1.7%	13.7%	-	41.990	343.878
<b>Propriété de foyers multiples (Empliment de foyer)</b>						
Foyer à bois - basique + Charbon basique	2.0%	1.2%	0.0%	48.768	29.298	-
Foyer à bois - amélioré + Charbon amélioré	3.5%	4.7%	0.0%	85.343	117.191	-
Foyer à bois - basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	1.6%	4.5%	-	38.866	112.111
Charbon - basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	1.6%	4.5%	-	38.866	112.111
Foyer à bois - institutionnel basique + Charbon - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Charbon - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - institutionnel amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-

Rural - Centrale	Ménages (%)			Ménages (nombre)		
Foyer	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)
<b>Propriété d'un seul foyer</b>						
Foyer à bois - 3 pierres	13.9%	1.4%	0.0%	506.684	52.875	-
Foyer à bois - basique	25.8%	2.1%	0.0%	940.463	79.954	-
Foyer à bois - amélioré	14.2%	27.1%	0.0%	517.619	1.013.614	-
Foyer à bois - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - basique	25.0%	3.2%	0.0%	911.301	120.593	-
Charbon de bois - amélioré	10.3%	30.8%	0.0%	375.456	1.149.809	-
Charbon de bois - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Granulé/Brique	0.0%	2.6%	16.5%	-	97.072	617.745
Biogaz	0.0%	2.6%	16.5%	-	97.072	617.745
Bioéthanol	0.0%	17.8%	44.2%	-	664.743	1.652.741
GPL	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Électrique - plaque chauffante	0.0%	1.7%	0.0%	-	62.607	-
Électrique - induction	0.0%	1.7%	13.7%	-	62.607	512.716
<b>Propriété de foyers multiples (Empliment de foyer)</b>						
Foyer à bois - basique + Charbon basique	2.2%	1.2%	0.0%	80.195	43.683	-
Foyer à bois - amélioré + Charbon amélioré	4.0%	4.7%	0.0%	145.808	174.730	-
Foyer à bois - basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	1.0%	0.0%	0.0%	36.452	-	-
Foyer à bois - amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	1.3%	1.6%	4.5%	47.388	57.949	167.156
Charbon - basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	1.0%	0.0%	0.0%	36.452	-	-
Charbon - amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	1.3%	1.6%	4.5%	47.388	57.949	167.156
Foyer à bois - institutionnel basique + Charbon - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Charbon - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - institutionnel amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-

Rural – Sud	Ménages (%)			Ménages (nombre)		
	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)
<b>Foyer</b>						
<b>Propriété d'un seul foyer</b>						
Foyer à bois - 3 pierres	16.3%	1.4%	0.0%	284.957	25.717	-
Foyer à bois - basique	22.3%	2.1%	0.0%	389.850	38.887	-
Foyer à bois - amélioré	2.0%	27.1%	0.0%	34.964	492.990	-
Foyer à bois - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - basique	42.3%	3.2%	0.0%	739.491	58.653	-
Charbon de bois - amélioré	7.4%	30.8%	0.0%	129.367	559.231	-
Charbon de bois - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Granulé/Briquelette	0.0%	2.6%	16.5%	-	47.213	300.451
Biogaz	0.3%	2.6%	16.5%	5.245	47.213	300.451
Bioéthanol	0.0%	17.8%	44.2%	-	323.310	803.841
GPL	0.3%	0.0%	0.0%	5.245	-	-
Électrique - plaque chauffante	0.3%	1.7%	0.0%	5.245	30.450	-
Électrique - induction	0.0%	1.7%	13.7%	-	30.450	249.369
<b>Propriété de foyers multiples (Empliment de foyer)</b>						
Foyer à bois – basique + Charbon basique	4.5%	1.2%	0.0%	78.669	21.246	-
Foyer à bois – amélioré + Charbon amélioré	2.3%	4.7%	0.0%	40.209	84.983	-
Foyer à bois – basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	1.0%	0.0%	0.0%	17.482	-	-
Foyer à bois – amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	1.6%	4.5%	-	28.185	81.299
Charbon – basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	1.0%	0.0%	0.0%	17.482	-	-
Charbon – amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	1.6%	4.5%	-	28.185	81.299
Foyer à bois - institutionnel basique + Charbon - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Charbon - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-

## ANNEXE 8 : SEGMENTS DU MARCHE DE LA CUISSON EN INSTITUTION

Urbain	Institutions (%)			Institutions (nombre)		
	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)
<b>Foyer</b>						
<b>Propriété d'un seul foyer</b>						
Foyer à bois - 3 pierres	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - basique	15.0%	0.0%	0.0%	1.743	-	-
Foyer à bois - amélioré	10.0%	0.0%	0.0%	1.162	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique	5.0%	0.0%	0.0%	581	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - amélioré	10.0%	0.0%	0.0%	1.162	-	-
Charbon de bois - institutionnel basique	30.0%	0.0%	0.0%	3.486	-	-
Charbon de bois - institutionnel amélioré	20.0%	7.9%	0.0%	2.324	1.094	-
Granulé/Briquette	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Biogaz	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Bioéthanol	0.0%	10.0%	17.9%	-	1.380	2.474
GPL	5.0%	10.4%	10.4%	581	1.430	1.430
Électrique - plaque chauffante	5.0%	35.9%	0.0%	581	4.948	-
Électrique - induction	0.0%	35.9%	71.7%	-	4.948	9.895
<b>Propriété de foyers multiples (Empliment de foyer)</b>						
Foyer à bois - basique + Charbon basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - amélioré + Charbon amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Charbon - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Charbon - institutionnel amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-

Rural	Institutions (%)			Institutions (nombre)		
	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)
<b>Foyer</b>						
<b>Propriété d'un seul foyer</b>						
Foyer à bois - 3 pierres	2.4%	0.0%	0.0%	1.517	-	-
Foyer à bois - basique	4.5%	0.0%	0.0%	2.785	-	-
Foyer à bois - amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique	2.4%	0.0%	0.0%	1.517	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré	2.9%	4.8%	0.0%	1.807	3.003	-
Charbon de bois - basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - institutionnel basique	35.0%	0.0%	0.0%	21.701	-	-
Charbon de bois - institutionnel amélioré	15.8%	30.4%	0.0%	9.820	18.852	-
Granulé/Briquette	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Biogaz	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Bioéthanol	0.0%	22.2%	47.7%	-	13.788	29.588
GPL	0.8%	0.6%	0.6%	525	381	381
Électrique - plaque chauffante	1.4%	3.7%	0.0%	890	2.296	-
Électrique - induction	0.0%	3.7%	17.2%	-	2.296	10.647
<b>Propriété de foyers multiples (Empliment de foyer)</b>						
Foyer à bois - basique + Charbon basique	1.7%	0.0%	0.0%	1.079	-	-
Foyer à bois - amélioré + Charbon amélioré	7.1%	8.9%	0.0%	4.426	5.505	-
Foyer à bois - basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon - amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Charbon - institutionnel basique	13.8%	0.0%	0.0%	8.547	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Charbon - institutionnel amélioré	9.5%	23.3%	0.0%	5.906	14.453	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	0.0%	0.0%	8.6%	-	-	5.356
Charbon - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	1.0%	1.0%	0.0%	598	598	-
Charbon - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	1.4%	1.4%	25.9%	869	869	16.068

Rural – Nord	Institutions (%)			Institutions (nombre)		
	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)
<b>Foyer</b>						
<b>Propriété d'un seul foyer</b>						
Foyer à bois - 3 pierres	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré	0.0%	4.8%	0.0%	-	997	-
Charbon de bois - basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - institutionnel basique	44.4%	0.0%	0.0%	9.076	-	-
Charbon de bois - institutionnel amélioré	11.1%	30.4%	0.0%	2.269	6.259	-
Granulé/Briquette	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Biogaz	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Bioéthanol	0.0%	22.2%	47.7%	-	4.578	9.823
GPL	0.0%	0.6%	0.6%	-	126	126
Électrique - plaque chauffante	0.0%	3.7%	0.0%	-	762	-
Électrique - induction	0.0%	3.7%	17.2%	-	762	3.535
<b>Propriété de foyers multiples (Empliment de foyer)</b>						
Foyer à bois – basique + Charbon basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois – amélioré + Charbon amélioré	11.1%	8.9%	0.0%	2.269	1.828	-
Foyer à bois – basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois – amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon – basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon – amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Charbon - institutionnel basique	22.3%	0.0%	0.0%	4.558	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Charbon - institutionnel amélioré	11.1%	23.3%	0.0%	2.269	4.798	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	0.0%	0.0%	8.6%	-	-	1.778
Charbon - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	1.0%	0.0%	-	198	-
Charbon - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	0.0%	1.4%	25.9%	-	288	5.335

Rural – Centrale	Institutions (%)			Institutions (nombre)		
	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)
<b>Foyer</b>						
<b>Propriété d'un seul foyer</b>						
Foyer à bois - 3 pierres	3.3%	0.0%	0.0%	890	-	-
Foyer à bois - basique	3.3%	0.0%	0.0%	890	-	-
Foyer à bois - amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique	3.3%	0.0%	0.0%	890	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré	6.7%	4.8%	0.0%	1.807	1.288	-
Charbon de bois - basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - institutionnel basique	23.3%	0.0%	0.0%	6.282	-	-
Charbon de bois - institutionnel amélioré	23.3%	30.4%	0.0%	6.282	8.083	-
Granulé/Briquette	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Biogaz	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Bioéthanol	0.0%	22.2%	47.7%	-	5.912	12.687
GPL	0.0%	0.6%	0.6%	-	163	163
Électrique - plaque chauffante	3.3%	3.7%	0.0%	890	985	-
Électrique - induction	0.0%	3.7%	17.2%	-	985	4.565
<b>Propriété de foyers multiples (Empliment de foyer)</b>						
Foyer à bois – basique + Charbon basique	4.0%	0.0%	0.0%	1.079	-	-
Foyer à bois – amélioré + Charbon amélioré	8.0%	8.9%	0.0%	2.157	2.360	-
Foyer à bois – basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois – amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon – basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon – amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Charbon - institutionnel basique	12.9%	0.0%	0.0%	3.478	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Charbon - institutionnel amélioré	7.0%	23.3%	0.0%	1.887	6.197	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	0.0%	0.0%	8.6%	-	-	2.297
Charbon - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	1.0%	0.0%	-	256	-
Charbon - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	1.6%	1.4%	25.9%	431	373	6.890

Rural – Sud	Institutions (%)			Institutions (nombre)		
	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)	2023 (à présent)	2030 (base)	2030 (universel)
<b>Foyer</b>						
<b>Propriété d'un seul foyer</b>						
Foyer à bois - 3 pierres	4.3%	0.0%	0.0%	627	-	-
Foyer à bois - basique	13.0%	0.0%	0.0%	1.896	-	-
Foyer à bois - amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique	4.3%	0.0%	0.0%	627	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré	0.0%	4.8%	0.0%	-	718	-
Charbon de bois - basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - amélioré	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon de bois - institutionnel basique	43.5%	0.0%	0.0%	6.343	-	-
Charbon de bois - institutionnel amélioré	8.7%	30.4%	0.0%	1.269	4.509	-
Granulé/Briquette	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Biogaz	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Bioéthanol	0.0%	22.2%	47.7%	-	3.298	7.078
GPL	3.6%	0.6%	0.6%	525	91	91
Électrique - plaque chauffante	0.0%	3.7%	0.0%	-	549	-
Électrique - induction	0.0%	3.7%	17.2%	-	549	2.547
<b>Propriété de foyers multiples (Empliment de foyer)</b>						
Foyer à bois – basique + Charbon basique	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois – amélioré + Charbon amélioré	0.0%	8.9%	0.0%	-	1.317	-
Foyer à bois – basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois – amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon – basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Charbon – amélioré + Électrique - induction/ rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Charbon - institutionnel basique	3.5%	0.0%	0.0%	510	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Charbon - institutionnel amélioré	12.0%	23.3%	0.0%	1.750	3.457	-
Foyer à bois - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	0.0%	0.0%	0.0%	-	-	-
Foyer à bois - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	0.0%	0.0%	8.6%	-	-	1.281
Charbon - institutionnel basique + Électrique - plaque chauffante/rice cooker	4.1%	1.0%	0.0%	598	143	-
Charbon - institutionnel amélioré + Électrique - induction/rice cooker	3.0%	1.4%	25.9%	437	208	3.844