

## Usages énergétiques des ménages ruraux agricoles dans l'Atacora Ouest du Bénin: caractéristiques et typologie

Energy Use in Rural Farming Households in West Atacora, Benin:  
Characteristics and Typology.

**Auteur 1** : Jiles Nounassou HOUNGBO.

**Auteur 2** : Mohamed Safiou BOUKARI.

**Auteur 3** : Michel ATCHIKPA.

**Auteur 4** : Zakou AMADOU.

**Auteur 5** : Jacob Afouda YABI.

**HOUNGBO Nounassou Jiles**, Doctorant, Laboratoire Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Économiques et Sociales (LARDES),  
1 Université de Parakou / Faculté d'Agronomie, Bénin

**BOUKARI Mohamed Safiou**, (MsC, Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Économiques et Sociales (LARDES),  
2 Université de Parakou / Faculté d'Agronomie, Bénin

**ATCHIKPA Michel**, Docteur en Economie de Développement, Expert en Économie du changement climatique, Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Économiques et Sociales (LARDES),  
3 Université de Parakou / Faculté d'Agronomie, Bénin

**AMADOU Zakou**, Docteur, Faculté des Science Agronomique (FSA)  
4. Université de Tahoua (UTA) / Faculté d'Agronomie, (Tahoua) Niger

**YABI Afouda Jacob** Professeur Titulaire des Université du Cameroun, Directeur du Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Économiques et Sociales (LARDES),  
5. Université de Parakou / Faculté d'Agronomie, Bénin

**Déclaration de divulgation** : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

**Conflit d'intérêts** : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

**Pour citer cet article** : HOUNGBO .N J, BOUKARI .M S, ATCHIKPA .M, AMADOU .Z, YABI .A J (2026) « Usages énergétiques des ménages ruraux agricoles dans l'Atacora Ouest : caractéristiques et typologie », African Scientific Journal « Volume 03, Num 35 » pp: 0595 – 0614.



DOI : 10.5281/zenodo.19253015

Copyright © 2026 – ASJ



## Résumé

L'énergie joue un rôle déterminant dans l'amélioration des conditions de vie et la transformation des systèmes productifs en milieu rural. Cet article analyse les usages énergétiques des ménages ruraux agricoles de l'Atacora Ouest, au nord du Bénin, afin d'en caractériser les pratiques et d'établir une typologie des profils énergétiques. L'étude repose sur une enquête menée auprès de 300 ménages et mobilise des statistiques descriptives, une analyse en composantes principales (ACP) et une classification hiérarchique ascendante (CHA).

Les résultats indiquent une forte adoption de l'énergie solaire, utilisée par 78 % des ménages, contre 15 % pour l'hydroélectricité et 5 % pour le biogaz. Les usages énergétiques sont majoritairement orientés vers l'éclairage (76 %) et la cuisson domestique (62 %), tandis que les usages productifs restent limités (39 %). Les sources traditionnelles, notamment le bois de chauffe (40 %) et le charbon de bois (28 %), demeurent largement utilisées, souvent en combinaison avec les énergies modernes. L'ACP met en évidence une hétérogénéité des pratiques énergétiques, les deux premiers axes expliquant 42,17 % de l'inertie totale. La CHA identifie trois profils distincts de ménages, traduisant des niveaux différenciés d'accès, d'adoption et d'usage de l'énergie. Ces résultats montrent que la transition énergétique en milieu rural reste progressive et peu orientée vers les usages productifs.

**Mots clés :** Énergies rurales ; Typologie énergétique ; Énergie solaire ; Ménages agricoles ; Atacora Ouest

**Abstract**

Energy plays a decisive role in improving living conditions and transforming production systems in rural areas. This article analyzes the energy use of rural agricultural households in West Atacora, northern Benin, in order to characterize their practices and establish a typology of energy profiles. The study is based on a survey of 300 households and uses descriptive statistics, principal component analysis (PCA), and ascending hierarchical classification (AHC).

The results indicate a high adoption rate for solar energy, used by 78% of households, compared to 15% for hydroelectricity and 5% for biogas. Energy use is mainly for lighting (76%) and domestic cooking (62%), while productive uses remain limited (39%). Traditional sources, particularly firewood (40%) and charcoal (28%), remain widely used, often in combination with modern energies. PCA highlights the heterogeneity of energy practices, with the first two axes accounting for 42.17% of the total inertia. The CHA identifies three distinct household profiles, reflecting different levels of access, adoption, and use of energy. These results show that the energy transition in rural areas remains gradual and not particularly oriented towards productive uses.

**Keywords :** Rural energy; Energy typology; Solar energy; Farm households; West Atacora

## Introduction

L'accès à l'énergie moderne constitue un pilier du développement socio-économique et de la réduction de la pauvreté (Hartinger et al., 2024). Pourtant, les zones rurales d'Afrique subsaharienne demeurent confrontées à une précarité énergétique prononcée. Mathur et al., (2015) estiment que plus de 1,3 milliard de personnes dans le monde n'ont toujours pas accès à l'électricité, dont près de 80 % vivent dans des zones rurales des pays en développement. Dans ces espaces, la dépendance à la biomasse principalement le bois de chauffage et le charbon de bois reste dominante, touchant environ 90 % des ménages ruraux et entraînant des impacts environnementaux et sanitaires majeurs (Sibanda et Uzabakiriho, 2024).

Au Bénin, cette dynamique s'exprime de manière aiguë : le taux d'accès à l'électricité atteint seulement 31 % au niveau national et 7 % en milieu rural (Hartinger et al., 2024) . Dans les régions septentrionales, notamment l'Atacora, les ménages agricoles font face à des contraintes énergétiques qui influencent directement leurs conditions de vie et leurs activités productives. Miassi et al., (2024) soulignent que cette dépendance à la biomasse s'accompagne d'une forte pression sur les ressources forestières, d'émissions importantes de gaz à effet de serre et de risques sanitaires, notamment liés à l'inhalation de fumées domestiques. Aemro et al., (2021) rappellent d'ailleurs que la combustion de combustibles solides serait responsable d'environ 4 millions de décès annuels dans les pays en développement.

Dans ce contexte, le développement des énergies renouvelables décentralisées, telles que le solaire photovoltaïque, apparaît comme une alternative prometteuse. Lawal et al., (2024) montrent que ces systèmes peuvent répondre efficacement aux contraintes d'électrification en milieu rural. La région de l'Atacora Ouest, caractérisée par une forte dépendance agricole, illustre particulièrement cette problématique. Comprendre les usages énergétiques des ménages ruraux agricoles dans cette zone constitue ainsi un enjeu majeur pour orienter les politiques publiques vers des solutions adaptées. En effet, les choix énergétiques des ménages sont influencés par des facteurs socio-économiques, environnementaux et culturels spécifiques (Bhattarai et al., 2024).

Dans ce cadre, la présente étude porte sur les usages énergétiques des ménages ruraux agricoles dans l'Atacora Ouest du Bénin. Elle vise principalement à analyser ces usages afin d'en caractériser les principales dimensions et d'établir une typologie des profils énergétiques. Plus spécifiquement, il s'agit de décrire les sources d'énergie utilisées, d'examiner les usages qui en sont faits et de mettre en évidence les profils différenciés de consommation énergétique à partir d'outils d'analyse statistique. L'article est structuré en quatre parties. Après cette introduction, la deuxième section présente le cadre théorique, les matériels et méthodes ainsi que la méthodologie adoptée. La troisième section expose les principaux résultats obtenus et

leur discussion. Enfin, la dernière section est consacrée à la conclusion et aux implications en termes de politiques énergétiques en milieu rural.

## **1. Cadre Théorique**

### **1.1. Théorie de l'empilement d'énergie**

La théorie de l'empilement d'énergie, encore appelée fuel stacking theory, remet en question l'hypothèse linéaire de la théorie de l'échelle énergétique. Alors que cette dernière suppose que les ménages abandonnent progressivement les combustibles traditionnels au profit de sources modernes à mesure que leur revenu augmente, (Masera et al., 2000) montrent que cette dynamique ne reflète pas la réalité observée dans les pays en développement. En pratique, les ménages qu'ils soient ruraux ou urbains utilisent simultanément plusieurs types de combustibles pour répondre à leurs besoins énergétiques, plutôt que de substituer complètement les combustibles traditionnels par des sources modernes. Selon van der (Van der Kroon et al., 2011), les énergies modernes ne remplacent que partiellement la biomasse et d'autres combustibles traditionnels, ce qui confirme que l'évolution énergétique s'effectue davantage par accumulation que par substitution. La théorie suggère donc une hiérarchie flexible des combustibles, dans laquelle les ménages maintiennent une combinaison de sources énergétiques tout en augmentant progressivement leur part d'énergie moderne lorsque leurs conditions économiques s'améliorent.

Les déterminants de cette utilisation simultanée de combustibles sont multiples. Ils incluent la disponibilité locale et l'accessibilité des énergies modernes (Kowsari et Zerriffi, 2011), le coût relatif des différents combustibles (Davis, 1998), la volatilité des prix et les préférences culturelles ou pratiques des ménages (Masera et al., 2000). En prenant en compte cette diversité de facteurs, la théorie de l'empilement d'énergie offre une compréhension plus réaliste et nuancée des stratégies énergétiques des ménages. Elle ouvre également la voie à des approches de modélisation plus complexes et mieux adaptées pour analyser la transition énergétique domestique, comme l'indiquent (Hanson et al., 2016).

### **1.2. Théorie de l'échelle énergétique (Energy Ladder Theory)**

La théorie de l'échelle énergétique constitue l'un des premiers modèles explicatifs du comportement énergétique des ménages. Elle propose que les choix de combustibles suivent une trajectoire linéaire et hiérarchisée, où les ménages passent progressivement de combustibles traditionnels tels que le bois ou les résidus agricoles vers des sources plus modernes et propres à mesure que leur revenu augmente (Hosier et Dowd, 1987). Dans ce modèle, l'amélioration socio-économique conduit à la substitution totale des combustibles traditionnels par des énergies intermédiaires (kérosène, charbon moderne) puis par des sources modernes telles que l'électricité ou le gaz.

Cependant, la validité empirique de ce modèle a été largement remise en question. (Masera et al., 2000) qui soulignent que la théorie de l'échelle énergétique surestime la linéarité de la transition énergétique dans les pays en développement, car elle ignore les déterminants culturels, les contraintes structurelles et les variations contextuelles des usages énergétiques. Des études ultérieures confirment que les ménages n'abandonnent pas complètement les combustibles traditionnels mais continuent d'en faire usage pour des raisons de coût, de disponibilité ou de préférences pratiques (Van der Kroon et al., 2011). En ce sens, la théorie de l'échelle énergétique fournit un cadre conceptuel utile pour décrire un chemin idéal de transition, mais elle ne rend pas compte de la complexité réelle des comportements domestiques en matière d'énergie.

Dans le cadre de cette étude, la théorie de l'échelle énergétique permet de tracer une progression théorique de la biomasse vers l'électricité ou le gaz, tout en reconnaissant que les ménages combinent souvent plusieurs sources pour répondre à des besoins diversifiés tels que la cuisson, l'éclairage et le chauffage. Cette perspective servira de base pour analyser les profils énergétiques observés et identifier les écarts par rapport au modèle idéal.

### **1.3. Théorie néoclassique du choix énergétique**

La théorie néoclassique du choix énergétique repose sur la notion de rationalité économique : les ménages sélectionnent les sources d'énergie qui maximisent leur utilité en tenant compte de leurs contraintes budgétaires et des caractéristiques des options disponibles (Browning et Zupan, 2004). Dans ce cadre, le choix énergétique dépend des coûts relatifs, du revenu, de la disponibilité des combustibles, ainsi que de l'efficacité perçue des différentes technologies (Heltberg, 2004). Selon cette perspective, les ménages affichent une préférence pour les sources d'énergie offrant un rapport coût-efficacité favorable. En conséquence, les ménages à faibles revenus recourent davantage aux combustibles traditionnels moins coûteux, tandis que ceux disposant de revenus plus élevés choisissent des énergies plus modernes ou propres (Lee, 2013). Cette approche met également en évidence l'effet des prix relatifs : une augmentation du prix du gaz ou de l'électricité peut entraîner un retour partiel vers des combustibles traditionnels, phénomène observé dans plusieurs contextes africains (Pachauri et Spreng, 2011). Bien que la théorie néoclassique contribue à expliquer les choix basés sur les coûts et les revenus, elle demeure limitée face aux facteurs non économiques pratiques culturelles, normes sociales, habitudes ou disponibilité irrégulière qui exercent un rôle déterminant dans les zones rurales. Ces limites expliquent la complémentarité nécessaire entre l'approche néoclassique et les perspectives sociotechniques pour analyser les systèmes énergétiques rurales.

Cette théorie permet de décortiquer les déterminants économiques derrière les choix énergétiques des ménages ruraux. Elle aidera à identifier dans quelle mesure les contraintes

financières, les coûts d'accès et les prix des combustibles influencent l'utilisation combinée de biomasse et d'énergies modernes, et à distinguer les décisions rationnelles des pratiques culturelles ou contraintes structurelles.

#### **1.4. Matériels et méthodes**

##### **1.4.1. Milieu d'étude**

Le Bénin, situé en Afrique de l'Ouest, constitue le cadre général de cette étude, qui se concentre sur le département de l'Atacora, au nord du pays. Le choix du département de l'Atacora se justifie par le fait qu'il a bénéficié de plusieurs projets et programmes liés à la transition énergétique et à l'électrification rurale, visant à améliorer l'accès des ménages ruraux aux services énergétiques modernes, notamment à travers la promotion des énergies renouvelables et des usages productifs de l'électricité. Ces interventions s'inscrivent dans les stratégies nationales d'accès universel à l'énergie et font de l'Atacora une zone pilote pour l'analyse des dynamiques d'adoption énergétique en milieu rural (IRENA, 2019).

Le département de l'Atacora comprend neuf communes, à savoir Boukombé, Coby, Kérou, Kouandé, Matéri, Natitingou, Péhunco, Tanguiéta et Toucountouna. Pour des raisons de sécurité et de faisabilité logistique, l'étude s'est focalisée sur les communes de Boukombé, Toucountouna et Natitingou, dans lesquelles des enquêtes approfondies ont été conduites auprès des ménages ruraux agricoles.

##### **1.4.2. Echantillonnage**

L'échantillon de l'étude est constitué de 300 ménages agricoles, répartis équitablement à raison de 100 ménages par commune. Ces ménages ont été sélectionnés de manière aléatoire parmi ceux utilisant au moins une source d'énergie identifiée dans la littérature scientifique. La base de sondage comprenait une liste exhaustive de toutes les zones de dénombrement comportant un nombre précis de ménages, servant d'unités de comptage pour le recensement. Cette base contenait des informations détaillées sur la localisation, les divisions administratives, le type de résidence ainsi que le nombre total de ménages et de la population par zone. Pour garantir la représentativité de l'échantillon, le pays avait été initialement stratifié en douze départements incluant à la fois des zones urbaines et rurales. La sélection de l'échantillon a été effectuée selon une stratification en deux étapes avec une probabilité proportionnelle à la taille. Cette approche a permis de distinguer les strates urbaines et rurales et d'assurer un échantillonnage indépendant dans chaque strate. Lors de la première étape, les départements ont été choisis proportionnellement à leur taille, mesurée par le nombre total de ménages recensés lors du dernier Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2013. La deuxième étape consistait à sélectionner vingt ménages dans chaque zone par une méthode systématique avec probabilité égale, à partir de la liste complète des ménages.

## **1.5. Méthodes de collecte et d'analyse des données**

### **1.5.1. Méthodes de collecte**

Les données ont été recueillies à travers une enquête sur le terrain combinant des approches quantitatives et qualitatives, centrée sur les pratiques énergétiques des ménages agricoles et l'adoption des sources d'énergie renouvelables, notamment le solaire domestique. Les informations collectées ont permis d'identifier les types de sources d'énergie utilisées par les ménages, la fréquence et l'intensité de leur utilisation, ainsi que les motivations et les obstacles à l'adoption des technologies modernes. Des questionnaires structurés ont été administrés aux chefs de ménage afin de recueillir des données socio-économiques, démographiques et environnementales, ainsi que les perceptions des producteurs sur l'efficacité et l'accessibilité des technologies solaires.

Parallèlement, des entretiens semi-directifs ont été réalisés avec certains ménages et des acteurs locaux, notamment les fournisseurs de systèmes solaires, les autorités communales et les responsables de projets d'électrification rurale, afin de mieux comprendre les facteurs institutionnels, culturels et économiques qui influencent les choix énergétiques. Cette combinaison de méthodes a permis de trianguler les informations, d'évaluer la diversité des sources énergétiques au sein des ménages et de caractériser les profils énergétiques en lien avec le niveau d'adoption de la technologie solaire. Les données collectées serviront à analyser les déterminants de l'adoption des sources d'énergie verte et à estimer leurs impacts potentiels sur la consommation énergétique et la transition vers des pratiques plus durables dans le secteur agricole.

### **1.5.2. Méthodes d'analyses**

L'analyse des données s'est déroulée en plusieurs étapes complémentaires afin de caractériser les ménages agricoles selon leur adoption des sources d'énergie renouvelables et d'identifier les déterminants de cette transition énergétique.

#### **Étape 1 : Analyse du coefficient de variation**

Cette étape a permis de sélectionner les variables les plus pertinentes pour l'étude. Les variables dont la contribution à la variabilité globale a été faible ont été écartées afin de ne pas compromettre la qualité de l'analyse (Schejtman et Berdegué, 2008). Conformément aux recommandations de Köbrich et al., (2003), les variables présentant un coefficient de variation inférieur à 0,50 ont été éliminées, car leur faible dispersion ne permet pas de distinguer efficacement les ménages entre eux.

#### **Étape 2 : Analyse de corrélation**

L'objectif de cette étape a été de réduire la redondance de l'information en éliminant les variables fortement corrélées entre elles (Dagnelie, 1998). Seules les variables présentant une

forte contribution informative et indépendantes des autres ont été conservées, afin d'assurer que chaque variable apporte une valeur ajoutée à l'analyse typologique des ménages.

### **Étape 3 : Analyse en composantes principales (ACP)**

L'ACP a été utilisée pour réduire la dimensionnalité des données tout en conservant l'information essentielle relative aux caractéristiques des ménages (Nana et al., 2017). Cette méthode s'est révélée particulièrement adaptée à la typologie des ménages agricoles, en raison de la nature quantitative et continue des variables considérées. Les variables retenues pour l'ACP ont été déterminées soit sur la base de l'expérience des auteurs, soit à partir d'un ensemble plus large de variables issues du questionnaire d'enquête, incluant des indicateurs socio-économiques, énergétiques et environnementaux.

### **Étape 4 : Analyse de regroupement (Cluster Analysis)**

La classification ascendante hiérarchique (CAH) a été appliquée aux composantes principales afin de regrouper les ménages en classes homogènes. Cette méthode a permis d'identifier des profils types de ménages selon leur adoption et leur utilisation des sources d'énergie renouvelables, facilitant ainsi la compréhension des déterminants structurels et économiques de la transition énergétique.

### **Étape 5 : Tests statistiques**

Des tests de Khi-deux ont été utilisés pour analyser les relations entre variables catégorielles et vérifier les associations entre les caractéristiques socio-économiques des ménages et leur adoption de technologies solaires. Des analyses de variance (ANOVA) ont permis de comparer les moyennes des groupes de ménages pour les variables quantitatives, tandis que des tests t ont été appliqués pour comparer les moyennes de deux groupes spécifiques et évaluer statistiquement les différences significatives entre eux. Ces tests ont contribué à décrire et à valider la typologie obtenue à partir de l'ACP et de la CAH.

Dans cette perspective, l'approche méthodologique adoptée s'inscrit dans une posture positiviste fondée sur l'analyse quantitative de données empiriques, considérant que les comportements énergétiques des ménages peuvent être appréhendés à partir de variables observables et mesurables. Le raisonnement mobilisé est de type hypothético-déductif, consistant à confronter les hypothèses issues de la littérature aux données collectées sur le terrain. Le recours aux méthodes statistiques multivariées, notamment l'analyse en composantes principales (ACP) et la classification ascendante hiérarchique (CAH), se justifie par leur capacité à synthétiser l'information, réduire la dimensionnalité des données et faire émerger des groupes homogènes de ménages aux profils énergétiques différenciés. Par ailleurs, l'utilisation de tests statistiques complémentaires (Khi-deux, ANOVA et test t) permet de vérifier la significativité des relations entre variables et de consolider la robustesse des résultats,

garantissant ainsi une analyse rigoureuse et cohérente des dynamiques d'usage de l'énergie en milieu rural.

## **2. Caractéristique et typologie des énergies utilisées par les ménages ruraux**

Le Tableau 1 présente les caractéristiques socio-économiques et la typologie des énergies utilisées par les ménages ruraux agricoles de la zone d'étude. Les résultats confirment que l'agriculture constitue l'activité économique principale de la majorité des ménages (66 %), traduisant le caractère fortement agricole du milieu étudié. Les activités de commerce (19 %) et d'élevage (12 %) apparaissent comme des activités secondaires, indiquant une diversification encore limitée des moyens de subsistance, mais révélatrice d'une dynamique progressive de pluriactivité en milieu rural.

Les activités issues des activités principales montrent une forte orientation vers des usages énergétiquement dépendants. L'irrigation des exploitations (34 %) et la transformation des produits agricoles (28 %) concentrent l'essentiel des activités spécifiques, soulignant le rôle central de l'énergie dans l'amélioration de la productivité et la valorisation des productions agricoles. Le maraîchage (25,6 %) et la conservation des produits (7,7 %) complètent cette structure, traduisant une transition progressive vers des systèmes agricoles plus intensifs et orientés vers le marché.

Sur le plan institutionnel et socio-organisationnel, près de la moitié des ménages (48,3 %) appartiennent à une association ou à une coopérative, ce qui suggère une certaine structuration sociale favorable à la diffusion de l'information et à l'adoption des innovations. Toutefois, l'accès au crédit demeure limité, avec seulement 40 % des ménages déclarant bénéficier d'une facilité financière, ce qui constitue une contrainte majeure à l'investissement dans des équipements énergétiques modernes. Plus de la moitié des ménages (56,7 %) sont en contact avec les services de vulgarisation, indiquant un potentiel important pour la diffusion des technologies énergétiques, bien que cet accompagnement ne se traduise pas systématiquement par un appui matériel ou financier. En effet, seuls 11,7 % des ménages ont bénéficié d'un appui de projets ou d'ONG, et moins d'un tiers (28,3 %) recourent à un financement externe, tandis que 26,7 % seulement déclarent avoir reçu un appui spécifique pour l'adoption des énergies renouvelables. En matière de typologie énergétique, les résultats révèlent une forte adoption de l'énergie solaire, utilisée par 78 % des ménages, faisant de cette source la principale énergie moderne dans la zone d'étude. L'hydroélectricité (15 %) et le biogaz (5 %) restent marginales, traduisant un accès encore limité aux autres formes d'énergies modernes. Les usages énergétiques sont dominés par l'éclairage (76 %) et la cuisson domestique (62 %), confirmant la priorité accordée aux besoins domestiques de base. Les usages productifs de l'énergie, notamment pour les activités économiques (39 %) et la communication (47 %), bien que

présents, demeurent secondaires, suggérant une transition encore partielle vers une utilisation pleinement productive de l'énergie. Malgré l'essor des énergies modernes, les sources traditionnelles conservent une place importante dans le mix énergétique des ménages. Le bois de chauffe (40 %) et le charbon de bois (28 %), utilisés seuls ou en combinaison avec l'électricité, restent dominants pour les usages thermiques. Cette coexistence des sources modernes et traditionnelles traduit un processus d'empilement énergétique, caractéristique des ménages ruraux agricoles, où les nouvelles technologies viennent compléter plutôt que remplacer les sources traditionnelles.

Enfin, les variables quantitatives indiquent une taille moyenne des ménages de 5,6 personnes et un âge moyen du chef de ménage de 39,2 ans, traduisant une population relativement jeune et active. Le revenu mensuel moyen présente une forte dispersion, reflétant l'hétérogénéité économique des ménages, tandis que l'expérience moyenne d'environ 4,1 ans dans l'utilisation des énergies renouvelables suggère une adoption relativement récente de ces technologies. L'ensemble de ces résultats met en évidence une transition énergétique encore incomplète, marquée par la prédominance du solaire pour les usages électriques et le maintien des combustibles traditionnels pour les usages thermiques.

**Tableau 1** : Caractéristique et typologie des énergies utilisées par les ménages ruraux

Variables	Modalités	Fréquence absolue (n)	Fréquence relative (%)
<b>Variables quantitatives</b>			
<b>Activité économique principale</b>	Agriculture	198	66,0
	Commerce	57	19,0
	Élevage	36	12,0
	Autres	9	3,0
<b>Activités des ménages issues des activités principales</b>	Irrigation des exploitations	102	34,0
	Transformation des produits agricoles	84	28,0
	Conservation des produits	23	7,7
	Maraîchage	77	25,6
	Autres activités	14	4,7
<b>Appartenance associative</b>	Oui	145	48,3
<b>Accès au crédit</b>	Oui	120	40,0
<b>Contact avec la vulgarisation</b>	Oui	170	56,7
<b>Appui projet / ONG</b>	Oui	35	11,7
<b>Financement externe</b>	Oui	85	28,3
<b>Appui à l'adoption des ER</b>	Oui	80	26,7

Variables	Modalités	Fréquence absolue (n)	Fréquence relative (%)
Adoption de l'énergie solaire	Oui	234	78,0
Domaines d'utilisation des énergies	Cuisson domestique	186	62,0
	Éclairage	228	76,0
	Activités économiques	117	39,0
	Communication	141	47,0
Types d'énergies modernes utilisées	Hydroélectricité	45	15,0
	Énergie solaire	234	78,0
	Biogaz	15	5,0
Autres sources d'énergie	Bois de chauffe	120	40,0
	Charbon de bois	84	28,0
	Bois + charbon	36	12,0
	Bois + électricité	30	10,0
	Charbon + électricité	18	6,0
	Autres combinaisons	12	4,0

**Variable quantitative (Moyenne / Écart-type)**

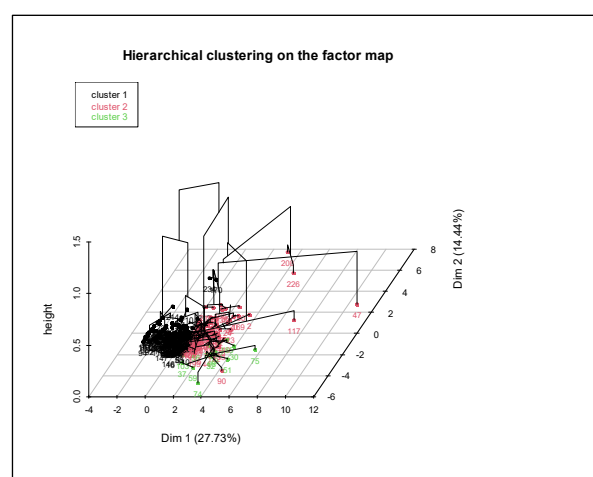
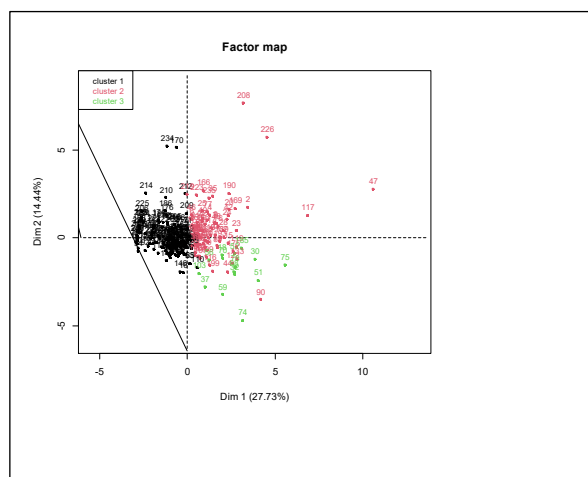
Taille du ménage	5,6 (3,0)
Âge	39,2 (8,8)
Revenu mensuel (FCFA)	72 500 (98 000)
Expérience en Energie Renouvelable (ans)	4,1 (3,2)

Source : Résultats d'analyse, 2025

### 3. Analyse en Composante Principale

#### 3.1. Performance et Inertie Expliquée de l'Analyse en Composantes Principales

Figure1 : Projection sur le plan factoriel et classification hiérarchique sur la carte factorielle



Source : Résultats d'analyse ; 2025

L'Analyse en Composantes Principales a été réalisée pour synthétiser l'information contenue dans les variables descriptives de l'utilisation de l'énergie par les ménages ruraux agricoles. L'analyse révèle que l'information est modérément concentrée sur les premières dimensions :

- La Dimension 1 (Dim 1) explique 27,73 % de l'inertie totale.
- La Dimension 2 (Dim 2) explique 14,44 % de l'inertie totale.

Ainsi, le plan factoriel formé par les deux premières dimensions cumule 42,17 % de la variance totale. Bien que ce pourcentage soit inférieur à la barre de 50 % souvent souhaitée, il permet néanmoins une représentation graphique satisfaisante de la structure des relations entre les individus et les variables. L'interprétation doit donc se concentrer principalement sur les variables ayant les contributions les plus fortes et les mieux projetées sur ces deux axes.

### **3.2. Typologie des Ménages Ruraux : Classification Hiérarchique Ascendante (CHA)**

La Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) a été appliquée aux coordonnées des ménages sur les premiers axes factoriels pour regrouper les individus selon des profils d'utilisation énergétique homogènes. L'observation du dendrogramme (graphique d'arborescence) et de la projection sur le plan factoriel (carte factorielle) a conduit au choix de trois classes (clusters) comme étant la partition la plus pertinente (Cluster 1, Cluster 2 et Cluster 3). Ces trois groupes, visuellement distincts sur la carte factorielle, présentent chacun un profil énergétique et socio-économique spécifique :

**Groupe 1 (Cluster 1, Points Noirs) : Le Profil d'Énergie Traditionnelle et de Basse Consommation**

Le Cluster 1 est le groupe le plus important en termes d'effectif et se situe majoritairement près du centre de gravité du plan factoriel.

**Hypothèse de Caractérisation :** Sa position centrale suggère que ces ménages représentent un profil moyen ou traditionnel par rapport à l'échantillon. Ils sont probablement caractérisés par une faible consommation d'énergie moderne et une forte dépendance aux combustibles solides (bois de chauffage/charbon de bois) pour la cuisson, avec un accès minimal ou très basique aux services énergétiques modernes (par exemple, seulement des lampes solaires ou des piles). Ils ont une probabilité faible d'utiliser l'énergie pour l'irrigation ou la transformation des produits.

**Groupe 2 (Cluster 2, Points Rouges) : Le Profil d'Adoption du Solaire et d'Usage Productif**

Le Cluster 2 se distingue par sa projection positive sur la Dimension 1 (axe horizontal, droite).

**Hypothèse de Caractérisation :** Les ménages de ce groupe sont fortement corrélés aux variables positives de l'Axe 1. Cet axe est vraisemblablement lié à l'adoption d'énergies modernes et productives. Ces exploitations pourraient se caractériser par :

Un fort usage du Solaire photovoltaïque (kits d'irrigation, systèmes domestiques avancés).

Une forte utilisation de l'énergie pour les activités productives (irrigation, transformation, petits métiers).

Une meilleure capacité d'investissement (accès au crédit ou revenu supérieur) leur permettant d'acquérir des équipements énergétiques performants.

Ce groupe représente le pôle de la transition énergétique active et productive de la zone.

Groupe 3 (Cluster 3, Points Verts) : Le Profil Isolé ou à Caractéristiques Spécifiques

Le Cluster 3 se situe majoritairement dans la partie supérieure du plan factoriel, avec une projection positive sur la Dimension 2 et parfois négative ou neutre sur la Dimension 1.

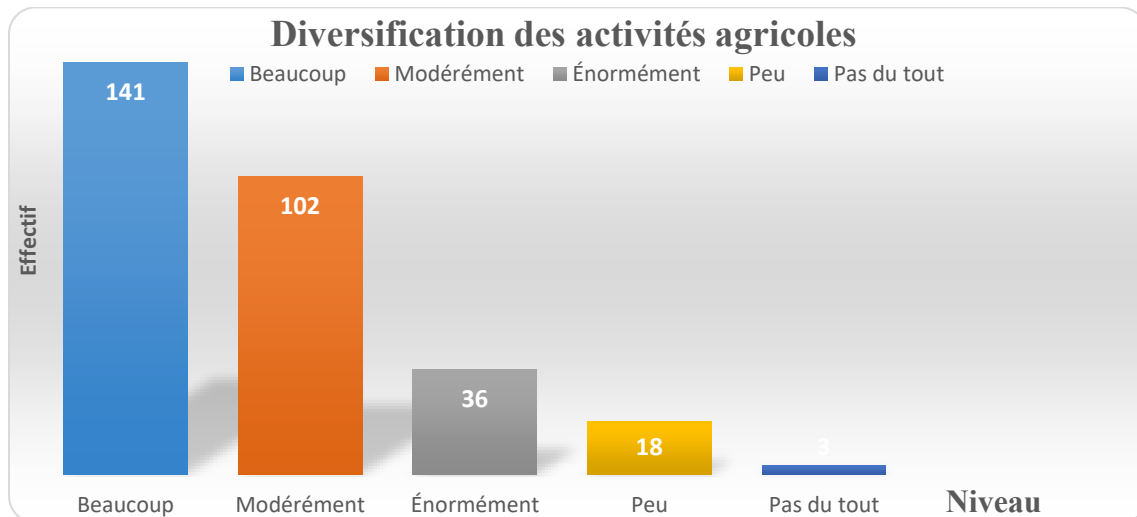
Hypothèse de Caractérisation : La distinction sur l'Axe 2 suggère que ces ménages se différencient par des variables moins liées au volume de l'énergie (Axe 1), mais à des usages spécifiques ou des contraintes particulières.

Ce groupe représente un profil singulier qui nécessite une attention particulière pour identifier les variables qui contribuent le plus à l'Axe 2.

#### **4. Niveau d'amélioration de l'énergie renouvelable à la productivité agricole**

La Figure 2, relative au niveau d'amélioration apporté par les énergies renouvelables à la productivité agricole, met en évidence une perception globalement positive des ménages ruraux. En effet, une large majorité des enquêtés estime que l'adoption des énergies renouvelables a amélioré leur productivité agricole, avec 141 ménages déclarant une amélioration *importante* et 102 ménages une amélioration *modérée*. Ces deux modalités regroupent à elles seules l'essentiel des réponses, traduisant un effet perçu significatif des énergies renouvelables sur les performances agricoles. À l'inverse, une proportion relativement faible des ménages déclare une amélioration faible (18 ménages) ou inexistante (3 ménages), tandis que 36 ménages estiment que l'amélioration est très élevée. Cette distribution suggère que les énergies renouvelables constituent un levier pertinent pour renforcer la productivité agricole, même si l'intensité de cet effet varie selon les contextes d'usage, les équipements disponibles et les capacités d'investissement des ménages.

**Figure 2 : Amélioration de l'énergie renouvelable à la productivité agricole**



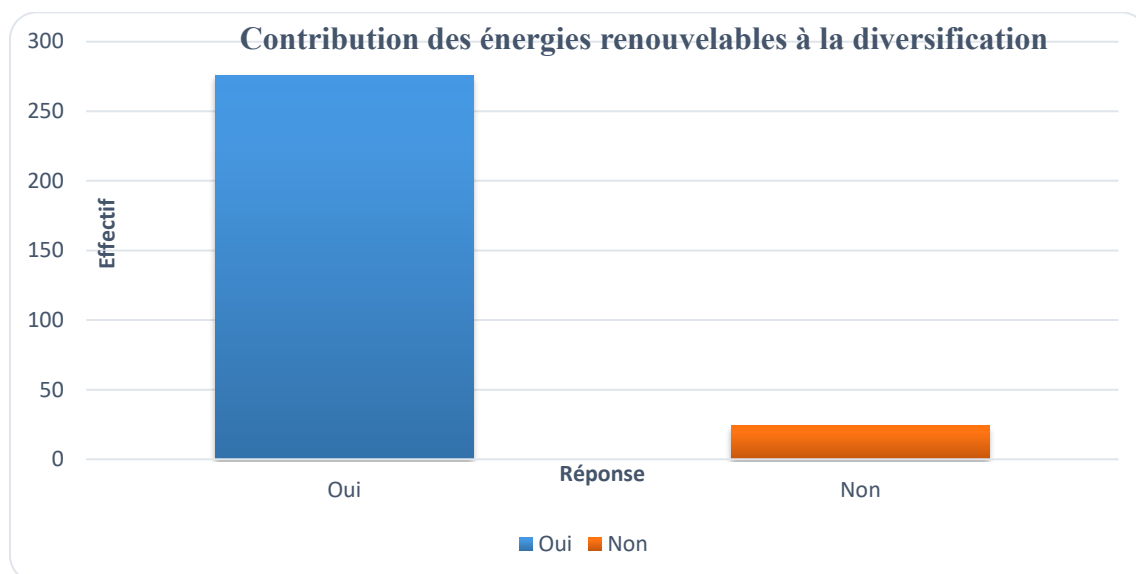
**Source : Résultats d'analyse ; 2025**

### 5. Contribution de l'accès aux énergies renouvelables

La Figure 2, portant sur la contribution de l'accès aux énergies renouvelables à la diversification des activités, révèle une tendance encore plus marquée. La quasi-totalité des ménages interrogés affirme que l'accès aux énergies renouvelables a favorisé la diversification de leurs activités économiques, avec une très forte prédominance des réponses positives. Cette situation traduit le rôle structurant de l'énergie dans le développement des activités génératrices de revenus, notamment la transformation agricole, le petit commerce, l'élevage intensifié ou les services de communication. La faible proportion de ménages déclarant une absence de contribution indique que les contraintes liées à l'énergie constituent un facteur clé limitant la diversification économique en milieu rural, et que leur levée grâce aux énergies renouvelables ouvre de nouvelles opportunités productives.

Dans l'ensemble, ces résultats confirment que l'adoption des énergies renouvelables ne se limite pas à un simple accès à l'énergie, mais s'inscrit dans une dynamique plus large de transformation des systèmes productifs ruraux, en améliorant à la fois la productivité agricole et la diversification des moyens d'existence des ménages.

**Figure 2 :** Contribution de l'accès aux énergies renouvelables à la diversification des activités



**Source :** Résultats d'analyse ; 2025

## 6. Discussions

Dans la zone d'étude, la typologie énergétique des ménages ruraux met en évidence une forte adoption de l'énergie solaire, utilisée par près de 78 % des ménages, ce qui en fait la principale source d'énergie moderne. Cette prédominance du solaire s'explique par sa relative accessibilité, sa flexibilité d'usage et l'insuffisance des infrastructures électriques conventionnelles en milieu rural. Des résultats similaires ont été observés dans plusieurs contextes ruraux africains, où le solaire photovoltaïque apparaît comme la principale porte d'entrée vers l'accès à l'énergie moderne (Grimm et al., 2017). En revanche, l'hydroélectricité (15 %) et le biogaz (5 %) restent marginales, traduisant à la fois des contraintes d'investissement, de disponibilité des ressources et de diffusion technologique.

Les usages de l'énergie sont majoritairement orientés vers l'éclairage (76 %) et la cuisson domestique (62 %), tandis que les usages productifs liés aux activités économiques (39 %) et à la communication (47 %) demeurent secondaires. Cette structure d'utilisation confirme que, malgré l'accès croissant aux énergies modernes, leur mobilisation reste principalement domestique. Ce constat corrobore les travaux de Cook et al., (2014), qui montrent que l'accès à l'énergie ne se traduit pas systématiquement par des usages productifs sans accompagnement technique et financier. Par ailleurs, la persistance du bois de chauffe (40 %) et du charbon de bois (28 %), seuls ou combinés à l'électricité, illustre une logique de combinaison des sources énergétiques plutôt qu'une substitution totale, en cohérence avec l'hypothèse du fuel stacking développée par (Masera et al., 2000b).

L'Analyse en Composantes Principales confirme cette hétérogénéité des pratiques énergétiques, avec une inertie cumulée de 42,17 % pour les deux premiers axes. Bien que

modérée, cette valeur est courante dans les analyses socio-économiques portant sur des comportements complexes et multidimensionnels (Jolliffe et Cadima, 2016). La première dimension est fortement associée à l'adoption des énergies modernes et à leurs usages productifs, tandis que la seconde reflète des spécificités d'usage ou des contraintes propres à certains ménages.

La Classification Hiérarchique Ascendante met en évidence trois profils distincts de ménages. Le premier groupe, majoritaire, correspond à des ménages faiblement engagés dans la transition énergétique, fortement dépendants des sources traditionnelles et caractérisés par des usages essentiellement domestiques. Ce profil est largement documenté en Afrique subsaharienne, où la pauvreté énergétique demeure structurelle en milieu rural (Bonjour et al., 2013; Outlook, 2017). Le second groupe regroupe des ménages ayant adopté l'énergie solaire de manière plus intensive, notamment pour des usages productifs, traduisant une transition énergétique active. Ce résultat confirme les conclusions de (Dinkelman, 2011; Khandker et al., 2013), qui soulignent le rôle positif de l'accès à l'énergie sur la productivité agricole et la diversification des activités. Enfin, le troisième groupe reflète des trajectoires énergétiques spécifiques, probablement liées à des contraintes économiques, techniques ou géographiques, comme également observé par Ruiz-Mercado et al., (2011).

## Conclusion

L'analyse des usages énergétiques des ménages ruraux agricoles de l'Atacora Ouest met en évidence une transition énergétique en cours, mais encore incomplète. L'énergie solaire s'impose comme la principale source d'énergie moderne, sans pour autant entraîner une substitution totale des sources traditionnelles, qui demeurent largement utilisées, notamment pour la cuisson domestique. Cette coexistence des sources traduit une stratégie d'adaptation des ménages face aux contraintes d'accès, de coût et de fiabilité des services énergétiques.

La typologie établie révèle une forte hétérogénéité des profils énergétiques, allant de ménages faiblement engagés dans la transition énergétique à des exploitations davantage orientées vers l'adoption du solaire et l'usage productif de l'énergie. Toutefois, les usages productifs restent globalement secondaires, suggérant que l'accès à l'énergie moderne ne se traduit pas automatiquement par une transformation des systèmes de production agricole et des moyens de subsistance.

Ces résultats indiquent que la transition énergétique en milieu rural ne peut être appréhendée uniquement sous l'angle de la diffusion technologique. Elle nécessite un accompagnement renforcé, intégrant l'accès au financement, l'appui institutionnel et la promotion ciblée des usages productifs de l'énergie. Une telle approche apparaît essentielle pour faire de l'énergie un levier effectif de développement agricole et rural durable dans l'Atacora Ouest.

**BIBLIOGRAPHIE**

1. Aemro, Y. B., Moura, P., & de Almeida, A. T. (2021). Inefficient cooking systems a challenge for sustainable development : A case of rural areas of Sub-Saharan Africa. *Environment, Development and Sustainability*, 23(10), 14697-14721. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01266-7>
2. Bhattarai, Maraseni, LP Devkota, & Apan. (2024). Facilitating sustainable energy transition of Nepal : A best-fit model to prioritize influential socio-economic and climate perception factors on household energy behaviour. *Energy for Sustainable Development*, 81, 101505. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.101505>
3. Bonjour, S., Adair-Rohani, H., Wolf, J., Bruce, N. G., Mehta, S., Prüss-Ustün, A., Lahiff, M., Rehfuess, E. A., Mishra, V., & Smith, K. R. (2013). Solid fuel use for household cooking : Country and regional estimates for 1980–2010. *Environmental health perspectives*, 121(7), 784.
4. Browning, E. K., & Zupan, M. A. (2004). Microeconomics : Theory & applications. (*No Title*). <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282269204980224>
5. Cook, Pincus, & Filippini. (2014). *Rural electrification and energy consumption patterns in developing countries*. *Energy Economics*, 46, 52–64.
6. Dinkelman, T. (2011). The effects of rural electrification on employment : New evidence from South Africa. *American Economic Review*, 101(7), 3078-3108.
7. Grimm, M., Munyehirwe, A., Peters, J., & Sievert, M. (2017). A first step up the energy ladder? Low cost solar kits and household's welfare in rural Rwanda. *The World Bank Economic Review*, 31(3), 631-649.
8. Hanson, D., Schmalzer, D., Nichols, C., & Balash, P. (2016). The impacts of meeting a tight CO2 performance standard on the electric power sector. *Energy Economics*, 60, 476-485.
9. Hartinger, S. M., Palmeiro-Silva, Y. K., Llerena-Cayo, C., Blanco-Villafuerte, L., Escobar, L. E., Diaz, A., Sarmiento, J. H., Lescano, A. G., Melo, O., Rojas-Rueda, D., Takahashi, B., Callaghan, M., Chesini, F., Dasgupta, S., Posse, C. G., Gouveia, N., Carvalho, A. M. de, Miranda-Chacón, Z., Mohajeri, N., ... Romanello, M. (2024). The 2023 Latin America report of the Lancet Countdown on health and climate change : The imperative for health-centred climate-resilient development. *The Lancet Regional Health – Americas*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.lana.2024.100746>
10. Heltberg, R. (2004). Fuel switching : Evidence from eight developing countries. *Energy economics*, 26(5), 869-887.

11. Hosier, R. H., & Dowd, J. (1987). Household fuel choice in Zimbabwe : An empirical test of the energy ladder hypothesis. *Resources and energy*, 9(4), 347-361.
12. Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis : A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
13. Khandker, S. R., Barnes, D. F., & Samad, H. A. (2013). Welfare Impacts of Rural Electrification : A Panel Data Analysis from Vietnam. *Economic Development and Cultural Change*, 61(3), 659-692. <https://doi.org/10.1086/669262>
14. Köbrich, C., Rehman, T., & Khan, M. (2003). Typification of farming systems for constructing representative farm models : Two illustrations of the application of multivariate analyses in Chile and Pakistan. *Agricultural systems*, 76(1), 141-157.
15. Kowsari, R., & Zerriffi, H. (2011). Three dimensional energy profile : A conceptual framework for assessing household energy use. *Energy Policy*, 39(12), 7505-7517.
16. Lawal, D. U., Usman, J., Abba, S. I., Thuyavan Yogarathinam, L., Usman, A. G., Antar, M. A., Aljundi, I. H., & Zubair, S. M. (2024). Effective design of sustainable energy productivity based on the experimental investigation of the humidification-dehumidification-desalination system using hybrid optimization. *Energy Conversion and Management*, 319, 118942. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118942>
17. Lee, L. Y.-T. (2013). Household energy mix in Uganda. *Energy Economics*, 39, 252-261.
18. Masera, O. R., Saatkamp, B. D., & Kammen, D. M. (2000a). From linear fuel switching to multiple cooking strategies : A critique and alternative to the energy ladder model. *World development*, 28(12), 2083-2103.
19. Masera, O. R., Saatkamp, B. D., & Kammen, D. M. (2000b). From linear fuel switching to multiple cooking strategies : A critique and alternative to the energy ladder model. *World development*, 28(12), 2083-2103.
20. Mathur, K., Oliver, S., & Tripney, J. (2015). PROTOCOL : Access to Electricity for Improving Health, Education and Welfare in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review. *Campbell Systematic Reviews*, 11(1), 1-55. <https://doi.org/10.1002/CL2.140>
21. Miassi, Y. E., Akdemir, Ş., Sengül, H., Akçaöz, H., & Dossa, K. F. (2024). Energy Use in Building in Front of Climate Change : An Analysis of the Adaptation Strategies of Corn Farmers in Benin. *Journal of Agricultural Studies*, 13(1), 1-21. <https://doi.org/10.5296/jas.v13i1.21969>

22. Nana, Tchamba, & Djoumkep. (2017). *Caractérisation des exploitations agricoles au Cameroun. Revue Africaine d'Agriculture et de Développement, 4(1), 12-27.*
23. Outlook, E. A. (2017). From poverty to prosperity. *International Energy Agency (IEA). Paris.*
24. Pachauri, S., & Spreng, D. (2011). Measuring and monitoring energy poverty. *Energy policy, 39(12), 7497-7504.*
25. Ruiz-Mercado, I., Masera, O., Zamora, H., & Smith, K. R. (2011). Adoption and sustained use of improved cookstoves. *Energy policy, 39(12), 7557-7566.*
26. Schejtman, A., & Berdegué, J. (2008). Towards a territorial approach for rural development. *RIMISP, IPPG Discussion Papers, 17.*  
<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08baf40f0b64974000ce4/IPPGDP17.pdf>
27. Sibanda, T., & Uzabakiriho, J. D. (2024). Animal Manure as an Alternative Bioenergy Resource in Rural Sub-Saharan Africa : Present Insights, Challenges, and Prospects for Future Advancements. *Energies, 17(8), 1839.* <https://doi.org/10.3390/en17081839>
28. Van der Kroon, B., Brouwer, R., & Van Beukering, P. (2011). The energy ladder : Theoretical myth or emperical truth. *Results from a meta-analysis. Renew Sustain Energy Re, 2013, 20.*