

Montpellier Energy Conference 2014

20-21 November

Université de Montpellier I - ART- DeV

UFR d'économie Site Richer, Rue Raymond Dugrand, 34960 Montpellier Cedex 2

Comprendre, évaluer et prédire la demande d'énergie: un défi pour les pays en développement

Marie-Hélène Dabat (CIRAD), Dorian Litvine (ISEA-CREDEN), Sylvie Mouras (2iE-CIRAD)

La communication défend l'idée que la compréhension et l'évaluation de la demande énergétique conditionnent l'amélioration de l'accès à l'énergie des populations rurales dans les pays du Sud, alors que l'attention est beaucoup portée sur la dimension de l'offre d'énergie. L'exploration de la littérature sur les modèles d'évaluation et de prévision de la consommation en énergie montre la faible adaptation des outils disponibles aux situations des pays en développement et en particulier aux zones rurales. Parmi ces modèles, les approches conventionnelles de la demande potentielle négligent les freins pour les usagers à la substitution entre sources d'énergie. Pourtant, de plus en plus, des travaux parallèles portent sur la prise en compte du contexte d'innovation pour analyser et mesurer la demande de substitution. Les approches de la demande à partir de facteurs uniquement techniques, économiques et démographiques pourraient être enrichies par des travaux sur les facteurs sociaux, subjectifs et contextuels de la demande, visant à comprendre la formation de la valeur et des préférences dans le processus de décision de substitution. La Psychologie Sociale a beaucoup apporté à l'exploration de la demande énergétique en Économie. Les auteurs appuient leur réflexion sur plusieurs travaux de recherche en Afrique de l'Ouest sur l'émergence des biocarburants.

Mots clefs : demande énergétique, modélisation, Psychologie Sociale, préférences individuelles, pays en développement

Introduction

Dans un grand nombre de pays en développement (PED), les politiques de privatisation des services énergétiques des années 1980 ont échoué. En matière d'électrification, les compagnies privées se sont désintéressées du milieu rural et les taux de connexion sont restés très bas. Les populations locales continuent d'utiliser le bois de feu comme principale ressource énergétique, ainsi que de faibles quantités d'hydrocarbures. Les grandes agences de développement en appellent aujourd'hui à des solutions techniques mixtes (centralisées et décentralisées) et à la valorisation des ressources renouvelables locales. Dans ce contexte, les biocarburants sont perçus comme une solution alternative pour réduire les coûts de production en zone difficilement connectable au réseau, moins dépendre des produits pétroliers et participer à la création de nouvelles chaînes de valeur locales (Dabat et al., 2014).

Les besoins énergétiques paraissent immenses dans les PED, en particulier dans les pays d'Afrique de l'Ouest subissant à la fois la saturation des prélèvements sur les ressources forestières et l'augmentation des prix des hydrocarbures importés. Ces besoins sont d'autant plus importants que les niveaux de consommation sont les plus faibles au monde (le taux d'électrification rurale est inférieur à 5% à l'échelle de l'UEMOA) et sont donc amenés à se développer. De plus, l'ouverture des

marchés urbains et extérieurs à de nombreux produits agricoles accroît la demande rurale en énergie de production, de transformation et de transport. L'ensemble de ces besoins sociaux ou économiques suscite des projets d'offre énergétique dans ces pays pauvres et fortement ruraux, dans l'espoir qu'une plus grande consommation d'énergie impulse l'amélioration des conditions de vie des populations.

La dimension de l'offre en énergie dans les PED est assez bien documentée (technologies, coût de revient, etc.), alors qu'un faible nombre de travaux ou de projets examinent en détail comment ces sources d'énergie s'intègrent dans les modes de vie des populations (normes sociales, inertie des habitudes, circulation de l'information, construction d'une filière et d'un réseau, etc.). La transition vers les biocarburants est lente et les problèmes que rencontrent les projets tendent à montrer que les approches basées sur l'offre ne sont pas suffisantes pour expliquer la demande d'énergie et les processus de choix des usagers. L'adéquation entre offre et demande est pourtant un critère important pour l'assimilation, l'efficacité et la pérennité des projets d'accès collectif à l'énergie. Il est donc utile de comprendre les différentes dimensions de la demande, en particulier comment la demande des populations bénéficiaires se construit et s'exprime, notamment le processus de substitution énergétique des sources traditionnelles vers les plus modernes (Litvine et al., 2014).

La communication explorera les méthodologies utilisées pour évaluer la demande énergétique à plusieurs échelles géographiques dans le contexte des PED, et en particulier celui de l'Afrique. Elle montrera aussi que de nouvelles approches évoluent vers la prise en compte de la complexité et de la diversité des préférences individuelles, ainsi que des déterminants de la demande.

La notion de "demande énergétique" fait l'objet de nombreux débats et interprétations, selon les approches et/ou disciplines. Il n'existe pas de réel consensus sur le contenu total de cette notion, et la sémantique est également source de discussions.

La demande en énergie peut revêtir plusieurs dimensions, plus ou moins génériques, qui mettent l'accent sur différentes caractéristiques du concept et se chevauchent parfois¹ :

- La demande effective est celle qui peut s'observer, à savoir la consommation en énergie déjà existante.
- La demande potentielle fait référence à des situations où la consommation est réalisable et réaliste dans les conditions techniques, économiques et sociales de la zone visée. La substitution d'un carburant existant par une solution alternative peut être examinée à travers ce type de demande.
- La demande de substitution d'une source d'énergie à une autre permet de considérer les aspects dynamiques de la consommation d'énergie
- La demande dérivée et/ou prospective et/ou nouvelle se développe à partir des usages et modes de consommation émergeant d'une nouvelle source d'énergie ou de la mise en place d'un accès collectif à l'énergie. Cette demande est en partie liée aux aspirations des agents ("capabilities" d'A. Sen; cf. Comim et al., 2008; Miller et Vandome, 2010).

Les modèles d'évaluation et de prévision, dont nous allons faire une revue dans un premier temps, concernent pour une grande partie d'entre eux la demande effective et parfois la demande de substitution. Les approches moins conventionnelles, auxquelles nous allons nous intéresser ensuite, ciblent particulièrement la demande potentielle ; proposent des démarches utilisables pour cerner la demande dérivée, prospective ou nouvelle ; et permettent aussi de prévoir la demande effective.

Cette communication s'appuie sur une série de travaux réalisés dans le cadre d'un projet d'études et de recherche sur la valorisation des biocarburants en Afrique de l'Ouest, financé par la Commission

¹ Il existe d'autres variantes, notamment dans le cas des PED. La demande exogène, par exemple, est stimulée par et pour des organisations qui développent les biocarburants de manière industrielle et en visant la spéculation financière propre.

Européenne (Blin et al, 2011 ; Dabat et al., 2012 ; Djerma et Dabat, 2014, Hanff et al., 2011, Litvine et al., 2014 ; Tatsidjoudoug et al., 2012, etc.).

Une revue des modèles d'évaluation et de prévision de la consommation en énergie peu adaptés au pays en développement

La littérature sur la modélisation de la consommation énergétique en vue d'estimer les demandes futures, et de planifier la satisfaction de ces dernières, est très fournie. Les chercheurs se sont intéressés à la planification énergétique dès les années 1970, après le premier choc pétrolier.

Les modèles sont principalement centralisés à l'échelle macro, à savoir à des niveaux suprarégional (région constituée de plusieurs pays), national ou même infrarégional à l'intérieur d'un pays. Ils peuvent également concerner un secteur économique en particulier, ou bien une source d'énergie (par exemple, prévision de courbes de charge pour l'électricité, pour laquelle on intègre aussi des données climatiques, la place des énergies renouvelables dans le mix, etc.).

Ce n'est que plus récemment que l'intérêt s'est porté sur la modélisation de la consommation énergétique en milieu rural, ou à la planification énergétique décentralisée. En effet, les modèles globaux ont du mal à représenter la situation en milieu rural, dont le profil de consommation et de ressources utilisées est souvent très différent. Cette préoccupation concerne essentiellement les PED, et c'est en particulier les chercheurs indiens qui ont développé des outils spécifiques au milieu rural, dans les années 1980 et les années 1990.

Nous présentons ici d'abord les modèles globaux, développés initialement pour les pays industrialisés mais utilisés également pour les pays émergents. Puis nous présenterons les méthodologies de prédiction des consommations énergétiques en milieu rural dans les PED.

Les modèles énergétiques centralisés

Il existe différents types de modèles qui, selon Suganthi (2012), se différencient par : (i) leur objectif général, à savoir la simulation (évolution de la consommation et prévision des ressources nécessaires pour y répondre) ou l'optimisation (comparaison de plusieurs options techniques, mix énergétique afin d'optimiser le coût ou l'efficacité énergétique etc.) ; (ii) leur structure (type, organisation et niveau d'agrégation des données) ; (iii) leur approche analytique : *top down* (demande estimée à partir d'indicateurs économiques très agrégés, approvisionnement sur la base d'une continuité historique et sans détail sur les technologies), vs *bottom up* (demande souvent estimée à partir de données désagrégées par secteur, et des ressources et technologies utilisées pour la production d'énergie) ; (iv) le type de régression utilisé ; (v) la zone géographique ou les secteurs couverts ; (vi) la projection dans le temps : court, moyen ou long terme ; (vii) les données requises.

Dans tous les cas, les modèles sont spécifiques au pays/région étudié puisqu'ils intègrent des variables telles que la structure de l'économie, la géographie, les ressources disponibles, etc.

La majorité des modèles fonctionnent sur une analyse macro de la consommation au niveau d'un pays ou d'une région, sans distinction entre milieu urbain et rural. Le contexte est celui de pays industrialisés ou émergents, ou d'un contexte urbain avec un accès à l'énergie existant (Suganthi, 2012) ; les modèles sont basés sur des séries de données existantes sur la consommation et ses variables explicatives potentielles. L'analyse part donc d'une consommation existante avec des besoins immédiats a priori satisfaits.

Parmi ces modèles centralisés, la littérature distingue les modèles de "simulation/prédiction de la demande et de l'offre" et les modèles "d'optimisation".

Suganthi décrit douze catégories de modèles, nous citerons ici les quatre principaux types de modèles de prédiction ; et nous introduirons également les modèles d'optimisation.

Parmi les modèles de prédiction, les modèles basés sur des séries chronologiques sont les plus simples. Il s'agit d'observer les tendances passées pour prédire l'avenir. Les modèles diffèrent par les traitements statistiques appliqués. En particulier, ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) est l'un des modèles les plus connus de la prévision des consommations énergétiques à partir de séries chronologiques (Suganthi, 2012). Mais pour que l'analyse soit pertinente, ces modèles supposent d'avoir des données disponibles sur plusieurs décennies et sur les mêmes variables explicatives. Ils ne peuvent donc pas être développés partout, notamment dans certains PED. Les modèles diffèrent selon les ressources énergétiques (Ediger, 2006 ; Ediger, 2007). Ces modèles sont également utilisés pour la prévision à court terme (jours-semaines) de la courbe de charge en électricité (Pappa, 2008).

Les modèles de régression mesurent la corrélation entre la consommation énergétique et certaines variables par des régressions sur des séries de données. Ces données sont souvent économiques, mais peuvent être aussi climatiques, démographiques, liées à l'urbanisation, aux ressources, etc. Un exemple caractéristique de ce type d'approche est le modèle appliqué dans l'Etat de Kerala en Inde, pour simuler la demande en énergie commerciale. L'analyse est faite par secteur sur des séries de données de la période 1970-1998 : résidentiel, industrie et services. Chaque secteur est représenté par une équation avec des variables différentes, parmi lesquelles : le PIB et ses composantes sectorielles, le revenu per capita, l'index de production industrielle, la population, l'index d'urbanisation, le nombre de consommateurs, les tarifs de l'électricité, l'index du prix du pétrole, ou encore la consommation d'énergie annuelle dans l'Etat, globale et par secteur (Sharma, 2002). Les modèles de régression sont aussi utilisés pour la prévision de courbe de charge dans la consommation électrique, que ce soit à court ou long termes (Al Hamadi, 2005).

Les modèles économétriques sont basés sur le principe qu'il existe des corrélations entre la consommation énergétique et des variables macro-économiques tels que PNB, prix de l'énergie, technologies utilisées, population, production industrielle et agricole, commerce extérieur, etc. Là encore, les variables pertinentes dépendent du pays/région/secteur étudié. Il est démontré que ce type de modèle est assez efficace pour prévoir la demande globale dans les pays émergents (Intarpravich, 1996 ; Rao, 1996 ; Zhidong 2003).

Enfin, les modèles de décomposition proposent de désagréger les évolutions de la consommation énergétique selon la contribution de facteurs prédéfinis tels que (i) les changements du niveau global de production, (ii) les changements structurels de la production et (iii) les changements sectoriels en intensité énergétique. La désagrégation s'applique aussi à l'intensité énergétique globale dans le secteur industriel (Ang, 1995). Certaines variantes insèrent d'autres facteurs tels que la substitution d'autres sources d'énergie, la production d'électricité locale ou les émissions de CO₂ du secteur manufacturier, le PIB, etc.

Parallèlement aux modèles de simulation/prédiction de la demande, les modèles d'optimisation ont eux pour objectif d'optimiser l'allocation des ressources et les technologies pour répondre à une demande donnée. Une revue des différents types de modèles d'optimisation, en particulier en intégrant les énergies renouvelables, a été proposée par (Jebaraj, 2006). Ces modèles correspondent généralement à des approches de type *bottom up*.

Parmi les modèles les plus utilisés de cette catégorie, on trouve le modèle MARKAL (MARKet ALlocation), et son dérivé le TIME G5, tous deux développés par l'AIE (Agence Internationale de l'Energie); le modèle MAED (Model for Analysis of Energy Demand) développé par l'AIEA (Agence

Internationale de l'Énergie Atomique) ; et le modèle LEAP (Long range Energy Alternatives Planning system) développé par le Stockholm Environment Institute at Boston.

Dans le modèle Markal [Maïzi 2007], les filières énergétiques à analyser sont décrites comme des séries de transformations subies par des ressources primaires dans le but de satisfaire différentes demandes finales de services. Les modèles MARKAL permettent une optimisation d'un coût technique, économique ou environnemental associé à une représentation technico-économique du système énergétique.

MAED consiste en une approche *bottom-up* corrélant la demande en énergie avec la croissance démographique, le PIB, les prix de l'énergie, les changements technologiques etc. Ce modèle a été utilisé en Lituanie pour prévoir la future demande énergétique de ce pays en transition (Miskinis, 2002). De telles économies nécessitent une adaptation des modèles du fait qu'elles sont caractérisées par des changements structurels importants et assez rapides. Ce même modèle MAED est utilisé en Syrie pour prédire la demande énergétique pour les trente prochaines années sur la base de trois scénarios d'évolution des variables sociales, économiques et technologiques (Hainoun, 2006).

L'ensemble des modèles centralisés brièvement présentés ci-dessus ont été conçus et appliqués massivement dans les économies des pays développés, et ont été adaptés dans certains pays émergents. Urban et al (2007) démontrent que les modèles globaux existants ne prennent pas en compte les spécificités des économies des PED. Les auteurs estiment qu'il faudrait tenir compte des éléments suivants : (i) faible performance du secteur de l'électricité ; (ii) rupture d'approvisionnement ; (iii) électrification partielle ; (iv) usage massif des combustibles traditionnels ; (v) disparité de situation et de comportement entre milieu urbain et milieu rural ; (vi) existence d'une économie informelle ; (vii) changement structurel rapide de l'économie ; (viii) modes de décision des investissements différents des autres pays, et existence de subventions conséquentes.

En conclusion, les recherches actuelles portent sur des modèles économiques de planification énergétique spécifiques aux pays développés, qui intègrent les facteurs pour lesquels des données sont disponibles, comme les performances du secteur électrique, le taux d'électrification et les disparités socio-économiques et géographiques par rapport à l'énergie.

Les modèles dédiés à l'énergie rurale ou décentralisée

La prévision et la planification énergétiques à un niveau micro deviennent de plus en plus importantes compte tenu des écarts qui se creusent entre milieux urbain et rural en matière d'approvisionnement énergétique. Seront donc décrits ici, dans un premier temps, les modèles spécifiques développés pour prédire les évolutions de la demande rurale dans les PED, puis dans un second temps, les méthodes utilisées pour estimer cette demande dans le cas spécifique du dimensionnement d'un système d'électrification décentralisée.

Hiremath (2007) synthétise les modèles utilisés pour la planification énergétique décentralisée en milieu rural. Certains travaux portent sur l'adaptation des modèles globaux à un niveau local. Ils sont basés sur une estimation de la demande et de l'approvisionnement (données statistiques à l'échelle locale ou enquête de terrain), et une évolution suivant les tendances historiques. La conclusion des auteurs est mitigée puisqu'on ne connaît pas encore l'échelle optimale pour appliquer ces modèles. Ils rapportent ensuite les travaux de développement de modèles spécifiques au niveau local, à savoir un village/commune ou un district. Les tentatives sont encore peu nombreuses et un faible nombre a été mis en œuvre. Ils suggèrent une approche de préférence de type *bottom up*.

En Inde, Sinha (1998) a mis en place une base de données nationale sur l'énergie en milieu rural en regroupant toutes les données d'enquêtes réalisées par les organismes nationaux et régionaux ayant travaillé dans ce domaine. Il apparaît que les besoins retenus pour le secteur de l'énergie rurale dans la planification nationale sont très sous-estimés, et que le mix énergétique sur lequel se base la planification ne correspond pas au mix observé dans l'analyse des données faites par Sinha.

Les besoins en matière de données sont importants car un certain nombre de conditions socio-économiques propres au ménage (revenu, surface de terre cultivée, activité, etc.) influent sur la consommation énergétique. D'après Devdas (2001), il est très difficile d'avoir des données représentatives qui puissent être généralisées car les consommations et les pratiques sont très dépendantes du site observé.

Après avoir donné quelques exemples de modèles développés pour prédire les évolutions de la demande rurale dans les PED, voyons quelles sont les méthodes utilisées pour estimer cette demande dans le cas spécifique du dimensionnement d'un système d'électrification.

Un grand nombre de travaux a porté sur l'estimation de la demande dans les projets d'électrification rurale. Ces systèmes sont généralement dimensionnés à partir de données d'enquête à la fois quantitative et qualitative sur les équipements, les profils de consommation journaliers et saisonniers, le service attendu, la prévision d'activités ou d'équipements nouveaux dans les court et moyen termes (à 10 ans maximum).

Ces études cherchent en général à connaître le niveau de la demande et la courbe de répartition journalière de la charge pour définir la capacité de production et la puissance à installer. Il existe en général deux volets : un état des lieux de la consommation déjà effective et/ou de besoins avérés, puis une estimation de l'évolution des besoins dans le temps. Dans la plupart des cas, la demande est estimée en catégorisant les besoins (ménages/ activités productives/infrastructure et administration) à partir d'enquête exhaustive sur des appareils consommant de l'énergie, avec leurs caractéristiques, leur temps et période de fonctionnement dans la journée : modèle RENTELEC (IED, 2004), modèle GIZ PERACOD (Contreras, 2005) et modèle OptElec de l'EPFL (Keller, 2007).

Si les demandes effectives en électricité peuvent être à peu près cernées à partir des inventaires du matériel et des modes de fonctionnement, il est beaucoup plus difficile de prévoir l'évolution de la consommation quand le village sera électrifié.

Le modèle RENTELEC prévoit comme donnée d'entrée un pourcentage d'augmentation annuelle de la consommation du village, par exemple 5% par an, ce qui paraît assez arbitraire.

Dans l'étude PERACOD, quatre villages du Sénégal récemment électrifiés dans la même zone géographique ont été enquêtés pour analyser l'évolution de leur consommation et de l'équipement des ménages. Les données ont été également confrontées à celles sur l'évolution de consommation dans la région et dans le pays. Elles sont ensuite extrapolées aux villages en cours d'électrification.

Le modèle utilisé par EDF (Massé, 2009) pour évaluer l'activité des sociétés de services décentralisés (SSD) prévoit également d'enquêter les villages électrifiés dans la même zone afin de qualifier l'utilisation de l'électricité (évolution du temps d'éclairage des pièces, simultanéité de l'éclairage de plusieurs pièces) et l'évolution de la situation depuis l'arrivée de l'électricité (évolution de la détention d'équipements avant et après électrification). Sont également évaluées les activités productives avant et après électrification. L'enquête permet de recueillir aussi des données qualitatives sur l'opinion des consommateurs concernant le service énergétique rendu, l'apport de l'électricité dans le foyer ou l'activité, les besoins non couverts par l'électrification, l'évolution des dépenses pour l'énergie, et enfin les impacts sur le mode de vie.

Une étude réalisée dans une région d'Afrique du Sud (Madubansi, 2006), montre également la difficulté de prédire l'évolution dans le temps de la consommation de villages nouvellement

approvisionnés en électricité, celle-ci étant non linéaire et non dépendante uniquement du niveau de revenu des ménages.

En conclusion, dans les pays industrialisés et les zones déjà pourvues de services énergétiques, les modèles de prédiction de la consommation énergétique permettent d'effectuer des prédictions assez fines des évolutions de consommation effective dans les court, moyen et long termes. Ils s'attachent également à faire des simulations pour l'introduction de nouvelles ressources énergétiques. Les travaux de recherche continuent d'améliorer encore ces modèles et d'affiner les variables explicatives de l'évolution de la consommation dans les contextes du Nord et des pays émergents. Cependant, ces modèles sont difficilement applicables en l'état au pays en voie de développement. En effet, ils ne prennent pas en compte un certain nombre de spécificités des économies de ces pays, dont les principales sont le manque d'efficacité du secteur énergétique, la forte disparité entre milieu urbain et milieu rural, non représentée par les indices économiques agrégés, et l'utilisation massive de ressources traditionnelles dont l'approvisionnement est assuré par des filières informelles ou non monétaires.

Par ailleurs, à une échelle micro, la modélisation n'en est pas au même stade. Pour les zones rurales sans accès à une source d'électricité, il ne s'agit pas encore de modèle à proprement parlé, dans le sens où il n'y a pas de fonctions mathématiques liant les variables explicatives des phénomènes observés. Il s'agit plutôt de base de données (très localisées), réalisées le plus souvent par des bureaux d'études, à partir d'enquêtes de terrain visant le dimensionnement d'installations d'électrification. Ces études sont utilisées pour prédire la consommation, la répartition de cette consommation et son évolution sur le court terme, afin d'en déduire *in fine* une puissance à installer. Dans ce cadre, il apparaît très difficile de prédire des consommations « à partir de zéro », émanant d'une demande nouvelle, c'est-à-dire pour une population n'ayant jamais eu accès à des services énergétiques.

Plusieurs de ces travaux à l'échelle décentralisée ou locale sont très prudents quant à la valeur représentative et à la généralité de leurs résultats, et concluent à l'importance des conditions de contexte.

De nouvelles approches pour la compréhension et la prédiction de la demande

Comme nous venons de le voir, la plupart des projets d'accès collectif à l'énergie des PED visent à électrifier un village, étendre le réseau électrique, ou bien proposer localement une forme d'énergie complémentaire ou de substitution (carburant, énergies renouvelables, etc.). Les changements induisent une forme de demande, que les approches conventionnelles explorent avant tout pour calibrer l'offre technique. Les exemples d'électrification rurale donnés plus haut montrent que le but est d'évaluer la courbe de charge prévisionnelle et de dimensionner/configurer les systèmes de production et de distribution d'énergie à travers des enquêtes de dépense et d'usage énergétique, (Bernard, 2010 ; Heurax, 2010 ; Niez, 2010). La consommation potentielle est alors estimée sur des critères technico-économiques, principalement la dotation en équipements, la taille du groupe des futurs usagers et le niveau de richesse des unités de consommation.

Ces méthodes visant à calibrer l'offre à partir d'un simple calcul technico-économique de la demande s'appliquent difficilement dans divers cas, à savoir lorsque : (i) il y a peu d'énergie utilisée dans le village; (ii) la source d'énergie introduite est méconnue et induit des transformations majeures

(équipements, organisation, relations, etc.); (iii) la nouvelle source est associée à des contradictions et polémiques, comme dans le cas du *Jatropha Curcas*² par exemple.

Plusieurs de ces modèles ont porté sur la simulation de l'introduction de nouvelles ressources énergétiques. Selon certains modèles "energy ladder" ou "fuel switching", la transition énergétique est linéaire, assez automatique, des sources traditionnelles de biomasse-énergie, telles que le bois de feu ou les résidus agricoles, vers des carburants liquides plus modernes, tels que le gasoil ou les *biofuels*³ (Barnes et Floor, 1999 ; Barnes et al., 2004 ; Heltberg, 2005 ; Leach, 1992 ; Leitmann, 1989 ; Maserà et al., 2000 ; Mekonnen et Köhlin, 2009 ; Hiemstra-va-der-Horst et Hovorka, 2008 ; Van Ruijven et al., 2008).

Ces modèles de transition supposent que le moteur de la demande est le même pour tous : une énergie plus efficace et moins chère ; la "substitution énergétique" étant la simple accélération du passage d'une source d'énergie à une autre. Cette littérature retient plusieurs facteurs économiques et techniques pouvant jouer un rôle sur la demande énergétique : prix ; niveau de richesse ; régularité de l'approvisionnement ; disponibilité, qualité et accessibilité ; sécurité d'utilisation ; propreté (émission de polluants) ; pénibilité pour s'en procurer ; coûts d'opportunité et de transaction, etc. La demande serait surtout conditionnée par les caractéristiques de l'offre et le pouvoir d'achat de l'utilisateur. Ainsi, les approches conventionnelles de la demande potentielle minimisent les freins à la modification des habitudes énergétiques.

Vers la prise en compte du contexte d'innovation pour analyser la demande de substitution

La littérature théorique et les expériences pratiques défendent l'idée que l'exploration des choix énergétiques et l'évaluation de la demande potentielle ne peut se limiter à une approche comptable par unités de consommation, au risque d'être partielle et imprécise, et de condamner les projets opérationnels. Il est important de considérer le processus même d'adoption/substitution, c'est-à-dire les conditions de sa réalisation effective et de sa durabilité dans le temps.

Plus récemment, un nombre croissant de modèles abordent la consommation énergétique comme la sélection et l'absorption d'une innovation sociale, économique ou technologique (Miller et Vandome, 2010). Alors que le mécanisme d'adoption peut s'observer par simple utilisation d'une source d'énergie et/ou de la technologie associée, l'absorption est un processus évolutionniste guidé par l'accumulation collective ou individuelle d'un certain nombre de *capabilités* technologiques (Murphy, 2001 ; Douthwaite, 2003). Ces dernières sont fonction des compétences, connaissances, expériences, et des conditions matérielles que les populations mobilisent pour adopter une nouvelle source d'énergie et/ou un équipement pour leur activité quotidienne. Elles déterminent donc la capacité d'un individu/ménage à s'adapter et à utiliser efficacement une nouvelle source ou technologie d'énergie, à prendre des risques et à modifier son comportement (Comim et al., 2008 ; Miller et Vandome, 2010). L'absorption ne pourra être effective sans l'accumulation d'un savoir-faire technique et les conditions économiques, culturelles et sociales pour institutionnaliser ce savoir.

Une question essentielle est alors de savoir si une unité économique, ou une collectivité donnée, est en mesure de s'adapter à une source d'énergie existante, ou d'effectuer le saut sociotechnique nécessaire à l'absorption d'une nouvelle source d'énergie : les facteurs sont-ils réunis pour induire une transition endogène, ou bien a-t-on affaire à un mécanisme exogène difficilement assimilable ? Répondre à cette question requiert d'accorder une importance particulière au contexte technico-social, culturel, politique et économique. En effet, le changement énergétique des ménages est

² Plante oléagineuse utilisée pour produire des biocarburants (huile végétale brute et biodiesel) en Afrique de l'Ouest notamment. Certains détracteurs craignent la substitution par les agriculteurs de cette plante aux cultures vivrières assurant leur sécurité alimentaire.

³ Plus récemment, les modèles de multiple fuel use permettent de considérer les situations où les populations utilisent plusieurs types et qualités de carburant (Heltberg, 2005 ; Mekonnen et Köhlin, 2009).

l'œuvre d'un processus incrémental en partie linéaire (*energy ladder*), mais influencé par des facteurs multiples et de natures diverses.

L'approche de la consommation/transition par l'absorption permet donc une analyse plus riche, augmentant de fait la pertinence des analyses et la probabilité de succès des projets opérationnels. La vision orthodoxe décrivant les choix énergétiques comme des décisions individuelles qui seraient fonction du niveau de revenu et de l'offre tend à s'élargir, offrant une place croissante à une analyse approfondie de la demande : préférences socioculturelles et politiques, pratiques quotidiennes et reproductions sociales, impacts sur la santé et rayonnement, degré de confiance, etc. (Miller et Vandome, 2010 ; Shove, 2010).

L'apport des concepts en Psychologie Sociale pour l'exploration de la demande

Nous avons vu que les approches des choix énergétiques par l'offre ou par la substitution présentent des limites pour l'exploration des besoins énergétiques et l'estimation de la demande ex-ante, notamment dans les PED. L'étude des processus d'adoption/absorption durable et des usages passe par une analyse de leur mise en œuvre sociale, culturelle, psychologique et politique ; et au final la prise en compte de déterminants subjectifs, cognitifs, voire affectifs et routiniers. En effet, la demande en énergie est le fruit d'une interaction entre l'individu et son environnement social et psychologique. Afin de prendre la décision d'utiliser ou pas une source d'énergie, l'individu doit gérer des conflits internes, l'inertie des habitudes, des pressions morales et sociales, des obstacles techniques, etc. et notamment lorsque l'énergie est produite en proximité spatiale et sociale (Litvine et al., 2014 ; Upreti, 2004). Ces barrières sont d'autant plus fortes dans le cas où la source d'énergie est sujette à des contradictions et polémiques qui génèrent des anticipations et qui influencent les comportements (Pallièrre et Fauveaud, 2009 ; Wahl, 2010). L'échec de nombreux projets d'accès collectif à l'énergie confirment ces suppositions.

Le rapprochement croissant entre Économie et Psychologie dans l'analyse des préférences et des choix individuels permet d'embrasser cette réalité, en proposant de compléter les variables classiques par des données culturelles, cognitives, attitudinales et comportementales : interactions sociales, normes personnelles et morales, facteurs routiniers, barrière objectives et perçues, motivations, résultats attendus par l'individu, efficacité personnelle perçue par ce dernier, intention d'agir, etc. (cf. Litvine et al., 2014). Ces approches mixtes offrent souvent de meilleurs résultats que les seules analyses économiques dans l'exploration et l'estimation des préférences et de la demande (Comim et al., 2008 ; Della Vigna, 2009 ; Kahneman et Tversky, 2000 ; Kotchen et Reiling, 2000), et notamment dans le cas de l'énergie (Van den Bergh, 2008 ; Leitmann, 1989 ; Litvine, 2010 ; Litvine et Wüstenhagen, 2011 ; Litvine et al., 2014 ; Maréchal, 2010 ; Wiser, 2007).

Plusieurs raisons justifient que nous affinons ainsi l'analyse de la demande par de telles données attitudinales et comportementales⁴ :

- (i) L'estimation de la demande requiert d'explorer d'abord comment elle se construit et s'exprime en enquête.
- (ii) Le processus d'adoption de certaines formes d'énergie est complexe. Certaines barrières peuvent réduire la substitution et ralentir, voire empêcher, l'utilisation régulière voire durable de la nouvelle source d'énergie (barrières économiques, psychologiques, sociales, techniques, etc.).
- (iii) Les préférences et croyances vis-à-vis de la source/technologie d'énergie et de son usage sont difficiles à appréhender. La croyance est une représentation mentale sur laquelle l'individu base son évaluation de la source/technologie, en lui associant des qualités et des conséquences quant à son usage, et qui est à l'origine de ses attitudes. Les croyances peuvent être plus ou moins

⁴ Il est intéressant d'explorer les valeurs et croyances symboliques que les individus attachent à une forme d'énergie (personnelles, biosphériques, etc.).

formées, partielles voire "biaisées"⁵. Ainsi la valeur pour une nouvelle source d'énergie, comme l'huile végétale par exemple, peut être floue, malléable, voire non-construite. Il est donc fastidieux pour la cible d'exprimer cette valeur en enquête : elle a alors tendance à ancrer ses réponses sur l'information à disposition, l'avis des proches et des personnes influentes, etc. Ceci pose d'importants problèmes aux méthodes traditionnelles d'évaluation de la demande. En abordant le comportement comme le fruit d'une interaction entre l'individu et son environnement social, culturel, affectif et psychologique, la Psychologie Sociale permet d'expliquer la réversibilité des préférences individuelles (Slovic, 1995), et d'intégrer des éléments subjectifs et cognitifs dans l'analyse de la demande.

- (iv) Face à la décision d'utiliser ou pas une forme d'énergie, l'individu doit gérer des conflits internes, des pressions morales et sociales, etc. Il est donc difficile pour lui de déclarer sa valeur directement, notamment par l'expression d'un prix acceptable (Cf. Litvine, 2010, p.41 et p.199). La discipline psychologique propose de dépasser cette contrainte en croisant les mesures économiques avec des variables plus subjectives.
- (v) La littérature en Psychologie suggère d'examiner avec précision les motivations de la cible afin que les mesures effectuées en situation hypothétique (questionnaire) coïncident au mieux avec les croyances mobilisées au moment du comportement effectif (Ajzen et Fishbein, 2005). Un autre facteur clef détermine si les déclarations aboutiront ou pas à l'action : la sensation de contrôle sur l'action. Ce contrôle perçu émerge du fait de penser qu'on a suffisamment d'information et de compétences pour prendre une décision bénéfique, et de ne pas imaginer, ou bien avoir en effet, trop de barrières concrètes qui empêchent la consommation/substitution (interdictions, incapacité technique, etc.).

Nous abordons ces approches mixtes à travers une chaîne "croyances → action", allant des croyances que l'individu forme vis-à-vis d'une source/technologie d'énergie à son comportement final vis-à-vis de cette dernière. Dans une approche évaluative, la croyance dépend de deux indices : sa valeur (degré avec lequel l'individu valorise/souhaite l'attribut) et sa force (probabilité avec laquelle il pense pouvoir observer l'attribut dans la réalité). En sommant ces indices pour chaque attribut de la source d'énergie, l'individu est censé former une valeur, lui permettant de prendre une décision.

Cette chaîne "croyance → action" permet de mobiliser de nombreuses théories en Economie Comportementale et de la Décision, ainsi qu'en Psychologie Sociale. Ces concepts peuvent ensuite être synthétisés et formalisés au sein de modèles d'action tels que la *Theory of Planned Behavior* (TPB, Ajzen, 1991). Ce modèle, qui permet d'expliquer, anticiper et modifier un comportement donné, a montré sa capacité à fusionner Économie et Psychologie, et à offrir un cadre efficace pour l'analyse de décisions liées à l'énergie (Litvine, 2010 ; Litvine et Wüstenhagen, 2011), et notamment dans les PED (Baker et al., 2007 ; Godin et al., 2008 ; Litvine et al., 2014).

Dans le modèle TPB, la demande en énergie (consommation/substitution/ adoption) résulte de trois types de croyances : les conséquences que l'individu pense observer du fait d'utiliser une énergie (*croyances comportementales*); les personnes importantes pour lui qui, d'après lui, souhaiteraient qu'il l'utilise ou qui l'utilisent déjà (*croyances normatives*); l'ensemble des facteurs facilitant/ freinant et qui rendent l'usage facile/difficile (*croyance de contrôle*). Ces croyances prédisent "l'intention d'utiliser une énergie", qui est à son tour le principal déterminant de l'usage effectif. Il est donc possible de prédire une demande potentielle/nouvelle (intention) ou d'identifier les déterminants d'une demande effective (action). De plus, en modifiant le nombre et la force de ces croyances, il est possible d'impacter causalement la demande effective (Litvine et Wüstenhagen, 2011).

⁵ Une croyance ne peut pas être fautive ou juste, puisqu'elle est subjective par définition. Nous entendons par "biaisée" le fait qu'elle se base sur de fausses rumeurs, et qu'elle peut amener l'individu à prendre des décisions éloignées de la valeur qu'il attribuerait à la source/technologie d'énergie s'il avait une information valide. Nous parlons de croyances qui produisent un "bruit" dans la décision, qui augmente fortement l'écart entre ce que les individus comptent observer et ce qu'ils obtiendront réellement. Par exemple, dans Litvine et al. (2014) les moteurs sont prétendus consommer moins d'huile végétale que de gasoil pour faire le même travail ou faire moins de bruit. Or ceci n'est pas la réalité, mais pourrait pourtant inciter les individus à utiliser de l'huile végétale.

La mesure de la demande individuelle: préférences non construites et méthodes de recueil et d'évaluation

Qu'on se place dans une démarche simple (dimensionnement et facteurs socioéconomiques) ou contextuelle, l'analyse de la demande individuelle est étroitement liée à son mode d'expression, puis *ipso facto* à la question de sa mesure/estimation. Dans de nombreux cas l'exercice consiste à faire révéler/exprimer une demande tacite/potentielle. Or de nombreuses difficultés d'évaluation et de mesure s'observent sur toute la longueur de la chaîne *croyances-préférences-demande potentielle-action (usage)*. L'exercice est d'autant plus difficile dans les PED où les populations n'ont souvent jamais eu accès à des services énergétiques permettant la construction de croyances, et où les enquêtes restent donc un outil privilégié d'investigation de la demande.

Selon les approches mixtes "Economie-Psychologie", la demande dépend de représentations mentales vis-à-vis de la source d'énergie et de son usage, et sur laquelle l'individu base ses évaluations, à savoir ses croyances. L'individu peut ne pas être en mesure de procéder à une telle évaluation, et donc former/extraire/exprimer un avis, une attitude ou bien une préférence. La chaîne causale allant des croyances envers une source d'énergie ou son usage d'un côté, à la consommation effective de l'autre dépend donc du nombre et du degré de saillance de ses croyances. Les croyances saillantes sont celles accessibles à l'esprit, et donc plus facilement mobilisables pour former une valeur, formuler une réponse et prendre une décision (Ajzen, 1991). Un individu ayant formé de nombreuses croyances saillantes envers une (nouvelle) source d'énergie devrait avoir des préférences ainsi qu'une intention de l'utiliser qui sont plus accessibles en mémoire, et donc plus stables ou fortes (Fazio et al., 1989 ; Miller et Peterson 2004 ; Schwarz et Bohner, 2001). Etant plus forts, ces facteurs devraient gouverner davantage le comportement futur. Conduites stratégiques mises à part, les déclarations de l'individu (attitudes, préférences, intention) devraient être plus claires et cohérentes (Ajzen et Sexton, 1999 ; Fazio, 1995). Il est ainsi possible de mieux exploiter ces déclarations pour estimer la demande, voire en déduire la propension à adopter/substituer une nouvelle forme d'énergie. Une analyse fine de la formation et de l'expression des croyances, puis des attitudes consécutives, permet donc de faciliter l'évaluation d'une demande potentielle, de substitution ou dérivée, en particulier dans les PED.

Deux méthodes sont couramment utilisées pour estimer la demande via les croyances et les préférences individuelles : la méthode par préférences déclarées et celle par préférences révélées. La première utilise les réponses directes, principalement au cours de questionnaires ; la seconde se fonde sur l'observation d'un comportement effectif plutôt que sur une déclaration.

Le fait d'estimer la valeur qu'un individu attribue à un bien à partir des préférences ou attitudes qu'il déclare en enquête constitue à la fois une force et une faiblesse. En effet, l'extraction puis l'expression de préférences via des déclarations directes est un processus délicat et controversé. Une importante littérature soutient en effet que les préférences sont difficiles à extraire et à déclarer parce qu'elles sont floues, réversibles et malléables par nature (théorie des préférences non construites⁶). Ces préférences seraient construites au moment requis, plutôt que stables et/ou issues d'un processus rationnel. A défaut d'avoir une idée précise concernant ses préférences, l'individu se fonde sur ce qu'il a entendu, ce qu'il pense être les attentes de personnes importantes à ses yeux (normes sociales) ou bien il utilise les données de l'enquête comme information sur la valeur

⁶ La notion de préférence "réelle" est sujette à controverse (Irwin et al., 1993 ; Slovic, 1995). La tendance est d'aborder les préférences sous leur aspect construit et réversible, ce qui fait également écho à la littérature sur les attitudes temporaires en Psychologie (Cf. Litvine, 2008, p. 102).

acceptable du bien⁷. De plus, ses réponses sont davantage dépendantes de l'information présentée, de la façon de les présenter et de la personne qui les présente (biais d'enquêteur et de la structure en charge de l'étude).

Les méthodes par préférences déclarées présentent d'autres distorsions pouvant se traduire par un écart entre la valeur exprimée et celle attribuée "réellement" au bien (cf. Tableau 1). Tout d'abord, les réponses peuvent être surestimées inconsciemment par désirabilité sociale, surestimation de soi ou manque de considération des contraintes budgétaires. Au contraire, les réponses peuvent être sous-estimées par protestation spontanée envers la forme ou le fond de l'étude. A ce biais implicite s'ajoutent des comportements stratégiques, quand le répondant estime que ses intérêts seront mieux servis en déclarant une valeur supérieure ou inférieure à sa "valeur réelle". De plus, cela pose certains problèmes de demander à l'individu de se prononcer sur un bien méconnu dans le cadre d'un échange hypothétique puisque ce dernier peut manquer de repères pour extraire puis former une valeur (*posez une question hypothétique et vous obtiendrez une réponse hypothétique*). Viennent s'ajouter à cela des limites dans le traitement de l'information, l'illettrisme, l'organisation sociale et culturelle traditionnelle, etc., qui complexifient d'autant plus l'analyse de la décision qui nous concerne.

Tableau 1 - Les principaux types de distorsions de mesure dans les études par préférences déclarées

Distorsion stratégique	Déclarations délibérément inexactes dans le but d'obtenir quelque chose (gain)
Distorsion de surestimation	Préférences surévaluées par désirabilité sociale, surestimation de soi, etc.
Distorsion hypothétique	Déclarations biaisées du fait que la question traite d'une situation hypothétique (préférences sur ou sous-évaluées par rapport à ce qui serait payé en réalité)
Distorsion du système de paiement	Déclarations varient en fonction du système de paiement proposé
Distorsion d'ancrage	Déclarations dépendent des informations chiffrées données (prix, etc.)

Au final, si l'individu a du mal à attribuer une valeur à une source/technologie d'énergie avec lequel il n'est pas trop familier ou pour lequel il n'a pas de valeur de référence à l'esprit, comme les huiles végétales par exemple, il est alors encore plus difficile de déduire un comportement et donc une demande à partir des déclarations faites. Le travail consiste donc à aider l'individu à (i) comprendre les tenants et aboutissants de la source d'énergie alternative afin d'initier ou de soutenir le processus de construction des croyances et préférences; (ii) extraire une valeur; (iii) révéler cette valeur (biais minimal).

Ainsi, plutôt qu'une estimation objective de la demande, il semble plus pertinent d'explorer comment cette dernière se construit et s'exprime. Ceci requiert bien de travailler sur les aspects contextuels et subjectifs du processus de décision, et d'être en mesure de déduire l'intérêt de l'individu pour une forme d'énergie à partir de ses déclarations.

⁷ Notons que l'individu peut avoir plusieurs valeurs de référence à l'esprit, comme par exemple le prix et autres spécificités de la/des source(s) d'énergie utilisée(s). Il est aisé de vérifier si l'une des hypothèses centrales de la théorie classique de la décision est vérifiée en s'assurant que les individus peuvent estimer la valeur relative entre le *statu quo* (source d'énergie utilisée, à qualité et richesse inchangées) et la situation alternative (qualité incertaine et richesse modifiée par le changement de prix).

Conclusion

Les approches par la demande puisent généralement leurs fondements conceptuels dans la littérature sur la modélisation des choix énergétiques et la substitution énergétique. Ces approches se focalisent avant tout sur des facteurs techniques, économiques et démographiques (PIB, prix de l'énergie, technologie, efficacité énergétique, population, pouvoir d'achat, etc.).

Les modèles de prévision de la demande en milieu rural des PED, comme ceux d'Afrique, ne parviennent pas à prédire avec précision la consommation, en particulier quand les zones rurales sont non raccordées. Beaucoup de recherches restent à faire en la matière.

Les travaux sur l'absorption des innovations technologiques démontrent l'importance d'étendre l'analyse à des facteurs sociaux et à des composantes plus subjectives. Parallèlement, certains outils conceptuels en Psychologie Sociale permettent de tenir compte des aspects sociaux, culturels, politiques, émotionnels et cognitifs, largement dépendant du contexte. Ainsi, les approches sociodémographiques et purement économiques peuvent être enrichies de travaux visant à comprendre la formation de la valeur et des préférences dans le processus de décision, ainsi que la chaîne causale "valeur-action" et l'ensemble des mécanismes/facteurs générant des écarts entre déclaration et action.

Par ailleurs, lorsque des modèles satisfaisants seront produits, l'autre défi sera de trouver comment ils peuvent s'articuler avec/compléter les modèles globaux pour une prévision à une échelle plus large de consommations au niveau national des PED.

Sur ce marché bien particulier de la biomasse-énergie et en particulier des biocarburants, la connaissance des caractéristiques de la demande -niveau, nature, conditions, déterminants, évolution – et l'amélioration des méthodes de son évaluation sont un élément fondamental pour déterminer des options de développement viables et durables et pour relever le défi d'améliorer l'accès à l'énergie des populations des PED.

Bibliographie

Ajzen I., 1991. The Theory of Planned Behaviour. *Organizational Behavior and Human Decision Process* 50, 179-211

Ajzen I., Fishbein M., 2005. The influence of attitudes on behaviour. In Albarracín D., Johnson B., Zanna M. (Eds.), *The handbook of attitudes* (pp. 173-221), Mahwah, NJ.

Ajzen I., Sexton J., 1999. Depth of processing, belief congruence, and attitude-behavior correspondence, in Chaiken S., Trope Y. (eds.), *Dual-process theories in social psychology*, Guilford Press, p. 117-138

Al Hamadi H.M., Soliman S.A., 2005. Long term/Mid-term electric load forecasting based on short-term correlation and annual growth, *Electrical Power and Energy systems*, 74(3), 353-361

Ang B.W., 1995. Decomposition methodology in industrial energy demand analysis. *Energy* Vol. 20, No. 11, 1081-1095

Baker E., Al-Gahtni S., Hubona G., 2007. The effects of gender and age on new technology implementation in a developing country – Testing the Theory of Planned Behavior (TPB). *Information Technology & People*, 20(4), p. 352-375

Barnes DF, Floor W., 1999. Biomass energy and the poor in the developing world. *Journal of International Affairs* 53(1), p. 237-259

Barnes DF, Krutilla K., W. Hyde, 2004. The urban household energy transition energy, poverty, and the environment in the developing world. WB, 114p,
<http://siteresources.worldbank.org/INTGENENERGY/Resources/UrbanEnergyTransitionV51.pdf>

Bernard T., 2010. Impact Analysis of Rural Electrification Projects in Sub-Saharan Africa. *The World Bank Research Observer* 26(2), p.1-19

- Blin J., Weisman N., Hanff E., Dabat M.-H., 2011. Vers une stratégie nationale de développement des filières biocarburant: le cas du Burkina Faso. *Liaison Energie Francophonie* 87, 35-42
- Comim F., Qizilbash M., Alkire S., 2008. The capability approach: Concepts, measures and applications. CUP, 636 p
- Contreras Z., 2005. Modèle d'électrification rurale pour localités de moins de 500 habitants au Sénégal. PERACOD (programme d'électrification rurale et d'approvisionnement durable en combustibles domestique). Juillet 2005-janv 2006, <http://peracod.sn/?Modele-d-electrification-rurale>
- Dabat M.-H., Gautier D., Gazull L., Pinta F., 2014. Les défis énergétiques : menaces ou opportunités ? in *Agricultures familiales et mondes à venir*, collection Quae, Ed. J.-M. Sourisseau, p183-200
- Dabat M.-H., Hanff E., Blin J., 2012. Are Biofuels a Factor of Sustainable Development in a Food Insecurity Context in Africa? Case Study of Burkina Faso, *Global Sustainable Development and Renewable Energy Systems*, Phillip Olla editor, Madonna University, USA, Publisher IGI Global, 354p, p152-171
- Della Vigna S., 2009. Psychology and Economics: Evidence from the Field. *Journal of Economic Literature*, American Economic Association 47(2), pages 315-72.
- Devadas V., 2001. Planning for rural energy system: part I. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5, 203-226.
- Djerma C.G. et Dabat M.-H., 2014 (sous presse). Développement des agrocarburants en Afrique de l'Ouest. Une analyse institutionnelle comparative, *Economie Rurale*, 12p
- Douthwaite B., Kuby T., van de Fliert E., Schulz S., 2003. Impact pathway evaluation : an approach for achieving and attributing impact in complex systems, *Agricultural Systems* 78, 243-265
- Ediger V.S., Akar S., Ugurlu B., 2006. Forecasting production of fossil fuel sources in Turkey using a comparative regression and ARIMA model. *Energy Policy* 34(18), 3836-3846
- Ediger V.S., Akar S., 2007. Forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey. *Energy Policy* 35(2007), 1701-1708
- Fazio R., Powell M., Williams C., 1989. The role of attitude accessibility in the attitude-to-behavior process, *Journal of Consumer Research*, vol. 16(3), p. 280-288
- Fazio R., 1995. Attitudes as object-evaluation associations: determinants, consequences, and correlates of attitude accessibility, in Petty R., Krosnick J. (Eds.), *Attitude strength: antecedents and consequences*, Lawrence Erlbaum Associates, NJ
- Godin G., Bah AT, Sow A., Minani I., Morin D., Alary M., 2008. Correlates of Condom Use among Sex Workers and Their Boyfriends in Three West African Countries. *AIDS Behavior* 12, p.441-451
- Hainoun A., Seif-Eldin M.K., Almoustafa S., 2006. Analysis of the Syrian long-term energy and electricity demand projection using the end-use methodology. *Energy Policy* 34, 1958-1970.
- Hanff E., Dabat M.-H., Blin J., 2011. Are biofuels an efficient technology for generating sustainable development in oil-dependent African nations? A macroeconomic assessment of the opportunities and impacts in Burkina Faso, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15., p. 2199-2209
- Heltberg, R., 2005. Factors determining household fuel choice in Guatemala. *Environment and Development Economics* 10(3), p.337-361.
- Heuraux C., 2010. L'électricité au cœur des défis africains – Manuel sur l'électrification en Afrique. Karthala, Paris, 405p.
- Hiemstra-van-der-Horst G., Hovorka A.J., 2008. Reassessing the "energy ladder": Household energy use in Maun, Botswana, *Energy Policy*, 36, 3333-3344
- Hiremath R.B., Shikha S., Ravindranath NH., 2007. Decentralized energy planning, modelling and applications – a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(2007) 729-752
- IED, 2004. Documentation de fonctionnement du logiciel Rentelec, version du 28 nov. 2004
- Intarapravich D. et al, 1996. Asia-Pacific energy supply and demand to 2010. *Energy* 21(11), (1996), 1017-1039

- Irwin J., Slovic P., Lichtenstein S., McClelland G., 1993. Preference reversals and the measurement of environmental values. *Journal of Risk and Uncertainty* 6, 5-18
- Jebaraj S., Iniyar S., 2006. A review of energy models *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 10, 281–311
- Kahneman D., Tversky A. (Eds.), 2000. *Choices, values, and frames*, Cambridge University Press, 840 p
- Keller S., Naciri S., Nejmi A., Dos Ghali J., 2007. Simulation-based decision support tool for electrification of isolated areas using a network with multiple renewable sources. *International Conference on Clean Electrical Power*, ICCEP 07, 21-23 May, Capri
- Kotchen M., Reiling S., 2000. Environmental attitudes, motivations, and contingent valuation of nonuse values: a case study involving endangered species. *Ecological Economics* 32, 93–107
- Kotchen M., Moore M., 2007. Private provision of environmental public goods: household participation in green-electricity programs, *ournal of Environmental Economics and Management* 53(1), p. 1-16
- Leach, G., 1992. The energy transition, *Energy Policy* 20(2), p. 116-123
- Leitmann J., 1989. How to collect data on household energy consumption. WP (WPS 108 - PPR Industry and Energy Department, WB)
- Litvine D., 2008, Révélation des préférences individuelles et incitation au choix de l'électricité verte : une analyse de la décision du consommateur. Thèse de Doctorat en Sciences Economiques, Université Montpellier 1.
- Litvine D., 2010. La participation volontaire des citoyens sur le marché européen des permis d'émission de CO2 : Une évaluation contingente élargie à la Psychologie environnementale, Repec (credwp 10.07.87)
- Litvine D., Wüstenhagen R., 2011. Helping "light green" consumers walk the talk: Results of a behavioural intervention survey in the Swiss electricity market. *Ecological Economics* 70, 462-474
- Litvine D., Gazull L., Dabat M.-H., 2014. Assessing the potential demand for biofuel by combining Economics and Psychology: A focus on proximity applied to Jatropha oil in Africa, *Ecological Economics* 100, 85-95
- Madubansi M., Shackleton C.M., 2006. Changing energy profiles and consumption patterns following electrification in five rural villages, South Africa. *Energy Policy* 34, 4081–4092
- Maïzi N., Assoumou E., 2007. Modélisation prospective et spécificités de la politique énergétique française. *J3eA*, 6, doi.org/10.1051/j3ea:2007002
- Maréchal K., 2010. Not irrational but habitual: The importance of « behavioural lock-in » in energy consumption, *Ecological Economics*, 69, Issue 5, p 1104-1114
- Masera, O.R., Saatkamp B.D., Kammen D.M., 2000. From Linear Fuel Switching to Multiple Cooking Strategies: A Critique and Alternative to the Energy Ladder Model. *World Development* 28(12), p. 2083-2103
- Massé R., 2009. Evaluation des SSD au Mali, Maroc et Afrique du Sud. Rapport de synthèse. 21 mars
- Mekonnen A., Köhlin G., 2009. Determinants of Household Fuel Choice in Major Cities in Ethiopia. WP 399. ISSN 1403-2465
- Miller JM, Peterson D., 2004. Theoretical and Empirical Implications of Attitude Strength. *The Journal of Politics* 66(3), p.847-867
- Miller F., A. Vandome et al. 2010. *The Capability Approach*. VDM Publishing House Ltd.
- Miskinis H.V., 2002. Energy demand forecasting in economies in transition. *Energy Studies Reviews*, 10(2), 100-120
- Murphy JT, 2001. Making the energy transition in rural east Africa: Is leapfrogging an alternative? *Technological Forecasting and Social Change* 68(2), p.173-193
- Niez A. (IEA), 2010. Comparative study on rural electrification policies in emerging economies-Keys to successful policies. OECD/IEA information paper, www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2213

- Pallièrè G., Fauveaud S., 2009. Les enjeux des agrocarburants pour le monde paysan au Mali. Groupe Energie Renouvelable, Environnement et Solidarités (GERES), www.geres.eu/images/stories/publis/Enjeux-jatropha-paysans-maliens
- Pappa S.S., Ekonomou L., Karamousantas D.C., Chatzarakis G.E., Katsikas S.K., Liatsis P., 2008. Electricity demand loads modeling using autoregressive moving average (ARMA) models. *Energy* 33, 1353-1360.
- Rao R.D., Parikh J., 1996. Forecast and analysis of demand for petroleum products in India. *Energy Policy*, 24(6), 583-592.
- Schwarz N., Bohner G., 2001. The construction of attitudes, in Tesser A., Schwarz N. (Eds.), *Intrapersonal Processes* (Blackwell Handbook of Social Psychology), Oxford (p. 436-457)
- Sharma D.P., Nair P.S.C., Balasubramanian R., 2002. Demand for commercial energy in the state of Kerala, India: an econometric analysis with medium-range projections, *Energy Policy* 30, 781–791.
- Shove, E., Walker, G., 2010. Governing transitions in the sustainability of everyday life. *Res. Policy* 39 (4), 471–476
- Sinha C.S., Sinha S., Joshi V., 1998. Energy use in the rural areas of India: setting up a rural energy data base, *Biomass and Bioenergy*, 14(5-6), 489-503
- Slovic P., 1995. The Construction of Preference. *American Psychologist* 50(5), 364-71
- Suganthi L., Samuel A.A., 2012. Energy models for demand forecasting – a review. *Renewable and sustainable energy reviews* 16, 1223-1240.
- Tatsidjodoung P., Dabat M.-H., Blin J., 2012. Insights into biofuel development in Burkina Faso: Potential and strategies for sustainable energy policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16. p.5319-5330
- Upreti B.R., 2004. Conflict over biomass energy development in the United Kingdom: some observations and lessons from England and Wales. *Energy Policy* 32(6), 785-800
- Urban F., Benders R.M.J., Moll H.C., 2007. Modelling energy systems for developing countries *Energy Policy* 35, 3473–3482
- van den Bergh, J., 2008. Environmental regulation of households: an empirical review of economic and psychological factors. *Ecol. Econ.* 66 (4), 559–574
- Van Ruijven B., Urban F., Benders M.J., Moll H.C., van der Sluijs J.P., de Vries B., van Vuuren D.P., 2008. Modeling Energy and Development: An Evaluation of Models and Concepts, *World Development* Vol. 36, No. 12, pp. 2801–2821
- Wahl, N., Jamnadass, R., Baur, H., Munster, C., Iiyama, M., 2009. Economic Viability of *Jatropha curcas* L. Plantations in Northern Tanzania. World Agroforestry Centre ICRAF (71 pp.)
- Wiser R., 2007. Using contingent valuation to explore willingness to pay for renewable energy: A comparison of collective and voluntary payment vehicles. *Ecological Economics* 62, 419-432
- Zhidong L., 2003. An econometric study on China's economy, energy and environment to the year 2030. *Energy Policy* 31 (2003) 1137-1150