



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

Déterminant de la demande énergétique résidentielle au Sénégal : cas du pôle urbain de Diamniadio

Adia Coumba NDAW

Doctorante, UFR des sciences économiques et de Gestion
Université Gaston Berger, Saint Louis, Sénégal

Résumé : Dans cet article, nous étudions les facteurs explicatifs de la demande énergétique résidentielle dans le pôle urbain de Diamniadio au Sénégal. Notre analyse se base sur le modèle à trois dimensions (3D) qui diffère des autres modèles de transition énergétique du fait qu'il n'admet pas une voie de développement linéaire de la demande d'énergie et se base pas uniquement sur la quantité d'énergie mais lie, au-delà des aspects physiques et techniques, les aspects socio-économiques et démographiques des ménages et la consommation d'énergie. Nous utilisons ainsi des données d'enquête constituées de 613 ménages pour étudier la demande de trois types d'énergie tels que l'électricité, le Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL) et le charbon de bois en période de chaleur et en période de fraîcheur. Nos résultats montrent que des variables tels que le revenu, le nombre de résidents, le niveau d'étude du chef de ménage, le niveau d'équipement du ménage, la surface au sol, le type de maison, le nombre de pièces, le lieu de résidence, le climat et le niveau d'équipement influent sur la demande énergétique résidentielle. De même, l'adoption de technologies efficaces telles que les foyers améliorés influe sur la demande des combustibles.

Mots-clés : Électricité, GPL, Charbon de bois, Demande

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.

INTRODUCTION

Depuis quelques années, la mise en œuvre des politiques publiques en faveur de l'environnement et en matière de lutte contre le changement climatique, met en avant les obligations d'efforts des états vers la transition énergétique particulièrement l'accès à des moyens de cuisson et d'éclairage plus propres. En effet la consommation mondiale d'énergie connaît une augmentation croissante soit de 2,3% en 2018 (AIE, 2019). Cette tendance s'explique par une augmentation de la demande de tous les combustibles et les efforts en matière d'efficacité et de maîtrise de l'énergie qui restent encore insuffisants. Les combustibles fossiles continuent de dominer le mix énergétique mondial (81 %) ; pendant ce temps , la part des autres sources d'énergies plus propres (solaire, éolien, géothermie) restent faible et est passée de 0,1% à 2,0% en 40 ans (AIE, 2020). Au Sénégal, l'électricité est générée principalement à partir des produits pétroliers (38 %) et du gaz naturel (35 %), créant ainsi une dépendance du pays aux importations de fuels lourds polluant dont la facture s'élève à plusieurs milliards de francs de la Communauté Financière Africaine (CFA) par an et demeure insuffisante pour atteindre l'ensemble des ménages ; avec 58% des ménages ne disposant pas d'électricité en zone rurale et 6% en zone urbaine (Commission de Régulation du Secteur de l'Energie (CRSE) ,2018). La consommation de bois et de charbon de bois (biomasse traditionnelle) représente 82.04% dans la consommation totale des ménages et le GPL plus propres que 10.38% en 2018 (Système d'information énergétique (SIE), 2019). Les analystes de l'énergie se sont penchées sur la question et sont tous d'accords sur le fait qu'il est urgent de faire des efforts sur tous les fronts. La transition énergétique reposant sur de profonds changements structurels dans les modes de production et de consommation de l'énergie est donc une priorité dans la politique énergétique du Sénégal .En effet, le pays est confronté au défi de s'assurer que tous puissent bénéficier de sources énergétiques fiables et durables, modernes et abordables, en accord avec les nouvelles exigences du siècle, telles que l'atteinte des objectifs de développement durable, les acquis des conférences des Nations Unies et les engagements de l'accord de Paris, qui obligent toutes les parties prenantes à communiquer leur contribution déterminée au niveau national (CDN)¹. L'étude des déterminants de la demande énergétique résidentielle au niveau du nouveau pôle urbain de Diamniadio dont il est question dans cette article est importante car le changement est tributaire de décisions, des comportements relevant de caractéristiques socioéconomiques et environnementales. Le secteur résidentiel est une des branches prioritaires d'intervention de par son poids dans le secteur de l'énergie ; il représente 47,6 % de la demande du secteur (SIE, 2019). De plus les ménages sont les principaux contributeurs aux émissions de gaz à effet de serre et, par conséquent, au réchauffement climatique soit 37 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (United Nations Environment Programme, & Global Alliance for Buildings and Construction, 2024). Par conséquent une réduction de la consommation du secteur ou une amélioration du type de consommation permettrait d'améliorer les impacts environnementaux, le niveau de vie des ménages et la sécurité énergétique. En outre avec la mise en place du pôle et les économies d'énergie attendus dans le secteur du transport grâce à la centralisation au niveau du pôle des activités administratives du pays, le secteur résidentiel sera un des principaux défis énergétiques du pôle. Il est donc essentiel de repérer les facteurs qui influencent l'utilisation de l'énergie par les ménages afin de favoriser une utilisation efficace des ressources. De plus, cela permettrait de mettre en lumière les habitudes de consommation et les possibilités de réduction pour diverses catégories de consommateurs. Grâce à elle, les ménages peuvent être divisés en groupes stratégiques, ce qui permet d'explorer les diverses tendances de la demande à des niveaux plus dispersés, révélant les modes de consommation et donne aux politiques des moyens d'intervention plus représentatifs des besoins des sous-groupes de population. C'est dans cette perspective que la présente recherche s'emploiera fondamentalement à répondre aux questionnements ci-après : Quels sont les facteurs qui influencent la demande d'énergie des ménages dans le pôle urbain de

¹ 'Accord de Paris demande que chaque pays décrive et communique ses actions climatiques pour l'après-2020, actions qui sont appelées « CDN »

Diamniadio? Et comment ces différents facteurs agissent-ils sur la demande résidentielle d'énergie? Au demeurant, le choix du pôle urbain s'explique par le nouveau plan d'aménagement du Sénégal faisant de Diamniadio une nouvelle ville avec un besoin de repenser les structures et comportements à adopter afin de ne pas reproduire les mêmes modèles structurels et comportementaux qui ont déjà montré leurs limites.

Dans le reste de l'article, la section 1 présente la revue de la littérature. La section 2 présente la source de données, la section 3 présente la méthodologie et enfin la section 4 discute les résultats, ainsi que les implications de politiques.

1. REVUE DE LA LITTÉRATURE

La revue de la littérature revient sur les études effectuées dans le cadre d'une tentative de détermination des variables influençant la demande énergétique résidentielle. Ainsi elle analyse les différents déterminants des combustibles étudiés notamment l'énergie électrique, et les énergies de cuisson les plus utilisées dans la zone urbaine sénégalaise et qu'il faut s'attendre à avoir dans le pôle urbain de Diamniadio à savoir l'électricité, le GPL et le charbon de bois. La compréhension de ces spécificités, complexités et moteurs des tendances de consommation apporterait de nouvelles informations sur l'utilisation des combustibles sus-citées.

D'abord, une étude effectuée dans toutes les régions aux États-Unis, (Branch, 1994) à l'aide d'un estimateur des moindres carrés généralisés (GLS), montre le caractère positif et significatif du revenu à court terme sur la demande d'électricité et estime l'élasticité revenu à 0,23. Ensuite Brounen et al., 2012, sur une analyse basée sur un échantillon de plus de 300 000 maisons néerlandaises et leurs occupants, indiquent que la consommation d'électricité varie plus directement avec la composition du ménage et le revenu. De même dans une étude effectuée dans l'île Oahu à Hawaï, Yalcintas & Kaya, 2017 attirent notre attention sur le fait que la diminution de la consommation d'électricité résidentielle à Hawaï est simplement due au fait que les gens ne peuvent pas se le permettre. Par contre certains auteurs restent mitigés sur la significativité et positivité du revenu mais également mettent en doute l'importance qu'il revêt sur la prévision de la consommation électrique. Ainsi (Babatunde & Enehe, 2011) en utilisant une enquête sur 404 ménages au Nigeria effectuée entre Mars et novembre 2010 et l'analyse de régression des moindres carrés ordinaires (MCO), montrent que la consommation d'électricité des ménages est inélastique par rapport au niveau de revenus et des prix croisés. Et qu'à l'opposé des variables socio-économiques telles que la taille du ménage, le nombre de pièces dans le ménage et les heures d'approvisionnement en électricité influent sur la demande d'électricité des ménages. Également Fullerton et al., 2012 dans une étude similaire aux États Unis spécifiquement à Seattle, Washington, la plus grande économie métropolitaine de la région du nord-ouest des États-Unis déduit qu'à court terme, l'électricité résidentielle est un bien normal dans cette économie métropolitaine. Et à long terme, l'électricité résidentielle peut être un bien « inférieur » dont la consommation est négativement corrélée au revenu. De même Kavousian, 2013 montrent que contrairement à certaines études antérieures, ils n'ont observé aucune corrélation significative entre la consommation d'électricité et le niveau de revenu, la propriété.

D'un autre côté en étudiant la demande d'énergie de cuisson, Leach, 1992 stipule qu'à mesure que le revenu augmente, les ménages utilisent des combustibles plus fiables, modernes, plus propres et plus efficaces. Ensuite, (Narasimha Rao & Reddy, 2007), en utilisant les données de l'enquête nationale (NSS) de 1999-2000 couvrant plus de 118 000 ménages en Inde montrent que les individus sont influencés par le revenu par habitant, la taille du ménage, le niveau d'instruction du chef de ménage, la profession des membres du ménage, et les caractéristiques de localisation du ménage. Rahut et al., 2014, en utilisant les données de l'enquête sur le niveau de vie au Bhoutan (BLSS) pour l'année 2007, montrent que le choix d'un ménage de combustibles plus propres pour l'éclairage, la cuisine et le chauffage est déterminé par le niveau de revenu, l'âge, l'éducation et le sexe du chef de ménage, l'accès à l'électricité et l'emplacement. De manière à conforter la positivité du revenu sur la demande d'énergie de cuisson propre Salifu & Al-hassan, 2018 dans leur article examine les déterminants de

l'utilisation du gaz de pétrole liquéfié (GPL) dans le nord du Ghana à l'aide de données transversales obtenues auprès de 196 ménages ainsi leurs résultats montrent que l'utilisation du GPL dans le nord du Ghana est influencée par l'éducation, la taille du ménage, le revenu du ménage, le coût du GPL, la résidence du ménage, la peur de l'explosion du GPL et l'accès au GPL. Par contre, Ngui et al., 2011 indiquent que le kérosène est élastique au revenu tandis que le bois de chauffage, le charbon de bois, le GPL, l'électricité, ...sont inélastiques au revenu. Également (Martey et al., 2021) dans une étude au Ghana constate que les ménages doublement pauvres sont plus susceptibles d'adopter une énergie propre (gaz de pétrole liquéfié). Le résultat suggère que les ménages doublement pauvres pourraient être en mesure de compenser partiellement les effets positifs de la pauvreté de consommation sur l'adoption du GPL en investissant plus de temps dans des activités qui améliorent leur niveau de revenu et l'adoption de carburants propres.

2. SOURCE DE DONNÉES

Les données de l'étude proviennent de l'enquête dans le cadre du projet accès à l'énergie durable pour des villes durables. Le projet est un partenariat académique qui réunit l'École Polytechnique de Thiès et l'Université Polytechnique de Vienne en Autriche. Le pôle urbain de Diamniadio a été choisi comme lieu d'étude. L'enquête s'est déroulée de décembre 2018 à Juin 2019 respectivement à DIAMNIADIO² et FANN-POINT E-AMITIE³ pour recueillir des informations sur le comportement énergétique des ménages. La base de sondage est fournie par l'Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD) et est composée de la population de Diamniadio, population de référence pour Diamniadio Ancienne Ville et celle de FANN-Point E-Amitié, population de référence pour Diamniadio Nouvelle Ville. La méthode d'échantillonnage est l'échantillonnage stratifié⁴.

Tableau I :les données de l'étude

Zones d'enquêtes	Ménages Total ⁵	Ménages stratifiés ⁶	Ménages enquêtés ⁷
Diamniadio	3134	342	368
Fann-Point E-Amitié	3858	350	245

Source : auteur à partir des données fournis par l'ANSD

3. MODÈLE

Le modèle 3D utilisé dans le cadre de cette recherche fait partie de la grande famille de modèles de demande d'énergie résidentielle. Il essaie de capturer la diversité de facteurs influençant le choix des ménages (le choix d'énergie, la consommation d'énergie et le dispositif énergétique (Kowsari & Zerriffi, 2011). Ainsi à partir du modèle, nous essayons de montrer l'effet des caractéristiques socio-démographiques, la typologie des résidences et du dispositif des enquêtés sur la consommation

² Diamniadio est une petite ville située dans le département de Rufisque, une subdivision de la région de Dakar

³ La commune d'arrondissement de Fann-Point E-Amitié est l'une des 19 communes d'arrondissement du département de Dakar de la ville de Dakar

⁴ qui fait partie de la famille des échantillonnages probabilistes.

⁵ Données issues du Recensement Générale de la Population de l'Habitat, Agriculture et de l'Élevage (RGPHAE) en 2013 fournie par l'ANSD

⁶Données issues du calcul de l'auteur

⁷ Données issues de l'enquête des ménages

d'énergie. La quantité totale d'énergie consommée résulte de l'addition de l'énergie consommée par les différents matériaux disponibles pour l'électricité, de la quantité de GPL acheté exprimé en kg, et du poids de charbon acheté en kg, le tout converti en kwh (voir tableau de conversion). Dans cette étude, les différents facteurs retenus comme pouvant influencer sur la consommation d'énergie sont : les types de maison, lieu de résidence, orientation des bâtiments, niveau d'étude, niveau de revenu, le nombre de résidents, le nombre de pièces, les modèles de fourneaux⁸, la surface au sol, les attributs, l'efficacité énergétique de l'éclairage, indicateur du niveau d'équipement. Ainsi, l'estimation se présente comme suit :

$$Y_{\text{énergie}} = \alpha_0 X_0 + \alpha_1 X_{TM} + \alpha_2 X_{LR} + \alpha_3 X_{OB} + \alpha_4 X_{NE} + \alpha_5 X_R + \alpha_6 X_{NR} + \alpha_7 X_{NP} + \alpha_8 X_{MF} + \alpha_9 X_{SS} + \alpha_{10} X_{AT} + \alpha_{11} X_{EEE} + \alpha_{12} X_{INE} + \beta$$

Nous avons l'estimation du modèle adaptée à nos différentes variables explicatives et dépendantes où $Y_{\text{énergie}}$ représente la consommation d'Électricité, ou de GPL, ou de Charbon de bois. X_{TM} , X_{LR} , X_{OB} indiquent successivement les variables telles que les types de maison, le lieu de résidence, l'orientation du bâtiment etc.

4. ANALYSE DES RESULTATS ET IMPLICATIONS DE POLITIQUES ECONOMIQUES

4.1 Présentation des résultats

Les résultats ont été présentés sous forme de tableaux pour chaque combustible à savoir l'électricité, le GPL et le charbon de bois. Ainsi, nous avons autant les résultats en période de chaud et de froid, obtenus des effets des variables et les résultats des tests de colinéarité (Voir annexes).

4.2 Analyse et interprétation des résultats

Les résultats montrent que les 613 observations de notre ensemble de données ont été utilisées dans l'analyse (moins d'observations auraient été utilisées si nos variables avaient des valeurs manquantes). Les tests de significativité et l'analyse des résultats donnent ainsi :

4.2.1. Les tests de significativités

-Significativité individuelle de paramètres :

Les paramètres obtenus dans le modèle logit font l'objet d'un test semblable à celui de la régression ordinaire, mais au lieu d'employer un test t, on emploie la statistique de Wald qui se distribue selon la loi du Chi2 à un degré de liberté:

Tous les coefficients sont statistiquement significatifs si ($p < 0.01$ ou $p < 0.05$ ou $p < 0.1$). Ainsi, dans le tableau de régression les variables retenues sont significatives pour les différents seuils cités.

-Test de colinéarité des variables

Les tests de colinéarité ont été effectués à l'aide de la tolérance et de la VIF (variance inflation factor) ainsi les résultats se présentent pour chaque grandeur tel que :

- *Tolérance*

⁸ Variable utilisées uniquement dans la régression du type d'énergie charbon de bois

Elle correspond au pourcentage de la variance d'un prédicteur donné qui ne peut être expliqué par les autres prédicteurs.

- Si la valeur de la tolérance obtenue après estimation pour chaque variable est proche de 1, donc le problème de multi colinéarité ne se pose pas. Par contre si elle est proche de zéro, il y'a multi colinéarité (Senaviratna & A. Cooray, 2019).

Les valeurs de tolérance de nos variables respectant ces différents seuils, donc il n'existe pas de problème de colinéarité de nos variables.

- *VIF*

Il représente l'inverse de la tolérance.

Ainsi, si la valeur du VIF est supérieure à 10, il y'a présence de multi colinéarité (Senaviratna & A. Cooray, 2019) ; (Jowaheer & Agnihotri, 2011) ; (Yang et al., 2022).

L'ensemble des variables de notre étude respectent le seuil retenu ; donc il n'y a pas de problèmes de colinéarité dans nos modèles.

-Significativité conjointe des paramètres estimés :

Elle consiste à étudier l'ajustement global du modèle, à savoir une évaluation de la force de la relation existant entre la variable dépendante et les variables explicatives.

Les hypothèses du test sont :

H0 :Non Significativité conjointe de paramètres estimés [$\text{prob} > 0.05$ / LRstat $< \chi^2_{dl}(\text{tab})$]

H1 :Significativité conjointe de paramètres estimés [$\text{prob} < 0.05$ / LRstat $> \chi^2_{dl}(\text{tab})$]

Dans notre modèle la probabilité associée à LRstat = 0.0000 < 0.05 (d'où les paramètres pris conjointement sont statistiquement significatifs) ; ce qui nous indique que notre modèle dans son ensemble s'adapte de manière significative mieux qu'un modèle vide (c'est-à-dire un modèle sans prédicteurs).

-La qualité globale de l'ajustement :

Le Pseudo R² est considéré comme un indicateur classique approprié pour juger de la qualité de l'ajustement d'un modèle logit.

Ils sont généralement considérés comme corrects si R² > 0.2 . Des simulations ont montré qu'une valeur autour de 0,3 correspond à une valeur élevée de R² (Domencich et McFadden [1975, p. 134-135]), citée dans (Chakir et al., 2017).

Pour notre étude, les Pseudo R² sont supérieurs à 0.2 et largement élevés ; ce qui témoigne de la qualité globale de l'ajustement de nos modèles.

4.2.2.Effets individuels des variables

Les différentes variables significatives des modèles ont été étudiées et leurs effets sur les différents types d'énergies retenus sont présentés ci-dessous :

-Effet de la surface au sol :

La variable a été étudiée pour les trois types d'énergie et les résultats montrent que :

- Pour l'Énergie électrique : la surface au sol est significative en période de chaud avec un coefficient de (1 .001). Ainsi, une augmentation du niveau du variable augmente les chances que la consommation électrique soit élevée en période de chaud. De plus, leur élasticité proche de 1 montre qu'elles augmentent au même niveau ; en période de froid la variable n'est pas significative.

- Pour le GPL : la surface au sol est significative et a un effet positive autant en période de chaud qu'en période de froid, avec des coefficients, respectivement, de 0.998 et 0.908, proches de 1. Donc une augmentation de la surface au sol augmente la consommation de GPL de manière proportionnelle.
- Sur le charbon de bois : la variable surface au sol a également un impact positif et significatif et représente, respectivement, en période de chaud et de froid, 1.201 et 1.901 ; donc supérieures à 1. Une augmentation du niveau de la variable augmente plus que proportionnellement le niveau de consommation de charbon.

- Effet du nombre de pièces

Il a également été étudié pour les trois types d'énergies et la régression donne :

- Pour l'Energie Électrique : le nombre de pièces a un effet significatif et positif en période de chaud et permet ainsi d'expliquer la consommation élevée d'électricité en période avec un coefficient de (1.098) et une significativité de 10%. Le nombre de pièces et la consommation électrique évoluent de fait au même niveau et une augmentation du nombre de pièces augmente la probabilité que la consommation électrique soit élevée.
- Pour le GPL et le charbon de bois, le nombre de pièces n'est pas significatif.

-Effet du nombre de résidents

La variable nombre de résidents est étudiée également pour les trois combustibles :

- Pour l'Energie Électrique : Elle est significative en période de chaud et de froid avec des coefficients de 0.987 et 1.063 et une significativité respective de 10% et 5%. Elle permet ainsi autant dans les deux périodes d'expliquer la consommation électrique avec ces coefficients proches de 1, montrant que la variable évolue proportionnellement à la consommation électrique.
- Pour le GPL : le nombre de résidents a un effet significatif et négatif en période de chaud et de froid avec une élasticité de -1.013 et -1.003 et une significativité de 5% des coefficients. Ainsi, plus le nombre de résidents augmente, plus la consommation de GPL diminue.
- Pour le charbon : le nombre de résidents est par contre significatif et a un effet positif en période de chaud et de froid. Les coefficients représentent, respectivement, 1.032 et 1.050 ; et sont significatifs à 5%. Ainsi, une augmentation du nombre de résidents dans le ménage augmente la consommation de charbon au même niveau.

-Effet du Type de maison

La variable est également étudiée pour les trois combustibles et ses effets donnent :

- Pour l'Energie Électrique : Elle est une variable significative et ayant un effet positif. Plus on passe d'un F1 qui est la référence, à un F2, F3, F4 ou même une maison standard, la consommation est plus élevée en période de chaud et de froid ; avec une élasticité de 1.087 et 1.397 et une significativité respective des coefficients de 5% et 10%. Cela conforte les résultats obtenus sur le nombre de pièces et la surface au sol qui étaient des variables significatives en période de chaud. Ainsi, le passage d'un F1 à un F2 ou F3 augmente le nombre de pièces. La surface au sol peut être la même, mais souvent c'est plus grand et même le plus souvent le nombre de résidents est plus grand ; donc la consommation électrique est plus élevée.
- Pour le GPL : Elle est significative avec un effet positif dans les deux périodes. Le passage d'un F1 à un appartement avec plus de pièces ou à une maison standard augmente la consommation de GPL. L'élasticité des variables est de 0.550 et de 1.871 en période de chaud et de froid avec une significativité respective de 10% et 5%. En période de froid, la

variable est plus que proportionnelle ; et en période de chaud la proportionnalité est plus faible.

- Pour le Charbon : Elle a également un effet positif et significatif. Le passage d'un F1 à un F2, F3 ou maison standard augmente la consommation de charbon. Ainsi, l'élasticité est de 1.358 et 1.151 en période de chaud et de froid et la significativité est de 5% dans les deux périodes.

-Effet du lieu de résidence

Elle a été étudiée pour les trois types d'énergies et montre que :

- Pour l'électricité : Elle a un effet significatif et positif avec une élasticité en période de chaud et de froid représentant, respectivement, 72.67 et 3.448 et significative à 1%. Cette variable, avec comme référence le fait d'habiter à Diamniadio Ancienne Ville (DAV) contre ceux habitant à Diamniadio Nouvelle Ville (DNV), est plus que proportionnelle à la consommation élevée d'électricité.
- Pour le GPL : la variable lieu de résidence est également significative dans les deux périodes et a un effet positif ; et ses coefficients représentent 5.830 en période de chaud et 8.104 en période de froid, avec une significativité de 1%. Ainsi, résider à Diamniadio nouvelle ville augmente plus que proportionnellement la probabilité d'avoir une consommation de GPL élevée.
- Pour le charbon : la variable a un impact négatif et significatif avec des coefficients de -0.032 en période de chaud et -0.1063 en période de froid. Donc la probabilité que la consommation de charbon soit élevée à Diamniadio ancienne ville est plus élevée.

-Effet du niveau d'étude du chef de ménage

Étudiée également pour les trois combustibles, la variable niveau d'étude explique ainsi

- Pour l'énergie électrique : Elle n'est pas significative autant en période de chaud et de froid.
- Pour le GPL : le niveau d'étude a un effet significatif et positif. Son élasticité représente 1.155 en période de chaud et 1.147 en période de froid et est significatif à 10%. Ainsi, plus le niveau d'étude du chef de ménage augmente, plus la probabilité d'avoir une consommation de GPL élevée augmente.
- Pour le charbon : le niveau d'étude est également significatif mais a un effet négatif avec des coefficients en période de chaud et froid représentant, respectivement, -0.756 et -0.819 et une significativité de 5%. Ainsi, un niveau d'étude élevé est associé à une consommation de charbon de bois plus faible.

-Effet du Revenu

Le revenu, est étudié dans ce point pour les trois combustibles, et ses effets donnent :

- Pour l'Énergie électrique : le niveau de revenu a un effet significatif et positif en période de chaud, avec un coefficient de 0.967 et une significativité de 10%. En période de froid, il n'est pas significatif. Ainsi, plus le niveau de revenu augmente, plus la probabilité d'avoir une consommation élevée en période de chaud augmente.
- Pour le GPL : la variable niveau de revenu a un effet significatif et positif dans les deux périodes, avec une élasticité de 0.676 en période de chaud et 0.766 en période de froid et une significativité de 10%. Ainsi, autant en période de chaud que de froid, lorsque le niveau de revenu augmente la probabilité d'avoir une consommation de GPL élevée augmente.
- Sur le charbon : la variable niveau de revenu a également un effet significatif mais négative pour la consommation de charbon avec des coefficients de -1.340 et -1.107 en période de chaud et de froid, respectivement, et une significativité de 5%. Ainsi, plus le

niveau de revenu augmente, plus la probabilité d'avoir une consommation de charbon élevé diminue.

-Effet de l'Indicateur d'équipement électroménager

La variable a également été étudiée pour les trois combustibles et l'analyse montre les effets suivants:

- Pour l'énergie électrique : elle est significative et avec un effet positif en période chaude avec une élasticité de 1.291 et une significativité de 10%. Ainsi, plus le niveau d'équipement augmente, plus la probabilité d'une augmentation de la consommation électrique est élevée.
- Pour le GPL : la variable a également un effet significatif et positif avec des coefficients de 1.845 et 1.62, respectivement, en période de chaud et de froid et une significativité de 5%. Ainsi, l'indicateur d'équipement est un facteur explicatif de la demande de GPL ; et le passage d'un niveau faible à un niveau supérieur augmente la probabilité d'avoir une consommation de GPL élevée.
- Pour le charbon : l'indicateur du niveau d'équipement est de même significatif mais négatif, avec des coefficients, respectivement, de -0.744 et -0.657 en période de chaud et de froid. Il est également significatif à 10% et 5%, respectivement. De fait, plus on passe d'un niveau faible à un niveau élevé d'équipement, la probabilité d'avoir une consommation de charbon faible est élevée.

-Effet du modèle de fourneaux

Cette variable, par contre, a été étudiée pour le GPL et le charbon uniquement ; et l'analyse montre :

- Pour le GPL : la variable modèle de fourneaux, avec comme référence les fourneaux standards contre les foyers améliorés (FA), est significative et a un effet négatif en période de froid pour le GPL avec une élasticité de -0.645 et une significativité de 10%. Ainsi, les ménages utilisant les FA en période de froid ont la probabilité de consommer moins de GPL.
- Sur le Charbon : elle est significative et a un effet négatif dans les deux périodes avec, respectivement, un coefficient de -1.474 en période de chaud et -1.457 en période de froid ; ainsi qu'une significativité de 5% et 1%, respectivement. Ainsi, la possession de foyers améliorés par rapport aux foyers standards augmente la probabilité de consommer moins de charbon.

4.3. Implications en termes de politique économique

Nos résultats nous ont permis de dégager autant sur le plan sociodémographique, économique des ménages, que sur le plan spatial et physique des bâtiments résidentiels, ainsi que sur le plan de l'efficacité énergétique des appareils, plusieurs impératifs de politique économique. Ces derniers visant la maîtrise et la réduction de la consommation énergétique des ménages. Ils s'articulent ainsi autour de plusieurs actions telles que :

-Repenser la politique de l'habitat au Sénégal en prenant en compte les aspects spatiaux et physiques des résidences des ménages.

En effet, la question de l'habitat est devenue un enjeu majeur au Sénégal et a été une des grandes motivations du nouveau pôle urbain de Diamniadio. Cependant, pour palier au défi que constitue la demande d'énergie, les acteurs du secteur doivent prendre en compte plusieurs aspects relevant notamment de la typologie de logement, de la surface au sol des bâtiments, du nombre de pièces, etc. Ces derniers influencent la demande d'énergie électrique et celle des autres énergies surtout dans la partie prévue plus dense du pôle. Ainsi, il est plus qu'important de s'inquiéter des enjeux énergétiques de la zone d'autant plus qu'aucune évaluation environnementale des projets d'habitats déjà en place dans la zone n'a été effectuée.

Par conséquent, il relève du secteur public d'apprendre des erreurs du passé pour ne pas reproduire le même schéma, en se focalisant sur la structure des bâtiments résidentiels, par une économie de l'espace des constructions pouvant permettre une réduction de la consommation électrique, une création de grandes pièces ouvertes dans les résidences, à la place de plusieurs pièces individuelles comme c'est le cas dans les anciennes constructions.

-Motiver les politiques de prix des énergies en se basant sur les caractéristiques sociodémographiques et économiques des ménages.

L'État du Sénégal a procédé au début de l'année 2023, à un ajustement des prix de l'électricité en revoyant à la hausse certains tarifs. Selon les Autorités en charge de la question, cette hausse permettra de financer des projets sociaux d'ici 2025. Ainsi, elle a visé les tarifs des deuxièmes et troisièmes tranches, car ayant une consommation plus élevée et supposés plus aptes à supporter une légère hausse de l'électricité. Les tarifs de la première tranche, considérée comme une tranche sociale, quant à eux ne sont pas concernés par cette hausse. Cependant, se basant uniquement sur le niveau de consommation pour juger de la nécessité de réduction des prix de l'électricité des ménages, pourrait prêter à confusion, car plusieurs autres facteurs influençant la consommation d'énergie n'ont pas été pris en compte.

En effet, des ménages peuvent avoir des consommations élevées et même un niveau de revenu élevé, tout en étant vulnérables, car de par la configuration des familles sénégalaises, si on ne considère pas le revenu par tête on ne peut juger de la vulnérabilité d'un ménage. Nos résultats ont montré qu'autant le revenu des ménages augmente la consommation électrique, autant le nombre de résidents peut aussi l'augmenter surtout en période de forte température. Ainsi, un ménage de 2 à 3 membres qui choisit de vivre dans le confort, sans se soucier de leur consommation d'électricité est différent d'un ménage qui regroupe plusieurs membres qui se partagent les charges et qui, en réponses à toute hausse de l'électricité, sont obligés d'économiser sur d'autres nécessités de la maison.

Pour la consommation de GPL et le charbon, le même constat a été fait. En effet, l'État du Sénégal, depuis l'introduction du GPL dans le marché sénégalais, l'a fortement subventionné pour en favoriser la diffusion. Cependant, depuis 2009, cette subvention a été définitivement supprimée et une des remarques de nos résultats est que, d'une part, plus le nombre de résidents des ménages augmente moins ils consomment du GPL ; et d'autre part, plus le revenu des ménages est faible plus ils consomment du charbon. Ainsi, étant deux combustibles substituables pour la cuisine, les ménages à niveau de revenu faible et de revenu par tête faible, choisissent le combustible le moins cher. De ce fait, pour des objectifs visant la neutralité carbone, cette démarche est de loin inadéquate.

L'État du Sénégal doit essayer de revoir à la baisse le prix du GPL. Il pourrait également essayer de mieux formaliser le marché du charbon pour pouvoir influencer sur les prix à la demande qui diffèrent dans les zones ; mais surtout pour connaître au moins la demande effective afin de prévoir le niveau des émissions de gaz à effet de serre provenant de ce combustible.

-Accélérer et maintenir les politiques d'économies d'énergie et d'efficacité énergétique

Nos résultats ont également montré l'impact du niveau d'équipement sur la consommation électrique et de l'appareil de cuisson sur la consommation de GPL et de charbon. Ainsi, des programmes tels qu'Ecofridges⁹ qui est un projet du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), en partenariat avec plusieurs institutions au Sénégal, prévu en 2024 devrait être mise en œuvre sans délai. Un accompagnement des consommateurs pour l'adoption de mécanismes d'efficacité énergétique doit également être mis en place ; ainsi qu'une sensibilisation aux différentes mesures d'efficacité énergétique et d'économie d'énergie.

⁹ Un achat à crédit à un taux d'intérêt de 0% pour une durée d'au moins 24 mois de réfrigérateurs et climatiseurs à efficacité énergétique.

Pour le GPL et le Charbon de bois, l'utilisation de Foyers améliorés (FA) a montré un effet sur leur consommation, comparé à ceux qui continuent d'utiliser les foyers standards. Ainsi, l'État, dans sa politique de vulgarisation des foyers améliorés doit décourager l'utilisation des foyers standards dans les zones où il y'a une disponibilité suffisante des FA. Il doit également miser sur le fait que l'éducation a un effet sur la consommation de charbon et de GPL pour mener une politique de sensibilisation allant dans ce sens.

CONCLUSION

Dans cet article, nos recherches nous ont permis d'étudier différents facteurs explicatifs de la demande énergétique résidentielle dans le pôle urbain de Diamniadio. Elle revêt une importance capitale et constitue une base utile à tous scénarios et options possibles d'économie d'énergie, de modification de comportement de consommation d'énergie ; mais également de ciblage de mesures d'efficacité énergétique ; toutes essentielles à l'atteinte des objectifs du nouveau siècle et surtout de développement durable.

Le pôle urbain de Diamniadio, qui constitue le cadre de notre analyse, répond à la politique d'urbanisation du Sénégal. En effet, le gouvernement a décidé, dans le cadre de sa stratégie de réduction de la pauvreté et d'amélioration du niveau de vie, de faire de la décentralisation une force de mutualisation et de mobilisation des initiatives de développement orientées vers la promotion des valeurs et potentialités régionales et locales.

Néanmoins, plusieurs enjeux doivent être pris en compte dans l'exécution afin de s'assurer que le pôle respecte ses engagements originels parmi lesquels, mieux positionner le Sénégal sur l'échiquier continental.

Pour atteindre ses objectifs, le pôle doit ainsi poursuivre ses efforts sur plusieurs aspects en particulier sur le plan énergétique, qui constitue un des enjeux majeurs, notamment du fait de son poids énergétique. Sa mise en place devrait aider à la recherche de solutions pérennes aux problèmes de maîtrise de l'énergie, avec plusieurs défis auxquels le secteur de l'énergie au Sénégal est confronté.

Tous ces défis montrent ainsi l'intérêt que suscite, au demeurant, cette recherche qui nous a permis, au regard des variables retenues, d'aboutir à des résultats importants pouvant permettre d'expliquer la demande énergétique résidentielle dans le pôle urbain de Diamniadio.

Ainsi, l'accent étant davantage mis, en ce qui concerne l'électricité, sur le prix en différenciant les ménages de par leurs niveaux de consommation, à savoir le nombre de kwh affiché au compteur. Les résultats font ressortir que des facteurs ayant un impact considérable sur la consommation d'électricité des ménages ne sont pas inclus dans la politique énergétique au Sénégal, notamment la taille des maisons (surface au sol et type de logement), le nombre de résidents du ménage, le revenu du ménage.

Pour les énergies telles que le GPL et le charbon de bois, les politiques du pays ne concordent pas avec les objectifs qui doivent être atteints tels que la levée de la subvention du GPL, alors que le combustible doit être plus diffusé dans les différentes zones du pays ; mais également le caractère informel du marché du charbon qui nécessite un contrôle régulier.

De plus, les foyers améliorés qui permettent certes une économie d'énergie du combustible, sont plus chers que les foyers standards et nécessitent ainsi une subvention, afin de faciliter la distribution.

Toutefois, notre étude connaît plusieurs limites qui peuvent être traduites en des perspectives de recherche futures. En effet, nous avons étudié certaines variables physiques et spatiales des bâtiments, sans tenir compte de leur conception, qui peut être une grande source d'économie d'énergie. Elle repose sur une sélection de techniques appropriées qui complètent le climat local.

En définitive, la conception de l'enveloppe du bâtiment, est un facteur crucial pouvant réduire la consommation d'énergie, grâce à l'utilisation d'un matériel à faible conductance thermique.

RÉFÉRENCES

- AIE. (2019, mars 26). *Global energy demand rose by 2.3% in 2018, its fastest pace in the last decade—News*. IEA. <https://www.iea.org/news/global-energy-demand-rose-by-23-in-2018-its-fastest-pace-in-the-last-decade>
- AIE. (2020). *World – World Energy Balances : Overview – Analysis*. IEA. <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview/world>
- Babatunde, A., & Enehe, J. (2011). Determinants of household electricity demand in Nigeria. *Economic and Financial Review*, 49(2). <https://dc.cbn.gov.ng/efr/vol49/iss2/1>
- Branch, E. R. (1994). The Consumer Expenditure Survey : A comparative analysis. *Monthly Labor Review*, 117(12), 47-55. <https://www.jstor.org/stable/41844231>
- Brounen, D., Kok, N., & Quigley, J. (2012). Residential energy use and conservation : Economics and demographics. *European Economic Review*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2012.02.007>
- Chakir, R., Laurent, T., Ruiz-Gazen, A., Thomas-Agnan, C., & Vignes, C. (2017). Prédiction de l'usage des sols sur un zonage régulier à différentes résolutions et à partir de covariables facilement accessibles. *Revue économique*, 68(3), 435-469. <https://doi.org/10.3917/reco.683.0435>
- Fullerton, T., Juarez, D. A., & Walke, A. G. (2012). Residential electricity consumption in Seattle. *Energy Economics*, 34(5), 1693-1699. https://econpapers.repec.org/article/eeeeneeco/v_3a34_3ay_3a2012_3ai_3a5_3ap_3a1693-1699.htm
- Jowaheer, V., & Agnihotri, A. K. (2011). Sex identification on the basis of hand and foot measurements in Indo-Mauritian population – A model based approach. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 18(4), 173-176. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2011.02.007>
- Kowsari, R., & Zerriffi, H. (2011). Three dimensional energy profile: *Energy Policy*, 39(12), 7505-7517. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.030>
- Martey, E., Etwire, P. M., Atinga, D., & Yevu, M. (2021). Household energy choice for cooking among the time and consumption poor in Ghana. *Energy*, 226, 120408. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120408>
- Narasimha Rao, M., & Reddy, B. S. (2007). Variations in energy use by Indian households : An analysis of micro level data. *Energy*, 32(2), 143-153. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.03.012>
- Rahut, D. B., Das, S., De Groote, H., & Behera, B. (2014). Determinants of household energy use in Bhutan. *Energy*, 69(C), 661-672. <https://ideas.repec.org/a/eee/energy/v69y2014icp661-672.html>
- Salifu, M., & Al-hassan, S. (2018). *Determinants of Liquefied Petroleum Gas (LPG) Use Among Households in Northern Ghana*.
- Senaviratna, N. A. M. R., & A. Cooray, T. M. J. (2019). Diagnosing Multicollinearity of Logistic Regression Model. *Asian Journal of Probability and Statistics*, 1-9. <https://doi.org/10.9734/ajpas/2019/v5i230132>
- SIE. (2019). *Système d'information énergétique | Sénégal*. <https://semis.sn/sie/public/Accueil/aser>
- United Nations Environment Programme, & Global Alliance for Buildings and Construction, U. N. (2024). *Global Status Report for Buildings and Construction—Beyond foundations : Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45095>.

Yalcintas, M., & Kaya, A. (2017). Roles of income, price and household size on residential electricity consumption : Comparison of Hawaii with similar climate zone states. *Energy Reports*, 3, 109-118. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2017.07.002>

Yang, P., Wang, N., Guo, Y., Ma, X., & Wang, C. (2022). Performance Analysis of Logistic Model Tree-Based Ensemble Learning Algorithms for Landslide Susceptibility Mapping. *Journal of Sensors*, 2022, e8254356. <https://doi.org/10.1155/2022/8254356>

Annexes

Tableau : les résultats de la régression logistique des facteurs qui affectent la consommation énergétique des ménages

	<i>Modèle</i>	<i>Période de chaud</i>		<i>Période de Froid</i>		<i>Test de colinéarité</i>	
		<u>coef</u>	<u>Sig</u>	<u>Coef</u>	<u>Sig</u>	<u>Tolérance</u>	<u>VIF</u>
<i>Électricité</i>	Surface au sol	<u>1.001</u>	0.059	0.999	0.713	0.941	1.06
	Nombres de pièces	<u>1.098</u>	0.086	0.957	0.624	0.555	1.80
	Nombres de résidents	<u>0.987</u>	0.084	<u>1.063</u>	0.015	0.538	1.86
	Type de maison	1.087	0.013	<u>1.397</u>	0.087	0.883	1.13
	Lieu de résidence	<u>72.67</u>	0.000	<u>3.448</u>	0.000	0.303	3.29
	Niveau d'étude	1.049	0.485	1.15	0.182	0.738	1.35
	Niveau de revenu	<u>0.967</u>	0.078	1.13	0.417	0.781	1.28
	Indicateur équipement électroménager	<u>1.291</u>	0.067	1.032	0.878	0.438	2.28
	cons	0.036	0.001	0.0006	0.000		
	Observations	613		613			
	Pseudo R2	0.2958		0.5135			
	<u>Prob > chi2</u>	0.0000		0.0000			

p < 0.01 ,p < 0.05 ,p < 0.1

	<i>Modèle</i>	<i>Période de chaud</i>		<i>Période de Froid</i>		<i>Test de colinéarité</i>	
		<u>coef</u>	<u>Sig</u>	<u>Coef</u>	<u>Sig</u>	<u>Tolérance</u>	<u>VIF</u>
<i>GPL</i>	Surface au sol	<u>0.998</u>	0.014	<u>0.908</u>	0.074	0.939	1.06
	Nombres de pièces	<u>1.129</u>	0.221	1.091	0.359	0.555	1.80
	Nombres de résidents	<u>-1.013</u>	0.011	<u>-1.003</u>	0.040	0.538	1.86
	Type de maison	<u>0.550</u>	0.093	<u>1.871</u>	0.030	0.874	1.14
	Lieu de résidence	<u>5.830</u>	0.000	<u>8.104</u>	0.002	0.236	4.24
	Niveau d'étude	<u>1.155</u>	0.063	<u>1.147</u>	0.066	0.734	1.36
	Niveau de revenu	<u>0.676</u>	0.064	<u>0.766</u>	0.094	0.765	1.31

Indicateur équipement électroménager	<u>1.845</u>	0.015	<u>1.62</u>	0.043	0.434	2.30
Modèle de fourneaux	-0.407	0.170	-0.645	0.061	0.735	1.36
Cons	284.969	0.005	4898.5	0.000		
Observations	613			613		
Pseudo R2	0.6717			0.654		
<u>Prob > chi2</u>	0.0000			0.000		

p < 0 .01 ,p < 0 .05 ,p < 0.1

CHARBON

<i>Modèle</i>	<i>Période de chaud</i>		<i>Période de Froid</i>		<i>Test de colinéarité</i>	
	<u>coef</u>	<u>Sig</u>	<u>Coef</u>	<u>Sig</u>	<u>Tolérance</u>	<u>VIF</u>
Surface au sol	<u>1.201</u>	0.024	1.901	0.001	0.939	1.06
Nombres de pièces	<u>0.978</u>	0.812	0.957	0.569	0.555	1.80
Nombres de résidents	<u>1.032</u>	0.013	<u>1.050</u>	0.029	0.537	1.86
Type de maison	1.358	0.017	1.151	0.011	0.873	1.15
Lieu de résidence	<u>-0.032</u>	0.000	<u>-0.1063</u>	0.000	0.280	3.56
Niveau d'étude	<u>-0.756</u>	0.018	-0.819	0.035	0.733	1.36
Niveau de revenu	-1.340	0.093	-1.107	0.007	0.764	1.31
Indicateur équipement électroménager	<u>-0.744</u>	0.095	-0.657	0.026	0.429	2.33
Modèle fourneaux	-1.474	0.018	-1.457	0.006	0.738	1.35
cons	1714.3	0.000	<u>328.28</u>	0.000		
Observations	613		613			
Pseudo R2	0.6016		0.4622			
<u>Prob > chi2</u>	0.000		0.0000			

p < 0 .01 ,p < 0 .05 ,p < 0.1

Source : Calcul auteur sous stata à partir des données d'enquêtes des ménages