



MADAGASCAR

Planification Énergétique Intégrée

CUISSON PROPRE

JUIN 2024

EN PARTENARIAT AVEC :



VOUS POUVEZ DECOUVRIR ET TELECHARGER LES RESULTATS SUR :

madagascar-iep.sdq7energyplanning.org



POUR TOUTES QUESTIONS :
uiep@seforall.org



Autres rapports disponibles



Madagascar – Rapport de synthèse sur l'électrification

Ce rapport de synthèse porte sur les moyens d'électrification les moins coûteux pour que Madagascar atteigne l'électrification universelle. Il fournit une intelligence spatiale exploitable sur les options technologiques et les utilisations finales de l'énergie qui peuvent contribuer à la prise de décision pour le secteur public, les donateurs et les organisations privées et de la société civile.

[TÉLÉCHARGER ICI →](#)



Madagascar – Rapport de synthèse sur la chaîne du froid

Ce rapport de synthèse comprend les résultats de l'utilisation et de l'évaluation des capacités de la chaîne du froid, de l'évaluation des besoins énergétiques des infrastructures, et des recommandations pour une gestion efficace de la chaîne du froid pour les secteurs médical et agricole à Madagascar.

[TÉLÉCHARGER ICI →](#)

Les rapports techniques complets pour toutes les composantes du PEI de Madagascar sont disponibles pour [téléchargement ici](#)



Remerciements

Ce document a été rédigé par Sustainable Energy for All (SEforALL), avec le soutien de Modern Energy Cooking Services (MECS) et des équipes de consultants de NRECA International, Arizona State University, D-GRID Energy, Fraym, JSI et AIDES. Le PEI de Madagascar a été développé en étroite collaboration avec le ministère de l'Énergie et des Hydrocarbures (MEH), l'Agence de Développement de l'Électrification Rurale (ADER), la JIRAMA et l'Office de Régulation de l'Électricité (ORE), dans le cadre d'un programme financé par la Global Energy Alliance for People and the Planet (GEAPP) et le Fonds de l'OPEP pour le développement international.

Le PEI de Madagascar a été supervisé par l'Unité de planification énergétique, avec des conseils et des contributions supplémentaires du Groupe de travail national sur la cuisson propre. Le projet a été soutenu par les points focaux du ministère de l'Environnement et du Développement durable (MEDD), du ministère de l'Agriculture et de l'Élevage (MINAE), du ministère de l'Industrialisation et du Commerce (MIC), du ministère de la Pêche et de l'Économie Bleue (MPEB) et du ministère de la Santé Publique (MSanP).

Nous tenons à remercier chaleureusement les parties prenantes gouvernementales de l'INSTAT, du ministère de l'Économie et des Finances et d'autres ministères et entités publiques pour leur contribution et leur soutien, ainsi que les principaux partenaires de développement ayant fourni des données et des commentaires tout au long du projet, notamment la BAD, l'UE, le FCDO, la GIZ, l'ONUDI, le PNUD, l'USAID, la Banque mondiale et le PAM (liste non exhaustive).

Enfin, nous tenons à remercier le secteur privé, la société civile et les organismes de recherche qui ont contribué au développement du PEI en partageant des données, des expériences et des besoins de planification. Il s'agit notamment d'Africa GreenTec, d'ANKA, du CIRAD, du projet Gaia, de WeLight, du WWF, ainsi que d'autres entités.

MISE EN ŒUVRE PAR :



AVEC L'APPUI FINANCIER DE :



EN PARTENARIAT AVEC :



SIGLES

ADER	Agence de Développement de l'Électrification Rurale	MPAE	Ministère auprès de la Présidence en charge de l'Agriculture et de l'Elevage
ARELEC	Autorité de Régulation de l'Électricité	MT	Moyenne tension
BAD	Banque africaine de développement	MTF	Cadre multi-niveaux (Multi-Level Framework)
BT	Basse tension	NPE	New Energy Policy/Nouvelle Politique de l'Énergie
ESMAP	Programme d'assistance à la gestion du secteur de l'énergie (Banque mondiale)	ONU	Nations Unies
FNE	Fonds National de l'Electricité	ORE	Office de Régulation de l'Electricité
FNED	Fonds National de l'Energie Durable	PEI	Plan énergétique intégré
GdM	Gouvernement de Madagascar	PV	Photovoltaïque
GPL	Gaz de pétrole liquéfié	SEforALL	Sustainable Energy for All
HT	Haute tension	SIG	Système d'information géographique
INSTAT	Institut National de la Statistique	SSS	Système solaire autonome
JIRAMA	Jiro sy RAno MAlagasy est le service public d'électricité malgache		
LEAD	Projet de développement de l'accès à l'électricité à moindre coût		
MECS	Services de cuisine énergétique moderne		
MEH	Ministère de l'Energie et des Hydrocarbures		

Cuisson propre - Les défis en quelques chiffres

DÉFIS

- Moins de 12 % de la population malagasy utilisait des technologies de cuisson propres ou des foyers améliorés à l'année 2020, et seulement 1 % des ménages et 4 % des institutions utilisent des solutions de cuisson énergétiques modernes comme le GPL, l'électricité ou les biocombustibles alternatifs
- Plus de 80 % des ménages ruraux utilisent du bois pour cuisiner
- Plus de 60 % des ménages urbains utilisent du charbon de bois pour cuisiner
- Si aucune action n'est entreprise, on estime que 36 millions de personnes n'auront pas accès à des solutions de cuisson propres d'ici 2030

CONSEQUENCES

- Santé : 21 000 décès chaque année dus à la pollution de l'air intérieur à Madagascar
- Déforestation : 25 % des forêts devraient disparaître d'ici 2030. Alors que 80 à 90 % sont dus à l'agriculture, le reste proviendrait de l'utilisation du bois et du charbon de bois par les ménages et les institutions pour la cuisson, le chauffage de l'eau et les utilisations productives.
- Genre : La charge de travail associée à la cuisine incombe généralement aux femmes, notamment la collecte et l'achat de combustible ; en plus des effets négatifs sur la santé, la cuisine prend énormément de temps, parfois un tiers à la moitié de la journée pour la collecte de combustible, la préparation des aliments, la cuisson et le service des repas, et le nettoyage

PERSPECTIVES

- Les combustibles de cuisson alternatifs propres comprennent l'électricité (cuisson électronique), le GPL, le bioéthanol, le biogaz, les granulés ou briquettes de biomasse et l'énergie solaire
- Le gouvernement de Madagascar travaille à l'élaboration d'une politique globale de cuisson propre et collabore activement avec ses partenaires pour soutenir le développement de chaînes de valeur de la cuisson propre



Photo : Anka Madagascar

Aperçu de la méthodologie de cuisson propre

Le PEI de Madagascar a réalisé une analyse holistique du secteur de la cuisson propre de Madagascar afin de :

- Synthétiser les données primaires d'une enquête sur la cuisson propre avec les données secondaires des rapports publics pour créer une image complète de la cuisson propre à Madagascar pour la situation en 2023
- Quantifier les potentiels de production et la disponibilité estimés pour 7 types de combustibles différents (bois, charbon de bois, électricité, GPL, biogaz, bioéthanol, granulés/briquettes de biomasse) pour chacune des 1 579 communes de Madagascar
- Quantifier les taux de possession des foyers, quantifier les taux d'utilisation de 7 combustibles avec 15 différents foyers, les différences étant identifiées et ventilées par région, par zone urbaine ou rurale et par type de client (ménage ou institution)
- Élaborer deux scénarios prospectifs à l'horizon 2030 sur la base des objectifs de cuisson propre, de développement de la bioénergie et d'électrification énoncés dans la Nouvelle Politique Énergétique de Madagascar (2015–2030) et son Pacte Énergétique National (2022) pour le scénario de base, et sur des cibles plus ambitieuses de l'ODD7 pour le scénario universel.
- Réaliser l'analyse des scénarios de transition vers une cuisson propre en utilisant des informations sur le potentiel énergétique, les préférences des consommateurs, les obstacles à l'adoption de solutions de cuisson propres, les coûts des foyers, les pratiques de collecte du combustible, les coûts du combustible et les exigences de production/d'approvisionnement des foyers
- Quantifier les coûts de cuisson propre associés aux foyers et aux combustibles pour chaque scénario et l'écart d'accessibilité financière qui doit être comblé entre ce que les clients peuvent payer et le prix des technologies de cuisson propre
- Mettre en relief les co-bénéfices de la cuisine propre pour les femmes et les jeunes en quantifiant les impacts sur la santé, le temps passé à cuisiner et le temps passé à la collecte du combustible
- Identifier les avantages connexes de la cuisson propre pour réduire la déforestation et les émissions de GES de la cuisson, et améliorer la sécurité énergétique des ménages et des institutions à Madagascar

L'analyse fournit des prévisions nationales basées sur des scénarios géospatiaux jusqu'en 2030 pour les technologies de cuisson propres (foyers et combustibles) nécessaires pour assurer l'accès à l'énergie propre pour tous. La cuisine domestique et institutionnelle a été modélisée dans l'analyse.

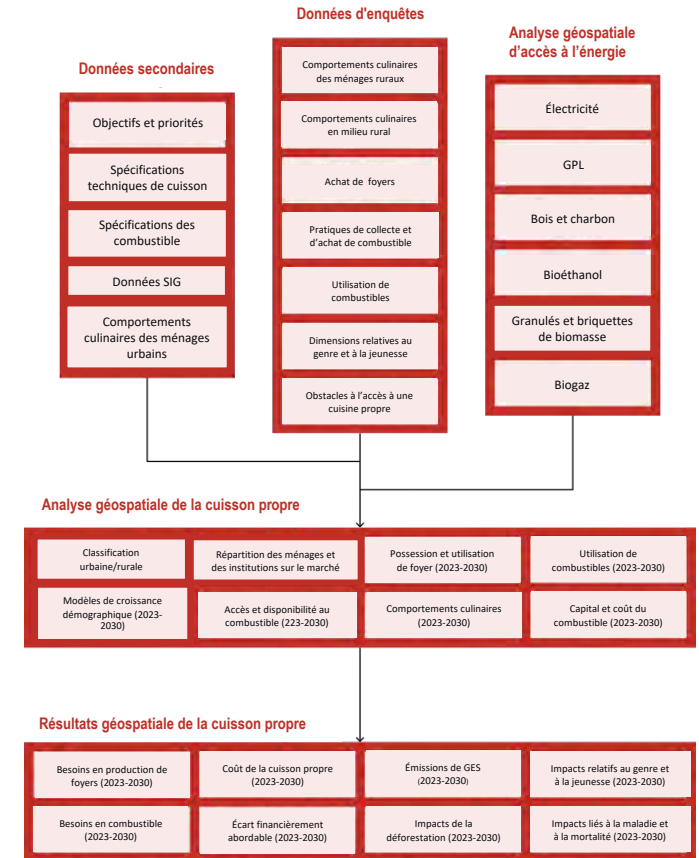


Figure 1 : Aperçu de la méthodologie de cuisson propre du PEI

Collecte des données primaires

Une enquête sur la cuisson propre a été menée en juin-juillet 2023 pour évaluer les modèles de possession et d'utilisation de foyers dans les communautés rurales de Madagascar.

Avec une taille d'échantillon supérieure à 1500, les enquêtes ont ciblé trois zones distinctes du pays (nord, centrale et sud) pour constituer un échantillon représentatif. Les participants à l'enquête ont été sélectionnés parmi des structures de logement randomisées pour obtenir un échantillon d'enquête avec un intervalle de confiance de 95 % et un taux d'erreur de 5 %. Chaque échantillon de l'enquête comprenait des consommateurs résidentiels, commerciaux et des établissements publics (centres de santé et écoles).

En plus de la possession et de l'utilisation des foyers, l'enquête comprenait également des informations sur l'approvisionnement en foyers, la collecte et les pratiques d'achat de combustible, l'utilisation de combustible, les obstacles à l'accès, le sexe, les considérations d'utilisation du temps et l'utilisation des foyers pour les activités génératrices de revenus des ménages ou des entreprises informelles, entre autres.

Figure 2 : Résultats de l'enquête : Foyer de cuisson et type de combustible par niveau MTF

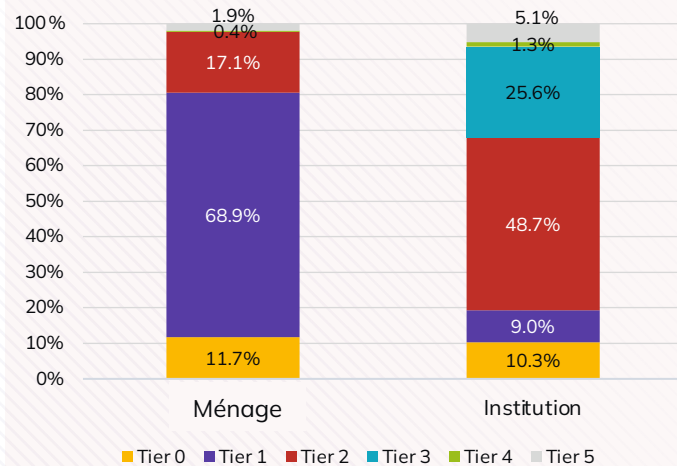
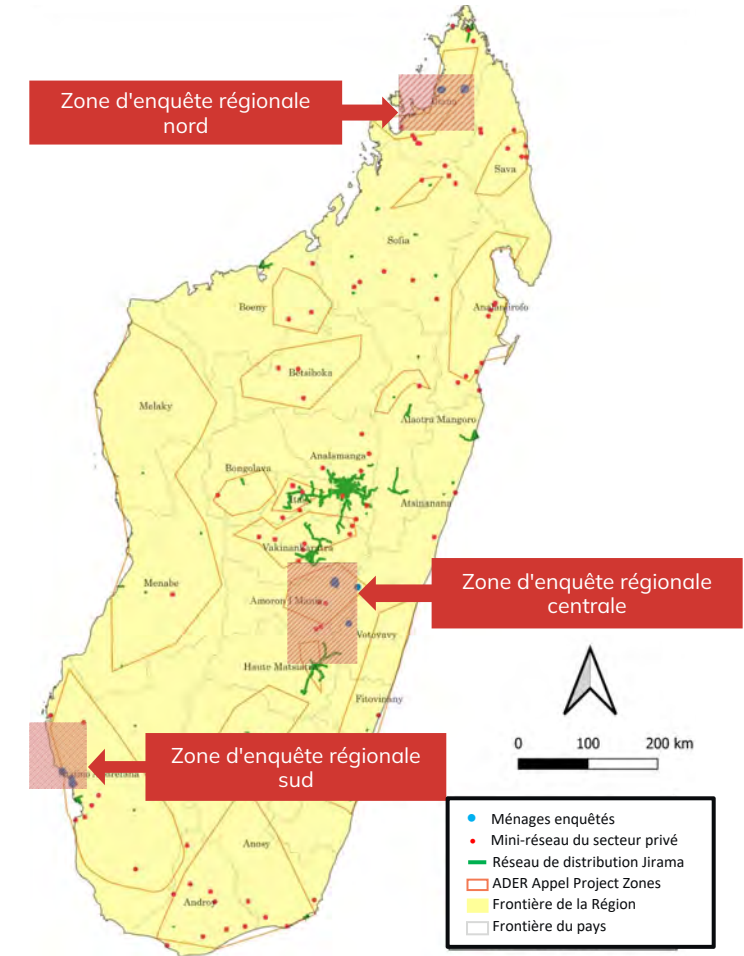
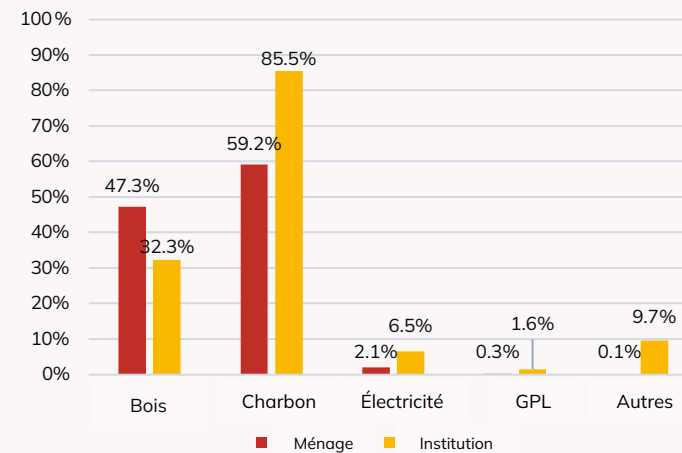


Figure 3 : Résultats de l'enquête : Type de combustible de cuisson



Carte 1 : Lieux d'enquête pour les enquêtes sur les dépenses énergétiques

Hypothèses sur les foyers et les combustibles

Tableau 1 : Technologies de cuisson observées à Madagascar et données correspondantes

COMBUSTIBLE (FOYER)	PRIX	DURÉE DE VIE (Année)	EFFICACITE	NOTATION 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 (basique)	3,29	1	10 %	1
Charbon (amélioré)	4,77	2	24 %	2
Charbon (institutionnel basique)	12,88	5	25 %	2
Charbon (institutionnel amélioré)	18,72	5	30%	3
Briquelette/granulé (brûleur unique)	20,00	4	35 %	3
Biogaz (plaque de cuisson et four)	84.00	3	44 %	4
Bioéthanol (double brûleur)	24,50	3	52 %	4
GPL (plaque de cuisson et four)	92.00	6	56 %	4
Cuisson électronique (cuiseur à riz)	15,00	6	45 %	5
Cuisson électronique (plaque chauffante)	18,20	2	62 %	5
Cuisson électronique (induction)	40,00	6	90 %	5

Les coûts, la durée de vie et l'efficacité des foyers de cuisson sont appliqués aux foyers présents sur le marché et aux nouveaux foyers ajoutés au marché dans l'analyse du scénario.

Ce sont des valeurs généralisées représentatives de certaines technologies courantes et ne doivent pas être considérées comme reflétant toutes les technologies présentes sur le marché Malagasy .

Les paramètres de combustible utilisent des valeurs mondialement acceptées pour l'analyse de la cuisson propre.

Les prix des combustibles reflètent un mélange de données primaires collectées au cours de cette étude pour les zones rurales et de données secondaires provenant de rapports sur les zones urbaines ; lorsque les données ne sont pas disponibles, une échelle 1:1 pour les prix urbains et ruraux est utilisée.

Tableau 2 : Combustibles de cuisson observés à Madagascar et données correspondantes

COMBUSTIBLE	VALEUR ÉNERGÉTIQUE (MJ / KG)	COEFFICIENT D'ÉMISSION CO2E (KG / KG_FUEL)	RÉFÉRENCE
Bois	18,41	OPS 1.775	Cuisson Propre (2019)
Charbon	31,98	3 662	Jetter et Kariher (2009)
Granulé/Briquette	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)
Électricité	N/A	0,520 (par kWh)	Randrianarison et al. (2022) pour la région d'Antananarivo

Tableau 3 : Combustibles de cuisson observés à Madagascar et prix correspondants

COMBUSTIBLE	PRIX RURAL (\$ / UNITÉ)	PRIX URBAIN (\$ / UNITÉ)	UNITÉ	RÉFÉRENCE
Bois	0,03	0,06	kg	Enquête cuisson PEI, SEforALL (2023), Prix urbain double du prix rural
Charbon	0,08	0,16	kg	Enquête cuisson PEI, SEforALL (2023)
Granulé/Briquette	0,42	0,84	kg	Matek et al. (2020), Prix urbain double du 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)
Électricité	0,13 (réseau connecté) 0,50 (mini-réseau)		kWh	Composante électrification PEI Madagascar



Photo : WFP

Développement des scénarios

Le PEI de Madagascar a développé une modélisation basée sur deux scénarios d'adoption de la cuisson propre jusqu'en 2030.

Scénario de base : Ce scénario suppose que Madagascar atteigne les objectifs 2030 fixés par la politique nationale et le Pacte énergétique de l'ODD7 préparé par le ministère de l'Énergie et des Hydrocarbures (MEH). Les objectifs clés comprennent : l'accès à des foyers améliorés pour 50 % des ménages ; l'utilisation de combustibles d'origine biologique pour 20 % des ménages ; et l'adoption de solutions de cuisson propres pour 2,5 millions de ménages

Scénario d'accès universel : Ce scénario atteint des cibles plus rigoureuses pour des technologies de cuisson et des combustibles plus propres, en supposant une transition complète vers des services de cuisson énergétique modernes pour les ménages et les institutions d'ici 2030, conformément à l'ODD7. En termes de mélange de foyers et de combustibles, ce scénario met l'accent sur la cuisson électronique dans les zones où cette solution est jugée prête pour le marché, suivie du bioéthanol, puis d'autres combustibles.

Les tableaux ci-contre présentent la répartition actuelle des combustibles et des foyers, ainsi que les objectifs 2030 pour chaque scénario, tant pour les ménages que pour les institutions au niveau national. Les scénarios ont été détaillés pour montrer la différence entre les catégories de consommateurs urbains et ruraux et modélisés individuellement pour chaque groupe.

Tableau 4 : Cibles des combustibles et des foyers domestiques pour les scénarios de modélisation (accès de base et universel)

	%			NOMBRE		
	2023	2030 SCÉNARIO DE BASE	2030 SCÉNARIO UNIVERSEL	2023	2030 SCÉNARIO DE BASE	2030 SCÉNARIO UNIVERSEL
PROPRIÉTÉ D'UN SEUL FOYER						
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
PROPRIÉTÉ DE FOYERS MULTIPLES						
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

Tableau 4 : Cibles des combustibles et des foyers institutionnelles pour les scénarios de modélisation (accès de base et universel)

	%			COMPTE		
	2023	2030 SCÉNARIO DE BASE	2030 SCÉNARIO UNIVERSEL	2023	2030 SCÉNARIO DE BASE	2030 SCÉNARIO UNIVERSEL
PROPRIÉTÉ D'UN SEUL FOYER						
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
PROPRIÉTÉ DE FOYERS MULTIPLES						
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



Combustibles et technologies de cuisson : électricité pour la cuisson

Les données d'accès à l'électricité fournies par le composant d'électrification à l'analyse PEI classent les clients comme étant connectés à un réseau, ayant accès à un mini-réseau ou à un système solaire domestique et n'ayant pas accès.

Alors que la cuisson électronique peut être techniquement viable dans de multiples contextes, les scénarios PEI supposaient la cuisson électronique dans les mini-réseaux MT grands et denses, connectés au réseau, où les solutions sont les plus prêtes pour le marché et commercialement viables.

Au moins dans les phases initiales d'adoption, la cuisson électronique est susceptible d'être « empilée » ou utilisée en combinaison avec d'autres technologies. Cela est d'autant plus vrai que certains appareils de cuisson électronique, tels qu'une bouilloire électrique ou un ricecooker, ont des utilisations spécifiques. La PEI a modélisé une plaque électrique chauffante et une plaque d'induction équivalentes au foyer et prend en compte le comportement d'empilement foyer/appareil, ce qui est courant car les utilisateurs ajoutent des technologies modernes à leur combinaison de technologies de cuisson.

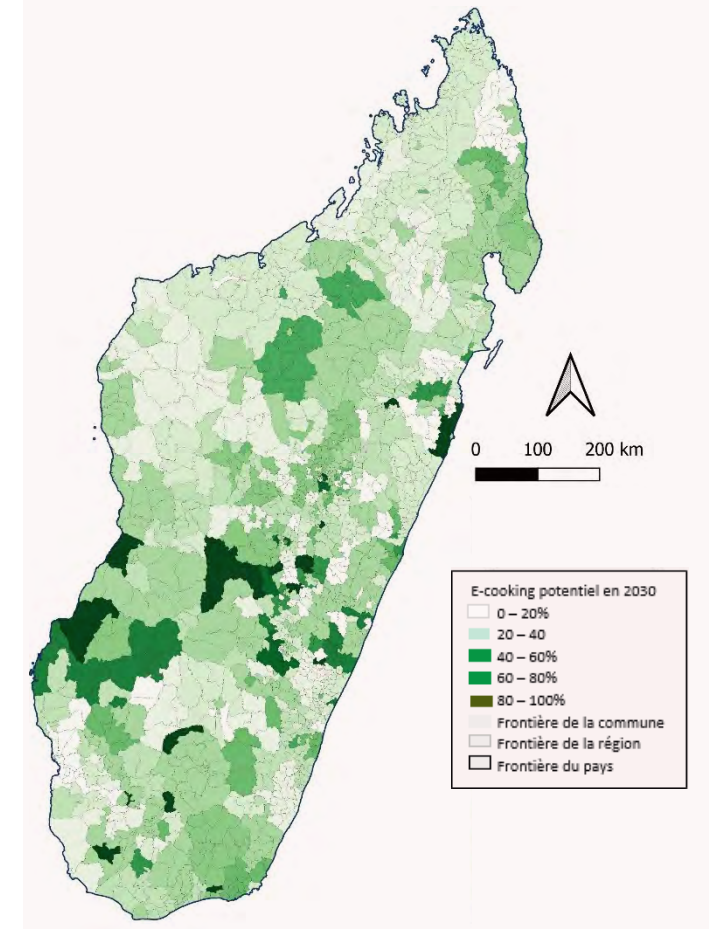
Tableau 6 : Contraintes supposées sur l'adoption de la cuisson électronique jusqu'en 2030

CUISSON ELECTRIQUE MODELISEE COMME OPTION COMBUSTIBLE (CONNEXION EN RESEAU)	CUISSON ELECTRIQUE NON MODELISEE COMME OPTION COMBUSTIBLE (CONNEXION ISOLEE)
<ul style="list-style-type: none"> • Clients existants connectés au réseau JIRAMA • Clients de densification/ extension de réseau des réseaux JIRAMA (interconnectés et isolés) • Mini-réseaux au bord du réseau MT 	<ul style="list-style-type: none"> • Mini-réseaux MT isolés • Mini-réseaux BT • Système solaire autonome • Pas d'accès

Tableau 7 : Consommation d'énergie domestique supposée de cuisson électrique, en supposant que 100 % des besoins sont satisfaits par cette technologie

TYPE DE FOYER	MM/an	kWh/an	kWh/mois	kWh/jour
Plaque chauffante électrique (faible efficacité)	4.003	1 112	91	3
Électrique – plaque à induction (efficacité élevée)	2 778	772	63	2

Carte 2 : Potentiel de cuisson électrique en 2030



Combustibles et technologies de cuisson : électricité pour la cuisson

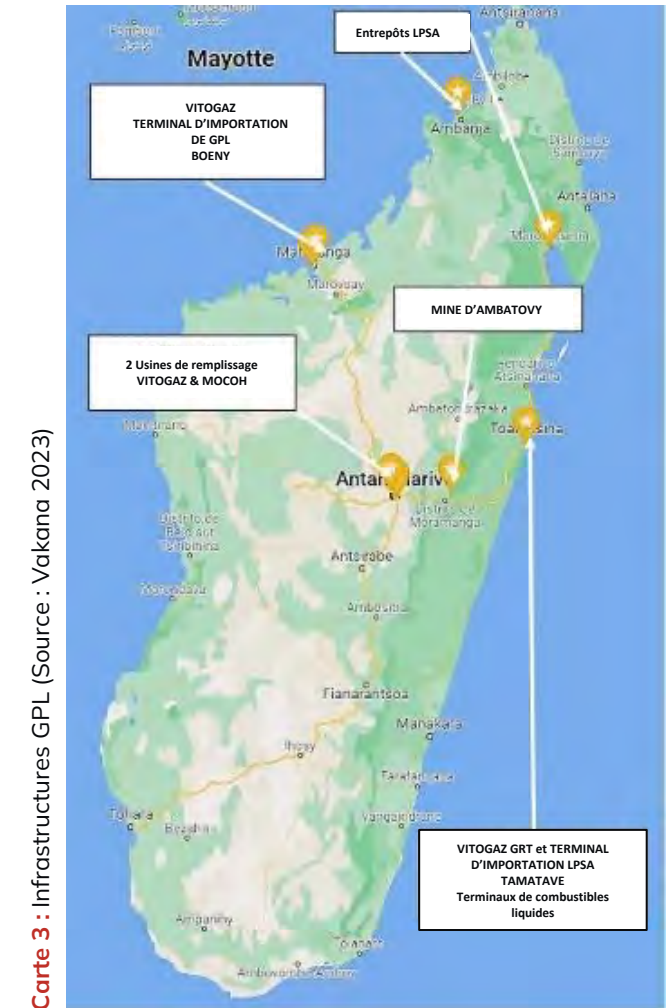
Selon les rapports existants, moins de 1 % des ménages utilisent le GPL, et presque tous ces utilisateurs se trouvent dans les zones urbaines.

Le marché du GPL à Madagascar est actuellement sous-développé. La consommation des ménages est restée relativement stable au cours des 10 dernières années, autour de 0,2 à 0,3 kg par personne.

Une grande partie de la consommation actuelle est orientée vers des utilisations commerciales et industrielles, y compris les infrastructures minières et industrielles, les unités de torréfaction, les boulangeries, les hôtels et les restaurants.

Dans les zones rurales, il est peu probable que de nombreux ménages passent au GPL à partir de combustibles peu coûteux (bois et charbon de bois) et de combustibles propres moins chers (granulés, bioéthanol) s'ils sont développés.

L'approvisionnement en GPL est entièrement importé à Madagascar via deux terminaux d'importation. Pour cette raison, aucun potentiel de production locale de GPL n'est calculé dans l'analyse du PEI, et les scénarios supposent que Madagascar sera en mesure d'augmenter les importations de GPL pour répondre à la demande future.



Carte 3 : Infrastructures GPL (Source : Vakana 2023)

Combustibles et technologies de cuisson : potentiel du bois et du charbon de bois

Le PEI de Madagascar a calculé le potentiel de bois de chaque type de forêt en utilisant les données sur l'utilisation des terres et la couverture forestière. Comme le montre la carte X, la majeure partie du potentiel de bois à Madagascar est projetée à partir de forêts denses situées le long des côtes du Centre-Ouest et du Nord-Est.

Alors que les ménages et les institutions des zones rurales utilisent principalement du bois acheté ou collecté librement, le charbon de bois est généralement utilisé pour fournir du combustible aux zones urbaines et périurbaines plus denses, et la production a tendance à être concentrée dans les régions à potentiel de bois plus élevé.

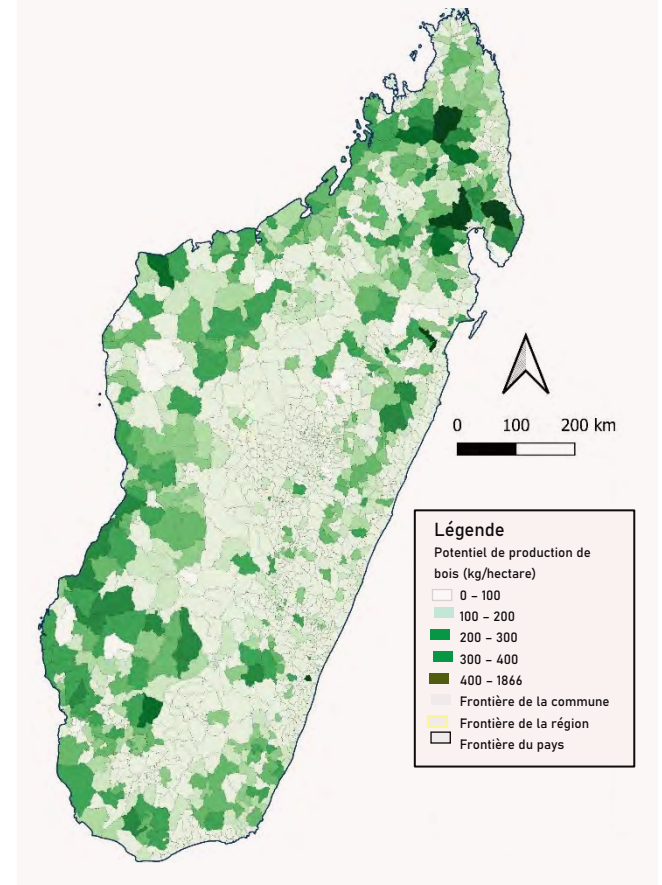
La technologie du four peut avoir une influence significative sur la consommation de bois nécessaire à la production de charbon de bois, et affecte également la qualité finale et la densité énergétique du produit final.

Le charbon de bois est produit à Madagascar à la fois légalement et illégalement. La production de charbon de bois durable et réglementée est une priorité et plusieurs efforts à Madagascar examinent le potentiel de plantations dédiées et de méthodes de production alternatives ou de matières premières de biomasse qui réduisent la déforestation.

Tableau 8 : Potentiel énergétique du bois sans contrainte basé sur les données d'utilisation des terres et de couverture forestière

	TOTAL DES SURFACES (HA)	DENSITÉ DU BOIS (KG PAR Ha)	POTENTIEL D'ÉNERGIE DU BOIS (KG)
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
Total	48 862 746	N/A	22 896 780 965

Carte 4: Potentiel du bois-énergie (2023)



Combustibles et technologies de cuisson : potentiel du bioéthanol

Le bioéthanol peut être produit à partir de canne à sucre, de maïs, de riz, de manioc, de patates douces et de pommes de terre. Tous sont cultivés à Madagascar. Les cultures préférées pour la production d'éthanol à Madagascar semblent être la canne à sucre, le maïs ou le manioc.

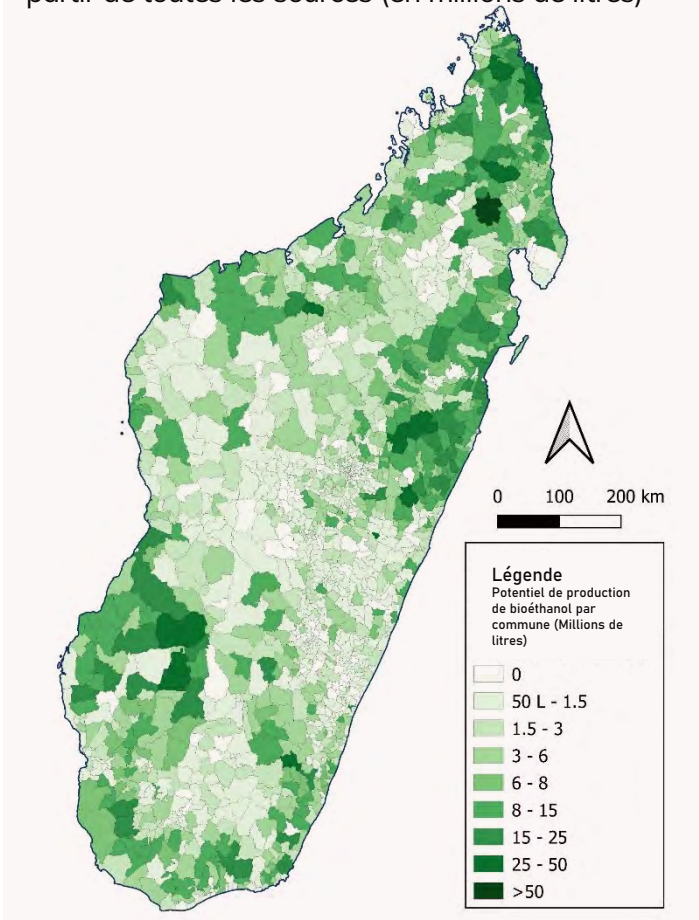
Cette étude estime le potentiel de production sans contrainte de toutes les cultures (quantité maximale si toutes les cultures ont été utilisées) pour montrer la limite supérieure de ce qui est possible. Il ne tente pas de fixer une limite artificielle, mais informe et permet aux parties prenantes d'engager un dialogue sur la quantité de production végétale qu'elles souhaitent consacrer à la production d'éthanol.

La production agricole a été estimée et spatialisée sur la base des statistiques nationales, des données obtenues à partir de FAOSTAT et de l'USDA et des données sur la couverture terrestre. Les données étaient insuffisantes pour prévoir avec précision les volumes de cultures potentiels jusqu'en 2030, surtout compte tenu des longues périodes de sécheresse, et un volume de production annuel constant a donc été supposé pour 2023 à 2030. Par exemple, les volumes de production de maïs sont stables depuis 5 ans mais représentent la moitié des niveaux de production d'il y a 10 ans.

Tableau 9 : Potentiel de production de bioéthanol sans contrainte (en supposant 100 % de la production utilisée)

CULTURE	RECOLTES (TONNES)	VOLUME D'ÉTHANOL (LITRES)	VALEUR ÉNERGÉTIQUE DE L'ÉTHANOL (MJ)
Cannes 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
Patates douces	1 143 320	250 249 903	4 467 561 377
Pommes de terre	251 257	52 350 419	934 580 624
Total	11 573 291	6 101 528 921	108 926 934 904

Carte 5 : Potentiel de production de bioéthanol à partir de toutes les sources (en millions de litres)



Combustibles et technologies de cuisson : potentiel des granulés et briquettes de biomasse

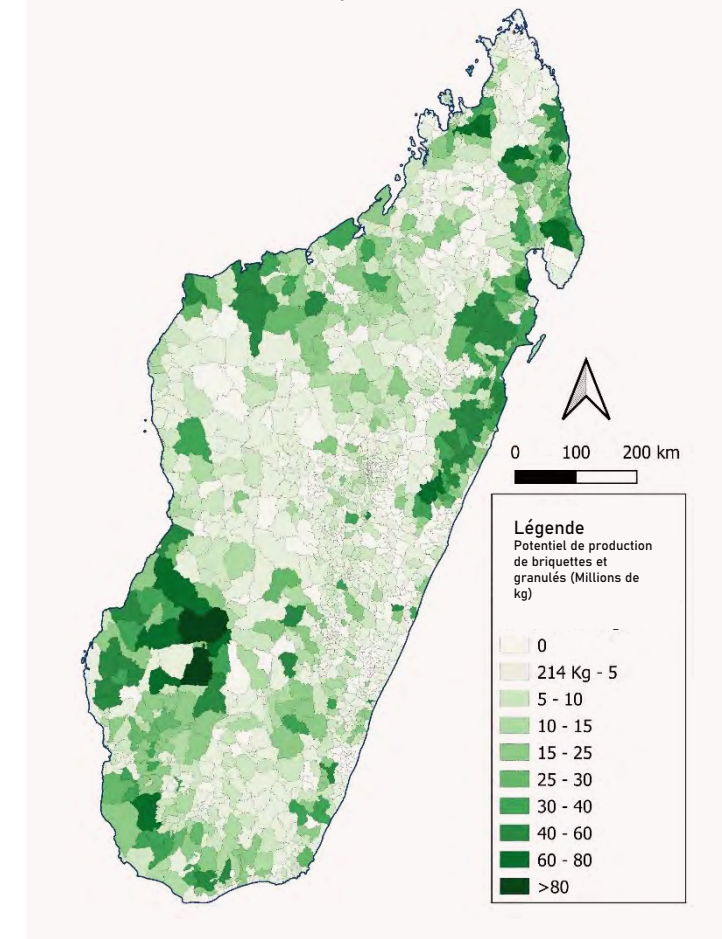
Les déchets agricoles peuvent être collectés et utilisés pour fabriquer des granulés et des briquettes comprimés (par exemple, en utilisant la tige de maïs plutôt que le grain de maïs). Chaque culture a un rapport grain/déchet différent et un taux de conversion grain/éthanol différent. Les données sur les déchets de sciure de bois provenant des usines ne sont pas disponibles et ne sont pas prises en compte dans le PEI de Madagascar.

Les potentiels modélisés représentent la quantité maximale de combustible sous forme de granulés/briquettes de biomasse qui pourrait être produite si tous les déchets agricoles disponibles étaient sourcés et convertis. Les déchets agricoles peuvent être collectés dans les fermes ou les infrastructures de transformation agricole, et le coût et la complexité de la collecte à partir de nombreux sites distribués pourraient réduire considérablement le potentiel de combustible à base de granulés/briquettes de biomasse.

Tableau 10 : Potentiel de production de granulés et de briquettes de biomasse sans contrainte

CULTURE	TONNES DE DÉCHETS	ÉNERGIE (MJ)
Cannes à sucre	2 654 282	39 234 852 321
Maïs	418 500	2 827 003 032
Riz	8 167 977	55 175 384 607
Manioc	1 219 821	30 652 779 249
Patates douces	285 830	14 365 197 286
Pommes de terre	62 814	3 156 915 165
Total	12 809 226	145 412 131 660

Carte 6 : Potentiel de production de biomasse



Combustibles et technologies de cuisson : potentiel de biogaz

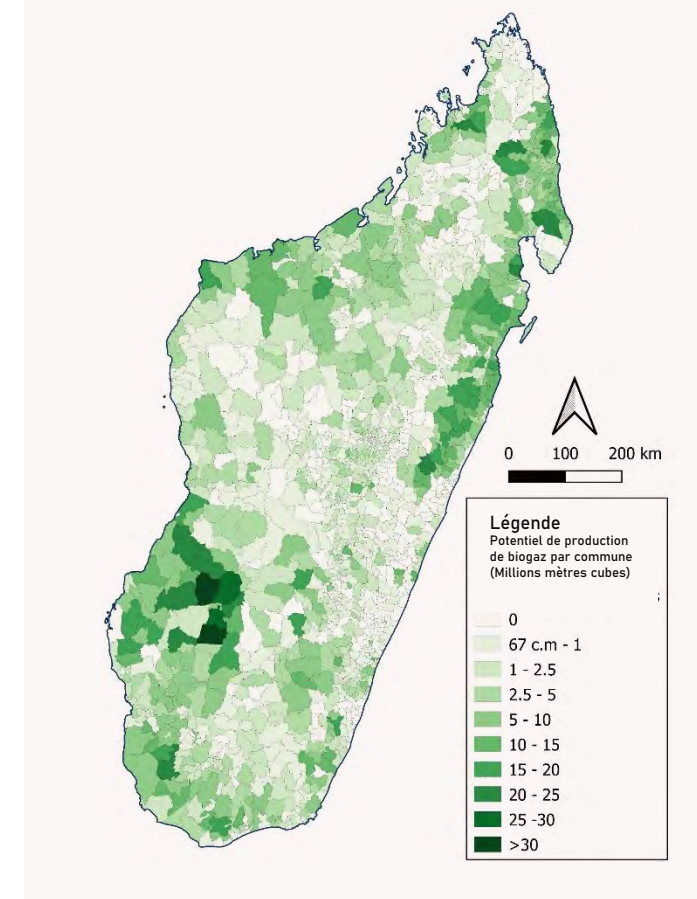
Le biogaz peut être généré par la digestion anaérobie des déchets organiques.

Le potentiel de biogaz est calculé à partir du nombre de têtes de bétail, de l'emplacement géospatial des terres agricoles, des facteurs de conversion du bétail en déchets et des facteurs de conversion des déchets en biogaz, en supposant que 100 % des déchets peuvent être collectés et convertis. Comme pour les autres carburants, les contraintes logistiques et commerciales réduiront probablement considérablement le potentiel de production réel.

Tableau 11 :Potentiel de production de biogaz sans contrainte

CULTURE	DÉCHETS (TONNES)	ÉNERGIE (MJ)
Élevage	3 626 648 256	144 115 748 397
Chèvres	45 905 934	1 824 210 022
Mouton	10 824 897	430 159 762
Cochons	184 388 144	7 327 216 065
Poulets	138 829 656	5 516 812 870
Total	4 006 596 888	159 214 147 116

Carte 7 : Potentiel de production de biogaz



Résultats du scénario : Possession de foyer domestique

Le scénario de base réduit la possession de foyers à combustible solide (bois et charbon de bois) de 97,5 % en 2023 à seulement 58,9 % en 2030.

Le scénario universel améliore considérablement cet objectif, réduisant le taux de possession de foyers à combustible solide à 6,4 % en 2030. Des résultats similaires ont été calculés pour la possession du foyer institutionnel et sont présentés dans la version complète du rapport.

Figure 4 : Résultats de la possession du foyer à scénario de base pour les ménages

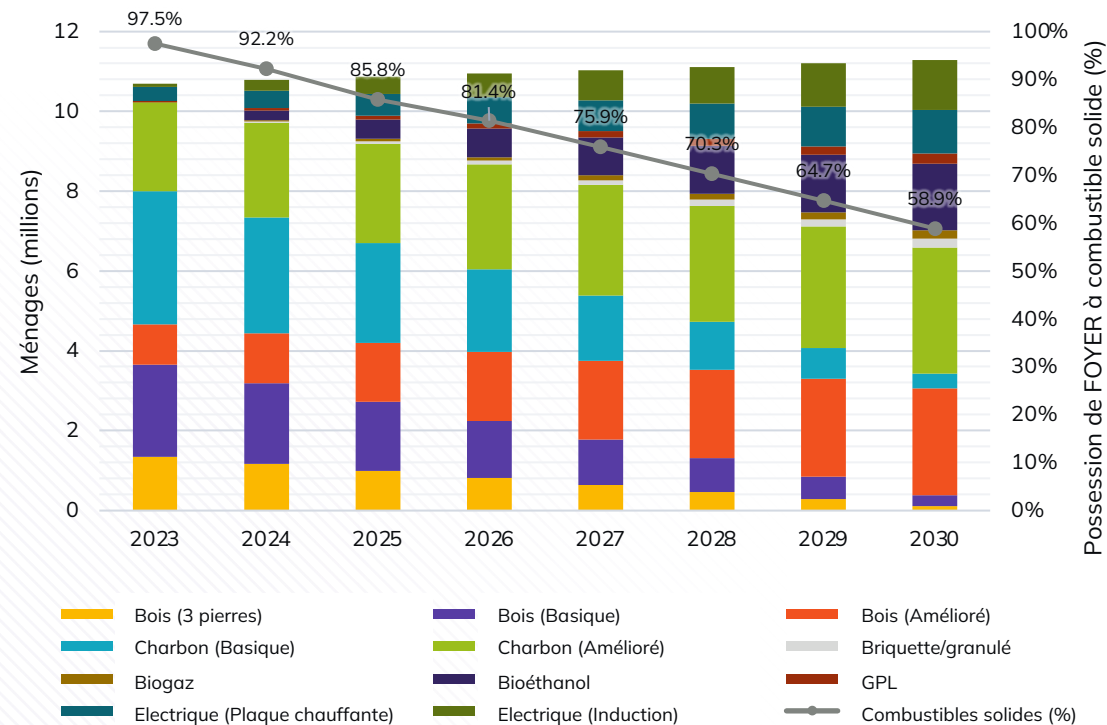
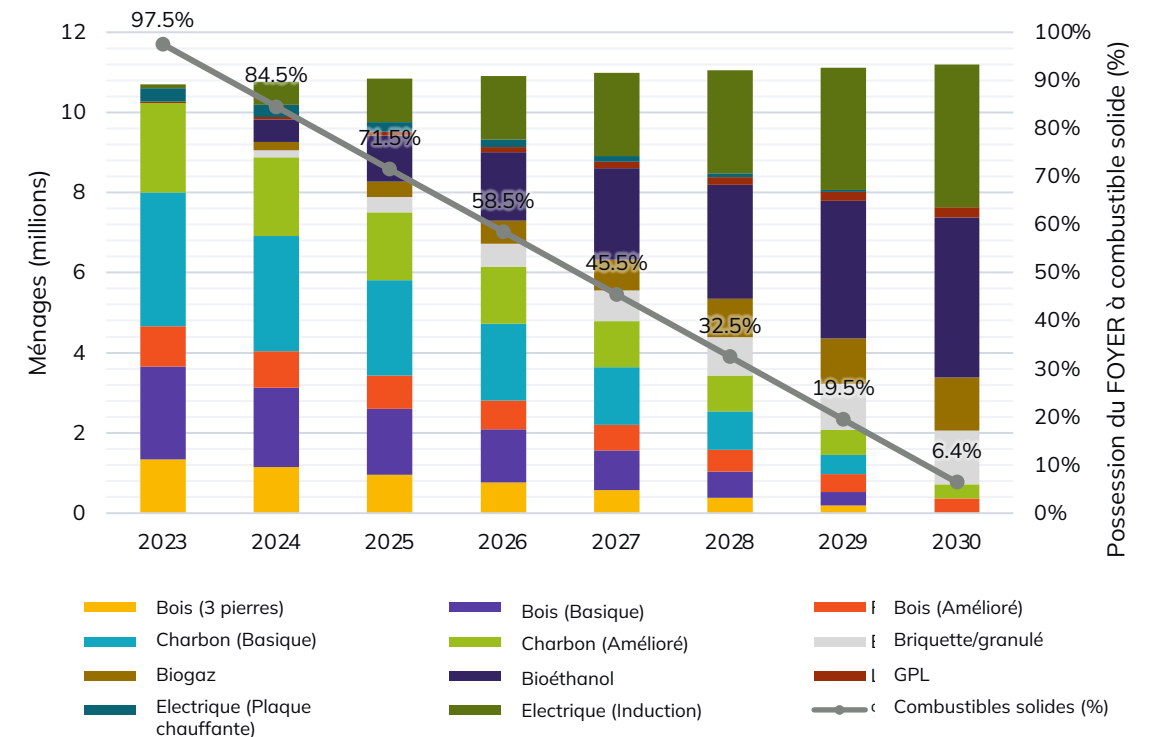


Figure 5 : Résultats de la possession du foyer à scénario universel pour les ménages



Résultats du scénario : Demande en biocombustibles

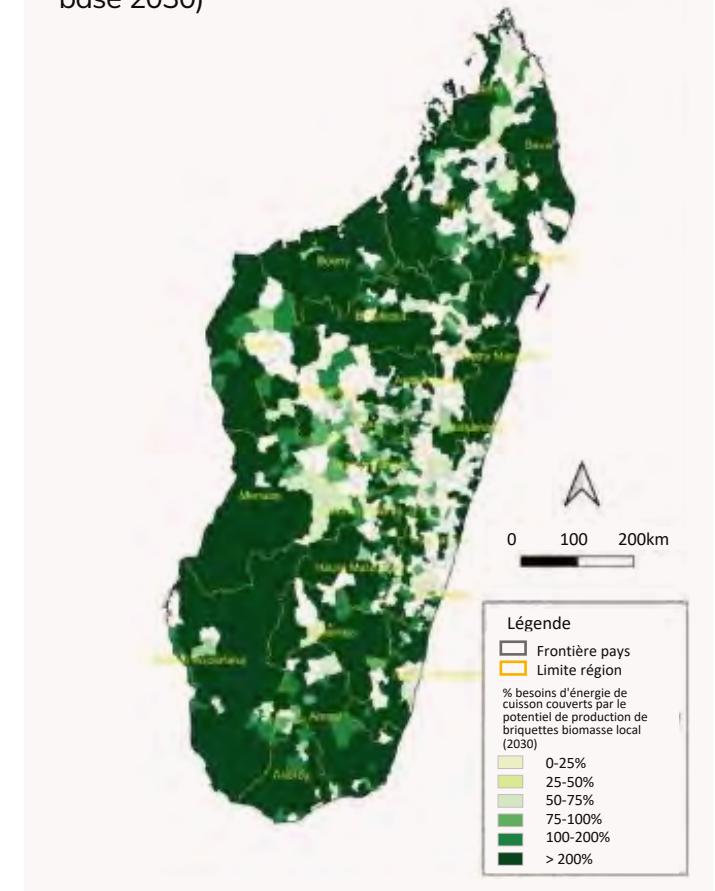
Sur la base des modèles de possession et d'utilisation des foyers projetés dans chaque scénario, le PEI de Madagascar estime les besoins totaux de production de biocombustibles en MJ ainsi qu'un pourcentage du potentiel total de combustible sans contrainte.

Les potentiels de production spatialisés et les prévisions de la demande ont également permis de visualiser les potentiels de marché localisés. La carte 8 à droite montre un exemple de calculs de bilan offre-demande au niveau communal pour les granulés et briquettes de biomasse.

Tableau 12 : Demande totale de biocombustibles et part des besoins potentiels

TYPE DE COMBUSTIBLE	DEMANDE DE RÉFÉRENCE 2030	DEMANDE UNIVERSELLE 2030	POTENTIEL DE COMBUSTIBLE SANS CONTRAINTE 2030 EN TANT QU'ÉNERGIE
	MJ 000 000 (% DU POTENTIEL DE COMBUSTIBLE)	MJ 000 000 (% DU POTENTIEL DE COMBUSTIBLE)	MJ 000 000
Granulés/briquettes	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

Carte 8 : Bilan offre-demande local de granulés/briquettes de biomasse (scénario de base 2030)



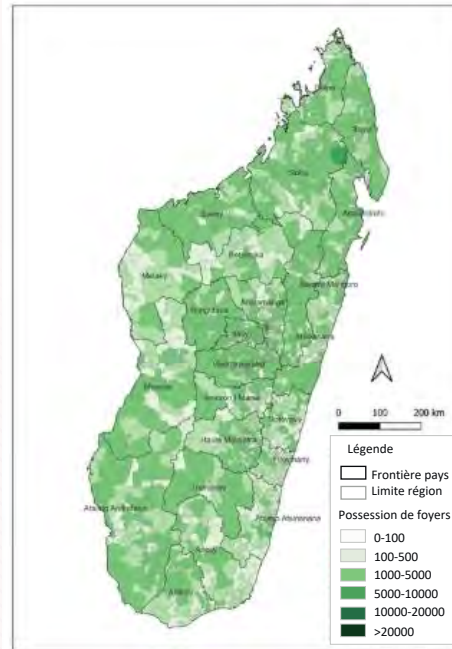
Résultats du scénario : Possession de foyers géospatiaux

Des projections géospatiales pour la possession d'équipements de cuisson ont été calculées pour chaque groupe et pour tous les segments de consommateurs dans les deux scénarios. Des exemples de résultats spatialisés pour les foyers au bioéthanol et les foyers électriques à induction efficaces pour les ménages sont présentés dans ce rapport de synthèse.

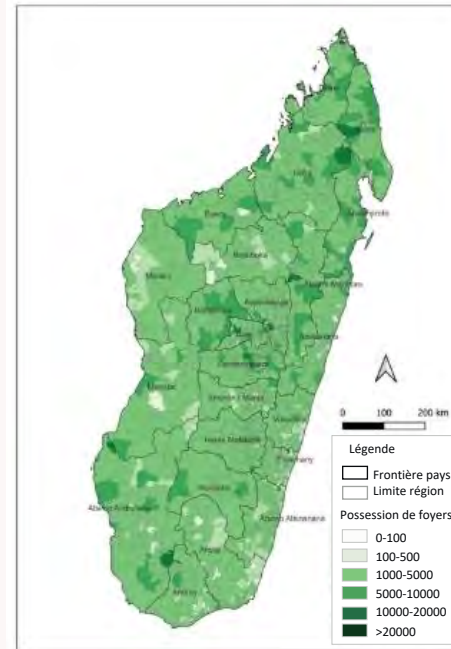
Carte 9 : FOYERS À BIOÉTHANOL



(2023)



(scénario de base 2030)



(scénario universel 2030)

Le bioéthanol devrait jouer un rôle important dans les deux scénarios de transition vers une cuisson propre, avec une pénétration dans les segments de consommateurs ruraux et urbains.

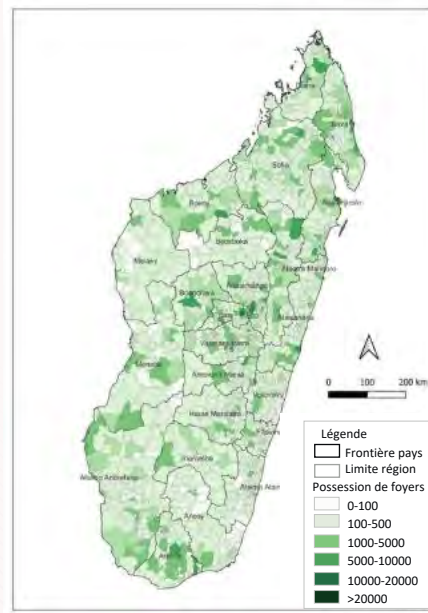
D'ici 2030, la possession de foyers au bioéthanol devrait atteindre 1,6 million de ménages (16 % des foyers ménagers) dans le scénario de base, et près de 4 millions de ménages (38 % des foyers ménagers) dans le scénario universel.

L'emplacement de la possession du foyer au bioéthanol ne tient pas compte des canaux d'approvisionnement probables (qui sortent du cadre de cette étude).

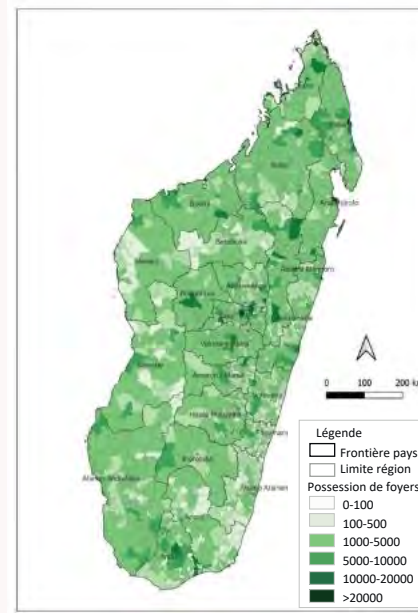
Carte 10 : E-COOKING - FOYERS À INDUCTION



(2023)



(scénario de base 2030)



(scénario universel 2030)

D'ici 2030, la cuisson électronique devrait représenter environ 19 % de la composition totale de la possession des foyers géospatiaux dans le scénario de base et 27 % de la possession des foyers dans le scénario universel.

Les foyers à induction efficaces représenteront environ la moitié du total des appareils de cuisson électronique dans le scénario de base, et 100 % dans le scénario universel.

La cuisson électronique sera concentrée dans les zones connectées au réseau, en raison des coûts énergétiques attendus plus faibles par rapport aux utilisateurs connectés via des mini-réseaux isolés plus petits ou des systèmes solaires domestiques (SHS).

Résultats du scénario : Consommation finale d'énergie pour la cuisson

Atteindre les objectifs du scénario du PEI pour une cuisson propre réduira la consommation totale d'énergie finale pour la cuisine résidentielle de 35% dans le scénario de base et de 65% dans le scénario universel par rapport aux niveaux de 2023, en tenant compte de la croissance démographique prévue.

De même, l'utilisation finale d'énergie par ménage diminuera de 50 % dans le scénario de base et de 69 % dans le scénario universel à partir des niveaux de 2023.

Ces réductions sont directement attribuées au passage des ménages de l'utilisation traditionnelle de combustibles solides à des combustibles alternatifs et à des foyers plus efficaces, et à l'amélioration de l'efficacité des foyers à bois améliorés par rapport aux foyers traditionnels.

Des améliorations similaires sont observées dans les deux scénarios pour la cuisine institutionnelle et commerciale.

Figure 6 : Consommation finale totale d'énergie pour la cuisson résidentielle – scénario de base

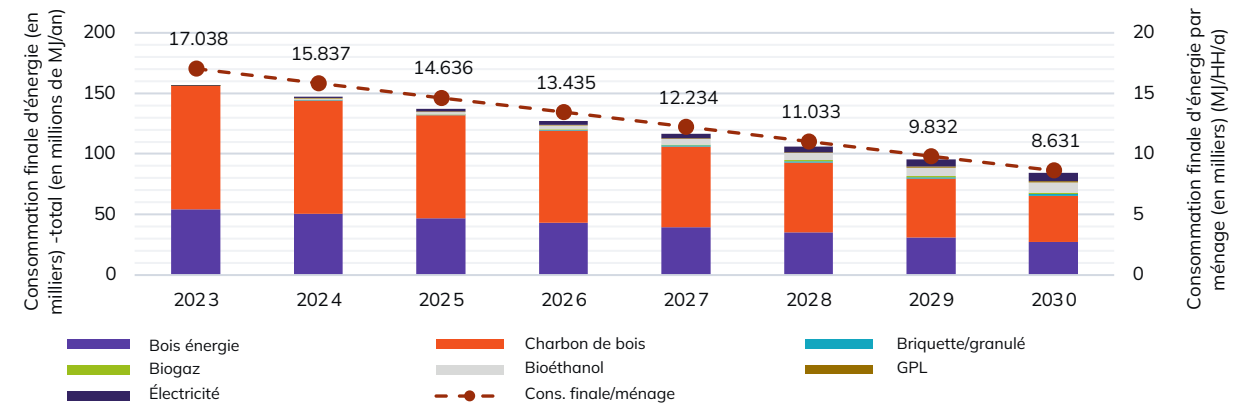
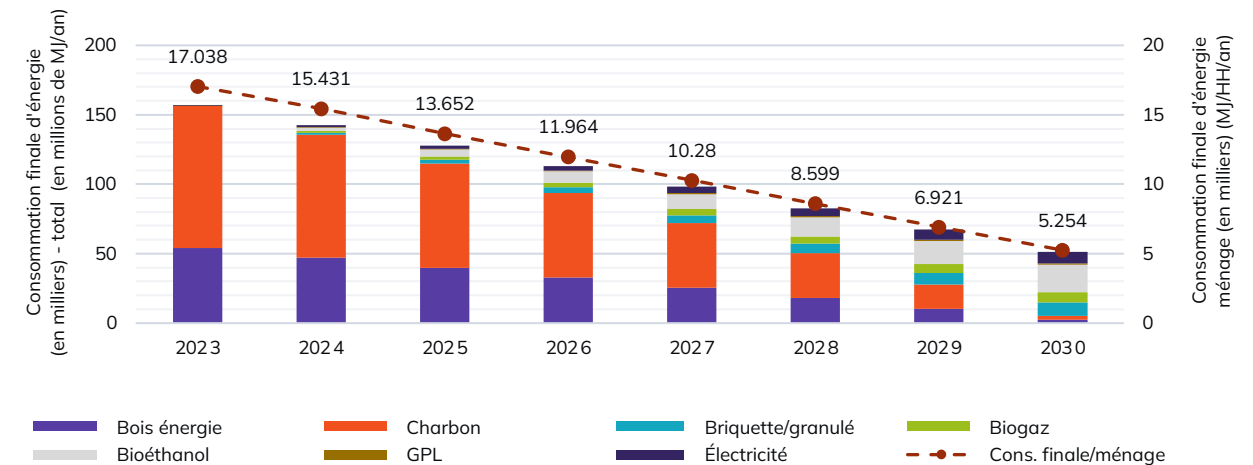


Figure 7 : Consommation finale totale d'énergie pour la cuisson résidentielle – scénario universel



Résultats du scénario : coûts de cuisson propre pour les utilisateurs

Le total des coûts cumulés estimés pour les foyers et le combustible pour le scénario de base jusqu'en 2030 est de 12,7 milliards de dollars ; ceux-ci s'élèvent à près de 23 milliards de dollars dans le scénario universel, qui suppose un passage plus rapide aux technologies modernes de cuisson énergétique. Ces coûts représentent les coûts supportés par les consommateurs et excluent l'infrastructure associée ou d'autres coûts associés à la transition, tels que la communication et la sensibilisation de la communauté. Le coût du foyer et du combustible par unité de 2023 à 2030 est supposé statique.

Du point de vue de l'utilisateur, les coûts du combustible sont le principal facteur de transition vers une cuisson plus propre, représentant 97,1 % du coût de la transition. Les efforts visant à subventionner le coût d'acquisition des foyers sont utiles, mais le coût du combustible devrait également être abordé par le biais de mesures politiques visant à faciliter la transition pour les ménages.

Les dépenses des ménages en combustibles sont partiellement compensées par la transition vers des technologies plus efficaces, comme le montre la réduction de la consommation finale d'énergie des ménages. Les transitions des foyers basique vers des foyers améliorés dans le même type de combustible (bois basique vers bois amélioré) peuvent impliquer une réduction des coûts annuels du combustible domestique pour cette raison. Cependant, malgré d'importants gains d'efficacité, la transition des combustibles de biomasse traditionnels gratuits ou peu coûteux vers des combustibles modernes basés sur le marché peut encore impliquer une augmentation des dépenses en termes absolus. Selon les estimations des coûts et de l'efficacité du PEI, un ménage urbain qui passe d'un foyer à charbon basique à un foyer au GPL peut voir les coûts du combustible augmenter de 30 %, par exemple.

Tableau 13 : Coûts du programme de 2023 à 2030 (scénario de base)

TYPE DE FOYER ET DE COMBUSTIBLE	FOYER	COMBUSTIBLE	Total
Bois	23 227 227 \$	581 479 768 \$	604 706 995 \$
Charbon	103 849 793 \$	2 093 153 266 \$	2 197 003 059 \$
Granulés/ briquettes	5 955 140 \$	158 876 696 \$	164 831 836 \$
Biogaz	30 403 744 \$	170 779 141 \$	201 182 885 \$
Bioéthanol	70 247 062 \$	4 412 741 829 \$	4 482 988 890 \$
GPL	26 581 775 \$	705 137 452 \$	731 719 227 \$
Électricité	101 879 227 \$	4 188 255 463 \$	4 290 134 690 \$
Total	362 143 968 \$	12 310 423 614 \$	12 672 567 581 \$

Tableau 14 : Coûts du programme de 2023 à 2030 (scénario universel)

TYPE DE FOYER ET DE COMBUSTIBLE	FOYER	COMBUSTIBLE	Total
Bois	11 200 040 \$	451 745 996 \$	462 946 036 \$
Charbon	69 455 821 \$	1 684 694 433 \$	1 754 150 254 \$
Granulés/ briquettes	37 895 240 \$	1 019 247 938 \$	1 057 143 178 \$
Biogaz	191 194 024 \$	1 072 817 303 \$	1 264 011 327 \$
Bioéthanol	167 660 997 \$	9 876 753 672 \$	10 044 414 669 \$
GPL	26 581 867 \$	705 240 594 \$	731 822 461 \$
Électricité	168 032 082 \$	7 499 775 800 \$	7 667 807 882 \$
Total	672 020 070 \$	22 310 275 737 \$	22 982 295 807 \$

Résultats du scénario : écart d'accessibilité financière

L'écart d'accessibilité financière est calculé comme la différence entre un cas de référence et chaque scénario. Le scénario de base suppose que les ménages et les institutions maintiennent les mêmes pratiques de possession des foyers et d'utilisation des combustibles de 2023 à 2030 sans changement de foyer ou de combustible, les augmentations annuelles des coûts étant uniquement attribuées à la croissance démographique. Tableau 15

Les tableaux 16 et 17 montrent l'écart d'accessibilité financière entre le scénario de base et les coûts totaux du programme pour les scénarios de base et universel, respectivement. Les chiffres négatifs indiquent les économies financières potentielles totales résultant du changement d'utilisateurs de ces foyers et combustibles, et par conséquent, ces économies pourraient être appliquées à des combinaisons de foyers et de combustibles plus propres.

Jusqu'en 2030, le financement de l'écart d'accessibilité financière pour le scénario de base nécessiterait 3 milliards de dollars de dépenses de consommation supplémentaires par rapport aux coûts actuels, tandis que le scénario universel nécessiterait 8,6 milliards de dollars pour financer l'écart d'accessibilité financière par rapport au scénario de base.

Tableau 15 : Dépenses en foyer et en combustible du cas de référence

TYPE DE FOYER ET DE COMBUSTIBLE	FOYER	COMBUSTIBLE	TOTAL
Bois	18 641 372 \$	466 923 504 \$	485 564 876 \$
Charbon	136 850 267 \$	2 521 647 781 \$	2 658 498 048 \$
Granulés/ briquettes	\$ -	\$ -	\$ -
Biogaz	1 222 772 \$	8 199 773 \$	9 422 545 \$
Bioéthanol	\$ -	\$ -	\$ -
GPL	4 338 952 \$	59 917 544 \$	64 256 496 \$
Électricité	15 433 507 \$	308 361 980 \$	323 795 487 \$
Total	176 486 870 \$	3 365 050 582 \$	3 541 537 452 \$

Tableau 16 : Écart d'accessibilité financière des consommateurs – Scénario de base

TYPE DE FOYER ET DE COMBUSTIBLE	FOYER	COMBUSTIBLE	TOTAL
Bois	4 585 856 \$	(148 122 549 \$)	(143 536 693 \$)
Charbon	(33 000 474 \$)	(859 789 247 \$)	(892 789 721 \$)
Granulés/ briquettes	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 \$
Électricité	86 445 719 \$	1 376 377 550 \$	1 462 823 269 \$
Total	185 657 098 \$	2 825 046 168 \$	3 010 703 266 \$

Tableau 17 : Écart d'accessibilité financière des consommateurs – Scénario universel

TYPE DE FOYER ET DE COMBUSTIBLE	FOYER	COMBUSTIBLE	TOTAL
Bois	(7 441 332 \$)	(231 486 599 \$)	(238 927 931 \$)
Charbon	(67 394 446 \$)	(1 241 217 594 \$)	(1 308 612 040 \$)
Granulés/ briquettes	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 \$
Électricité	152 598 575 \$	2 755 902 539 \$	2 908 501 114 \$
Total	495 533 201 \$	8 149 108 921 \$	8 644 642 122 \$

Résultats du scénario : avantages connexes de la cuisson propre

La transition vers une cuisine plus propre entraîne de nombreux avantages sociaux et environnementaux connexes. Pour chaque scénario, le PEI de Madagascar a quantifié les impacts sur la santé et l'utilisation du temps sur la population, ainsi que le potentiel de réduction des émissions de GES et les impacts de la déforestation de la transition vers une cuisine plus propre. Les résultats détaillés sont disponibles dans le rapport complet.

AVANTAGES SOCIAUX CONNEXES

Tableau 18 : Années de vie d'invalidité (AVCI) évitées grâce à la réduction de la pollution de l'air domestique due à la transition vers une cuisine propre

IMPACT SANITAIRE	SCÉNARIO DE BASE	SCÉNARIO UNIVERSEL
AVCI évitées (enfant)	64 934	689 349
Décès évités (enfant)	756	8 022
AVCI évitées (adulte)	97 164	1 225 051
Décès évités (adulte)	3 653	49 183

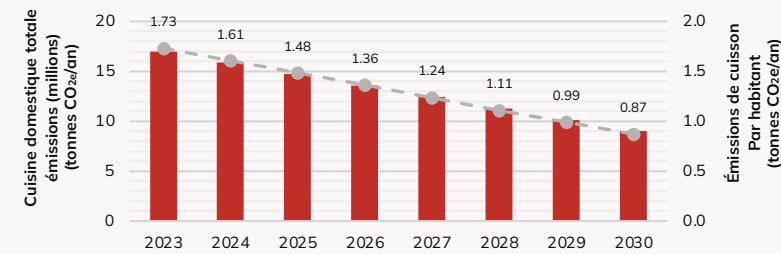
Tableau 19 : Impact de la transition vers une cuisson propre sur l'utilisation du temps

TYPE DE FOYER ET DE COMBUSTIBLE	POSSESSION DE FOYER DOMESTIQUE TOTAL DES MÉNAGES (%)			NOMBRE MOYEN D'HEURES PASSÉES À CUISINER MÉNAGES
	AUJOURD'HUI (2023)	BASE (2030)	UNIVERSEL (2030)	
Bois	44,4%	27,4%	3,2 %	3,22
Charbon	53,1%	31,5%	3,2 %	3,44
Électricité	2,2 %	20,1 %	31,8 %	1,77
GPL / autre	0,4 %	20,9 %	61,8 %	1,60
Moyenne (h / jour)	3.30	2,66	1,77	

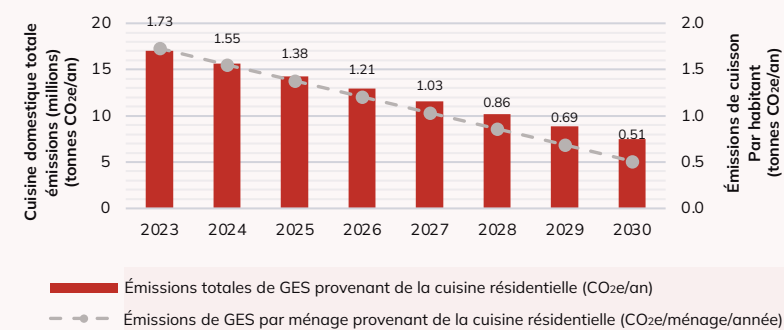
AVANTAGES ENVIRONNEMENTAUX CONNEXES

Figure 8 : Réductions des émissions de GES liées à la transition vers une cuisson propre (tonnes CO₂e/an)

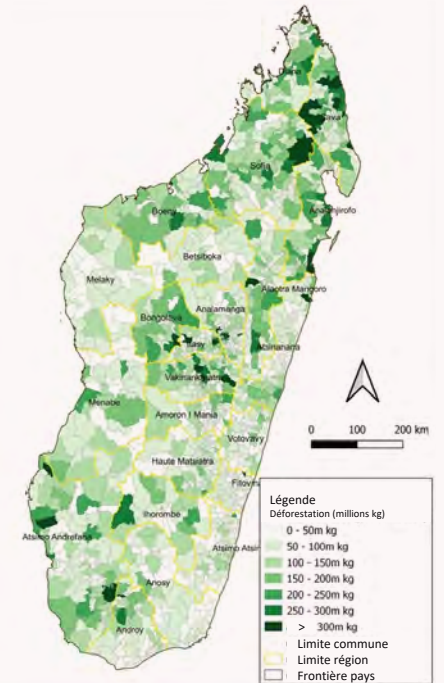
Impact climatique des ménages dans le scénario de base



Impact climatique des ménages dans le scénario universel



Carte : Impacts de la déforestation – Exemple de scénario de base



Conclusions

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 à Madagascar. Même dans le scénario universel avec les taux d'adoption de combustibles propres les plus ambitieux, l'énergie nécessaire pour le combustible de cuisson n'utiliserait que 19,11 %, 4,81 % et 6,55 % de la biomasse nécessaire pour produire du bioéthanol, du biogaz et des granulés/briquettes, respectivement, ce qui suggère qu'au niveau national, le détournement de la biomasse pour les combustibles peut ne pas avoir d'effet substantiel sur la disponibilité alimentaire (par exemple, le maïs) ou les engrais naturels (par exemple, le fumier).

Les clients urbains et ruraux ont la possibilité de s'éloigner du bois et du charbon de bois. La portabilité des combustibles est essentielle, en particulier les briquettes de granulés de bioéthanol et de biomasse dans les zones rurales, la cuisson électrique et le GPL devant avoir un meilleur accès et une meilleure adoption (achat) dans les zones urbaines. Environ 72 % et 10 % des ménages urbains devraient utiliser l'électricité et le GPL pour cuisiner dans le scénario universel, respectivement ; les institutions urbaines devraient suivre une tendance similaire.

Les investissements ciblés, la planification de la chaîne d'approvisionnement et les projets pilotes commerciaux peuvent démontrer l'espace d'opportunité pour la cuisson électrique et les foyers à biocombustible améliorés qui augmentent la sensibilisation des clients et attirent la participation du secteur privé. Des innovations politiques associées et un travail de plaidoyer du gouvernement sont également nécessaires pour créer un environnement propice à une croissance autonome du secteur de la cuisine propre à Madagascar.

Une cuisson plus propre et plus efficace peut réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre et la déforestation résidentielles et générer d'importants avantages sociaux. Les tâches ménagères sont principalement la responsabilité des

femmes, qui ont passé environ 3,30 heures par jour à cuisiner en 2023. Ce volume horaire 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 heure par jour dans le scénario universel 2030. Les avantages 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'écart d'accessibilité financière des solutions de cuisson propre est un écart important pour atteindre les objectifs nationaux. Les données de l'enquête indiquent qu'environ 75 % des ménages ont identifié les coûts de la cuisine comme le principal obstacle, tandis qu'un faible pourcentage d'institutions ont indiqué des difficultés à utiliser des solutions de cuisson propres. En notant que le coût en capital de l'achat d'un foyer est modeste par rapport au coût du combustible, l'approche consistant à subventionner le coût du cuisinière est utile mais doit être associée à des interventions visant à réduire le coût des combustibles.

La collaboration et les partenariats seront essentiels pour surmonter les obstacles à l'accès universel à une cuisine propre. L'avenir de la cuisine propre projeté pour Madagascar dans le cadre des scénarios du PEI nécessitera une collaboration interministérielle pour l'énergie, les finances, l'agriculture, les transports, le commerce et d'autres secteurs du gouvernement malgache. En outre, une plus grande collaboration entre le gouvernement, les développeurs de foyers et les producteurs de combustible sera essentielle pour planifier et évaluer en collaboration les possibilités de cuisson propre. Les organisations non gouvernementales peuvent jouer un rôle de facilitation en aidant à planifier et à soutenir les interventions du secteur privé et du secteur public.

VOUS POUVEZ DECOUVRIR ET TELECHARGER LES RESULTATS SUR :

madagascar-iep.sdq7energyplanning.org



POUR TOUTES QUESTIONS :
uiep@seforall.org

