



Université Cheikh Anta Diop
de Dakar



Université Mohammed VI Polytechnique

ACTES DE LA 3^e CONFÉRENCE ÉCONOMIQUE INTERNATIONALE DE DAKAR
(CEID)

*Transition énergétique et égalité des genres : Catalyser le changement en
Afrique par des politiques de développement inclusives*

Université Cheikh Anta Diop de Dakar – Sénégal, 30 et 31 mai 2024

Effet de l'utilisation du gaz comme pratique de cuisson sur la santé des enfants au Sénégal

Sokhna Mbathio DIALLO

Economiste chercheur, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

Résumé : Si l'air extérieur est pollué, l'air intérieur s'avère souvent de moins bonne qualité. En effet, l'utilisation de l'énergie domestique représente un enjeu de santé publique du fait de la pollution de l'air intérieur qui lui est associée. L'objectif de cette recherche est d'analyser les effets de la suppression de la subvention du gaz sur la santé des enfants de moins de 5 ans au Sénégal. La méthodologie repose sur l'approche d'appariement par score de propension qui évalue l'effet de la réforme sur les indicateurs de santé des enfants. Les données proviennent de 15 vagues de l'enquête continue sur la démographie et la santé (EDS) de 2005 à 2019. Les résultats indiquent que la suppression de la subvention du gaz a entraîné la baisse de l'utilisation du gaz pour la cuisson par les ménages au profit des autres types de combustibles. Ces résultats révèlent également que cette réforme a un impact positif sur l'infection respiratoire aiguë (-33 points de pourcentage) mais augmente le risque d'avoir une anémie (+47 points de pourcentage) chez les enfants. Ces résultats contribuent à une compréhension améliorée du phénomène de transition énergétique en phase avec la préservation de la santé publique dans un contexte de changement climatique.

Mots-clés : pollution de l'air ; énergies de cuisson ; santé ; appariement par score de propension.

Les idées et opinions exprimées dans les textes publiés dans les actes de la CEID n'engagent que leurs auteurs et ne représentent pas nécessairement celles de l'UCAD ou de ses partenaires. Aussi, les erreurs et lacunes subsistantes de même que les omissions relèvent de la seule responsabilité des auteurs.

1. Introduction

L'énergie, qui se décline en plusieurs variantes, est une composante essentielle du panier de consommation des ménages (Mensah et Adu, 2015). Cependant, ces derniers, dans les pays en développement, dépendent des combustibles traditionnels pour la cuisine, le chauffage et l'éclairage. Il est estimé qu'environ 2,4 milliards de personnes continuent de faire cuire leurs aliments et de chauffer leur logement au moyen de combustibles solides (résidus agricoles, déjections animales, charbon et charbon de bois) et du pétrole, le plus souvent dans des foyers ouverts, ou encore des cuisinières peu efficaces (OMS, 2022).¹

La pollution de l'air intérieur qui en résulte est responsable d'environ 3,2 millions de décès chaque année, principalement chez les femmes et les enfants, en raison de nombreux problèmes de santé auxquels elle est liée, tels que les accidents vasculaires cérébraux, les maladies cardiaques, les maladies pulmonaires, les maladies des voies respiratoires inférieures (pneumonie), le cancer et le diabète (OMS, 2022). En effet, 20 % des décès dus à des complications néonatales et 45 % des décès d'enfants de moins de 5 ans dus aux infections respiratoires aiguës sont attribuables à cette pollution (Thivillon, 2022). En outre, les efforts visant à promouvoir l'adoption de combustible propre tels que le gaz reposent souvent sur l'idée que l'utilisation quasi exclusive de ce dernier pourrait entraîner des améliorations de la santé (Williams et al., 2020). Cependant, Blair et al., (2023) soutiennent que la cuisson au gaz contribue à l'asthme chez les enfants et à l'aggravation des symptômes chez les adultes asthmatiques, ainsi qu'à de petites diminutions de la fonction pulmonaire.

Par ailleurs, des disparités considérables subsistent entre zone urbaine et rurale, en Afrique subsaharienne, où seulement 5,9 % de la population ont accès à des solutions de cuisson propres en zones rurales et 35,1 % en zone urbaine en 2021, en dépit d'une certaine hétérogénéité (Banque Mondiale, 2023).² Avec une population de plus de 18 millions d'habitants et un produit intérieur brut annuel par habitant de 1636,9 dollars, le Sénégal fait partie des pays les plus urbanisés d'Afrique Subsaharienne, où 49 % de la population réside en zones urbaines (Banque Mondiale, 2023). D'ailleurs, au niveau national 74,4 % des ménages utilisent un combustible solide pour cuisiner, contre 24 % seulement qui utilisent des combustibles propres, comme le gaz et l'électricité en 2020 (Banque Mondiale, 2023). Cette situation est plus accentuée en milieu rural qu'en milieu urbain.

Dans de nombreux pays d'Afrique subsaharienne, l'accès limité à l'énergie propre, en raison des contraintes économiques, technologiques et de l'offre, entraîne une forte dépendance aux combustibles traditionnels. Toutefois certains pays comme l'Afrique du Sud et le Gabon utilisent les combustibles de cuisson propre à forte échelle (l'Afrique du Sud plus de 87 % de la population et le Gabon 88 %) (Banque Mondiale, 2023).

Le modèle de consommation d'énergie est le plus souvent indicatif du niveau de bien-être des ménages et, plus globalement, du stade de développement socio-économique d'un pays. La littérature scientifique a en effet montré qu'il existe une corrélation relativement forte entre la pollution de l'air résultant de l'utilisation de combustibles de cuisson et la santé. Plusieurs travaux menés dans divers contextes ont montré que la pollution associée aux combustibles de cuisson est liée au risque de maladies telles que la maladie pulmonaire obstructive chronique et la tuberculose (Kim et al., 2015 ; Yu et al., 2020), les affections respiratoires (Capuno et al., 2016 ; Kafando et al., 2018 ; Qiu et al., 2019 ; Mondal et Paul, 2020), la mortalité néonatale et infantile (Neogi et al., 2015 ; Naz et al., 2016 ; Kotecha et al., 2019 ; Thivillon, 2022). Des travaux récents ont également montré que la cuisson au gaz alourdit le fardeau de la pollution de l'air sur la santé par l'émission de particules tels que du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone et du méthane affectant pratiquement tout le corps

¹ Source : Organisation Mondiale de la Santé, Pollution de l'air à l'intérieur des habitations et santé, <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>, accédé le 29/05/2023.

² Source : Groupe Banque Mondiale, <https://donnees.banquemondiale.org/>, accédé le 02/06/2023.

humain (Blair et al., 2023). L'analyse des facteurs de l'utilisation de combustible pour la cuisson dans les pays en développement devrait prendre en compte les conditions économiques, sociales, ainsi que les caractéristiques démographiques des ménages.

Il est évident qu'il y'a un besoin d'interventions publiques afin de favoriser la mise en œuvre des lignes directrices de l'OMS relatives à la qualité de l'air intérieur et alentours des ménages. Ainsi, l'Etat du Sénégal a mis en place des programmes de développement des énergies propres et renouvelables. En 1987, l'Etat avait adopté la politique de butanisation dont l'objectif majeur était de réduire notablement la pression sur les ressources ligneuses en mettant à la portée du plus grand nombre de ménages le gaz butane et son équipement adapté à leurs exigences de cuisson. Par contre, en juin 2009, l'Etat a levé les subventions du gaz constatant que la politique de butanisation ne bénéficiait pas aux plus pauvres. A cet effet, les bouteilles de gaz butane de 6 et de 2,7 kg, dont les prix étaient fixés respectivement, à 2500 et 1000 francs CFA avaient augmenté.³

Il faut noter que cet effort n'est pas sans conséquence. Ainsi, compte tenu de la suppression de cette subvention et l'augmentation du prix du gaz, malgré le renoncement de l'Etat à la TVA, les questions auxquelles ce travail de recherche tente de répondre sont les suivantes : quels sont les effets de la réforme sur la santé infantile ? Quel est le comportement des ménages en ce qui concerne leur mode de consommation d'énergie de cuisson durant les années considérées ?

Cette recherche contribue aux preuves empiriques sur l'utilisation d'énergie de cuisson des ménages dans les pays africains, au cas spécifique du Sénégal. Du point vu politique, répondre à ces questions pourrait contribuer de manière significative à la formulation de politiques énergétiques efficaces qui pourraient avoir un impact positif sur le comportement des ménages en ce qui concerne l'énergie de cuisson au Sénégal.

L'objectif général de cette recherche est d'analyser les effets de la réforme sur la santé des enfants de moins de 5 ans. De façon plus spécifique, il s'agit : (i) de voir s'il y a une différence de la consommation d'énergie de cuisson des ménages sénégalais après la réforme et (ii) de déterminer les effets de la non-utilisation du gaz comme combustible de cuisson des ménages sur la santé des enfants de moins de 5 ans.

Les hypothèses de recherches sont les suivantes : (i) l'utilisation de combustible propre tel que le gaz par les ménages a fortement diminué après la réforme ce qui implique un changement de comportement en ce qui concerne l'énergie de cuisson au Sénégal et (ii) la non-utilisation du gaz à un effet significatif sur l'état de santé des enfants.

La méthodologie repose sur la méthode d'appariement par score de propension (PSM), au vu de déterminer l'impact de la réforme de subvention de gaz. Les données sont issues de l'Enquête Démographique et de Santé (EDS) de la DHS de 2005 à 2019.

Le reste du travail est structuré comme suit : la section 2 porte sur les éléments contextuels ; ; la section 3 propose une analyse conceptuelle ; la section 4 décrit l'approche méthodologique et les données ; la section 5 présente et discute les résultats et la section 6 porte sur la conclusion.

2. Contexte d'étude

Le Sénégal est un pays en développement situé sur la côte ouest de la région du Sahel en Afrique avec un climat de type soudano-sahélien sur une superficie de 197 722 km². Le pays est divisé en 14 régions. Avec un taux de croissance annuel de 2,68 %, la population sénégalaise s'établit à 15 millions d'habitants en 2017 à plus de 18,3 millions en 2023 (ANSD, 2023).⁴ La structure de la population est

³ Source : voir les Figures 1 et 2 dans contexte de l'étude.

⁴ Source : Agence National de la Statistique et de le Démographie, <https://www.ansd.sn/>, accédé le 19/06/2023.

marquée par une légère prédominance des femmes (50,2 %) par rapport aux hommes. Elle se caractérise par sa jeunesse avec un âge médian se situant à 19 ans (ANSD, 2023). Les enfants représentent 48 % de la population totale et un tiers de tous les enfants ont moins de cinq ans (Unicef, 2023).⁵ Outre la région de Dakar, celles de Thiès et Diourbel restent les plus urbanisées. La part de la population vivant en milieu urbain est passée de 25 % à 49 % entre 1960 et 2021 (Banque Mondiale, 2023). Cependant, ce taux d'urbanisation varie d'une région à une autre.

Entre 2014 et 2021, l'activité économique sénégalaise est restée dynamique, avec une croissance économique supérieure à 6 % malgré le contexte économique mondiale. Cette croissance est principalement tirée de la bonne performance des secteurs primaire et tertiaire. En effet, le Sénégal est la deuxième plus grande économie de la zone UEMOA en termes de PIB après celle de la Côte d'Ivoire. La forte croissance économique du pays a entraîné une augmentation de la demande annuelle d'énergie. Par ailleurs, l'inflation mondiale s'est accrue, passant de 1,6 % en 2010 à 2,5 % en 2021 notant ainsi un renchérissement des produits énergétiques (Banque Mondiale, 2023). En 2018, les prix dans les industries de production d'énergie ont crû de 5,5 %, tout comme ceux de 2017, en raison du redressement des coûts de production et distribution d'électricité à plus de 8,8 % (SES, 2020).

Le pays a fait d'importantes importations en énergie. En 4 ans, les importations ont augmenté de 15,75 % en 2014 par rapport à la consommation d'énergie qui diminue légèrement de 22,98 kg d'équivalent pétrole par habitant de 2010 à 2014 avant de s'établir à 3 529,06 Ktep en 2021. Ce faible approvisionnement en énergie a eu comme résultat la faible consommation d'énergie. En effet, le taux d'autosuffisance énergétique au Sénégal est de 36,88 %.⁶

Au Sénégal, les combustibles ligneux représentent la principale source d'approvisionnement en énergie pour les ménages. Elle contribue à hauteur de 84 % dans leur consommation énergétique et constitue par ailleurs la source d'énergie dominante dans le bilan énergétique national avec 42 %.⁷ La consommation d'énergie fossile était de 53,9 % en 2015 au niveau national (Banque mondiale, 2023). Bien qu'une grande partie des ménages urbains utilise les combustibles propres comme le gaz, certains ménages dépendent encore des combustibles solides tels que le charbon, le charbon de bois et les résidus agricoles. La consommation de ces combustibles contribue à la déforestation. Ils représentent un fardeau et une perte de temps considérables, notamment pour les femmes, sachant qu'au Sénégal 24,5 % des ménages sont régis par les femmes en 2021 (Banque Mondiale, 2023). De plus, la consommation moyenne journalière de bois de feu d'un ménage urbain est de 0,90 Kg comparé à celle d'un ménage rural qui tourne autour de 5,11 Kg.⁸

La pollution de l'air intérieur qui en résulte a entraîné la perte d'environ 86 millions d'années de vie en bonne santé en 2019.⁹ Chez les enfants de moins de cinq ans, plus d'un décès sur quatre est directement ou indirectement lié aux risques environnementaux (OMS). En effet, au Sénégal, en 2019, 47,6 % d'enfants de moins de 5 ans ont eu un traitement des infections respiratoires contre 49,9 % en 2009 (Banque Mondiale, 2023). Ce taux est de 47,2 % en Afrique subsaharienne. Quant au taux de mortalité des moins de 5 ans, il se situe autour de 38,6 % au Sénégal en 2021 contre 73 % en Afrique subsaharienne. D'après les chiffres de la Banque Mondiale, la pollution de l'air coûterait

⁵ Source : Unicef Sénégal, <https://www.unicef.org/senegal/les-enfants-au-s%C3%A9n%C3%A9gal>, accédé le 31/05/2023.

⁶ Source : Système d'Information Énergétique UEMOA <https://sie.uemoa.int/siesenegal/>, accédé le 07/08/2023.

⁷ Source : Ministère du Pétrole et des Énergies, www.energie.gouv.sn, accédé le 23/04/2021.

⁸ Source : <https://sie.uemoa.int/siesenegal/>, accédé le 07/08/2023.

⁹ : Source : Organisation Mondiale de la Santé, <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health> accédé le 08/06/2023.

à l'Afrique environ 3,8 % de son taux de croissance du produit national brut (PNB) s'il continue d'utiliser les combustibles solides.¹⁰ D'où la nécessité d'utilisation des énergies domestiques propres.

Afin d'aider les populations, l'État du Sénégal, dans le cadre de la mise en place d'une politique énergétique, a élaboré une stratégie avec différents axes tels que garantir la sécurité énergétique et l'augmentation de l'accès à l'énergie pour tous, développer une politique de mixte énergétique associant le thermique, le charbon, le gaz, les énergies renouvelables et exploiter au mieux toutes les possibilités d'interconnexion régionale et sous régionale. Il s'agira également de poursuivre et d'accélérer la libéralisation en encourageant la production indépendante et améliorer la compétitivité du secteur, afin de rendre l'énergie accessible aux meilleurs prix.

Pour rappel, l'UEMOA avait préconisé de mettre en œuvre la subvention de gaz butane en 1986 pour une harmonisation des politiques énergétiques, avec entre autres, la suppression dans tous les pays membres, de la subvention au plus tard décembre 2008. Ainsi, l'Etat du Sénégal avait mis en place la politique de butanisation qui consisté à équiper des foyers en réchauds à butane aux ménages. Pour soutenir cette politique socialement allouée aux femmes et à la lutte contre la désertification, le gaz butane était subventionné et a gagné des parts de marché considérables dans le sous-secteur des combustibles domestiques. Cette politique s'appuyait en ce sens dans le cadre de la réduction de la pauvreté. Ainsi, entre 2000 et 2009, il y'a eu 166 milliards de subventions destinées aux ménages à faibles revenus correspondent à 315 milliards de francs FCFA de dépenses évitées (voir Tableau 1) liées aux impacts sur l'environnement et la santé des ménages, particulièrement pour les femmes et les enfants (moins d'émission de gaz nocifs et/ou à effet de serre) (SIE, 2010).¹¹

Tableau 1 : Impact de la subvention sur le gaz

Année	Superficie épargnée en ha	Economie réalisée (en milliard de FCFA)	Subvention sur le GPL (en milliard de FCFA)
2000	40 072,32	26	15
2001	41 540,85	27	12
2002	43 944,93	28	11
2003	47 911,50	31	13
2004	51 917,76	34	18
2005	55 213,65	36	27
2006	53 476,20	35	30
2007	488 665,68	32	17
2008	50 456,52	33	19
2009	50 605,00	33	4
2010	46340	30	0
Total	970 144,41	345	166

Source : Système d'Information Énergétique Sénégal 2010

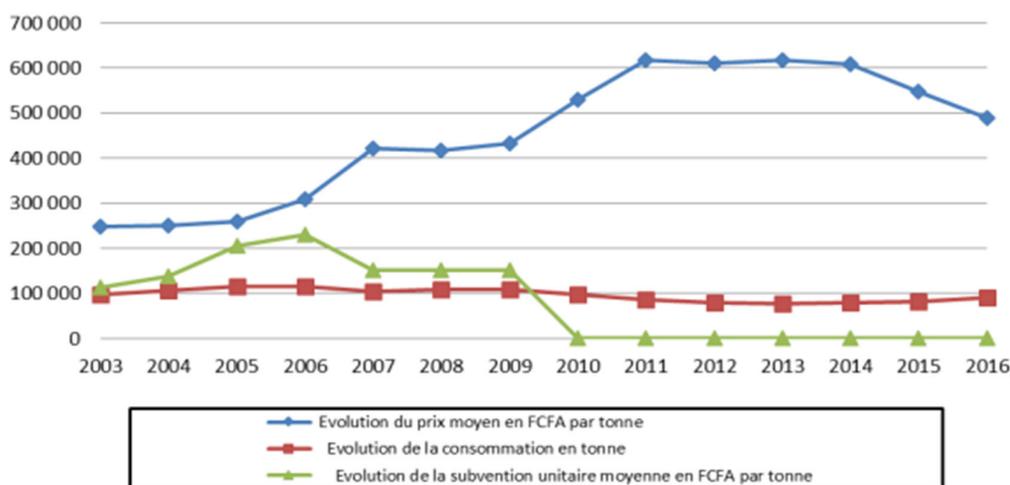
Les Figures 1 et 2 montrent l'évolution de la consommation de gaz butane. De 2003 à 2009, pour les emballages de 2,7 kg et 6 kg, elle est restée plus ou moins stable. Entre 2003 et 2006, période pendant

¹⁰ Source : Organisation Mondiale de la Santé Région Afrique, <https://staging.afro.who.int/fr/media-centre/statements-commentaries/la-pollution-de-lair-en-afrique-represente-aujourd'hui-le>, accédé le 08/06/2023.

¹¹ Source : Système d'information énergétique (SIE) Sénégal, Rapport 2010. Un outil d'aide à la prise de décision, www.sie-energie.gouv.sn, accédé le 08/06/2023.

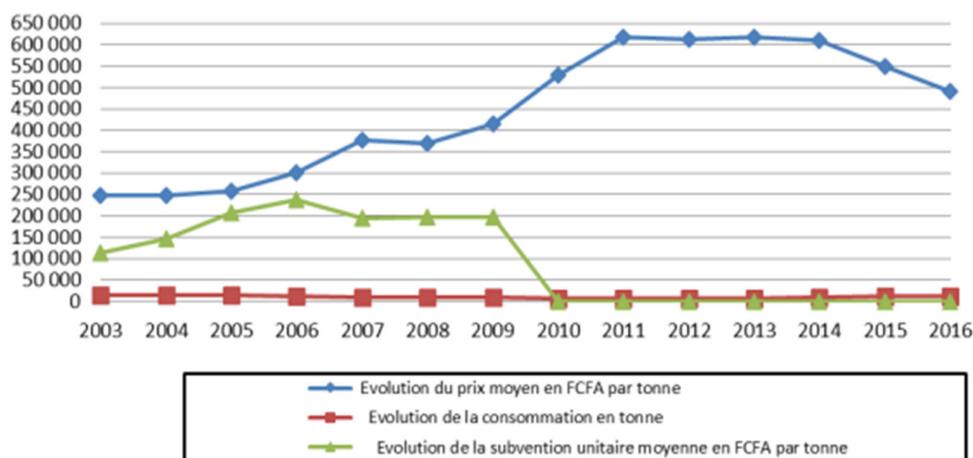
laquelle la subvention a augmenté, les prix sont restés stables dans l'ensemble. Par contre, entre 2006 et 2009 les prix ont augmenté du fait de la diminution de la subvention et de l'augmentation du prix du pétrole puisque le gouvernement du Sénégal s'était engagé à supprimer progressivement ces subventions (SIE, 2010). Fort mécontent que cette politique ne bénéficiait pas aux plus pauvres et qu'il est fréquent de retrouver des bouteilles de gaz dans d'autres pays, l'Etat du Sénégal a supprimé la subvention en 2009. Toutefois, cet effort n'est pas sans conséquences financières, car avec la suppression de la subvention, il y'a une augmentation du prix du gaz, malgré le renoncement de l'Etat à la TVA. En effet, pour rendre le gaz compétitif, l'Etat du Sénégal avait décidé de défiscaliser le butane à travers la renonciation temporaire à la TVA et la renonciation partielle aux Droits de Douane.

Figure 1 : Evolution du GPL de 6 Kg



Source : Système d'Information Énergétique Sénégal 2016¹²

Figure 2 : Evolution du GPL de 2,7 Kg



Source : Système d'Information Énergétique Sénégal 2016

Il devient évident pour le Sénégal d'exploiter les sources d'énergie renouvelable existante. Par conséquent, il est essentiel de stimuler les investissements pour les sources locales d'énergie propre,

¹² Source : emis.sn/sie/public/assets/documents/rapportSIE2016.pdf, accédé le 07/08/2023.

telles que l'énergie solaire, l'énergie hydraulique et l'éolien. Le Sénégal a pris des mesures énergiques pour intensifier le déploiement des énergies renouvelables. Avec l'exploitation du gaz, le Sénégal va passer du HFO ((HydroFluoro-Oléfines) aux énergies renouvelables à un système hybride gaz-énergie renouvelable. Le pays est dans la dynamique d'augmenter sa capacité d'énergie renouvelable, en grande partie pour réduire sa dépendance à l'égard des combustibles liquides coûteux et polluants (Ndiaye Cisse, 2021).¹³ Les études réalisées par l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS) et l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Gambie (OMVG), en perspective du développement d'unités hydroélectriques, montrent l'existence de plusieurs sites ayant un potentiel estimé à près de 1400 MW sur les fleuves Sénégal et Gambie ainsi que leurs affluents.¹⁴

Le Sénégal a mis en œuvre depuis plus d'un quart de siècle un important programme de recherche-développement sur la sous-filière solaire thermique avec la mise au point des premières pompes thermodynamiques et les chauffe-eaux solaires au niveau de l'Université de Dakar (Institut de Physique météorologique H. Masson, devenu CERER). Avec 3000 heures d'ensoleillement par an et une irradiation globale de 5,8 kWh/m²/jour, le Sénégal dispose d'un potentiel important favorable à la valorisation de cette ressource.¹⁵

Bien qu'une grande partie de la population urbaine, en particulier dans les grandes villes, utilise un combustible propre, la disponibilité de ce dernier reste toujours un problème surtout dans le monde rural. En conséquence, les habitants se tournent vers des sources d'énergie alternatives.

3. Cadre conceptuel

Les préférences qui gouvernent le choix énergétique des ménages peuvent être appréhendées à l'aide de la fonction d'utilité. Le choix est appliqué à divers combustibles. Les connaissances des ménages sur les différents combustibles influencent leur choix énergétique ainsi que leur contrainte budgétaire. Le choix effectif dépend du gain en termes d'utilité que le ménage obtient par rapport aux alternatives. Pour faire ce choix, l'individu devrait classer les niveaux d'utilité associée aux types de combustible et d'en choisir celui qui lui apporte plus de satisfaction.

Supposons que les ménages aient à faire un choix, entre ne pas cuisiner avec le gaz et cuisiner avec le gaz, leur procurant des niveaux de satisfaction différents. Ce choix peut être représenté par une fonction d'utilité.

Etant donné que les ménages font le choix de cuisiner avec le gaz ou non, il existe une variable latente Z^* qui dicte la décision de cuisiner ou pas avec le gaz. Cette variable Z^* est la différence entre les utilités espérées (U_1 et U_0 respectivement l'utilité espérée liée à la décision de ne pas cuisiner avec le gaz et l'utilité espérée liée à la décision de cuisiner avec le gaz) qui n'est pas observé, car les utilités espérées sont non observables. Ainsi nous aurons :

$$Z^* = \gamma z_i + \mu_i \text{ avec } \mu_i \sim N(0,1) \quad (1)$$

Le ménage i décide de ne pas cuisiner avec le gaz si l'utilité qu'il en tire est plus élevée que lorsqu'il cuisine avec le gaz. Ainsi, la décision de ne pas cuisiner avec le gaz est définie selon Z^* :

$$Z = \begin{cases} 1 & \text{si } Z^* > 0 \\ 0 & \text{si } Z^* \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

La probabilité qu'un ménage ne cuisine pas avec le gaz est :

¹³ Source : Hub de l'énergie pour la croissance, 2021, La deuxième vague de la transition énergétique au Sénégal, <https://www.energyforgrowth.org/wp-content/uploads/2021/07/La-deuxieme-vague-de-la-transition-energetique-au-Senegal-vf-FR2-nc-.pdf>, accédé le 02/06/2023.

¹⁴ Source : Ministère du Pétrole et des Énergies, www.energie.gouv.sn, accédé le 23/04/2023.

¹⁵ Source : Idem.

$$\Pr(Z_i = 1) = \Pr(Z^* > 0) = \Pr(\gamma z_i + \mu_i > 0) \quad (3)$$

Cette probabilité correspond à la fonction de répartition de la loi normale $\Phi(\cdot)$.

Sa décision de ne pas utiliser le gaz pour la cuisson est affectée par des facteurs économiques et non économiques. La littérature reconnaît l'existence de plusieurs facteurs déterminant le choix énergétique de cuisson des ménages. Les facteurs économiques peuvent inclure le prix du marché, le revenu du ménage ou bien le niveau de richesse et les dépenses du ménage. En effet, plus la situation économique du ménage s'améliore plus la préférence du ménage en combustibles propres augmente. En d'autres termes, il est attendu que les ménages les plus aisés sont plus susceptibles d'utiliser le gaz. Lorsque le prix augmente, il est attendu qu'il ait une baisse de l'utilisation du gaz.

Les facteurs non économiques peuvent inclure un ensemble de caractéristiques du ménage tels que la taille du ménage, le sexe, l'éducation, la propriété du logement, le type de logement, le lieu de résidence, l'âge du ménage et accès à l'électricité, etc. En effet il est attendu que lorsque l'âge du chef de ménage soit corrélé à des caractéristiques socio-économiques du ménage. Il est également attendu que les ménages en milieu rural soient moins susceptibles à utiliser le gaz que ceux qui sont en milieu urbain. Cela pourrait s'expliquer par le coût des combustibles et les normes sociales. En outre, il est attendu que les chefs de ménage relativement instruits sont plus susceptibles d'utiliser le gaz, car l'éducation améliore la prise de conscience des divers impacts environnementaux et sanitaires de l'utilisation de combustibles sales et augmente l'utilisation de combustibles propres. Par ailleurs, les ménages de grande taille sont moins susceptibles d'utiliser le gaz cela pourrait s'expliquer par le fait que la taille du ménage soit corrélée avec la pauvreté. De même, lorsque le ménage a accès à l'électricité, il est attendu qu'il utilise moins le gaz. Le ménage pourrait passer du gaz au combustible plus propre comme l'électricité.

Étudier l'impact de la réforme sur les indicateurs de santé des enfants pose un problème majeur, car nous ne pouvons pas observer les résultats pour les mêmes enfants qui sont dans les ménages dans les deux états et il y a qu'un seul résultat potentiel qui peut être observé pour chaque enfant. Ceci amène à faire face au problème de contrefactuel. Puisque nous pouvons observer que les enfants qui sont dans des ménages utilisant ou non le gaz pour la cuisson. Par conséquent, la résolution de ce problème peut passer par la méthode du matching où il est généré des groupes de traitement et de contrôle qui ont des caractéristiques similaires de sorte que des comparaisons puissent être faites au sein de ces groupes appariés. Cet appariement est basé sur les observables.

4. Données et méthodologie

4.1. Approche méthodologique

Pour étudier l'impact de la réforme de subvention de gaz, l'approche méthodologique repose sur la méthode d'appariement par score de propension (PSM). C'est une méthode d'évaluation quasi expérimentale largement utilisée dans l'estimation de l'effet moyen d'un traitement ou d'une intervention de programme. En effet, l'estimation de l'effet du traitement peut être biaisée, car les ménages sont affectés aux groupes de traitement et de contrôle de manière non aléatoire, étant donné que le choix d'un ménage d'utiliser le gaz pour la cuisson est déterminé par de nombreux facteurs, les caractéristiques des ménages du groupe de traitement et du groupe de contrôle sont susceptibles de différer considérablement.

Ainsi la méthode d'appariement peut corriger ce biais en associant chaque participant à un ou plusieurs non-participants possédant les mêmes caractéristiques observables. Il est généré des groupes de traitement et de contrôle qui ont des caractéristiques similaires qui ne sont pas confondues par les différences dans les distributions de variables observables de sorte que des comparaisons puissent être faites au sein de ces groupes appariés et elle équilibre les distributions des variables observées

entre un groupe de traitement et un groupe témoin en fonction de la similarité de leurs caractéristiques observables.

La méthode suppose, cependant, qu'il n'y a pas de facteurs non observés qui confondent l'estimation de l'impact. Bien que cette hypothèse ne puisse pas être testée directement, des tests de sensibilité aux sources cachées de biais ont été proposés. L'un des principaux avantages de cette méthode est qu'elle ne nécessite pas de spécifier la forme fonctionnelle de l'équation. Toutefois, s'il y'a un grand nombre de caractéristiques observées détaillées ou qui comportent plusieurs valeurs, l'appariement devient difficile (risque de trouver deux agents avec des caractéristiques similaires). Une solution de contourner ce risque est la méthode d'appariement par score de propension.

Avec cette approche il n'est plus nécessaire d'apparier les agents ayant les mêmes caractéristiques observées, mais l'appariement se fera selon la probabilité de faire partie du groupe de traitement d'où la nécessité de calculer le score de propension conditionnellement aux caractéristiques observables. L'idée est de combiner toutes les caractéristiques observables dans une variable continue et d'apparier les agents selon cette variable. Cette méthode est utilisée dans plusieurs travaux de recherche pour déterminer les effets du choix du combustible sur la santé. Il y'a les travaux de Rahut et al., (2016) pour déterminer les effets de l'utilisation de l'énergie domestique sur la santé humaine pour le cas du Bhutan, Lui et al., (2020) pour déterminer l'impact du choix de combustible sur la santé en milieu rural en chine et Capuno et al., (2016) afin déterminer les effets du combustible de cuisson propre sur la santé respiratoire des enfants aux Philippines.

Dans cette approche, l'impact de la réforme sur les indicateurs de santé des enfants est mesuré par l'effet moyen du traitement sur les traités (ATT). Dans le cadre de ce travail, le placement des traitements d'intérêt est fait au niveau ménage. En effet avec la suppression de la subvention, nous partons de l'hypothèse que les ménages n'utilisent plus le gaz du fait de la hausse des prix. Ainsi, les ménages traités sont ceux qui ne cuisinent pas avec le gaz après l'arrêt de la subvention du gaz et les ménages contrôlés sont ceux qui utilisent le gaz. Les résultats d'intérêt sont les indicateurs de santé de l'enfant tels que l'infection respiratoire aiguë, la mortalité néonatale, la mortalité infantile et l'anémie obtenus au niveau de chaque enfant de moins de 5 ans.

Le score de propension, $p(X_i)$, est la probabilité qu'un ménage n'utilise pas le gaz pour la cuisine compte tenu des caractéristiques observées. Ainsi, le score de propension $p(X)$ défini par Rosenbaum et Rubin (1983) comme la probabilité conditionnelle de recevoir un traitement compte tenu des caractéristiques observées est :

$$p(X) \equiv \Pr(T = 1|X) = E(T|X) \quad (4)$$

En effet, la PSM se fait en deux étapes : il sera estimé d'abord les scores de propension pour les unités traitées et les unités de contrôle avec des variables de prétraitement à l'aide d'un modèle probit, suivi d'un appariement des unités traitées et des unités de contrôle les uns aux autres avec scores de propension similaires. L'estimation du modèle probit se fera par la méthode du maximum de vraisemblance.

Pour que l'appariement soit valide, deux conditions doivent être remplies :

- L'hypothèse de support commun ou overlap qui stipule que chaque ménage doit avoir une probabilité estimée non nulle d'être traité ($0 < \Pr(T = 1|p(x)) < 1$) et une probabilité non nulle d'être non traité ($0 < \Pr(T = 0|p(x)) < 1$). Il doit y avoir des ménages avec des caractéristiques similaires. Ainsi, la probabilité d'observer l'outcome de traitement conditionnellement au score de propension doit être strictement comprise entre 0 et 1.
- L'hypothèse d'indépendance conditionnelle qui stipule que les résultats potentiels sont indépendants de l'attribution du traitement conditionnellement au score de propension $p(X)$.

Ainsi l'estimateur PSM pour ATT va se calculer par la différence moyenne de l'indicateur des enfants qui sont dans des ménages qui n'utilise pas le gaz pour la cuisson contre ceux qui sont dans des ménages qui l'utilise conditionnellement au score de propension.

Soit Y_1 , la valeur de la variable d'intérêt Y (indicateur de santé de l'enfant) si le ménage i ne cuisine pas avec le gaz ($T = 1$) et Y_0 la valeur de Y si le ménage cuisine avec le gaz ($T = 0$).

$$\text{Nous aurons : } ATT(X) = E\{Y_{1i} - Y_{0i} | T_i = 1\} \quad (5)$$

$$\Leftrightarrow ATT(X) = [E\{Y_{1i} - Y_{0i} | T_i = 1, p(X_i)\}] \quad (6)$$

$$\Leftrightarrow ATT(X) = E[E\{Y_{1i} | T_i = 1, p(X_i)\} - E\{Y_{0i} | T_i = 0, p(X_i)\} | T_i = 1] \quad (7)$$

Il faut noter que la PSM ne fonctionne que sur l'hypothèse stricte d'indépendance conditionnelle. Cependant, cette hypothèse est moins évidente, car elle implique que l'ensemble des variables de X contient toute l'information nécessaire pour caractériser les résultats potentiels. Bien qu'il n'existe aucun moyen direct de tester l'existence de facteurs non observés, Caliendo et Kopeinig (2008) ont suggéré d'effectuer des tests de sensibilité des estimations d'impact à d'éventuels biais cachés dus aux caractéristiques inobservables. Une approche standard consiste à comparer les moyennes des variables de Matching entre les traités et les contrôles pour tester leur équilibre. Par ailleurs, il existe plusieurs techniques d'appariement tels que le kernel, le plus proche voisin et le rayon. Comme il est attendu que toutes ces techniques aboutissent asymptotiquement aux mêmes résultats, nous allons toutes les utiliser pour plus de robustesse à nos résultats.

4.2. Données et Statistique descriptive

Les données de ce travail proviennent de 15 vagues de l'enquête continue sur la démographie et la santé (EDS) de 2005 à 2019 de la DHS. Ces données fournissent des informations démographiques, sanitaires et socio-économiques au niveau du ménage et des enfants de moins de 5 ans. L'EDS vise à répondre aux besoins permanents en données pour planifier, suivre et évaluer les programmes de santé et de population.

Tableau 2 : Spécification des variables

Variables	
<u>Caractéristique du chef de ménage</u>	
Sexe chef de ménage	1= Homme ; 0= Femme
Age chef de ménage	En année
Niveau d'éducation du chef de ménage	0= Non éduqué ; 1= Primaire ; 2= Secondaire ; 3= Supérieur
<u>Caractéristique de la mère</u>	
Niveau d'éducation de la mère	0= Non éduqué ; 1= Primaire ; 2= Secondaire ; 3= Supérieur
Age mère	En année
<u>Caractéristique du ménage</u>	
Taille ménage	Personne (nombre)
Accès à l'électricité	1= le ménage a accès à l'électricité ; 0= le ménage n'a pas l'électricité
Possession de télévision	1= le ménage possède une télévision ; 0= le ménage n'a pas de télévision

Indice de richesse ménage	1= le ménage est très pauvre ; 2= le ménage est pauvre ; 3= le ménage est moyen pauvre ; 4= le ménage est riche ; 5= le ménage est très riche
<u>Caractéristique de la santé de l'enfant</u>	
Infection respiratoire	1= l'enfant à une infection respiratoire ; 0= non
Mortalité infantile	1= Mortalité infantile ; 0= non
Mortalité néonatale	1=Mortalité néonatale ; 0=non
Anémie	1= l'enfant a une anémie sévère ; 2= l'enfant a une anémie modérée ; 3= l'enfant a une anémie moyenne ; 4= l'enfant n'est pas anémique

Source : Auteur à partir de la littérature

Le Tableau 3 présente l'évolution (en %) de l'utilisation de combustible de cuisson des ménages suivant les années avant et après réforme. Cette répartition révèle que les combustibles issus des autres types de combustibles (charbon, bois, pailles, bouse d'animal, etc.) sont les sources d'énergie de cuisson les plus utilisées par les ménages. En effet, le tableau révèle également que l'utilisation du gaz a baissé de sa moitié par rapport à 2005. La réforme sur le gaz pourrait impliquer un changement de comportement des ménages en ce qui concerne l'énergie de cuisson entraînant ainsi plusieurs effets attendus sur la santé des enfants. Ainsi, il est attendu que les enfants qui sont dans les ménages qui utilisaient le gaz avant la réforme sont plus exposés aux maladies du fait de la pollution de l'air dont ils sont exposés. Thivillion (2022) a trouvé un résultat similaire pour le contexte du Pérou. En s'appuyant sur les subventions au gaz, ses résultats ont révélé que les combustibles ont un effet sur la mortalité infantile ainsi que sur les IRA chez les enfants de moins de cinq ans.

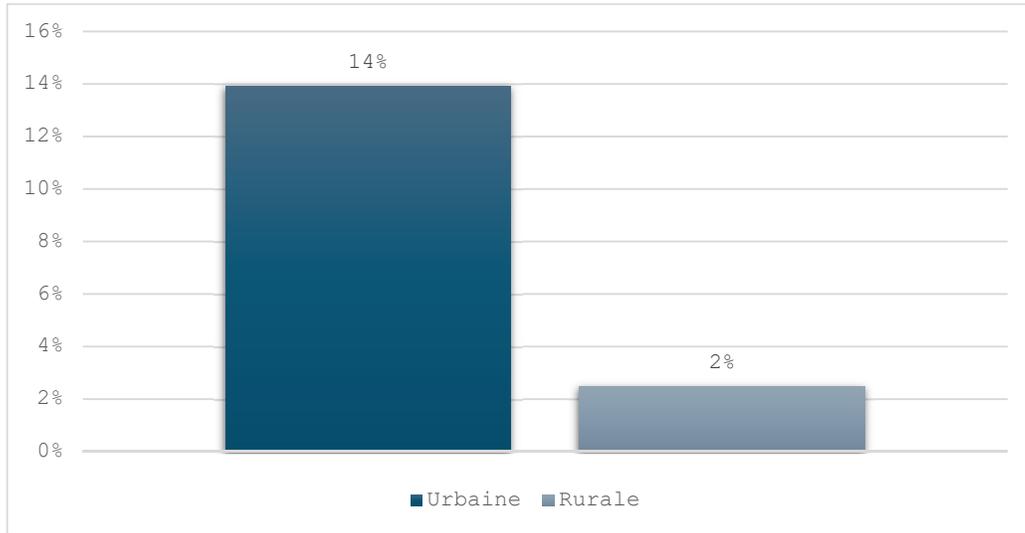
Tableau 3 : Evolution (en %) de l'utilisation moyenne de combustible de cuisson des ménages sénégalais suivant les années avant et après réforme

Combustible de cuisson	2005	2010	2019
Gaz	30,01	16,4	15,78
Autres	69,99	83,6	84,22

Source : calculs de l'auteur, à partir des données de la DHS.

La Figure 3 suivante porte sur la répartition en % des ménages sénégalais qui utilisent le gaz par zone de résidence après la réforme. Cette Figure 3 révèle que la proportion de ménage qui utilisent le gaz est beaucoup plus importante en milieu urbain qu'en milieu rural. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le gaz soit plus accessible en milieu urbain comparé au milieu rural où les conditions de vie sont souvent précaires.

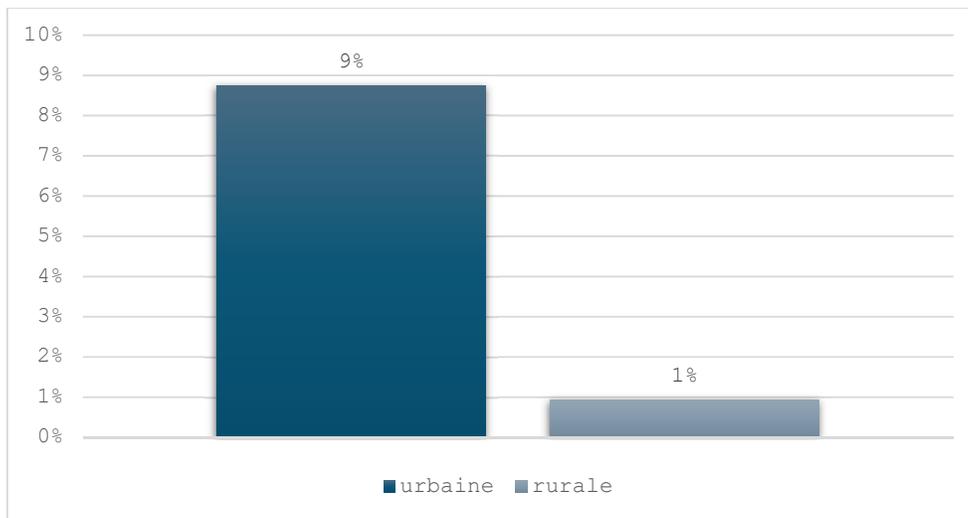
Figure 3 : Répartition (en %) des ménages utilisant le gaz pour la cuisson après la réforme par zone de résidence



Source : calculs de l’auteur, à partir des données de la DHS.

La Figure 4 présente la répartition (en %) des enfants ayant un IRA dont le ménage utilise le gaz pour la cuisson par zone de résidence. Il est constaté que le taux d’IRA est plus important en milieu urbain comparé à la zone rurale lorsque le ménage utilise le gaz.

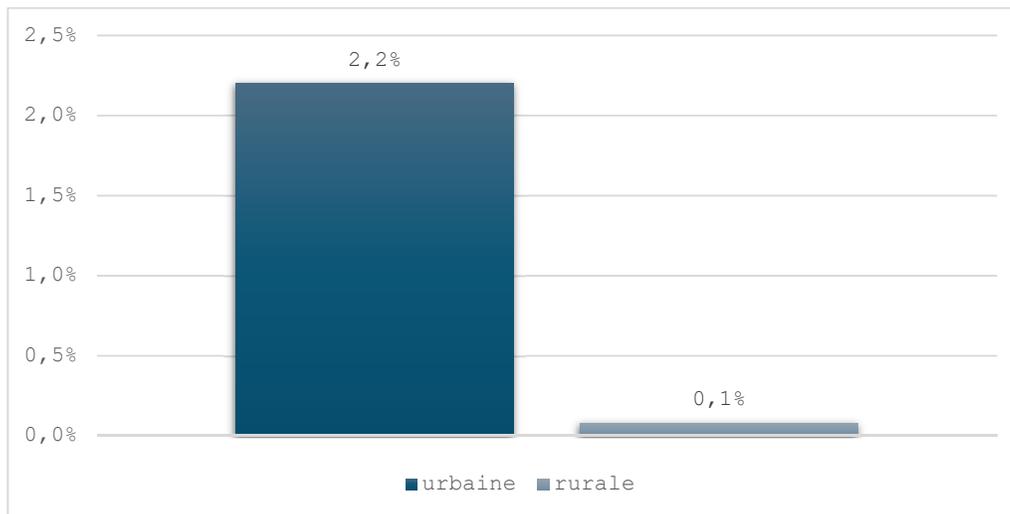
Figure 4 : Répartition (en %) des enfants ayant un IRA



Source : calculs de l’auteur, à partir des données de la DHS.

La Figure 5 expose la répartition en % de la mortalité néonatale des ménages qui utilisent le gaz pour la cuisson. Il en ressort que la mortalité néonatale est plus importante en milieu urbain qu’en milieu rural en 2005 bien que faible au niveau national.

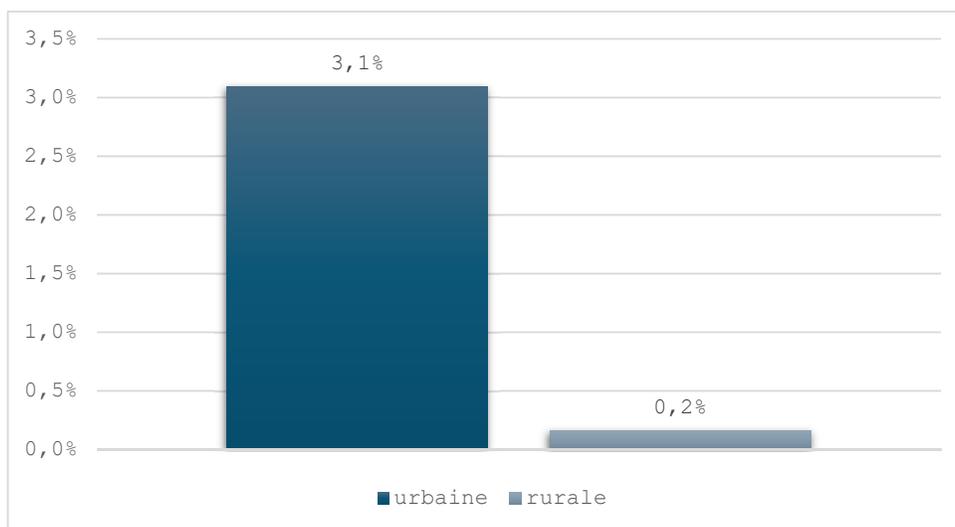
Figure 5 : Répartition (en %) de la mortalité néonatale des ménages qui utilisent le gaz pour la cuisson par zone de résidence



Source : calculs de l’auteur, à partir des données de la DHS.

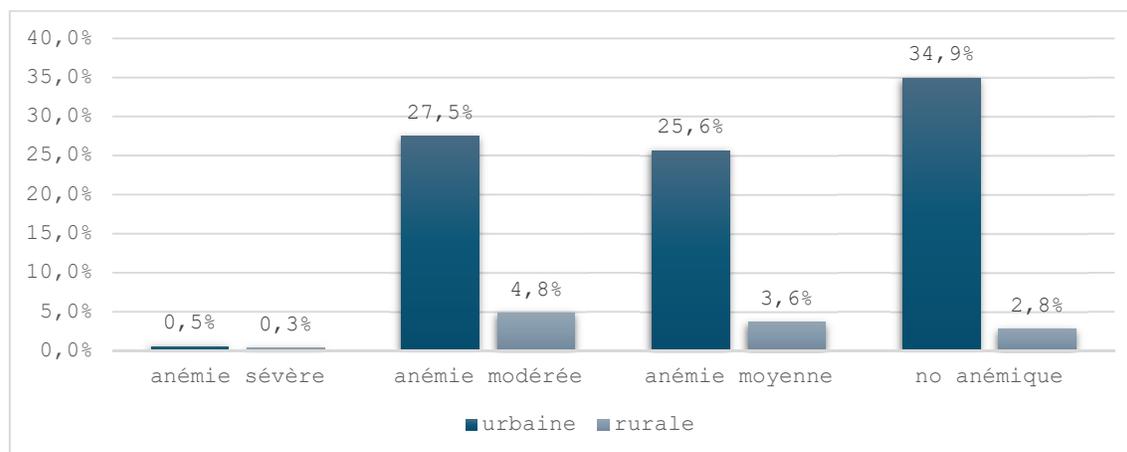
La Figure 6 suivante expose la répartition en % de la mortalité infantile des ménages qui utilisent le gaz comme combustible de cuisson par zone de résidence. Il ressort de cette Figure que la mortalité infantile bien que faible au niveau national est plus importante en milieu urbain.

Figure 6 : Répartition (en %) de la mortalité infantile des ménages qui utilisent le gaz pour la cuisson par zone de résidence



Source : calculs de l’auteur, à partir des données de la DHS.

La Figure 7 présente la répartition en % des enfants présentant les symptômes d’anémie dont le ménage utilise le gaz pour la cuisson. Elle révèle que quel que soit le niveau d’anémie, la maladie est plus présente en milieu urbain qu’en milieu rural.

Figure 7 : Répartition (en %) des enfants anémiés dont le ménage utilise le gaz pour la cuisson par zone de résidence

Source : calculs de l'auteur, à partir des données de la DHS.

Au vu des statistiques descriptives présentées précédemment, il est constaté que les indicateurs de la santé des enfants sont plus représentatifs en milieu urbain qu'en milieu rural lorsque le ménage utilise le gaz pour la cuisson. En outre, l'utilisation de ce combustible est plus importante en milieu urbain comparé au milieu rural comme expliqué plus haut. Ces constats motivent le choix de faire l'analyse de l'effet de la réforme sur les indicateurs de santé des enfants en zone urbaine. Cela pourrait nous permettre de constituer un contrefactuel plausible avec l'approche de la MSP.

Le Tableau 4 donne le test de comparaison des indicateurs de santé des enfants du groupe de traitement et du groupe de contrôle avant matching. En effet, le placement des traitements est fait au niveau ménage. Les ménages traités sont ceux ayant des enfants de moins de 5 ans et qui ne cuisinent pas avec le gaz après l'arrêt de la subvention du gaz. Le groupe de contrôle correspond aux ménages qui cuisinent avec le gaz. Le Tableau révèle qu'il y'a une différence significative entre les enfants présentant les symptômes d'IRA qui sont dans le groupe de traité et ceux qui sont dans le groupe de contrôle. Il en est de même pour les enfants ayant une anémie modérée ou moyenne. Il existe également une différence significative entre le groupe traité et le groupe de contrôle en ce qui concerne la mortalité infantile. Cependant, pour ce qui est de la mortalité néonatale, il n'existe aucune différence entre le groupe de traitement et le groupe de contrôle de même que pour l'anémie sévère.

Tableau 4 : Test de comparaison des indicateurs de santé des enfants du groupe de traitement et du groupe de contrôle avant matching

Variable	Groupe contrôle		Groupe traité		p-value (1) -(2)
	Utilise le gaz		N'utilise pas le gaz		
	N	Mean/SE	N	Mean/SE	
Infection respiratoire aiguë	829	0,542 [0,017]	6507	0,157 [0,005]	0,000***
Mortalité infantile	2989	0,046 [0,004]	15 215	0,037 [0,002]	0,042**
Mortalité néonatale	2989	0,026 [0,003]	15 215	0,022 [0,001]	0,161
Anémie sévère	2989	0,009 [0,002]	15 215	0,012 [0,001]	0,177
Anémie modérée	2989	0,13 [0,006]	15 215	0,22 [0,003]	0,000***

Anémie moyenne	2989	0,067 [0,005]	15 215	0,186 [0,003]	0,000***
----------------	------	------------------	--------	------------------	----------

Notes : calculs de l'auteur, à partir des données de la DHS de 2005 à 2019. Les valeurs entre parenthèses sont les écarts-types robustes et les seuils de significativité à 1, 5, et 10 % sont représentés par ***, ** et *.

Le Tableau 5 présente les statistiques descriptives de pré-appariement des variables qui ont été incluses dans l'estimation du score de propension. Près de 70 % des chefs de ménage sont des hommes qu'il soit dans le groupe de traité ou dans le groupe de témoin. L'âge moyen des chefs de ménages est de 50 ans dans le groupe de traitement et de 52 ans dans le groupe de contrôle. En ce qui concerne l'âge des mères, la moyenne est de 30 ans dans les deux groupes. L'éducation de la mère et du chef de ménage est plus élevée dans les ménages du groupe de contrôle par rapport aux ménages traités. Le tableau montre également que la part des pauvres est plus élevée parmi les ménages traités que les non traités. De plus, 78 % des ménages du groupe de traitement ont accès à l'électricité alors que le taux d'électrification est de 92 % dans le groupe des non traités. Cela signifie que les ménages non traités jouissent d'un statut économique et social plus élevé et sont différents des ménages traités. En outre, le tableau révèle que les ménages traités et témoins sont significativement différents sur l'ensemble des covariables à l'exception du sexe du chef de ménage, de l'âge de la mère, du niveau d'éducation primaire du chef de ménage et du niveau d'éducation secondaire de la mère.

Tableau 5 : Test de comparaison des caractéristiques des ménages du groupe traité et du groupe contrôle avant matching

Variable	Groupe contrôle		Groupe traité		p-value (1) -(2)
	Utilise le gaz		N'utilise pas le gaz		
	N	Mean/SE	N	Mean/SE	
Sexe chef de ménage	2989	0,699 [0,008]	15 215	0,696 [0,004]	0,788
Age chef de ménage	2967	50,82 [0,268]	15 205	52 812 [0,117]	0,000***
Age mère	2989	29 898 [0,121]	15 215	29 715 [0,055]	0,168
Taille ménage	2989	12 857 [0,134]	15 215	14 135 [0,067]	0,000***
Ménage a accès à l'électricité	2989	0,92 [0,005]	15 215	0,778 [0,003]	0,000***
Ménage possède une télévision	2989	0,861 [0,006]	15 215	0,724 [0,004]	0,000***
Niveau d'éducation du chef de ménage					
Non éduqué	2989	0,545 [0,009]	15 215	0,691 [0,004]	0,000***
Primaire	2989	0,193 [0,007]	15 215	0,182 [0,003]	0,173
Secondaire	2989	0,189 [0,007]	15 215	0,099 [0,002]	0,000***
Supérieur	2989	0,072 [0,005]	15 215	0,028 [0,001]	0,000***
Niveau d'éducation de la mère					
Non éduquée	2989	0,428 [0,009]	15 215	0,539 [0,004]	0,000***
Primaire	2989	0,374 [0,009]	15 215	0,279 [0,004]	0,000***

Secondaire	2989	0,181 [0,007]	15 215	0,17 [0,003]	0,174
Supérieur	2989	0,017 [0,002]	15 215	0,012 [0,001]	0,047**
Indice de richesse du ménage					
Ménage très pauvre	2989	0,000 [0,000]	15 215	0,068 [0,002]	0,000***
Ménage pauvre	2989	0,008 [0,002]	15 215	0,161 [0,003]	0,000***
Ménage moyen pauvre	2989	0,082 [0,005]	15 215	0,34 [0,004]	0,000***
Ménage riche	2989	0,405 [0,009]	15 215	0,313 [0,004]	0,000***
Ménage très riche	2989	0,505 [0,009]	15 215	0,118 [0,003]	0,000***

Notes : calculs de l'auteur, à partir des données de la DHS de 2005 à 2019. Les valeurs entre parenthèses sont les écarts-types robustes et les seuils de significativité à 1, 5, et 10 % sont représentés par ***, ** et *.

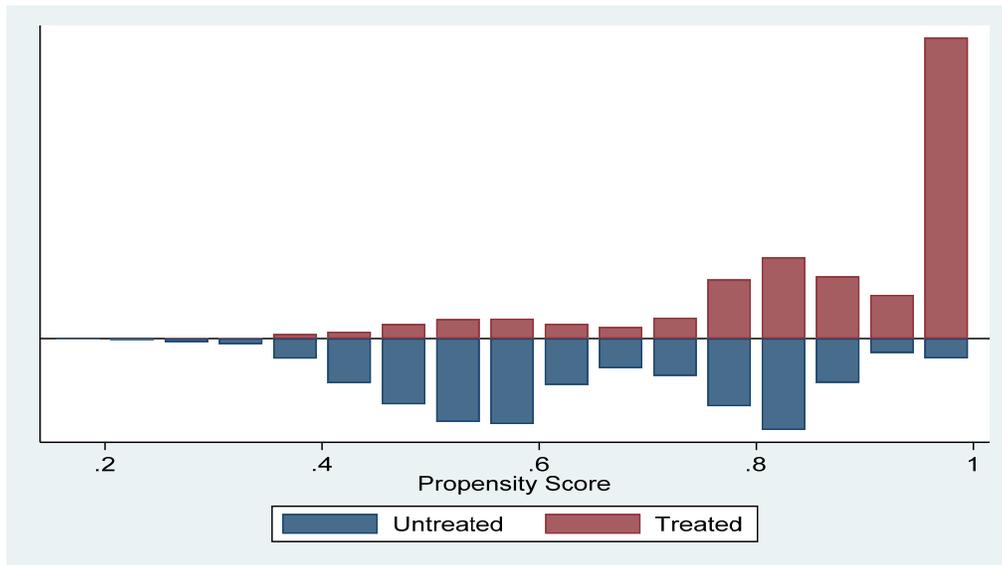
5. Résultats

Comme mentionné précédemment, l'objectif de ce travail de recherche est d'estimer les effets de la suppression de la subvention du gaz sur les indicateurs de santé infantile en présence d'un biais de sélection basé sur des caractéristiques observables. Compte tenu de l'importance de ces variables observables, nous incluons plusieurs variables au niveau des ménages par l'approche du PSM. La première partie de cette approche consiste à déterminer la probabilité que le ménage n'utilise pas le gaz pour la cuisson conditionnée par les caractéristiques observées. Nous estimons le score de propension avec un modèle de régression probit.

Le Tableau A2 de la régression probit présente la première étape de l'estimation de la PSM.¹⁶ Ce tableau révèle que toutes les variables entrées dans la régression prédisent de manière significative le traitement à l'exception de l'âge de la mère et du niveau d'éducation primaire et supérieur du chef de ménage. En effet, le fait que le chef de ménage soit une femme, l'indice de richesse, l'âge du chef de ménage, l'accès à l'électricité et la possession de télévision prédisent positivement le traitement, alors que le chef de ménage au niveau secondaire comparé au chef de ménage non éduqué prédit négativement le traitement. Il en est de même pour la mère qui a un niveau d'éducation primaire comparée à la mère non éduquée.

La Figure 8 montre l'analyse visuelle de la distribution de densité du score de propension. La figure montre que les individus traités comme non traités ont des scores de propension hétérogènes compris entre 0 et 1. Il est remarqué un chevauchement suffisant entre les ménages traités et témoins bien qu'une part importante des ménages ont un score de propension proche de 1.

¹⁶ Source : Voir dans annexe le Tableau 11A des Résultats d'estimation de la probabilité du ménage de ne pas cuisiner avec le gaz.

Figure 8 : Distribution des densités de score de propension

Source : Auteur à partir des données de la DHS.

5.1. Estimation des ATT

Le Tableau 6 suivant donne les résultats de l'estimation du PSM pour l'évaluation de l'impact de la non-utilisation du gaz pour la cuisson sur l'IRA des enfants de moins de 5 ans. Ces résultats montrent que la non-utilisation du gaz a un effet significatif négatif sur l'IRA des enfants. En d'autres termes, si le ménage n'utilise pas le gaz, la probabilité que l'enfant ait une IRA diminue de 33 points de pourcentage. Ce résultat peut se traduire par une augmentation de la probabilité d'avoir une IRA lorsque le ménage cuisine avec le gaz.

Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que lorsque le ménage cuisine avec le gaz dans la maison, la combustion de certains aliments ou leur mode de cuisson pourraient entraîner des degrés de pollution créant ainsi des conditions favorables aux affections respiratoires notamment chez les enfants qui sont généralement avec leur mère sur le lieu de cuisson. Néanmoins, si le ménage cuisine dans un endroit isolé, cela pourrait contribuer à dissiper la pollution issue de l'utilisation de combustible dans l'air ambiant. Ce qui pourrait diminuer le niveau d'exposition du ménage à cette pollution. Cependant, ce lieu de cuisson constitue une limite dans le cadre de ce travail. Ce résultat est conforme à ceux de Blair et al., (2023).

Pour juger de la robustesse des résultats, nous avons utilisé les techniques d'appariement de kernel et du rayon. Ainsi comparés aux résultats obtenus par le plus proche voisin, il est constaté que les résultats obtenus par ces différentes techniques d'appariement sont similaires.

Tableau 6 : Impact de la non-utilisation du gaz comme combustible de cuisson sur l'infection respiratoire aiguë des enfants

Variable	Sample	Treated	Controls	Difference	S.E.	T-stat
NN	Unmatched	0,158	0,540	-0,382	0,014	-26,870***
	ATT	0,158	0,483	-0,326	0,097	-3 370***
Kernel	ATT	0,158	0,530	-0,372	0,070	-5 320***
Radius	ATT	0,158	0,512	-0,354	0,075	-4 750***

Le Tableau 7 donne les résultats de l'estimation du PSM pour l'évaluation de l'impact de la non-utilisation du gaz pour la cuisson sur la mortalité infantile. En effet, les résultats suggèrent que la réforme n'a pas d'effet significatif sur la mortalité infantile.

Tableau 7 : Impact de la non-utilisation du gaz comme combustible de cuisson sur la mortalité infantile

Variable	Sample	Treated	Controls	Difference	S.E.	T-stat
NN	Unmatched	0,036	0,046	-0,009	0,004	-2,440**
	ATT	0,036	0,023	0,013	0,022	0,570
Kernel	ATT	0,036	0,042	-0,006	0,010	-0,550
Radius	ATT	0,036	0,041	-0,005	0,011	-0,490

Le tableau 8 expose les résultats de l'estimation du PSM pour l'évaluation de l'impact de la non-utilisation du gaz pour la cuisson sur la mortalité néonatale. En effet, les résultats révèlent que la réforme n'a pas d'effet significatif sur la mortalité néonatale.

Tableau 8 : Impact de la non-utilisation du gaz comme combustible de cuisson sur la mortalité néonatale

Variable	Sample	Treated	Controls	Difference	S.E.	T-stat
NN	Unmatched	0,021	0,026	-0,005	0,003	-1,540
	ATT	0,021	0,013	0,008	0,017	0,500
Kernel	ATT	0,021	0,025	-0,003	0,008	-0,410
Radius	ATT	0,021	0,025	-0,004	0,008	-0,440

Le tableau 9 porte sur les résultats de l'estimation du PSM pour l'évaluation de l'impact de la non-utilisation du gaz pour la cuisson sur l'anémie chez les enfants. En effet, les résultats suggèrent que la réforme a un effet significatif positif sur l'anémie chez les enfants. En d'autres termes, lorsque le ménage n'utilise pas le gaz, la probabilité que les enfants aient une anémie augmente de 47 points de pourcentage. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les enfants sont exposés au risque de maladie, car ont tendance à passer plus de temps avec leur mère sur le lieu de cuisson, où ils sont exposés à l'air pollué. De plus, la faiblesse de leur système immunitaire pendant cet âge entraîne une vulnérabilité à l'anémie. Ce résultat ne corrobore pas avec celui de Thivillon (2022).

Par ailleurs, les résultats obtenus par les techniques d'appariement de kernel et rayon laissent apparaître que l'impact est robuste.

Tableau 9 : Impact de la non-utilisation du gaz comme combustible de cuisson sur l'anémie des enfants

Variable	Sample	Treated	Controls	Difference	S.E.	T-stat
NN	Unmatched	3,017	2,696	0,321	0,032	10,070***
	ATT	3,017	2,549	0,468	0,147	3,190***
Kernel	ATT	3,017	2,631	0,386	0,075	5,170***
Radius	ATT	3,017	2,627	0,390	0,077	5,080***

Cependant au vu des résultats de l'impact de la réforme sur l'anémie sévère, il est constaté qu'elle n'a pas d'effet significatif sur l'anémie sévère.

- **Anémie sévère**

Variable	Sample	Treated	Controls	Difference	S.E.	T-stat
NN	Unmatched	0,011	0,009	0,001	0,002	0,530
	ATT	0,011	0,019	-0,009	0,012	0,750
Kernel	ATT	0,011	0,017	-0,006	0,005	1,330
Radius	ATT	0,011	0,018	-0,007	0,005	1,470

Par contre, en ce qui concerne l'anémie modérée, il est remarqué que la réforme a un effet significatif suivant les résultats obtenu par la technique du kernel et du rayon. En effet, lorsque le ménage n'utilise pas le gaz, les enfants sont plus susceptibles à avoir une anémie modérée (la probabilité augmente de 7 points de pourcentage).

- **Anémie modérée**

Variable	Sample	Treated	Controls	Difference	S.E.	T-stat
NN	Unmatched	0,216	0,131	0,085	0,008	10,480***
	ATT	0,216	0,159	0,057	0,038	1,480
Kernel	ATT	0,216	0,147	0,069	0,017	4,020***
Radius	ATT	0,216	0,146	0,070	0,017	4,040***

Il en est de même pour l'anémie moyenne. En effet, il est remarqué que la réforme a un effet significatif sur l'anémie moyenne. Lorsque le ménage n'utilise pas le gaz, les enfants sont plus susceptibles à avoir une anémie moyenne (la probabilité augmente de 13 points de pourcentage). Vu les résultats obtenus avec le kernel et le rayon, nous pouvons dire que cet impact est robuste.

- **Anémie moyenne**

Variable	Sample	Treated	Controls	Difference	S.E.	T-stat
NN	Unmatched	0,188	0,068	0,121	0,007	16,120***
	ATT	0,188	0,059	0,129	0,027	4 750***
Kernel	ATT	0,188	0,074	0,115	0,013	8 890***
Radius	ATT	0,188	0,073	0,116	0,013	8 810***

5.2. Qualité de l'appariement

Comme suggéré par Caliendo et Kopeing (2008), le Tableau 9 montre que le pseudo R carré post-appariement est bien inférieur (0,032) au pseudo R carré pré-appariement (0,241). Cette forte réduction du pseudo R au carré indique que les ménages traités et non traités sont assez similaires. En outre, il ressort du Tableau 9 que l'appariement a permis une réduction significative du biais de sélection observé qui est passé de 24,5 à 8,2 bien que le test du rapport de vraisemblance de la signification conjointe soit significatif.

Tableau 10 : Indicateurs de qualité avant et après appariement

Echantillon	Ps R2	LR chi2	p>chi2	MeanBias	MedBias	B	R
Unmatched	0,241	3809,14	0,000	24,5	18,3	140,6*	2,80*
Matched	0,032	1256,9	0,000	8,2	5,7	42,3*	1,88

6. Conclusion

En somme, les résultats suggèrent que la réforme sur la suppression de la subvention du gaz a eu comme conséquence la baisse de l'utilisation du gaz par les ménages impliquant un changement de comportement en ce qui concerne l'énergie de cuisson au Sénégal. Ces résultats révèlent également que cette réforme a un impact négatif sur la santé des enfants dans le sens où la non-utilisation du gaz pour la cuisson augmente le risque d'avoir une anémie. Cependant, elle diminue le risque d'avoir une infection respiratoire aiguë.

Sur la base que ces résultats, la définition de politiques est nécessaire. Il devient important de renforcer les politiques de sensibilisations sur les effets néfastes des combustibles de cuisson sur la santé et celles éducatives. Les politiques devraient également aller à la fois vers des questions de développement en réduisant les vulnérabilités socio-économiques (pauvreté et inégalités). Les implications de ces politiques seront de permettre aux ménages de passer d'une dépendance aux combustibles traditionnels polluants vers les combustibles moins polluants tels que le gaz aux combustibles propres comme le suggère l'hypothèse de l'échelle énergétique. Ces politiques devraient avoir axe à la facilitation et à l'accès de ces combustibles.

En outre, avec la production de pétrole et de gaz au Sénégal, une subvention sur le gaz à pétrole liquéfié devrait faciliter l'accès. Enfin, le Sénégal doit favoriser les investissements dans les sources d'énergies renouvelables pour améliorer l'accès aux combustibles propres et avoir un environnement moins pollué bénéfique à la santé des populations. Une perspective de recherche additionnelle qui pourrait approfondir une meilleure compréhension de ce phénomène serait de prendre en compte la possibilité d'un mixte énergétique au niveau des ménages.

Références bibliographiques

- Blair, H., Kearney, N., Pricop, C. and Scholand, M. Exposing the Hidden Health Impacts of Cooking with Gas. *CLASP and European Public Health Alliance*. 2023, <https://www.clasp.ngo/cook-cleaner-europe/>.
- Caliendo, M. and Kopeinig, S. "Some practical guidance for the implementation of Propensity Score Matching." *Journal of Economic Surveys*, Wiley Blackwell. 2008, Vol. 22 (1), pp. 31–72.
- Capuno, J. J., Tan, C. A. R. and Javier, X. Cooking and coughing: Estimating the effects of clean fuel for cooking on the respiratory health of children in the Philippines. *Global Public Health*. 2016, Vol. 13 (1), pp.20–34.
- Kafando, B., Savadogo, P. W., Millogo, T., Sana, A., Kouanda, S. et Sondo, B. Pollution de l'air intérieur et prévalence des infections respiratoires aiguës chez les enfants à Ouagadougou. *Cairn.info*. 2018, Vol. 30, pp. 575–586.
- Kim, C., Gao, Y. T., Xiang, Y. B., Barone-Adesi, F., Zhang, Y., Hosgood, H.D., Ma, S., Shu, X., Ji, B. T., Chow, W. H., Seow, W. J., Bassig, B., Cai, Q., Zheng, W., Rothman, N. and Lan, Q. Home kitchen ventilation, cooking fuels, and lung cancer risk in a prospective cohort of never smoking women in Shanghai, China. *Int J Cancer*. 2015, Vol. 136 (3), pp. 632–638.
- Kotecha, S., Watkins, W. J., Lowe, J. and Grigg, J. Effects of air pollution on all cause neonatal and post-neonatal mortality: population-based study. *European Respiratory Journal*. 2019, Vol. 54, DOI: 10.1183/13993003.
- Liu, Z., Li, J., Rommel, J., and Feng, S. Health impacts of cooking fuel choice in rural China. *Energy Economics*. 2020, Vol. 89, doi: 10.1016/j.eneco.2020.104811.
- Mensah, J. T. and Adu, G. An empirical analysis of household energy choice in Ghana. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015, Vol. 51, pp. 1402–1411.

Mondal, D. and Paul, P. Effects of indoor pollution on acute respiratory infections among under-five children in India, Evidence from a nationally representative population-based study. *PLoS ONE* 2020, Vol.15 (8), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237611>.

Naz, S., Page, A. and Agho, K.E. Household air pollution and under-five mortality in India (1992–2006). *Environ Health*. 2016, Vol. 15 (54). <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0138-8>.

Neogi, S. B., Pandey, S., Sharma, J., Chokshi, M., Chauhan. M., Zodpey, S. and Vinod, K. P. Association between household air pollution and neonatal mortality: an analysis of Annual Health Survey results, India. *WHO South-East Asia Journal of Public Health*. 2015, Vol. 4 (1), pp. 30–37. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/329670>.

Qiu, Y., Yang, F. A. and Lai, W. The impact of indoor air pollution on health outcomes and cognitive abilities: empirical evidence from China. *Popul Environ*. 2019, Vol. 40 (4), pp. 388–410.

Rahut, D. B., Ali, A., & Behera, B. Domestic use of dirty energy and its effects on human health: empirical evidence from Bhutan. *International Journal of Sustainable Energy*. 2016, Vol. 36 (10), pp. 983–993. doi:10.1080/14786451.2016.1154855.

Rosenbaum, P. R., and Rubin, D. B. “The Bias Due to Incomplete Matching.” *Biometrics*, 1985, Vol. 41 (1), pp. 103–116.

Thivillon, T. “Saving Lives with Cooking Gas? Unintended Effects of Targeted LPG Subsidies in Peru.” *SocArXiv*. 2022. doi:10.31235/osf.io/yh5xs.

Williams, K. N., Kephart, J. L., Fandiño-Del-Rio, M, Simkovich, S. M., Koehler, K., Harvey, S. A. and Checkley, W. Exploring the impact of a liquefied petroleum gas intervention on time use in rural Peru: A mixed methods study on perceptions, use, and implications of time savings. *Environment International*. 2020, Vol.145, 105932, ISSN 0160-4120, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105932>.

Yu, K., Lv, J., Qiu, G., Yu, G., Guo, Y., Bian, Z., Yang, L., Chen, Y., Wang, C., Pan, A., Liang, L., Hu, F. B., Chen, Z., Li, L., and Wu, T. Cooking fuels and risk of all-cause and cardiopulmonary mortality in urban China: a prospective cohort study. *The Lancet Global Health*. 2020, Vol. 8 (3), pp. 430–439.

Annexes

Tableau 11A : Statistique descriptive des ménages des enfants de moins de 5 ans avant et après la réforme

Variable	2005			2019		
	Obs	Moy/Prop	Ecat-type	Obs	Moy/Prop	Ecat-type
Caractéristique du chef de ménage						
Sexe chef de ménage	10 944	1,174	0,379	6125	1,223	0,416
Age chef de ménage	10 920	51,07	14,54	6122	53 585	15 034
Niveau d'éducation du chef de ménage						
Non éduqué	10 944	0,8	0,4	6125	0,78	0,414
Primaire	10 944	0,119	0,324	6125	0,118	0,323
Secondaire	10 944	0,066	0,248	6125	0,075	0,264
Supérieur	10 944	0,015	0,12	6125	0,027	0,162
Caractéristique de la mère						
Niveau d'éducation de la mère						
Non éduquée	10 944	0,749	0,434	6125	0,66	0,474
Primaire	10 944	0,195	0,396	6125	0,181	0,385
Secondaire	10 944	0,054	0,225	6125	0,144	0,351
Supérieur	10 944	0,002	0,05	6125	0,015	0,12
Age mère	10 944	29 018	7 033	6125	29,74	6 941
Caractéristique du ménage						
Taille ménage	10 944	13 841	8 354	6125	14 026	8 566
Ménage a accès à l'électricité	10 944	0,356	0,479	6125	0,587	0,492
Ménage possède une télévision	10 944	0,369	0,483	6125	0,522	0,5
Indice de richesse ménage						
Ménage très pauvre	10 944	0,239	0,427	6125	0,304	0,46
Ménage pauvre	10 944	0,253	0,435	6125	0,265	0,441
Ménage moyen pauvre	10 944	0,248	0,432	6125	0,189	0,391
Ménage riche	10 944	0,152	0,359	6125	0,143	0,35
Ménage très riche	10 944	0,108	0,31	6125	0,099	0,298
Caractéristique de la santé de l'enfant						
2005						
2017						
Infection respiratoire	243	0,499	0,500	11 605	0,090	0,287
Mortalité infantile	10 944	0,077	0,266	12 185	0,048	0,213
Mortalité néonatale	10 944	0,033	0,179	12 185	0,028	0,166
Anémie sévère	10 944	0,017	0,131	12 185	0,027	0,161
Anémie modérée	10 944	0,132	0,338	12 185	0,339	0,473
Anémie moyenne	10 944	0,055	0,227	12 185	0,220	0,414
Non anémique	10 944	0,046	0,210	12 185	0,203	0,402

Source : calculs de l'auteur, à partir des données de la DHS.

Tableau 12A : Résultats d'estimation de la probabilité du ménage de ne pas cuisiner avec le gaz

Traitement	Coefficients	Ecart-type
Sexe chef de ménage (Référence : Homme)		
Femme	0,146***	0,029
Age chef de ménage		
	0,005***	0,001
Indice de richesse ménage (Référence : Très pauvre)		
Pauvre	3 389***	0,101
Moyen pauvre	2 119***	0,050
Riche	0,850***	0,031
Très riche	(omitted)	(omitted)
Age mère		
	0,003	0,002
Taille ménage		
	0,016***	0,002
Accès à l'électricité (Référence : Pas d'électricité)		
Le ménage a accès à l'électricité	0,573***	0,062
Possession de télévision (Référence : Pas de télévision)		
Le ménage possède une télévision	0,640***	0,052
Niveau d'éducation du chef de ménage (Référence : Pas de niveau d'éducation)		
Primaire	0,024	0,036
Secondaire	-0,130***	0,041
Supérieur	-0,012	0,063
Niveau d'éducation de la mère (Référence : Pas de niveau d'éducation)		
Primaire	-0,112***	0,031
Secondaire	0,241***	0,039
Supérieur	0,349***	0,108
Constant	-1,725***	0,102
Number of obs=17139		
LR chi2 (15) = 3809,14***		
Pseudo R2=0,2412		
Log likelihood = -59 929 031		

Notes : les écarts-types sont robustes et les seuils de significativité à 1, 5, et 10 % sont représentés par ***, ** et *.