

Membre de l'université Paris Lumières

Édouard Civel

Le Rouge et le Vert,

*Essais sur l'économie de l'information dans le marché de
l'habitat durable*

Résumé long en français

Le Rouge et le Vert,

Essais sur l'économie de l'information dans le marché de l'habitat durable.

Résumé

Afin de combler le ‘fossé’ de l'efficacité énergétique, l'Union européenne a introduit les Certificats de Performance Énergétique. Face aux multiples défaillances informationnelles entravant le développement de bâtiments plus sobres en énergie, cette étiquette énergie permettrait de réduire d'une part l'incertitude sur la qualité énergétique et d'autre part l'asymétrie d'information entre vendeurs et acheteurs sur le marché immobilier. Cependant, l'information demeure un bien économique complexe, imparfaitement utilisé par les agents économiques réels. Cette thèse examine la valeur de l'information dans le marché de l'habitat durable, en combinant des approches théoriques, empiriques et expérimentales.

Tout d'abord, la perception du Diagnostic de Performance Énergétique est étudiée à travers une enquête sur un échantillon représentatif de la population française. Nous mettons en évidence une efficacité cognitive nuancée pour l'étiquette. Une partie de la population l'ignore, mais les sujets attentifs utilisent bien l'étiquette pour réviser leurs croyances sur la qualité énergétique. En second lieu, nous apportons la preuve de la capitalisation de cette information dans les prix de l'immobilier sur deux régions françaises. Les maisons à basse consommation énergétique présentent, *ceteris paribus*, une prime verte significative qui correspond aux estimations technico-économiques des coûts de rénovation associés.

En dépit de cette ‘valeur verte’, le rythme des rénovations énergétiques reste lent sur le marché français : l'information véhiculée par l'étiquette énergie ne réduit pas l'incertitude sur les résultats des opérations de rénovation. Dans un troisième temps, nous montrons à travers un modèle d'options stratégiques que cette incertitude peut retarder les décisions d'investissement, voire empêcher leur diffusion. Ainsi, quatrièmement, nous étudions via une expérience en laboratoire la disposition-à-payer des individus pour obtenir de l'information, mettant en évidence qu'elle pourrait dépasser largement sa prédiction théorique. Néanmoins, les effets positifs d'une information payante pourraient être annihilés par plusieurs biais cognitifs, nécessitant une régulation des marchés de l'information.

Mots Clés : Information, Comportement, Efficacité énergétique, Innovation.

Résumé Long

Dans le roman *Le Rouge et le Noir* publié en 1830, Stendhal raconte la vie de Julien Sorel, fils d'un charpentier qui s'efforce d'améliorer sa classe sociale. Dans ce roman psychologique, Julien poursuit avec constance son propre intérêt, en utilisant un savant mélange d'intelligence et de tromperie. Néanmoins, sa méconnaissance des coutumes de la haute société et son impulsivité lui seront fatales. En termes économiques, la maximisation de l'utilité de Julien Sorel est limitée à la fois par les asymétries d'information et par ses propres défaillances cognitives. La présente thèse vise précisément à déchiffrer comment les gens interagissent avec l'information, en particulier en ce qui concerne l'efficacité énergétique sur le marché immobilier. Notre recherche applique donc des concepts tirés à la fois de l'économie de l'information et de l'économie comportementale à la question de l'habitat durable. Si nous démontrons que l'étiquette énergie peut structurer l'économie des bâtiments verts, nous mettons également en lumière plusieurs échecs liés à l'information, découlant à la fois de comportements rationnels et de biais cognitifs.

L'économie de l'information

L'article fondateur publié par Hayek (1945) souligna le rôle clé de l'information dans l'optimisation de l'utilisation des ressources par la société à travers le mécanisme de prix. Depuis lors, une grande partie de la littérature économique s'est intéressée à l'économie de l'information. Dans son article phare "The Economics of Information", Stigler (1961) se concentre plus particulièrement sur la difficile recherche d'informations sur les produits par les consommateurs. Alors que son article se concentre sur la recherche d'informations sur les vendeurs existants et leurs prix, Stigler met déjà en garde les économistes sur l'épineuse question de la qualité des produits dans sa conclusion : *La recherche de connaissances sur la qualité des biens, qui a été soigneusement évitée dans cet article, n'est peut-être pas plus importante, mais certainement plus difficile sur le plan analytique. La qualité n'a pas encore été spécifiée avec succès par l'économie, et cette insaisissabilité s'étend à tous les problèmes dans lesquels elle entre*". Si le travail de recherche de Arrow (1963) donne

quelques intuitions sur les problèmes d'incertitude de la qualité (sur le sujet spécifique des soins médicaux), la question posée par Stigler est plus généralement abordée neuf ans après sa publication par deux autres contributions. Une première réponse partielle est apportée par Nelson (1970), qui a initié la distinction en analyse économique entre 'bien de recherche' et un 'bien d'expérience'. Contrairement à un bien de recherche, dont la qualité peut être facilement évaluée par les consommateurs avant l'achat, la qualité d'un bien d'expérience sera évaluée par les consommateurs lors de la consommation/ l'utilisation de ce bien. Si le prix d'achat est suffisamment bas, comme pour les aliments, les consommateurs auront tendance à "acheter et essayer" des produits. Mais si le prix d'achat est plus élevé, le choix s'avère plus coûteux et plus compliqué. C'est le point de la deuxième réponse à Stigler, publiée par Akerlof (1970).

Akerlof prend l'exemple des voitures d'occasion pour éclairer les défaillances des marchés où l'information est asymétrique entre vendeurs et acheteurs. Dans cette contribution clef à la littérature économique, Akerlof démontre qu'un marché souffrant d'incertitude sur la qualité pourrait s'effondrer. En réalité, dans cet article Akerlof modélise un concept économique plus ancien, la loi de Gresham qui stipule que "la mauvaise monnaie chasse la bonne". Il prend l'exemple les acheteurs sur le marché des voitures d'occasion : face à une voiture, les agents ne peuvent pas savoir *a priori* si sa qualité est bonne, c'est-à-dire si la voiture est une "pêche", ou mauvaise, c'est-à-dire que la voiture est un "citron" dans le jargon américain. Comme le discours des vendeurs sur la qualité des voitures d'occasion n'est pas fiable, et en l'absence de toute certification crédible, l'incertitude amènera les acheteurs à accepter de ne payer qu'un prix inférieur à la valeur réelle d'une "pêche". Progressivement, les pêches seront donc retirées du marché des voitures d'occasion, où ne resteront que les voitures de mauvaise qualité, c'est-à-dire les citrons. Les solutions à ce phénomène de sélection adverse couvrent toutes les mesures visant à fournir des informations aux acheteurs. Avec un niveau de fiabilité croissant, on peut citer par exemple les certificats et les garanties. Dans la décennie qui a suivi les travaux d'Akerlof, Michael Spence et Joseph Stiglitz ont publié plusieurs contributions majeures sur l'analyse des marchés à information asymétrique, mettant en évidence deux mécanismes qui peuvent réduire l'asymétrie d'information, à savoir les concepts de *signaling* et de *screening*.

Le concept de *signaling* est introduit pour la première fois par Spence (1973) dans son analyse du marché du travail. En effet, l'embauche d'un nouvel employé est un investissement incertain pour une entreprise, car cette dernière se trouve en asymétrie d'information sur les capacités productives du futur employé. L'article de Spence développe un modèle où les employés potentiels 'signalent' leurs compétences en acquérant des diplômes. Comme

cette acquisition est plus coûteuse (*i.e.* difficile) pour les personnes moins qualifiées, les employeurs accepteront de payer des salaires plus élevés aux candidats ayant des diplômes plus élevés, car ils seront statistiquement plus productifs. La théorie du *signaling* décrit donc comment une asymétrie d'information peut être réduite par une divulgation d'information coûteuse. L'agent (*i.e.* le vendeur dans le modèle d'Akerlof, qui bénéficie d'un avantage informationnel) engage volontairement un coût pour révéler certaines informations pertinentes au principal (*i.e.* l'acheteur dans le modèle d'Akerlof, qui manque d'informations sur la qualité).

Dans son introduction à un symposium sur l'économie de l'information, Spence (1976) met également en lumière un deuxième type de solutions à la sélection adverse : la théorie du *screening*. Stiglitz (1975) utilise également l'exemple de l'éducation pour les stratégies de *screening*. L'idée clef est que le principal oblige les agents à divulguer leur information privée. L'acheteur, qui manque d'information, peut proposer un 'menu' de contrats au vendeur. Lorsque le vendeur choisit un contrat, il révèle une partie de son information privée. Par exemple, un employeur qui ignore les capacités productives d'un employé peut lui offrir deux contrats différents : un premier avec un salaire fixe et un second avec un salaire de base inférieur mais avec des primes importantes si l'employé est productif. Si nous considérons que les employés potentiels connaissent leur niveau de productivité, alors les employés efficaces choisiront le deuxième contrat tandis que les employés inefficaces choisiront le salaire stable et certain. Comme le souligne Spence (1976), le *screening* et le *signaling* constituent "les deux faces opposées de la même pièce". Alors que le concept du *signaling* fait référence à une stratégie entreprise par l'agent le mieux informé, le *screening* fait référence à une action engagée par l'agent le moins informé. Mais ces deux approches visent à résoudre le phénomène de sélection adverse qui se produit pour les "citrons" du marché de Akerlof (1970).

Les contributions suivantes de Stiglitz soulignent l'importance des défaillances informationnelles sur divers marchés. On peut citer entre autres Rothschild and Stiglitz (1976) qui se concentre sur les processus de sélection du marché de l'assurance, Grossman and Stiglitz (1980) sur l'inefficacité des marchés financiers en cas de défaillance de l'information, et Stiglitz and Weiss (1981) sur le rationnement du crédit. La synthèse de Stiglitz (1985) souligne que l'émergence de l'économie de l'information depuis les années 1970 remodèle la façon dont les économistes analysent les marchés. Ce nouveau champ de recherche en sciences économiques, inauguré par Akerlof, Spence et Stiglitz, a également donné naissance à plusieurs branches importantes de l'analyse économique moderne, comme la théorie des mécanismes d'incitation ou la théorie des contrats.

Dans sa rétrospective sur l'économie de l'information au XXème siècle, Stiglitz (2000) donne

des pistes de recherche aux économistes intéressés par les défaillances informationnelles des marchés. D'un point de vue méthodologique, il souligne la nécessité d'étendre les travaux empiriques sur le rôle de l'information dans les marchés et d'intégrer plus étroitement les autres sciences sociales. Stiglitz mentionne spécifiquement la psychologie, qui pourrait contribuer à éclairer la façon dont les individus traitent l'information, mais aussi la sociologie, pour étudier l'apprentissage social. D'un point de vue théorique, Stiglitz attire l'attention sur deux questions. Tout d'abord, la dynamique de l'information devrait être explorée plus en profondeur, en particulier pour comprendre comment une nouvelle information est absorbée par les individus et les marchés et comment elle modifie les comportements. Deuxièmement, les économistes devraient examiner comment les différents modèles institutionnels influent sur la création et l'utilisation de l'information. Cette thèse porte sur l'économie de l'information appliquée à l'efficacité énergétique dans le marché du logement et tente de formuler des recommandations pour une transition plus rapide vers des bâtiments "plus écologiques".

Economie comportementale et expérimentale

Bien que la littérature mentionnée précédemment montre qu'une information asymétrique et imparfaite peut nuire au fonctionnement des marchés où des agents rationnels interagissent, elle sous-estime en fait l'ampleur des inefficacités dues aux défaillances informationnelles. En effet, parallèlement au développement de l'économie de l'information, a commencé la collaboration fructueuse entre Amos Tversky et Daniel Kahneman. Appliquant les méthodes et les résultats de la psychologie cognitive à l'économie classique, ces chercheurs pionniers ont mis en lumière comment les nombreux biais de raisonnement des agents économiques réels conduisent à des écarts importants dans les comportements observés par rapport aux comportements rationnels théoriques.

Dans une première contribution fondamentale, les auteurs identifient trois heuristiques utilisées par les gens lorsqu'ils prennent des décisions dans l'incertitude. Les heuristiques sont des raccourcis de jugement, des règles simples de traitement de l'information, couramment utilisées par les gens pour faciliter la prise de nombreuses décisions. Si un raisonnement heuristique présente plusieurs avantages qui expliquent son utilisation répandue dans la vie de tous les jours, tels que la réduction des efforts cognitifs et du temps de décision, elle induit parfois des erreurs. Il est intéressant de noter que plusieurs de ces erreurs induites par l'heuristique semblent systématiques : ce sont des biais cognitifs. Cela signifie qu'au-delà de la production de bruit dans le comportement économique, qui était attendue par les économistes, les défaillances cognitives peuvent déclencher des comportements réguliers

dont les résultats diffèrent significativement de celui de l'agent parfaitement rationnel. Une caractéristique commune des trois heuristiques citées par Tversky et Kahneman dans leur article est qu'elles mettent en évidence les biais cognitifs liés à la mauvaise utilisation de l'information par les individus. La première, l'heuristique de la représentativité, pousse les gens à s'appuyer sur des archétypes pour se forger une opinion sur la probabilité d'un événement ou d'une caractéristique. Le biais réside dans le fait que les gens surestiment la pertinence de s'appuyer sur de tels archétypes. La deuxième heuristique identifiée est l'heuristique de disponibilité. Lorsqu'ils prennent une décision sur un sujet, les gens ont tendance à trop se fier au premier souvenir qui leur vient facilement à l'esprit à propos de ce sujet. Les gens accordent alors trop d'importance aux informations récentes, par exemple. La troisième heuristique est l'ancrage : les gens surpondèrent le premier élément d'information offert par rapport à l'information suivante reçue.

Avec l'article clef sur la théorie des perspectives publié par les mêmes auteurs (Kahneman and Tversky, 1979), *"Judgment under uncertainty : Heuristics and biases"* marque l'irruption de la psychologie dans l'analyse économique moderne. Le développement de l'économie comportementale est particulièrement important dans le domaine de l'économie de l'information, car il montre que les gens n'utilisent pas l'information de façon complètement rationnelle. Ce point est souligné dans le premier livre publié par Richard Thaler (1992). Rassemblant sa série de publications dans le *Journal of Economic Perspectives* intitulée *"Anomalies"*, Thaler décrit comment les comportements économiques réels diffèrent des prévisions de la théorie économique standard. Il insiste sur le fait que *"la nouvelle théorie retiendra l'idée que les individus essaient de faire de leur mieux, mais que ces individus auront aussi les forces humaines de la gentillesse et de la coopération, ainsi que les capacités humaines limitées pour stocker et traiter l'information"*. Les limites intrinsèques de l'esprit humain dans le traitement de l'information ont depuis été de plus en plus étudiées, non seulement pour s'attaquer aux défaillances importantes qu'elles peuvent induire sur des marchés aux coûts de transaction minimales, mais aussi comme une opportunité d'induire de meilleures décisions à moindre coût que les politiques publiques traditionnelles. C'est le concept de nudge (*'coup de pouce'*), plus connu depuis la publication du livre éponyme de Thaler and Sunstein (2008). L'idée défendue par Thaler et Sunstein est que nous pouvons modifier de manière significative les décisions individuelles et collectives par de petits changements dans l'architecture de choix. Comme de nombreuses décisions humaines reposent sur les raccourcis cognitifs que nous avons mentionnés précédemment, et développés plus en détails dans Kahneman (2003, 2011), nous pouvons utiliser les raisonnements heuristiques et les biais cognitifs pour aider les gens à faire de meilleurs choix, pour eux-mêmes et/ou pour la société.

L'exemple traditionnel du nudge est la modification de la position des salades et des frites dans les cafétérias des écoles. Pour améliorer le choix d'une alimentation saine, on peut mettre en valeur cette dernière en la mettant en avant par rapport aux pizzas par exemple. Un nudge n'oblige pas les gens à changer leur choix, il le suggère. Comme le souligne **Thaler and Sunstein (2008)**, *"Pour être considérée comme un nudge, l'intervention doit être simple et peu coûteuse à éviter. Les nudges ne sont pas des obligations. Mettre les fruits à hauteur des yeux est un nudge. Interdire la malbouffe n'en est pas un."* Les vertus de ce "paternalisme libertarien" sont néanmoins largement discutées par de nombreux chercheurs, car les nudges peuvent être considérés comme une sorte de manipulation psychologique, ce qui pose notamment la question de leur légitimité philosophique. L'efficacité énergétique reste un champ d'expérimentation intéressant pour les interventions comportementales car ses bénéfices ne sont pas très controversés, ni pour les ménages, ni pour la société. **Allcott (2011)** évalue par exemple les effets d'une expérience de terrain naturelle randomisée, où les ménages traités ont reçu des rapports sur la consommation d'énergie de leurs voisins. Cette "comparaison sociale" a permis de réduire considérablement la consommation d'énergie de ces ménages.

Certains gouvernements ont aujourd'hui mis en place des "Services Nudge" pour développer les approches comportementales dans la conception des politiques publiques. Le Royaume-Uni, par exemple, a mis en place en 2011 la *Behavioural Insights Team (BIT)*. La consommation d'énergie des logements est son sujet de prédilection. L'une des premières recommandations du BIT était de faciliter l'isolation des combles, en proposant aux ménages une combinaison de services (nettoyage des combles et isolation). Même si ce service supplémentaire avait un coût supplémentaire pour les ménages, on a observé une multiplication par trois du nombre de décisions d'isolation en quelques semaines. Depuis lors, cette unité Nudge a également proposé une amélioration de la conception des certificats de performance énergétique et a mené une autre expérience de terrain sur le rôle des options par défaut dans les systèmes de contrôle du chauffage.

L'économie comportementale, utilisant des preuves empiriques basées sur de nombreuses et diverses expériences, a montré au cours des dernières décennies l'importance de la conception de l'information dans la prise de décision des agents économiques réels. Cela signifie que, lorsqu'on essaie d'améliorer un marché en supprimant certaines défaillances informationnelles, il faut faire attention aux comportements réels induits par cette nouvelle divulgation d'information. Si elle est mal conçue, la réponse à la défaillance du marché pourrait simplement la remplacer par une défaillance comportementale. Néanmoins, un dispositif informatif bien conçu pourrait améliorer considérablement les décisions des gens, même s'il ne corrige pas complètement l'asymétrie ou l'imperfection de l'information.

La présente thèse tente de maintenir cet équilibre par l'analyse de l'économie de la rénovation écologique de l'habitat. L'efficacité énergétique apparaît en effet comme un terrain de jeu intéressant pour l'économie de l'information comportementale, la littérature ayant souligné que les marchés associés souffrent à la fois d'asymétrie d'information et de certaines défaillances comportementales. Quelles sont les lacunes en matière d'information qui empêchent le développement de maisons plus écologiques ? Comment les décideurs tentent-ils de corriger ces échecs ?

Efficacité énergétique : les lacunes et le rôle de l'information

Les nombreux avantages des investissements dans l'efficacité énergétique sont depuis longtemps soulignés par les décideurs politiques, mais leur réalisation est devenue une chimère. En effet, l'efficacité énergétique pourrait entraîner des avantages à de nombreux égards pour la société. Premièrement, les économies d'énergie pour les ménages se traduiraient par un pouvoir d'achat plus élevé. Deuxièmement, une consommation d'énergie plus faible signifierait une dépendance moindre vis-à-vis des pays exportateurs pour le gouvernement. Enfin et surtout, les externalités environnementales pourraient être freinées par une réduction de la consommation de fossiles. Toutefois, en dépit du développement de nombreuses technologies améliorant l'efficacité énergétique, leur taux d'adoption, ou du moins leur rythme d'adoption, est considéré comme trop faible.

Ce sous-investissement chronique est observé depuis longtemps par les économistes. Les premières contributions attribuent ce niveau étonnamment faible d'investissement à l'utilisation de taux d'actualisation implicites relativement élevés par les ménages. [Hausman et al. \(1979\)](#) par exemple observe des taux d'actualisation d'environ 20%, même s'il reconnaît une grande hétérogénéité parmi les ménages. L'examen des "anomalies" dans les choix intertemporels observés par [Loewenstein and Thaler \(1989\)](#) souligne également les variations importantes des taux d'actualisation utilisés par les ménages, sur la base de diverses preuves expérimentales et empiriques. Les taux d'actualisation varient en fonction de nombreux facteurs, tels que l'horizon temporel, l'ampleur et le signe du montant d'argent escompté, la forme du choix... [Sutherland \(1991\)](#) ajoute que l'utilisation de taux d'actualisation élevés par les ménages pourrait être justifiée car les investissements dans l'efficacité énergétique sont illiquides, ce qui renvoie implicitement à un effet d'irréversibilité ([Henry, 1974](#); [Arrow and Fisher, 1974](#)) et aux options réelles ([Dixit et al., 1994](#)). Toutefois, Loewenstein et Thaler limitent eux-mêmes la portée de cette explication du faible taux d'adoption des mesures d'efficacité énergétique, en reconnaissant l'existence d'un manque d'information sur

l'efficacité énergétique. Sutherland ajoute que même si des taux d'actualisation élevés pourraient être justifiés d'un point de vue individuel, la perspective sociale justifie l'utilisation de taux d'actualisation plus faibles pour calculer les avantages de l'efficacité énergétique, puis préconise une intervention de l'État pour encourager davantage d'investissements dans les mesures d'efficacité. Sutherland mentionne principalement les externalités de la consommation et de la production d'énergie, se référant à la fois aux questions de sécurité énergétique et aux questions environnementales, même si, au début des années 90, le réchauffement climatique n'était pas encore une préoccupation majeure pour les responsables politiques.

Le cadre conceptuel permettant d'analyser la différence entre l'adoption observée et l'optimum théorique d'efficacité énergétique a été élaboré par [Jaffe and Stavins \(1994\)](#). Dans la présente thèse, nous préférons la terminologie "écart d'efficacité énergétique" (ou 'fossé' de l'efficacité énergétique) au "paradoxe énergétique" qui est également utilisé dans la littérature. En effet, cette dernière terminologie est assez ambiguë car un paradoxe économique renvoie à une situation qui ne s'explique pas par la théorie économique classique, alors que nous avons vu précédemment que des taux d'actualisation importants pouvaient expliquer un faible taux d'adoption des mesures d'économie d'énergie. En revanche, l'écart d'efficacité énergétique est une dénomination plus appropriée de la divergence entre les investissements hypothétiques dans l'efficacité énergétique et les investissements réels. Plusieurs optimums théoriques de l'efficacité énergétique peuvent être décrits. Le niveau d'efficacité énergétique prévu pourrait donc être soit celui simplement rentable pour leurs utilisateurs (optimum privé), soit celui prévu par l'approche 'ingénieur' (optimum technologique), soit même celui souhaité par les économistes qui veulent corriger les externalités environnementales (optimum social).

En distinguant les différents types d'obstacles à la réalisation du plein potentiel d'efficacité énergétique, Jaffe et Stavins ouvrent la voie à la recherche future. Ils soulignent que l'écart d'efficacité énergétique peut s'expliquer par plusieurs défaillances importantes des marchés des technologies d'efficacité énergétique, mais aussi par des défauts de modélisation de l'approche de l'ingénieur qui négligent l'hétérogénéité des préférences des individus, et par des défaillances des marchés de l'énergie (qui, par exemple, n'intègre pas les externalités environnementales de la production énergétique). Comme le montrent [Gerarden et al. \(2017\)](#), dans leur examen approfondi de la littérature qui a suivi la contribution fondamentale de [Jaffe and Stavins \(1994\)](#), ce cadre conceptuel demeure très pertinent dans l'analyse actuelle de l'écart d'efficacité énergétique. Le seul concept manquant en 1994, qui a été introduit depuis lors, est le rôle des échecs comportementaux.

Sur la figure [A](#) nous proposons une visualisation simplifiée de ces différentes défaillances qui minent l'efficacité énergétique, inspirée des articles cités précédemment. Le premier

écart entre les investissements dans l'efficacité énergétique dans un scénario *statu quo* et un scénario théorique est dû à diverses défaillances du marché de l'efficacité énergétique. La plupart d'entre elles sont liées à des questions d'information. L'information asymétrique et imparfaite pèse en effet sur le marché de l'efficacité énergétique. Par exemple, sur le marché immobilier, il est difficile pour l'acheteur de connaître l'efficacité énergétique d'une maison avant de s'y installer. C'est typiquement la question des "citrons" qui a été mise en lumière par Akerlof. Comme l'acheteur n'acceptera pas de payer un surplus pour une maison éconergétique s'il n'a pas de garanties qu'elle l'est réellement, les propriétaires sont dissuadés d'investir dans l'amélioration énergétique de leur maison. Les problèmes de relation d'agence, l'aléa moral et la sélection adverse découlant de l'asymétrie de l'information limitent donc les investissements dans l'efficacité énergétique. D'autres défaillances du marché peuvent également limiter l'amélioration de l'efficacité énergétique, telles que les externalités informationnelles (apprentissage par l'utilisation, apprentissage par la pratique, ce qui peut retarder l'adoption) et les défaillances du marché des capitaux (principalement des contraintes de liquidité pour les ménages, certaines technologies à haut rendement énergétique nécessitant un investissement initial important). Corriger les défaillances des marchés de l'efficacité énergétique peut donc améliorer à la fois l'efficacité énergétique et l'efficacité économique des agents, c'est le premier "optimum privé".

La deuxième lacune qui pourrait être comblée par des interventions politiques réside dans certains biais comportementaux. Comme nous l'avons vu précédemment, les raccourcis cognitifs de l'esprit humain peuvent conduire à des erreurs systématiques dans le processus de prise de décision. Comme le soulignent [Gillingham et al. \(2009\)](#), la prise de décision heuristique par les agents peut les conduire à des choix qui violent certains axiomes du choix rationnel, même quand ils sont parfaitement informés. Les expériences menées par [Kempton and Montgomery \(1982\)](#) et par [Kempton et al. \(1992\)](#) montrent en particulier que les consommateurs commettent des erreurs systématiques dans le calcul des besoins énergétiques et des économies potentielles, ce qui entraîne à la fois un sous-investissement en efficacité énergétique et une surconsommation d'énergie. Un autre obstacle au choix rationnel est le biais d'ancrage ([Hartman et al., 1991](#)), qui peut empêcher les ménages de passer à une technologie plus efficace, même en l'absence de coûts de transaction. Tout comme pour les défaillances du marché de l'efficacité énergétique, la correction des défaillances comportementales peut donc améliorer à la fois l'efficacité énergétique et l'efficacité économique des agents. Nous appelons ce nouvel optimum théorique l'"optimum de l'agent rationnel" ou l'"optimum de l'*homo economicus*".

Un troisième écart peut être défini comme celui qui sépare le niveau d'efficacité énergétique

de cet "optimum de l'agent rationnel" de celui qui est théoriquement calculé par une approche purement technique. En effet, cette dernière méthode de calcul des investissements en efficacité énergétique qui devraient être rentables pour les agents néglige plusieurs explications rationnelles des investissements inférieurs aux prévisions. Comme [Gerarden et al. \(2017\)](#), nous les appellerons défauts de modélisation, car ils ignorent la logique économique qui sous-tend l'utilisation de taux d'actualisation plus élevés, négligent l'hétérogénéité entre les préférences des consommateurs, les coûts cachés, l'effet rebond, mais oublient aussi que les investissements en efficacité énergétique présentent une valeur optionnelle qui peut justifier leur report. Cet "optimum technologique" permet d'atteindre un niveau d'efficacité énergétique plus élevé, mais est moins efficace du point de vue de l'économiste.

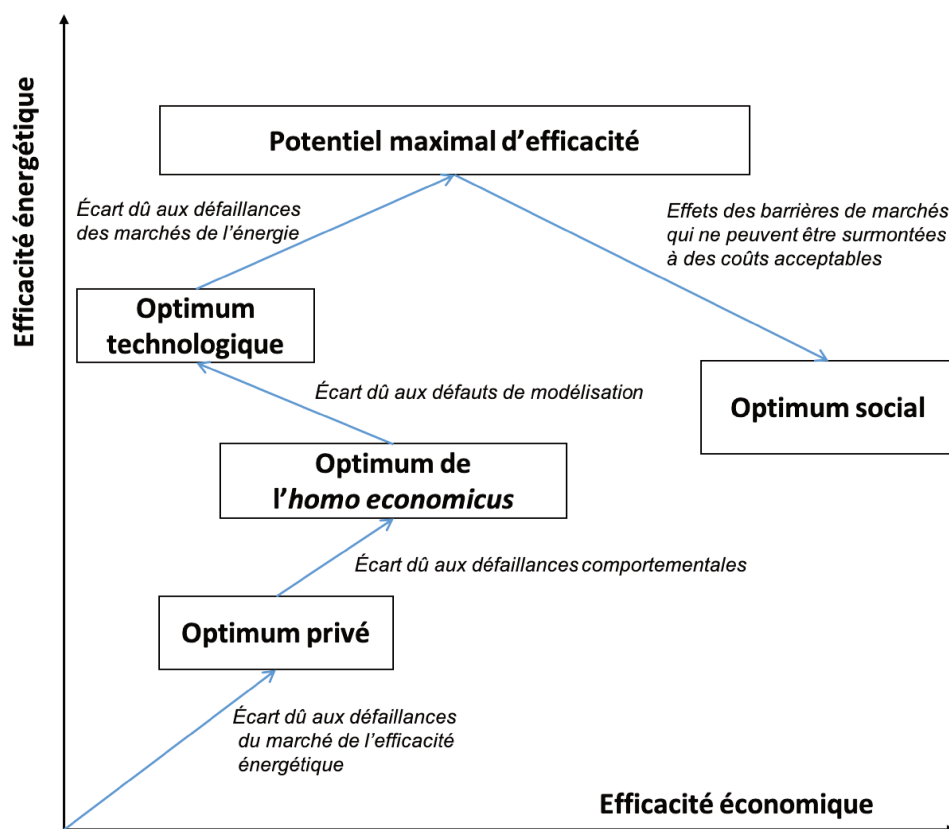


Figure A: Energy efficiency gaps

Les trois premiers écarts d'efficacité énergétique que nous avons définis ci-dessus se sont limités à l'analyse de l'optimisation des investissements en efficacité énergétique dans le marché de l'efficacité énergétique. Toutefois, les marchés de l'approvisionnement énergétique souffrent également de plusieurs défaillances qui, si elles étaient corrigées, entraîneraient une hausse des prix de l'énergie pour les consommateurs et donc davantage de

mesures d'économies d'énergie. Les défaillances des marchés de l'énergie comprennent la tarification de l'électricité au coût moyen pour les consommateurs, les questions de sécurité énergétique et les externalités environnementales. La correction de ces défaillances conduirait à un niveau plus élevé d'efficacité énergétique dans l'économie, appelé "potentiel maximal d'efficacité" dans la figure A. Toutefois, les politiques publiques visant à corriger les quatre lacunes décrites ci-dessus ne passeront pas toutes une analyse coûts-bénéfices. L'"optimum social" impliquera donc un niveau d'efficacité énergétique inférieur au potentiel maximal hypothétique, mais une efficacité économique maximale pour la société. L'importance relative de l'écart entre les défauts de modélisation et les trois autres est largement discutée dans la littérature. En effet, si cet écart était très important, l'équilibre actuel des investissements dans l'efficacité énergétique ne serait pas loin de l'optimum social. De récentes analyses dans la littérature tendent à réfuter cette théorie. En dépit des évaluations exagérées de l'approche purement technique, [Gillingham et al. \(2009\)](#), [Allcott and Greenstone \(2012\)](#) et [Gillingham et al. \(2013\)](#) soulignent que le 'fossé' de l'efficacité énergétique reste important et mérite l'attention des décideurs, notamment en raison des importantes externalités environnementales.

Néanmoins, le design d'interventions publiques plus efficaces pour améliorer l'efficacité énergétique est aujourd'hui un défi majeur car la plupart de celles existantes semblent avoir des impacts limités. La vaste expérience de terrain menée par [Fowle et al. \(2015\)](#) montre que même de puissants programmes publics offrant aux ménages une rénovation entièrement financée de leur maison recueillent un faible taux de participation. Les auteurs soulignent l'importance des coûts non monétaires dans l'adoption des technologies d'économies d'énergie. La contribution de [Jacobsen \(2015\)](#) souligne également les limites du signal prix pour déclencher des investissements en efficacité énergétique. La caractéristique commune de ces récentes contributions réside dans le déplacement de l'attention des économistes vers d'autres types de politiques. [Gillingham and Palmer \(2014\)](#) décrit trois grands types de politiques qui devraient être explorées plus en profondeur : les programmes d'information, les interventions comportementales et les politiques ciblées.

Premièrement, les programmes d'information sont nécessaires, car le marché de l'efficacité énergétique est truffé d'informations asymétriques. Par exemple, dans le cas du logement, il existe une asymétrie d'information entre l'acheteur et le vendeur sur la qualité énergétique de la maison à échanger, ce qui peut entraîner une sélection adverse (le problème des citrons). Mais il existe aussi une asymétrie d'information entre les ménages et les artisans : la qualité de l'isolation thermique réalisée par ces derniers ne peut être observée par les premiers, ce qui conduit à un aléa moral. Même la question des incitations divergentes entre propriétaires (qui sont responsables de l'amélioration du rendement énergétique mais

ne paient pas les dépenses énergétiques) et locataires (qui ne peuvent pas rénover mais doivent payer les factures d'énergie) pourrait être résolue si des informations fiables étaient communiquées aux deux parties, comme proposé par [Gillingham et al. \(2012\)](#). Enfin, les externalités informationnelles qui ralentissent le développement des nouvelles technologies ([Bollinger and Gillingham, 2012](#)) pourraient également être réduites par des programmes d'information. Mais l'introduction d'outils d'informationnels n'est pas toujours efficace, et [Dharshing and Hille \(2017\)](#) montre l'importance de la perception des consommateurs dans l'évaluation des étiquettes.

Le deuxième type de politiques qui devrait faire l'objet de recherches et qui ne sont pas déconnectées des programmes d'information, sont les interventions comportementales. Ces dernières années, elles ont été de plus en plus étudiées dans le contexte de l'efficacité énergétique et des études récentes ont prouvé le grand potentiel de certains nudges. [Newell and Siikamäki \(2014\)](#) la preuve qu'une conception différente de la même information sur l'efficacité énergétique implique des choix différents. De plus, [Gillingham and Tsvetanov \(2018\)](#) souligne que les nudges sont fortement rentables et constituent des politiques efficaces pour augmenter le taux d'adoption de l'efficacité énergétique.

Le troisième domaine auquel les chercheurs devraient accorder plus d'attention, et qui est également lié aux programmes d'information et aux interventions comportementales, est la conception de politiques ciblées. En fait, toutes les études mentionnées précédemment soulignent des différences importantes au sein de la population en ce qui concerne la réaction aux programmes d'information et aux nudges. Cela est conforme aux résultats de [Newell and Siikamäki \(2015\)](#) qui mettent en lumière l'importance des taux d'actualisation individuels, qui dépendent fortement des caractéristiques individuelles, dans l'attitude envers les investissements en efficacité énergétique.

En ce qui concerne l'efficacité énergétique des bâtiments, l'isolation thermique pourrait permettre d'importantes économies d'énergie, tant pour les ménages et les entreprises que, à l'échelle macroéconomique, pour les pays. Les économies d'énergie seraient associées à d'importantes réductions des émissions de CO₂. En effet, à l'échelle mondiale, le secteur du bâtiment représente 36% de la consommation finale d'énergie et près de 40% du total des émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre. Cette part est encore plus élevée en Europe, où les bâtiments représentent 42% de la consommation finale d'énergie. Plus des deux tiers de cette consommation sont consacrés au chauffage des locaux ([European Commission, 2017](#)). Afin de relever le défi du changement climatique et d'assurer la sécurité et la compétitivité énergétiques, l'Union européenne s'efforce, depuis le début des années 2000, d'améliorer l'efficacité énergétique. Conformément à la directive européenne 2002/91/CE du Parlement européen, les États membres ont introduire les Certificats de Performance

Énergétique, qui doivent être disponibles lors de la construction, de la vente ou de la location de bâtiments. Cette directive a été transposée dans les législations des États membres et est entrée en vigueur en 2008 dans la plupart des pays. Cette réglementation vise à permettre à tout investisseur, ménage ou entreprise, d'évaluer la qualité énergétique d'un bâtiment. A long terme, cette politique devrait favoriser les bâtiments écologiques par une différenciation des prix de l'immobilier en fonction de l'efficacité énergétique. Une telle différenciation attesterait que la question des " citrons " est au moins partiellement résolue, car l'information sur la qualité énergétique est transmise aux acheteurs. Néanmoins, cela ne signifie pas nécessairement que l'écart d'efficacité énergétique est comblé. En résumé, à la lumière de l'analyse bibliographique précédente, des informations crédibles sur la qualité de l'énergie sont nécessaires pour combler l'écart, mais pourraient ne pas être suffisantes.

La présente thèse vise précisément à étudier les défaillances informationnelles du marché de l'habitat durable, dont certaines sont traitées par les Certificats de Performance Énergétique et d'autres nécessitent des interventions supplémentaires. Le chapitre 1 étudie la perception des diagnostics de performance énergétique par les ménages, tandis que le chapitre 2 examine leur effet sur les prix de l'immobilier. Bien que ces deux premiers chapitres témoignent d'un impact significatif de cet outil informationnel, les taux d'engagement dans des rénovations énergétiques restent faibles. Le chapitre 3 propose l'analyse d'une autre défaillance informationnelle qui pourrait ralentir les rénovations énergétiques, à savoir la valeur d'option de ces investissements incertains. Afin de combler ce " fossé informationnel ", des producteurs tiers d'information pourraient être inclus dans le marché, mais cela soulève la question de la disposition des ménages à payer pour plus d'information et de leur capacité à traiter cette information supplémentaire. Le chapitre 4 détaille une expérience en laboratoire menée pour examiner ces questions.

Chapitre 1: La perception de l'information

Des citrons verts, jaunes ou rouges?

Les diagnostics de performance énergétique ont été introduits il y a dix ans en France. Pourtant, à notre connaissance, aucune étude à grande échelle n'a évalué leur perception par les ménages. La littérature précédente a surtout tenté d'évaluer l'efficacité des étiquettes énergétiques en fonction de leur effet sur les prix du marché, mais les résultats sont partagés. Néanmoins, un faible effet sur les prix du marché ne signifie pas pour autant que les diagnostics de performance énergétique sont inefficaces. Comme détaillé plus haut, le marché de l'efficacité énergétique est miné par de nombreuses défaillances, y compris d'autres défaillances en matière d'information. Il est alors important d'estimer l'effet des

labels énergétiques sur leur objectif principal, à savoir permettre aux gens de discriminer les produits étiquetés. Un faible effet sur la perception qu'ont les gens de la qualité de l'énergie pourrait en effet expliquer le faible taux d'adoption des rénovations énergétiques et demander une révision complète de cet appareil d'information. Mais un effet plus marqué indiquerait la nécessité d'entreprendre d'autres politiques pour inciter à investir davantage dans l'efficacité énergétique.

Le Diagnostic de Performance Énergétique (DPE) est un outil d'information complexe. Bien qu'il vise à fournir une information objective, à savoir la consommation d'énergie primaire de la maison, cette information hautement technique n'est pas très pertinente pour les ménages. En effet, elle est complexe à traduire en termes de factures énergétiques. Anticipant ce défi, les décideurs politiques européens ont donné au DPE un design très spécifique, divisant les consommations d'énergie typiques en plusieurs classes. Des bâtiments les moins efficaces aux bâtiments les plus efficaces, ces classes sont caractérisées par des couleurs (du rouge au vert), des lettres (du G au A) et des flèches de tailles différentes. Chaque État membre en Europe a choisi ses propres données, en spécifiant différemment l'efficacité énergétique d'une maison. Par exemple, au Royaume-Uni, le DPE indique également quelle classe pourrait être facilement atteinte pour le logement par une rénovation bon marché, et le classement donné au bâtiment est basé sur une note comprise entre 0 et 100. En France, l'information affichée est la consommation d'énergie primaire, en [kWh/m²/an], et les classes ne couvrent pas des plages de consommation équivalentes. Lorsque les classes deviennent plus vertes, l'éventail des consommations couvertes devient plus étroit. Nous montrons un exemple de le DPE français par rapport à le DPE anglais dans la figure B. Il ne faut pas négliger l'effet important de cette spécification visuelle. Comme nous l'avons vu plus haut, la formulation de l'information est importante et pourrait avoir des répercussions sur la façon dont les gens s'approprient cette information.

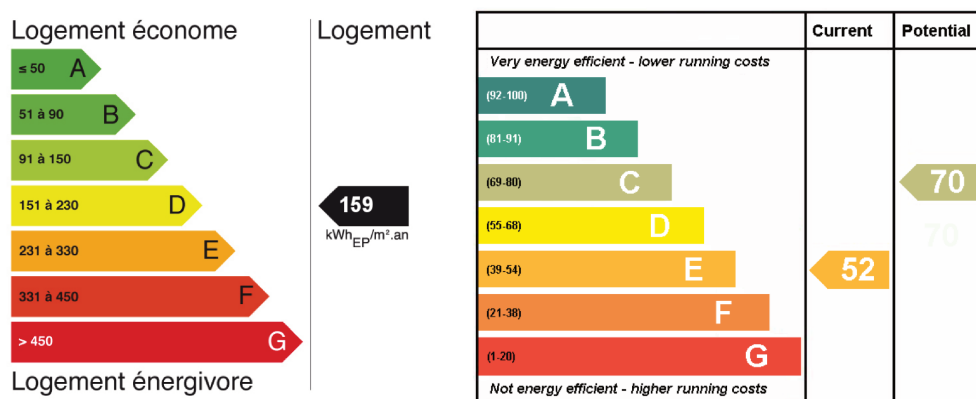


Figure B: Le DPE - Design français (à gauche) et anglais (à droite)

L'originalité de notre évaluation de l'efficacité du label énergétique réside dans cette approche cognitive. Comment les gens traitent-ils l'information véhiculée par ce design complexe ? Dans le chapitre 1, nous étudions cette perception à travers une expérience artefactuelle de terrain sur 3 000 sujets français. L'expérience a consisté en la présentation d'une annonce immobilière où le DPE a été randomisé, suivie d'un questionnaire. En étudiant à la fois les sujets d'attention portés au DPE et la façon dont le DPE modifie leur perception de la qualité énergétique de la maison, nos résultats mettent en évidence plusieurs points forts de cette conception mais aussi quelques faiblesses inattendues.

En ce qui concerne la capacité de le DPE à transmettre l'information aux sujets, nous constatons que, si le DPE attire l'attention d'une grande majorité de sujets, 24 % d'entre eux n'ont pas encore prêté attention à l'étiquetage. Nous isolons quelques caractéristiques sociodémographiques qui sont déterminantes dans ce changement d'attention, à savoir le genre et le statut de locataire propriétaire-occupant. L'effet de genre s'explique par l'hypothèse de sélectivité. La psychologie et la littérature marketing antérieures ont montré que les hommes et les femmes ne choisissent pas la même information lorsqu'ils sont confrontés à une grande quantité d'information avec un niveau variable d'accessibilité. Le design du DPE, visuellement saillant grâce aux couleurs, basé sur une échelle comparative mais affichant aussi une information très technique, le rend plus attrayant pour les sujets masculins. L'attention changeante entre les locataires et les propriétaires pourrait également être due à la faible maniabilité de l'information intrinsèque du DPE. Le passage de l'information sur la consommation d'énergie primaire à une information monétaire pourrait alors être plus efficace pour attirer également l'attention des locataires.

Parmi les sujets attentifs, nous utilisons des régressions bêta pour étudier l'efficacité énergétique des étiquettes pour transmettre de l'information, plus précisément pour induire un changement dans le classement d'une maison sur une échelle d'efficacité énergétique perçue. Nos résultats soulignent que le DPE a un effet important sur la perception de l'efficacité énergétique par les sujets, et que les sujets identifient séparément chacune des classes de l'étiquette. Le processus de lecture du DPE est globalement homogène au sein de la population, à une exception près. Nous constatons que les sujets plus âgés diminuent légèrement leur évaluation de la qualité énergétique de la maison, quelle que soit la classe indiquée, alors qu'ils ne le font pas lorsque l'étiquette n'est pas affichée. Cet effet est particulièrement fort dans la classe d'âge qui a été confrontée à l'introduction du DPE. Elle pourrait être liée à des croyances antérieures négatives concernant la fiabilité du DPE, car ses résultats sont connus publiquement comme volatils et dépendant de l'évaluateur.

L'analyse approfondie de la perception qu'ont les sujets de la qualité de l'énergie par le biais de ce label énergétique montre que les gens fondent leur jugement sur la conception visuelle

trompeuse du DPE plutôt que sur ses informations intrinsèques. Ils suivent le "nudge" plutôt que l'information objective pour se forger une opinion sur la qualité énergétique. Cependant, nous soulignons également que l'information du DPE n'est pas perçue comme parfaite. Les sujets ont une lecture bayésienne du DPE : ils utilisent l'information de l'étiquette pour réviser leurs croyances antérieures sur la qualité de l'énergie, mais une certaine incertitude demeure. Les DPE sont donc efficaces dans la réduction de l'asymétrie d'information entre vendeurs et acheteurs, mais les gens ne croient pas aveuglément ce label dont la crédibilité est souvent remise en cause. La question qui en résulte est de savoir si ces informations transmises sont capitalisées dans les prix de l'immobilier. Le chapitre 2 aborde cette question à travers une enquête empirique sur deux marchés immobiliers français.

Chapitre 2 : Capitalisation de l'information

Évaluation de la valeur verte empirique associée aux labels et comparaison avec les fondamentaux technico-économiques de l'efficacité énergétique

Dans quelle mesure l'information transmise par le DPE est-elle capitalisée dans les prix de l'immobilier ? Bien que plusieurs études portant sur divers pays européens montrent une capitalisation des diagnostics de performance énergétique dans les prix des maisons, ces études ne s'accordent pas sur l'ampleur de cette prime verte. De plus, elles s'écartent également des estimations des valeurs vertes théoriques faites par les ingénieurs. Ainsi, la compréhension de la capitalisation du DPE dans les prix de l'immobilier nécessite plus que l'estimation hédonique traditionnelle, elle implique une comparaison avec les coûts de rénovation associés et les économies d'énergie qui peuvent être attendues par les ménages. Telle est la question de recherche abordée au chapitre 2 de la présente thèse.

Nous étudions la valeur verte des maisons françaises sur deux régions, la métropole lyonnaise et la région de Brest, afin de voir l'impact de la tension sur le marché. La métropole lyonnaise est une zone densément peuplée et urbanisée, alors que le pays de Brest en Bretagne est essentiellement une zone rurale avec une densité d'habitants beaucoup plus faible. Dans un premier temps, l'analyse hédonique traditionnelle des transactions dans ces régions est couplée à un système d'information géographique pour faire régresser les prix sur les caractéristiques intrinsèques des logements et sur la distance aux différents équipements publics, comme les parcs, le centre-ville ou les transports publics. L'estimation du modèle économétrique spatial tient compte de l'hétérogénéité spatiale non observée. Les résultats montrent une valeur verte significative dans les deux zones. La prime maximale relative s'avère beaucoup plus élevée en Bretagne, s'élevant à 29% du prix d'une maison, alors qu'elle ne représente que 11% à Lyon.

Cette grande différence dans la capitalisation entre les zones rurales et les villes denses a déjà été mise en évidence auparavant. La présente contribution à la littérature réside dans le fait que nous avons choisi ces deux régions parce qu'elles ont des besoins de chauffage et des prix de l'énergie similaires. Par conséquent, les économies sur la facture énergétique associées à une classe DPE plus verte sont comparables dans les deux domaines. De manière cohérente, le passage en termes absolus aux primes vertes mentionnées précédemment met en évidence des valeurs vertes équivalentes pour chaque niveau d'efficacité dans les deux régions, atteignant environ 35.000 euros pour les maisons à faible consommation. Ce résultat souligne que la valeur verte doit être considérée comme une composante absolue de la valeur d'une maison.

Ensuite, toujours dans le chapitre 2, nous utilisons un ensemble de données sur les coûts d'isolation thermique ainsi qu'un modèle thermique de la consommation d'énergie pour le chauffage des logements. Les coûts d'investissement en rénovation nécessaires pour convertir une maison inefficace à une classe DPE plus élevée sont calculés et comparés aux primes empiriquement mises en évidence par l'analyse hédonique. Nous constatons que les estimations empiriques des primes vertes pour chaque classe du DPE se situent dans la fourchette des coûts de rénovation associés. La valeur verte est donc cohérente avec une capitalisation des coûts de rénovation. Une explication possible de ces estimations similaires est qu'une concurrence à la *Bertrand* s'exerce entre les vendeurs de maisons sur la composante 'qualité énergétique' de la valeur de la maison. En effet, le coût de production de l'efficacité énergétique, c'est-à-dire l'investissement nécessaire pour transformer une maison inefficace en une maison plus efficace, est homogène sur toute la France. Prenons l'exemple d'un vendeur d'une maison efficace qui essaie de faire payer plus que le coût d'investissement requis pour rénover cette maison. *Ceteris paribus*, l'acheteur potentiel préférera soit choisir une maison équivalente avec la même étiquette, pour laquelle le vendeur propose un prix inférieur, soit acheter une maison inefficace et investir par lui-même dans la rénovation. La prime d'équilibre d'une classe DPE sera alors au mieux le coût d'investissement nécessaire pour convertir une maison inefficace dans cette classe.

Le chapitre 2 compare également les premiums verts aux économies d'énergie attendues. Au-delà de la plus petite rénovation, de la classe F à la classe E, les premiums verts semblent être nettement plus élevés que les économies escomptées. En effet, la réduction de la facture de chauffage ne pourrait égaler la prime verte pour les maisons à faible consommation que si les préférences temporelles des ménages étaient très fortement orientées vers le futur, avec des taux d'actualisation inférieurs à 5% et des horizons temporels au-delà de 20 ans. Toutefois, ces préférences temporelles des ménages sont généralement écartées par les résultats empiriques de la littérature économique, qui mettent en évidence des horizons

temporels plus courts et des taux d'actualisation implicites plus élevés. On peut donc supposer que les co-bénéfices des maisons à faible consommation, notamment l'amélioration du confort thermique, constituent une part importante de l'utilité que les ménages retirent d'une maison efficace.

Néanmoins, si le chapitre 2 souligne que les ménages français valorisent l'efficacité énergétique, le rythme de la rénovation énergétique des logements en France reste trop lent par rapport aux objectifs des politiques publiques. Sur trois ans (2014-2016), une récente enquête de l'Agence nationale de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME, 2018) a montré que, même si plus de 5 millions de maisons ont été rénovées, moins de 5% d'entre elles étaient concernées par une rénovation énergétique profonde. Cela correspond à moins de 90 000 maisons par an. Comme les décideurs politiques visent à transformer tous les bâtiments en bâtiments à faible consommation d'ici 2050, le rythme de rénovations requis pour atteindre ces objectifs publics devrait être cinq fois supérieur à celui actuel.

Ce rapport sur la rénovation des maisons françaises donne également un aperçu des motivations et des obstacles à la décision de rénovation en France. Conformément aux conclusions du chapitre 2, les ménages semblent valoriser à la fois les économies d'énergie et le confort thermique. Mais cette enquête souligne également que la clé de voûte manquante des rénovations à grande échelle est la confiance dans leurs résultats. Les contrats de rénovation énergétique reposant aujourd'hui sur une obligation de moyens et non de résultats, les ménages pourraient attendre des retours positifs de leurs proches avant de lancer une rénovation. L'action des ménages en matière d'efficacité énergétique dépend donc fortement du "bouche-à-oreille". Il s'agit d'une externalité informationnelle.

Chapitre 3 : Dynamique de l'information

Le sort des inventions: que pouvons-nous apprendre de l'apprentissage bayésien dans un modèle d'option stratégique d'adoption ?

Dans le chapitre 3, nous examinons les résultats potentiels de l'incertitude et des externalités informationnelles sur le comportement des ménages. Même si la valeur ajoutée d'une maison efficace est reconnue par le marché, le processus de rénovation est incertain. De nombreux défauts dus à une mauvaise qualité d'exécution pèsent sur l'industrie de la construction en France et menacent la performance énergétique après rénovation. D'une part, l'aléa moral peut conduire à une mauvaise exécution des travaux de rénovation énergétique, comme en témoigne Giraudet et al. (2018) : tant qu'il n'y a pas de mesure *ex post* de l'efficacité énergétique, la qualité du travail des artisans ne peut être observée par les

ménages. En revanche, au-delà de l'aléa moral, la formation des artisans à l'installation des dispositifs d'efficacité n'est pas satisfaisante, ce qui conduit également à des travaux défectueux (CGDD, 2015). L'asymétrie de l'information conduit donc à une incertitude sur la qualité de la rénovation, minée par une sélection adverse (information asymétrique sur les compétences des artisans) et par l'aléa moral (information asymétrique sur les efforts des artisans). Comme la décision d'investir dans la rénovation énergétique peut être retardée, nous avons choisi, au chapitre 3, de modéliser cet investissement dans l'incertitude comme un problème d'option.

Face à l'incertitude, les sociologues soulignent l'importance du bouche-à-oreille. Influence sociale, comportement 'moutonnier', cascades informationnelles... Suite à la contribution précoce de Rogers (1962), l'idée que la diffusion de l'innovation, et sa représentation standard de courbe en S, dépend du partage de l'information s'est étendue à toutes les sciences sociales. Dans un contexte d'incertitude, les gens prennent leurs décisions sur la base d'informations qu'ils peuvent recueillir auprès de sources qu'ils considèrent comme fiables, qu'il s'agisse de leur entourage, de sites Web de notation, de consommateurs ou d'associations professionnelles. Dans cette perspective d'apprentissage social, les rétroactions positives sont essentielles pour favoriser l'adoption. L'enquête sur les rénovations en France mentionnée précédemment par ADEME souligne l'importance des retours positifs pour déclencher la décision de rénovation : le bouche-à-oreille est souligné comme le moteur-clef du passage à l'acte des ménages.

Néanmoins, dans cette perspective, l'adoptant prend part au processus. Lorsqu'il adopte une nouvelle pratique ou un nouveau produit, il produit des connaissances sur sa qualité. Est-elle efficace ou non ? Il partagera un retour d'expérience avec ses proches. Ainsi, l'information sur la qualité de l'innovation peut être considérée comme un bien public. Alors que l'information est un sous-produit assuré par des décisions privées coûteuses, la consommation d'information est gratuite et peut être appréciée par tous les agents. Cet enjeu stratégique est incarné dans le chapitre 3 : les agents qui choisissent d'exercer leur option (c'est-à-dire d'investir dans la rénovation) produisent sans frais des messages publics sur la qualité des résultats. Mais les agents s'attendent aussi à bénéficier des messages produits par d'autres s'ils reportent leur décision. Un problème de passage clandestin se pose donc.

Néanmoins l'information n'est pas parfaite, sa production est bruitée. Si l'on considère qu'en théorie une rénovation est un moyen efficace d'améliorer la performance énergétique d'une maison, il est toujours possible de recevoir un message négatif quant à la qualité des résultats de la rénovation. Cette erreur dans la nature du message peut être due à deux

types de facteurs. Soit la rénovation était vraiment inefficace, et le message négatif est cohérent avec elle, soit la rénovation était efficace, mais le message est incohérent.

D'une part, les enquêtes de terrain des sociologues précédents, comme celles de [Renauld-Giard \(2014\)](#), soulignent l'effet létal des travaux défectueux sur la diffusion des inventions dans le bâtiment, même lorsque ces inventions sont efficaces et utiles. L'exemple éclairant des chaudières solaires est décrit par [Renauld-Giard \(2015\)](#). Cette technologie verte permet aux ménages d'économiser de l'énergie et de réduire les émissions de gaz à effet de serre grâce à l'utilisation de l'énergie solaire. Mais la mise en œuvre de cette technologie au début de l'année 2010 en France n'a pas été un succès, en raison d'échecs précoces. Ces échecs étaient dus à une formation trop courte des artisans. Comme les premières chaudières solaires étaient mal installées et ne fonctionnaient pas bien, elles ont rapidement acquis une mauvaise réputation et les ventes de chaudières solaires se sont effondrées. C'est un exemple des difficultés initiales que peuvent rencontrer les inventions : les premiers ménages risquent *d'essuyer les plâtres*. D'une manière générale, les deux défaillances en matière d'information concernant les artisans (sélection adverse et aléa moral) mentionnées précédemment peuvent augmenter de manière significative la probabilité que la rénovation ne parvienne pas à atteindre une performance énergétique élevée. D'autre part, même une rénovation performante peut déclencher un message négatif, encore une fois en raison de l'absence de mesure objective de la qualité énergétique des maisons. Par exemple, un ménage insatisfait peut envoyer un message négatif même si la qualité de la rénovation est bonne, soit parce qu'il s'attendait à des économies d'énergie plus importantes, soit parce qu'il faisait face à des retards de livraison.

Que ce soit la rénovation qui ait échoué ou que ce soit le ménage qui soit particulièrement exigeant, l'information sur les avantages de l'amélioration énergétique n'est pas parfaite. Ainsi, plusieurs messages sont nécessaires pour aider le ménage à prendre sa décision. Conformément aux conclusions du chapitre 1, qui suggèrent que les gens mettent à jour leurs croyances antérieures grâce à l'information publique, nous incluons dans le modèle des options stratégiques un apprentissage bayésien.

Le modèle du chapitre 3 peut être appliqué plus largement à la diffusion de n'importe quelle nouveauté, dans l'industrie de la construction ou dans d'autres secteurs. Nous illustrons au chapitre 3 plusieurs faits stylisés pour souligner comment notre cadre peut être appliqué à l'analyse d'autres produits ou services inédits. Nous développons un jeu dynamique où des agents hétérogènes ont la possibilité d'adopter une invention de qualité incertaine ou de reporter leur décision et donc de bénéficier de l'expérience d'autrui par l'apprentissage bayésien. L'information produite par les adoptants sur la nature de l'invention est publique mais les messages envoyés sont bruités. Notre modélisation s'écarte donc des modèles

d'options réelles standards (Dixit et Pindyck, 1994) par sa base bayésienne et la prise en compte des comportements stratégiques. Nous donnons des bases microéconomiques aux courbes de diffusion de l'innovation en forme de S, l'externalité informationnelle induisant un retard stratégique dans le comportement des agents. De plus, conformément aux faits stylisés, le bruit peut tuer dans l'œuf la diffusion d'inventions d'une qualité intrinsèquement élevée. Le modèle met donc en évidence la façon dont les "difficultés de démarrage" peuvent influencer le sort des inventions. Les simulations numériques soulignent une distribution bimodale des états stables pour le chemin de diffusion des inventions de qualité intrinsèquement élevée. Celles-ci peuvent être mort-nées ou pleinement développées, ce qui met en lumière le risque de réputation des inventions. Ce résultat est robuste à une endogénéisation du choix de son prix avant que l'entreprise ne lance l'invention sur le marché.

Dans notre modèle, le seul moyen pour les agents d'être mieux informés est de retarder leur décision, c'est-à-dire d'attendre plus d'information. La production d'information est non intentionnelle et sous-optimale. Nous illustrons des stratégies d'attente, dues au problème du passager clandestin et à la crainte 'd'essayer les plâtres'. De telles externalités informationnelles pourraient retarder considérablement la décision de rénovation, et expliquer la lenteur de la rénovation du parc observée aujourd'hui en France. Ce manque d'information soulève la question de la production d'information par un tiers. Mais quelle est la valeur de l'information sur la qualité d'un produit ? Les gens sont-ils prêts à payer pour obtenir de l'information et, dans l'affirmative, comment l'utiliseront-ils ? Telles sont les questions que nous tentons d'aborder dans le quatrième et dernier chapitre de cette thèse.

Chapitre 4 : Valeur de l'information

Le remède est-il pire que le mal ? Disposition-à-payer pour l'information et malédiction du vainqueur dans une enchère avec valeur commune

Actuellement, plusieurs innovations sont en cours de développement dans l'industrie de la construction pour permettre une évaluation fiable de la qualité énergétique des bâtiments. On peut citer au moins deux technologies en France : la méthode QUB conçue par [Alzetto et al. \(2018\)](#), et la méthode ISABELE développée par [Thébault and Bouchié \(2018\)](#). Contrairement à la méthode actuelle d'évaluation de l'efficacité énergétique des bâtiments (la méthode des 3-CL, plus détaillée au chapitre 2), qui repose sur une estimation théorique et sur laquelle est fondé le diagnostic de performance énergétique, ces innovations de rupture permettent de mesurer la performance énergétique réelle des bâtiments. Ce passage d'une

méthode fondée sur l'estimation à une méthode fondée sur la mesure fournira des informations beaucoup plus fiables, alors que le DPE d'aujourd'hui souffre de nombreuses erreurs comme le souligne l'analyse de [Hardy and Glew \(2019\)](#).

L'émergence de ces technologies permettra de mettre en place des contrôles *ex post* sur la qualité de la rénovation par exemple. Ils faciliteront également les audits thermiques et un ciblage plus efficace des mesures d'économie d'énergie. De toute évidence, la mise en œuvre future de ces outils d'information stimulera probablement l'élaboration de nouveaux types de contrats en matière de rénovation énergétique et changera la donne dans l'industrie de la construction. Mais avant ces extensions, certaines questions en amont méritent l'attention des économistes. En effet, cette information fiable impliquera des coûts de production plus importants que le traditionnel diagnostic de performance énergétique. Nous choisissons alors d'enquêter dans le chapitre 4 sur la disponibilité-à-payer des individus pour obtenir des informations sur la qualité et de les comparer à la valeur théorique de l'information.

Afin de tester à la fois la disposition-à-payer pour l'information et les effets comportementaux de l'arrivée de l'information, nous avons choisi une approche expérimentale. Dans le chapitre 2, les premiums verts associés à l'efficacité énergétique sont estimées selon la méthode hédonique popularisée par [Rosen \(1974\)](#). Dans ce cadre, la fonction de prix implicite découle de la façon dont les agents évaluent et enchérissent pour chaque caractéristique de la maison. Cependant, si la plupart des caractéristiques sont objectives et parfaitement connues des acheteurs potentiels avant de faire leur offre d'achat (surface habitable, nombre de pièces, distance des équipements environnementaux, distance du centre ville...), ce n'est pas le cas de l'efficacité énergétique. Ils disposent d'informations sur la performance énergétique d'une maison, tirées soit d'informations publiques (la classe DPE de la maison par exemple), soit d'une expertise "privée" dont ils peuvent disposer. Par exemple, ce peut être leur propre expérience de la vie dans une maison isolée par le toit qui leur fait prendre conscience qu'il s'agit de la façon la plus efficace de réduire les factures de chauffage, ou ils peuvent avoir remarqué en visitant la maison que le cadre des fenêtres n'était pas hermétique. Néanmoins, si la performance énergétique de la maison est incertaine, elle crée la même valeur ajoutée pour tous les acheteurs potentiels, comme souligné au chapitre 2. En cohérence avec cette approche hédonique, nous choisissons un cadre pour étudier le comportement des enchérisseurs lorsque le bien mis aux enchères a une valeur commune pour tous les enchérisseurs mais que cette valeur est imparfaitement connue. De plus, comme certaines inventions mentionnées précédemment offrent une estimation fiable de la performance énergétique, nous incluons la possibilité d'acquérir plus d'informations sur la valeur commune. Nous construisons ainsi une expérience en laboratoire où les sujets participent à une enchère en valeur commune (CVA) en obtenant l'opportunité d'enchérir pour obtenir

des informations supplémentaires sur la valeur intrinsèque du bien mis aux enchères.

Un résultat classique des CVA, où la qualité (c'est-à-dire la valeur) est commune mais incertaine pour les acheteurs, est le phénomène de la malédiction du vainqueur (MdV). Ce paradoxe est particulièrement intéressant dans notre analyse car il réside dans l'utilisation irrationnelle de l'information par les agents économiques réels. Depuis que l'identification initiale de la malédiction du vainqueur par [Capen et al. \(1971\)](#), de nombreuses études économiques ont étudié ce phénomène, mais leur premier exemple reste un exemple éclairant de la mécanique sous-jacente. Au cours des deux décennies qui ont précédé leur publication, les auteurs de l'étude de 1971 ont constaté que les champs pétroliers du Golfe du Mexique ont été moins rentables que ceux de la caisse populaire locale, alors que les concessions de ces gisements de pétrole ont été acquises par voie d'appel d'offres. Comment les économistes comportementalistes expliquent-ils ce résultat étonnant ? Supposons que plusieurs compagnies pétrolières soient intéressées par l'achat des droits de forage sur une zone soupçonnée d'abriter un champ pétrolier. Si les entreprises considérées ont des technologies d'extraction équivalentes, alors la valeur du champ de pétrole sera sensiblement la même pour toutes. Néanmoins, la valeur réelle de ce gisement est imparfaitement connue car sa taille est incertaine. Chaque compagnie utilisera ses propres experts pour évaluer le volume d'hydrocarbures et la valeur subséquente du champ pétrolier. Comme les estimations varieront d'une évaluation à l'autre, les enchères des entreprises pour le terrain seront également différentes. Bien sûr, c'est l'entreprise dont les experts ont fait la plus grande prédiction qui placera l'offre la plus élevée et remportera l'enchère. Cependant, ce gagnant est susceptible d'être un perdant, car son estimation sera probablement trop élevée par rapport à la valeur réelle du gisement. Soit l'entreprise gagnante est maudite par un bénéfice plus faible, car son offre la plus élevée reste inférieure à la valeur réelle, soit, dans le pire des cas, le bénéfice peut même devenir négatif s'il s'avère que la valeur du champ pétrolier est inférieure à l'offre de l'entreprise. De nombreuses preuves expérimentales et empiriques de ce phénomène ont été mises en évidence depuis lors à travers différentes CVA. Il est aujourd'hui manifeste que l'erreur clé du comportement d'enchère qui conduit à la malédiction du vainqueur réside dans le traitement imparfait de l'information. Plus précisément, dans ces CVA, les enchérisseurs ne tiennent pas compte du fait que gagner l'enchère est informatif. Quand un enchérisseur remporte l'enchère, cela signifie probablement qu'il a un signal plus élevé sur la valeur du bien mis aux enchères, et qu'il devrait alors baisser significativement son offre *ex ante*.

À première vue, la malédiction du vainqueur pourrait être considérée comme quelque chose que nous ne voulons pas éviter car elle pourrait augmenter le premium vert des maisons efficaces. La réalité est plus complexe. Si l'on se penche sur la façon dont la MdV modifie les

fonctions d'enchères, il apparaît que ce phénomène pourrait en fait limiter la différenciation entre les bâtiments à faible et à haute performance énergétique. En effet, comme le montre [Holt and Sherman \(2014\)](#), la fonction d'enchères "naïve" adoptée par les agents économiques réels, c'est-à-dire les enchères optimales lorsque les sujets ne tiennent pas compte du fait que gagner est informatif, est nettement plus plate que la fonction d'enchères stratégiques correspondant à l'équilibre de Nash. La réaction de l'enchérisseur à l'information est sous-optimale, car il ne baisse pas suffisamment son enchère lorsque son signal sur le bien mis aux enchères est mauvais. Par conséquent, l'écart entre les enchères pour les maisons inefficaces et les maisons performantes sera beaucoup plus faible, ce qui rendra le premium vert moins important que si les enchérisseurs avaient évité la malédiction du vainqueur. La figure C illustre notre raisonnement.

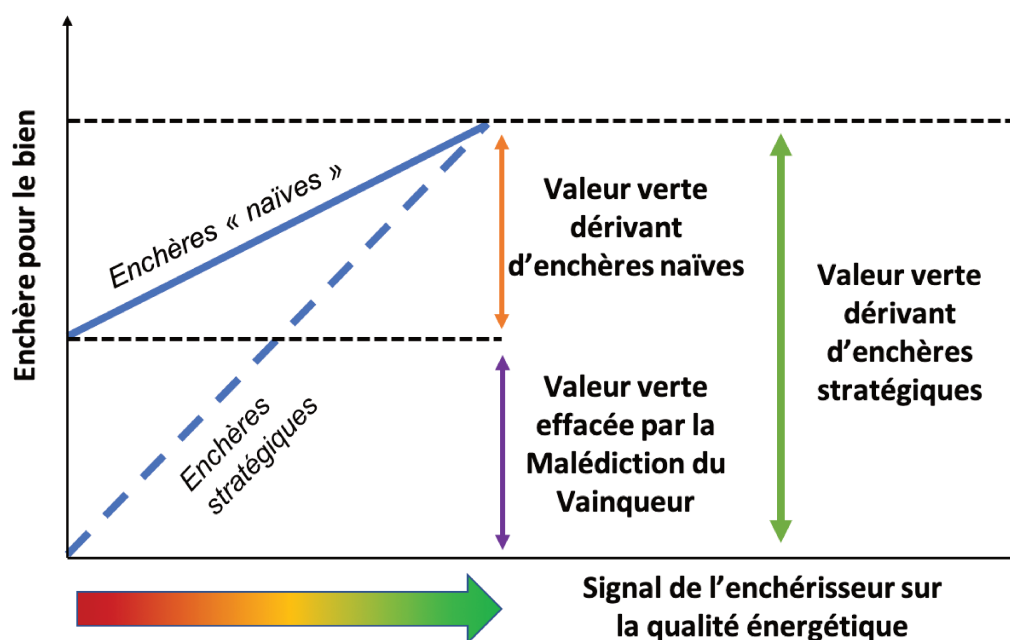


Figure C: Malédiction du vainqueur et valeur verte

Nous avons souligné au chapitre 2 qu'à première vue, les premiums verts correspondaient aux coûts d'investissement requis. On pourrait alors soutenir qu'il ne reste pas beaucoup de place sur le marché français pour améliorer la valeur verte. Néanmoins, nous pouvons objecter deux points. Tout d'abord, au chapitre 2, nous estimons une gamme de coûts d'investissement potentiels pour faire passer une maison d'une classe énergétique à une classe supérieure. Si les primes empiriques des différentes classes appartiennent systématiquement à la gamme correspondante à leurs coûts de rénovation, on peut noter qu'au fur et à mesure que l'étiquette devient plus verte, la prime se déplace vers la limite inférieure des coûts de rénovation. Alors que pour le label E, la prime se situe à la limite supérieure de cette fourchette de prix, la prime du label B se situe au bas de la fourchette correspondante

des coûts d'investissement. L'écart entre les deux primes pourrait alors être creusé même si les primes correspondaient encore aux coûts d'investissement.

Deuxièmement, ces estimations des coûts de rénovation ne comprennent que les coûts des matériaux et de la main-d'œuvre. Cependant, il est largement reconnu que le fait d'entreprendre une rénovation implique de nombreux autres coûts cachés. Il faut du temps pour trouver des artisans, et l'investissement requis a un coût d'opportunité. De plus, ces coûts cachés de la rénovation sont évidemment plus importants lorsque la rénovation vise un niveau d'efficacité plus élevé. Par exemple, pour passer d'une étiquette F à une étiquette E, il suffira simplement d'isoler les combles. L'investissement est relativement faible et un seul artisan peut le faire en une journée. Par contre, une isolation thermique pour atteindre le niveau d'efficacité B exigera l'isolation des combles mais aussi des murs, du plancher et des fenêtres. Il faudra donc beaucoup plus d'argent, différents artisans aux compétences diverses devront travailler pendant plusieurs semaines, et la maison pourrait être inhabitable pendant un certain temps. Les coûts de transaction d'une rénovation très efficace sont alors plus importants que ceux associés à une petite rénovation, et pourraient justifier une prime au-delà des coûts d'investissement pour les maisons à faible consommation. Ces deux points plaident en faveur d'une différenciation verte potentiellement plus forte que celle que l'on observe aujourd'hui empiriquement en France. Cette différenciation pourrait être réalisée grâce à une information plus fiable sur le rendement énergétique, surtout si le fait de fournir plus d'information réduit la malédiction du vainqueur.

A la lumière de la discussion précédente, nous voulons examiner trois questions spécifiques dans notre expérience. Tout d'abord, en ce qui concerne la malédiction du vainqueur, nous voulons voir si le fait d'être mieux informé pourrait changer les comportements d'enchères des sujets et les rapprocher d'un équilibre de Nash qui se traduirait par des primes plus élevées pour des produits de haute qualité. Deuxièmement, nous avons souligné l'apparition de nouveaux outils d'information et nous voulons tester la disposition-à-payer des individus pour obtenir plus d'informations sur la qualité d'un bien. Troisièmement, en ce qui concerne le prix de l'information, il est intéressant de comparer l'arrivée d'une information gratuite à une information coûteuse. En effet, le DPE d'aujourd'hui est librement accessible aux acheteurs car il est obligatoire et payé par le vendeur. Le fait de mettre un prix sur l'information change-t-il la façon dont elle affecte les comportements des sujets ?

Dans notre jeu CVA, des groupes de 2 enchérisseurs obtiennent des informations gratuites et privées sur la valeur réelle d'une cagnotte et devraient enchérir à plusieurs reprises pour l'acheter car des informations supplémentaires peuvent être fournies tout au long du processus d'enchères. Dans un traitement *benchmark*, de l'information gratuite peut être obtenue aléatoirement peut donner lieu à diverses structures d'information pour les enchérisseurs.

Dans l'autre traitement '*Buy*', après avoir obtenu une information privée gratuite, les participants enchérissent pour l'achat d'une information supplémentaire avant de miser à nouveau pour le bien. Ce traitement implique notamment que l'asymétrie d'information peut être créée de manière endogène entre les enchérisseurs, alors qu'elle est créée de manière exogène dans le benchmark. Nous avons 260 participants pour lesquels nous avons contrôlé les capacités cognitives et l'aversion au risque. Nous avons observé le phénomène de malédiction du vainqueur (MdV) de manière cohérente dans les différentes structures d'information. Il y a surenchère tant pour la cagnotte que pour l'achat d'information. Nous donnons des preuves statistiques pour expliquer que cette surenchère est la conséquence de divers biais comportementaux bien connus.

Les résultats de l'expérience démontrent que l'information sur les prix aide les sujets à comprendre la valeur de l'information et à agir de façon plus stratégique, ce qui réduit la malédiction du vainqueur. Cependant, cet effet s'accompagne de trois nouveaux échecs cognitifs dans le comportement d'enchères pour le bien : la prise en compte des coûts irrécupérables, un effet placebo et la malédiction d'un vainqueur de deuxième niveau sur l'information. La disposition-à-payer des sujets pour obtenir de l'information semble beaucoup plus élevée que la valeur théorique de l'information. Ces défaillances cognitives éclipsent les améliorations comportementales des sujets, et donc le traitement n'améliore pas le bénéfice global des sujets. En ce qui concerne la diffusion d'informations plus nombreuses et de meilleure qualité sur la qualité de l'énergie, diverses solutions peuvent être formulées à la lumière du chapitre 4. S'il est utile de faire payer les ménages pour leur signaler que l'information a une valeur, ce prix pourrait être réglementé par les décideurs publics. Une première possibilité est d'attribuer la production de l'information à une autorité publique. Une deuxième option consiste à fixer un prix forfaitaire pour les audits énergétiques et à laisser les acteurs privés produire de l'information. Ces enseignements sur les comportements des agents économiques réels sous information imparfaite et asymétrique peuvent être utiles pour concevoir des politiques plus efficaces, non seulement en matière d'efficacité énergétique, mais aussi sur de nombreux marchés qui peuvent souffrir de carences informationnelles.

Bibliography

- ADEME (2018). Enquête TREMI, Travaux de Rénovation Energétiques des Maisons Individuelles. *French National Agency for Environment and Energy Management*.
- Akerlof, G. A. (1970). The market for “lemons”: Quality uncertainty and the market mechanism. *The Quarterly Journal of Economics* 84(3), 488–500.
- Allcott, H. (2011). Social norms and energy conservation. *Journal of Public Economics* 95(9-10), 1082–1095.
- Allcott, H. and M. Greenstone (2012). Is there an energy efficiency gap? *Journal of Economic Perspectives* 26(1), 3–28.
- Alzetto, F., G. Pandraud, R. Fitton, I. Heusler, and H. Sinnesbichler (2018). QUB: A fast dynamic method for in-situ measurement of the whole building heat loss. *Energy and Buildings* 174, 124–133.
- Arrow, K. J. (1963). Uncertainty and the welfare economics of medical care. *The American Economic Review* 53(5), 941–973.
- Arrow, K. J. and A. C. Fisher (1974). Environmental preservation, uncertainty, and irreversibility. *The Quarterly Journal of Economics* 88(2), 312–319.
- Bollinger, B. and K. Gillingham (2012). Peer effects in the diffusion of solar photovoltaic panels. *Marketing Science* 31(6), 900–912.
- Capen, E. C., R. V. Clapp, W. M. Campbell, et al. (1971). Competitive bidding in high-risk situations. *Journal of Petroleum Technology* 23(06), 641–653.
- CGDD (2015). La rénovation thermique des logements: quels enjeux, quelles solutions ? *French Ministry of Energy, Environment and Sustainable Development*.

- Dharshing, S. and S. L. Hille (2017). The energy paradox revisited: Analyzing the role of individual differences and framing effects in information perception. *Journal of Consumer Policy* 40(4), 485–508.
- Dixit, A. K., R. K. Dixit, and R. S. Pindyck (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton University Press.
- European Commission (2017, November). European union energy in figures, statistical pocketbook 2017.
- Fowlie, M., M. Greenstone, and C. Wolfram (2015). Are the non-monetary costs of energy efficiency investments large? Understanding low take-up of a free energy efficiency program. *The American Economic Review* 105(5), 201–04.
- Gerarden, T. D., R. G. Newell, and R. N. Stavins (2017). Assessing the energy-efficiency gap. *Journal of Economic Literature* 55(4), 1486–1525.
- Gillingham, K., M. Harding, D. Rapson, et al. (2012). Split incentives in residential energy consumption. *Energy Journal* 33(2), 37–62.
- Gillingham, K., M. J. Kotchen, D. S. Rapson, and G. Wagner (2013). Energy policy: The rebound effect is overplayed. *Nature* 493(7433), 475.
- Gillingham, K., R. G. Newell, and K. Palmer (2009). Energy efficiency economics and policy. *Annu. Rev. Resour. Econ.* 1(1), 597–620.
- Gillingham, K. and K. Palmer (2014). Bridging the energy efficiency gap: Policy insights from economic theory and empirical evidence. *Review of Environmental Economics and Policy* 8(1), 18–38.
- Gillingham, K. and T. Tsvetanov (2018). Nudging energy efficiency audits: Evidence from a field experiment. *Journal of Environmental Economics and Management* 90, 303–316.
- Giraudet, L.-G., S. Houde, and J. Maher (2018). Moral hazard and the energy efficiency gap: Theory and evidence. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 5(4), 755–790.
- Grossman, S. J. and J. E. Stiglitz (1980). On the impossibility of informationally efficient markets. *The American Economic Review* 70(3), 393–408.

- Hardy, A. and D. Glew (2019). An analysis of errors in the energy performance certificate database. *Energy Policy* 129, 1168–1178.
- Hartman, R. S., M. J. Doane, and C.-K. Woo (1991). Consumer rationality and the status quo. *The Quarterly Journal of Economics* 106(1), 141–162.
- Hausman, J. A. et al. (1979). Individual discount rates and the purchase and utilization of energy-using durables. *Bell Journal of Economics* 10(1), 33–54.
- Hayek, F. A. (1945). The use of knowledge in society. *The American Economic Review* 35(4), 519–530.
- Henry, C. (1974). Investment decisions under uncertainty: the "irreversibility effect". *The American Economic Review* 64(6), 1006–1012.
- Holt, C. A. and R. Sherman (2014). Risk aversion and the winner's curse. *Southern Economic Journal* 81(1), 7–22.
- Jacobsen, G. D. (2015). Do energy prices influence investment in energy efficiency? Evidence from energy star appliances. *Journal of Environmental Economics and Management* 74, 94–106.
- Jaffe, A. B. and R. N. Stavins (1994). The energy-efficiency gap what does it mean? *Energy Policy* 22(10), 804–810.
- Kahneman, D. (2003). Maps of bounded rationality: Psychology for behavioral economics. *The American Economic Review* 93(5), 1449–1475.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. Farrar, Straus and Giroux.
- Kahneman, D. and A. Tversky (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica* 47(2), 263–292.
- Kempton, W., D. Feuermann, and A. E. McGarity (1992). "I always turn it on super": user decisions about when and how to operate room air conditioners. *Energy and Buildings* 18(3-4), 177–191.
- Kempton, W. and L. Montgomery (1982). Folk quantification of energy. *Energy* 7(10), 817–827.

- Loewenstein, G. and R. H. Thaler (1989). Anomalies: intertemporal choice. *Journal of Economic Perspectives* 3(4), 181–193.
- Nelson, P. (1970). Information and consumer behavior. *Journal of Political Economy* 78(2), 311–329.
- Newell, R. G. and J. Siikamäki (2014). Nudging energy efficiency behavior: The role of information labels. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 1(4), 555–598.
- Newell, R. G. and J. Siikamäki (2015). Individual time preferences and energy efficiency. *The American Economic Review* 105(5), 196–200.
- Renauld-Giard, V. (2014). *Fabrication et usage des écoquartiers, essai critique sur la généralisation de l'aménagement durable en France*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Renauld-Giard, V. (2015). Les risques de contre-productivité des innovations vertes dans le bâtiment. le cas français des chauffe-eau solaire dans l'habitat collectif. *Information & Débats* (38).
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of Innovations*. The Free Press.
- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy* 82(1), 34–55.
- Rothschild, M. and J. E. Stiglitz (1976). Equilibrium in competitive insurance markets: An essay on the economics of imperfect information. *The Quarterly Journal of Economics* 90(4), 629–649.
- Spence, M. (1973). Job market signaling. *The Quarterly Journal of Economics* 87(3), 355–374.
- Spence, M. (1976). Informational aspects of market structure: An introduction. *The Quarterly Journal of Economics* (4), 591–597.
- Stigler, G. J. (1961). The economics of information. *Journal of Political Economy* 69(3), 213–225.

- Stiglitz, J. E. (1975). The theory of "screening", education, and the distribution of income. *The American Economic Review* 65(3), 283–300.
- Stiglitz, J. E. (1985). Information and economic analysis: a perspective. *The Economic Journal* 95(Supplement), 21–41.
- Stiglitz, J. E. (2000). The contributions of the economics of information to twentieth century economics. *The Quarterly Journal of Economics* 115(4), 1441–1478.
- Stiglitz, J. E. and A. Weiss (1981). Credit rationing in markets with imperfect information. *The American Economic Review* 71(3), 393–410.
- Sutherland, R. J. (1991). Market barriers to energy-efficiency investments. *The Energy Journal*, 15–34.
- Thaler, R. H. (1992). *The winner's curse: Paradoxes and anomalies of economic life*. New York: Free Press.
- Thaler, R. H. and C. R. Sunstein (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press.
- Thébault, S. and R. Bouchié (2018). Refinement of the ISABELE method regarding uncertainty quantification and thermal dynamics modelling. *Energy and Buildings* 178, 182–205.

* * *