



HAL
open science

Les mesures d'accompagnement comme facteurs d'insertion territoriale des infrastructures de transport d'électricité

Olivier Joalland

► **To cite this version:**

Olivier Joalland. Les mesures d'accompagnement comme facteurs d'insertion territoriale des infrastructures de transport d'électricité. Economies et finances. Université de Bordeaux, 2019. Français. NNT : 2019BORD0012 . tel-02140625

HAL Id: tel-02140625

<https://theses.hal.science/tel-02140625>

Submitted on 27 May 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE PRÉSENTÉE
POUR OBTENIR LE GRADE DE
DOCTEUR DE
L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

ÉCOLE DOCTORALE ENTREPRISE, ÉCONOMIE, SOCIÉTÉ (ED 42)
SPÉCIALITÉ : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Par Olivier JOALLAND

**LES MESURES D'ACCOMPAGNEMENT
COMME FACTEURS D'INSERTION TERRITORIALE
DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT D'ELECTRICITE**

Sous la direction de : Tina RAMBONILAZA
(co-directeur : Jean-Christophe PEREAU)

Soutenue le 28 janvier 2019

Membres du jury :

Mme CHIROLEU-ASSOULINE Mireille, Professeure, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Présidente
M. PEREAU Jean-Christophe, Professeur, Université de Bordeaux, Co-Directeur de thèse
Mme RAMBONILAZA Tina, Directrice de Recherche, IRSTEA, Directrice de thèse
M. ROUILLON Sébastien, Professeur, Université de Bordeaux, Examineur
Mme ROZAN Anne, Professeure, ENGEES – Université de Strasbourg, Rapporteur
M. SALANIE Julien, Professeur, Université Jean Monnet, Rapporteur

Les mesures d'accompagnement comme facteurs d'insertion territoriale des infrastructures de transport d'électricité

Résumé

Cette thèse développe une lecture économique des mesures d'accompagnement des projets d'Infrastructures de Transport d'Electricité (ITE) – lignes à très haute tension, pylônes, postes de transformation – afin de favoriser leur acceptabilité locale. La thèse propose de conceptualiser les différents types d'impacts négatifs des ITE en termes de coûts externes. Ce cadre analytique permet d'envisager les mesures d'accompagnement des ITE comme des mécanismes compensatoires territoriaux. Le chapitre introductif dresse le contexte, revient sur les difficultés auxquelles est confronté le gestionnaire du réseau, et détaille les différentes solutions mises en œuvre, avant de présenter succinctement les travaux réalisés qui se structurent en deux parties.

La première partie consiste en une évaluation plus précise de ces coûts externes pour les économies locales, à travers l'application des modèles de prix hédoniques à deux bases de données distinctes : la première relative aux prix de location des gîtes ruraux (chapitre 2), la seconde relative aux prix de vente des maisons individuelles (chapitre 3). L'utilisation de l'économétrie spatiale permet d'isoler les effets directs de la proximité immédiate des lignes à très haute tension, et de calculer par la suite le manque à gagner pour les propriétaires des gîtes impactés. L'estimation d'un modèle de prix hédoniques en doubles différences permet de confirmer que l'arrivée d'un projet d'ITE (ici le renforcement d'une ligne) ne se traduit pas nécessairement par une baisse significative des prix des biens immobiliers localisés dans le périmètre de celui-ci.

La deuxième partie de la recherche s'intéresse aux conditions de mise en place des mesures d'accompagnement des projets d'ITE, considérées comme des mécanismes compensatoires des pertes individuelles et collectives engendrées par l'arrivée des infrastructures. Le chapitre 4 mobilise ainsi la théorie des jeux, imbriquée dans un modèle de relation verticale impliquant le distributeur d'électricité et les consommateurs finals, pour illustrer comment le gestionnaire du réseau doit organiser les négociations avec les communes pour élaborer des compensations socialement efficaces. Nous montrons que l'allocation des mécanismes compensatoires dans un cadre adapté (la négociation multilatérale), encourageant la coopération entre les acteurs et permettant de limiter l'impact sur les tarifs de l'électricité, peut constituer une première réponse

face aux difficultés d'implantation des ITE. Enfin dans le chapitre 5, nous explorons les mécanismes compensatoires qui seraient à même de favoriser l'insertion des ITE du point de vue de leurs potentiels bénéficiaires. Une enquête mobilisant une procédure délibérative a été mise en place, interrogeant les participants sur les mesures d'accompagnement qui seraient les plus justes de leur point de vue. Les résultats suggèrent que l'indemnisation financière des habitants des communes d'accueil des ITE serait perçue comme plus juste que le financement de projets collectifs. Néanmoins, si les mécanismes compensatoires doivent emprunter la forme d'un financement d'un ensemble de projets, les résultats des expériences de choix conduites auprès des mêmes participants révèlent que leurs préférences privilégient deux types de mesures : l'implantation de pylônes esthétiques afin de favoriser l'insertion paysagère des ITE, et le maintien de services de proximité comme projet collectif contribuant au développement local. Les préférences individuelles restent cependant très hétérogènes.

Mots-clés : Externalités – Compensation – Infrastructures

Support measures as factors for the territorial integration of electricity transmission infrastructures

Abstract

This thesis proposes an economic interpretation of the support measures in Electricity Transmission Infrastructures (ETI) projects - very high voltage power lines, pylons, transformer substations - to promote their local acceptance. The thesis conceptualizes the different types of ETIs' negative impacts in terms of external costs. This analytical concept allows to read ETIs' support measures as territorial compensatory mechanisms. The first chapter introduces the context, discusses the difficulties faced by the transmission system operator and details the various solutions implemented, before briefly presenting the research carried out. This research is divided in two parts.

First, we conduct a more precise evaluation of these external costs for local economies, through the application of hedonic pricing models to two distinct databases: the first relating to the rental prices of rural cottages (chapter 2), the second relating to the sale prices of individual houses (chapter 3). The use of spatial econometrics allows to isolate the effects of the immediate proximity of very high voltage power lines, and then to estimate the loss of income for rural

cottage owners. The “difference-in-differences” estimation confirms that the development of an ETI project (here the reinforcement of a line) does not necessarily result in a significant decrease in the prices of houses located within its perimeter.

The second part of the research focuses on the conditions for implementing support measures in ETI projects. Support measures are considered as compensatory mechanisms for the individual and collective losses caused by the infrastructures. Chapter 4 applies game theory, in a vertical relationship framework involving the distribution system operator and final consumers. It illustrates how the transmission system operator should negotiate with municipalities to propose socially-optimal compensations. We show that the allocation of compensatory mechanisms within an appropriate protocol (multilateral bargaining), that enhance cooperation between stakeholders and limit the impact on grid tariffs, can be a first answer to the difficulties of implementing ETIs. Finally, we explore in chapter 5 compensatory mechanisms that would promote the integration of ETIs. A deliberative survey was set up, asking participants about the support measures that would be the most appropriate from their point of view. Results suggest that financial compensation for residents of host municipalities would be perceived as fairer than financing collective projects. Nevertheless, if the compensatory mechanisms must take the form of financing a set of projects, the results of the choice experiment conducted with the same participants reveal that they prefer two types of measures: the installation of aesthetic pylons, to promote the landscape integration of ETIs, and the support to proximity services, as a collective project contributing to local development. However, individual preferences remain very heterogeneous.

Keywords: Externalities – Compensation – Infrastructures

UR ETBX (Environnement, territoires et infrastructures),

Irstea, centre de Bordeaux, 50 avenue de Verdun, Gazinet, 33612 Cestas Cedex

Remerciements

Cette thèse a bénéficié d'un financement dans le cadre du label Institut Carnot ayant permis le partenariat entre IRSTEA et RTE.

Je remercie Tina Rambonilaza pour avoir initié ce projet et me l'avoir proposé quand je travaillais comme ingénieur d'études au centre Irstea de Bordeaux. Je suis très reconnaissant envers son accompagnement tout au long de cette thèse, et pour l'ensemble des conseils qu'elle a su m'apporter et qui m'ont aidé à grandir en tant que jeune chercheur.

Je remercie les départements « R&D Environnement » et « Concertation et Environnement » de RTE avec qui nous avons travaillé et co-construit cette thèse. Je remercie particulièrement Mr. Gaborit pour avoir suivi plus spécifiquement mon travail d'un œil avisé pendant presque deux ans.

Je remercie Jean-Christophe Péreau, pour avoir co-dirigé cette thèse, et permis de faire le lien avec l'Université de Bordeaux. Son enthousiasme et son intérêt pour cette thèse ont contribué à me motiver dans l'avancée de mes travaux, notamment pour le chapitre faisant appel à la théorie des jeux.

Je tiens à remercier ici les chercheurs ayant accepté de prendre part au jury de thèse, en tant que rapporteurs ou examinateurs. Je les remercie pour l'intérêt porté à cette recherche.

Je salue ensuite mes collègues de l'unité ETBX du centre Irstea de Bordeaux, en ayant une pensée amicale pour mes compagnons de bureau (Aliénor et Fathallah) et l'ensemble des doctorants.

Réussir à terminer cette thèse a demandé beaucoup de persévérance, spécialement au cours de ces derniers mois de travail « à domicile ». Je tiens à remercier chaleureusement l'ensemble des personnes qui ont contribué, à leur manière, à cet épilogue. J'ai une pensée particulière pour mes amis Thao et Arnaud. Je remercie l'ensemble des spécialistes du football qui ont concouru à me changer les idées (re-Arnaud, Seb, Thibault, Gilles, Epiphane, et les participants au Coty). Je ne peux oublier non plus mon groupe d'amis Maugeois, avec une dédicace particulière aux amoureux du karaoké. A mes parents et mes frères qui ont été un soutien de tous les instants, je ne saurai les remercier assez.

Enfin, à Marie, pour m'accompagner au quotidien – et dont la contribution à cette thèse par ses conseils en dataviz' sous R a été précieuse – de simples remerciements ne seraient pas suffisants. Avec ou sans toi, c'est pas la même chose.

Sommaire

CHAPITRE INTRODUCTIF	13
1. ELEMENTS DE CONTEXTE ET DE CADRAGE.....	14
1.1. <i>Le développement du réseau de transport d'électricité dans un contexte de transition énergétique</i>	14
1.2. <i>Les défis liés au développement du réseau</i>	17
1.3. <i>La gouvernance de l'implantation des ITE</i>	21
1.4. <i>Les mesures d'accompagnement des projets d'ITE en France</i>	22
1.5. <i>L'exemple du projet Vigy-Marlenheim (1998-2008)</i>	25
2. APPROCHE ECONOMIQUE DES IMPACTS DES ITE ET DE LEUR COMPENSATION	28
2.1. <i>Une lecture des impacts en termes de coûts externes</i>	28
2.2. <i>Les solutions au problème de coûts externes</i>	30
2.3. <i>Analyse des mesures d'accompagnement des ITE au prisme des théories économiques</i> 31	
3. PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE	36
3.1. <i>Objectifs de la recherche</i>	36
3.2. <i>Axes de recherche</i>	37
3.3. <i>Plan de la thèse</i>	41
CHAPITRE 2. VALEUR TOURISTIQUE DES AMENITES ENVIRONNEMENTALES ET NUISANCES ASSOCIEES AUX INFRASTRUCTURES D'ENERGIE RENOUVELABLE : UNE APPROCHE HEDONIQUE SPATIALE	43
1. INTRODUCTION	44
2. ETAT DE L'ART	46
3. LES DONNEES.....	48
3.1. <i>La zone d'étude</i>	48
3.2. <i>La mesure des nuisances visuelles engendrées par les infrastructures énergétiques</i>	49
3.3. <i>La variable prix et les autres caractéristiques du gîte</i>	51
4. STRATEGIE ECONOMETRIQUE : LA METHODE HEDONIQUE SPATIALE	53
4.1. <i>Une approche hédonique spatiale « ascendante »</i>	53
4.2. <i>Une équation hédonique spatiale sans effets fixes départementaux</i>	55
4.3. <i>Une équation hédonique spatiale avec effets fixes départementaux</i>	58
5. HIERARCHIE DES ATTRIBUTS DANS LA TARIFICATION DES GITES	60
6. UNE DISTRIBUTION ASYMETRIQUE DES PERTES	62
7. CONCLUSION	65

CHAPITRE 3. APPROCHE QUASI-EXPERIMENTALE DES EFFETS D'UN PROJET D'INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT D'ELECTRICITE SUR LE MARCHE IMMOBILIER RESIDENTIEL DU TERRITOIRE D'ACCUEIL.....		69
1.	INTRODUCTION	70
2.	ETAT DE L'ART	73
2.1.	<i>L'emprise spatiale des impacts des ITE</i>	<i>73</i>
2.2.	<i>L'effet « stigma » et la dimension temporelle des impacts des ITE.....</i>	<i>74</i>
3.	METHODOLOGIE	76
3.1.	<i>L'approche quasi-expérimentale</i>	<i>76</i>
3.2.	<i>Présentation du cas d'étude : le projet « Deux-Loires ».....</i>	<i>78</i>
3.3.	<i>Objectifs de l'étude.....</i>	<i>80</i>
3.4.	<i>Mise en œuvre de l'approche quasi-expérimentale au cas du projet « Deux-Loires » ...</i>	<i>81</i>
4.	LES DONNEES.....	87
4.1.	<i>Les données du marché immobilier.....</i>	<i>87</i>
4.2.	<i>Les autres variables explicatives</i>	<i>93</i>
4.3.	<i>Traitements économétriques.....</i>	<i>97</i>
5.	RESULTATS	98
5.1.	<i>Effet du projet de reconstruction de la ligne</i>	<i>100</i>
5.2.	<i>Résultats additionnels.....</i>	<i>102</i>
6.	DISCUSSION – CONCLUSION	105
CHAPITRE 4. BARGAINING LOCAL COMPENSATION PAYMENTS FOR THE INSTALLATION OF NEW POWER TRANSMISSION LINES		109
1.	INTRODUCTION	110
2.	INTERACTIONS BETWEEN BENEFICIARIES OF A TRANSMISSION LINE PROJECT: THE FRENCH CASE	113
3.	THE MODEL.....	115
3.1.	<i>The non-cooperative outcome</i>	<i>118</i>
3.2.	<i>The negotiation protocols.....</i>	<i>119</i>
4.	RESULTS	121
4.1.	<i>Proposition 1</i>	<i>121</i>
4.2.	<i>Proposition 2</i>	<i>123</i>
4.3.	<i>Proposition 3</i>	<i>126</i>
5.	CONCLUSION	128

CHAPITRE 5. EVALUATION DELIBERATIVE DES MECANISMES COMPENSATOIRES DES EXTERNALITES NEGATIVES DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT D'ELECTRICITE		131
1.	INTRODUCTION	132
2.	UNE PROCEDURE DELIBERATIVE POUR L'EVALUATION ECONOMIQUE DES PREFERENCES	136
2.1.	<i>L'évaluation des préférences individuelles face à la pluralité des motivations éthiques et sociales</i>	<i>136</i>
2.2.	<i>Méthode des expériences de choix et procédure délibérative</i>	<i>139</i>
3.	METHODOLOGIE DE LA RECOLTE DES DONNEES	141
3.1.	<i>Un protocole d'évaluation pour les mesures d'accompagnement des ITE</i>	<i>141</i>
3.2.	<i>Les questions relatives aux enjeux de justice</i>	<i>146</i>
3.3.	<i>Mise en place de la procédure délibérative.....</i>	<i>148</i>
4.	LES DONNEES DE L'ENQUETE	151
4.1.	<i>Le profil des participants.....</i>	<i>151</i>
4.2.	<i>Connaissance et perception des enjeux énergétiques.....</i>	<i>151</i>
4.3.	<i>Equité et légitimité des mesures d'accompagnement</i>	<i>153</i>
4.4.	<i>Cohérence des résultats des expériences de choix</i>	<i>155</i>
5.	MODELISATION ECONOMETRIQUE DES CHOIX	158
5.1.	<i>La modélisation multi-attributs des choix</i>	<i>158</i>
5.2.	<i>Analyse économétrique et résultats</i>	<i>159</i>
6.	DISCUSSION – CONCLUSION	168
CONCLUSION GENERALE		173
1.	BILAN DES TRAVAUX REALISES.....	174
2.	PERSPECTIVES DE RECHERCHE	179
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		183
ANNEXES.....		201
LISTE DES ABREVIATIONS.....		223
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....		224

Chapitre introductif

1. Eléments de contexte et de cadrage

1.1. Le développement du réseau de transport d'électricité dans un contexte de transition énergétique

La France s'est engagée dans une politique de transition énergétique ayant pour ambition de répondre aux enjeux que constituent le réchauffement climatique, la raréfaction des ressources fossiles, l'indépendance énergétique, la maîtrise du coût de l'énergie ou encore l'avenir du nucléaire. Les différents objectifs et moyens de mise en œuvre de cette transition ont été actés en 2015 (Loi n° 2015-992 du 17 août 2015). Le déploiement de cette politique doit notamment permettre à la France de respecter un engagement fort : atteindre 30% d'énergies renouvelables (biomasse, solaire, éolien, hydraulique, déchets) dans la consommation énergétique finale du pays en 2030 (elle était de 14,6% en 2014).

Une modification du parc de production d'électricité est ainsi attendue, marquée par la multiplication des sites de production d'énergies renouvelables, éolien en tête. C'est une nouvelle répartition géographique de la production électrique qui se dessine progressivement. En parallèle de la production, différents scénarios d'évolution de la consommation électrique sont possibles, basés sur des prévisions de croissance économique et démographique (RTE, 2016).

Pour accompagner cette double dynamique du côté de la demande et de l'offre d'électricité, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité français, RTE (Réseau de Transport d'Electricité), a engagé un vaste programme de modernisation du réseau existant pour la décennie à venir (voir Encadré 1.1 pour une présentation du réseau). Ce « schéma décennal » d'investissements à hauteur de dix milliards d'euros doit permettre :

- de raccorder rapidement l'ensemble des futurs sites de production d'électricité ;
- d'assurer la sécurité en alimentation électrique du territoire national ;
- d'améliorer l'efficacité énergétique du réseau (i.e. réduire les pertes le long du réseau).

Dans le cadre de la transition énergétique, le développement du réseau de transport d'électricité doit ainsi permettre d'accueillir les nouvelles installations de production d'électricité renouvelable. Ces dernières se caractérisent par leur nombre, leur disparité de taille et de répartition spatiale, ainsi qu'une production variable pour ce qui concerne l'éolien et le solaire. Le réseau de transport permet dès lors de mutualiser à l'échelle nationale les sources de

production d'électricité, afin d'optimiser leur utilisation et d'assurer la solidarité d'alimentation électrique entre les régions.

Il est ainsi prévu la création et le renforcement d'environ 2000 km d'Infrastructures de Transport d'Electricité (ITE). Les ITE regroupent les ouvrages à très haute tension (225 et 400 kV) : lignes aériennes et souterraines, pylônes, postes de transformation (voir Figure 1.1). Les nouveaux projets de lignes à très haute tension concernent en très grande majorité la technologie aérienne¹.

Figure 1.1. Les infrastructures de transport d'électricité



a. Lignes aériennes et pylônes



b. Poste de transformation



c. Ligne souterraine

(images : RTE)

¹ Si RTE s'est engagé dans son contrat de service public à ne pas accroître la longueur totale du réseau aérien (grâce à la dépose d'ouvrages aériens existants sur une longueur équivalente à celle des nouveaux ouvrages aériens construits), la mise en souterrain concerne principalement les lignes à haute tension (90 kV et 63 kV). Pour des raisons de coûts, les lignes à très haute tension (225 kV et 400 kV) restent construites très majoritairement en technologie aérienne.

Encadré 1.1. Présentation du réseau de transport d'électricité

Le réseau de transport d'électricité se compose de 100 000 km de lignes à haute et très haute tension (dont 5000 km de lignes souterraines), de pylônes, ainsi que de postes électriques de transformation. Il se structure en deux sous-ensembles :

➤ *Le réseau de grand transport et d'interconnexion :*

Les lignes à très haute tension de 400 000 volts sont destinées au transport de quantités importantes d'électricité sur de longues distances au niveau national. Ces lignes constituent l'ossature principale reliant les grands centres de production d'électricité en France, et aussi dans les autres pays européens. Le niveau de tension de 400 000 volts est le plus élevé en France. Cette partie du réseau électrique peut être comparée au réseau autoroutier.

➤ *Le réseau de répartition régionale :*

Les lignes à très haute tension allant de 225 000 à 63 000 volts permettent ensuite de répartir l'électricité au niveau régional. Ces lignes transportent l'électricité en quantité moindre et sur des distances plus courtes. Le transport est assuré en très haute tension (225 000 volts) et en haute tension (principalement 90 000 et 63 000 volts). Cette seconde partie du réseau de transport est l'équivalent des routes nationales.

Le réseau de transport d'électricité est géré par RTE. RTE exerce des missions de service public qui consistent à :

- assurer à tout instant l'équilibre des flux d'électricité ;
- assurer la sécurité, la sûreté et l'efficacité du réseau ;
- assurer l'intégration des infrastructures dans l'environnement ;
- développer le réseau pour permettre le raccordement des producteurs, des réseaux de distribution et des consommateurs, ainsi que l'interconnexion avec les pays voisins ;
- garantir l'accès au réseau à chaque utilisateur de manière non discriminatoire.

RTE étant en situation de monopole naturel, son activité est régulée par une autorité : la Commission de Régulation de l'Energie (CRE).

Le réseau de transport d'électricité est situé en amont du réseau de distribution, avec lequel il ne faut pas le confondre. Le réseau de distribution est celui qui achemine l'électricité à l'échelle locale, aux utilisateurs raccordés en moyenne tension (20 000 volts) et basse tension (400 et 230 volts) : PME, clients du tertiaire, petites industries, et clients domestiques. Le réseau de distribution est l'équivalent des routes départementales et des voies communales. Il est géré à 95% par *Enedis*, et à 5% par des entreprises locales de distribution.

1.2. Les défis liés au développement du réseau

1.2.1. *L'ampleur des contestations locales*

De nombreux projets d'ITE ont été mis en route en Europe depuis le début des années 2010 pour répondre aux enjeux de la transition énergétique. Si les mouvements de contestation face aux lignes à très haute tension ne sont pas nouveaux, les récents projets d'ITE semblent se heurter à un accroissement de ces contestations locales. C'est le constat qui a été fait par l'ENTSOE (i.e. le « Réseau européen des gestionnaires de réseau de transport d'électricité ») qui souligne que « *plus d'un tiers des investissements sont retardés par rapport au calendrier initial, principalement en raison des résistances sociales* » (ENTSOE, 2014, p.12).

La problématique de « l'acceptabilité » des ITE par les populations locales a en effet été identifiée par un panel de parties prenantes aux projets (représentants de l'industrie électrique, des Etats, d'associations, etc.) comme l'une des principales barrières au développement du réseau (Battaglini et al., 2012). Par ailleurs, une enquête a été menée auprès de citoyens de l'Union Européenne (7659 enquêtés) pour connaître leurs perceptions du développement du réseau (Cohen et al., 2016). Plus de la moitié des répondants (58,3%) déclarent qu'ils n'accepteraient probablement pas sans opposition un projet de ligne à très haute tension dans leur voisinage (i.e. à une distance de 250 m), même si une importante hétérogénéité des réponses est relevée entre les pays (ce taux monte à 71% des répondants pour la France). En Allemagne, par exemple, cinq projets d'ITE ayant fait l'objet d'intenses conflits locaux d'une durée supérieure à deux ans ont été recensés depuis 2009 (Neukirch, 2016).

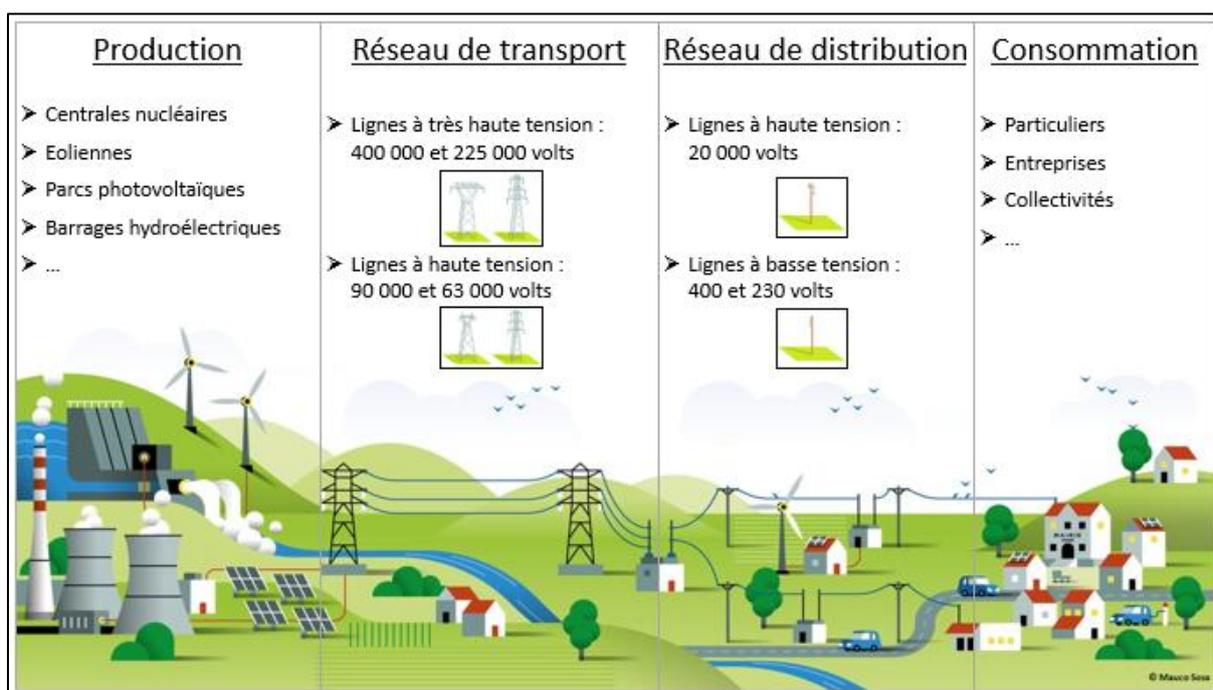
Face à l'ampleur des contestations locales, il est devenu compliqué de conduire à terme les projets d'ITE sans engendrer des coûts additionnels et des retards importants (RGI, 2012). Un exemple marquant en France a concerné le projet d'interconnexion avec l'Espagne. Initié en 2003, ce projet visait à implanter une ligne aérienne à très haute tension devant traverser les Pyrénées pour relier l'Espagne. Devant les très fortes oppositions qu'a suscité le projet, huit années de concertation ont été nécessaires (Ciupuliga et Cuppen, 2014). La ligne à très haute tension, finalement entièrement construite en souterrain pour répondre aux souhaits des populations locales, a été mise en service en 2015. Le coût final de la ligne (d'une longueur de 33 km) s'est élevé à 357 M€, dont un surcoût de 257 M€ lié au choix du souterrain.

1.2.2. Le risque face à l'allongement des délais

L'allongement des délais d'implantation des ITE peut représenter un risque pour la bonne mise en œuvre de la transition énergétique. En France, la durée moyenne d'une procédure d'implantation des ITE est de six ans. Or, les moyens de production d'électricité renouvelable qui sont amenés à se développer se construisent plus rapidement (environ trois ans, d'après Rious et al., 2011) que les infrastructures nécessaires à leur raccordement et au transport de l'électricité qui y sera produite. Nous pourrions donc voir apparaître dans la décennie à venir à des décalages importants entre la programmation et la réalisation des investissements dans les énergies renouvelables et dans le développement du réseau.

L'interdépendance très forte entre les différentes activités de l'industrie électrique – production, transport, distribution, fourniture (voir Figure 1.2) – impose aux acteurs de ce secteur désormais libéralisé et guidé par les marchés, de coordonner leurs plans d'investissement pour en garantir l'efficacité et minimiser les risques (Brunekreeft, 2015). Le Gestionnaire du Réseau de Transport d'électricité (GRT) joue un rôle de trait d'union dans l'industrie électrique entre les sites de production et les lieux de consommation. Sa capacité à optimiser la séquence des investissements dans le réseau est ainsi primordiale pour garantir la sécurité d'approvisionnement en électricité pour tous et à moindre coût.

Figure 1.2. Le chemin de l'électricité



(Adapté de : <https://www.enedis.fr/fonctionnement-du-reseau>)

1.2.3. Le risque face à l'augmentation des coûts d'investissements

L'inflation des coûts des projets d'ITE pose la question du risque financier supporté par le gestionnaire du réseau, et de l'impact sur la facture d'électricité des consommateurs. En France, le schéma d'investissement 2016-2026 de RTE s'élève à environ un milliard d'euros par an. L'ensemble des coûts engagés par le GRT « *dans la mesure où ces coûts correspondent à ceux d'un gestionnaire de réseau efficace* » (article L341-2 du Code de l'énergie) est couvert par le Tarif d'Utilisation des Réseaux Publics d'Electricité (TURPE). Les principes actuels guidant la tarification des réseaux font que les coûts engagés par le GRT sont supportés par l'ensemble des consommateurs d'électricité (voir Encadré 1.2). En 2015, le coût d'acheminement de l'électricité par le réseau de transport représentait environ 7,8% de la facture d'un consommateur résidentiel, et 12,2% de celle d'un consommateur industriel (RTE, 2016).

Or, compte tenu de la situation financière actuelle des GRT européens, ces derniers ne seraient pas en mesure de financer l'ensemble des investissements prévus pour le développement du réseau à horizon 2020 et 2030, sans une augmentation sensible des tarifs de réseau (Henriot, 2013). Une hausse prononcée des tarifs de réseau s'inscrirait dans une hausse globale du prix de l'électricité pour les consommateurs. Le régulateur public souhaite donc inciter le GRT à la maîtrise des coûts d'investissement portant sur les grands projets de développement du réseau. Depuis 2017, un mécanisme de régulation incitative a été mis à l'essai pour les projets d'un montant supérieur à 30 M€ (Commission de Régulation de l'Énergie, 2016)². Par ailleurs, renchérir les prix de l'électricité sans donner notamment aux ménages les moyens suffisants pour adapter leurs comportements de consommation serait en contradiction avec les objectifs de lutte contre la précarité énergétique qui sont aussi poursuivis dans le cadre de la transition énergétique en France (article 3 de la Loi n° 2015-992 du 17 août 2015).

En définitive, le GRT doit exploiter le réseau de manière rentable, au sein d'un modèle économique qui l'incite à chercher une efficacité en termes de coûts, car le tarif d'utilisation du réseau reste réglementé par l'autorité de régulation. Le cadre réglementaire appliqué au GRT en matière de procédures à suivre pour la planification des infrastructures d'une part, et au niveau des conditions de rémunération d'autre part, est l'un des principaux défis pour assurer la réalisation des investissements.

² Le principe de ce mécanisme repose sur le respect du budget cible annoncé par RTE au début d'un projet. Si les dépenses d'investissement réalisées sont inférieures à 90% du budget cible, RTE bénéficiera d'une prime. Si ces dépenses sont supérieures à 110% du budget cible, RTE supportera une pénalité.

Encadré 1.2. La tarification du réseau de transport d'électricité

RTE est un gestionnaire de réseau indépendant. Il joue un rôle central dans l'architecture du marché électrique libéralisé : celui d'assurer à tous les acteurs du marché un accès équitable et non-discriminatoire au réseau, via les conditions de raccordement et les tarifs d'utilisation.

Le raccordement physique d'une installation est le préalable à l'utilisation du réseau de transport d'électricité. La tarification du réseau distingue donc le tarif de raccordement du tarif d'utilisation du réseau. Nous ne nous intéressons ici qu'au tarif d'utilisation du réseau, appelé le TURPE (tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité).

Celui-ci s'applique aux différents utilisateurs du réseau géré par RTE : les producteurs et les consommateurs industriels directement raccordés au réseau, les entreprises et les consommateurs résidentiels indirectement raccordés via le réseau de distribution.

Le TURPE a pour objectif de couvrir l'ensemble des coûts supportés par le GRT « dans la mesure où ces coûts correspondent à ceux d'un gestionnaire de réseau efficace » (article L341-2 du Code de l'énergie). Il sert donc à financer les charges engagées par RTE pour l'exploitation, l'entretien et le développement du réseau de transport. Il a représenté 88,3% du chiffre d'affaires de RTE en 2014 (soit 3937,8 M€). Le TURPE est fixé par la CRE tous les quatre ans, avec des coefficients actualisés chaque année pour tenir compte de l'inflation.

Le TURPE est établi selon plusieurs grands principes :

- *le timbre-poste* : la tarification d'un utilisateur doit être indépendante de la distance parcourue par l'énergie. Les prix facturés sont les mêmes peu importe l'origine de l'électricité pour le consommateur, et quelle que soit la destination de l'électricité injectée pour le producteur ;
- *la péréquation tarifaire* : le TURPE est identique sur tout le territoire français, indépendamment de la localisation de l'utilisateur.
- *la répartition des coûts entre utilisateurs* : 98% du TURPE est supporté par les utilisateurs qui soutirent de l'électricité, i.e. les consommateurs, en respect de la réglementation européenne (règlement UE 838/2010). Le tarif est d'autant plus élevé que le domaine de tension de l'utilisateur est bas (car une part plus importante du réseau est alors sollicitée en amont).

Le TURPE sert enfin d'outil à la CRE pour inciter RTE à être plus performant dans la gestion du réseau. Des éléments de régulation incitative sont mis en place pour permettre des gains de productivité sur les coûts d'exploitation, la gestion des pertes, le développement des interconnexions frontalières, ou encore le développement de programmes de R&D.

L'objectif pour le GRT est donc d'arriver à améliorer l'acceptabilité des projets d'ITE au sein des territoires, tout en minimisant leurs coûts, afin de respecter les conditions fixées par le régulateur et de ne pas entraver le déroulement de la transition énergétique.

1.3. La gouvernance de l'implantation des ITE

Nous allons maintenant présenter plus en détails les modalités de l'implantation des ITE en France. Tout projet d'ITE doit passer par l'ensemble des étapes mises en place par le législateur pour accompagner les décisions du maître d'ouvrage (Figure 1.3). L'ensemble de ce processus dure en moyenne six ans actuellement.

1.3.1. *L'opportunité du projet*

Dans un premier temps, le GRT doit argumenter de l'opportunité de réalisation du projet à travers un dossier de justification technico-économique soumis à l'Etat. Il s'agit pour le maître d'ouvrage de présenter les hypothèses et les besoins identifiés qui le conduisent à porter le projet, et les différentes solutions permettant de répondre à la problématique soulevée. L'objectif est de s'assurer que la solution privilégiée par le GRT répond aux critères d'intérêt général en matière de service rendu, de prise en compte de l'environnement et de coût. Si le projet est jugé opportun, le GRT établit ensuite un dossier de présentation qui identifie une proposition d'aire d'étude au sein de laquelle pourraient être implantés les nouveaux ouvrages. C'est autour de ce dossier de présentation que se met en place le dispositif de concertation.

1.3.2. *La phase de concertation*

Une concertation s'engage alors autour du GRT avec les différents acteurs appartenant à l'aire d'étude : les services de l'Etat, les élus des communes et des collectivités locales concernées, des organismes socioprofessionnels et des associations. Le dispositif de concertation est conduit par le préfet et est de surcroît placé sous l'égide d'un garant indépendant. Le rôle du garant est de veiller à la mise en œuvre des modalités d'information et de participation du public. La concertation doit permettre d'atteindre plusieurs objectifs : l'identification précise des caractéristiques du projet, la définition des mesures d'accompagnement, le partage de l'information et l'échange avec les citoyens.

Dans un premier temps, le dispositif de concertation doit valider l'aire d'étude proposée par le GRT, et retenir un fuseau de moindre impact au sein de cette aire d'étude. Au cours de cette étape, le maître d'ouvrage complète l'étude d'impact, document essentiel qui vise à recenser les effets du projet sur l'environnement et la santé selon les contraintes identifiées au sein de chaque fuseau étudié. Le tracé emprunté par les ITE est ensuite dessiné dans le fuseau de moindre impact finalement retenu par les acteurs de la concertation.

En parallèle à la définition du tracé, l'ensemble des mesures d'accompagnement à mettre en œuvre est discuté et négocié entre les acteurs. Le détail des mesures envisagées ainsi que l'estimation de leur montant sont intégrés à l'étude d'impact. Cette étude d'impact présente les solutions envisagées et les choix issus de la concertation, ainsi que l'ensemble des mesures d'évitement, de réduction et de compensation des impacts environnementaux du projet.

1.3.3. La Déclaration d'Utilité Publique

Une fois que les différentes parties arrivent à un consensus autour du tracé et de l'ensemble des mesures d'accompagnement, le GRT peut déposer le dossier de demande de Déclaration d'Utilité Publique (DUP). Cette étape comporte à nouveau une consultation des maires et des services de l'Etat, ainsi qu'une enquête publique auprès de la population (qui peut alors accéder au contenu de l'étude d'impact).

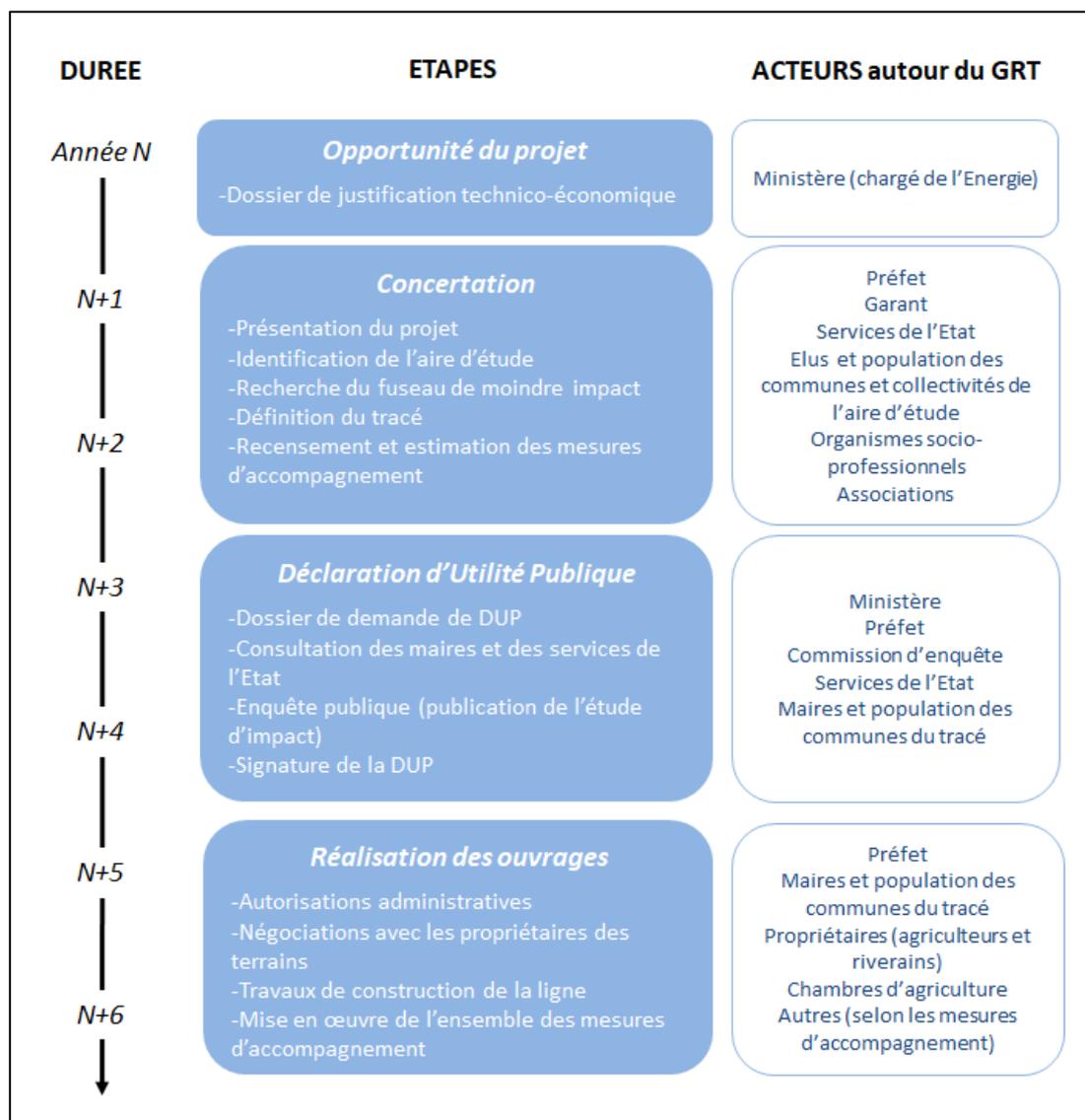
1.3.4. La réalisation des travaux

Une fois signée, la Déclaration d'Utilité Publique permet à l'opérateur de mener les démarches administratives nécessaires à l'obtention des différentes autorisations permettant la réalisation des travaux (permis de construire, et en l'absence d'accord amiable, servitudes pour les lignes et transfert de propriété pour les postes).

1.4. Les mesures d'accompagnement des projets d'ITE en France

Afin d'aider à l'implantation des projets de lignes à très haute tension, des mesures d'accompagnement sont systématiquement mises en œuvre par le GRT. L'ensemble de ces mesures est défini soit par la loi, soit au sein du contrat de service public liant le GRT à l'Etat. Leur recensement et leur estimation se font lors de la phase de concertation de chaque projet.

Figure 1.3. De la planification à la réalisation d'un projet d'ITE



En premier lieu, le GRT doit respecter certaines règles concernant les effets des ITE sur l'environnement et la santé qui sont recensés dans chaque étude d'impact. Pour éviter les risques en matière de santé publique, les ouvrages doivent se conformer à des normes d'exposition (en ce qui concerne les champs électromagnétiques, mais aussi le bruit émis par les lignes). Pour limiter les dégradations sur l'environnement naturel et la perte de biodiversité, le GRT doit également se conformer à l'ensemble des réglementations visant à préserver les milieux naturels, et chercher à mettre en place le projet de moindre impact pour l'environnement. Un « Plan environnemental » est à ce titre développé pour chacun des projets, regroupant l'ensemble des mesures visant à assurer la meilleure insertion des infrastructures dans l'environnement.

A côté de ces normes, différentes mesures d'accompagnement spécifiques, de portée individuelle ou collective, ont été définies dans le cadre des projets d'ITE.

1.4.1. Les indemnisations individuelles

Le GRT propose une indemnisation financière aux propriétaires et exploitants agricoles et forestiers (depuis 1970) dont les terrains sont traversés par les ITE. Pour compenser les gênes occasionnées par l'emprise au sol des ouvrages (aériens et souterrains), des indemnisations individuelles sont versées annuellement notamment sur la base des prix de marché (les rendements et les prix agricoles, les valeurs des arbres abattus, etc.).

Un système d'indemnisation du préjudice visuel a aussi été mis en place (depuis 1992) à destination des propriétaires d'habitations riverains des infrastructures aériennes (225 kV et 400 kV uniquement). Le montant de l'indemnisation est évalué selon différents critères : la distance à l'ouvrage, la position de l'ouvrage par rapport aux champs visuels principaux de la maison, la topographie des lieux. Le montant moyen de l'indemnisation s'élève à 4 500 euros, soit un taux d'indemnisation moyen correspondant à 4,6% de la valeur de l'habitation (RTE, 2008).

1.4.2. Les indemnisations collectives

Un impôt forfaitaire sur les pylônes (communément appelé « taxe pylône ») a été créé par le législateur en 1980 en faveur des communes. Il s'agit d'un impôt annuel versé par le GRT pour chaque pylône (de 225 kV et 400 kV) présent sur le territoire d'une commune. Cette mesure fiscale a été pensée en ces termes : « *octroyer en compensation une recette à la collectivité locale touchée lui permettrait, en cas d'implantation de tels pylônes, non certes de compenser les effets nocifs sur l'environnement, mais d'améliorer ailleurs le cadre de vie de son territoire* » (Croguennoc et Dalle, 2011). La taxe pylône est versée tout au long de la durée de vie d'un ouvrage (environ 80 ans) et son taux est révisé chaque année. Son montant a ainsi augmenté en moyenne de 4,1% par an ces dix dernières années. En 2015, le GRT a versé 245 millions d'euros au titre de cette taxe (i.e. 2 198 euros par pylône 225 kV et 4 393 euros par pylône 400 kV). Cet impôt représente un enjeu financier important pour RTE, qui gère un réseau composé d'environ 250 000 pylônes.

Le GRT contribue en parallèle au financement de projets collectifs pouvant bénéficier directement aux habitants des territoires traversés par le réseau, par l'intermédiaire du Plan d'Accompagnement de Projets (PAP) mis en place en 2005. Le budget alloué à un PAP s'élève à 10% du coût d'investissement d'une nouvelle ligne aérienne de 400 kV, ou 8% du coût d'investissement pour les autres lignes aériennes. Au moins la moitié de ce fonds doit être destiné aux communes traversées directement par la ligne, mais d'autres acteurs peuvent prétendre à bénéficier d'une part (collectivités locales, associations). Les communes se répartissent le budget au prorata de la longueur de lignes traversant leur territoire. Pour les communes, le montant moyen accordé pour un projet est de 87 000 euros (permettant un taux de financement moyen des opérations sélectionnées de 52% ; données RTE). Pour chaque nouveau projet de lignes à très haute tension, différentes opérations sont ainsi financées au sein du territoire traversé. Ces actions doivent rentrer dans l'un des objectifs suivants (Contrat de service public entre l'Etat et RTE, 2005) :

- améliorer l'intégration esthétique des nouvelles ITE ;
- améliorer l'insertion paysagère d'autres ouvrages électriques déjà présents sur le territoire ;
- favoriser le développement durable par le développement économique local ou la maîtrise de la demande d'énergie.

1.5. L'exemple du projet Vigy-Marlenheim (1998-2008)

Nous présentons un retour d'expérience d'un projet phare mené par RTE au cours des années 2000. L'objectif est d'apporter un éclairage sur les montants pouvant être engagés dans les mesures d'accompagnement mises en place par le GRT, et notamment la nature des projets financés par leur intermédiaire. Les données sur les différentes mesures citées ici ont été transmises par RTE

Initié en 1998, le projet consiste en la reconstruction d'une ligne préalablement existante entre les villes de Vigy (département de la Moselle) et Marlenheim (département du Bas-Rhin), supportant une tension de 225 kV jugée alors insuffisante par le GRT. Il s'agit de la remplacer par une nouvelle ligne de tension 400 kV, pour un coût de 70M€ selon les conditions économiques de 2008 (plus 5,2M€ pour la dépose de l'ancienne ligne).

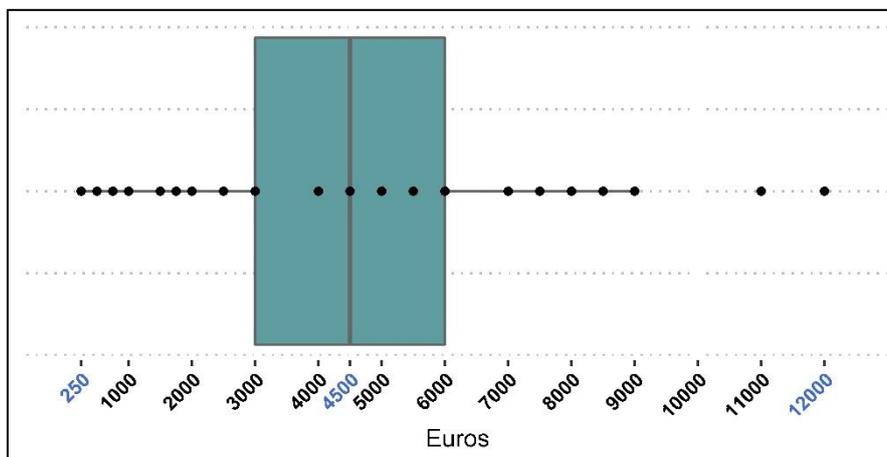
La reconstruction de la ligne devait permettre de satisfaire trois principaux objectifs en complément du renforcement de la capacité du transport électrique dans cette zone de la France. Tout d’abord, cette nouvelle ligne devait sécuriser l’alimentation électrique de l’agglomération de Strasbourg. De plus, elle accompagnait le développement de grands sites industriels dans le département de la Moselle, avec notamment la présence d’importants groupes de production énergétique. Enfin, ces infrastructures permettaient d’anticiper l’arrivée d’une ligne de train à grande vitesse (deux segments de la « LGV Est » mis en service en 2007 et 2016).

La nouvelle ligne ayant été mise en fonction en décembre 2008, le projet a donc mis dix ans à voir le jour depuis l’ouverture de la concertation. Ce projet est par son envergure un des plus gros investissements réalisés par RTE en France au cours des années 2000. La nouvelle ligne est longue de 137 km, pour 298 pylônes. 61 communes sont directement traversées par la ligne, et 25 communes en sont voisines mais tout de même impactées visuellement. Les différentes mesures d’accompagnement présentées précédemment ont été mis en œuvre par RTE à l’occasion de ce projet.

1.5.1. Les indemnisations du préjudice visuel

161 propriétaires ont reçu une indemnisation pour le préjudice visuel causé par les nouvelles ITE sur leur logement. Cela concerne des habitations situées de 75m jusqu’à 1 600m des ouvrages. Le montant moyen de l’indemnité est de 4 504 euros, mais celles-ci se répartissent entre 250 et 12000 euros (Figure 1.4).

Figure 1.4. Distribution des indemnisations du préjudice visuel du projet Vigy-Marlenheim



Lecture : La boîte à moustache présente la répartition des indemnisations versées pour le préjudice visuel. L’indemnisation va de 250 euros à 12 000 euros, avec une médiane de 4 500 euros. La moitié des indemnisations se situent entre 3 000 et 6 000 euros.

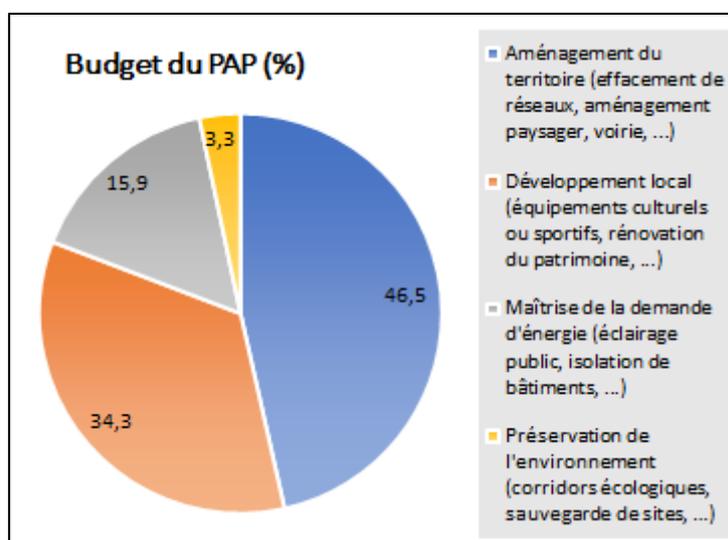
1.5.2. La taxe pylône

La taxe est versée annuellement depuis 2009, ce qui représente 12,3 M€ depuis la mise en service de la ligne (soit 1,2 M€ par an en moyenne). Cela correspond à un revenu annuel moyen d'environ 20 000 euros par commune. Pour les communes, la taxe pylône constitue une source fixe de revenus non négligeable. La valeur actuelle de la taxe pylône sur ce projet s'élève ainsi à 17,8 M€³, ce qui représente environ 298 000 euros par commune.

1.5.3. Le Plan d'Accompagnement de Projets

Le budget alloué au PAP s'élève à 7 M€ (10% du coût d'investissement). Les communes traversées par la ligne ont reçu les trois quarts du budget du PAP (soit 5,1 M€), ce qui représente 83000 euros par commune en moyenne. Les autres bénéficiaires sont principalement les régions et les départements (1,8 M€). Les communes non traversées par les ITE mais considérées comme voisines (car impactées visuellement) ont chacune reçu un montant de 3 000 euros. Le PAP a permis la réalisation de 130 projets. L'ensemble de ces projets représente un investissement global d'environ 26 M€. Le PAP a donc servi à financer 27% de ces investissements.

Figure 1.5. Allocation du budget du PAP « Vigy-Marlenheim » par type de projets



³ La valeur actuelle est calculée en prenant comme base la première taxe pylône versée en 2009 (3404€×298 pylônes), et 5,5% comme taux d'actualisation (le taux utilisé par RTE pour calculer les coûts d'exploitation d'un ouvrage sur sa durée de vie comptable, soit 45 ans) : $\sum_0^{45} \frac{\text{Taxe pylône}}{(1+0,055)^n}$

Dans le détail, 46,5% du budget du PAP a été dédié à des projets d'aménagement du territoire, 34,3% à des projets de développement local, 15,9% à des projets pour la maîtrise de la demande d'énergie, et 3,3% à des projets de préservation de l'environnement (Figure 1.5).

1.5.4. Des mesures additionnelles

Dans les communes où les contestations ont été les plus marquées, et où les désaccords ont été forts avec le GRT, des mesures supplémentaires ont été prises. Celles-ci prennent la forme d'installation de pylônes à impact visuel réduit ou d'enfouissement de lignes à haute tension annexes. Ces mesures ont coûté 6 M€ (soit un montant proche du budget global du PAP) et n'ont concernées que six communes.

Ces mesures auraient dû théoriquement s'inscrire dans le PAP, mais elles nécessitaient un investissement trop important au regard de la dotation moyenne reçue par chaque commune. C'est pourquoi ces opérations peuvent être considérées comme des mesures additionnelles, que le GRT consent à financer afin de ne pas avoir à faire face à un blocage du projet. La limitation budgétaire du PAP a encouragé ces communes à aller obtenir des financements supplémentaires en amont, lors des négociations du tracé avec le GRT.

2. Approche économique des impacts des ITE et de leur compensation

2.1. Une lecture des impacts en termes de coûts externes

Dans le cas du réseau de transport d'électricité, un projet d'ITE produit des effets spatialisés très différents. D'un côté, l'empreinte physique et environnementale des ouvrages peut entraîner des coûts immédiats, pouvant paraître exorbitants ou perçus comme tels, pour les habitants du territoire traversé (Doukas et al., 2011) :

- une modification du paysage, par le dimensionnement et l'esthétique des ouvrages électriques ;
- des craintes pour la santé, avec les inquiétudes autour des effets des champs électromagnétiques ou le bruit émis par les ouvrages ;
- des impacts sur l'environnement naturel et la biodiversité ;
- une modification de l'occupation du sol : l'emprise des ouvrages sur le sol pouvant contraindre les différents propriétaires et exploitants des terrains dans leurs usages (agriculteurs, forestiers).

De l'autre côté, les ITE génèrent des bénéfices beaucoup plus dilués qui impactent directement un grand nombre d'individus, dont beaucoup ignorent qu'ils en font partie (O'Hare, 1982 ; Cain et Nelson, 2013), comme par exemple :

- les consommateurs (résidentiels, industriels) de l'électricité qui transite par la ligne ;
- l'ensemble des consommateurs d'électricité, une ligne renforçant la sécurité d'alimentation de l'ensemble du réseau ;
- l'ensemble de la population, dans la mesure où la ligne permet le transport des flux issus des centrales de production d'énergies renouvelables, contribuant à la transition énergétique.

Les différents impacts générés par les ITE sur les territoires traversés sont la conséquence des décisions de planification prises par le GRT. Les impacts négatifs des ITE peuvent être considérés comme une perte d'utilité et de bien-être pour les agents qui en sont les récepteurs (population habitante, propriétaires fonciers et immobiliers). Ils peuvent dès lors être interprétés comme un problème de coûts externes. En effet, la théorie économique désigne une situation dans laquelle l'action d'un agent économique a des incidences négatives sur le bien-être d'autres agents, sans que les pertes associées ne soient prises en charge par l'agent à l'origine de l'impact, comme une externalité négative (ou un coût externe). L'effet externe est non-intentionnel et est caractérisé par une absence de compensation entre les agents (Baumol et Oates, 1988). Les coûts externes des ITE pour les territoires d'accueil constituent le point de départ de la problématique de l'insertion territoriale des infrastructures.

Du point de vue économique, la répartition des coûts et des avantages des ITE est au centre des issues des négociations avec les acteurs locaux. Par conséquent, face à l'inégale répartition des coûts externes entre les populations des territoires traversés par les ITE et les différentes catégories de bénéficiaires de ces infrastructures, la mise en place de mesures de compensation à destination des agents impactés apparaît nécessaire. Le recours aux mécanismes compensatoires du fait des externalités négatives créées par certaines activités productives ou d'aménagement est une problématique ancienne en économie de l'environnement (Kunreuther et al., 1987 ; Sorensen et al., 1984). **Les mécanismes compensatoires vont ainsi désigner l'ensemble des mesures qui seront mises en œuvre à destination des territoires et populations d'accueil des ITE, dans l'objectif de rétablir un équilibre entre les coûts locaux et les bénéfices non-locaux associés à ces infrastructures** (Himmelberger et al., 1991).

2.2. Les solutions au problème de coûts externes

La théorie économique identifie deux types de solutions en présence de coûts externes :

2.2.1. *La solution « traditionnelle » proposée par l'économie néo-classique*

La solution traditionnelle en présence d'externalités négatives repose sur l'intervention d'un agent garant de l'intérêt général (l'Etat) en tant que régulateur (Pigou, 1920). Le raisonnement économique qui sous-tend les problèmes d'effets externes fait apparaître que le coût privé et le coût social de l'action d'un agent dont les activités peuvent avoir un impact négatif sur d'autres agents diffèrent. Le régulateur doit donc mettre en place un mécanisme capable d'influer sur les comportements des agents responsables des dommages, afin de les amener à intégrer dans leur décision les coûts externes de leurs actions. On parle alors d'internalisation des externalités. La proposition principale de Pigou est de taxer les agents émetteurs à hauteur de la perte de bien-être que leur action engendre chez les autres. En théorie, le niveau minimum de la taxe devrait être défini au coût marginal de réduction de la nuisance par son émetteur pour inciter celui-ci à investir dans une solution moins polluante. Le régulateur peut aussi imposer par une norme de ne pas produire une quantité supérieure de nuisance à la quantité optimale permettant d'aboutir à l'optimum social.

2.2.2. *Une solution « privée » aux coûts externes*

Une solution « privée » aux coûts externes a été proposée par Coase (1960). Coase stipule que dans un contexte où les coûts de transaction (d'information et de négociation) sont faibles et les droits de propriété clairement assignés, il est possible d'aboutir à une solution négociée entre les agents pour résoudre le problème d'externalité. La négociation est une solution privée car elle repose sur des actions et des décisions volontaires de la part des agents économiques. Le rôle de l'Etat peut donc se cantonner à assurer un cadre institutionnel favorisant la réalisation de la négociation. Celle-ci aboutit au versement d'une compensation monétaire envers ceux qui détiennent les droits de propriété, en contrepartie du niveau jugé acceptable de dommages. La problématique des effets externes relève alors autant de l'attribution de la responsabilité du dommage que de l'allocation des droits de propriété sur les ressources et les biens qui sont impactés.

2.3. Analyse des mesures d'accompagnement des ITE au prisme des théories économiques

A partir de ce cadre conceptuel, nous cherchons à faire le lien entre les mesures d'accompagnement mises en place par le GRT français et les propriétés économiques des pertes subies par les populations locales. L'objectif est d'apporter des éclaircissements sur la capacité du GRT à cibler et évaluer les pertes subies par les populations du fait de la présence des ouvrages, et à trouver les modalités pour compenser les habitants à hauteur de ces pertes.

Nous pouvons ainsi classer les différentes mesures d'accompagnement utilisées par le GRT en France, selon les agents concernés, la nature du bien impacté, son régime de propriété, le type d'impact, la valeur de référence utilisée pour l'évaluation du dommage, et l'effet attendu du mécanisme économique à l'œuvre (Tableau 1.1).

La lecture de ce tableau nous montre que les mesures d'accompagnement mises en place pour répondre aux externalités négatives des ITE peuvent être lues comme des mécanismes compensatoires dont l'objectif est de contrebalancer les pertes subies par les agents impactés. La responsabilité du dommage est attribuée au GRT, puisque les externalités négatives sont la conséquence de ses décisions prises en matière de planification des ITE. Les mesures d'accompagnement mises en place prennent ensuite différentes formes selon la nature des droits de propriétés alloués aux biens impactés.

Tableau 1.1. Analyse des mesures d'accompagnement des impacts des ITE

Mesure d'accompagnement	Récepteur	Bien impacté	Régime de propriété	Type d'impact	Valeur de référence	Mécanisme économique de la mesure proposée
Indemnisation des dommages agricoles	Agriculteurs	Ressource foncière	Bien privé	Emprise au sol des infrastructures	Surface exploitable, prix du bien agricole	Indemnisation de la perte financière
Indemnisation du préjudice visuel	Riverains	Bien immobilier	Bien privé	Dégradation de la qualité de la vue depuis le logement	Valeur immobilière	Indemnisation de la perte financière
Plan d'Accompagnement de Projets (PAP)	Habitants des communes traversées	Cadre de vie de la commune	Droit d'usage sur un bien public local	Dégradation de la qualité des paysages et des conditions de vie sur la commune	Aucune	Compensation par le financement de biens collectifs améliorant le cadre de vie
Taxe pylône	Habitants des communes traversées	Cadre de vie de la commune	Droit d'usage sur un bien public local	Dégradation de la qualité des paysages et des conditions de vie sur la commune	Aucune	Compensation par le financement de biens collectifs améliorant le cadre de vie

2.3.1. *Lorsque le droit de propriété sur la ressource est clairement attribué*

Lorsque le droit de propriété concernant la ressource affectée est clairement défini et attribué au récepteur de l'externalité, l'effet externe peut être internalisé au travers d'une négociation entre le GRT et le récepteur. Selon l'approche coasienne, la résolution du conflit se fait par un transfert du droit que détient l'individu impacté envers l'émetteur de l'effet externe, en contrepartie d'une rétribution financière.

Cette solution négociée s'applique pour les situations où les externalités touchent des ressources et des biens en propriétés privées (ressources foncières et biens immobiliers) et pour lesquels une évaluation des dommages est disponible (à partir de valeurs de référence). Ces situations ouvrent droit à une compensation financière individuelle pouvant être considérée comme « équivalente » à la perte subie :

- C'est le cas pour les propriétaires des terrains qui accueillent les ouvrages, principalement les agriculteurs, et qui se retrouvent contraints dans l'usage de leur propriété (perte de surface exploitable). Le droit d'usage du sol est alors transféré au GRT dans la limite de l'emprise des ITE, en contrepartie d'une indemnisation. Le calcul des compensations est issu de négociations entre les différentes parties et se base sur des prix de marché.
- De même, une solution négociée existe pour les propriétaires d'habitations dont le cadre visuel est modifié par l'implantation de nouveaux ouvrages. Pour accepter de vivre avec une vue obstruée par un ou des ouvrages électriques, le GRT offre une compensation financière au propriétaire de l'habitation. Le montant de la compensation est évalué à partir de la visibilité des ITE depuis le logement, et reflète la perte de valeur estimée du bien. Cette perte de valeur du logement reflète la perte de bien-être de son propriétaire.

2.3.2. *Lorsque la ressource impactée possède des caractéristiques de bien public*

Le Tableau 1.1 fait ressortir que les mesures d'accompagnement sont aussi étendues aux externalités touchant des biens présentant des caractéristiques de biens publics. C'est le cas pour le cadre de vie des communes impactées par la présence des ouvrages. Le cadre de vie d'une commune possède les caractéristiques d'un bien public local (non-rivalité, non-exclusivité). Les habitants concernés n'ont pas la propriété privée sur leur cadre de vie, mais ont bien un droit d'usage sur leur environnement immédiat. L'usage quotidien et les bénéfices

qu'il procure à la population locale (en termes d'aménités, de qualité de vie) peut donner au fil du temps l'impression de le posséder (Tobiasson et Jamasb, 2016).

Cela conduit à considérer les conditions d'application des mesures destinées à compenser les pertes sur ce bien non marchand, qui touchent un ensemble de récepteurs (les habitants des communes) :

- Le mécanisme du PAP se rapproche d'une solution négociée entre le GRT et les communes, où des biens collectifs peuvent être financés en contrepartie de la modification du cadre de vie générée par la présence des ITE. Face à l'absence de valeur de référence pour l'évaluation du montant de la compensation, des règles ont été édictées pour déterminer d'une part le montant global du PAP (8% ou 10 % du coût du projet), et d'autre part la répartition de ce budget entre les communes (basée sur la longueur de lignes pour chaque commune). Dans l'objectif de compenser une perte de qualité du cadre de vie, des objectifs précis ont été assignés aux biens collectifs financés par ce mécanisme.
- La taxe pylône correspond plutôt quant à elle à une taxe telle que proposée par Pigou. L'absence de valeur de référence rend compliqué la fixation du niveau de la taxe. Celui-ci est déterminé par le législateur notamment sur la base du produit de la taxe foncière sur les propriétés bâties. Cette taxe n'a pas pour objectif d'inciter le GRT à investir dans une solution moins gênante pour les populations (comme la mise en souterrain), mais elle vise avant tout à mettre à disposition des communes des fonds qui doivent en principe être réinvestis dans des projets collectifs pour compenser la dégradation du cadre de vie.

2.3.3. Enseignements

Le cadre conceptuel mobilisé nous permet d'explicitier le raisonnement économique à l'œuvre dans les solutions proposées pour résoudre les problèmes d'effets externes autour des ITE, et de dresser un premier constat :

- Le bon fonctionnement des mécanismes privés d'indemnisations financières à destination des propriétaires fonciers et immobiliers repose d'une part sur une attribution claire des droits de propriétés, et d'autre part sur l'existence de valeur de référence permettant l'évaluation du montant de la compensation.

- Les mécanismes compensatoires de portée collective font quant à eux face à certaines limites, liées aux caractéristiques spécifiques de l'objet de la compensation : le cadre de vie est un bien public local. En tant que bien non marchand, l'absence de valeur de référence pour l'évaluation économique de la perte constitue une première difficulté. L'absence d'indication claire sur la nature de la compensation à opérer en est une seconde. Le cadre de vie est en effet un bien aux composantes multiples, que les ITE n'altèrent pas uniquement en termes de qualité paysagère, mais aussi au niveau des conditions de vie socio-économiques.

Le cas du projet Vigy-Marlenheim permet notamment d'illustrer ces limites des mécanismes compensatoires collectifs actuels. D'un côté, la taxe pylône devient une source de revenus importante pour les communes, mais l'utilisation qui en est faite reste invisible, notamment aux yeux des habitants. De l'autre côté, le PAP permet le financement de projets locaux en faveur du cadre de vie, mais l'ampleur budgétaire de ce mécanisme se trouve contrainte par des règles de partage fixées de manière exogène. On constate alors que les mécanismes déployés ne suffisent pas, comme en témoigne la mise en œuvre de mesures supplémentaires en matière de qualité paysagère notamment (e.g. demande de nouveau design des ouvrages, ou d'enfouissements de lignes voisines du projet).

Cette demande de mesures supplémentaires peut entraîner des coûts additionnels importants pour les projets :

- des « surcoûts d'exploitation », liés aux retards d'implantation de la ligne induits par l'allongement des négociations et la multiplication des procédures ;
- des « surcoûts d'insertion territoriale » liés directement au coût des mesures compensatoires supplémentaires accordées aux territoires traversés.

La demande de mesures additionnelles traduit ainsi la difficulté de qualifier les pertes liées aux ITE pour les territoires d'une part, et la difficulté de fixer la nature, le montant, et le récepteur des mécanismes compensatoires d'autre part. Dans l'objectif d'améliorer l'insertion des projets d'ITE au sein des territoires, tout en minimisant leurs coûts, la question des mécanismes compensatoires se doit donc d'être explorée plus en détails.

3. Problématique de recherche

3.1. Objectifs de la recherche

Au regard de l'ampleur des investissements publics qui sont engagés, les mécanismes compensatoires sont devenus un élément essentiel de la gouvernance des projets d'ITE. Appelés à contrebalancer les impacts locaux des infrastructures, ils peuvent à la fois façonner la perception que le public a du projet pour leur territoire, et affecter le niveau de confiance dans le processus de décision et dans les acteurs qui le portent.

Pour contribuer à ce que les mécanismes compensatoires deviennent des outils plus efficaces dans la gestion des projets d'ITE, les connaissances nécessitent d'être affinées sur :

- l'ampleur des impacts des infrastructures pour les territoires d'accueil sur le plan économique ;
- les modalités d'interactions entre les différents porteurs d'enjeux au cours des projets (GRT, autorité de régulation, communes, etc.) ;
- la demande des populations locales en matière de compensation.

Cette thèse a pour objectif de développer une approche économique de l'insertion territoriale des infrastructures de transport d'électricité, en partant de l'évaluation des impacts directs supposés fonder les contestations des populations locales, pour arriver jusqu'aux différentes formes de solutions permettant de favoriser l'acceptabilité des projets.

A partir du cadre théorique fondé sur le raisonnement en termes de coûts externes, la thèse se structure autour de deux axes de recherche : (i) l'évaluation de l'ampleur des impacts des ITE sur l'économie locale ; (ii) les conditions de mise en œuvre des mécanismes compensatoires dans les projets d'ITE.

3.2. Axes de recherche

3.2.1. *L'évaluation économique des impacts des ITE*

Les coûts externes des ITE constituent le point de départ de notre analyse. Ils restent à l'heure actuelle l'argument majeur sur lequel se fondent les contestations locales (Cain et Nelson, 2013). L'empreinte physique et environnementale des ouvrages est le marqueur de l'insertion territoriale du réseau de transport d'électricité. Ce premier axe de recherche vise donc à évaluer l'ampleur des impacts des ITE sur l'économie locale.

Nous étudions ainsi comment les impacts supposés ou réels des ITE peuvent se diffuser au sein de l'économie locale, à travers des critères objectifs tels que les prix immobiliers. Nous mobilisons la méthode des prix hédoniques pour procéder à l'analyse de la variation des valeurs immobilières. Le modèle initial proposé par Rosen (1974) a formalisé le cadre théorique permettant d'étudier la nature des relations entre les caractéristiques d'un bien et ses prix hédoniques en situation concurrentielle. Le prix d'un bien immobilier peut ainsi être exprimé en fonction de ses différents attributs intrinsèques et extrinsèques, parmi lesquels les caractéristiques d'environnement naturel du bien, et les variables reflétant l'impact des infrastructures électriques.

Nous procédons dans cette partie à deux évaluations économiques des effets externes des ITE, la première basée sur les tarifs de locations touristiques et la seconde sur les prix de l'immobilier résidentiel.

➤ **La dimension spatiale des impacts des ITE à travers la variation des prix des gîtes ruraux**

Nous proposons une étude comparative de l'impact de la présence d'éoliennes et de lignes à très haute tension dans les territoires ruraux. Ce travail se focalise sur l'économie touristique à travers l'observation des variations des tarifs de locations de gîtes ruraux. Cette recherche vise à **évaluer la perte en termes de coûts externes pour le secteur touristique, face au développement des infrastructures de l'énergie à l'heure de la transition énergétique.**

L'introduction simultanée dans l'analyse des éoliennes et des lignes à très haute tension permet de prendre en considération l'effet cumulatif des infrastructures à l'échelle des territoires. En effet, les sites de production doivent être connectés aux ITE. Le développement des énergies

renouvelables conduit ainsi à placer ces équipements dans des zones où l'on peut les raccorder au réseau existant, ou si tel n'est pas le cas à programmer la création de nouvelles infrastructures de transport.

Or la demande touristique reste sensible à la qualité environnementale des lieux de destination. En ce sens, les empreintes physiques des infrastructures de l'énergie peuvent entraîner une perte de la valeur d'usage des paysages ruraux pour les touristes. A travers la construction de deux types d'indicateurs (distance aux ouvrages et densité d'ouvrages), nous évaluons les impacts des nuisances visuelles associées aux infrastructures. Nous analysons les variations des prix des locations de vacances labellisées « Gîtes de France » situées dans les régions Bretagne, Pays de la Loire, et Poitou-Charentes pour l'année 2013. Un modèle hédonique spatial est estimé par la méthode des moments généralisée (Kelejian et Prucha, 1999), en contrôlant la présence d'autocorrélation spatiale des erreurs.

➤ **La dimension temporelle des impacts des ITE à travers la variation des prix immobiliers**

Nous évaluons ensuite **l'impact résiduel de l'annonce d'un projet d'ITE au sein des communes traversées par le réseau**, et les mécanismes par lesquels les effets externes se matérialisent sur le marché immobilier (comme les effets d'anticipation). La dépréciation des prix immobiliers observée à proximité d'infrastructures sources de nuisances ne relève pas uniquement de l'empreinte visuelle de ces infrastructures, mais peut aussi être attribuée à un processus de marquage des territoires dès l'annonce du projet (« l'effet stigma » ; Elliott et Wadley, 2012). Sachant qu'en France, la durée moyenne d'une procédure d'implantation des ITE est de six ans, les conséquences économiques de l'implantation des ITE doivent donc être étudiées de manière plus fine.

L'évaluation empirique de la composante temporelle des effets d'un projet d'ITE présente toutefois des difficultés, notamment pour disposer d'un nombre suffisant de transactions immobilières pour chacune des communes impactées, avant et après l'annonce du projet. Nous recourons à la méthode de l'expérience quasi-expérimentale et plus précisément aux modèles de doubles différences (Parmeter et Pope, 2009) pour isoler l'emprise spatio-temporelle d'un projet. Il s'agit de construire un dispositif d'observations permettant de comparer des transactions de biens situées à proximité d'un projet, avec des transactions pour des biens plus éloignés de ce projet.

Nous nous appuyons sur des données de prix de maisons localisées dans les communes appartenant à l'aire d'étude du projet « Deux-Loires » entre Saint-Privat-d'Allier et Saint-Etienne (région Auvergne-Rhône-Alpes). Il s'agit d'un projet de dépose d'une ligne à très haute tension de 225 kV, couplé à la reconstruction d'une nouvelle ligne longue de 87 km. Nous focalisons notre analyse sur la phase de concertation qui a eu lieu entre 2009 et 2014. L'objectif est d'évaluer si le niveau d'informations et de connaissances disponibles à propos du projet a eu un impact sur les prix des biens immobiliers dans la zone concernée, quand bien même le niveau de l'externalité négative est resté identique (avec la présence de la ligne existante en parallèle).

3.2.2. Les conditions de mise en œuvre des mécanismes compensatoires dans les projets d'ITE

L'identification des impacts des infrastructures sur l'économie des territoires d'accueil nous conduit ensuite à nous intéresser aux conditions de mise en œuvre des mécanismes compensatoires dans les projets d'ITE. Nous interrogeons tout d'abord les modalités d'interactions entre les principaux porteurs d'enjeux au cours des projets (le GRT et les communes) pour la négociation des mécanismes compensatoires, avant d'explorer la demande sociale des habitants en matière de compensation.

➤ **La négociation des mécanismes compensatoires**

L'identification des impacts des ITE sur l'économie des territoires d'accueil nous conduit à nous intéresser aux modalités d'interactions entre les principaux porteurs d'enjeux au cours des projets (le GRT et les communes). En effet, c'est lors des négociations au cours de la phase de concertation que se décident les conditions de l'insertion territoriale des infrastructures, et notamment la compensation des effets externes. Ainsi l'allocation des mécanismes compensatoires dans un cadre adapté, favorisant la coopération entre les acteurs, peut constituer une première réponse face aux difficultés d'implantation des ITE.

Notre recherche se focalise ici sur les modalités que revêtent les négociations autour des mécanismes compensatoires entre les communes accueillant les ITE et le gestionnaire du réseau. Pour le GRT, la négociation doit permettre l'aboutissement du projet à des coûts acceptables, c'est-à-dire qui limitent la hausse du tarif d'utilisation du réseau pour les consommateurs. Pour les communes accueillant les ITE, la compensation obtenue doit venir contrebalancer les externalités négatives liées à la présence des infrastructures.

Nous mobilisons la théorie des jeux pour modéliser les résultats de la négociation en utilisant la solution identifiée par Nash (1950). Cette solution a été développée dans le cadre de la théorie des jeux coopératifs et repose sur une approche axiomatique. Rubinstein (1982) a également montré que la solution de Nash pouvait être obtenue dans le cadre de la théorie des jeux non coopératifs, comme un cas particulier d'un modèle à offres alternées. Nous explorons ainsi à travers différentes procédures la pluralité des formes que peuvent prendre les négociations stratégiques entre les communes et le GRT (négociations bilatérales, multilatérales, séquentielles), en alternative à la situation non-coopérative. Il s'agit de montrer comment un accord « coasien » peut émerger de différentes procédures de négociation, et analyser les équilibres en résultant pour chacune des parties.

D'autre part, nous intégrons à la réflexion le cadre de régulation au sein duquel le GRT réalise les investissements. Cela nous permet de relier la mise en œuvre de la compensation à l'ensemble des bénéficiaires des ITE (i.e. les consommateurs d'électricité). Nous incluons donc l'analyse de la procédure de négociation dans un modèle plus large de relation verticale (Spengler, 1950). Cela nous permet d'intégrer les différentes catégories d'acteurs de l'industrie électrique (le gestionnaire du réseau de distribution puis les consommateurs finals).

L'objectif est ainsi de trouver une procédure de négociation susceptible de favoriser la coopération entre les communes impliquées dans le projet, tout en s'assurant que leur compensation n'augmente pas le tarif de réseau payé par les consommateurs d'électricité, ni ne compromette l'efficacité économique des investissements réalisés par un GRT régulé (Joskow, 2014).

➤ **La demande sociale pour les mécanismes compensatoires**

Nous explorons enfin différents mécanismes permettant de favoriser l'insertion territoriale des projets d'ITE. Nous étudions la pertinence opérationnelle de ces mécanismes au regard des préférences des habitants. On ne dispose en effet que de peu de connaissances sur la perception que les habitants concernés ont des mécanismes compensatoires. Les impacts socio-économiques des mécanismes compensatoires restent à l'heure actuelle peu visibles et l'on observe même une tendance à l'addition de mesures spécifiques pour obtenir l'adhésion de certaines communes.

La méthode des expériences de choix (Birol et Koundouri, 2008), sert ici de cadre d'analyse et de support méthodologique. Un processus de choix est organisé au travers de scénarios

hypothétiques proposés à des enquêtés. Nous analysons les préférences des habitants pour différents programmes d'accompagnement des territoires, dans un projet fictif d'implantation d'une nouvelle ligne aérienne à très haute tension. Un programme d'accompagnement est composé de différents types de mesures, concernant l'insertion paysagère des ouvrages, la préservation de l'environnement sur le territoire, la fourniture de biens et services locaux, ou encore le financement de projets portés par les habitants.

Les programmes sont présentés à des enquêtés dans le cadre d'une série de choix. Les individus sont alors invités à choisir leur programme préféré parmi deux programmes alternatifs. L'originalité est que ce protocole d'enquête a été administré à l'aide d'une approche délibérative (Brown et al., 1995 ; Spash, 2007). Cette approche a nécessité l'administration de l'enquête en différentes sessions composées de petits groupes de répondants. L'approche délibérative permet de proposer les mêmes expériences de choix deux fois aux enquêtés. Le temps entre les deux séries de choix est consacré à une discussion pour donner l'occasion aux répondants de s'exprimer et d'échanger sur les choix réalisés.

Les résultats de la modélisation économétrique des choix doivent finalement nous permettre d'apprécier les caractéristiques des mesures d'accompagnement qui emportent l'adhésion volontaire des individus.

3.3. Plan de la thèse

Le manuscrit est structuré sous la forme d'une thèse par articles. Les différents travaux menés au cours de ce doctorat ont fait l'objet d'une rédaction sous forme d'articles, publiés ou prêts à être soumis dans des revues à comité de lecture. Les articles ayant fait l'objet d'une publication (chapitre 2) ou d'une soumission (chapitre 4) sont présentés tels que soumis à la revue. Le plan de la thèse est le suivant :

- Le **chapitre 2** présente l'évaluation empirique des coûts externes des infrastructures de l'énergie par la méthode des prix hédoniques, appliquée au cas du secteur touristique. Ce travail a été publié dans le numéro 46 de la revue « Région et Développement » en février 2018 :

Joalland, O., & Rambonilaza, T. (2017). Valeur touristique des aménités environnementales et nuisances associées aux infrastructures d'énergie renouvelable : une approche hédonique spatiale. *Région et Développement*, 46, 93-115.

- Le **chapitre 3** est consacré à l'étude de l'impact résiduel de l'annonce d'un projet au sein des communes traversées par les ITE. Ce chapitre est à l'état de document de travail :

Joalland, O. (2018). Approche quasi-expérimentale des effets d'un projet d'infrastructures de transport d'électricité sur le marché immobilier résidentiel du territoire d'accueil (Document de travail).

- Le **chapitre 4** se focalise sur les négociations autour des mécanismes compensatoires entre les communes accueillant les ITE et le gestionnaire du réseau. Ce travail, rédigé en langue anglaise, a été accepté en décembre 2018 pour publication dans la revue « Energy Economics » :

Joalland, O., Péreau, J.C., & Rambonilaza, T. (2018). Bargaining local compensation payments for the installation of new power transmission lines. *Energy Economics* (Accepted manuscript).

- Le **chapitre 5** explore les différents mécanismes compensatoires permettant de favoriser l'insertion territoriale des projets d'ITE, par l'analyse des préférences individuelles. Ce chapitre est à l'état de document de travail :

Joalland, O., & Rambonilaza, T. (2018). Evaluation délibérative des mécanismes compensatoires des externalités négatives des infrastructures de transport d'électricité (Document de travail).

- Une discussion de l'ensemble des travaux est présentée dans la **conclusion générale**.

Chapitre 2.

Valeur touristique des aménités environnementales et nuisances associées aux infrastructures d'énergie renouvelable : une approche hédonique spatiale

1. Introduction

La transition énergétique a pour ambition de répondre aux grands enjeux que constituent la raréfaction des ressources fossiles, le réchauffement climatique, la maîtrise du coût de l'énergie ou encore l'avenir du nucléaire. Le déploiement d'une politique de transition énergétique doit s'appuyer notamment sur de nouvelles infrastructures de production d'énergie de sources renouvelables, éolien en tête. Or, en dépit de la sophistication des procédures et des précautions prises pour accompagner les décisions d'installations (études d'impact, concertations, enquêtes publiques), plusieurs études ont souligné le développement des contestations locales autour de ce type d'infrastructures (Jobert et al., 2007 ; Nadai et Labussière, 2009). Cet allongement de la durée nécessaire pour l'implantation des infrastructures de production – et aussi de transport – de l'électricité peut représenter un risque pour la bonne mise en œuvre de la transition énergétique, non seulement en termes de délais, mais aussi en termes de coûts.

La diversité des facteurs qui régissent les réactions des populations habitantes des territoires d'accueil face aux projets d'infrastructures d'énergie renouvelable conduisent à affiner la compréhension des revendications et la manière d'y répondre. L'accent a été mis sur les formes de participation du public dans les processus de décision (Van Ransenburg et al., 2015 ; Enevoldsen et Sovacool, 2016 ; Spath et Scolobig, 2017). Cependant, les impacts paysagers, comme l'importance de l'attachement au territoire, ont également été soulignés par certains auteurs comme levier de mobilisation face à un projet jugé menaçant pour « l'identité locale » (Wolsink, 2000 ; Faburel et al., 2011). L'ampleur grandissante des projets et leur concentration dans certains territoires sont devenues des facteurs d'intensification des conflits locaux (Betakova et al., 2015).

Il est usuel en économie de proposer une interprétation des causes des conflits autour des implantations des infrastructures d'énergie renouvelable en termes d'externalités (voir Mattman et al., 2016, pour une meta-analyse de la littérature). On parle de coût externe dès lors que l'action d'un agent économique a des incidences négatives sur la situation d'autres agents, sans que les pertes associées à une telle situation ne soient prises en charge par l'agent à l'origine de l'impact. L'empreinte physique et environnementale des infrastructures de l'énergie peut entraîner des pertes à l'échelle des territoires d'accueil, pouvant paraître exorbitantes ou perçues comme telles. Et cela d'autant plus que les nuisances sont concentrées dans un périmètre spatial

réduit (Zerrahn, 2017), quand les bénéfices concernent un grand nombre d'individus dont beaucoup ignorent qu'ils en font partie (O'Hare, 1982).

L'analyse et l'évaluation des coûts externes des éoliennes sont ainsi devenues une véritable préoccupation des travaux de recherches récents (Gibbons, 2015 ; Cook et al., 2016). Ces travaux présentent un double intérêt. Dans un contexte socio-économique marqué par le déclin des activités agricoles, un argument fort des discours politiques autour du déploiement des énergies renouvelables porte sur leurs potentialités économiques pour les territoires ruraux. Cependant, si ces infrastructures sont supposées contribuer au développement de certaines activités économiques, il est tout aussi important de disposer d'informations sur les pertes qu'elles engendrent (Munday et al., 2011). Par ailleurs, les résultats des travaux d'évaluation ouvrent de nouvelles perspectives dans le domaine précis des mécanismes compensatoires monétaires (Zaal et al., 2015) visant à neutraliser les effets négatifs des infrastructures dans les territoires d'accueil.

Cet article contribue à l'évaluation empirique des coûts externes des implantations d'infrastructures d'énergie renouvelable par la méthode des prix hédoniques, en l'appliquant au cas du secteur touristique. Les caractéristiques de localisation font partie intégrante des attributs des services hôteliers et des locations de vacances. L'accès à ces caractéristiques permet aux acteurs touristiques de différencier leurs produits et asseoir leur pouvoir de marché (Le Goffe, 2000 ; Mollard et al., 2006 ; Nelson, 2010). La demande touristique reste sensible à la qualité environnementale des lieux de destination. En ce sens, les empreintes physiques des infrastructures de l'énergie peuvent entraîner une perte de la valeur d'usage des paysages ruraux pour les touristes. Une récente étude en Allemagne (Broekel et Alfken, 2015) a mis en évidence l'existence d'une corrélation négative entre le taux d'occupation des logements touristiques d'une commune et la taille des éoliennes qui sont présentes dans un rayon de 10 km. A notre connaissance, l'évaluation économique des coûts externes des infrastructures énergétiques pour le secteur touristique n'a pas encore fait l'objet d'une analyse empirique approfondie. L'objectif de cette étude est de mettre en place la méthode des prix hédoniques avec des données françaises.

La méthode des prix hédoniques spatiale avec des données en coupe (Anselin et Arribas-Bel, 2013) est ici mobilisée pour évaluer l'influence des nuisances visuelles associées aux infrastructures de l'énergie (éoliennes mais aussi lignes à haute tension) sur les variations des prix des locations de vacances labellisées « Gîtes de France », situées dans les régions Bretagne,

Pays de la Loire, et Poitou-Charentes. L'introduction des lignes à haute tension à côté des parcs éoliens dans l'analyse permet de prendre en considération l'effet cumulatif des deux infrastructures à l'échelle des territoires. En effet, les sites de production doivent être connectés aux infrastructures de transport d'électricité. Le développement des énergies renouvelables conduit à placer ces équipements dans des zones où l'on peut les raccorder au réseau existant, ou si tel n'est pas le cas, à programmer la création de nouvelles infrastructures de transport.

La suite de l'article se présente de la manière suivante. La deuxième section revient rapidement sur l'état de l'art de l'application de la méthode des prix hédoniques à l'évaluation des nuisances dues aux infrastructures d'énergie renouvelable. La troisième section détaille les données : les variables utilisées pour mener l'analyse, et plus particulièrement les indicateurs de nuisances mobilisés. La quatrième section résume l'approche économétrique mise en œuvre, les raisons du choix des modèles et les résultats des estimations effectuées. La cinquième section procède au calcul des prix implicites et la sixième section à l'évaluation économique des pertes de bien-être pour les touristes et du manque à gagner des propriétaires. Nous concluons cette recherche sur les débats qu'initient les résultats obtenus.

2. Etat de l'art

La quasi-totalité des travaux d'évaluation des externalités des parcs éoliens mobilisent la méthode des prix hédoniques et cherchent à révéler l'étendue des impacts des infrastructures existantes sur le bien-être des populations résidentes à partir de l'analyse de la variation des valeurs immobilières. Les biens immobiliers peuvent en effet capitaliser les nuisances environnementales présentes sur un territoire et la variation des prix des transactions refléter la perception de ces nuisances et les pertes de bien-être pour les populations résidentes. Plusieurs études se sont alors attachées à évaluer monétairement l'ampleur des préjudices visuels par la modélisation hédonique. Les résultats sont contrastés : certains montrent l'absence totale d'effets (Sims et al., 2008 ; Hoen et al., 2011 ; Vyn et McCullough, 2014) quand d'autres détectent un impact négatif de la proximité des ouvrages (Heintzelman et Tuttle, 2012 ; Sunak et Madlener, 2015). Il est ainsi difficile de tirer un avis définitif, car la qualité des bases de données et les indicateurs employés pour caractériser et mesurer les nuisances visuelles varient d'une étude à l'autre. Des travaux plus récents cherchent alors à traiter de manière plus fine cet impact, en s'appuyant sur l'approche hédonique par doubles différences, afin d'isoler l'effet

d'un nouveau projet sur les prix immobiliers (Hoen et al., 2015 ; Gibbons, 2015 ; Sunak et Madlener, 2016).

Ces résultats empiriques doivent cependant être mis en perspective par rapport à une littérature plus large. En effet, au-delà des aspects de méthodes, certains auteurs ont cherché à comprendre les mécanismes qui régulent la dépréciation des prix des biens immobiliers à proximité d'infrastructures sources de nuisances (éoliennes et lignes à haute tension, mais aussi stations de traitement des déchets, centrales nucléaires, antennes-relais). Pour eux (Dale et al., 1999 ; Elliott et Wadley, 2012), les dévalorisations ne relèvent pas uniquement de l'empreinte visuelle des infrastructures, mais aussi d'un processus de « stigmatisation » des territoires qui les accueillent, dès l'annonce du projet. L'anticipation des nuisances se traduit par un excès de l'offre de biens à vendre au regard de la demande, et entraîne de manière mécanique une baisse des prix. Ce phénomène prend place entre l'annonce du projet et la construction des ouvrages, et s'estompe ensuite avec le temps. Ce qui amène ces auteurs à soutenir l'idée que le phénomène de stigmatisation du territoire serait plus problématique que l'empreinte paysagère des ouvrages eux-mêmes.

Les activités touristiques dans les espaces ruraux reposent principalement sur la consommation d'aménités environnementales (calme, tranquillité, beauté des paysages). En ce sens, les empreintes physiques des éoliennes peuvent entraîner une perte de la valeur d'usage touristique des paysages ruraux. Certaines études montrent tout de même que les parcs éoliens peuvent devenir une source de curiosité et des lieux de visites pour les touristes qui se rendent dans ces territoires (Frantal et Kunc, 2011 ; Sousa et Kastenholz, 2015). Ces travaux examinent cela au travers des perceptions des acteurs. Par ailleurs, les évaluations économiques existantes se concentrent sur les éoliennes offshore et le manque à gagner que représentent les parcs éoliens pour le tourisme côtier, en mobilisant la méthode des préférences déclarées des touristes (Lilley et al., 2010 ; Westerberg et al., 2013).

Ces arguments contradictoires initient depuis quelques années, le développement de travaux visant à étudier spécifiquement l'impact des infrastructures de l'énergie renouvelable sur le secteur touristique. Broekel et Alfken (2016) cherchent par exemple à établir un lien de cause à effet entre la fréquentation touristique et la présence d'éoliennes. À notre connaissance, il n'y a pas encore eu de travaux d'évaluation des externalités des infrastructures énergétiques terrestres pour le secteur touristique. La méthode des prix hédoniques semble ici adaptée pour

évaluer les effets d'une condition environnementale devenue pérenne, sur les dynamiques des usages de l'espace et des biens et services, en s'appuyant sur les comportements observés.

3. Les données

3.1. La zone d'étude

Le choix des locations labellisées « Gîtes de France » est apparu évident pour notre étude, ce type d'hébergement étant devenu un symbole du tourisme rural en France. En 2014, l'ensemble des Gîtes de France ont enregistré 28,7 millions de nuitées (pour environ 60 000 hébergements). La consommation des touristes pendant leur séjour a été estimée à 1,3 milliard d'euros. Cette activité correspond à 31 000 emplois directs et indirects. Les investissements effectués par les propriétaires des gîtes dans l'entretien et la restauration de leurs biens (473,5 millions d'euros) en font des acteurs de l'aménagement du territoire par la réhabilitation du patrimoine bâti (Gîtes de France, 2015).

Notre zone d'étude inclut les régions Bretagne, Pays de la Loire et anciennement Poitou-Charentes (voir annexe A1). L'économie touristique est un secteur important pour ces zones rurales et littorales. Le tourisme y représente une part notable de l'économie régionale : en moyenne 8% du PIB et environ 130 000 personnes employées pour l'ensemble de la zone (données 2014). Le catalogue « Gîtes de France » en 2013 répertoriait initialement 7537 gîtes dans cette aire d'étude. Après nettoyage de la base de données (données manquantes, valeurs extrêmes), nous arrivons à un échantillon final de 6277 gîtes. La région Bretagne concentre 60,4% des observations, le Poitou-Charentes 20,4%, et les Pays de la Loire 19,1%. Au total, les gîtes de l'échantillon sont structurés en treize associations départementales.

Cette zone d'étude a surtout été choisie en fonction du développement du secteur éolien. En France, les nouvelles infrastructures de l'énergie sont essentiellement localisées dans les zones rurales et éloignées des zones habitées, dotées d'importants gisements de vent (zones littorales, grandes plaines). En 2013, les puissances raccordées s'élevaient à 782 MW en Bretagne, 535 MW en Pays de la Loire et 325 MW en Poitou-Charentes. De plus, ces trois régions mènent des politiques plutôt ambitieuses en matière d'accueil de l'énergie éolienne. A horizon 2020, les objectifs du développement des capacités de production d'électricité éolienne sont de l'ordre de 1800 MW dans chacune de ces trois régions (pour un objectif national de 19 000 MW ; RTE,

2016). Nous avons pu récupérer les données concernant 507 éoliennes présentes sur ce territoire.

3.2. La mesure des nuisances visuelles engendrées par les infrastructures énergétiques

L'introduction des variables environnementales dans une équation hédonique pose des difficultés de mesure, quand il s'agit de choisir un indicateur objectif et quantitatif qui soit une bonne approximation des caractéristiques réellement perçues par les individus. En outre, le chercheur dispose rarement d'une mesure physique directe de l'environnement naturel, dont l'influence sur les biens localisés dans l'espace est très difficile à caractériser. L'influence de ces variables dans la régression hédonique peut alors faire l'objet d'une erreur de mesure. L'information qu'elles apportent peut en effet être éloignée des situations telles qu'elles sont perçues par les individus. Afin d'établir nos mesures des nuisances dues aux infrastructures, nous nous appuyons sur les enseignements des travaux existants.

Pour le cas des lignes à haute tension, on distingue deux types de travaux. Tout d'abord ceux qui mesurent les impacts des infrastructures par la seule distance de l'habitation aux ouvrages (Colwell, 1990 ; Bond et Hopkins, 2000). Ces études mobilisent souvent des grands échantillons pour lesquels il est difficile d'obtenir des données plus précises de visibilité. La seconde catégorie de travaux adopte une approche micro-spatiale, en travaillant à l'échelle d'une municipalité ou de plusieurs quartiers par exemple. Dans ce cadre, ces travaux disposent d'une mesure plus fine des nuisances visuelles à travers des indicateurs complémentaires à la distance, tels que le degré de visibilité des pylônes ou des transformateurs (Hamilton et Schwann, 1995 ; Rosiers, 2002 ; Sims et Dent, 2005). Dans l'ensemble, les résultats des études montrent d'abord que les prix de marché des biens immobiliers situés à proximité des lignes à haute tension sont relativement plus faibles, même si l'ampleur de la perte varie selon les localités étudiées, la taille de la base de données, et les mesures utilisées.

Pour le cas de l'éolien, la littérature est récente. L'effet dépréciatif des éoliennes sur les prix ne fait pas encore consensus. La plupart des travaux mobilisent les données de transactions résidentielles ou foncières dans un périmètre prédéfini autour des parcs éoliens. Plusieurs travaux combinent des variables de proximité et de visibilité et montrent que l'infrastructure éolienne n'affecte pas le prix des biens immobiliers (Sims et al., 2008 ; Hoen et al., 2014 ; Vyn et McCullough, 2014). A l'inverse, Heintzleman et Tuttle (2012) n'utilisent que des variables de distance, et notamment des variables binaires pour mesurer l'effet de la proximité des sites

éoliens, en estimant un modèle à effets fixes qui révèle un effet négatif et significatif sur les prix des propriétés. De même, pour Sunak et Madlener (2015), la proximité des éoliennes a un effet négatif sur les propriétés avoisinantes, et des régressions locales mettent en avant le rôle de la visibilité comme principal facteur de l'impact mesuré par la variable distance. Enfin, Hoen et al. (2015) et Gibbons (2015) mettent en œuvre l'estimation des prix hédoniques par la méthode de doubles différences, en mobilisant de grands échantillons de données de prix (échelle nationale), pour statuer sur la significativité des impacts des parcs éoliens.

Dans l'ensemble, les travaux sur l'éolien et les lignes à haute tension tendent à montrer que la variable distance n'est significative que pour des situations de proximité immédiate. Il est dès lors intéressant de pouvoir disposer d'un autre type d'indicateur. En complément de la distance, certains auteurs utilisent une variable mesurant la densité d'infrastructures présentes sur un territoire (e.g. Boxall et al., 2005). Cette variable apparaît adaptée aux infrastructures énergétiques, qui sont implantées simultanément en nombre sur un territoire (pour former des parcs éoliens ou un réseau de transport de l'électricité). La seule étude qui mobilise cet indicateur a été conduite par Vyn et McCullough (2014) qui teste l'impact du nombre d'éoliennes dans un rayon de 2 et 5 km autour des habitations.

Etant donné la nature de notre base de données, un grand échantillon réparti sur un périmètre spatial très large, les variables construites pour mesurer les impacts des infrastructures énergétiques sont la distance et la densité (Tableau 2.1). Il faut préciser qu'au moment de l'étude (2013), l'ensemble des éoliennes sont installées depuis au moins de deux ans, les plus anciennes ayant vu le jour 13 années auparavant (en 2000).

Tableau 2.1. Variables utilisées pour mesurer les empreintes paysagères des infrastructures énergétiques

Variables	Description (unité)	Source	Moy	Ecart-type	Méd	Min	Max
dLigne	ligne à haute tension la plus proche (km)	IGN (2013)	11,4	8,9	9,8	0,1	51,1
lignes_10km	longueur de lignes à haute tension dans un rayon de 10 km (km)	IGN (2013)	7,1	8,0	1,1	0,0	19,9
dEolienne	éolienne la plus proche (km)	The Wind Power (2013)	24,2	16,3	20,5	0,5	101,2
eoliennes_10km	nombre d'éoliennes dans un rayon de 10 km	The Wind Power (2013)	1,8	4,7	0,0	0,0	42,0

Plus de la moitié des gîtes est située à plus de 20 km de l'éolienne la plus proche, et à plus de 9,8 km de la ligne à haute tension la plus proche. Seulement, 417 gîtes sont situés à moins d'un kilomètre d'une ligne (9 seulement à moins d'un kilomètre d'une éolienne). A côté de la variable distance, nous avons choisi de mesurer le nombre d'éoliennes ainsi que la longueur de lignes à haute tension dans un rayon de 10 km autour de chaque gîte, en référence au périmètre géographique significatif dans les travaux de Broekel et Alfken (2015). Au final, seulement 20% des gîtes de notre échantillon ont au moins une éolienne présente dans ce rayon. En revanche, plus de la moitié des gîtes sont situés dans une localité traversée par au moins 1 km de ligne à haute tension. En outre, 622 gîtes sont confrontés aux deux infrastructures électriques.

3.3. La variable prix et les autres caractéristiques du gîte

Nous partons de l'hypothèse qu'un gîte est caractérisé par trois catégories de variables : ses attributs intrinsèques ; les caractéristiques d'environnement naturel qui favorisent l'attractivité touristique du gîte et qui sont exogènes ; les variables reflétant l'impact des infrastructures de l'énergie sur l'environnement naturel décrites plus haut. Le prix de location hebdomadaire d'un gîte rural est donc supposé être une fonction de ces variables. Nous n'avons pas pu disposer des données sur les taux d'occupation des gîtes. Dans la mesure où les prix sont fixés à l'avance et que le choix du touriste se base sur la consultation d'un catalogue, les prix fournis sont des prix d'offre, c'est à dire issus d'une tarification qui correspond à la marge ajoutée au coût du service d'hébergement proposé. Ces prix doivent être corrigés du taux d'occupation des gîtes, pour obtenir les prix d'équilibre de marché. C'est pourquoi, il a été choisi de ne considérer que les prix de location hebdomadaire en haute saison affichés dans les catalogues (pour la semaine du 5 au 11 août 2013). Pendant cette période, le taux d'occupation des gîtes atteint 100% et l'on assiste même à une contrainte de capacité, pour certaines localités. Les tarifs de location en haute saison vont de 180 à 1085 euros la semaine, pour une moyenne de 558 euros.

Les disparités spatiales des prix des gîtes en haute saison reflètent à la fois l'ampleur de la pénurie de places dans chacune des localités et la stratégie de tarification pratiquée par les propriétaires. A ce propos, le label « Gîtes de France » est un label national qui regroupe l'ensemble des associations départementales. Il est destiné aux gîtes dont les propriétaires souhaitent la préservation du patrimoine immobilier dans les zones rurales. Seuls les gîtes situés en milieu rural peuvent bénéficier du label. Le propriétaire doit respecter le cahier des charges défini par l'association départementale, et doit par ailleurs verser une commission annuelle

calculée sur la base de son chiffre d'affaires, en contrepartie des services de publicité et de promotion assurés par la fédération « Gîtes de France ».

L'application de la méthode des prix hédoniques aux tarifs des locations de vacances distinguent deux autres catégories de variables explicatives qui ont une influence sur les prix. Les variables intrinsèques qui sont constituées par la capacité d'accueil, le niveau de confort, les services supplémentaires comme l'accueil des animaux domestiques, la présence d'une piscine, ou l'accès à internet. Ces données sont issues du catalogue Gîtes de France de l'année 2013. Les attributs extrinsèques qui présentent les caractéristiques d'aménités intègrent quant à elles :

- la situation géographique du gîte qui renseigne sur son attractivité à travers trois variables : la distance au littoral, la distance à Paris et les conditions climatiques (jours de précipitations en juillet, température moyenne annuelle) ;
- l'écrin paysager mesuré par la proportion de surface forestière, et de surface agricole à l'échelle communale ;
- et enfin la proximité du gîte à des services collectifs (magasins), aux équipements de loisirs, et l'accès à des sites touristiques.

L'annexe A2 résume les statistiques descriptives de ces différentes variables ainsi que les sources des données pour l'ensemble de l'échantillon.

En moyenne, un gîte de notre échantillon peut accueillir environ 5 personnes. Plus de la moitié sont classé 3 épis ou plus. La présence d'animaux domestiques est en majorité tolérée. 7% des gîtes ont une piscine et 27% proposent un accès à internet. La moitié des gîtes se trouvent à moins de 10 km du littoral. Notre zone d'étude concentre un patrimoine important, avec une vingtaine de sites d'intérêts en moyenne à proximité des gîtes, et une dizaine de kilomètres à parcourir pour atteindre le site le plus proche. Presque toutes les communes accueillant un gîte proposent des équipements de loisirs et de services. Les communes de localisation des gîtes notre échantillon sont en grande majorité des territoires agricoles (en moyenne 78% de surfaces communales sont constituées de surfaces agricoles).

4. Stratégie économétrique : la méthode hédonique spatiale

4.1. Une approche hédonique spatiale « ascendante »

L'application de l'analyse hédonique au marché des locations touristiques conduit à tester la nature des interactions spatiales dans les tarifications des locations de vacances et à les traiter, afin d'éviter la présence de biais dans les estimations des effets sur les prix. Il n'est pas rare qu'au sein d'une même localité caractérisée par certaines spécificités environnementales, les propriétaires aient tendance à pratiquer les mêmes prix de locations (des prix élevés en présence d'aménités, et des prix plus faibles en présence de nuisances). L'observation d'une certaine dépendance spatiale des données peut cependant relever de deux processus distincts (Anselin, 2002). Le premier cas de figure reflète une interaction stratégique entre les propriétaires de gîtes voisins, qui ont tendance à fixer leur propre prix en tenant compte des niveaux de prix de leurs concurrents. Ce type de phénomène spatial est à distinguer d'un problème de mesure ou de variables omises spatialement corrélées avec les variables d'intérêt (en l'occurrence ici la proximité des infrastructures), et qui induiraient de manière mécanique des biais d'estimations avec les méthodes usuelles des Moindres Carrés Ordinaires (MCO).

En optant pour une forme logarithmique de la variable prix, l'équation standard du modèle hédonique s'écrit de la manière suivante :

$$\log(P_i) = \beta + \alpha_k z_{ik} + \gamma_m A_{im} + \delta_n C_{in} + \varepsilon_i \quad (1)$$

où P_i représente le prix de location hebdomadaire du gîte i pour l'ensemble de ses caractéristiques, β la constante de régression, α, γ, δ les coefficients, z_k le vecteur des caractéristiques intrinsèques aux gîtes, A_m le vecteur des caractéristiques d'environnement naturel, C_n les mesures des impacts des infrastructures, et ε le terme d'erreurs.

Les relations spatiales sont ensuite spécifiées en introduisant dans le modèle une matrice de poids (notée $W = [w_{ij}]$) où chaque terme de la matrice reflète l'existence ou non d'interdépendance spatiale entre une observation localisée en un lieu i et les autres observations localisées en d'autres lieux j (Baumont et Legros, 2013). Le traitement économétrique de cette interdépendance spatiale distingue par la suite deux types de modélisation.

La première part de l'idée que les propriétaires pratiquent les mêmes niveaux de prix que leurs concurrents immédiats, à savoir les propriétaires des gîtes voisins. Le prix d'un gîte est alors affecté positivement par les prix des gîtes voisins et leurs caractéristiques. On serait donc en présence d'un modèle autorégressif avec variable décalée (modèle SAR, Spatial AutoRegressive model) :

$$\log(P_i) = \rho W \log(P_i) + \beta + \alpha_k z_{ik} + \gamma_m A_{im} + \delta_n C_{in} + \varepsilon_i \quad (2)$$

La deuxième corrige des problèmes de variables omises corrélées à une variable explicative importante et qui seraient à l'origine d'une autocorrélation spatiale des erreurs. Dans ce cas de figure, l'estimation de l'équation hédonique spatiale empruntera un modèle SEM (Spatial Error Model) qui se présente de la manière suivante :

$$\log(P_i) = \beta + \alpha_k z_{ik} + \gamma_m A_{im} + \delta_n C_{in} + u \text{ avec } u = \lambda W u + \varepsilon_i \quad (3)$$

Les paramètres spatiaux ρ de l'équation (2) et λ de l'équation (3) renseignent sur l'ampleur des formes d'interdépendances spatiales.

Nous avons choisi d'implémenter une approche dite ascendante (Le Gallo 2002). L'analyse économétrique part d'une estimation du modèle non spatial et procède aux tests du multiplicateur de Lagrange – et leurs versions robustes - appliqués à ces deux formes de dépendance spatiale (*LMLag* et *RLMLag* pour le modèle SAR ; *LMErr* et *RLMErr* pour le modèle SEM). La statistique *LMLag* teste l'hypothèse nulle de l'absence d'autocorrélation spatiale dans la variable dépendante ($\rho=0$). La statistique *LMErr* teste quant à elle l'hypothèse nulle de l'absence d'autocorrélation spatiale des erreurs ($\lambda=0$). Ces tests renseignent quel type de spécification est à retenir. Cette procédure est en effet la plus performante dans le cas où le vrai modèle est un modèle SAR ou SEM (Florax et al., 2003). Le mécanisme de marché qui coordonne la tarification des gîtes ruraux labellisés « Gîtes de France » en France est la concurrence monopolistique (Mollard et al., 2006). Dans ce cadre, étant donné la grande diversité des gîtes et le nombre de concurrents sur le marché, les propriétaires peuvent négliger les interactions stratégiques avec les autres propriétaires (Matsuyama, 1995). Nous nous attendons donc à la validation d'un modèle SEM.

Il faut cependant souligner que l'échantillon dont nous disposons, composé uniquement de données en coupe, ne vise pas à identifier l'impact de l'installation d'une infrastructure éolienne sur les prix, ce qui nécessiterait de disposer de chroniques de prix (avant et après les projets).

Nous cherchons plutôt à tester l'effet de la présence des infrastructures et à évaluer leur ampleur après l'installation.

4.2. Une équation hédonique spatiale sans effets fixes départementaux

Il est usuel de tester plusieurs matrices de poids, afin de vérifier la stabilité des coefficients entre les estimations ainsi obtenues avant de les commenter. L'opérationnalisation empirique nous a conduit à garder et restituer dans cette recherche les résultats associés à deux matrices de poids, et pour lesquelles un poids plus important est donné aux observations les plus proches (Baumont et Legros, 2013). Le Tableau 2.2 résume la force des interdépendances issues de ces deux matrices de poids.

Tableau 2.2. Description des voisinages retenus

Matrice	(Unité)	Min	Méd	Moy	Max
10 voisins	(km)	0,6	4,8	5,7	32,1
10 km	(nb)	0,0	35,0	54,7	234,0

La notion de voisinage est établie en référence à un « périmètre géographique maximal » au sein duquel les touristes organisent leur recherche d'hébergement similaire.

- La première matrice est constituée par les dix plus proches voisins : celle-ci assure pour chaque observation le même nombre d'interdépendances. Les dix plus proches voisins sont situés en moyenne dans un périmètre de 5,7 km, mais on observe de fortes variations au sein de l'échantillon (le dixième voisin est ainsi situé dans un intervalle allant de 600 m à 32 km) ;
- La deuxième matrice est construite sur la base de la distance, avec un voisinage établi au sein d'un rayon de 10 km. Cette spécification induit un nombre de voisins différents pour chaque observation. En moyenne une observation a 55 voisins à cette distance.

Le segment de marché sur lequel nous travaillons regroupe l'ensemble des gîtes labellisés « Gîtes de France » pour l'ensemble des treize associations départementales des trois régions considérées. La variable de prix a été transformée sous forme logarithmique. Cette transformation a pour effet de normaliser la distribution des prix au sein de laquelle les valeurs plus faibles restent très rares. Les résultats de l'estimation par les MCO se trouvent dans la colonne (1) du Tableau 2.3.

Le test statistique effectué à partir de l'Indice de Moran pour la variable de prix se révèle positif et significatif pour chacune des deux matrices de poids (voir annexe A3 pour le détail), indiquant que les prix de gîtes voisins tendent à se ressembler. Au regard de ces deux tests, il n'y a aucun doute que les prix des gîtes ruraux élevés (versus faibles) tendent à se concentrer dans une localité géographique. Nous calculons également l'Indice de Moran pour les résidus de la régression MCO (Moran, 1950) et les statistiques sont toutes positives et significatives pour les deux matrices de poids utilisées. Par ailleurs le test de Breusch-Pagan (BP test) révèle l'hétéroscédasticité des erreurs, ce qui n'est pas étonnant compte tenu de la présence d'une dépendance spatiale (« BP test », Tableau 2.3). Dans ce contexte, l'estimation par les MCO est biaisée car en présence d'autocorrélation spatiale, les estimateurs MCO ne sont ni convergents ni efficaces (Le Gallo, 2002).

Afin de déterminer le modèle spatial à utiliser pour corriger les différents biais engendrés par ce phénomène d'autocorrélation spatiale, nous pouvons comparer les résultats et les niveaux de significativité des tests du multiplicateur de Lagrange et leurs versions robustes (annexe A3). Nous en déduisons qu'il faut estimer notre modèle hédonique en introduisant la dépendance spatiale dans le terme d'erreur (modèle SEM, équation 3). En effet, lorsque les deux tests LM sont significatifs, il faut regarder les résultats des tests robustes et comparer les niveaux de significativité ainsi que les valeurs de chaque statistique. Seul le test *RLMErr* est significatif, et ce pour chaque matrice de poids (tests basés sur une loi du chi-deux à un degré de liberté).

Nous avons par conséquent procédé à l'estimation de l'équation hédonique en tenant compte de la présence d'autocorrélation spatiale des erreurs avec la méthode des moments généralisée (Kelejian et Prucha, 1999), qui est plus adaptée aux calculs matriciels pour des échantillons de grande taille que la méthode du maximum de vraisemblance. En outre, la méthode des moments généralisée reste plus flexible car elle n'impose pas que l'hypothèse de normalité des résidus soit satisfaite (Bell et Bockstael, 2000 ; Kelejian et Prucha, 1999). Les résultats des estimations de l'équation hédonique spatiale avec les deux matrices de poids sont présentés dans les colonnes 2 et 3 du Tableau 2.3.

Tableau 2.3. Estimation de l'équation de prix hédoniques sans effets fixes départementaux

Variables	MCO (log-log)		GM 10 voisins		GM 10 km	
	(1)		(2)		(3)	
constante	4,5164	***	4,4615	***	4,3933	***
capacité	0,0885	***	0,0892	***	0,0890	***
capacité/chambre	-0,0357	***	-0,0360	***	-0,0363	***
confort	0,1614	***	0,1660	***	0,1671	***
animaux	-0,0152	***	-0,0130	***	-0,0131	***
piscine	0,2712	***	0,2667	***	0,2671	***
internet	0,0428	***	0,0396	***	0,0395	***
ln(dMer)	-0,0639	***	-0,0629	***	-0,0598	***
ln(dParis)	0,1759	***	0,1925	***	0,2083	***
ln(dPatrimoine)	-0,0068	***	-0,0053	*	-0,0051	*
sites_30km	0,0007	***	0,0009	***	0,0011	***
magasins	0,0213	***	0,0112		0,0104	
loisirs	0,0364	***	0,0259	*	0,0303	**
tmo	0,0363	***	0,0310	***	0,0253	***
pje	-0,0338	***	-0,0371	***	-0,0360	***
surface_foret	-0,0012	***	-0,0010	***	-0,0010	***
surface_agri	-0,0022	***	-0,0020	***	-0,0019	***
ln(dLigne)	0,0062	**	0,0071	**	0,0081	**
ln(dEolienne)	-0,0070	*	-0,0019		0,0009	
lignes_10km	-0,0002		-0,0002		-0,0001	
eoliennes_10km	-0,0027	***	-0,0017	**	-0,0014	*
R ²	0,71					
AIC	-5377,65					
Log-likelihood	2710,82					
BP test	99,39 ***					
Lambda (λ)			0,3584		0,4178	

Significativité : *** 1%, ** 5%, * 10%

Nous pouvons constater à la lecture des résultats que lorsque l'on corrige le modèle de l'autocorrélation spatiale des erreurs, le paramètre λ qui témoigne de la force du phénomène spatial pris en compte est positif et significatif dans chacune des estimations. La valeur des coefficients et leur significativité restent très stables d'une équation non spatiale à l'équation spatiale sauf pour deux variables : la présence de magasins dans la commune du gîte et la variable distance à l'éolienne qui deviennent non significative. Cela signifie que ces deux variables sont corrélées avec des variables omises, dont l'influence n'est pas prise en compte avec une estimation par les MCO.

4.3. Une équation hédonique spatiale avec effets fixes départementaux

D'une manière générale, l'autocorrélation des erreurs provient de l'omission de variables explicatives importantes (Le Gallo, 2002). S'il est important de corriger les estimations de la présence d'autocorrélation spatiale des erreurs, il est tout aussi important d'en détecter la source, de penser aux variables spatiales qui peuvent entrer en ligne de compte. Nous réitérons alors nos estimations économétriques, cette fois-ci avec des effets fixes spatiaux (Anselin et Arribas-Bel, 2013). Nous intégrons des effets fixes départementaux en considérant que les interdépendances spatiales entre les prix s'étendent à l'ensemble des gîtes faisant partie d'une même fédération départementale. Les résultats de l'estimation de l'équation par les MCO sont présentés dans le Tableau 2.4 (colonne 1).

Nous pouvons constater à la lecture de ces résultats que l'ensemble des effets fixes départementaux sont significatifs. Par ailleurs le R^2 passe de 0,71 à 0,73. La significativité des caractéristiques intrinsèques des gîtes et des aménités reste quasi-identique avec celle obtenue avec le modèle précédent. En revanche, les variables de localisation géographique (distance à Paris) et de climat (température moyenne et précipitation) ne sont plus significatives. De même, la variable indiquant la densité des éoliennes dans un rayon de 10km, significative dans les modèles sans effets fixes, devient ici non significative. A l'inverse, on peut constater que l'influence de la distance à l'éolienne sur les prix redevient significative, et cela pour les trois modèles.

Ces résultats semblent indiquer que les effets fixes départementaux captent plus les spécificités géographiques des gîtes localisés dans un même département (dont la densité moyenne des éoliennes), et moins l'existence d'une stratégie de tarification collective menée à l'échelle du département. Nous procédons de nouveau aux tests de présence d'autocorrélation spatiale dans les résultats de cette nouvelle équation hédonique. Les différentes statistiques de tests (voir annexe A4) montrent que l'on est encore en présence d'une autocorrélation spatiale des erreurs, due probablement à des variables omises à une échelle spatiale plus fine. Nous estimons le modèle de l'équation hédonique des prix des gîtes avec la méthode des moments généralisés, en utilisant successivement les deux matrices de poids (Tableau 2.4, colonnes 2 et 3). L'équation de prix hédonique pour les gîtes ruraux serait donc une équation de prix avec effets fixes départementaux, et corrigée de l'autocorrélation spatiale des erreurs du fait d'un problème de variables omises persistantes. Nous gardons ce modèle pour l'analyse de nos résultats.

Tableau 2.4. Estimation de l'équation de prix hédoniques avec effets fixes départementaux

Variables	MCO (log-log)		GM 10 voisins		GM 10 km	
	(1)		(2)		(3)	
constante	4,5164	***	4,4615	***	4,3933	***
<i>Dept (réf : Loire Atlantique) :</i>						
Charente	-0,1436	***	-0,1392	***	-0,1371	***
Charente Maritime	-0,0972	***	-0,0908	***	-0,0904	***
Cotes d'Armor	-0,1495	***	-0,1519	***	-0,1538	***
Finistère	-0,1768	***	-0,1750	***	-0,1745	***
Ille et Vilaine	-0,2194	***	-0,2132	***	-0,2099	***
Maine et Loire	-0,1871	***	-0,1868	***	-0,1871	***
Mayenne	-0,2622	***	-0,2528	***	-0,2531	***
Morbihan	-0,0938	***	-0,0937	***	-0,0950	***
Sarthe	-0,3424	***	-0,3358	***	-0,3368	***
Deux Sèvres	-0,0874	***	-0,0864	***	-0,0866	***
Vendée	-0,0522	***	-0,0477	***	-0,0454	***
Vienne	-0,2118	***	-0,2088	***	-0,2121	***
capacité	0,0888	***	0,0893	***	0,0892	***
capacité/chambre	-0,0380	***	-0,0373	***	-0,0375	***
confort	0,1687	***	0,1693	***	0,1699	***
animaux	-0,0080	**	-0,0093	**	-0,0096	**
piscine	0,2688	***	0,2668	***	0,2673	***
internet	0,0357	***	0,0361	***	0,0363	***
ln(dMer)	-0,0672	***	-0,0663	***	-0,0638	***
ln(dParis)	0,0012		0,0318		0,0495	
ln(dPatrimoine)	-0,0111	***	-0,0097	***	-0,0093	***
sites_30km	0,0014	***	0,0014	***	0,0015	***
magasins	0,0154	**	0,0099		0,0105	
loisirs	0,0234	*	0,0213		0,0253	*
tmo	0,0099		0,0006		-0,0049	
pje	0,0028		-0,0051		-0,0071	
surface_foret	-0,0012	***	-0,0011	***	-0,0010	***
surface_agri	-0,0020	***	-0,0019	***	-0,0019	***
ln(dLigne)	0,0066	**	0,0069	**	0,0073	**
ln(dEolienne)	0,0137	***	0,0155	***	0,0167	***
lignes_10km	-0,0002		-0,0002		-0,0002	
eoliennes_10km	0,0001		0,0004		0,0004	
R ²	0,73					
AIC	-5857,34					
Log-likelihood	2962,67					
BP test	161,56 ***					
Lambda (λ)			0,2787		0,3207	

Significativité : *** 1%, ** 5%, * 10%

5. Hiérarchie des attributs dans la tarification des gîtes

Afin d'interpréter les résultats des estimations pour les caractéristiques des locations touristiques, nous procédons au calcul des prix implicites et à leur interprétation. La variable prix ayant été introduite sous forme logarithmique, les coefficients donnent une indication de la variation du prix (en pourcentage) par rapport à un changement de niveau des variables explicatives. Pour faciliter l'interprétation et l'analyse de l'ampleur de ces variations, nous évaluons les prix implicites des caractéristiques en nous appuyant sur le prix moyen d'un gîte trois épis qui avoisine 589 euros par semaine (un gîte de niveau de confort intermédiaire et qui représente les deux tiers de notre échantillon), et un prix de 480 euros pour un gîte de deux épis (une qualité de confort moindre et qui représente 28% de l'échantillon). Nous évaluons ces prix implicites à partir des coefficients des variables significatives de l'équation de prix hédonique présentée dans la colonne 3 du Tableau 2.4. Cela revient à dire par ailleurs que ces deux gîtes de référence sont situés dans le département de Loire-Atlantique. Les résultats sont détaillés dans le Tableau 2.5 et le mode de calcul des prix implicite est présenté en annexe (A5).

La valeur locative d'un gîte dépend avant tout des caractéristiques intrinsèques du logement, et notamment ses conditions d'accueil. L'amélioration du confort, qui se traduirait par un épi supplémentaire, est pour un gîte de 2 épis évaluée à 81 euros par semaine, et pour un gîte de 3 épis à 100 euros. Le surpris à payer pour loger une personne supplémentaire est entre 42 euros et 52 euros par semaine. Le surpris à payer du fait de la présence d'une piscine est entre 147 euros et 180 euros par semaine.

La localisation des gîtes reste néanmoins un facteur d'attractivité et, d'une manière générale en période estivale, la proximité du littoral est assez recherchée. Les gîtes sont localisés à une distance moyenne de 28 km du bord de mer. Aussi, les touristes qui choisissent de loger dans un gîte classé 2 ou 3 épis doivent payer environ entre 30 euros et 37 euros supplémentaires par semaine pour bénéficier d'un gîte situé à 1 km du littoral (plutôt qu'à 2 km). En revanche, on constate une valorisation limitée pour les autres aménités. Ainsi le surpris d'un même gîte (2 ou 3 épis) est entre 0,7 euro et 0,9 euro pour bénéficier d'un site patrimonial supplémentaire dans un rayon de 30 km. Les touristes doivent par ailleurs s'acquitter de 5 euros par semaine au maximum pour se rapprocher d'un kilomètre d'un site patrimonial. En définitive le coût de transport pour accéder aux sites touristiques et aux services reste très faible, le surpris à payer pour bénéficier d'une location qui soit plus proche des aménités patrimoniales restant très

faible. La présence d'un équipement de loisir dans la commune de localisation du gîte est valorisée entre 12 euros et 15 euros par semaine.

On constate également que dans les territoires ruraux dont les usages du sol sont déjà dominés par les usages agricoles (pour plus de la moitié des gîtes, la surface agricole occupe 83% des surfaces communales), la prépondérance des surfaces agricoles dans le paysage communal est dévalorisée par les touristes (à hauteur d'un euro par semaine pour 1% de surface supplémentaire). Ce résultat a été mis en évidence par les travaux précédents (Le Goffe, 2000) notamment dans les territoires dont les usages du sol sont dominés par les cultures fourragères (par exemple la maïsiculture). La présence de la forêt induit la même situation, même si le montant de la décote reste faible (environ 0,5 euro par semaine). Ce résultat est conforme avec les résultats d'études précédentes. Les forêts sont recherchées pour la pratique récréative, mais elles sont moins valorisées à côté des habitations car elles encombrant le paysage.

Tableau 2.5. Estimation des prix implicites (€/semaine)

Variables	Gîte 2 épis	Gîtes 3 épis
capacité	42,8	52,5
capacité/chambre	-18,0	-22,1
confort	81,6	100,1
animaux	-4,6	-5,7
piscine	147,2	180,6
internet	17,8	21,8
$\ln(dMer)$	-30,7	-37,6
$\ln(dPatrimoine)$	-4,5	-5,5
sites_30km	0,7	0,9
loisirs	12,3	15,1
surface_foret	-0,5	-0,6
surface_agri	-0,9	-1,1
$\ln(dLigne)$	0,4	0,4
$\ln(dEolienne)$	0,4	0,5

L'estimation d'un modèle hédonique spatial permet de détecter que c'est bien la proximité des ouvrages qui se révèle être le facteur le plus impactant puisque la densité du réseau et des éoliennes n'est pas significative dans nos modèles avec effets fixes. Le signe positif des coefficients devant les variables $\ln(dLignes)$ et $\ln(dEoliennes)$ signifie que les touristes cherchent à louer des gîtes qui sont éloignés des infrastructures de l'énergie. Cependant, plus de la moitié des gîtes sont déjà situés à plus de 9,8 km d'une ligne à haute tension, et à plus de 20 km d'une éolienne. A ces distances, le surpris à payer pour les touristes désirant s'éloigner

des infrastructures est quasiment nul : le surpris à payer pour un touriste qui loge dans un gîte noté 2 ou 3 épis pour s'éloigner d'un kilomètre n'est que de 0,4 euro pour les lignes électriques et 0,5 euro pour les éoliennes.

Une caractéristique importante de la méthode des prix hédoniques est qu'elle considère les valeurs d'usage à partir des comportements observés d'une part, et pour un marché à l'équilibre d'autre part. Cela veut dire que l'évaluation de la perte de bien-être des touristes tient compte de leurs préférences paysagères, mais aussi de la cartographie de l'offre. Comme la majorité des touristes n'est pas confrontée, pour l'instant, à la rareté de gîtes éloignées des infrastructures de l'énergie, ils sont assez peu contraints pour trouver un lieu d'hébergement qui ne soit pas à proximité d'une ligne à haute tension ou d'une éolienne. Les touristes ne sont donc pas obligés de surenchérir pour accéder à un gîte n'ayant pas de telles nuisances visuelles. La répartition géographique de l'ensemble des gîtes comme des infrastructures jouent ainsi un rôle très important dans l'équilibre du marché des locations de vacances. C'est pourquoi, il était indispensable de combiner le modèle économétrique des prix hédoniques avec le concept d'autocorrélation spatiale.

6. Une distribution asymétrique des pertes

Les prix implicites calculés précédemment donnent des indications sur des situations moyennes, ce qui occulte la situation spécifique des gîtes qui se trouvent à proximité immédiate des infrastructures de l'énergie. C'est pourquoi, il nous a semblé important de regarder l'évolution de la décote des prix pour les gîtes se situant dans un rayon de 100 m à 1 km d'une ligne à haute tension, et dans un rayon de 500 m (distance réglementaire) à 5 km d'une éolienne.

Le Tableau 2.6 restitue les résultats de nos calculs. Il montre que le prix marginal décroît rapidement dans un périmètre d'un kilomètre autour d'une ligne. Le différentiel de prix entre un gîte situé à 100m d'une ligne à haute tension et un gîte situé à 1 km de celle-ci est estimé entre 31 euros (gîte 2 épis) et 38 euros (gîte 3 épis). De la même manière, le surpris pour s'éloigner d'une éolienne décroît rapidement avec la distance (dès 1 km). Le différentiel de prix entre un gîte situé à 500 m d'une éolienne et un gîte situé à 5 km est entre 72 euros (gîte 2 épis) et 89 euros (gîte 3 épis).

Tableau 2.6. Surprix à payer pour bénéficier d'un gîte plus éloigné des infrastructures

Surprix pour s'éloigner d'une ligne			Surprix pour s'éloigner d'une éolienne		
Distance (km)	Gîtes 2 épis	Gîtes 3 épis	Distance (km)	Gîtes 2 épis	Gîtes 3 épis
de 0,1 à 0,2	3,49	4,29	de 0,5 à 1	8,02	9,84
de 0,2 à 0,3	1,75	2,14	de 1 à 1,5	4,01	4,92
de 0,3 à 0,4	1,16	1,43	de 1,5 à 2	2,67	3,28
de 0,4 à 0,5	0,87	1,07	de 2 à 2,5	2,01	2,46
de 0,5 à 0,6	0,70	0,86	de 2,5 à 3	1,60	1,97
de 0,6 à 0,7	0,58	0,71	de 3 à 3,5	1,34	1,64
de 0,7 à 0,8	0,50	0,61	de 3,5 à 4	1,15	1,41
de 0,8 à 0,9	0,44	0,54	de 4 à 4,5	1,00	1,23
de 0,9 à 1	0,39	0,48	de 4,5 à 5	0,89	1,09
De 0,1 à 1 km	31,45 €	38,57 €	De 0,5 à 5 km	72,21 €	88,57 €

A partir de là, nous pouvons élargir cette évaluation de la perte aux propriétaires des gîtes qui subiraient les nuisances des infrastructures venant s'installer dans leur proximité immédiate. Nous considérons pour cette évaluation, un scénario pour lequel les gîtes continuent à réaliser le même taux d'occupation (équivalent à 16 semaines par an selon Gîtes de France), mais à un tarif plus faible. Nous proposons de calculer ce coût en termes de valeur actuelle nette (VAN). En effet, même dans l'hypothèse où l'effet « de stigmatisation » (Elliott et Wadley, 2012) s'estompe pour les territoires d'accueil au fil du temps, il nous semble raisonnable d'acter le fait que les effets des infrastructures peuvent être pérennes tout au long de la durée de vie d'un ouvrage (environ 20 ans pour les éoliennes).

Nous avons choisi pour le calcul de la VAN un taux d'actualisation de 2,8% (le taux d'intérêt à long terme pour les plans d'épargne logement selon la Banque de France en 2016). Les résultats sont présentés dans le Tableau 2.7, avec comme référence un gîte situé à proximité immédiate d'un ouvrage (respectivement 100 m pour une ligne à haute tension et 500 pour une éolienne). Nous évaluons les manques à gagner des propriétaires en comparaison d'une location similaire située hors du périmètre de nuisance des infrastructures, respectivement à 10 km et 20 km. Ces valeurs de référence correspondent à la distance médiane des observations aux infrastructures, en 2013 (cf. Tableau 2.1).

Tableau 2.7. Coûts pour les propriétaires de gîtes situés à proximité immédiate des infrastructures

Distance	Perte/semaine (€)	Perte/année (€)	VAN de la perte sur 20 ans (€) ^a
<i>à 100m d'une ligne à haute tension :</i>			
Gîte 2 épis	345,9	5534,8	89 421,4
Gîte 3 épis	424,2	6788,0	109 669,1
<i>à 500m d'une éolienne :</i>			
Gîte 2 épis	312,9	5006,8	80 891,7
Gîte 3 épis	383,8	6140,5	99 208,1

$$^a \text{ Calcul de la VAN} = \sum_0^{20} \frac{\text{Perte annuelle}}{(1+0,028)^n}$$

Nous pouvons constater que l'arrivée d'une ligne à très haute tension pour les propriétaires des gîtes qui se situaient auparavant à 10 km d'une ligne à haute tension et qui se retrouveraient ensuite à 100 m, induirait une perte d'un montant annuel entre 5 534 euros et 6 788 euros. De même, un propriétaire de gîte qui se situait auparavant à 20 km d'une éolienne et qui se retrouverait ensuite à 500m subirait une perte entre 5 006 euros et 6 140 euros. Le revenu annuel brut moyen pour un propriétaire en France s'élevait à 10 470 euros (données Gîtes de France, 2015). Cela veut dire que ces propriétaires subiraient en moyenne une perte de plus de la moitié de leur chiffre d'affaires annuel. Par ailleurs, quand il s'agit de raisonner sur la base de la VAN (en référence à une perte sur le long terme), les montants des pertes estimées se situent entre 80 000 euros et 110 000 euros. Ces chiffres sont néanmoins à considérer avec prudence car ils ne constituent que des intervalles de valeurs qui ne peuvent pas être dissociées des scénarios retenus pour leur calcul.

Par ailleurs, les résultats de cette évaluation restent fragiles, même s'ils sont obtenus à l'issue d'une mobilisation exigeante de la théorie économique et des méthodes économétriques avancées. L'évaluation économique des bénéfices comme des dommages liés à l'environnement reste un travail complexe (Bureau et Point, 2013). Une première limite tient à l'information des touristes pour pouvoir exploiter les prix d'offre comme des prix de marché. En effet, d'une manière générale, les touristes qui se rendent dans ces gîtes ont tendance à décider en fonction de la réputation du label et consultent son catalogue en conséquence. Cependant, ce catalogue ne permet pas de disposer de toutes les informations nécessaires pour évaluer la qualité de l'hébergement qu'ils souhaitent louer, en l'occurrence la présence d'infrastructures de l'énergie (éolienne, ligne à haute tension) à proximité de l'hébergement de vacances. Les indicateurs obtenus donnent néanmoins des ordres de grandeurs utiles pour

apprécier l'ampleur des coûts externes. Une deuxième limite peut être attribuée au choix de la segmentation de marché (Baudry et Maslianskaia-Pautrel, 2011) pour mettre en œuvre la méthode des prix hédoniques. Le problème soulevé par ces auteurs serait néanmoins plus contraignant si notre ambition était de procéder à une évaluation de la demande environnementale par la méthode hédonique en deux étapes. Ce qui n'est pas l'objectif ici, car nous nous intéressons aux prix implicites d'un ensemble de caractéristiques devenues des attributs structurels des gîtes.

7. Conclusion

Il est souvent reconnu qu'une meilleure prise en compte des externalités environnementales dans les décisions publiques peut permettre de surmonter les obstacles à l'émergence d'un accord, et aider au règlement des conflits. L'évaluation économique de ces externalités constitue en cela un élément qui pourrait accompagner la coordination collective. Les résultats empiriques présentés dans cet article traduisent l'apport qui peut être attendu de tels travaux dédiés à l'évaluation économique des valeurs des aménités naturelles et des coûts des nuisances environnementales. Cet apport se situe à deux niveaux.

Le premier tient à la capacité des méthodes d'évaluation économique à prendre en compte les conséquences d'une décision sur tout un ensemble de groupes sociaux et pas seulement les bénéficiaires directs (Godard, 1996). Le recours à la méthode hédonique a permis ici de soulever les coûts des nuisances liées aux infrastructures pour les acteurs touristiques. Il faut cependant souligner que la méthode des prix hédoniques ne révélant que les valeurs d'usages, les évaluations que nous disposons peuvent être extrêmement limitées pour accompagner les décisions publiques en matière de localisation d'infrastructures de l'énergie dans les territoires ruraux. Cette méthode ne donne aucune indication sur les valeurs de préservation des paysages naturels dans ces territoires, qui peuvent se révéler également aussi importantes que leur valeur d'usage.

A l'heure actuelle, la seule recherche traitant de l'évaluation de ces valeurs de préservation a été menée par Meyerhoff et al. (2010). Les auteurs mobilisent la méthode des préférences déclarées pour étudier la localisation des éoliennes étant donné les enjeux de conservation associés aux paysages de la localité d'accueil. Leur étude néglige la valeur d'usage. Il y a donc un risque à localiser les infrastructures éoliennes notamment dans des endroits de plus en plus éloignés des lieux d'habitation et qui ne sont pas des espaces classés ou protégés, mais dont les

pertes en termes de valeur de non-usage (biodiversité, patrimoine naturel) peuvent se révéler largement plus importantes. Une réflexion qui tient compte à la fois des valeurs d'usages et des valeurs de non usages n'a pas encore été menée à ce jour et peut faire l'objet de recherches futures. La problématisation de la répartition spatiale des nouvelles éoliennes et des infrastructures de transport d'électricité nécessaires à leur fonctionnement doit en effet tenir compte des différents bénéfices et coûts environnementaux et rendre explicite la nature des arbitrages sous-jacents.

Un second apport de ce travail est d'ouvrir des pistes de réflexion pour les politiques publiques en matière de localisation des infrastructures énergétiques. Dans l'ensemble, les résultats confirment que les prix de marché de locations de vacances situées dans une commune traversée par les lignes à haute tension ou proche d'un parc éolien sont relativement plus faibles, même si les résultats restent fortement dépendant des bases de données utilisées et des indicateurs employés pour caractériser et mesurer les nuisances visuelles.

Actuellement, seuls les propriétaires fonciers et immobiliers peuvent prétendre à des indemnités en présence des infrastructures de l'énergie. C'est le cas pour les agriculteurs dont les terrains accueillent les ouvrages, mais aussi pour les propriétaires riverains de lignes à haute tension qui peuvent obtenir une compensation pour le préjudice visuel causé. Restreindre les modalités d'indemnisation des coûts externes des infrastructures de l'énergie à ces deux types d'usagers soulève des questions d'efficacité au regard notamment des différentes logiques socioéconomiques qui façonnent les coûts externes et leurs montants pour les usagers touristiques. La mise en œuvre de ces compensations peut également poser des problèmes d'équité entre les individus, étant donné les hétérogénéités des conditions socioéconomiques et environnementales locales. On ne peut donc exclure la pertinence d'une telle indemnisation individuelle pour le cas des propriétaires des locations de vacances, qui serait ici une forme de reconnaissance des enjeux touristiques dans les territoires ruraux.

Cependant, le versement d'indemnités individuelles resterait une modalité très limitée pour favoriser la création de valeur au sein des économies touristiques, qui s'appuient d'abord sur la qualité des conditions d'accueil, l'accessibilité du bord de mer et des équipements de loisirs, comme le montrent nos résultats. Les mécanismes compensatoires visant plus largement les communautés d'accueil peuvent constituer une alternative permettant d'améliorer l'insertion territoriale des projets d'infrastructures de l'énergie (Garcia et al., 2016). Des projets territoriaux financés par les opérateurs (comme cela est le cas dans les projets de lignes à haute

tension) peuvent contribuer à atténuer les formes de disparités que peut occasionner pour certains acteurs la présence des ouvrages. Les pistes de recherches sont ainsi très nombreuses et encore peu explorées autour des mécanismes compensatoires, de leur objet, ou des formes monétaires et non monétaires qu'ils doivent prendre.

Chapitre 3.

Approche quasi-expérimentale des effets d'un projet d'infrastructures de transport d'électricité sur le marché immobilier résidentiel du territoire d'accueil

1. Introduction

L'évaluation économique des coûts externes des infrastructures de transport d'électricité (ITE), dans l'objectif d'identifier précisément la nature des impacts pour les territoires d'accueil, est au cœur des préoccupations que partagent citoyens, élus, et gestionnaire du réseau. Disposer d'informations sur les pertes que peuvent engendrer les ITE doit permettre d'adapter au mieux les nouveaux tracés empruntés par le réseau d'une part (en termes de distance aux habitations, design des ouvrages, possibilités de mise en souterrain, etc.) et de définir de manière pertinente les modalités de mise en œuvre des mécanismes compensatoires d'autre part (leurs natures, montants et bénéficiaires).

Afin d'évaluer l'ampleur des externalités négatives des ITE au sein des territoires, il est usuel en économie de recourir à la méthode des prix hédoniques pour mesurer l'impact de la présence des infrastructures sur le secteur de l'immobilier ou du foncier. A partir de l'analyse de la variation des valeurs immobilières, la méthode des prix hédoniques cherche à révéler l'étendue des impacts des infrastructures existantes sur le bien-être des populations résidentes. Les biens immobiliers peuvent en effet capitaliser les nuisances environnementales présentes sur un territoire et la variation des prix des transactions refléter la perception de ces nuisances et les pertes de bien-être pour les populations résidentes.

Plusieurs travaux se sont ainsi attachés à évaluer l'ampleur spatiale des pertes liées aux ITE, par la modélisation hédonique des facteurs constitutifs des prix des biens immobiliers. Dans l'ensemble, les résultats des études montrent d'abord que les prix de marché des biens immobiliers situés à proximité des lignes à très haute tension sont relativement plus faibles. La visibilité de la ligne, et plus encore celle d'un pylône, constitue le facteur principal de la dévalorisation des prix immobiliers (Hamilton et Schwann, 1995 ; Rosiers, 2002 ; Sims et Dent, 2005). L'impact négatif et significatif de la proximité des lignes se ressentirait dans un couloir de 150 à 200 mètres autour des tracés d'ITE. Au-delà, l'effet sur les prix immobiliers diminue très rapidement.

Néanmoins, la dépréciation des prix immobiliers observée à proximité des ITE ne relèverait pas uniquement de l'emprise spatiale des infrastructures. Elle peut aussi être attribuée à un phénomène de « stigmatisation » des territoires qui les accueillent. L'effet « stigma » est un processus de marquage négatif d'un territoire par le marché immobilier, qui se traduit par une pénalité pour toute propriété soupçonnée par les acquéreurs d'être « contaminée » par une

nuisance (Elliott et Wadley, 2002). En d'autres termes, une propriété localisée sur un territoire accueillant les ITE peut connaître une dévalorisation sur le marché immobilier, quand bien même elle ne fait pas face aux impacts directs de l'infrastructure.

L'effet stigma peut ainsi apparaître dès l'annonce d'un projet, avant même la construction des ITE, ou encore se manifester à la suite du démantèlement des infrastructures. La mesure de l'effet stigma nécessite de prendre en compte la dimension temporelle des impacts des ITE. Or, le phénomène de marquage négatif des territoires n'a que peu attiré l'attention des chercheurs jusqu'à présent. Seuls les travaux récents de Callanan (2014) s'y sont intéressés, dans le cas d'une suppression de ligne. L'auteure y montre que la dévalorisation de propriétés anciennement situées à forte proximité des ITE (100 m) a perduré pendant trois années après leur suppression.

A notre connaissance, il n'existe pas d'études ayant cherché à évaluer la présence d'un effet stigma sur le marché immobilier pendant la période précédant l'implantation d'une ligne à très haute tension. Pourtant, au cours de cette période entre l'annonce d'un projet et l'implantation effective des ITE, les populations situées à proximité des futurs tracés expriment généralement des sentiments négatifs envers les effets pressentis de la ligne sur leur cadre de vie (Cotton et Devine-Wright, 2013 ; Devine-Wright, 2012). Il est dès lors probable qu'un marquage négatif du territoire puisse s'opérer sur le marché immobilier. Les conséquences économiques des projets d'implantation nécessitent donc d'être étudiées de manière plus fine.

A travers cette recherche, nous souhaitons évaluer s'il existe ou non un effet stigma sur le marché immobilier dès l'annonce d'un projet d'implantation de ligne à très haute tension, avant même la construction des infrastructures. Nous cherchons à évaluer l'impact résiduel de l'annonce d'un projet d'ITE au sein des communes traversées par le réseau, et les mécanismes par lesquels les effets externes se matérialisent sur le marché immobilier (tels que les effets d'anticipation).

Pour mener à bien ce travail, nous devons être en mesure d'isoler l'impact résiduel d'un projet d'ITE sur les prix immobiliers, dans l'espace et au cours du temps. Or les modèles de prix hédoniques traditionnels peuvent avoir des difficultés à capturer l'effet d'un changement dans l'un des attributs environnementaux, lorsque ce changement présente une dimension spatio-temporelle (Parmeter et Pope, 2009). De plus, l'évaluation empirique de la composante temporelle des effets d'un projet d'ITE nécessite de disposer d'un nombre suffisant de

transactions immobilières, avant et après l'annonce du projet. Il est ainsi préférable d'opter pour une approche dite « quasi-expérimentale » (Greenstone et Gayer, 2009), permettant d'isoler l'emprise spatio-temporelle d'un événement. Il s'agit alors de construire un dispositif d'observations permettant de comparer des transactions de biens situées à proximité du projet d'ITE étudié, avec des transactions pour des biens plus éloignés de ce projet. L'approche quasi-expérimentale va permettre de comparer les changements observés dans les deux groupes de transactions, avant et après l'annonce du projet, et d'identifier l'impact causal de ce dernier.

Notre travail s'appuie par la suite sur des données de prix de maisons localisées dans les communes appartenant à l'aire d'étude du projet « Deux-Loires » entre Saint-Privat-d'Allier et Saint-Etienne (région Auvergne-Rhône-Alpes). Ce projet initié en 2009 consiste en la dépose d'une ligne à très haute tension de 225 kV, et la reconstruction d'une nouvelle ligne longue de 87 km, avec quelques portions du tracé en souterrain. L'étude de ce type de projet de reconstruction est complexe, puisque l'analyse de l'annonce de la reconstruction de la ligne doit dès lors prendre en compte la présence des externalités négatives de l'infrastructure déjà existante.

Notre analyse se focalise sur la phase de concertation qui a eu lieu entre 2009 et 2014. Il s'agit d'évaluer si un effet stigma s'est manifesté sur le marché immobilier du territoire concerné au cours de cette période précédant les travaux de construction (et de dépose) des ITE. Tout en isolant l'effet de la présence de la ligne existante, observons-nous des variations sur le marché immobilier aux différentes étapes du projet ? Plus précisément, nous souhaitons mesurer si le niveau d'informations et de connaissances disponibles à propos du projet a eu un impact sur les prix des biens immobiliers dans la zone concernée, quand bien même le niveau de l'externalité négative est resté identique (avec la présence de la ligne existante en parallèle).

Cette recherche apporte une contribution à la littérature de l'évaluation économique par la méthode des prix hédoniques, appliquée aux impacts des ITE pour les territoires d'accueil. Elle constitue une approche originale de la dimension temporelle des impacts (effet stigma), en s'attachant à mesurer les effets d'anticipation sur le marché immobilier au cours de la phase de concertation des projets. Une base de données importante est employée permettant la mise en œuvre de l'approche quasi-expérimentale.

La suite de l'article se présente de la manière suivante. La deuxième section revient sur l'état de l'art de l'application de la méthode des prix hédoniques à l'évaluation des impacts des ITE. La troisième section présente la méthodologie de l'approche quasi-expérimentale, et le cas d'étude retenu pour son application. La quatrième section détaille les données utilisées, et la cinquième section présente les résultats du modèle économétrique en doubles différences. Une discussion est initiée dans la dernière section.

2. Etat de l'art

2.1. L'emprise spatiale des impacts des ITE

Les travaux qui se sont attachés à évaluer l'ampleur des pertes liées aux ITE par la méthode des prix hédoniques montrent que les prix de marché des biens immobiliers situés à proximité des lignes à très haute tension sont relativement plus faibles, même si l'ampleur de la perte varie selon les localités étudiées, la taille de la base de données, et les indicateurs utilisés.

2.1.1. *L'effet de la proximité des ouvrages*

Un premier pan de la littérature mesure les impacts des infrastructures par la seule distance de l'habitation aux ouvrages. Ces études mobilisent de grands échantillons pour lesquels il est difficile d'obtenir des données plus précises de visibilité. Lorsque la variable de distance est significative, les résultats soulignent l'impact négatif de la forte proximité des ITE, mais montrent que cet impact décroît rapidement et fortement à mesure que la distance augmente. Colwell (1990) est l'un des premiers à montrer que plus on s'éloigne d'une ligne à très haute tension, plus les prix des propriétés sont élevés. Pour Bond et Hopkins (2000) l'impact devient minime après 100 m, de même que chez Callanan (2014) l'effet de la distance au pylône disparaît après 100 m. Pour May et al. (2011), les valeurs des propriétés augmentent de 0,03% quand la distance à la ligne augmente de 1%. Enfin, les travaux de Chalmers et Voorvaart (2009) ainsi que ceux de Tatos et Lunt (2016) ne trouvent pas d'effet significatif de la distance à la ligne.

2.1.2. L'effet de la visibilité des ouvrages

Une seconde catégorie de travaux adopte une approche micro-spatiale, permettant une mesure plus fine des impacts visuels à travers des indicateurs complémentaires à la distance. La visibilité de la ligne, et plus encore celle d'un pylône, constitue alors le facteur principal de la dévalorisation des prix immobiliers. Hamilton et Schwann (1995) mobilisent les prix de vente de maisons individuelles (n=12907) à Vancouver (Canada). Ils montrent qu'une maison située à 100 m d'une ligne voit sa valeur diminuer de 6,3% si la ligne ou au moins un pylône se trouve dans le champ de vision. Pour les maisons situées après 200 m, la perte ne se situe déjà plus qu'autour de 1% de la valeur de la propriété (18% de leur échantillon est situé à moins de 200m d'une ligne à haute tension). Rosiers (2002) s'appuie sur un petit échantillon (507 transactions près de Montréal, Canada) pour constater que la vue d'un ou plusieurs pylônes entraîne une dépréciation des valeurs des biens allant de 5% à 20%. En combinant l'effet de la proximité et de la visibilité, l'auteur montre que la distance critique se situe entre 50 m et 100m, et qu'au-delà de 150 m, l'effet est quasi-nul. Enfin, Sims et Dent (2005) trouvent qu'une propriété située à moins de 100 m d'une ligne connaît également une baisse de valeur de 6% à 17,7%. Leur échantillon est composé de 664 maisons près de Glasgow, en Ecosse. La vue d'un pylône diminue le prix de vente de 7,1% à 14,4%.

2.2. L'effet « stigma » et la dimension temporelle des impacts des ITE

Néanmoins, la dépréciation des prix immobiliers observée à proximité des ITE ne relève pas uniquement de l'empreinte spatiale des infrastructures. Elle peut aussi être attribuée à un phénomène de « stigmatisation » des territoires qui les accueillent.

2.2.1. L'effet stigma

Les externalités négatives générées par les ITE modifient la perception du risque des populations dans les territoires impactés. Les habitants peuvent en effet surévaluer les risques liés à la présence d'une ligne à très haute tension (Cain et Nelson, 2013). Cette perception accrue d'un risque associé aux ITE se transmet ensuite au territoire sur lequel elles sont implantées. Dès lors, ce territoire peut être considéré comme étant plus risqué par la population. Ce phénomène « d'amplification sociale » du risque (Elliott, 2008) conduit alors à un marquage négatif du territoire qui accueille les ITE.

Le marquage négatif du territoire se matérialise par des changements dans le comportement du marché immobilier. Ainsi, l'effet stigma se traduit par une pénalité imposée par le marché, pour toute propriété soupçonnée par les acquéreurs d'être « contaminée » par une nuisance (Elliott et Wadley, 2002). En d'autres termes, une propriété localisée sur un territoire accueillant les ITE peut connaître une dévalorisation sur le marché immobilier, même si cette propriété ne fait pas face aux impacts directs de l'infrastructure. Le phénomène de « stigmatisation » des territoires accueillant les ITE témoigne de l'existence d'une composante psychologique (en termes de perception du risque et des nuisances) non négligeable dans l'évaluation des externalités négatives de ces infrastructures.

2.2.2. *La dimension temporelle des impacts*

La mesure de l'effet stigma nécessite de prendre en compte la dimension temporelle des impacts des ITE. En effet, l'effet stigma peut se matérialiser dès l'annonce d'un projet, avant même la construction des ITE, ou encore se manifester à la suite du démantèlement des infrastructures. Cependant le phénomène de marquage négatif des territoires n'a que peu attiré l'attention des chercheurs jusqu'à présent, qui ne se sont pas focalisés sur la dimension temporelle des externalités négatives des infrastructures. Colwell (1990) était le premier à remarquer que les impacts négatifs de la proximité d'une ligne à très haute tension sur les prix immobiliers ont tendance à diminuer avec le temps. Ce résultat peut être relié à une diminution du risque perçu, et au fait que le marché s'accommode au fur et à mesure de la présence des ITE. Seuls les travaux récents de Callanan (2014) se sont véritablement intéressés à l'effet stigma, dans le cas d'une suppression de ligne. Callanan trouve que la dévalorisation des prix immobiliers observée à forte proximité des ITE perdure tout au long de la durée de vie des infrastructures, et même encore quelques années après leur suppression. Pendant que la ligne était en place, seules les propriétés situées à proximité immédiate étaient impactées négativement (jusqu'à 100 m). Lorsque la ligne a été enlevée, la dévalorisation de ces propriétés a perduré pendant trois années. Au cours de la quatrième année suivant la suppression de la ligne, c'est l'ensemble du quartier – et non uniquement les biens situés juste à côté – qui a repris de la valeur.

Si les résultats de ces deux travaux manquent de stabilité afin de pouvoir conclure sur l'effet des impacts des ITE dans le temps, ils démontrent tout de même que la dépréciation des prix immobiliers observée à proximité des ITE ne relève pas uniquement de l'empreinte visuelle de ces infrastructures.

A notre connaissance, il n'existe pas d'études ayant cherché à évaluer la présence d'un effet stigma sur le marché immobilier pendant la période précédant l'implantation des ITE. Des travaux récents montrent pourtant que les habitants d'un territoire devant accueillir des ITE sont marqués par une perception accrue des risques et expriment des sentiments négatifs concernant l'évolution du cadre de vie (Cotton et Devine-Wright, 2013 ; Devine-Wright, 2012). Vivre à proximité d'une future ligne (notamment jusqu'à 1,5 km) contribuerait à accroître considérablement la perception des risques associés aux impacts de la ligne (Mueller et al., 2017). Pour ces auteurs, la perte économique attendue par les résidents (en termes de dépréciation de la valeur de leur propriété une fois la ligne construite) est corrélée à leur niveau de perception des risques de détérioration du paysage et de dommages pour la santé.

Il est dès lors probable qu'un marquage négatif du territoire puisse s'opérer sur le marché immobilier, sans même attendre l'implantation effective des ITE. Une dépréciation des prix immobiliers à proximité du tracé d'une future ligne pourrait se produire, matérialisant ainsi l'effet stigma sur un territoire n'étant pas encore affecté par la nuisance, mais soupçonné de le devenir prochainement.

3. Méthodologie

L'évaluation de la présence d'un effet stigma sur le marché immobilier au cours d'un projet d'implantation d'ITE nécessite d'isoler l'impact résiduel sur les prix immobiliers de ce projet, dans l'espace et au cours du temps. Or les modèles de prix hédoniques standards jusqu'alors utilisés dans la littérature peuvent avoir des difficultés à capturer l'effet d'un changement spatio-temporel dans l'un des attributs environnementaux. Il est dès lors préférable d'opter pour une approche dite « quasi-expérimentale » avec l'application des modèles de doubles différences.

3.1. L'approche quasi-expérimentale

La méthode des prix hédoniques est une approche transversale permettant la régression du prix d'un produit différencié par ses différents attributs. Appliquée aux prix immobiliers, cette méthode permet d'évaluer les consentements à payer marginaux des ménages pour des changements dans les caractéristiques environnementales. Les biens immobiliers peuvent notamment capitaliser les nuisances environnementales présentes sur un territoire, et la variation des prix des transactions refléter la perception de ces nuisances et les pertes de bien-

être pour les populations résidentes. Cependant, les modèles de prix hédoniques standards peuvent avoir des difficultés à capturer l'effet d'un changement dans l'un des attributs environnementaux, lorsque ce changement présente une dimension spatio-temporelle. Une simple approche transversale peut alors être source de biais dans l'évaluation des prix implicites, du fait de variables omises ou d'endogénéité (Parmeter et Pope, 2009).

Il est préférable d'opter pour une approche dite « quasi-expérimentale », qui permet d'isoler l'emprise spatio-temporelle d'un évènement. Le cadre qui sous-tend cette approche est en effet comparable à celui d'une expérience où au cours de laquelle un traitement est appliqué à un sous-ensemble de l'échantillon (appelé le groupe expérimental) mais non à l'autre sous-ensemble (appelé le groupe de contrôle). La comparaison des résultats entre ces deux groupes, avant et après l'application du traitement, permet d'identifier l'impact causal de celui-ci.

L'approche quasi-expérimentale va ainsi permettre de comparer les changements observés dans les prix des propriétés « traitées » par rapport aux prix des propriétés du groupe de contrôle (Greenstone et Gayer, 2009). Pour notre cas d'étude, l'application du traitement pourra être assimilée à l'annonce du projet de reconstruction de la ligne à très haute tension. Afin d'évaluer l'impact du projet, il est nécessaire de disposer de données du marché immobilier, avant et après l'annonce, pour deux zones d'habitation identiques, l'une étant concernée par le projet et l'autre non.

Une des hypothèses centrales de l'approche quasi-expérimentale est que les observations situées dans la zone affectée par l'évènement étudié, et les observations situées dans la zone où le changement n'a pas d'impact (en termes de variation de prix), sont identiques. En conséquence, en examinant la différence dans les variations de prix des observations entre ces deux zones, nous pouvons isoler l'impact du changement lié à l'évènement étudié. Ainsi, nous examinons la différence existante au sein de la différence entre les deux sous-ensembles. C'est pourquoi ce type de modèle de prix hédonique est appelé modèle de doubles différences (« *differences-in-differences* »).

Le recours à l'approche quasi-expérimentale et aux modèles de doubles différences s'est généralisé ces dernières années dans le cas de l'observation des effets générés par l'implantation (e.g. Gibbons, 2015 ; Devaux et al., 2017) ou la fermeture (e.g. Klaiber et Smith, 2013 ; Lavaine, 2014) de différentes infrastructures. Un modèle de doubles différences offre un moyen simple d'estimer les relations causales et assure souvent de meilleures estimations par rapport à

celles obtenues par les modèles hédoniques standards (Bertrand et al., 2004 ; Kuminoff et al., 2010). Un modèle de doubles différences est typiquement estimé de la façon suivante, par la méthode des moindres carrés ordinaires (Bertrand et al., 2004) :

$$P_{ist} = A_s + B_t + \gamma X_{ist} + \beta I_{st} + \varepsilon_{ist} \quad (1)$$

Où P est le prix d'un logement i situé dans la zone s et vendu l'année t ; A_s et B_t sont les effets fixes spatiaux et temporels ; X est le vecteur des variables de contrôle (les caractéristiques intrinsèques et extrinsèques de la propriété) ; ε le terme d'erreurs. L'impact estimé de l'évènement I est mesuré par le coefficient β .

3.2. Présentation du cas d'étude : le projet « Deux-Loires »

Nous appuyons notre recherche sur le projet de reconstruction d'une ligne à très haute tension de 225 kV entre les communes de Saint-Privat-d'Allier (Haute-Loire) et de Saint-Etienne (Loire), en région Auvergne-Rhône-Alpes. Il s'agit d'une liaison à un circuit (de courant électrique) qui existe depuis 1941. La nécessité de renforcer la ligne est apparue, vue son ancienneté et son unique circuit, face aux évolutions économiques et démographiques du territoire ainsi qu'au développement des énergies renouvelables dans le Sud du Massif-Central. La reconstruction doit permettre d'implanter une nouvelle ligne à deux circuits.

Le choix comme cas d'étude d'un projet de reconstruction n'est pas anodin. En effet, un nombre important de projets envisagés dans le cadre du schéma décennal de développement du réseau concerne des renforcements de lignes existantes. Dans de nombreux cas, les besoins identifiés par le gestionnaire du réseau peuvent en effet être satisfaits grâce à une adaptation technique des ouvrages existants, qui permet de renforcer leurs performances et de prolonger leur durée de vie. Aussi deux tiers des investissements prévus sur la période 2017-2020 concernent l'optimisation du réseau existant : renforcement, renouvellement, prolongement de la durée de vie (RTE, 2016).

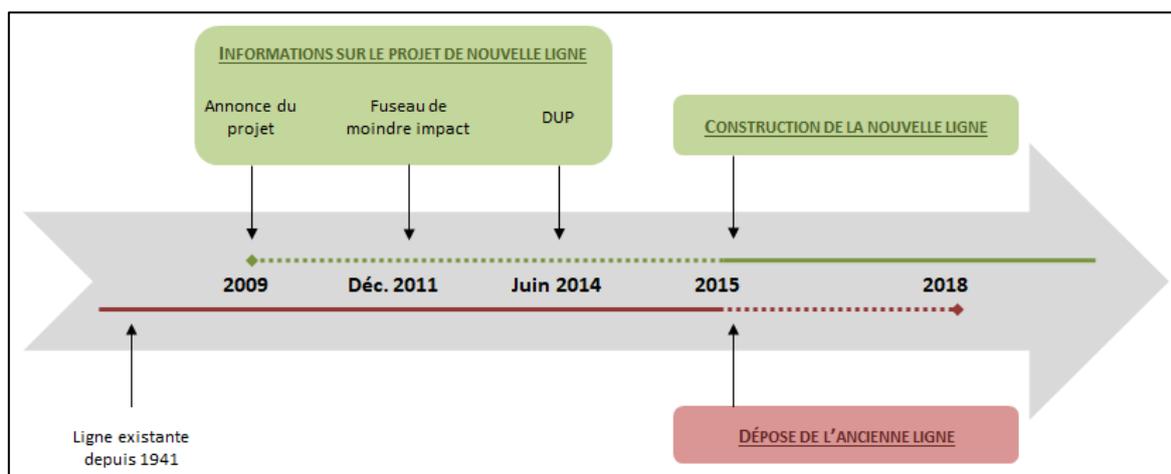
Le calendrier du projet « Deux-Loires » a été le suivant (voir Figure 3.1) :

- Début 2009 a été annoncée la volonté de renforcer la ligne existante. Les enjeux énergétiques sur les territoires concernés ainsi que les différentes solutions technico-économiques envisagées ont été présentées et discutées avec les acteurs concernés (élus, responsables socio-économiques, services de l'Etat, fédérations associatives) de même que le grand public (réunions publiques, publications dans la presse, site internet, etc.).

- En février 2010, la décision de retenir comme solution technique la reconstruction de la ligne à double circuit (incluant la dépose de la ligne existante) a été annoncée, et la phase de concertation officiellement lancée. L’aire d’étude pour la reconstruction de la ligne a concerné 58 communes.
- La concertation a permis en décembre 2011 de valider le fuseau de moindre impact dans lequel a ensuite été dessiné le tracé. Trois courts secteurs souterrains ont notamment été retenus. Entre 2012 et 2013 est affiné le tracé définitif. L’enquête publique est conduite en septembre 2013, et la déclaration d’utilité publique obtenue en juin 2014.
- Les travaux débutent en 2015 et s’étalent jusqu’en 2018.

La nouvelle ligne à deux circuits 225 kV est longue de 87 km et comprend 250 pylônes, ainsi que trois passages en souterrain (de 8 km au total). Elle traverse 23 communes. Le coût d’investissement représente 132,7 M€ aux conditions économiques de 2012, dont 21 M€ de mesures d’accompagnement (hors taxe pylônes).

Figure 3.1. Calendrier du projet



3.3. Objectifs de l'étude

Nous souhaitons évaluer si un effet stigma s'est manifesté sur le marché immobilier dès l'annonce du projet de reconstruction des ITE, avant même l'implantation des nouvelles infrastructures. L'hypothèse principale que nous faisons est que l'annonce du projet de reconstruction de la ligne, puis l'évolution de ce projet au cours de la phase de concertation, ont pu modifier la perception des risques sur le territoire concerné. Le projet a pu susciter des anticipations concernant l'évolution du cadre de vie selon la localisation sur le territoire (anticipations d'un rapprochement, d'un éloignement, ou d'une suppression de la ligne). Il est dès lors probable que ces changements dans la perception des risques se soient matérialisés sur le marché immobilier, sans même attendre la reconstruction effective de la ligne. Par conséquent, nous cherchons principalement à répondre aux deux questions suivantes :

- ***Q1.** Est-ce que les maisons qui ont été vendues après l'annonce initiale du projet, mais sans en connaître la nature exacte et qui sont situées à une courte distance de la ligne existante, ont-été vendues à des prix inférieurs à ceux des maisons situées plus loin ?*

Le premier objectif est de mesurer si l'annonce du projet a eu un effet sur les prix de vente de maisons situées à proximité de la ligne existante, quand bien même le niveau de l'externalité ne varie pas. L'hypothèse faite ici est que l'annonce du projet (dont les caractéristiques sont encore incertaines) a fait naître des craintes, uniquement à forte proximité de la ligne existante. La seule annonce du projet ne devrait pas permettre d'observer des variations de prix dans des zones un peu plus éloignées de la ligne.

- ***Q2.** Est-ce que l'apport d'informations de plus en plus précises sur les caractéristiques du projet (comme sa nature, ou son tracé définitif) a eu un effet sur les prix de vente des maisons situées à courte distance de la ligne existante, mais aussi sur celles situées à proximité du futur tracé, par rapport aux prix des maisons situées plus loin ?*

Le deuxième objectif est de mesurer si l'évolution du niveau d'informations et de connaissances disponibles a eu un effet sur les prix de vente de maisons situées dans les secteurs concernés par les changements à venir (autour de la ligne existante qui sera déposée, et autour du tracé de la future ligne), quand bien même le niveau de l'externalité ne varie toujours pas. L'hypothèse faite ici est qu'au fur et à mesure de la définition du projet, la perception des risques des impacts de la future ligne a pu évoluer dans les lieux où les changements sont pressentis, et que des variations de prix peuvent être observées dans ces secteurs.

3.4. Mise en œuvre de l'approche quasi-expérimentale au cas du projet « Deux-Loires »

Nous suivons la procédure proposée par Parmeter et Pope (2009, pp.38-50) permettant de mettre en œuvre l'approche quasi-expérimentale par la méthode des doubles différences.

3.4.1. *Caractère exogène de l'évènement étudié*

La première étape nécessaire à l'implémentation d'une approche quasi-expérimentale consiste en la justification du caractère exogène de l'évènement étudié du point de vue des propriétaires de maison. En effet, si le changement étudié était attendu par les propriétaires, cela peut brouiller le moment où ce changement sera reflété dans le prix des maisons. Il est donc nécessaire de justifier que les propriétaires ne s'attendaient pas au changement en question, pour pouvoir ensuite soutenir que les différences de prix des logements, avant et après le changement environnemental, soient interprétées de façon causale.

Nous pouvons supposer qu'avant janvier 2009, les propriétaires de maisons situées sur l'aire d'étude du projet n'étaient pas au courant de reconstruction. Pour pouvoir trouver des informations concernant les intentions d'investissement de RTE dans le réseau, il faut se référer au schéma décennal de développement du réseau, publié à intervalle maximal de deux ans par l'opérateur. Pour notre période d'étude, il s'agit du schéma 2006-2020. Ce schéma identifiait une fragilité du réseau dans la moitié Sud de la région Auvergne. Si cette fragilité justifiera la mise en route du projet, la ligne à très haute tension « Deux-Loires » n'est pas mentionnée dans le document. De plus, cette version du schéma n'a été validée qu'en mars 2009 et n'a pas été rendu publique auparavant. Nous pouvons donc estimer qu'avant janvier 2009, date de début du projet, les propriétaires de maisons ne pouvaient pas s'attendre à des changements concernant la ligne à très haute tension existante.

A partir de début 2009, les habitants des 58 communes faisant partie de l'aire d'étude ont été mis au courant, par RTE ou par leur commune, de l'existence du projet (en 2009 ont été organisées 2 réunions publiques, 7 permanences locales, ainsi que la parution de 40 articles dans la presse locale, et la création d'un site internet dédié au projet). Le niveau d'informations disponibles a ensuite évolué au fur et à mesure de l'avancée de la concertation engagée avec le territoire. Les informations concernant le projet ont donc été partagées avec toutes les communes (élus et habitants), de la même manière et dans le même temps.

3.4.2. *Délimitation de la zone spatio-temporelle de l'étude*

➤ **Délimitation temporelle**

L'hypothèse principale que nous faisons est que l'annonce du projet de reconstruction de la ligne, et l'évolution de ce projet au cours de la phase de concertation, modifient la perception des risques sur le territoire. Nous devons donc identifier les événements qui ont pu conduire à des changements dans la perception des risques liés aux ITE sur le territoire étudié. Notre analyse se focalise sur la période de concertation du projet, qui a duré six ans entre 2009 et 2014. Nous pouvons distinguer quatre phases temporelles (voir Figure 3.2) à partir de la présentation du projet (cf. section 3.2) :

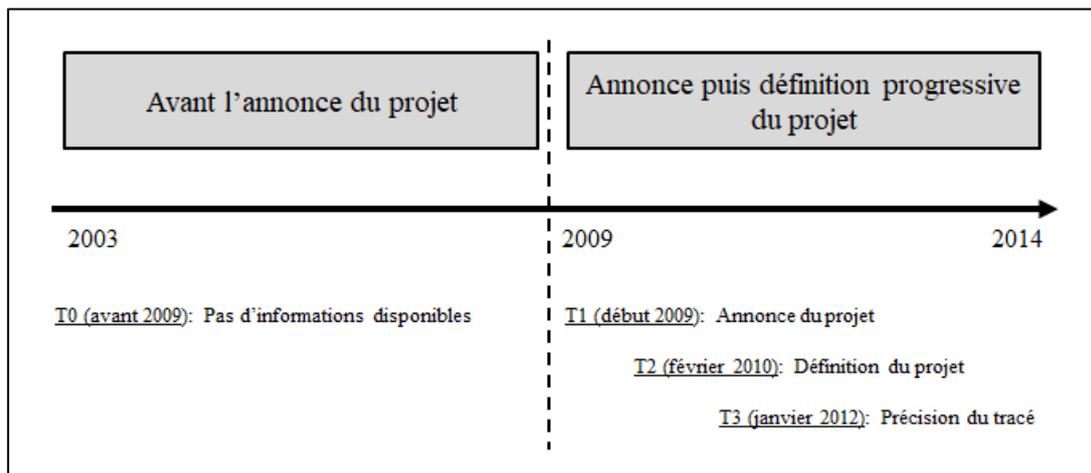
- **Phase T0 (avant 2009)** : pas d'informations disponibles sur le projet. Les transactions réalisées au cours de cette période serviront de contrôle.
- **Phase T1 (de janvier 2009 à janvier 2010)** : cette période correspond à l'annonce initiale du projet de modification de la ligne existante. Pendant cette phase, des incertitudes sur la nature précise des travaux existent encore (soit un renforcement de la ligne existante, soit une construction d'une nouvelle ligne, soit une mise en souterrain totale) ;
- **Phase T2 (de février 2010 à décembre 2011)** : cette période correspond à la définition de la nature du projet. Il est décidé qu'il s'agira d'une reconstruction de la ligne avec possibilité d'un tracé différent pour éviter certaines zones urbaines ;
- **Phase T3 (de janvier 2012 à décembre 2014)** : cette période correspond à la définition précise du tracé de la future ligne : d'abord le fuseau de moindre impact puis le tracé définitif qui sera emprunté par les infrastructures.

Nous ne nous intéressons pas à la matérialisation des impacts physiques du projet, c'est-à-dire à la période de travaux qui a suivi (la dépose et reconstruction de la ligne entre 2015 et 2018).

Il reste ensuite à définir à partir de combien d'années en amont du projet il est nécessaire d'intégrer les données de transactions immobilières. D'une part, nous devons disposer d'un nombre suffisant de transactions avant et après l'annonce du projet pour obtenir des estimations fiables. D'autre part, la fenêtre temporelle choisie doit être telle que rien d'autre n'a changé dans les conditions économiques autour de la zone d'étude, qui pourrait dégrader la qualité des estimations. Enfin, les contraintes entourant la collecte de données disponibles peuvent

constituer un obstacle à la mise en œuvre de la bonne fenêtre temporelle appropriée. Nous proposons d'analyser les transactions immobilières à partir de l'année 2003 et jusqu'en 2014, afin de disposer de six années de données avant l'annonce du projet, et de six années de données à la suite de l'annonce, soit une fenêtre totale de douze ans.

Figure 3.2. Identification des phases temporelles



➤ Délimitation spatiale

Si l'hypothèse principale que nous faisons est que l'annonce puis l'évolution du projet de reconstruction modifient la perception des risques sur le territoire, nous supposons cependant que ces changements dans la perception des risques sont différents selon la localisation au sein du territoire. Nous supposons que le projet a suscité des anticipations différentes en matière d'évolution du cadre de vie dans la zone d'étude. L'ensemble des transactions analysées est situé sur les 58 communes appartenant à l'aire d'étude du projet, c'est-à-dire la zone initialement envisagée par RTE pour la reconstruction de la ligne. Nous pouvons distinguer quatre secteurs au sein de cette aire d'étude (Figure 3.3) :

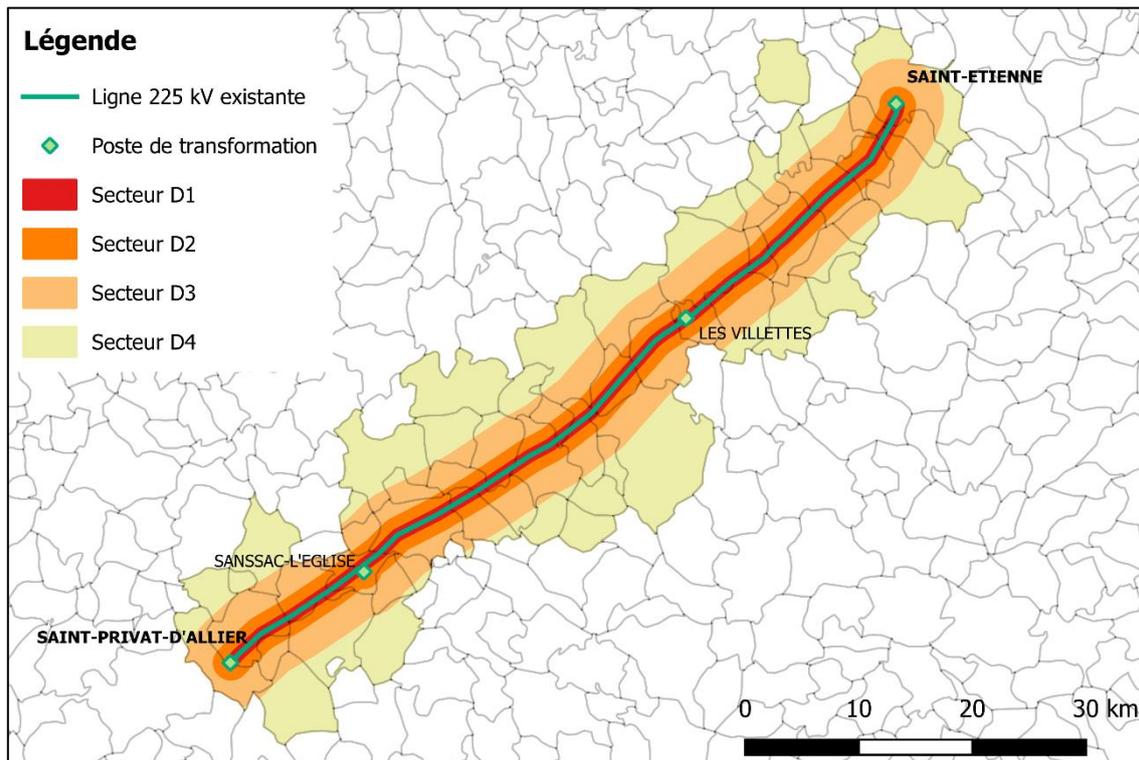
- **Secteur D1 (de 0 à 500 m autour de la ligne existante)** : il s'agit du couloir dans lequel des modifications du tracé de la ligne vont forcément se produire. Les biens situés dans ce périmètre sont localisés à forte proximité de la ligne existante, et sont peut-être déjà marqués par la présence des ITE. Nous supposons que le projet de reconstruction peut avoir modifié la perception des risques sur ce secteur en suscitant des anticipations (d'un rapprochement, d'un éloignement, ou d'une suppression de la ligne). Ces anticipations

ont pu se matérialiser sur le marché immobilier résidentiel, dès l'annonce du projet en T1, puis en fonction des différentes informations disponibles (en T2 et T3).

- **Secteur D2 (de 501 à 1500 m)** : couloir qui peut très probablement être concerné par la modification du tracé de la ligne, dans le cas d'un évitement d'une zone urbaine par exemple. En effet, les déviations possibles du tracé par rapport à la ligne existante ont été annoncées dans la phase T2, dans le but de s'éloigner des zones les plus urbanisées qui étaient jusqu'alors traversées par la ligne existante. Nous supposons que des changements dans la perception des risques liés à la ligne ont pu se produire en T2 et T3, lors de la définition précise du projet. La distance limite de 1500 m est choisie en référence à l'étude de Mueller et al. (2017) qui indique que la perception des risques à proximité d'une future ligne s'accroît significativement jusqu'à cette distance.
- **Secteur D3 (de 1501 à 4000 m)** : nous considérons que ce couloir pourrait aussi être potentiellement concerné par la modification du tracé, à partir de la phase T2. La reconstruction de la ligne pourrait entraîner un rapprochement des nuisances dans ce secteur qui était jusqu'alors relativement éloigné des impacts de la ligne existante. Si des modifications dans la perception des risques se sont produites dans ce secteur, elles ont pu se manifester sur le marché immobilier en T2 et T3.
- **Secteur D4 (au-delà de 4000m)** : il apparaît en revanche très peu probable que le tracé de la ligne soit décalé au-delà de 4000 m par rapport à la ligne existante, aussi nous pensons que ce secteur ne sera pas affecté par le projet. Plus précisément, les déviations possibles du tracé par rapport à la ligne existante doivent permettre de contourner les centres-villes de certaines communes préalablement traversés par la ligne. Un écart de plus de 4 km apparaît peu probable¹, étant données les contraintes techniques des tracés d'une part, et le coût des infrastructures et les contraintes financières du maître d'ouvrage d'autre part. Les transactions situées dans ce périmètre serviront dès lors de groupe de contrôle.

¹ La future ligne ne peut s'éloigner dans une large mesure du tracé existant. Tout d'abord, la nouvelle liaison électrique doit passer par les quatre mêmes postes de transformation présents sur le territoire. S'éloigner considérablement du tracé existant (qui est pratiquement en ligne droite) peut s'avérer compliqué d'un point de vue technique. Ensuite, construire une ligne d'une plus longue distance augmente les coûts d'investissement de l'infrastructure. Or le gestionnaire du réseau doit veiller à ne pas porter atteinte à la maîtrise des coûts et à l'efficacité économique auxquelles il est tenu dans le cadre de sa mission de service public.

Figure 3.3. Délimitation spatiale de l'aire d'étude du projet "Deux-Loires"



3.4.3. Stratégie d'identification des effets du projet de reconstruction

Les transactions retenues pour notre modèle de doubles différences sont les ventes de maisons pour la période 2003-2014 sur le périmètre des 58 communes appartenant à l'aire d'étude du projet. Chaque transaction est définie compte tenu de :

- *la phase du projet au cours de laquelle le bien a été vendu* : variable T_i indiquant si le bien a été vendu en T0 (phase de référence), T1, T2 ou T3. Cette variable mesurera toutes choses égales par ailleurs si des différences dans les prix immobiliers existent entre les périodes d'intérêt.
- *la distance du bien par rapport à la ligne existante* : variable D_i indiquant si le bien est localisé en D1, D2, D3 ou D4 (secteur de référence). Cette variable mesurera toutes choses égales par ailleurs si des différences dans les prix immobiliers existent entre les secteurs d'intérêt.

L'interaction entre ces deux variables ($D_i \cdot T_i$) permet de déterminer les groupes de traitement et de contrôle.

Les transactions appartenant au groupe de contrôle sont définies comme celles n'étant pas impactées par le projet de reconstruction de la ligne : ainsi avant 2009 (phase T0), tous les biens peuvent être considérés comme faisant partie du groupe de contrôle, alors qu'ensuite (phases T1, T2 et T3), seules les transactions situées au-delà de 4000 m de la ligne existante (secteur D4) font partie du groupe de contrôle.

Les transactions appartenant au groupe de traitement sont définies comme celles étant soupçonnées d'être impactées par le projet de reconstruction de la ligne : il s'agit des biens vendus après 2009 (phases T1, T2 et T3) et situés à moins de 4000 m de la ligne (secteurs D1, D2, D3).

Le terme d'interaction $D_i \cdot T_i$ constitue l'estimateur de doubles différences. Il reflètera l'effet sur les prix immobiliers de l'arrivée des nouvelles informations concernant le projet au sein des différents secteurs du territoire. Il permettra de détecter si un effet stigma s'est manifesté lors du projet de reconstruction.

Notre modèle de prix hédonique de doubles différences (basé sur l'équation 1) sera estimé de la manière suivante, par la méthode des moindres carrés ordinaires, en optant pour une forme logarithmique du prix de vente :

$$\log(P_i) = \alpha + \beta_1 X_i + \beta_2 Z_i + \beta_3 C_i + \beta_4 D_i \cdot T_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

avec P_i le prix de vente de la transaction i ; α la constante ; X_i le vecteur des caractéristiques intrinsèques de la maison pour la transaction i ; Z_i le vecteur des caractéristiques de voisinage pour la transaction i ; C_i le vecteur des effets-fixes pour la transaction i ; D_i le vecteur des variables indiquant le secteur dans lequel se trouve la transaction i par rapport à la ligne existante ; T_i le vecteur des variables indiquant la phase du projet lors de laquelle la transaction i a eu lieu ; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ les vecteurs des paramètres à estimer pour les variables de contrôle ; β_4 le vecteur des paramètres à estimer pour la variable d'interaction « distance-période ».

4. Les données

4.1. Les données du marché immobilier

4.1.1. *Construction de la base de données*

Les transactions retenues sont les ventes de maisons pour la période 2003-2014 sur le périmètre des 58 communes appartenant à l'aire d'étude du projet. Nous avons obtenu ces données par l'intermédiaire des *Notaires de France* et de leur base de données « Perval ». Les principales variables disponibles dans cette base sont les caractéristiques intrinsèques des maisons (surface habitable, nombre de pièces, étages, etc.), les caractéristiques de la vente (type de transaction, montant de la vente, etc.) et les caractéristiques socio-économiques des vendeurs et des acquéreurs (origine géographique, catégorie socioprofessionnelle, etc.). Toutefois, malgré ce nombre important d'informations disponibles, la base de données présente un taux de remplissage assez faible pour de nombreuses variables. Le travail de nettoyage de la base de données initiale consiste à éliminer les transactions pour lesquelles certaines variables essentielles sont manquantes ou dont les valeurs prises sont extrêmes ou aberrantes. Il s'agit d'une étape primordiale puisque les hypothèses formulées dans le processus de nettoyage peuvent en fin de compte influencer les résultats d'une étude (Parmeter et Pope, 2009).

Nous avons commencé par sélectionner les transactions qui nous intéressent, soit les ventes de gré à gré, c'est-à-dire les transactions à titre onéreux entre un vendeur et un acquéreur. Les donations, successions et cessions à titre gratuit ne sont ainsi pas prises en compte. L'acquéreur du bien doit être un particulier, puisque notre question de recherche se concentre sur les préférences des résidents. Dans cette optique, nous vérifions aussi que l'usage du bien est dédié à l'habitation à la suite de l'achat. Les biens dont l'acquéreur est une administration, une entreprise, une personne morale, ou un professionnel de l'immobilier, ainsi que les biens destinés à un usage professionnel ne sont pas retenus. Les transactions doivent être correctement géolocalisées, pour déterminer la situation de la maison par rapport à la ligne existante. C'est pourquoi nous retirons les biens pour lesquels nous ne disposons pas d'informations sur leur parcelle cadastrale (permettant ensuite la localisation par logiciel SIG). Pour les biens qui sont

concernés par des reventes (i.e. une même maison présente plusieurs fois dans la base), nous ne gardons que la transaction la plus récente (Hoen et al., 2014)².

Nous avons ainsi à notre disposition une base contenant 2 887 transactions sur la période 2003-2014 pour les 58 communes de la zone d'étude. Il s'agit désormais de nettoyer cette base, le taux de remplissage des variables d'intérêt étant faible, et des valeurs extrêmes étant présentes. Nous avons effectué les opérations suivantes :

- Les prix de vente ont été déflatés par l'indice des prix des logements anciens des maisons pour la province (hors Ile de France), avec la base 100 située au premier trimestre 2010 (Insee)³. Ce déflateur de prix est utilisé pour prendre en compte l'évolution des prix des transactions sur la période 2003-2014 (avec comme référence le premier trimestre de l'année 2010).
- Les transactions dont le prix de vente déflaté se situe dans le premier et dernier décile de l'échantillon ont été retirées, afin d'éviter la présence de valeurs extrêmes (prix de vente inférieurs à 14 930 euros et supérieurs à 340 000 euros) et donc l'inclusion simultanée de biens « bas de gamme » et de biens « haut de gamme ». De même, les transactions concernant des biens à l'état de ruines ainsi que des biens dont le prix de vente est généralement « élevé par rapport à la région » (i.e. les maisons de maître et châteaux, d'après les *Notaires de France*) ont été retirées. Les transactions de l'échantillon final présentent ainsi une certaine homogénéité, pour réduire les risques d'hétéroscédasticité (Choumert, 2009).
- Les transactions pour lesquelles des informations sont absentes pour les variables intrinsèques essentielles aux modèles de prix hédoniques (Wilhelmsson, 2000) ont aussi été retirées : nombre de pièces, nombre d'étages, nombre de salles de bain, surface du terrain, maison neuve ou ancienne.

² Lors de l'application de la méthode des doubles différences, le chercheur doit choisir entre l'utilisation de deux types de jeu de données : soit procéder à l'analyse dans le temps des prix de vente de maisons différentes (approche « *pooled cross-sections* »), soit analyser dans le temps les prix de vente de mêmes maisons, vendues à de multiples reprises sur la période étudiée (approche « *repeat sales* »). Nous ne comptons qu'un faible nombre de maisons revendues à plusieurs reprises dans la base de données, aussi nous optons pour l'approche « *pooled cross-sections* » ne comprenant que des maisons uniques.

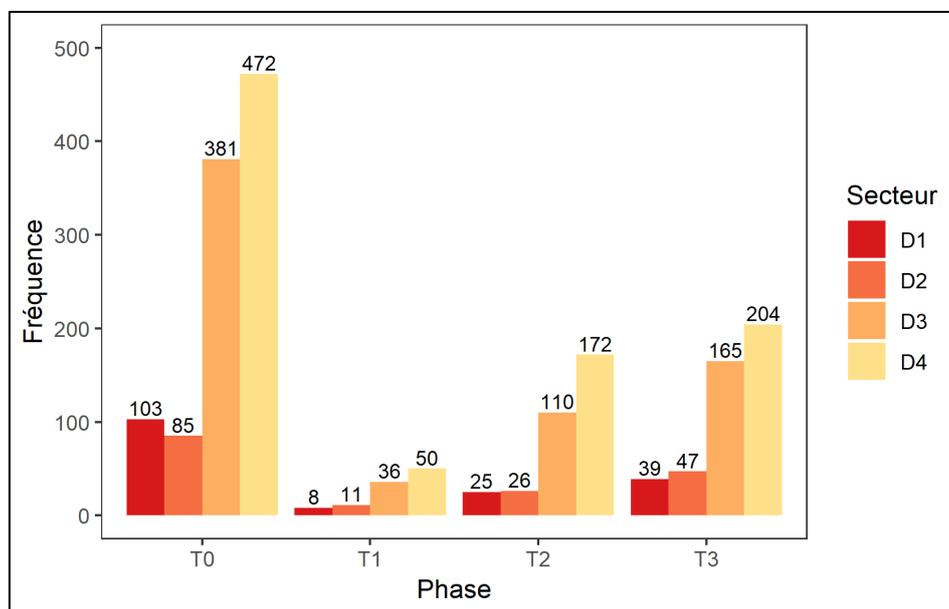
³ Cet indice de prix est bien adapté aux transactions de notre échantillon. En effet, il prend en compte les transactions de gré à gré portant sur un logement ancien (c'est-à-dire construit depuis plus de cinq ans ou ayant déjà fait l'objet d'une vente, ce qui est la très grande majorité de nos transactions disponibles), à usage d'habitation. Les biens non standard (chambres, lofts, ateliers, châteaux) sont exclus du calcul de l'indice, étant considérés comme des transactions atypiques. La périodicité de l'indice est trimestrielle.

Nous nous assurons enfin de disposer des informations sur les caractéristiques principales des acquéreurs de chaque bien (catégorie socio-professionnelle, âge, précédente commune de résidence).

4.1.2. Présentation de l'échantillon (variable $D_i \cdot T_i$)

Nous disposons finalement de 1 934 transactions immobilières, soit 67% de la base initiale. Le Tableau 3.1 et la Figure 3.4 présentent le nombre de transactions de l'échantillon selon la période de vente et le secteur de localisation. La majorité des transactions (n=1041) ont eu lieu avant le début du projet (en T0). La phase T1, qui correspond à l'annonce du projet (phase la plus courte de notre zone temporelle, de janvier 2009 à janvier 2010), regroupe 5,4% des transactions seulement. L'année 2009 est d'ailleurs celle avec le plus faible nombre de transactions (n=94 ; voir Figure 3.6.a). Nous ne disposons que de 8 transactions sur le secteur D1 lors de la phase T1, ce qui va rendre compliquée l'observation d'un éventuel effet d'anticipation comme nous en avons fait l'hypothèse. La phase T2 (de février 2010 à décembre 2011) comporte 17,2% des transactions, et la phase T3 (de janvier 2012 à décembre 2014) recense 23,5% des transactions de l'échantillon.

Figure 3.4. Nombre de transactions par période et secteur

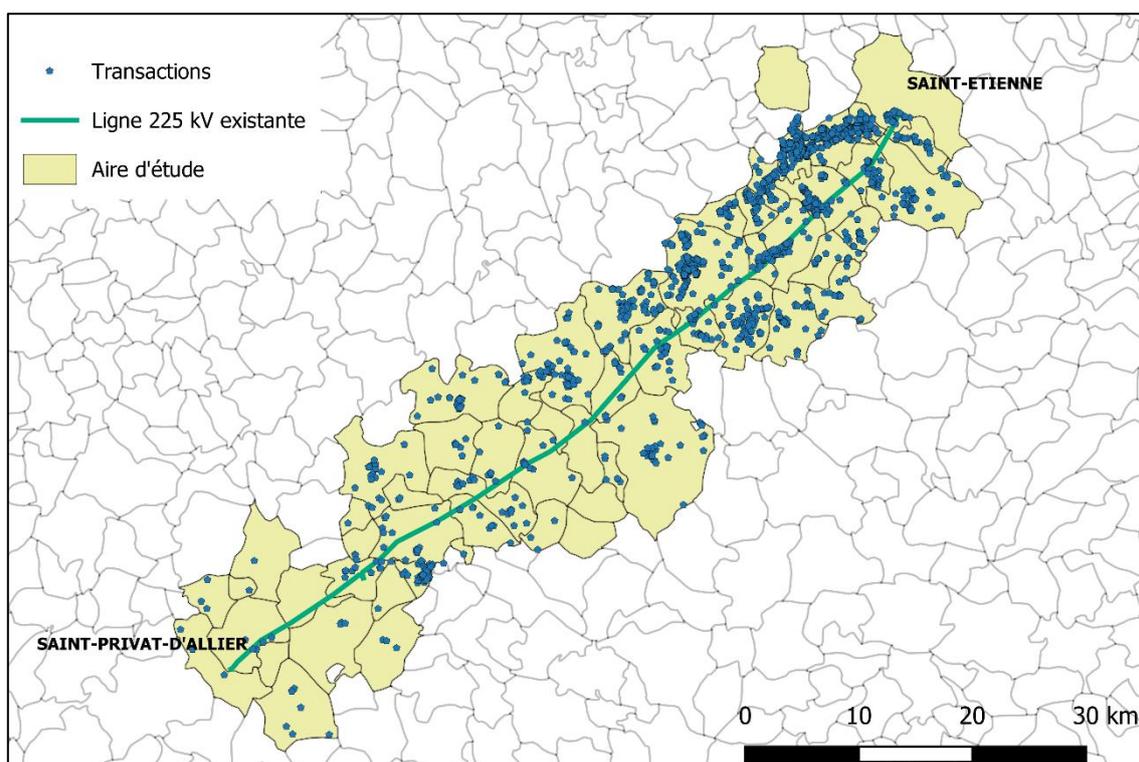


Lecture : Pour la phase T0, nous recensons 103 transactions dans le secteur D1, 85 dans le secteur D2, 381 dans le secteur D3, et 472 dans le secteur D4.

Tableau 3.1. Situation des transactions par rapport au projet

Variable	n _{x=1}	(%)
<i>Phase (période de vente) :</i>		
-T0 : avant 2009	1 041	(53,8)
-T1 : janvier 2009 à janvier 2010	105	(5,4)
-T2 : février 2010 à décembre 2011	333	(17,2)
-T3 : janvier 2012 à décembre 2014	455	(23,5)
<i>Secteur (distance à la ligne existante) :</i>		
-D1 : de 0 à 500m	175	(9,0)
-D2 : de 501 à 1500m	169	(8,7)
-D3 : de 1501 à 4000m	692	(35,8)
-D4 : au-delà de 4000m	898	(46,4)

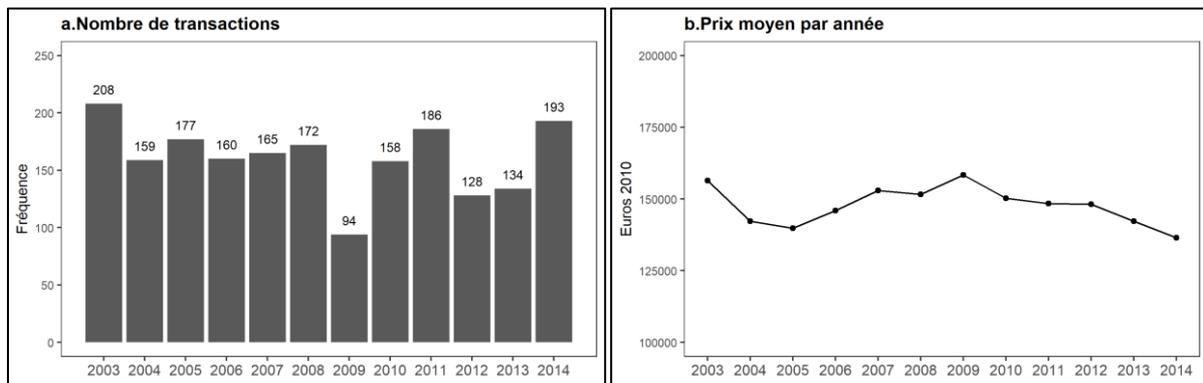
Si l'on regarde la répartition par secteur, les transactions sont davantage localisées dans les secteurs les plus éloignés de la ligne existante (46,4% des transactions sont dans le secteur D4, au-delà de 4000 m, et 35,8% dans le secteur D3, entre 1501 et 4000 m). 8,7% des transactions sont situées entre 501 et 1500 m de la ligne existante (D2), et 9% des transactions à moins de 500 m (D1). Au regard de la zone d'étude, les transactions sont majoritairement situées dans le Nord-Est, à proximité de Saint-Etienne (Figure 3.5). Nous avons des transactions présentes sur 53 des 58 communes initialement recensées dans l'aire d'étude du projet.

Figure 3.5. Répartition géographique des transactions retenues

4.1.3. Prix des transactions

Les prix de vente ont été déflatés pour tenir compte de l'évolution des prix de l'immobilier, afin d'effectuer une analyse toutes choses égales par ailleurs. Les prix de vente sont donc exprimés en euros réels (indice base 100 en 2010). Le prix de vente déflaté moyen d'une maison sur l'ensemble de la période est de 147 464 euros (avec un minimum de 15 075 euros et un maximum de 343 784 euros). Le prix médian est de 149 851 euros (voir Tableau 3.2). Le prix moyen d'une maison est le plus élevé pour l'année 2009 et le plus faible en 2014, comme le montre la Figure 3.6.b. Nous optons pour une transformation logarithmique du prix de vente (voir annexe B1). Les statistiques descriptives détaillées des prix de vente par phase et secteur sont présentées en annexe (B2).

Figure 3.6. Représentation des transactions et des prix de vente



Lecture : a. 208 transactions ont eu lieu en 2003 ; b. Le prix moyen des transactions en 2003 est de 156 500 euros (euros 2010)

4.1.4. Caractéristiques intrinsèques des maisons

Les maisons vendues sont en grande majorité des maisons « anciennes » (plus de cinq ans), comprenant entre quatre et cinq pièces, une salle de bain, et avec un étage en moyenne. La surface moyenne d'un terrain est en de 1 100 mètres carrés (voir Tableau 3.2).

Les maisons de l'échantillon ont entre 1 et 14 pièces, et 55% des maisons comportent plus de quatre pièces. Il semble exister un effet de seuil du nombre de pièces sur le prix de vente, au-dessus de quatre pièces (voir annexe B3). Un effet de seuil est un point de rupture dans l'influence d'une variable sur la variabilité du prix des biens. Nous créons une variable pour

prendre en compte cet effet dans le modèle de prix hédoniques⁴. Par ailleurs, le nombre d'étages et le nombre de salles de bain seront intégrés dans le modèle hédonique à travers deux variables indicatrices (« *maison avec au moins un étage* » et « *maison avec au moins deux salles de bain* »). Enfin, la distribution de la variable « *surface du terrain* » étant asymétrique (avec un minimum de 20 mètres carrés et un maximum de 13 691 mètres carrés), nous l'introduisons donc sous forme logarithmique dans le modèle (annexe B4).

Tableau 3.2. Caractéristiques des biens

Variable	n _{x=1}	(%)	Min	Med	Moy	Max	Ecart-type
Prix de vente déflaté (euros 2010)			15 075	149 851	147 464	343 784	58 823
Maison neuve (moins de cinq ans)	118	(6,1)					
Nombre de pièces			1	5	4,8	14	1,5
Nombre de pièces supérieur à 4			0	1	1,0	10	1,2
Maison avec au moins 1 étage	1 382	(71,5)					
Nombre d'étages			0	1	0,9	3	0,7
Nombre de salles de bain			0	1	1,2	5	0,5
Maison avec au moins deux salles de bain	339	(17,5)					
Surface du terrain (mètres carrés)			20	722	1 095,0	13 691	1 400,7

4.1.5. Caractéristiques des acquéreurs

Les acheteurs ont une moyenne d'âge de 39 ans. On observe une sur-représentation de la catégorie des professions intermédiaires et de la catégorie des ouvriers, par rapport à la structure moyenne des CSP sur les communes de la zone d'étude pour la période 2006-2014 (Tableau 3.3). Les acheteurs habitaient préalablement en quasi-totalité sur les deux départements traversés par la ligne (92,5% des acquéreurs). Plus précisément, 71,9% des acheteurs résidaient sur une des communes de l'aire d'étude du projet « Deux-Loires ». Nous pouvons donc faire l'hypothèse que les acquéreurs connaissaient les caractéristiques du territoire avec la présence de la ligne existante, et qu'ils étaient au courant du projet de reconstruction à partir de l'année 2009, puis de son avancée. Plus précisément, 31% des acheteurs (soit 614 transactions) ont acquis une maison située sur la même commune que leur précédent logement.

⁴ Nous créons la variable « *nombre de pièces supérieur à 4* ». Elle prend la valeur « nombre de pièces – 4 » si le nombre de pièces du bien concerné est effectivement supérieur à 4 (« 0 » sinon). Lors de l'estimation, le coefficient devant être interprété pour analyser l'effet du nombre de pièces sera la somme du coefficient pour la variable « *nombre de pièces* » et du coefficient pour la variable « *nombre de pièce supérieur à 4* ».

Tableau 3.3. Caractéristiques des acquéreurs

Variable	n _{x=1}	(%)	*
<i>Précédent logement :</i>			
-sur la même commune que celle du bien acheté	614	(31,7)	
-sur une commune de l'aire d'étude (autre que celle du bien acheté)	778	(40,2)	
-sur une commune au-delà de l'aire d'étude	542	(28,0)	
<i>Catégorie socioprofessionnelle :</i>			
-agriculteur	87	(4,5)	4,4
-artisan, commerçant	170	(8,8)	4,7
-cadre supérieur	194	(10,0)	4,1
-profession intermédiaire	566	(29,3)	12,8
-employé	308	(15,9)	14,8
-ouvrier	444	(23,0)	16,5
-retraité	125	(6,5)	27,8
-sans activité	40	(2,1)	15,0

* moyenne 2006-2014 (en %) sur les communes de la zone d'étude

4.2. Les autres variables explicatives

Les statistiques descriptives de l'ensemble des variables présentées ci-après se trouvent dans le Tableau 3.4.

4.2.1. *Autres variables d'intérêt*

Lors de l'application d'une approche quasi-expérimentale, il est nécessaire de s'assurer que le terme d'interaction utilisé ($D_i \cdot T_i$ dans l'équation 2) reflète uniquement l'effet de l'évènement que l'on cherche à capturer. En effet, si le chercheur ne contrôle pas dans son modèle un certain nombre d'éléments potentiellement « perturbateurs », cela peut conduire à un biais de variables omises et donc à une mauvaise mesure de l'effet de l'évènement étudié. Ces éléments dits perturbateurs proviennent principalement de facteurs qui varient au cours du temps ou dans l'espace.

➤ **L'impact direct de la ligne existante**

Il est nécessaire de prendre en compte la présence des externalités négatives de l'infrastructure existante, afin de pouvoir capter l'effet du projet de reconstruction grâce aux bandes de distance employées (secteurs D1 à D4). Nous n'avons pas pu construire d'indicateurs de visibilité de la ligne depuis une propriété pour contrôler précisément l'impact direct de la ligne existante. Or nous savons que cette variable est la plus adaptée pour mesurer l'impact physique des ITE. D'après la littérature existante, l'effet de la proximité aux lignes à très haute tension peut être significatif jusque dans un couloir de 200 mètres. Nous proposons alors d'utiliser comme indicateur de l'impact direct (et donc comme proxy de la visibilité de la ligne) le nombre de pylônes situés dans un rayon de 200 m autour de la propriété. Cette variable reflétera le niveau de la présence de la ligne existante sur le cadre de vie d'une propriété. 45 maisons ont un pylône situé à moins de 200 mètres (une seule maison à deux pylônes).

➤ **La présence d'autres infrastructures linéaires**

Une autre problématique à prendre en compte est celle du cumul des infrastructures linéaires au sein d'un territoire. En effet, les infrastructures linéaires ont tendance à être regroupées au sein des mêmes territoires. Routes nationales, voies ferrées, et lignes à très haute tension traversent souvent les mêmes territoires. Cela se vérifie sur notre zone d'étude où se trouvent effectivement une voie ferrée servant au transport régional, ainsi qu'un axe routier national reliant les deux agglomérations principales situées autour de la zone d'étude (le Puy-en-Velay et Saint-Etienne). Même si ces infrastructures linéaires n'empruntent pas exactement les mêmes tracés, il existe un risque que les bandes de distance captent aussi les effets de la proximité de ces autres réseaux. Nous intégrons donc au modèle la distance à la voie ferrée et la distance à la route nationale. Du fait de l'étendue de notre zone d'étude, l'écart-type des différentes variables de distance est assez important. Une maison est en moyenne située à 2,8 km de la route nationale et à 3 km de la voie ferrée.

➤ **Le type de paysage**

Nous supposons que la perception des externalités des ITE peut être différente selon le type de paysage entourant une propriété, qu'il s'agisse d'un paysage ouvert (territoire agricole) ou fermé (en forêts), ou encore d'un milieu urbain. Si nous ne contrôlons pas suffisamment bien les différences pouvant exister entre ces types de paysage, les délimitations spatiales que nous utilisons (D_i) peuvent potentiellement capturer une partie de ces différences. Nous proposons

donc d'intégrer dans le modèle le type de paysage principal qui entoure chaque maison. Nous avons pu récupérer le type d'occupation du sol sur laquelle est située la parcelle cadastrale de chaque transaction à partir de la base de données « Corine Land Cover ». 58% des maisons sont ainsi situées sur une zone urbanisée. 31% se trouvent sur un territoire agricole (dont 16% en zones agricoles hétérogènes, et 15% en prairies). 5% des transactions sont en zone industrielle ou commerciale, et enfin 3% en forêts.

Tableau 3.4. Caractéristiques de voisinage

Variable	n _{x=1}	(%)	Min	Med	Moy	Max	Ecart-type
Nombre de pylônes 225 kV situés à 200m du bien			0	0	0,0	2	0,2
Distance à la voie ferrée (mètres)			8	1 720	3 030,5	12 895	3 032,0
Distance à la route nationale (mètres)			19	1 298	2 832,8	16 345	3 113,9
<i>Occupation du sol autour de la propriété :</i>							
-Zone urbanisée	1 128	(58,3)					
-Zone industrielle ou commerciale	108	(5,6)					
-Terres arables	3	(0,2)					
-Prairies	306	(15,8)					
-Zones agricoles hétérogènes	316	(16,3)					
-Forêts	53	(2,7)					
-Végétation arbustive	20	(1,0)					
Propriété située sur la communauté d'agglomération de Saint-Etienne	661	(34,2)					
Distance au centre de la commune (en mètres)			22	1 183	1 395,4	4 815	737,3
Taux de chômage sur la commune (%)			2	9	11,4	27	5,2

4.2.2. Variables de contrôle

Le territoire d'étude est marqué par la présence d'une zone très urbanisée située autour de l'agglomération de Saint-Etienne, où est localisée la grande majorité des transactions. Nous pouvons suspecter que les prix de vente des biens situés à proximité de Saint-Etienne soient significativement plus élevés que ceux situés dans le reste de la zone d'étude. Aussi, pour capter cette différence, nous optons pour l'introduction d'une variable indicatrice de l'appartenance à la communauté de commune de l'agglomération de Saint-Etienne. La variable prend la valeur « 1 » si la propriété est située sur une commune de la communauté d'agglomération de Saint-Etienne (« 0 » sinon). 34% des transactions sont situées dans le périmètre de la communauté d'agglomération de Saint-Etienne.

Par ailleurs, nous utilisons la distance d'un bien au centre de sa commune comme variable indicatrice de l'accès aux équipements et services principaux présents sur cette commune. Cette variable permet de contrôler l'existence d'effets spatiaux résiduels au niveau local (Baumont et Legros, 2013). Les biens étudiés sont situés à 1,4 km en moyenne du centre de leur commune.

Comme indiqué dans l'équation 2, nous estimons un modèle à effet fixe spatial (C_i), en introduisant une variable indicatrice de la commune sur laquelle est situé chaque propriété. L'effet fixe spatial permet de prendre implicitement en compte toutes les influences non observées pour la commune concernée.

En ce qui concerne la composante temporelle, nous avons choisi d'utiliser un déflateur de prix plutôt que d'introduire dans le modèle une variable indicatrice par année. De plus, la variable T_i mesurera toutes choses égales par ailleurs si des différences dans les prix immobiliers existent entre les phases temporelles retenues. Le taux de chômage sur la commune de résidence lors de l'année de la transaction est par ailleurs utilisé pour capturer les évolutions socio-économiques sur la période étudiée. Le taux de chômage sur la période 2003-2014 est de 11,3% en moyenne sur les communes de la zone d'étude.

Enfin, nous introduisons dans le modèle l'origine de l'acquéreur de chaque bien. Cette variable précisera si l'acquéreur résidait auparavant sur la même commune que celle où se situe la maison achetée, ou s'il résidait sur une autre commune de l'aire d'étude, ou bien ailleurs. Si le modèle des prix hédoniques suppose l'homogénéité des préférences, nous pensons que les préférences d'un acheteur « local » peuvent être influencées par sa connaissance du territoire. Cette variable permettra ainsi de contrôler d'éventuelles asymétries d'information.

4.3. Traitements économétriques

4.3.1. *Analyse des corrélations*

L'analyse des corrélations entre les variables explicatives que nous souhaitons intégrer dans le modèle de prix hédoniques nous amène à procéder à quelques ajustements avant d'effectuer les régressions :

- Il existe une corrélation entre la distance à la voie ferrée et la distance à la route nationale. Introduire ces deux variables simultanément dans le modèle peut être source de multicollinéarité spatiale (Heikkila, 1988). Aussi nous les introduirons alternativement dans le modèle.
- La variable mesurant le taux de chômage et celle indiquant la localisation sur la communauté d'agglomération de Saint-Etienne sont aussi corrélées. Nous croiserons donc ces deux variables ensemble pour prendre spécifiquement en compte le taux de chômage sur la commune d'un bien situé sur (respectivement en dehors) la communauté d'agglomération de Saint-Etienne (« 0 » sinon).
- Les variables « *nombre de pièces* » et « *nombre de pièces supérieur à 4* » sont corrélées par construction.

4.3.2. *Prise en compte des effets spatiaux*

Concernant les variables de distance, celles-ci seront introduites dans le modèle sous la forme du logarithme de l'inverse de la distance : $\log(1/Distance)$. La transformation logarithmique permet de tenir compte du caractère non linéaire de la distance à une (dés)aménité : l'effet est plus important à proximité de l'externalité considérée. Introduire la valeur inverse de la distance facilite l'interprétation des coefficients : un coefficient positif traduit un effet positif de la proximité de l'externalité (et inversement avec un signe négatif).

Par ailleurs, un modèle de prix hédoniques doit prendre en compte les effets spatiaux associés à la localisation des biens immobiliers (Le Gallo, 2002). Tout d'abord, l'hétérogénéité spatiale (i.e. le prix d'un bien peut être différent selon les caractéristiques du lieu où il se situe) est prise en compte en utilisant un effet fixe spatial indiquant la commune sur laquelle est située le bien. Cette variable doit nous permettre de contrôler les principales caractéristiques de localisation de chaque maison. La commune de référence pour l'effet fixe spatial est la principale commune,

en termes de population, située en zone rurale et pour laquelle nous disposons du plus grand nombre de transactions (i.e. Monistrol-sur-Loire).

Ensuite, l'autocorrélation spatiale (i.e. l'absence d'indépendance entre les observations, à savoir ce qui se passe en un lieu peut influencer ce qui se passe en un autre lieu) peut être prise en compte à travers l'introduction d'une matrice de poids. Celle-ci permet d'indiquer les relations entre chaque transaction, en spécifiant les observations qui sont « voisines ». Les observations voisines d'une transaction peuvent être suspectées de pouvoir influencer le prix du bien concerné. Différents critères spatiaux sont possibles pour définir le voisinage d'une observation (la proximité, la contiguïté, etc.). Pour notre cas d'étude, le critère temporel est très important (Dubé et Legros, 2013). En effet, deux transactions ne peuvent être considérées comme voisines uniquement si elles ont eu lieu dans la même période de temps. Ainsi, nous avons relevé pour chaque transaction de notre échantillon les dix voisins géographiquement les plus proches (annexe B5). Parmi ceux-ci, une observation n'a en moyenne qu'un seul voisin dont la transaction a eu lieu la même année, et seulement quatre voisins en moyenne dont la transaction a eu lieu au cours de la même phase (T0, T1, T2 ou T3). Dans ce contexte, il n'apparaissait pas pertinent de construire une matrice de poids pour notre cas d'étude.

5. Résultats

L'analyse de l'estimation de l'équation 2 par la méthode des moindres carrés ordinaires révèle la présence d'hétéroscédasticité du terme d'erreurs. Un modèle est dit hétéroscédastique lorsque les variances des résidus du modèle sont différentes. La présence d'hétéroscédasticité ne biaise pas l'estimateur des moindres carrés ordinaires, mais nécessite de corriger le terme d'erreurs afin de le rendre robuste (White, 1980)⁵. Le Tableau 3.5 présente les résultats des régressions (avec les erreurs standards robustes de White) pour les variables d'intérêt mesurant l'effet du projet de reconstruction. Nous avons estimé deux modèles, l'un intégrant la distance à la voie ferrée, l'autre la distance à la route nationale. Le R² ajusté de chaque modèle est de 0,55. Le Tableau 3.6 présente quant à lui les résultats pour les autres variables d'intérêt.

⁵ Les termes d'erreurs des deux modèles ne suivent pas une distribution normale. Le test de Jarque-Bera donne les résultats $X_2^2 = 710.9$ et $X_3^2 = 705.6$, ce qui permet de rejeter l'hypothèse nulle de normalité. Le test de White est ensuite appliqué pour détecter l'hétéroscédasticité. Les statistiques du chi-deux conduisent à rejeter l'hypothèse nulle d'homoscédasticité (Tableau 3.5). Le terme d'erreurs est alors corrigé par la méthode de White en estimant les modèles avec une matrice des covariances robustes (Fletcher et al., 2000 ; Long et Ervin, 2000).

**Tableau 3.5. Régressions par les Moindres Carrés Ordinaires :
effets du projet de reconstruction de la ligne**

Variable	Modèle 1 (Dist.RAIL)	Modèle 2 (Dist.ROUTE)
<u>Projet de reconstruction de la ligne :</u>	coef MCO (White SE)	coef MCO (White SE)
Secteur D1	-0.015 (0.061)	-0.019 (0.061)
Secteur D2	-0.060 (0.064)	-0.063 (0.064)
Secteur D3	-0.013 (0.030)	-0.018 (0.030)
Phase T1	0.0001 (0.053)	0.005 (0.053)
Phase T2	0.001 (0.030)	0.004 (0.030)
Phase T3	0.0003 (0.033)	0.006 (0.033)
Phase T1 * Secteur D1	0.073 (0.126)	0.063 (0.124)
Phase T1 * Secteur D2	0.016 (0.207)	0.018 (0.206)
Phase T1 * Secteur D3	0.034 (0.065)	0.015 (0.065)
Phase T2 * Secteur D1	0.008 (0.076)	0.011 (0.078)
Phase T2 * Secteur D2	0.060 (0.079)	0.061 (0.080)
Phase T2 * Secteur D3	0.050 (0.045)	0.044 (0.046)
Phase T3 * Secteur D1	-0.016 (0.072)	-0.019 (0.073)
Phase T3 * Secteur D2	0.014 (0.078)	0.016 (0.078)
Phase T3 * Secteur D3	0.091** (0.043)	0.081* (0.043)
Constante	9.531*** (0.183)	9.955*** (0.171)
Effet fixe spatial (53 communes)	✓	✓
Observations	1934	1934
R ² ajusté	0.55	0.55
Jarque-Bera test	710.9***	705.6***
White test	77.1***	77.3***

*Significativité : *** 1%, ** 5%, * 10%*

5.1. Effet du projet de reconstruction de la ligne

5.1.1. *Effet de la distance à la ligne existante (D_i)*

Toutes choses égales par ailleurs, la distance du bien par rapport à la ligne existante mesure si des différences dans les prix immobiliers existent entre les secteurs d'intérêt (par rapport au secteur de référence, D4), sans tenir compte de la période au cours de laquelle a eu lieu la transaction. Nous ne trouvons pas d'effet significatif de cette variable. Il n'y a donc pas de différences préexistantes dans les prix immobiliers selon la distance à la ligne à très haute tension.

5.1.2. *Effet de la période de transaction (T_i)*

La phase du projet au cours de laquelle le bien a été vendu mesure toutes choses égales par ailleurs si des différences dans les prix immobiliers existent entre les périodes d'intérêt (par rapport à la phase de référence, T0). Nous ne trouvons pas d'effet significatif indiquant des différences de prix préexistantes entre les phases temporelles. L'utilisation d'un déflateur de prix a permis de capter les variations saisonnières dans les prix de vente.

5.1.3. *Effet du terme d'interaction ($D_i \cdot T_i$)*

Le terme d'interaction entre le secteur et la période de vente nous indique les effets sur les prix immobiliers des différentes étapes du projet de reconstruction de la ligne à très haute tension. Pour rappel, les variables de référence dans le terme d'interaction ($D_i \cdot T_i$) sont la phase T0 et le secteur D4.

➤ **Phase T1 :**

Nous ne trouvons pas d'effet significatif au cours de la phase T1, pour aucun des trois secteurs. Cette période correspondait à l'annonce initiale du projet de modification de la ligne existante. Pendant cette phase, des incertitudes sur la nature précise des travaux existaient encore. Notre hypothèse était que l'annonce du projet pouvait faire naître dans un premier temps des craintes à forte proximité de la ligne existante (sur le secteur D1). Nous ne mesurons donc pas d'effet d'anticipation sur le marché immobilier à la suite de l'annonce du projet de reconstruction. Nous ne disposons que de huit transactions en D1-T1, ce qui rend compliquée l'observation d'un effet. Nous discutons à ce propos de la disponibilité et la qualité des données dans la section 6.

➤ **Phase T2 :**

Nous ne trouvons pas d'effet significatif au cours de la phase T2, pour aucun des trois secteurs. Cette période correspondait à la définition de la nature du projet. Au cours de cette phase a été décidé qu'il s'agira d'une reconstruction de la ligne, avec possibilité d'un tracé différent pour éviter certaines zones urbaines. Nous supposions initialement que des variations pouvaient s'observer à la suite de la définition du projet, notamment dans les secteurs qui étaient jusqu'alors relativement éloignés des impacts de la ligne existante (D2, D3), par crainte d'un rapprochement des nuisances avec la reconstruction.

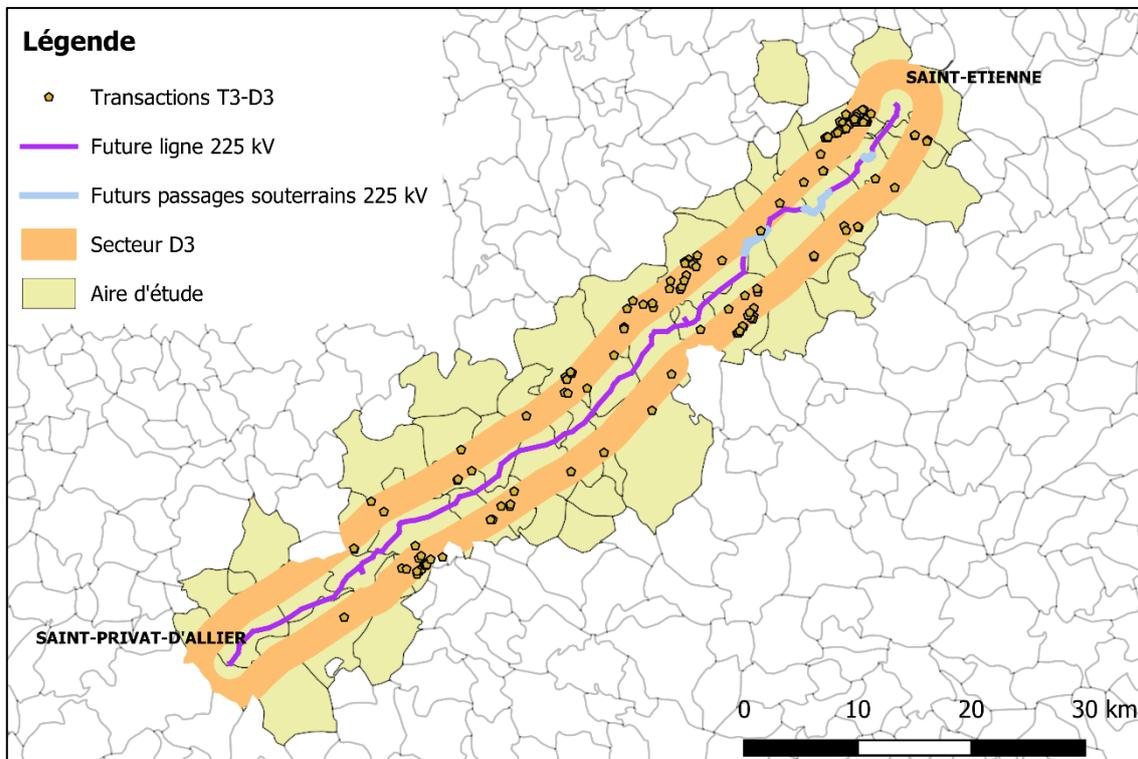
➤ **Phase T3 :**

Nous ne trouvons pas d'effet significatif non plus au cours de la phase T3, pour les secteurs D1 et D2. La période T3 correspondait à la définition précise du tracé de la future ligne. Ainsi dans les deux secteurs principalement concernés par les changements à venir sur la ligne à très haute tension (D1 et D2), nous ne trouvons pas d'effet sur les prix immobiliers du niveau d'informations disponibles à propos du projet. Nous supposions que le projet de reconstruction pouvait avoir modifié la perception des risques sur ces deux secteurs en suscitant des anticipations (d'un rapprochement, d'un éloignement, ou d'une suppression de la ligne). Notre hypothèse selon laquelle au fur et à mesure de la définition du projet, la perception des risques des impacts de la future ligne évolue dans les lieux où les changements sont fortement pressentis n'est donc pas validée.

Nous trouvons un effet positif et significatif sur les prix immobiliers au cours de la phase T3 dans le secteur D3 (de 1501 à 4000 m), pour les deux modèles. Nous considérons initialement que la reconstruction de la ligne pouvait entraîner un rapprochement des nuisances dans ce secteur qui était jusqu'alors relativement éloigné des impacts de la ligne existante. Or l'effet sur les prix immobiliers est ici positif. Il s'avère que le tracé définitif révélé au cours de cette période ne va presque pas traverser ce secteur, ou lorsque c'est le cas, de manière souterraine en partie (voir Figure 3.7). Nous n'avons pas relevé d'effet d'anticipation sur ce secteur préalablement (avant la phase T3) qui aurait pu témoigner d'une crainte de voir les infrastructures se rapprocher. L'effet positif sur les prix immobiliers mis en évidence ici peut être interprété comme la marque d'un « soulagement » pour cette zone du territoire. Après la confirmation que les nouvelles infrastructures ne seraient pas placées à proximité, les biens

immobiliers vendus au cours de la période ont obtenu une prime (entre 8,1% et 9,1% selon le modèle).

Figure 3.7. Transactions situées en T3-D3



5.2. Résultats additionnels

L'ensemble des caractéristiques intrinsèques des biens sont significatives. Les signes des coefficients sont ceux attendus. Un plus grand nombre de pièces augmente le prix d'une maison⁶, de même que de bénéficier d'au moins deux salles de bain. Le nombre d'étage a un effet négatif sur le prix. Les maisons de plain-pied sont ainsi valorisées, de même que les maisons neuves (i.e. de moins de cinq ans). La surface de terrain disponible est aussi un vecteur important de valorisation d'une maison.

⁶ L'effet d'une pièce supplémentaire est égal à $0.250 - 0.219 = 0.031$ dans le modèle 1, et $0.252 - 0.223 = 0.029$ dans le modèle 2.

Tableau 3.6. Régressions par les Moindres Carrés Ordinaires : résultats additionnels

Variable	Modèle 1 (Dist.RAIL)	Modèle 2 (Dist.ROUTE)
Caractéristiques intrinsèques :		
	coef MCO (White SE)	coef MCO (White SE)
Nb pièces	0.250*** (0.024)	0.252*** (0.024)
Nb pièces > 4	-0.219*** (0.027)	-0.223*** (0.027)
Au moins 2 salles de bain	0.142*** (0.022)	0.139*** (0.022)
Au moins 1 étage	-0.053*** (0.018)	-0.055*** (0.018)
log(surface terrain)	0.213*** (0.010)	0.215*** (0.010)
Maison neuve	0.267*** (0.022)	0.264*** (0.022)
Autres variables d'intérêt :		
Nb pylônes à 200m	-0.072 (0.058)	-0.073 (0.059)
log(1/Distance voie ferrée)	-0.040*** (0.013)	
log(1/Distance route nationale)		0.011 (0.011)
Occupation du sol : zone industrielle ou commerciale	-0.050 (0.041)	-0.063 (0.042)
Occupation du sol : terres arables	0.106 (0.071)	0.098 (0.071)
Occupation du sol : prairies	-0.093*** (0.027)	-0.079*** (0.027)
Occupation du sol : zones agricoles hétérogènes	-0.074*** (0.028)	-0.068** (0.029)
Occupation du sol : forêts	-0.267*** (0.059)	-0.258*** (0.061)
Occupation du sol : végétation arbustive	-0.286** (0.121)	-0.241** (0.121)
Variables de contrôle :		
log(1/Distance centre commune)	0.020 (0.013)	0.030** (0.013)
Précédent logement sur la zone d'étude	0.015 (0.020)	0.012 (0.020)
Précédent logement sur la même commune	-0.080*** (0.023)	-0.082*** (0.023)
Taux de chômage (hors agglo St-Etienne)	-0.012 (0.008)	-0.012 (0.009)
Taux de chômage (agglo St-Etienne)	-0.019*** (0.006)	-0.020*** (0.006)

Significativité : *** 1%, ** 5%, * 10%

Le nombre de pylônes situés dans un rayon de 200 m autour d'une propriété a été introduit pour contrôler l'impact direct de la ligne existante sur le cadre de vie d'une propriété. Cette variable n'est pas significative dans nos estimations. Nous ne mesurons pas d'impact de la présence de la ligne à très haute tension existante sur les prix immobiliers, même si la variable utilisée ne remplace pas parfaitement un indicateur de visibilité. La ligne à très haute tension étant implantée depuis 1941, ce résultat – combiné à l'absence d'effet mesuré sur le secteur D1 toutes choses égales par ailleurs – peut laisser suggérer que le marché immobilier s'est accommodé de la présence de la ligne existante.

Nous avons aussi cherché à prendre en compte la présence d'autres infrastructures linéaires sur le territoire (voies ferrées et route nationale). Ces variables ont été introduites dans des modèles différents pour éviter un biais de multicollinéarité spatiale. Nous relevons un effet négatif de la proximité à la voie ferrée, mais nous ne trouvons pas d'effet significatif concernant la proximité de la route nationale.

Nous avons intégré au modèle une variable proxy du type de paysage principal à côté de chaque maison. La variable de référence comprend les transactions situées en zone urbanisée. Toutes choses égales par ailleurs, nous trouvons un effet négatif sur les prix immobiliers pour les variables entourées par un paysage ouvert de type « prairies » ou « zones agricoles ». Un effet négatif encore plus important est relevé pour les transactions situées en milieu forestier, bien que seules 3% des transactions soient entourées par ce type de paysage.

Le niveau du taux de chômage, utilisé comme proxy des conditions socio-économiques, a été croisé avec la localisation sur la communauté d'agglomération de Saint-Etienne. Le taux de chômage a un effet négatif significatif sur les prix immobiliers pour les transactions situées à proximité de Saint-Etienne. Cela peut traduire le fait que les prix immobiliers sont plus sensibles aux conditions économiques locales pour les biens localisés à proximité des grands centres urbains plutôt qu'en milieu rural.

La variable de distance au centre de la commune n'est significative que dans le modèle 2 (avec le signe positif attendu). Par ailleurs, le fait que l'acquéreur habitait préalablement sur la même commune que celle du nouveau bien acheté affecte les prix négativement. Un acheteur local peut en effet détenir une quantité d'informations plus importante, ou encore profiter d'un effet de réseau lui permettant de faire diminuer les prix.

Pour terminer, l'effet fixe spatial a permis de capter l'hétérogénéité spatiale de la zone d'étude. La commune de référence était la principale commune (en termes de population) située en zone rurale, et pour laquelle nous disposons du plus grand nombre de transactions (i.e. Monistrol-sur-Loire). L'effet fixe spatial nous confirme cependant qu'être localisé sur une commune de l'agglomération de Saint-Etienne a un effet positif sur les prix. Les petites communes rurales ont quant à elles des prix immobiliers significativement plus faibles. Les résultats de l'effet fixe spatial sont présentés en annexe (B6).

6. Discussion – Conclusion

L'estimation d'un modèle de prix hédoniques en doubles différences permet de montrer que l'arrivée d'un projet d'ITE (dans le cas de la reconstruction d'une ligne) ne se traduit pas nécessairement par une baisse significative des prix des biens immobiliers localisés dans le périmètre de celui-ci :

- Nous ne décelons pas d'impact négatif sur les prix immobiliers à forte proximité de la ligne existante (moins de 500 m) à la suite de l'annonce du projet (cf. *Q1*, section 3.3).
- L'évolution du niveau d'informations et de connaissances disponibles à propos du projet n'a, de manière générale, pas eu d'effet sur les prix de vente des maisons localisées dans les secteurs concernés par les changements à venir (autour de la ligne existante qui sera déposée, et autour du tracé de la future ligne ; cf. *Q2*, section 3.3).

Il est important de garder en tête que notre cas d'étude s'inscrit dans un contexte spécifique où les externalités négatives des infrastructures étudiées sont déjà présentes. A ce propos, nous n'observons pas de différences préexistantes dans les prix immobiliers selon la distance à la ligne à très haute tension. Dans le cas d'une infrastructure linéaire présente depuis de nombreuses années (ici plus de 70 ans), le marché immobilier, tout comme les populations habitantes, ont pu s'accommoder avec le temps de la présence des externalités négatives.

Le marquage négatif d'un territoire sur le marché immobilier (effet stigma) est lié à un phénomène de perception négative d'un risque associé à la présence des ITE. Le projet de reconstruction de la ligne ne semble pas avoir « réveillé » les perceptions des risques liés aux ITE sur le territoire, comme en témoigne l'absence d'effet d'anticipation sur le marché immobilier au cours des six années sur lesquelles s'étale le projet. L'hypothèse de la manifestation d'un effet stigma au cours de la période d'implantation d'un projet d'ITE ne peut

être validée ici. Nous pensons que cette hypothèse pourrait toutefois être vérifiée dans le cas d'un projet d'ITE s'implantant sur un territoire auparavant vierge de toute infrastructure. Cependant, deux tiers des investissements prévus dans les ITE en France par le gestionnaire de réseau concernent « l'optimisation du réseau existant » (RTE, 2016). Un premier résultat important de cette recherche est donc de montrer que les effets d'un projet d'ITE peuvent être limités sur un territoire préalablement confronté à la présence des infrastructures.

De récents travaux soulignent l'importance du niveau d'informations des populations locales vis-à-vis des projets d'infrastructures ciblant leur territoire (Devine-Wright et al., 2010 ; Knudsen et al., 2015 ; Porsius et al., 2015). Notre travail montre que l'évolution du niveau d'informations disponibles a même pu avoir un effet positif sur les prix immobiliers au sein d'une partie de la zone d'étude, lorsqu'il s'est avéré que la future ligne n'y passerait pas. 70% des acheteurs des biens vendus sur le secteur concerné (T3-D3) habitaient auparavant sur la zone d'étude. Nous pouvons légitimement supposer que ces acquéreurs étaient en possession des informations concernant l'avancée du projet. Cet impact positif sur les prix peut ainsi être interprété comme un effet de « soulagement », lié au fait de voir le futur tracé ne pas se rapprocher, dans une zone du territoire qui était jusqu'alors relativement éloignée des ITE existantes. Le second résultat important de notre recherche est de souligner le rôle joué par le niveau d'informations pour atténuer la matérialisation de l'effet d'un projet d'ITE sur le marché immobilier.

Le recours à l'approche quasi-expérimentale s'avère nécessaire pour l'étude d'un changement spatio-temporel dans un attribut environnemental. L'un des avantages de cette approche, par rapport aux méthodes transversales, est d'aider le chercheur à composer avec le biais de variables omises (Greenstone et Gayer, 2009). Le modèle de doubles différences est particulièrement bien adapté, car il permet de contrôler les « interférences » qui existent sur la zone d'étude avant le début de l'évènement étudié, ou qui affectent toutes les propriétés indépendamment de cet évènement (Sunak et Madlener, 2016).

Néanmoins, le cadre d'analyse quasi-expérimental oblige le chercheur à poser un certain nombre d'hypothèses supplémentaires, notamment quant à la délimitation spatiale du marché immobilier étudié. Définir un trop petit périmètre fait courir le risque de ne pas disposer d'assez d'observations. A l'inverse, un périmètre trop grand peut conduire à une sur ou sous-estimation de l'effet de l'évènement étudié (Parmeter et Pope, 2009). Une limite de notre travail se situe ainsi dans la difficulté de délimiter le périmètre spatial de l'étude, en cohérence avec le territoire

du projet et la diffusion des externalités négatives des ITE. Par sa nature, s'intéresser à une infrastructure linéaire nous confronte immédiatement à un territoire d'une grande superficie. Nous avons ainsi restreint la zone d'étude aux communes appartenant à l'aire du projet. Nous avons dû par la suite formuler des hypothèses fortes quant à la diffusion des effets du projet, afin de retenir les périmètres des secteurs d'intérêt (définition des limites de 500m, 1500 m et 4000 m). Le biais de sélection, lié aux critères d'inclusion des observations dans les groupes d'intérêts de l'étude, est une problématique importante dans l'application de l'approche quasi-expérimentale

La collecte des données couvrant la zone temporelle et spatiale retenue constitue par ailleurs un défi majeur pour ce type de recherche. Nous le voyons à travers notre cas d'étude. Le nombre de transactions disponibles reste faible dans les secteurs clés de l'analyse (cf. Figure 3.4), c'est pourquoi les résultats doivent de toute manière être interprétés avec une certaine prudence. Plusieurs éléments justifient cette difficulté de disposer d'un nombre suffisant de transactions immobilières. Tout d'abord, le gestionnaire du réseau cherche à dessiner des tracés d'ITE s'éloignant autant que possible des lieux d'habitations, ce qui par définition complique la collecte de données à proximité des infrastructures. De plus, les acquéreurs étant en majorité originaires du territoire étudié, leur connaissance de la présence de la ligne existante fait que l'on va observer moins de transactions à proximité des ITE. Par ailleurs, le marché immobilier n'étant pas très dynamique dans les zones rurales comme celles de notre cas d'étude, la définition d'une fenêtre temporelle large peut être une solution pour augmenter le nombre de transactions disponibles. Cependant un périmètre temporel étendu complexifie à son tour la collecte des données environnementales devant décrire le voisinage de chaque bien, pour chaque unité de temps considérée. Enfin, la qualité initiale des données immobilières influence fortement la taille de l'échantillon final (notre échantillon contient 67% des observations de la base initiale pour notre étude). Dans ce contexte, l'étape de nettoyage des données et les choix qui y sont fait se doivent d'être explicités par le chercheur (Parmeter et Pope, 2009).

Cette recherche contribue à l'identification des impacts des ITE sur l'économie des territoires d'accueil. Elle montre qu'en présence d'un projet de modification du réseau existant, les effets sur les prix immobiliers peuvent être limités. Cela ne veut pas dire pour autant que le gestionnaire du réseau doit se désintéresser de la portée de ses projets d'implantation d'ITE pour les territoires concernés. Les conditions d'informations du citoyen restent primordiales, et peuvent aider à guider les choix de localisation des ménages. Si la recherche d'un tracé de moindre impact peut effectivement concourir à limiter les effets sur les prix immobiliers, les

ITE restent pour autant des marqueurs forts du cadre de vie dans les communes traversées par le réseau. Dans ce contexte, la bonne mise en œuvre des mesures d'accompagnement des ITE est indispensable. Les conditions de leur négociation avec les communes au cours des projets, peuvent notamment contribuer à favoriser l'insertion territoriale de ces infrastructures linéaires.

Chapitre 4.

Bargaining local compensation payments for the installation of new power transmission lines

1. Introduction

Integrating renewable electricity sources into the existing grid has created a need for greater transmission capacity. This is necessary in order to continue to meet electricity demand while providing a reliable, stable, and secure supply. It is estimated that some 150 billion euros will be invested in around 48,000 km of new or upgraded high-voltage power lines by 2030 in Europe (ENTSO-e, 2014). While there is a widespread support among the general public for energy transition, installation of new electricity transmission infrastructures is frequently met with resistance in host communities (Cohen et al., 2016). Different aspects of the planning process of transmission project, such as procedural justice and trust in institutions, are important factors in gaining social acceptance within local communities (Devine-Wright, 2012; Keir et al., 2014). Various organizational solutions have been developed to help Transmission System Operators (TSOs) negotiate with host communities. These range from new procedures for public participation (Komendantova and Battaglini, 2016; Tobiasson et al., 2016), to consultation and cooperation with affected stakeholders (Spath and Scolobig, 2017).

However, these procedural considerations are strengthened significantly by other type of arguments such as adequate compensation of the impacts of electricity transmission infrastructures, specifically overhead high voltage power lines, for health and aesthetic values of landscapes (Cain and Nelson, 2013). The importance of these impacts is used by locals in calling for underground cables rather than overhead ones (Atkinson et al., 2006; Navrud et al., 2008; Menges and Beyer, 2014), despite the increased costs of such options, and associated environmental and health-related drawbacks (Lienert et al., 2018). Furthermore, installing underground transmission lines is not always technically feasible, especially for very high voltages.

The role of compensation mechanisms (in-kind benefit provisioning or monetary transfer) to correct for external costs of overhead power lines, as well as garnering support for these infrastructures, has thus regained the attention of researchers (Mueller, 2016; Hyland and Bertsch, 2018) and operators (RGI, 2016). This paper adds to the current knowledge about negotiation process for host community acceptance of new overhead transmission projects, by disentangling the complex issue of bargaining procedure for efficient and socially-optimal compensatory schemes.

Compensatory schemes are essentially an attempt to put into practice the Coase theorem, which stipulates that, if property rights over the environment asset are clearly defined, the problems of external effects can be overcome through private negotiation between affected parties (Coase, 1960). This proposal was reinforced by Kunreuther and Easterling (1996), advocating a voluntary process of site selection and negotiated compensation between the parties, rather than imposing any compensation measures based upon a uniform nationwide regulation. However, unlike single location power generation sites, transmission lines are linear infrastructures that often cross and impact multiple localities. Complex procedures to obtain acceptance of transmission projects by local populations mean that negotiations are time consuming (around six years on average in France). They also generate additional costs due to increased budgets dedicated to compensatory measures for host municipalities. Over-spending through inefficient compensation schemes without increasing the price paid by grid users (the electricity tariff charged on final consumers) will inevitably lead to reduced revenue for the TSO (Tobiasson and Jamasb, 2016).

Reducing the financial risk borne by TSOs with network infrastructure projects has become an important aspect of energy transition in electric power policy in Europe. This is needed to ensure adequate innovation and investment in the expansion of the transmission grid, while keeping the grid tariff low. Sharing transmission costs between grid users and beneficiaries has thus become a part of the solution. Cooperation between main beneficiaries (TSO, producers, and distributors) in expanding electricity grids has been proved to improve social welfare, by selecting the route with the lowest costs, thus avoiding an increase in the price paid by the end user. However, in the majority of studies – even the most recent ones (Hasan et al., 2014 ; Roustaei et al., 2014 ; Banez-Chicharro et al., 2017) – the analysis was based on the assumption that local residents all supported the installation of new transmission lines. Strategic decisions related to municipalities whose residents were negatively affected were not included. One exception is Mueller (2016). His model is based on the assumption that potential host communities develop and act together to achieve the most profitable route to connect the electricity-generation sources to the demand regions. A minimum-cost-spanning tree game is applied to determine the new route that minimizes the total cost for the projected grid extension, then the axiomatic Shapley value is used to determine the burden sharing of the cost between the hosting communities. With regard to the non-cooperative behaviour of communities, a single-round sealed-bid auction procedure was introduced for obtaining their consent for compensation payment with the true value of their willingness to accept.

Mueller's paper, again, provides evidence that cooperative game theory could be useful (Gately, 1974, was an early example of this) to better understand the underlying process of coalition formation within potential host communities, when adding a new high voltage power line. Moreover, his paper highlights the importance of the procedure (here the sealed-bid auction) involved in negotiating compensation payments. In this paper, we focus on analyzing the effect of alternative bargaining protocols to reach agreement for a specific route of the new power line, and their outcome for the different players. This particularly applies for the innovative "Announce-Discuss-Decide" approach to infrastructure planning and siting negotiation process implemented by the French TSO "RTE" (Spath et al., 2014).

In doing so, our study is different from Mueller's perspective, and its novelties are as follows. Our model is based on the Nash bargaining solution (Nash, 1950) which is another cooperative game theory concept. However, the Nash bargaining solution payoff can be obtained as a limit case of the strategic alternating offer model of Rubinstein (1982). In particular, Binmore et al. (1986) have shown that when players are patient, the unique subgame perfect payoff of the Rubinstein model is the Nash bargaining solution. It implies that the different outcome of the bargaining protocols based on the Nash solution can be implemented in dynamic strategic models of negotiation (Krishna and Serrano, 1996; Muthoo, 1999). Our model assumes that the TSO negotiates monetary transfer directly with host communities as compensation for accepting a new power transmission line. We consider that compensation schemes are designed within a vertical relationship between a TSO and a DSO (Distribution System Operator). This provides a way of understanding economic interactions between two monopolistic operators when managing electricity flows. We solve and compare the outcome obtained from three negotiation protocols (bilateral, sequential, multilateral) to look at the effect that bargaining rules have on the compensation paid to host communities, the overall profits of the TSO and the DSO, consumer surplus as a function of the grid tariff, and social welfare.

The remainder of the paper is organized as follows. Section 2 briefly describes the regulatory framework in France upon which we have grounded our analysis. Section 3 details the model: its assumptions, the resolution of the non-cooperative case and the different bargaining protocols. Section 4 presents the key findings of our analysis. Section 5 concludes.

2. Interactions between beneficiaries of a transmission line project: the French case

In Europe, many countries have progressively restructured their electricity sector towards a more open and competitive environment for generation and retail activities (Fetz and Fillipini, 2010). Yet, operation of transmission and distribution systems remain regulated monopolies (Pérez-Arriaga et al., 2013; Glachant and Ruester, 2014). This is the case for France. The electricity transmission network is managed by “RTE” and 95% of the distribution grid is managed by “ENEDIS” (and 5% by local companies). The national TSO continues to earn the required revenue to cover its costs (including capital costs) for transmission services and system operations, from the tariff charged to electricity producers on the one side, and to the DSO which in turn passed it to electricity consumers, on the other side. Overall costs of electricity transmission are thus shared between producers and consumers. However, it should be noted that 98% of revenues from grid pricing come from electricity consumers, in accord with the European Union regulation which caps the injection tariff at 0.5 €/MWh (EU Regulation 838/2010). Consequently, local compensation payments are predominantly financed by the grid tariff applied by the DSO to electricity consumers (mainly composed of households).

While community benefits are to a large extent site specific, the negotiation process is mainly shaped by the legal framework and has to follow formal and official procedures provided at national level. In France, in the best of cases, going through the various stages of the permitting procedure for a new transmission line project currently takes around six years (RTE, 2016). Negotiations for community benefits generally run after technical and environmental feasibility studies, and confirmation of the planned route by the State. The TSO has thus to develop a detailed project, which will form the basis for public consultation and negotiation with their representatives, to obtain their agreement. The host community of a transmission line project consists primarily of the host municipalities and their immediate neighbors. In the first instance, negotiations are mainly conducted with the following stakeholders: the national administrative authority representatives, local elected officials, representatives of local residents, and environmental associations. While they are mandatory, compensatory measures with the aim of mitigating adverse environmental and socioeconomic impacts have to play a role in a host municipality decision to agree with or oppose a project. It could be possible to consider these feasibility studies as a first step in the negotiation process. For instance, Mueller (2016) analyses in the same framework the choice of the grid extension and the way the cost will be shared. In

our case, we implicitly assumed that the choice of the host municipalities needed for the transmission line has already been selected and the chosen project is the one that maximizes benefits and gives the highest surplus. Hence the question is to know how this surplus will be shared between the involved municipalities.

In the current system, the amount of the transfer to the municipality is partially determined by the size of the project. Community benefit funding takes the form of an additional budget for investments in local infrastructure or development projects and corresponds to 10% of the infrastructure cost for a 400-kV line and 8% of the cost for a 225-kV line (RGI, 2016). The budget is shared between all host municipalities according to the characteristics of the route (e.g. the length of line in each municipality). In addition, the TSO has to pay an annual tax for each pylon installed in a municipality (e.g. in 2017: €4,631 per 400 kV pylon and €2,318 per 225 kV pylon).

Recent comparative reviews (Ciupuliga and Cuppen, 2013, Spath and Scolobig, 2016) have shown the effectiveness of RTE's arena of dialogue in obtaining the acceptance of local communities. However, the approach used has led to changes in rules governing the negotiation process based on a simultaneous bilateral bargaining protocol, and an increased budget for community benefit funding. Indeed, in some cases, when an agreement cannot be reached due to the veto of one or more municipalities, additional compensatory measures (including the undergrounding of part of the line) which go beyond legal frameworks have become necessary. The nature and scope of these additional measures are predominantly determined through a bilateral negotiation between the TSO and those municipalities who are reluctant to agree. As a result, the legal framework for governing the negotiation of transmission line projects could not be considered as efficient and cost effective for regulated monopolies. Any additional expense will be included in the grid tariff and thus transferred to the end users (who are composed mainly by residential users in France), hence potentially decreasing demand. Consequently, even if investment costs are entirely covered by the grid tariff, the TSO has an incentive to control them.

The point we are making from this French situation is that the first objective of a negotiation on community benefit payments between host municipalities and the TSO is to provide a level of compensation which minimizes the overall costs of grid expansion and generates optimal grid pricing. One way to do this is to introduce the electricity demand component into the compensation scheme, and to find a bargaining protocol that explicitly specifies the rules

governing the negotiation process, taking into account the problems faced by the TSO, specifically in terms of profitability.

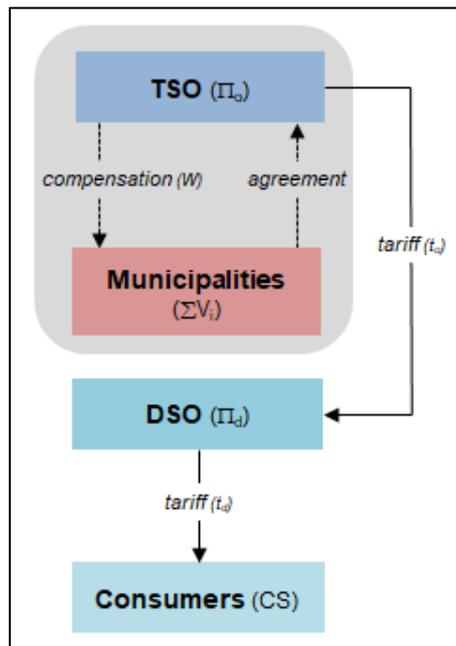
Our analysis directly focuses on the bargaining protocol for the agents representing the TSO in negotiating compensatory payments with local municipalities. Drawing on a bargaining game, embedded in a vertical relationship between the TSO and the DSO, the outcomes concerned the profit of the TSO, the transfer payment for municipalities, and the grid tariff for the final consumers. The objective is to find a negotiation procedure that is able to favor cooperation between all the municipalities involved in the project, and ensuring also that their compensation will neither increase prices for electricity consumers nor jeopardize the economic efficiency of investments made by a regulated TSO (Joskow, 2014).

3. The model

Let us assume that the TSO plans to build a new high voltage line on a territory formed by n municipalities denoted by $i = 1, \dots, n$. To realize the project, the TSO needs to reach an agreement with each municipality involved by the new line route. For each unit of electricity passing through the line to respond to demand (denoted by $Q(t_a)$) at a tariff t_a , each municipality suffers from a level of environmental damage denoted by d_i . Total damage is then denoted by $D = \sum_{i=1}^n d_i$. To ensure an agreement with all the municipalities, the TSO has to negotiate compensation with each of them, i.e. a monetary transfer per unit of electricity, denoted by w_i . The compensation is thus linked to the demand of the consumers benefiting from the new transmission line. A list of the variables and their interpretation is given in Appendix C1.

The vertical relationship framework in Figure 4.1 appears to be relevant to consider the interests of both the TSO and host municipalities, but also to study how their negotiation outcomes impact the grid tariff paid by the DSO before reaching the end-use consumer.

Figure 4.1. A vertical relationship framework



Vertical relationships exist in industries where the value chain is segmented by upstream and downstream activities. The approach developed by Spengler (1950) and its subsequent developments (Tirole, 1988, Horn and Wolinsky, 1988, Hart et al., 1990; Rey and Vergé, 2004) investigate the relationship between a producer and a retailer: the producer (placed upstream of the value chain) sells an intermediate good to the retailer (placed downstream), who then resells the final product to the consumer. Each agent has a monopoly position on its segment and sets its tariff as a mark-up. In this analogy, the TSO is the producer (of electricity transmission services), and the DSO is the retailer serving the final demand (for an electricity access service through the distribution grid). We therefore consider that the DSO is the supplier of electricity to the consumer. Transmission and distribution of electricity can be represented as two vertically-related monopolies, meaning that the downstream firm (the DSO) will take upstream production costs (including compensation payment) into account as a vertical externality (Tirole, 1988).

The payoff function of a host municipality is given by:

$$V_i = (w_i - d_i)Q(t_d) \quad (1)$$

The TSO provides the electricity to the DSO at a tariff t_o . This tariff covers the investment cost of the line, denoted by c_o , and the total amount of monetary transfers for all the municipalities, $W = \sum_{i=1}^n w_i$, for every unit of electricity transiting on the line. The payoff function of the TSO can be written as follows:

$$\Pi_o = (t_o - W - c_o)Q(t_d) \quad (2)$$

Then the DSO sells the electricity to the final consumers at a tariff t_d . We also assume that the DSO bears a cost c_d . The payoff function of the DSO is:

$$\Pi_d = (t_d - t_o - c_d)Q(t_d) \quad (3)$$

The final demand is assumed to be linear and decreasing with t_d :

$$Q(t_d) = a - bt_d \quad (4)$$

Where $a > 0$ stands for the intercept of the demand function and can be interpreted as the maximum transit capacity of the new line. Coefficient $b > 0$ is the slope of the demand function. Based on (4), the consumers surplus is then:

$$CS = \int_{t_d}^{a/b} Q(t_d) \cdot dt_d = \frac{1}{2b}(a - bt_d)^2 \quad (5)$$

From (1), (2), (3) and (5), the social welfare is defined as the sum of all payoffs of the municipalities $V = \sum_{i=1}^n V_i$, operators – TSO (Π_o) and DSO (Π_d) – and consumers (CS):

$$SW = V + \Pi_o + \Pi_d + CS \quad (6)$$

3.1. The non-cooperative outcome

In this benchmark situation, we assume no negotiation between the TSO and the municipalities. Each municipality maximizes his payoff given by (1) with respect to his decision variable w_i . The solution of the program:

$$\max_{w_i} V_i$$

gives the optimal compensation transfer:

$$w_i^{NC} = d_i + \frac{1}{(1+n)} \frac{X}{b} \quad (7)$$

Where $X = a - b(c_d + c_o + D) > 0$ stands for the created surplus along the chain value. By assumption this term is positive meaning that the demand is high enough to compensate the costs borne by the TSO and the DSO, and the damages of the municipalities. All these coefficients are assumed to be known without uncertainty.

The TSO maximizes his payoff given by (2) with respect to his decision variable t_o :

$$\max_{t_o} \Pi_o$$

which gives the optimal tariff:

$$t_o^{NC} = \frac{a}{b} - c_d + \frac{1}{2(1+n)} \frac{X}{b} \quad (8)$$

Finally, the DSO maximizes his payoff given by (3) with respect to his decision variable t_d :

$$\max_{t_d} \Pi_d$$

which gives the optimal tariff:

$$t_d^{NC} = \frac{a}{b} - \frac{1}{4(1+n)} \frac{X}{b} \quad (9)$$

The details of the derivation are given in Appendix C2.

From the above expressions, we obtain the payoff for each agent:

$$V_i^{NC} = \frac{1}{4(n+1)^2} \frac{X^2}{b}; \quad \Pi_o^{NC} = \frac{1}{8(n+1)^2} \frac{X^2}{b}$$

$$\Pi_d^{NC} = \frac{1}{16(n+1)^2} \frac{X^2}{b}; \quad CS^{NC} = \frac{1}{32(n+1)^2} \frac{X^2}{b}$$

and the total welfare:

$$SW^{NC} = \frac{8n + 7}{32(n + 1)^2} \frac{X^2}{b}$$

In the next section we assume that compensation transfers are obtained by negotiation. The programs of the TSO and the DSO remain the same.

3.2. The negotiation protocols

To gain a thorough understanding of the bargaining process, we consider the three following protocols (Table 4.1): Bilateral bargaining (BB), Sequential Bargaining (SQ) and Multilateral Bargaining (MB). In the BB case, the TSO negotiates with each municipality separately and simultaneously, while in the SB case the TSO negotiates separately and sequentially with each municipality. In the MB case there is a single simultaneous negotiation between the TSO and all the municipalities.

Table 4.1. Negotiation types for each protocol

Protocols \ Type	Simultaneous	Separate	Sequential
Bilateral Bargaining	✓	✓	
Sequential Bargaining		✓	✓
Multilateral Bargaining	✓		

In all cases, negotiations are conducted under perfect information and the outcome of the negotiation, obtained by the Nash bargaining solution (Nash, 1953; Binmore et al., 1986), differs according to the protocols. The Nash bargaining solution corresponds to a pure bargaining problem, meaning that the agreement of all parties involved is necessary to the creation of a positive surplus. All the negotiators involved in the negotiation have thus a veto right and consequently, unanimity of all the parties is required to get an agreement. It differs for instance from the paper of Mueller (2016) which assumes that communities can form

different sub-coalitions and then reach different partial agreements. It allows him to use a different concept with the Shapley value. In our paper, sub-coalitions have no power.

We also assumed that all the negotiators have the same bargaining power. Such an assumption allows us to focus on the impact of each bargaining procedure on the outcome. Of course, by assuming that a player has more bargaining power, because he is less risk adverse than his opponent in the Nash bargaining game, or more patient than his opponent in the Rubinstein bargaining game, this player will be able to obtain a higher share of the surplus. But the aim of the comparison between several procedures is to show how a player can be better off with a bargaining protocol. It suggests that the difference in outcome between players is the result of the difference of the protocols. Each protocol will then imply different outcomes for the involved parties.

- i. Bilateral bargaining (BB):** the TSO negotiates with each municipality separately and simultaneously. Using (1) and (2), the Nash Bargaining Solution (NBS) is solution of:

$$\max_{w_i} V_i(w_i) \Pi_o(w_i, W_{-i}) \text{ for } i = 1, \dots, n \quad (10)$$

- ii. Sequential bargaining (SB):** the TSO negotiates with each municipality in a sequential manner, knowing that an agreement has been reached in the previous stage. The NBS solves the system:

$$\begin{cases} \max_{w_1} V_1(w_1) \Pi_o(w_1, w_2, \dots, w_n) \\ \max_{w_i} V_i(w_i) \Pi_o(w_1^*, \dots, w_{i-1}^*, \dots, w_i, \dots, w_{i+1}, \dots, w_n) \\ \max_{w_n} V_n(w_n) \Pi_o(w_1^*, w_2^*, \dots, w_{n-1}^*, w_n) \end{cases} \quad (11)$$

- iii. Multilateral bargaining (MB):** the TSO negotiates with all the municipalities at the same time. The NBS is solution of:

$$\max_{w_i} \prod_{i=1}^n V_i(w_i) \Pi_o(w_i, W_{-i}) \quad (12)$$

The three bargaining protocols are over the transfer w_i paid by the TSO to the municipalities. Then based on the equilibrium transfers w_i , the TSO maximizes his payoff by setting his tariff t_o , and then the DSO his tariff t_d . All the details of the derivation are in the Appendix.

4. Results

In the following section, we explore the results of the negotiation protocols in terms of level of compensations (*Proposition 1*), payoff of each agent (*Proposition 2*) and social welfare (*Proposition 3*), with reference to the benchmark situation (the non-cooperative outcome). See the appendix for a presentation of the calculations.

4.1. Proposition 1

Proposition 1:

For all municipalities, the non-cooperative case and the sequential bargaining procedure lead to higher net total compensation ($W - D$). Taking individually, the non-cooperative case maximizes the net compensation ($w_i - d_i$) of a single municipality.

Total net compensations ($W - D$) increase with the number of municipalities involved in the project. The total net compensations transferred to the n municipalities are higher with the non-cooperative case up to $n = 7$. It is then sequential bargaining which leads to higher net compensations (for $n > 7$). Multilateral bargaining transferred less compensation to municipalities than in the other protocols (for all n). These results are shown in Figure 4.2.a and Table 4.2.

Looking at the individual net compensation paid to a single municipality ($w_i - d_i$), we see that it is a decreasing function of the number of municipalities involved in the project (see Figure 4.2.b). The non-cooperative case maximizes the individual net compensation for a municipality. Sequential bargaining leads to an unequal distribution of compensation between municipalities and introduces a strategic dimension in terms of negotiation order. It is in the best interest of a municipality to be in the negotiation first positions. From the fifth position, a municipality will receive less compensation than with any other procedures.

Sequential bargaining is however the protocol which maximizes the total amount of net compensations ($W - D$) paid to all municipalities (from $n > 7$). At each round of the negotiation, the TSO needs to reach an agreement to get the right to bargain with the next municipality. The position of the TSO is then not profitable in terms of compensations in

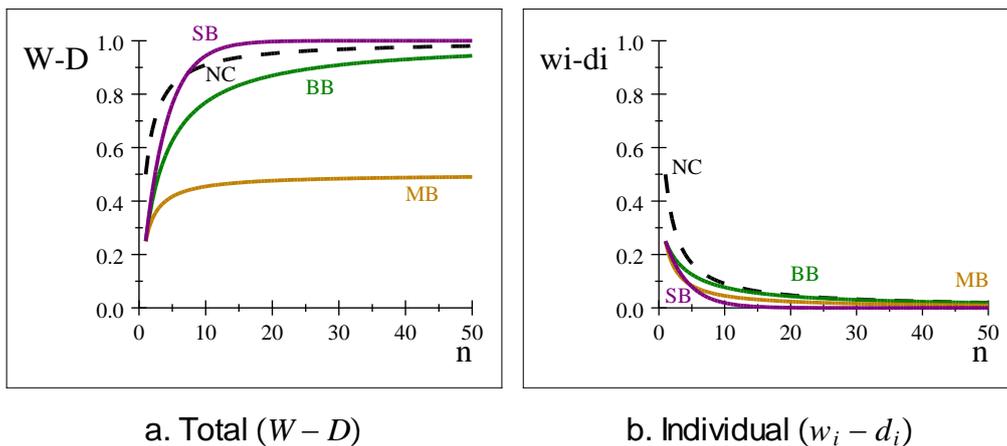
sequential bargaining. This leads the TSO to pay more monetary transfers. In a bilateral negotiation, the TSO is also in a weak position with respect to the municipalities. It has to bargain with each municipality one by one as if the negotiation is the last one and will allow him to build the line. Multilateral bargaining is here the most profitable procedure for the TSO. This protocol refers to the cooperative solution where both municipalities and the TSO have a veto right.

Table 4.2. Results for net compensations

Cases \ Net compensation	Total ($W - D$)	Individual ($w_i - d_i$)
Non-Cooperative	$\frac{n}{1 + n}$	$\frac{1}{1 + n}$
Bilateral Bargaining	$\frac{n}{n + 3}$	$\frac{1}{n + 3}$
Sequential Bargaining	$1 - \left(\frac{3}{4}\right)^n$	$\frac{1}{4} \left(\frac{3}{4}\right)^{i-1}$
Multilateral Bargaining	$\frac{n}{2(n + 1)}$	$\frac{1}{2(n + 1)}$

Note: Each term for total and individual net compensations is multiplied by $\frac{x}{b} = \frac{a}{b} - c_d - c_o - D$. This term represents the part of the grid tariff dedicated to the compensation, once all the costs of the infrastructures have been taken into account. The net compensation is consequently limited by the ceiling tariff for consumers $\left(\frac{a}{b}\right)$.

Figure 4.2. Net compensations



Note: The graphs represent total and individual net compensations in each procedure, according to the number of municipalities involved in the project. In Figure 4.2.b, the sequential bargaining curve represents the net compensation of a municipality according to its position in the negotiation order. All terms are expressed as a share of $\frac{x}{b}$.

4.2. Proposition 2**Proposition 2:**

Multilateral bargaining maximizes the payoff of each agent when the number of municipalities involved is larger than 5. The municipalities payoff ($V = \sum_{i=1}^n V_i$) is higher than that of the other agents.

Resolution of the bargaining game gives the payoff for each player: the municipalities utilities, the TSO payoff, the DSO payoff, the consumer surplus. Analytical results are displayed for each protocol in Table 4.3 and in Figure 4.3.

We see from Figure 4.3 that multilateral bargaining maximizes the payoff of each agent when the number of municipalities involved is larger than 5. The payoffs remain stable with multilateral bargaining, regardless of the number of municipalities involved, whereas they are decreasing with the other procedures.

The procedure maximizing the total payoff of all municipalities (V) is the non-cooperative case for $n = 1$, sequential bargaining for $n = 2$, bilateral bargaining for $n \in [3; 4]$ and is then multilateral bargaining from $n > 5$ (Figure 4.3.a). Results show that all the bargaining protocols we have considered can be chosen by the involved parties.

Proposition 1 showed that total net compensations increase quickly between 1 and 5 municipalities involved in the project in the NC, SB and BB cases. From $n = 5$, total net compensations already reach a very high level in these procedures and affect grid tariffs (because compensation is a share of the maximum grid tariff, see Table 4.2). Procedures involving high levels of compensation lead to relatively high grid tariffs (t_o and t_d) to cover the additional costs for the TSO. This leads to lower demand, which impacts the utility function of the municipalities (eq.1). The procedures maximizing net compensations (NC or SB) does not therefore maximize the municipalities payoff.

We observe the same result when reasoning for a single municipality (V_i). As with compensation, the payoff of a municipality with sequential bargaining depends on its position in the negotiation order. There is an advantage for a municipality in being in the very first position in a negotiation because it can get a higher share of the surplus. The following municipalities then compete for a lower share. Such a result is obtained in the bargaining literature (see Clark and Pereau, 2008 and 2009). We show in Appendix C6 an example of the possible payoff for a single municipality in the sequential case up to $n = 10$.

Proposition 2 also shows that multilateral bargaining is the most profitable procedure for the TSO. It is not surprising to see this protocol maximizing the TSO profit (Figure 4.3.b). In the vertical relationship model, both the DSO and consumers are impacted by the outcome of the negotiations. Based on the previous analysis, multilateral bargaining is logically also the most profitable procedure for these agents (Figure 4.3.c and Figure 4.3.d). Since it minimizes the net compensations paid to municipalities, this procedure conversely maximizes the consumers surplus.

In the end, the municipalities payoff is higher than that of the other agents, for each procedure. We have:

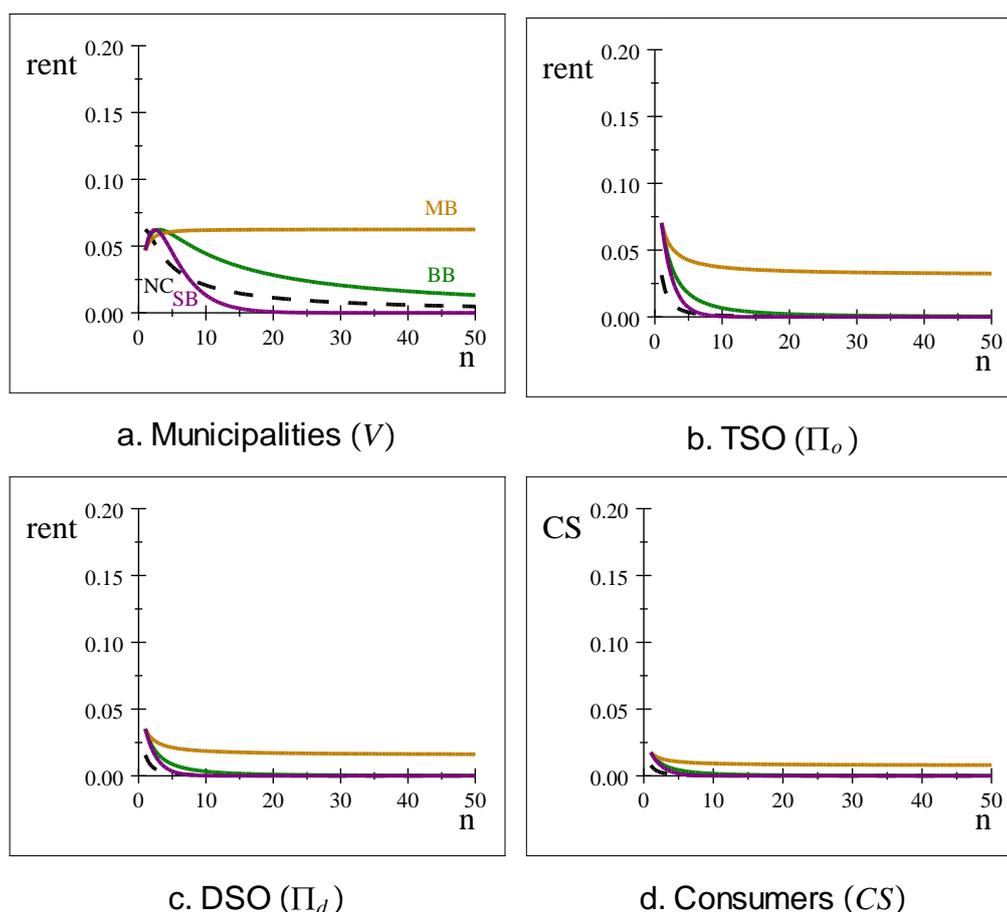
$$V > \Pi_o > \Pi_d > CS$$

Table 4.3. Results for the payoff of each agent

Payoff \ cases	NC	BB	SB	MB
V_i	$\frac{1}{4(n+1)^2}$	$\frac{3}{4(n+3)^2}$	$\frac{1}{16} \left(\frac{3}{4}\right)^n \left(\frac{3}{4}\right)^{i-1}$	$\frac{n+2}{16(n+1)^2}$
V	$\frac{n}{4(n+1)^2}$	$\frac{3n}{4(n+3)^2}$	$\frac{1}{16} \left(\frac{3}{4}\right)^n \left(4 - 4\left(\frac{3}{4}\right)^n\right)$	$\frac{n(n+2)}{16(n+1)^2}$
Π_o	$\frac{1}{8(n+1)^2}$	$\frac{9}{8(n+3)^2}$	$\frac{1}{8} \left(\frac{3}{4}\right)^{2n}$	$\frac{(n+2)^2}{32(n+1)^2}$
Π_d	$\frac{1}{16(n+1)^2}$	$\frac{9}{16(n+3)^2}$	$\frac{1}{16} \left(\frac{3}{4}\right)^{2n}$	$\frac{(n+2)^2}{64(n+1)^2}$
CS	$\frac{1}{32(n+1)^2}$	$\frac{9}{32(n+3)^2}$	$\frac{1}{32} \left(\frac{3}{4}\right)^{2n}$	$\frac{(n+2)^2}{128(n+1)^2}$

Note: Each term for V_i , V , Π_o , Π_d and CS is multiplied by $\frac{x^2}{b}$.

Figure 4.3. Payoff of each agent



Note: The graphs represent the payoff of each agent in each procedure (in black for NC, green for BB, purple for SB, orange for MB), according to the number of municipalities involved in the project. All terms are expressed as a share of $\frac{x^2}{b}$.

4.3. Proposition 3

Proposition 3:

Multilateral bargaining maximizes the social welfare (SW) whatever the number of municipalities.

The sum of all the payoffs gives the social welfare (eq. 6), i.e. the overall surplus of each procedure:

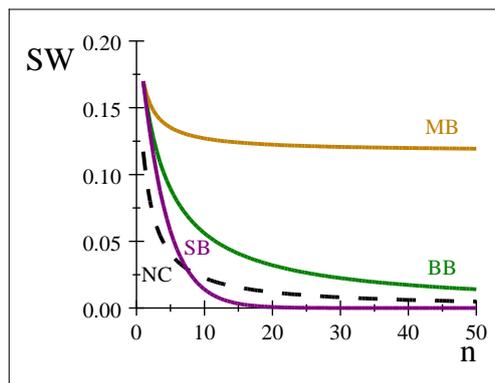
$$SW_{NC} = \left(\frac{8n+7}{32(n+1)^2} \right) \frac{x^2}{b}; \quad SW_{BB} = \left(\frac{24n+63}{32(n+3)^2} \right) \frac{x^2}{b}$$

$$SW_{SB} = \frac{1}{32} \left(\frac{3}{4} \right)^n \left(8 - \left(\frac{3}{4} \right)^n \right) \frac{x^2}{b}; \quad SW_{MB} = \left(\frac{15n^2+44n+28}{128(n+1)^2} \right) \frac{x^2}{b}$$

Figure 4.4 shows that the social welfare is maximized for the multilateral bargaining. From $n > 7$, sequential bargaining leads to a lower social welfare than in all other procedures and then tends to zero. For all agents, we have:

$$SW_{MB} > SW_{BB} > SW_{NC} > SW_{SB}$$

Figure 4.4. Social welfare



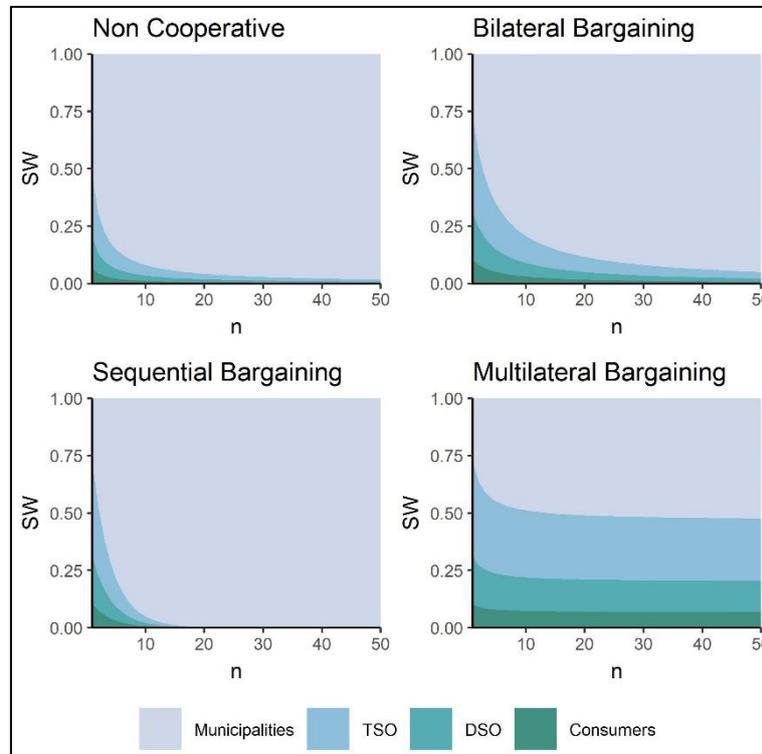
Note: The graph represents the social welfare in each procedure, according to the number of municipalities involved in the project. All terms are expressed as a share of $\frac{x^2}{b}$.

A large proportion of the social welfare is allocated to the municipalities (Figure 4.5), especially with the procedures leading to high level of compensation (NC or SB). Distribution among agents is more balanced in the multilateral case.

Finally, we can summarize the results as follows:

- i. **when $n < 5$:** the number of municipalities is small and the different bargaining procedures can be chosen. A single municipality will prefer not to negotiate and plays non-cooperatively. Two municipalities will prefer the sequential case while bilateral bargaining will be preferred by 3 and 4 municipalities.
- ii. **when $n \geq 5$:** the number of municipalities increases, and multilateral bargaining is preferable for all the agents, including the municipalities. The high level of compensations following the non-cooperative case or the sequential bargaining lead to relatively higher grid tariffs, thus reducing the demand and the quantity sold (Table 4.4). The TSO should seek to put in place multilateral bargaining to achieve a fairer outcome for all the agents.

Figure 4.5. Social welfare distribution between agents



Note: The graphs represent the share of social welfare for each agent in each procedure, according to the number of municipalities involved in the project.

Table 4.4. Results for grid tariffs and demand

Cases	t_o	t_d	$Q(t_d)$
NC	$\frac{a}{b} - c_d - \left(\frac{1}{2(1+n)}\right)\frac{X}{b}$	$\frac{a}{b} - \left(\frac{1}{4(1+n)}\right)\frac{X}{b}$	$\frac{1}{4(1+n)}X$
BB	$\frac{a}{b} - c_d - \left(\frac{3}{2(n+3)}\right)\frac{X}{b}$	$\frac{a}{b} - \left(\frac{3}{4(n+3)}\right)\frac{X}{b}$	$\frac{3}{4(n+3)}X$
SB	$\frac{a}{b} - c_d - \left(\frac{1}{2}\left(\frac{3}{4}\right)^n\right)\frac{X}{b}$	$\frac{a}{b} - \left(\frac{1}{4}\left(\frac{3}{4}\right)^n\right)\frac{X}{b}$	$\frac{1}{4}\left(\frac{3}{4}\right)^n X$
MB	$\frac{a}{b} - c_d - \left(\frac{n+2}{4(1+n)}\right)\frac{X}{b}$	$\frac{a}{b} - \left(\frac{n+2}{8(1+n)}\right)\frac{X}{b}$	$\frac{n+2}{8(1+n)}X$

5. Conclusion

Unanimous acceptance by host municipalities is not the only yardstick of success in negotiations over the siting of new electric transmission lines. One of the most critical decisions to be made by a TSO is how best to negotiate compensation, bearing in mind the interests of other beneficiaries of a grid expansion project (including the electricity consumers) and the strategies they pursue. This paper documents on the role of bargaining protocols in achieving efficient and socially-optimal compensation payments to host municipalities. The negotiation procedure between the TSO and heterogeneous host municipalities for the payment of compensations is described as a bargaining game. The interaction between the TSO and the DSO when supplying electricity to end users is based on a vertical relationship model (a representative model for France and other countries where both TSO and DSO are still monopolies which are governed by the energy authorities).

The Nash Bargaining Solution is obtained from three protocol situations, and compared with the non-cooperative case in which each player maximizes his own payoff with respect to his decision variable. The first protocol refers to bilateral bargaining where each municipality negotiates separately and simultaneously with the TSO; the second is a sequential negotiation where TSO negotiates with each municipality by backward-induction; and lastly a multilateral bargaining where all municipalities simultaneously negotiate together with the TSO.

Our results shed light on how the TSO and host municipalities reach an agreement through bargaining process and determine fair, efficient and optimal levels of compensation for the installation of a new transmission line. We show that all the bargaining protocols we have analyzed can be chosen by the host municipalities. The negotiation rule would affect the

outcome of each agent and has a significant influence on the compensation amount to be paid to host municipalities. However, the negotiation procedures that enable municipalities to obtain the highest amount of compensation (non-cooperative or sequential bargaining) do not necessarily lead to the optimal outcome for them. Because a host municipality revenue is a function of electricity demand, higher compensation will lead to a reduced payoff of other agents further down the vertical hierarchy. An increase in grid tariffs to cover the costs of high compensation will impact demand, which itself is linked to the payoffs of all other agents (municipalities, TSO, DSO). In addition, the sequential bargaining procedure is associated with inequality between municipalities, and the lowest revenue for all agents, hence a minimal social welfare value.

The results also suggest that when the number of municipalities is high, multilateral bargaining yields the cooperative outcome which is also the most favorable procedure for all the stakeholders. When the number of municipalities is low, several cases can occur. A single municipality will act non-cooperatively. Two municipalities will prefer the sequential case while bilateral bargaining will be preferred by three and four municipalities. It shows that the current strategy of the French TSO to favor bilateral negotiations is not efficient when the number of municipalities is large.

Such a finding puts forward that the choice of the bargaining procedure may account for the success of community benefit negotiation and the need for an adequate regulatory framework. However, determining which bargaining procedure give the most profitable agreement for all agents (municipalities, TSO, DSO and consumers) is only the first step of the analysis since real-life negotiations are also characterized by asymmetric information issues or more complex strategic considerations.

In future work, it will be extremely important to recognize more explicitly the heterogeneity of municipalities strategies. It may be of interest for some host municipalities to form coalition when negotiating with the TSO, while other may prefer to negotiate as singletons. The conditions under which both groups can co-exist would be a first extension of our model. A second extension will be to introduce additional interactions in the vertical relationship model. Moreover, it has to be emphasized that municipalities decisions and consumers utility function have an influence on each other through an indirect link, via a variation of the grid tariff which is reflected directly and explicitly in the electricity tariff for consumers. Finally, although distributing individual financial compensation to residents of host municipalities is a highly

debated policy issue, one can argue that how financial compensation of host communities is designed (a reduced electricity tariff for local inhabitants instead of direct investment in collective public goods) may also affect negotiation outcomes.

To conclude, it is difficult and complex to disentangle the different channels through which the financial compensation offers to host communities could be negotiated to generate a win-win solution for all parties (TSO, host municipalities, DSO and final consumers). However, analyzing solutions other than the status quo within a bargaining theoretical framework could be an important approach for explication of host communities agreement in transmission line projects needed for achieving energy transition.

Chapitre 5.

Evaluation délibérative des mécanismes compensatoires des externalités négatives des infrastructures de transport d'électricité

1. Introduction

La construction des lignes à très haute tension pour la transmission de l'électricité reste coûteuse et peut parfois prendre jusqu'à une décennie avant leur mise en service. En dépit de la sophistication des procédures et des précautions prises (concertations, études d'impact, enquêtes publiques, etc.), plusieurs études ont souligné l'accroissement des contestations locales autour des lieux d'implantation, pouvant entraîner des retards dans le démarrage des travaux, et des coûts directs et indirects importants. Ces dernières années, une abondante littérature scientifique et internationale s'est développée pour offrir une interprétation de ces contestations sociales à partir de l'analyse des perceptions individuelles des impacts des infrastructures de transport d'électricité (voir Aas et al., 2014 ; Devine-Wright et al., 2010 ; Soini et al., 2011). Cette littérature suit un courant de recherche en psychologie sociale de l'étude des contestations envers des infrastructures et équipements jugés polluants ou risqués, par le prisme des attitudes des habitants des territoires d'accueil (Dear, 1992). Ces travaux cherchent à sortir des interprétations usuelles souvent avancées par les porteurs de projets d'aménagement, mieux connus sous l'acronyme « NIMBY » (Not In My BackYard, « Pas dans mon jardin »).

Le syndrome NIMBY est assimilé à un comportement égoïste pour lequel l'intérêt individuel primerait sur l'intérêt général. Plusieurs motivations peuvent amener les populations habitantes à adopter une attitude de type NIMBY : la conscience ou l'anticipation d'un préjudice ou d'un risque pour la vie humaine ; la conscience ou l'anticipation de dommages visuels et esthétiques ; la conscience ou l'anticipation de la perte de valeur économique pour les biens immobiliers et fonciers. Au milieu des années 2000, l'analyse des contestations sociales autour des énergies renouvelables conduit les chercheurs à ne pas considérer uniquement les contestations comme une simple attitude NIMBY, jugée trop réductrice (Burningham et al., 2006). Les habitants des territoires d'accueil des infrastructures ne sont pas hostiles envers les énergies renouvelables. D'autres motivations sont mises en évidence, comme les préoccupations symboliques et identitaires ou encore le besoin d'être impliqué dans le processus de décision.

Plus particulièrement, la façon dont le citoyen perçoit sa participation (s'il se sent impliqué, écouté, pris en compte, etc.) à l'élaboration du projet affecte sa propre perception du projet (Cotton et Devine-Wright, 2013 ; Keir et al., 2014 ; Knudsen et al., 2015). Des procédures

appropriées de mise en participation du public devraient en théorie conduire les populations à adhérer au projet, à reconnaître que le type d'équipement choisi correspond à une bonne solution au problème posé, et à faire confiance à l'opérateur (Lawrence et al., 1997 ; Smith, 2001). La mise en place de procédures d'engagement du public tout au long du processus de décision est ainsi devenue une règle de conduite dans la gestion des projets d'infrastructures, afin d'améliorer leur acceptabilité locale. Cependant, les réactions des populations locales se sont diversifiées, structurées et multipliées, un phénomène qui semble coïncider avec le renforcement de ces dispositifs visant à impliquer les citoyens dans le processus de décision. La complexité des mécanismes sociaux qui régissent les oppositions ou du moins les réticences locales vis-à-vis des projets d'infrastructures conduisent ainsi à affiner la compréhension des revendications des populations habitantes, et la manière d'y répondre.

De récents travaux basés sur des enquêtes d'envergure nationale conduites dans plusieurs pays européens insistent tout d'abord sur les empreintes paysagères des ITE (Soini et al., 2011 ; Devine-Wright, 2012 ; Devine-Wright et Batel, 2013 ; Aas et al., 2014). La dégradation de la qualité esthétique des paysages entraîne un ensemble de pertes (individuelles et collectives) qui peuvent expliquer les rejets par les communautés locales des projets de lignes à très haute tension. La dégradation de la qualité paysagère est d'autant moins tolérée que les ITE ne sont pas considérées comme une infrastructure « verte » comme cela est le cas de la perception des éoliennes (Cohen et al., 2014). Au-delà des aspects esthétiques, certains auteurs insistent sur la nécessité de prendre en compte la dimension socio-spatiale de ces dégradations. Ils ont mis en évidence que l'ampleur grandissante des projets d'infrastructures et leur concentration dans certains territoires induisent une accumulation des nuisances (Ciupuliga et Cuppen, 2013 ; Cotton et Devine-Wright, 2013) et un sentiment d'injustice (Cain et Nelson, 2013).

Les porteurs de projets d'ITE ont ainsi développé des mesures dites d'accompagnement, censées fournir des bénéfices collectifs profitant à l'ensemble de la population locale impactée. Les mesures d'accompagnement peuvent emprunter plusieurs modalités : indemnités financières individualisées ou collectives, mise en place de projets de restauration environnementale, financement d'équipements ou de biens publics (RGI, 2016). Certaines modalités existent depuis longtemps, notamment en France. Le renforcement d'autres mesures, telle que la généralisation des indemnités financières des habitants, est à l'étude dans certains pays comme l'Allemagne (Mueller, 2016), car leur efficacité à améliorer l'acceptabilité des projets fait débat. Certains auteurs (Zaal et al., 2014 ; Cohen, 2016) décèlent un impact positif sur l'acceptabilité, quand d'autres constatent un effet négatif (Simora et al., 2017).

La mise en œuvre du principe de compensation et son efficacité comme instrument de négociation dans les projets collectifs d'aménagement est une problématique ancienne en économie. Dès le départ, ce principe s'est heurté au problème d'acceptabilité d'un transfert monétaire et individualisé. Un certain nombre de travaux (Himmelberger et al., 1991 ; Frey et al., 1996 ; Frey et Oberholzer-Gee, 1997 ; Frey et Jegen, 2001) soulignent en effet une diminution de l'acceptabilité locale des projets d'aménagement dès lors que des indemnités financières individuelles sont mises en place. Le public hésiterait à accepter de telles indemnités pour ne pas se sentir corrompu (Cass et al., 2010 ; Walker et al., 2014). Une autre explication est à lier aux motivations sociales des individus, qui préfèrent ne pas mettre en avant leur intérêt individuel quand il s'agit d'un projet collectif (Ferreira et Gallagher, 2010).

Une première solution serait donc de développer un mécanisme de compensation qui profiterait au bien-être collectif, sous forme d'investissements dans des biens publics locaux (Mansfield et al., 2002 ; Mors et al., 2012). En outre, il serait plus aisé pour les individus d'effectuer un arbitrage entre nuisance publique et bien public. La mise en place de mesures d'accompagnement collectives peut également être source de division quant aux modalités que celles-ci doivent prendre (Cass et al., 2010), et la désignation de ceux qui devraient être éligibles aux bénéfices (Aitken, 2010 ; Bristow et al., 2012). Des différends peuvent ainsi surgir entre ceux qui préfèrent voir les bénéfices alloués aux seules communautés les plus proches de l'infrastructure, et ceux qui préfèrent voir une partie de ces dédommagements bénéficier à un groupe plus large, et donc cibler les mécanismes vers des projets collectifs spécifiques (Cowell et al., 2011).

L'acceptabilité sociale des projets d'ITE ne peut par conséquent faire abstraction des enjeux de justice (Tobiasson et Jamasb, 2016). Cependant, la mise en place des mécanismes compensatoires dans l'objectif de neutraliser les effets négatifs des infrastructures, suivant en cela le principe de Kaldor-Hicks, n'est pas suffisant. Les formes (monétaires et non-monétaires) qu'ils doivent prendre et les critères d'attribution deviennent centraux pour faire des mesures d'accompagnement un dispositif permettant d'obtenir l'adhésion des populations locales au projet d'ITE. Les travaux microéconomiques récents traitant des mécanismes compensatoires développent une évaluation quantitative du consentement des potentiels bénéficiaires à accepter des mesures spécifiques (sous forme monétaires ou non). Leurs résultats mettent en évidence le rôle prépondérant des caractéristiques socio-démographiques et de la perception individuelle des externalités (Garcia et al., 2016 ; Simora et al., 2017). Ces travaux traitent la problématique

de la modulation des compensations en fonction des caractéristiques des bénéficiaires, et moins celle de l'acceptabilité des mesures d'accompagnement.

A la différence de ces travaux, notre recherche tente de répondre à la question suivante : quelles modalités doivent prendre les mesures d'accompagnement et à qui doivent-elles bénéficier ? Ce travail développe une analyse empirique basée sur l'application de la méthode des expériences de choix (Bennett et Blamey, 2001 ; Birol et Koundouri, 2008), en attribuant les fondements de la réponse à cette problématique sur les préférences des potentiels destinataires, à savoir les habitants des territoires d'accueil des ITE. Basée sur une formalisation multi-dimensionnelle des effets des mesures d'accompagnement sur les utilités des individus, l'application de la méthode des expériences de choix permet pour cette étude de statuer à la fois sur les types de compensations acceptables et leurs modalités d'allocation. L'application de la méthode des expériences de choix offre par ailleurs la possibilité d'informer sur les hétérogénéités de la demande sociale en matière de mécanismes compensatoires.

Nous avons choisi de mettre en place un protocole d'expérience de choix qui n'intègre pas un attribut monétaire, au sein d'une approche délibérative (Brown et al., 1995 ; Spash, 2007). Nous avons opté pour une procédure délibérative, en considérant que dans le cadre des projets énergétiques, les valeurs et les préférences peuvent être éprouvées et co-construites par le biais d'un dialogue ouvert (Wilson et Howarth 2002). Un temps de discussion entre les individus peut leur permettre de prendre en compte les croyances éthiques, les engagements moraux et les normes sociales, au-delà de leurs attentes individuelles vis-à-vis du projet et de l'utilité collective de celui-ci (Aldred, 1997).

Nous partons par ailleurs de l'idée que l'approche usuelle de l'évaluation économique des bénéfices des biens publics par la mesure des consentements à payer n'est adéquate qu'à condition que les citoyens soient appelés à financer la fourniture de ces biens publics, à partir de leur propre budget. L'introduction de l'attribut monétaire modifie sensiblement les arbitrages que font les enquêtés entre les attributs impliquant des enjeux paysagers (Van Zanten et al., 2016). C'est pourquoi, nous cherchons plutôt à investiguer dans cette étude leur consentement à allouer un budget public spécifique à différents types de mécanismes compensatoires. Par ailleurs, les mesures d'accompagnement proposées peuvent influencer sur l'acceptabilité des projets, à la seule condition qu'elles soient perçues comme juste. Une partie de l'analyse empirique menée ici vise ainsi à explorer la perception de la justice distributive impliquée dans les mesures d'accompagnement des ITE.

Après avoir exposé le cadre conceptuel de la méthodologie d'évaluation économique développée (section 2), nous présentons l'organisation de sa mise en œuvre (section 3), puis les données recueillies au cours de l'enquête (section 4). Les traitements économétriques de ces données et leurs résultats sont ensuite détaillés (section 5), avant d'être discutés et mis en perspective (section 6).

2. Une procédure délibérative pour l'évaluation économique des préférences

2.1. L'évaluation des préférences individuelles face à la pluralité des motivations éthiques et sociales

L'approche des décisions publiques par les préférences individuelles est une préoccupation partagée à la fois par l'école des choix sociaux et l'école des biens publics. La théorie des choix sociaux interroge sur la meilleure métrique des préférences individuelles permettant d'opérer des choix collectifs. Hicks (1943) a initialement formalisé l'approche des choix sociaux à travers la métrique monétaire, permettant de mesurer par la variation du surplus des individus l'utilité associée à chaque option. Cette approche s'appuie sur deux théorèmes : la rationalité parfaite des individus dans un contexte de choix guidés par les prix ; le principe de compensation stipulant que si les individus sont parfaitement rationnels et que le système de prix conduit à l'équilibre, alors on peut prétendre à l'amélioration de « l'état social » par la mise en place d'un mécanisme de transfert entre les bénéficiaires et les perdants, puis procéder à la décision. Le débat porte ainsi sur la pertinence de la métrique monétaire basée sur un programme de maximisation du comportement du consommateur, face à la pluralité des valeurs individuelles en matière d'enjeux sociaux (Sen, 1995). La théorie des biens publics a par ailleurs abondé de manière implicite les réflexions sur les dispositifs d'évaluation des préférences des individus pour des biens non marchands (Gérard-Varet, 1998). Les méthodes des préférences déclarées (méthode d'évaluation contingente, méthode des expériences de choix discrets) font partie intégrante de ces dispositifs empiriques.

Dans la pratique, l'évaluation économique par les préférences se déroule en deux étapes. La première étape consiste précisément en l'évaluation des préférences individuelles. La seconde étape consiste en l'agrégation des bénéfices individuels pour obtenir le bénéfice social. L'agrégation des préférences soulève des controverses dont les principales sont l'hypothèse de constance de l'utilité marginale du revenu entre les individus (Samuelson, 1942), et

l'incohérence du principe de compensation, dont l'impact distributif ne serait pas neutre (Scitovsky, 1941). Le principe de l'agrégation, qui confère à l'évaluation économique des préférences individuelles tout son intérêt en matière de choix collectif est donc remis en cause. La théorie générale de l'impossibilité d'Arrow (Arrow, 1951) confirme cela en stipulant qu'évaluer les « états sociaux » à partir de l'agrégation des préférences individuelles conduit à une impasse, dès lors que l'on ne peut procéder à une comparaison inter-individuelle des utilités. En effet, les utilités sont des mesures de la satisfaction des individus étant donné leurs propres valeurs, et ne peuvent donc être qu'ordinales.

Par ailleurs, les applications des méthodes des préférences déclarées à l'évaluation des préférences en matière de biens publics dans le domaine de l'environnement ont permis d'observer un certain nombre d'anomalies comportementales, en référence aux prédictions du modèle standard du consommateur : le refus de payer d'une part ; et des consentements à payer très élevés au regard de la capacité réelle de contribution des individus d'autre part. Ces anomalies ont ainsi abondé la recherche selon deux voies. La première porte sur les solutions techniques permettant de traiter les réponses non conformes des individus, pour lesquelles le contexte de choix est caractérisé forcément par l'incomplétude et l'imperfection des informations, du fait du caractère hypothétique de l'exercice (Mitchell et Carson, 1989 ; Arrow et al., 1993). Ici, le modèle standard du consommateur n'est donc pas remis en cause. La seconde réinterroge sur la pertinence même de ce cadre de référence face à l'importance des motivations psychologiques et sociales des choix (Vatn et Bromley, 1994), et dont la recommandation est l'abandon de l'indicateur monétaire. Les auteurs avancent ainsi la nécessité de recourir à d'autres mesures du bien-être (Kahneman et Sugden, 2005), ou le développement d'un autre modèle théorique qui soit compatible avec les comportements observés (Shogren et Taylor, 2008).

La majorité des économistes de l'environnement s'accorde à maintenir le principe de baser les décisions en matière environnementale sur les préférences des citoyens. En effet, cette approche est compatible avec le principe de participation, au fondement même de la notion de développement durable¹. L'évaluation des préférences individuelles pour baser les choix sociaux semble donc être acquise. Il s'en suit que l'on ne peut plus interpréter certains comportements observés comme des anomalies, mais chercher à les intégrer dès la réflexion

¹ Tel que défini par les Nations Unies en 1992 dans la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement : « La meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation de tous les citoyens concernés, au niveau qui convient » (Principe 10).

théorique. Une des principales orientations de recherches dans ce domaine concerne l'introduction des enseignements de l'économie comportementale (Gowdy, 2007 ; Shogren et Taylor, 2008), en partant de l'hypothèse que les choix empiriques correspondent rarement au modèle décrit dans l'approche économique standard de la décision individuelle.

Le terme de « préférence » désigne deux sens bien distincts en psychologie et en économie (Sagoff, 2003). En psychologie, elle traduit des désirs, des envies, des inclinations. Dans ce cas, elle ne permet pas de motiver un choix. Il y a de nombreuses motivations au choix, qui ne sont pas liées aux préférences dans le sens psychologique du terme. Du point de vue économique, les préférences sont déduites des choix faits. Les comportements individuels sont nécessairement cohérents avec les préférences. L'analyse économique des comportements individuels s'appuie par conséquent sur l'hypothèse de rationalité parfaite des agents. Face à plusieurs paniers de biens, l'individu peut les classer selon leurs attraits respectifs. En d'autres termes, il arrive à établir un ordre entre les différents biens et services, et ses préférences sont stables, indépendantes du contexte, et cohérentes (Sugden, 2005). Les propriétés relatives aux préférences peuvent être ainsi axiomatisées, pour analyser les choix (Picard, 1994). En d'autres termes, l'approche économique des décisions individuelles suppose que l'observation des choix permet de déduire les préférences. Elle ne s'occupe par conséquent que des résultats des choix (les préférences) et occulte la question de leur formation.

Pour concilier ces deux approches des préférences, les méthodes des préférences déclarées – et en l'occurrence la méthode des expériences de choix – présentent alors plusieurs avantages. La méthode des expériences de choix est tout d'abord adaptée à des situations peu ou mal théorisées, comme c'est le cas pour certains enjeux environnementaux. Elle permet ensuite d'élucider empiriquement les facteurs explicatifs des anomalies comportementales, en référence à certaines prédictions de la théorie économique standard pour ces enjeux environnementaux. Elle offre enfin la possibilité d'explorer d'autres dimensions des choix individuels, au-delà de la dimension économique, telles que les dimensions psychologiques ou les préoccupations éthiques.

2.2. Méthode des expériences de choix et procédure délibérative

La méthode des expériences de choix est une procédure de récolte de données sur les préférences des individus, en organisant le processus de choix au travers de scénarios hypothétiques. Un protocole d'enquête est établi à partir de scénarios alternatifs et présenté à un échantillon d'individus. Chaque scénario est défini sur la base d'un certain nombre de caractéristiques (les attributs) pouvant prendre un niveau différent. Les scénarios alternatifs sont présentés aux enquêtés dans le cadre d'une série de choix (ou « expérience »). Les individus sont alors invités à choisir leur scénario préféré. La méthode des expériences de choix s'appuie sur deux hypothèses selon lesquelles :

- confronté à plusieurs choix ou alternatives, un individu va choisir l'option qui maximise son utilité, qui est en partie aléatoire ;
- les attributs des choix jouent un rôle explicatif important de la décision.

Cette méthode repose sur la théorie des choix de Manski (1977) pour formuler le processus de choix en deux étapes : (i) la génération de séries de choix alternatives de manière exogène ; (ii) le traitement des réponses individuelles avec des modèles d'utilités aléatoires (McFadden, 1973). L'utilité est considérée comme aléatoire non pas à cause d'un manque de rationalité de l'individu dans son comportement, mais plutôt dans le sens où elle reflète un manque d'information de l'observateur (i.e. le chercheur) quant aux caractéristiques des alternatives et/ou des individus interrogés. La composante systématique de l'utilité, dite utilité « indirecte », est commune à tout le monde. Elle est expliquée par les attributs des choix dont les niveaux sont communs pour l'ensemble des individus et que le chercheur peut observer. La composante aléatoire, quant à elle, provient d'attributs non observés.

Cette formulation de l'utilité des individus en fonction des attributs des choix marque une rupture avec la modélisation traditionnelle. Elle a ouvert la voie à la nouvelle théorie de la demande proposée par Lancaster (1966) comme ancrage théorique de l'analyse des choix empiriques réalisés à partir des protocoles d'expériences de choix. Cette référence théorique a permis d'offrir un cadre à une quantification monétarisée des fonctions d'utilité multi-attributs (Fishburn 1965 ; Keeney et Raiffa 1976). L'introduction de la contrainte budgétaire permet alors d'obtenir une évaluation monétaire en termes de consentement à payer.

L'évaluation des valeurs des consentements à payer s'appuie sur l'estimation d'un modèle à choix multiples, qui dans sa forme la plus simple est le modèle logit multinomial. L'existence d'un panel de choix assez large, en relation avec les attributs des alternatives proposées, autorise à considérer que les préférences des individus sont complètement hétérogènes, en fonction d'un certain nombre de caractéristiques socio-démographiques des enquêtés, ou encore de leurs motivations sociales et éthiques. On peut alors estimer un modèle à coefficient aléatoire (Layton, 2000), ou structurer les préférences selon différentes classes, via l'estimation d'un modèle à classe latente (Greene et Hensher, 2002).

Cependant, la méthode des expériences de choix s'appuie sur l'évaluation de scénarios hypothétiques souvent complexes, dont les enquêtés ne sont pas familiers. Ils doivent opérer leur choix dans un laps de temps assez court, rendant difficiles la réflexion et les arbitrages (Shaikh et al., 2007). Les individus abordent les scénarios qui leur sont proposés avec leurs connaissances antérieures ou leurs expériences. S'ils sont mal informés sur les bénéfices procurés par une option particulière, ils sous-estimeront l'importance de celle-ci (Spash et Hanley, 1995). La sensibilité à certains aspects peut donc s'accroître avec les informations que les citoyens ont à leur disposition. C'est pourquoi la mise en place d'une procédure délibérative constitue une manière d'éprouver la stabilité des préférences et la fiabilité des résultats de l'évaluation (Bunse et al., 2015 ; Bartkowski et Lienhoop, 2018). La procédure délibérative consiste à introduire des temps d'informations, de discussion, et de réflexion dans les protocoles d'évaluation par les méthodes de préférences déclarées.

Fonder l'évaluation de bénéfices collectifs sur les mesures de préférences individuelles en matière de biens publics, à l'issue d'une maximisation de l'utilité individuelle en tant que consommateur, ne garantit pas nécessairement la réalisation d'objectifs d'équité sociale (Sen, 1995). La procédure délibérative permet d'abord l'évaluation sur ce qui devrait être valorisé pour le compte de la société dans son ensemble (Wilson et Howarth, 2002). Les auteurs défendent l'idée qu'un « débat motivé », permet aux répondants d'effectuer des choix plus réfléchis, en étalonnant leurs préférences avec celles des autres parties prenantes, et d'entrevoir par le biais d'un dialogue, l'intérêt supérieur de la société dans son ensemble.

Nous présentons dans la section suivante le protocole d'évaluation mis en place pour les mesures d'accompagnement des ITE, et son application au sein d'une procédure délibérative.

3. Méthodologie de la récolte des données

3.1. Un protocole d'évaluation pour les mesures d'accompagnement des ITE

3.1.1. *Le choix des attributs*

Les mesures d'accompagnement autour des implantations d'ITE en France peuvent être distinguées entre :

- des mesures d'indemnités financières individuelles, définies sur la base des valeurs des préjudices visuels pour compenser les propriétaires de maisons riverains des ITE d'une part, ou définies sur la base des valeurs des préjudices d'emprise au sol pour compenser les propriétaires fonciers des terrains traversés par les ITE d'autre part ;
- des mesures compensatoires d'indemnités financières collectives, définies sur la base d'une « taxe pylône » censée compenser les pertes d'utilité des habitants des communes accueillant les ouvrages ;
- des mesures d'accompagnement socio-environnementales (avec le « Plan d'Accompagnement de Projets »), visant à l'amélioration générale de la qualité de vie et du bien-être des habitants : mesures d'insertion des ouvrages, soutien au développement économique local (par des équipements collectifs, des services publics, etc.) ;
- des mesures de compensations écologiques (avec le « Plan environnemental »), qui s'appuient sur des actions de préservation, de réhabilitation ou encore de création d'habitats écologiques (selon la doctrine « Eviter, réduire, compenser »).

Si les indemnités financières font l'objet d'un cadre juridique bien établi, les mesures d'accompagnement collectives qui s'ajoutent à la taxe pylône restent encore aujourd'hui très variées selon les projets. Elles obéissent plutôt aux rationalités et motivations des acteurs qui les négocient, et moins à la rationalité et aux motivations des populations qui devraient en bénéficier. Ainsi, envers quels mécanismes compensatoires les individus potentiellement impactés par les projets d'ITE accordent-ils le plus de valeur, et pourquoi ?

Cette recherche s'intéresse aux projets d'ITE d'une manière générale, elle ne cible pas un projet en particulier. Les participants à notre étude ont été confrontés à un scénario hypothétique de construction d'une ligne aérienne à très haute tension à proximité de leur lieu de résidence.

Différents portefeuilles de mesures d'accompagnement leurs ont été présentés simultanément, et les enquêtés ont alors été amenés à choisir leur option préférée.

Le choix des attributs et des niveaux constituant ces portefeuilles s'est effectué en concertation avec le gestionnaire du réseau (RTE), sur la base des mesures d'accompagnement qui sont déjà à l'œuvre ou à l'étude, et qui peuvent avoir un écho particulier chez le grand public. Les attributs doivent en effet être réalistes (Ryan et Wordsworth, 2000), correspondre à des actions envisageables, et avoir un sens pour les personnes enquêtées (Bennett et Adamowicz, 2001). Quatre attributs, chacun défini par trois niveaux, ont été retenus (Tableau 5.1) :

- la réduction des impacts paysagers, selon le type de pylône utilisé sur la commune (design « *chat* », « *muguet* », ou « *équilibre* ») ;
- la mise en œuvre de mesures compensatoires environnementales, à différentes échelles possibles (communale, intercommunale, ou départementale) ;
- la mise en œuvre d'une mesure compensatoire collective, sous la forme d'un bien ou d'un service collectif pour la commune : l'aménagement de terrains omnisports (rénovation, réhabilitation), l'aide au maintien de services de proximité (e.g. petits commerces, structures de services), ou le déploiement de la fibre optique (le long de la ligne à très haute tension qui serait implantée) ;
- la mise en œuvre d'une mesure compensatoire « personnalisée », sous la forme du financement d'un projet proposé par les habitants de la commune (à hauteur de 50%, 70%, ou 90% du montant du projet).

Un niveau représente l'impact sur le montant du budget qui serait dédié à la mesure. Ainsi le niveau 1 correspond à l'impact le moins fort, le niveau 2 correspond à un impact modéré, et le niveau 3 correspond à l'impact le plus élevé. Nous avons choisi de ne pas introduire d'attribut monétaire.

Tableau 5.1. Attributs et niveaux retenus

Attribut	Modalité	Niveau		
Réduction des impacts paysagers	Mesure d'insertion paysagère des ITE, définissant le type de pylône implanté sur la commune.			
		1. Design classique (« chat »)	2. Design spécifique (« muguet »)	3. Design esthétique (« équilibre »)
Mesures compensatoires environnementales	Mise en œuvre d'actions permettant de préserver la qualité de l'environnement (ex : restauration d'habitats naturels).			
		1. A l'échelle communale	2. A l'échelle intercommunale	3. A l'échelle départementale
Mesure compensatoire collective	Contribution au développement économique local par la fourniture d'un bien ou d'un service collectif.			
		1. Aménagement de terrains omnisports	2. Maintien de services de proximité	3. Déploiement de la fibre optique
Mesure compensatoire personnalisée	Un projet proposé par les habitants de la commune est soutenu financièrement (en % du montant du projet).			
		1 : à hauteur de 50%	2 : à hauteur de 70%	3 : à hauteur de 90%

3.1.2. Elaboration des scénarios de choix

Après la définition des attributs et de leurs niveaux, des scénarios correspondant à des combinaisons des différents niveaux d'attributs ont été générés. Ces scénarios ont été regroupés au sein d'ensembles de choix, qui sont ensuite présentés aux enquêtés. La combinaison des alternatives en ensembles de choix a été réalisée selon un processus de génération factorielle partiel orthogonal (Zwerina et al., 1996). Le design suivant a été retenu : 24 scénarios ont été générés au total, ceux-ci étant répartis en 2 blocs regroupant chacun 6 expériences de choix. Une expérience de choix est donc composée de 2 scénarios alternatifs, ainsi qu'une option « *Ni l'un, ni l'autre* » renvoyant à une situation de référence.

La situation de référence est une situation où la totalité du budget alloué aux mesures d'accompagnement serait versée directement à la commune. La situation de référence est commune à chaque expérience de choix présentée. L'introduction de cette option permet de ne pas forcer le choix, quand l'individu trouve que les scénarios proposés ne correspondent pas à ses préférences (Hensher et al. 2005 ; Banzhaf et al. 2001). Elle permet en cela d'identifier parmi les portefeuilles de mesures d'accompagnement, les mesures qui emportent l'adhésion du public, et comment les individus établissent les relations de complémentarité ou de substitution entre les différentes mesures. L'Encadré 5.1 présente la question contingente soumise aux enquêtés, et la Figure 5.1 montre un exemple d'expérience de choix.

Figure 5.1. Exemple d'expérience de choix

	Programme A	Programme B	
Insertion paysagère de la ligne	 Pylône « Muguet »	 Pylône « Equilibre »	Ni le programme A, ni le programme B
Mise en œuvre d'actions de préservation de l'environnement	 au niveau intercommunal	 au niveau communal	
Contribution au développement local	 Maintien de services de proximité	 Aménagement de terrains omnisports	
Taux de financement d'un projet proposé par les habitants	 90 %	 50 %	
Votre choix	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Encadré 5.1. Scénario hypothétique présenté aux enquêtés

La construction d'une nouvelle ligne à très haute tension est prévue dans la région. Cette nouvelle ligne permettrait de : mieux répondre à la production d'électricité, compte tenu de l'augmentation des énergies renouvelables dans la région ; mieux répondre à la demande d'électricité, compte tenu de l'augmentation de la population et de l'activité économique de la région.

Ce projet de nouvelle ligne à très haute tension a suivi les différentes étapes réglementaires nécessaires à sa mise en œuvre : (i) la raison d'être de la ligne a été approuvée par l'Etat ; (ii) l'entreprise en charge du réseau de transport a identifié les zones possibles où faire passer la ligne compte tenu des contraintes géographiques et techniques. ; (iii) une concertation avec les communes concernées a été engagée pour se mettre d'accord sur le tracé précis qui sera emprunté par la ligne. Les habitants ont aussi été sollicités (réunions publiques, ateliers locaux).

Mettez-vous maintenant dans la situation où ce projet de nouvelle ligne concernerait votre commune de résidence.

La prochaine étape du projet consiste en la définition des mesures d'accompagnement qui sont proposées à votre commune. En effet, l'entreprise en charge de la nouvelle ligne à très haute tension va proposer à votre commune un programme d'accompagnement. Ce programme vise à mettre en place plusieurs actions spécifiques sur votre commune, à l'aide d'un budget dédié. Le montant du budget prévu pour ce programme est défini réglementairement.

Les mesures mises en place dans ce programme portent sur quatre grands volets : l'insertion paysagère de la ligne, la préservation de l'environnement, la contribution au développement local, la réalisation d'un projet des habitants.

En tant qu'habitant d'une commune qui serait concernée par ce projet de nouvelle ligne, nous souhaitons connaître vos préférences sur les différentes options possibles de ces programmes d'accompagnement.

Nous allons maintenant vous présenter six situations de choix successives décrivant à chaque fois deux programmes d'accompagnement hypothétiques (A et B). Chaque programme est une combinaison des différentes options possibles pour les mesures que nous venons de vous présenter.

Pour chacun des six choix proposés, vous devez choisir le programme que vous préférez.

La possibilité vous est laissée de choisir l'option « *ni le programme A, ni le programme B* ». Avec cette option, le budget prévu pour le programme d'accompagnement serait finalement versé à votre commune, qui l'utiliserait de la manière dont elle le souhaite.

3.2. Les questions relatives aux enjeux de justice

Notre intention dans ce travail est aussi d'obtenir des informations quant à la perception par les potentiels bénéficiaires de ce qui est « juste » en termes de mécanismes compensatoires. Il faut préciser que nous ne cherchons pas à comprendre les arbitrages que font les individus entre différents critères de justice, que ce soit en considérant d'emblée ces critères comme des attributs des scénarios de choix (Dietz et Atkinson, 2010), ou bien en les introduisant comme facteurs explicatifs des préférences mesurées par les consentements à payer (Cai et al., 2010 ; Rulleau et al., 2016). Ces approches visent principalement à fournir des indications sur les critères de justice à privilégier. Elles font référence à une abondante littérature théorique et empirique sur les enjeux de justice associés à la lutte contre le réchauffement climatique, et qui sont déjà bien établis (Klinsky et Dowlatabadi, 2009). Dans le domaine de l'énergie, et plus particulièrement pour ce qui a trait aux politiques de transition énergétique, les travaux théoriques sur les enjeux de justice sont en émergence, et leurs traitements empiriques n'en sont qu'à leurs prémices (Jenkins et al., 2016). C'est pourquoi nous nous contentons de mesurer la perception des individus en termes de justice pour la mise en place des mécanismes compensatoires. La question qui se pose est alors de savoir comment les individus perçoivent ce qui est juste ou non dans les mesures d'accompagnement qui leurs sont proposées et leurs modalités d'application.

Pour évaluer la perception de justice des individus, nous nous sommes référés aux principes généraux de la justice distributive : l'égalité, l'équité, et la satisfaction des besoins pour tous. Du point de vue de la psychologie sociale (Deutsch, 1985), ces principes permettent de résoudre les conflits de répartition. Il a été montré que les citoyens européens jugent que des biens sont répartis de manière juste ou injuste principalement à partir de ces trois critères (Forsé et Parodi, 2006). Nous avons élaboré l'évaluation de la perception de ce qui est juste pour les potentiels bénéficiaires en deux grandes étapes (voir Encadré 5.2).

Encadré 5.2. Questions relatives aux critères de justice

Si une ligne à très haute tension devait être implantée sur votre commune, pensez-vous qu'il serait plus juste de privilégier :

- Le financement de projets d'aménagements et d'équipements sur la commune.
- L'indemnisation financière des habitants de la commune.

Si le répondant choisit « indemnisation financière » :

Quel serait le critère d'indemnisation le plus juste pour les habitants de la commune ?

- Indemniser les habitants en fonction du revenu, en privilégiant les habitants qui sont les plus défavorisés en termes de revenu.
- Indemniser les habitants en fonction de la nature du logement, en privilégiant les habitants des résidences principales plutôt que ceux des résidences secondaires.
- Indemniser les habitants en fonction de la distance à la ligne à très haute tension, en privilégiant les habitants qui sont les plus proches de la ligne.

Si le répondant choisit « financement de projets » :

Quel type de projet devraient-être financés en priorité sur la commune ?

- Des aménagements et équipements collectifs (écoles, hôpitaux, stades, routes, réseaux...).
- Des aménagements et équipements économiques (zone d'activités, commerces...).
- Des aménagements et équipements touristiques.
- Des aménagements et équipements pour préserver la nature et la biodiversité.
- Des aménagements et équipements culturels (monuments historiques, musées, ...).

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à la perception des deux grandes catégories de mécanismes de compensation : l'indemnisation individuelle versus le financement de biens collectifs. Comme souligné en introduction, plusieurs travaux en économie comportementale tendent à montrer que les individus privilégieraient les compensations « en nature » (biens collectifs, restauration des biens communs). L'évaluation de la perception de ce qui est juste en termes de mécanisme compensatoire sert ici à confronter deux principes généraux de la justice distributive : l'égalité, en référence à l'indemnisation financière de l'ensemble des habitants des communes traversées par les ITE ; et la satisfaction des besoins, en matière de fourniture de biens et services locaux.

Dans un deuxième temps, l'enquêté était invité à se prononcer sur la modalité que devrait prendre le mécanisme qu'il venait de considérer comme « juste ». Dans le cas de l'indemnisation financière individuelle, nous avons cherché à identifier des critères d'allocation possibles de l'indemnité pour chaque habitant :

- selon un principe d'égalité relative : tous les habitants bénéficient d'une indemnisation, mais un traitement différencié est appliqué en fonction des situations individuelles (distinction entre les résidences principales et secondaires) ;
- selon un principe d'équité : l'indemnisation des habitants est conditionnée à la proximité de la nuisance ;
- selon un principe de satisfaction des besoins : l'indemnisation privilégie les habitants les plus défavorisés en termes de revenus (pour la réduction des inégalités).

Dans le cas du financement de biens collectifs, nous avons cherché à identifier les besoins prioritaires en matière de compensation collective, en distinguant les grandes catégories de projets : les projets d'équipements et de services collectifs ; économiques, environnementaux, touristiques, et culturels.

Par ailleurs, nous avons cherché à connaître auprès des enquêtés le critère principal à prendre en compte pour la mise en place des programmes d'accompagnement tels qu'envisagés dans les expériences de choix. Les critères ici proposés (budgétaire, durabilité, solidarité, concertation ; voir annexe D1) font appel aux valeurs individuelles et éthiques pouvant motiver les individus. Les enquêtés étaient enfin amenés à se prononcer sur le type d'acteur leur paraissant le plus légitime pour gérer ces programmes d'accompagnement.

3.3. Mise en place de la procédure délibérative

L'application de la méthode des expériences de choix au sein d'une procédure délibérative a nécessité l'administration de l'enquête dans le cadre d'un protocole précis. La passation du questionnaire se déroulait au cours d'une session d'une durée totale de 2h30, à laquelle dix participants étaient invités. Cinq sessions ont ainsi été organisées. Chaque session était animée par une modératrice.

Nous avons élaboré un protocole qui se composait de deux séries d'expériences de choix. La première expérience (« *Round 1* ») comprenait une phase d'évaluation des préférences basée sur une présentation détaillée des enjeux (i.e. la présentation du scénario hypothétique de l'Encadré 5.1). La seconde expérience (« *Round 2* ») prenait place après une session de débriefing et de discussion avec les participants, pour tester la fiabilité des résultats issus de la première expérience et éprouver la stabilité des réponses (Bunse et al., 2015 ; Bartkowski et Lienhoop, 2018). Chaque enquêté faisait face à six expériences de choix lors du Round 1, et répétait les six mêmes expériences lors du Round 2. Sachant que deux blocs d'expériences de choix ont été générés, les participants à une même session ne faisaient pas forcément face aux mêmes expériences. Le Round 1 durait en moyenne 30 minutes (présentation de l'exercice, lecture du scénario, expériences de choix, questions de suivi), et le Round 2 environ 20 minutes (expériences de choix et questions de suivi). La séance de discussion conduite par la modératrice durait en moyenne 60 minutes. Cette séance permettait aux participants de réagir à l'exercice de choix, de poser des questions et de débattre des différentes mesures proposées ainsi que des critères de justice. La modératrice devait s'assurer du partage du temps de parole entre les enquêtés et du respect de la bienveillance des échanges.

Chaque session permettait d'exploiter la totalité du questionnaire d'enquête (reproduit dans sa totalité en annexe D1), à savoir : les informations socio-démographiques sur les enquêtés ; les questions introductives sur la transition énergétique ; les perceptions des lignes aériennes à très haute tension ; les expériences de choix n°1 et questions de suivi ; les expériences de choix n°2 et questions de suivi ; les questions finales sur la perception du temps de discussion. L'ensemble des instructions sur la manière de répondre au questionnaire étaient données par la modératrice au début de la session. Le récapitulatif du déroulé d'une session est donné dans le Tableau 5.2.

Toutes les sessions ont été organisées dans des salles spécifiquement dédiées à ce type d'étude (avec matériel d'enregistrement de la session, et vitre sans tain permettant l'observation par un tiers depuis l'extérieur). Chaque enquêté avait à sa disposition une tablette, lui permettant de répondre au questionnaire. La modératrice était aidée d'un diaporama pour présenter les différentes étapes du questionnaire. Les participants ont bénéficié à l'issue de la session d'un dédommagement de cinquante euros (sous forme de bons d'achats).

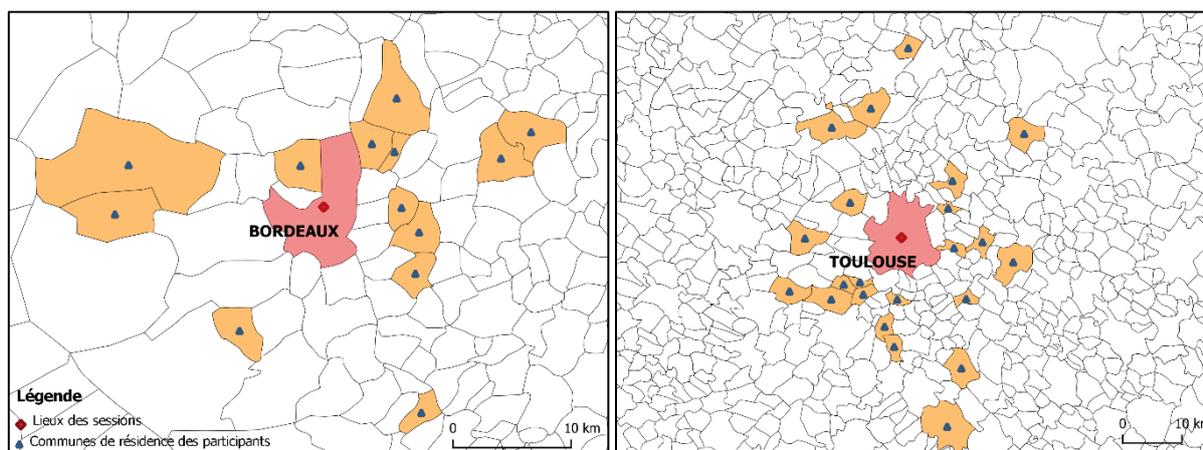
Tableau 5.2. Programme d'une session

Programme	Durée
I – Accueil des participants	10 min
Collecte des informations sociodémographiques	
II – Introduction de la session	10 min
Ouverture de la session sur le sujet de la transition énergétique	
Questions introductives	
III – Les lignes aériennes à très haute tension	15 min
Présentation des grandes caractéristiques du réseau de transport d'électricité	
Questions sur les lignes aériennes à très haute tension	
IV – Les expériences de choix (Round 1)	30 min
Explication de l'exercice, présentation du scénario, des attributs et des niveaux	
Première série d'expériences de choix et questions de suivi	
V – Discussion entre les participants sur les choix réalisés	60 min
Temps d'échanges entre les participants sous la conduite de la modératrice	
VI – Les expériences de choix (Round 2)	20 min
Deuxième série d'expériences de choix et questions de suivi	
VII – Clôture de la session	5 min

Trois sessions ont eu lieu à Toulouse, et deux sessions à Bordeaux. Les enquêtés ont été recrutés selon leur lieu de résidence. Un participant devait habiter dans une commune rurale ou périurbaine, extérieure au périmètre des métropoles de Toulouse et Bordeaux (Figure 5.2). C'est en effet ce type de commune qui est le plus susceptible d'accueillir dans son environnement immédiat un projet d'ITE. A défaut de pouvoir assurer une représentativité statistique de l'échantillon, il a été demandé au prestataire réalisant l'enquête de garantir une hétérogénéité dans les profils des participants. Enfin, un participant ne pouvait pas avoir précédemment travaillé au sein de l'industrie électrique.

45 personnes ont finalement pris part à notre enquête. Sachant que dix personnes étaient invitées à chaque session, nous avons eu en moyenne un absent par session. La taille de l'échantillon affecte la précision des estimations des paramètres dans les modèles de choix discrets. Dans le cas d'un protocole qui propose une seule version des expériences de choix aux enquêtés, le nombre minimum de 20 individus est requis (Lancsar et Louvière, 2008). Avec deux versions du protocole d'expériences de choix (en référence aux deux blocs de choix générés), un minimum de 40 personnes était donc requis. La petite taille de notre échantillon ne nous prive pas de conduire l'exploitation économétrique des données issues de notre enquête. Elle ne nous permettra pas en revanche d'avancer des conclusions définitives sur les résultats obtenus.

Figure 5.2. Lieu de résidence des enquêtés



Note : Les cinq sessions se sont déroulées à Toulouse le 20/06/2018 (10 participants), le 25/06/2018 (9 participants), le 29/06/2018 (10 participants), puis à Bordeaux le 04/07/2018 (7 participants) et le 05/07/2018 (9 participants).

4. Les données de l'enquête

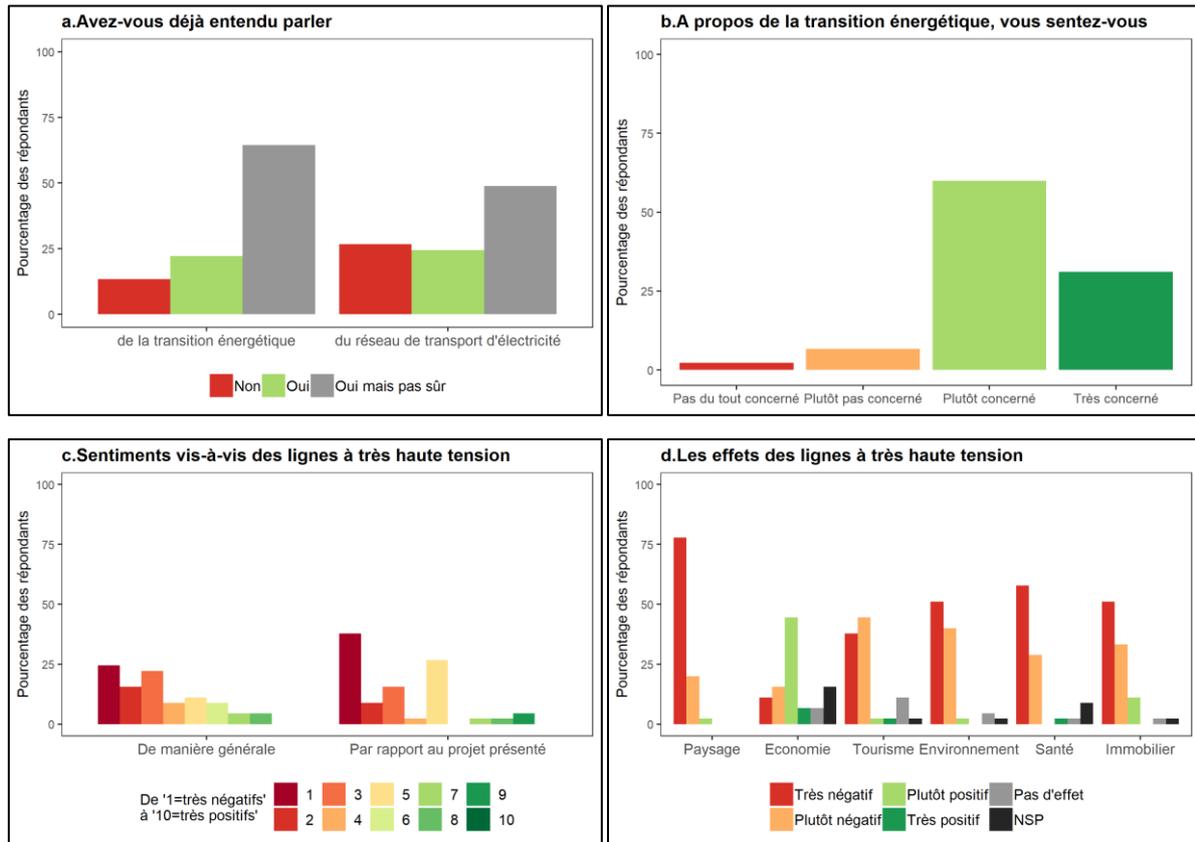
4.1. Le profil des participants

L'âge moyen des participants pour cette enquête est de 45 ans. La majorité des répondants sont des hommes (25/45). 44% des enquêtés appartiennent à la catégorie socio-professionnelle des employés, et 22% sont des retraités. Le ménage est composé de 2 à 4 personnes pour 80% des participants. Un quart des enquêtés déclare un revenu mensuel du foyer inférieur à 2000 euros par mois. Ils sont en majorité propriétaire de leur logement (69%), et habitent tous quasiment dans une maison individuelle (87%). Les locataires habitent toutefois pour moitié en appartement. Les caractéristiques socio-démographiques des participants sont illustrées en annexe (D2).

4.2. Connaissance et perception des enjeux énergétiques

La plupart des enquêtés ont entendu parler de la transition énergétique, mais ne savent pas trop de quoi il s'agit (Figure 5.3.a). De même, les trois quarts des participants ont déjà entendu parler du réseau de transport d'électricité, mais seulement 11 d'entre eux déclarent savoir de quoi il s'agit précisément. Les enquêtés manifestent pour autant un intérêt pour les enjeux énergétiques (Figure 5.3.b).

Figure 5.3. Connaissance et perception des enjeux énergétiques et des ITE



Lecture :

- a. 64% des répondants ont entendu parler de la transition énergétique, mais ne sont pas sûrs exactement de ce dont il s'agit ;
- b. 60% des répondants se sentent plutôt concernés par la transition énergétique ;
- c. 24% des répondants expriment des sentiments « très négatifs » (1/10) vis-à-vis des lignes à très haute tension de manière générale. 38% des répondants attribuent cette même note dans le cadre du scénario hypothétique présenté ;
- d. 78% des répondants estiment que les lignes à très haute tension ont un impact très négatif sur le paysage.

Les répondants expriment un sentiment négatif à l'égard des projets d'ITE d'une manière générale (71% donnent une note inférieure à 5/10 ; 1 correspondant à « *des sentiments très négatifs* » et 10 correspondant à « *des sentiments très positifs* »). Les sentiments « *très négatifs* » vis-à-vis des ITE s'accroissent dans le cadre du projet hypothétique présenté pour les expériences de choix (Figure 5.3.c).

En très grande majorité, les participants déclarent que les lignes à très haute tension ont un impact négatif (soit « *très négatif* » ou « *plutôt négatif* ») sur le paysage (98% des répondants), l'environnement (91%), la santé (87%), le marché immobilier (84%), et enfin l'activité touristique (82%). En revanche, ils sont 23 participants sur 45 (soit 51%) à déclarer que les ITE ont un impact positif sur l'économie (Figure 5.3.d).

4.3. Équité et légitimité des mesures d'accompagnement

4.3.1. *Les critères de mise en place des programmes d'accompagnement*

Nous avons tout d'abord cherché à connaître le critère principal à prendre en compte pour la mise en place des programmes d'accompagnement tels qu'envisagés dans les expériences de choix. Les différents critères étaient définis de la manière suivante :

- *Critère budgétaire* : les programmes d'accompagnement doivent respecter un budget limité, car les lignes à très haute tension sont financées par l'ensemble des consommateurs à travers leurs factures d'électricité.
- *Critère de durabilité* : les programmes d'accompagnement devront bénéficier aux générations futures comme à nos générations.
- *Critère de solidarité* : les programmes d'accompagnement doivent bénéficier en premier aux populations les plus impactées par la ligne à très haute tension.
- *Critère de concertation* : les programmes d'accompagnement doivent être définis en concertation avec les habitants.

Tableau 5.3. A propos de la mise en place d'un programme d'accompagnement

	Round 1		Round 2	
	<i>n</i>	(%)	<i>n</i>	(%)
<i>Critère principal pour mettre en place le programme :</i>				
Concertation	18	(40,0)	16	(35,6)
Durabilité	15	(33,3)	15	(33,3)
Solidarité	9	(20,0)	14	(31,1)
Budgétaire	3	(6,7)	0	(0,0)
<i>Acteur légitime pour gérer le programme :</i>				
Association citoyenne	19	(42,2)	23	(51,1)
Commune	14	(31,1)	16	(35,6)
Intercommunalité	3	(6,7)	4	(8,9)
Département	4	(8,9)	0	(0,0)
Région	2	(4,4)	0	(0,0)
Gestionnaire de réseau	2	(4,4)	0	(0,0)
Ne sait pas	1	(2,2)	2	(4,4)

Les critères de concertation et de durabilité sont privilégiés à l'issue des premières expériences de choix (Tableau 5.3). À la suite de la discussion, le critère budgétaire est mis de côté, et les trois autres critères sont choisis pratiquement à la même fréquence. Les enquêtés étaient ensuite amenés à se prononcer sur le type d'acteur leur paraissant le plus légitime pour gérer ces programmes d'accompagnement. Les associations citoyennes et les communes apparaissent les plus légitimes aux yeux des enquêtés à l'issue des deux rounds d'expériences de choix.

4.3.2. *L'indemnisation financière est toutefois perçue comme plus juste*

Nous restituons dans le Tableau 5.4 les réponses données par les individus lorsqu'ils étaient invités à se prononcer sur le type de mécanisme le plus juste entre « *l'indemnisation financière des habitants de la commune* » et « *le financement de projets d'aménagements et d'équipements sur la commune* ». Les résultats révèlent une influence forte de la séance de discussion sur la perception de la justice, puisque si au Round 1 les mécanismes compensatoires collectifs ont emporté l'assentiment d'une courte majorité des enquêtés, 69% des participants considèrent l'indemnisation financière comme plus juste à l'issue du Round 2. Au moment de choisir la forme du mécanisme compensatoire, le critère d'égalité serait donc privilégié (i.e. une indemnisation pour l'ensemble des habitants).

Tableau 5.4. Mécanismes compensatoires et critères de justice

	Round 1		Round 2	
	<i>n</i>	(%)	<i>n</i>	(%)
<i>Il est plus juste de privilégier :</i>				
L'indemnisation financière	21	(46,7)	31	(68,9)
Le financement de projets	24	(53,3)	14	(31,1)
<i>Si le répondant choisit « indemnisation financière » :</i>				
Indemniser selon la distance à la ligne	16	(35,6)	25	(55,6)
Indemniser selon la nature du logement	3	(6,7)	3	(6,7)
Indemniser selon le revenu	1	(2,2)	2	(4,4)
Ne sait pas	1	(2,2)	1	(2,2)
Ne se prononce pas (car optant pour le financement de projet)	24	(53,3)	14	(31,1)
<i>Si le répondant choisit « financement de projets » :</i>				
Aménagements et équipements collectifs	11	(24,4)	7	(15,6)
Aménagements et équipements environnementaux	9	(20,0)	4	(8,9)
Aménagements et équipements économiques	3	(6,7)	2	(4,4)
Aménagements et équipements touristiques	1	(2,2)	0	(0,0)
Aménagements et équipements culturels	0	(0,0)	1	(2,2)
Ne se prononce pas (car optant pour l'indemnisation financière)	21	(46,7)	31	(68,9)

Il apparaît ensuite que le critère d'allocation de l'indemnisation financière perçu comme le plus juste par les enquêtés est celui de la distance à l'infrastructure (Tableau 5.4). Ce critère de partage fait écho cette fois-ci au principe d'équité : l'indemnisation doit être conditionnée au niveau de nuisance subie par chaque habitant. Pour les enquêtés ayant privilégié le mécanisme compensatoire collectif, les projets d'équipements et de services sont préférés (e.g. écoles, hôpitaux, stades, routes, réseaux...) devant les projets environnementaux de préservation de la nature et de la biodiversité.

4.4. Cohérence des résultats des expériences de choix

Chaque répondant était confronté à six séries de choix, pour chaque round. 270 choix ont donc été fait parmi trois alternatives à chaque fois (Programme A, Programme B, Ni l'un ni l'autre). Nous disposons donc d'un total de 1620 réponses pour les deux rounds (270 choix × 3 alternatives × 2 rounds). Le Tableau 5.5 restitue la répartition des choix pour chaque round.

Tableau 5.5. Répartition des choix effectués entre les différents scénarios (fréquence)

	Round 1	Round 2	Total
Scénario alternatif 1	108	87	195
Scénario alternatif 2	95	88	183
Situation de référence	67	95	162
Total	270	270	540

Nous constatons à la lecture du tableau qu'à la deuxième expérience, la proportion du choix pour l'alternative 1 s'est équilibrée avec celle pour l'alternative 2. En revanche, le choix de la situation de référence a sensiblement augmenté entre les deux rounds. L'alternative « Ni l'un ni l'autre » a été choisie 162 fois sur 540 situations de choix (soit 30% des choix), dont 67 fois au Round 1 et 95 fois au Round 2. Il apparaît donc que la session de discussion a conduit certains répondants à modifier leur choix.

A propos du choix de la situation de référence (situation où la totalité du budget alloué aux mesures d'accompagnement est versée directement à la commune), ce sont 19 enquêtés qui ont choisi au moins une fois l'option « Ni l'un ni l'autre » au cours du Round 1, et 23 enquêtés au cours du Round 2. Nous avons identifié six enquêtés ayant systématiquement choisi l'option « Ni l'un ni l'autre » pour les deux expériences successives. Nous n'allons pas considérer ce type de comportements de choix comme un refus de l'exercice, car ces participants ont plutôt évoqué le manque d'informations ou l'inefficacité des mesures proposées pour justifier leurs choix (voir annexe D3).

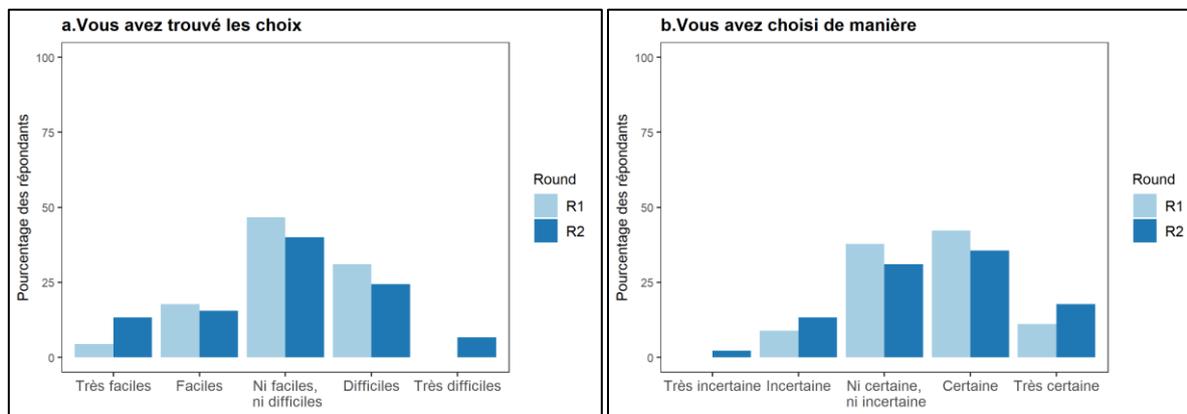
Paradoxalement, le manque d'informations est la raison la plus évoquée pour justifier le choix de la situation de référence à la suite de la deuxième série d'expérience de choix. Or, 86,6% des participants pensent que la discussion leur a pourtant permis d'obtenir de nouvelles informations (Tableau 5.6). Les discussions ont permis d'évoquer les avantages et les inconvénients des mesures proposées, et les enquêtés ont apprécié discuter et écouter les points de vue des autres participants. Les trois quarts des répondants sont d'accord sur le fait que la discussion les a amenés à réfléchir sur leur propre point de vue.

Tableau 5.6. Rôle du temps de discussion (% des répondants)

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas du tout d'accord	Ne se prononce pas
- La discussion a permis d'évoquer l'ensemble des avantages et inconvénients des mesures proposées.	22,2	66,7	4,4	4,4	2,2
- J'ai apprécié discuter avec les autres participants, et écouter leurs points de vue.	77,8	22,2	0,0	0,0	0,0
- La discussion m'a apporté de nouvelles informations.	33,3	53,3	6,7	2,2	4,4
- La discussion m'a encouragé à réfléchir sur mon propre point de vue.	31,1	46,7	15,6	4,4	2,2

Les enquêtés ont eu du mal à statuer sur la difficulté de l'exercice. 46,7% des enquêtés ont trouvé les choix « *ni faciles ni difficiles* » à la suite du Round 1, et à peu près 40% au Round 2. Si 8,8% des enquêtés ont déclaré avoir répondu de manière incertaine au Round 1, ils sont en revanche 15,5% à indiquer avoir choisi de manière incertaine ou très incertaine au Round 2 (Figure 5.4).

Figure 5.4. Difficulté et certitude dans les choix

**Lecture :**

a. 18% des répondants ont trouvé les choix faciles à faire au cours du Round 1. Ils sont 16% à les avoir de nouveau trouvés faciles à faire lors du Round 2.

b. 42% des répondants ont choisi de manière certaine au cours du Round 1. Ils sont 36% à avoir de nouveau choisi de manière certaine lors du Round 2.

5. Modélisation économétrique des choix

5.1. La modélisation multi-attributs des choix

L'analyse empirique des choix issus de l'enquête peut s'appuyer sur une modélisation en termes de fonction d'utilité aléatoire (McFadden, 1974). Définissons par U_{in} l'utilité procurée à un individu i à la suite du choix d'un scénario $n, n = 1, 2, 3$. Cette fonction d'utilité s'écrit de la manière suivante :

$$U_{in} = a_n + \beta_k X_{kn} + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

où X_{kn} représente le vecteur des niveaux des attributs $k, k = 1, 2, 3$ qui ont permis d'établir chaque scénario n . La variable ε_{in} représente le terme d'erreurs. Le paramètre a_n permet de tenir compte de l'influence de certaines spécificités de chaque alternative sur les choix. Le paramètre β_k représente l'influence des niveaux des attributs sur les choix. Les valeurs prises par X_{kn} seront égales à zéro pour $n = 3$, la situation de référence car le budget est alloué à la commune, alors que pour les scénarios $n = 1, 2$ des mesures d'accompagnement spécifiques sont proposées. Un individu rationnel va choisir l'alternative qui lui procure le niveau d'utilité le plus élevé (Manski, 1977). Ainsi, la probabilité (π) qu'un individu i choisisse l'alternative n s'écrit :

$$\pi_i(n) = Pr\{a_n + \beta_k X_{kn} + \varepsilon_{in} \geq a_m + \beta_k X_{km} + \varepsilon_{im}, n \neq m, \forall n, m = 1, 2, 3\} \quad (2)$$

Cette probabilité reflète l'utilité relative procurée par l'alternative n (Bennett et Adamowicz, 2001).

Le modèle logit conditionnel, développé par McFadden (1974), peut être utilisé pour estimer les valeurs des paramètres β_k des attributs de cette fonction de choix, en faisant l'hypothèse que les termes aléatoires sont indépendants et identiquement distribués suivant une distribution de Gumbel (distribution des valeurs extrêmes de type I ; voir Greene, 2003, p.720). Sous cette condition, la probabilité (2) peut s'exprimer en fonction d'une distribution logistique (McFadden, 1974) :

$$\pi_i(n) = \frac{\exp(\mu(a_n + \beta X_n))}{\sum_{n=1,2,3} \exp(\mu(a_n + \beta X_n))} \quad (3)$$

Où μ est un paramètre d'échelle supposé égal à 1.

Afin d'éviter tout problème de colinéarité pour les attributs qui sont définis de manière qualitative, nous avons utilisé les effets codés (Bennett et Adamowicz, 2001). Le niveau de référence choisi est le niveau 1 de chaque attribut : le pylône classique pour la variable *Pylon*, le niveau communal pour la variable *Envir*, et l'aménagement d'équipements omnisports pour la variable *Devloc*. L'attribut *Finprojhab* est introduit comme une variable quantitative. Nous avons retenu la constante associée à l'alternative « Ni l'un ni l'autre » comme constante de régression. Ce scénario de sortie devrait avoir un effet différencié des autres scénarios à évaluer.

La fonction d'utilité présentée dans l'équation (1) peut donc s'écrire comme suit :

$$U_{in,n=1,2,3} = \alpha_3 + \beta_1 Pylon_{muguet} + \beta_2 Pylon_{equilibre} + \beta_3 Envir_{intercom} + \beta_4 Envir_{dept} + \beta_5 Devloc_{servprox} + \beta_6 Devloc_{fibre} + \beta_7 Finprojhab + \varepsilon_{in} \quad (4)$$

5.2. Analyse économétrique et résultats

5.2.1. *Le modèle de référence : le modèle logit conditionnel*

Le traitement économétrique des réponses revient à modéliser les choix des enquêtés afin d'estimer leurs préférences pour chacun des attributs, et inférer les arbitrages qu'ils effectuent tout au long du processus de choix. D'une manière générale, pour analyser les modèles de choix multiples, l'estimation d'un modèle logit conditionnel constitue la première étape. On estime l'impact des différents niveaux des attributs sur le choix. Les résultats de cette première équation sont restitués dans le Tableau 5.7. Nous avons estimé l'équation pour le Round 1, le Round 2, puis pour l'ensemble des choix.

Tout d'abord, les individus sont indifférents entre les deux modalités de mise en place des mesures d'accompagnement, à savoir cibler un portefeuille de mesures spécifiques ou bien attribuer directement le budget à la commune. En effet, la variable *Scenref* (scénario de référence) n'est pas significative.

Nous pouvons constater que les individus préfèrent un pylône « équilibre » à un pylône « chat » pour l'insertion paysagère des ITE, à chacun des deux rounds. En revanche, ils sont indifférents entre un pylône de design « chat » et un pylône de design « muguet ». Dans cette première régression, les individus sont également indifférents entre : des mesures compensatoires de nature environnementale déployées à l'échelle communale ou intercommunale ; un projet de développement de la fibre optique au lieu d'un projet d'aménagement d'équipements

omnisports ; fixer la subvention du projet des habitants à hauteur de 50%, au lieu de 70% ou 90%.

Les résultats des régressions relatives aux choix effectués au Round 1 par rapport au Round 2 montrent que la discussion a permis de faire évoluer les préférences au niveau de l'envergure spatiale des mesures compensatoires environnementales. Il semble que les enquêtés préfèrent nettement que cette mesure soit concentrée sur les communes d'accueil des ITE, plutôt qu'à l'échelle du département. La discussion a également modifié les préférences de certains individus à l'égard des projets visant le maintien des services de proximité pour le développement local. La variable *Devloc_servprox* qui était significative et positive à l'issue du Round 1 est devenue non significative lors du Round 2.

Il faut souligner que cette instabilité des préférences entre les deux rounds ne nous permet pas d'exploiter les données compilées de l'ensemble des réponses pour améliorer l'efficacité des estimateurs. Aussi pour la suite de notre analyse, nous nous cantonnerons à comparer l'estimation des données issues du Round 1 avec les résultats issus du Round 2.

Tableau 5.7. Modèle logit conditionnel

Choix	Round 1		Round 2		Ensemble des réponses	
	Coef	z-score	Coef	z-score	Coef	z-score
Scenref	- 0,02	-0,05	0,51	1,27	0,25	0,91
<i>Attributs des scénarios alternatifs</i>						
Pylon_muguet	0,12	1,04	0,15	1,30	0,14*	1,71
Pylon_equilibre	0,28***	2,58	0,22*	1,87	0,25***	3,13
Envir_intercom	0,14	1,25	-0,01	-0,12	0,06	0,78
Envir_dept	-0,06	-0,54	-0,27***	-2,12	-0,16**	-1,88
Devloc_servprox	0,26**	2,33	0,19	1,57	0,22**	2,75
Devloc_fibre	-0,17	-1,41	- 0,04	-0,30	- 0,10	-1,22
Finprojhab	0,01	1,04	0,01	1,01	0,01	1,43
Nombre d'observations	810		810		1620	
Log-vraisemblance	-281		-286		-573	

*Significativité : *** 1%, ** 5%, * 10%*

L'estimation d'un modèle logit conditionnel suppose que les préférences individuelles pour les différents attributs soient identiques pour l'ensemble de la population enquêtée. Or, en matière environnementale, l'hétérogénéité des préférences est plus souvent la règle que l'exception. La compréhension de cette hétérogénéité des préférences conduit alors à chercher à en identifier les sources. On peut notamment inférer l'influence de certaines caractéristiques socio-démographiques sur ces choix, si l'on admet que les hétérogénéités des comportements des choix peuvent être lues ou structurées par certaines caractéristiques individuelles observables. Nous avons ainsi choisi de croiser la variable indicatrice de la situation de référence avec l'âge de l'enquêté et son niveau de connaissance déclaré à propos du réseau de transport d'électricité. Nous avons choisi 35 ans comme limite d'âge (deux tiers des répondants ont plus de 35 ans). 33 enquêtés avaient par ailleurs déclaré en préambule à l'enquête savoir à quoi correspond le réseau de transport d'électricité. Ces variables sont considérées respectivement comme des proxys de l'expérience (i.e. la confiance dans les choix) et du niveau d'informations sur les ITE.

Tableau 5.8. Modèle logit conditionnel avec hétérogénéité des préférences

Choix	Round 1		Round 2	
	Coef	z-score	Coef	z-score
Scenref	0,47	1,15	1,09***	2,45
Scenref*age>35	-0,65**	-2,21	-0,57*	-2,07
Scenref*connaissance	-0,33	-0,93	-0,98***	-2,79
<i>Attributs des scénarios alternatifs</i>				
Pylon_muguet	0,12	1,04	0,16	1,32
Pylon_equilibre	0,29***	2,59	0,22*	1,88
Envir_intercom	0,14	1,26	-0,01	-0,11
Envir_dept	-0,06	-0,55	-0,28**	-2,14
Devloc_servprox	0,26***	2,35	0,19	1,59
Devloc_fibre	-0,17	-1,41	-0,04	-0,30
Finprojhab	0,01	1,05	0,01	1,01
Nombre d'observations		810	810	
Log-vraisemblance		-277	-279	

Significativité : *** 1%, ** 5%, * 10%

Les résultats présentés dans le Tableau 5.8 montre que la significativité des attributs des scénarios reste identique à celle obtenue avec l'estimation d'un modèle logit conditionnel simple. En revanche, on observe une modification des préférences pour le scénario de référence, notamment à l'examen des résultats associés aux choix effectués au Round 2. Dans cette deuxième série d'expériences de choix, les répondants expriment d'une manière générale une préférence nette à l'égard de la situation de référence, c'est-à-dire un budget alloué directement à la commune. Néanmoins, les répondants âgés de plus de 35 ans, ou déclarant avoir un niveau de connaissance suffisant du réseau, préfèrent des portefeuilles de mesures d'accompagnement. L'adhésion à des mécanismes compensatoires spécifiques est ainsi plutôt partagée par les individus ayant un peu plus d'expérience, ou disposant de connaissance sur le réseau de transport d'électricité.

5.2.2. *Le modèle logit conditionnel avec effets d'interactions*

La méthode des expériences de choix discrets permet d'estimer les effets directs des niveaux des attributs et les effets croisés entre les attributs (Hensher et al., 2005). Lorsque seuls les effets directs sont pris en compte, on suppose que les attributs sont considérés par les individus de manière complètement indépendante. Cependant, il se peut que les préférences pour les niveaux d'un attribut puissent évoluer avec les niveaux d'un autre attribut, de telle manière que les effets croisés de ces attributs affectent les choix et les préférences (Louviere et al., 2000). La plupart des auteurs se focalise uniquement sur les effets directs et renonce à utiliser un design permettant d'estimer les interactions, arguant sur le fait que les effets directs rendraient compte de 70% à 90% de la variance expliquée (Dawes et Corrigan, 1974). Ainsi, même si les interactions sont significatives, elles ne rendraient compte que d'une faible part de la variation des choix observée. Les rares tentatives montrent cependant que les résultats restent contrastés (voir Mogas et al. 2005, Rambonilaza et al., 2007, ou encore Riera et al., 2012).

Nous avons cherché à savoir si l'insertion paysagère d'une ligne (attribut *Pylon*) est considérée de manière conjointe avec les mesures compensatoires environnementales (attribut *Envir*). Neuf variables d'interactions sont possibles, chaque attribut ayant trois niveaux. Pour des raisons de colinéarité liées à la création des nouvelles variables binaires, quatre effets croisés sont finalement retenus et observables dans le modèle. Les résultats de l'estimation du modèle logit conditionnel avec effets d'interactions sont présentés dans le Tableau 5.9.

Nous pouvons d'abord constater que les significativités des différents niveaux des attributs *Pylon* et *Envir* se sont sensiblement modifiées : *Pylon_equilibre* et *Envir_dept* sont devenus non significatifs, tandis que *Pylon_muguet* devient significatif et positif (au Round 2). Aucune des variables croisées n'est significative au seuil de 5%. En outre, les tests de Wald sur la significativité conjointe des effets croisés ne sont pas significatifs, et nous conduisent à ne prendre en compte que les effets directs (Hensher et al., 2005, p.117). Ce résultat indique que ces deux attributs environnementaux sont évalués de manière indépendante par les individus. Les enquêtés ne cherchent pas un effet cumulatif des mesures paysagères et environnementales, auxquels cas les deux attributs auraient été valorisés conjointement, avec comme conséquence des coefficients positifs et significatifs devant les quatre variables croisées. Nous retenons donc pour la suite une estimation des effets directs des attributs.

Tableau 5.9. Modèle logit conditionnel avec effets d'interactions

Choix	Round 1		Round 2	
	Coef	z-score	Coef	z-score
Scenref	0,56	1,01	1,45***	2,39
Scenref*age>35	-0,65**	-2,22	-0,56***	-2,08
Scenref*connaissance	-0,33	-0,94	-0,97***	-2,80
<i>Attributs des scénarios alternatifs</i>				
Pylon_muguet	0,13	0,41	0,60*	1,73
Pylon_equilibre	0,50	1,56	0,22	0,73
Envir_intercom	0,09	0,35	0,04	0,16
Envir_dept	0,24	0,77	-0,05	-0,18
Devloc_servprox	0,28***	2,38	0,24*	1,94
Devloc_fibre	-0,19	-1,58	-0,09	-0,77
Finprojhab	0,00	0,43	0,00	1,10
<i>Effets croisés des attributs environnementaux</i>				
Pylon chat*Envir_com	0,99	1,26	1,27*	1,71
Pylon_chat*Envir_intercom	0,68	0,75	0,75	0,91
Pylon_muguet*Envir_com	0,41	0,52	-0,14	-0,19
Pylon_muguet*Envir_intercom	0,16	0,20	-0,87	-1,08
<i>Test de Wald sur les effets croisés</i>	1,62		4,77	
Nombre d'observations	810		810	
Log-vraisemblance	-277		-277	

*Significativité : *** 1%, ** 5%, * 10%*

5.2.3. Le modèle logit à coefficient aléatoire

L'estimation du modèle logit conditionnel est sans biais sous l'hypothèse du respect de la propriété d'indépendance des alternatives non pertinentes (« *Independence from Irrelevant Alternatives* »). Cette propriété signifie que le rapport des probabilités de choix de deux alternatives est indépendant de l'introduction ou de la suppression d'une alternative (Hensher et al., 2005). Elle peut être observée dans le cas de figure où les alternatives sont toutes très similaires ou au contraire toutes très différentes. Par ailleurs, si l'hypothèse de variable indépendante et identiquement distribuée pour le terme d'erreur n'est pas respectée, il se peut que certains facteurs inobservables par le chercheur interviennent dans l'appréciation des attributs (Train, 2002 ; Louviere et al., 2000). Nous procédons par conséquent à l'estimation d'un modèle à coefficient aléatoire appelé modèle logit mixte (McFadden et Train, 2000).

Dans notre modèle, tous les coefficients sont spécifiés pour être distribués de manière aléatoire afin de rendre compte de l'hétérogénéité des préférences. Ces coefficients aléatoires sont supposés suivre la loi normale pour autoriser le fait que certains attributs, ou certains de leurs niveaux puissent engendrer une perte d'utilité pour un enquêté. Le modèle logit mixte tient également compte de l'hétérogénéité observée, ainsi que de l'influence des caractéristiques socio-démographiques individuelles sur la nature de l'hétérogénéité aléatoire (Greene et al., 2006), même si cela se fait moins fréquemment. Nous gardons donc dans notre équation l'effet croisé de la constante de l'alternative de référence avec l'âge et le niveau de connaissance à propos du réseau. Nous retenons les attributs pour lesquels l'écart type des coefficients est significatif comme faisant l'objet de préférences hétérogènes. Les résultats du modèle logit mixte sont présentés dans le Tableau 5.10.

Tableau 5.10. Modèle logit mixte

Choix	Round 1		Round 2	
	Coef	z-score	Coef	z-score
Scenref	0,64	0,61	1,82	1,24
Scenref*age>35	-3,52***	-3,20	-0,95	-0,90
Scenref*connaissance	-1,96	-1,41	-3,91***	-3,10
<i>Attributs des scénarios alternatifs</i>				
Pylon_muguet	0,45	1,60	0,75**	2,4
Pylon_equilibre	0,79***	2,79	0,21	0,77
Envir_intercom	0,51**	2,10	0,17	0,63
Envir_dept	-0,37	-1,45	-0,66**	-2,07
Devloc_servprox	0,91**	2,58	0,57**	2,10
Devloc_fibre	-0,49	-1,29	-0,14	-0,42
Finprojhab	0,02	1,42	0,01	0,61
<i>Ecart-types</i>				
Scenref	2,14***	3,18	8,71***	4,4
Pylon_muguet	1,36**	2,22	0,34	1,05
Pylon_equilibre	1,25***	2,94	1,19***	2,98
Envir_intercom	0,66*	1,67	0,69**	2,06
Envir_dept	1,47***	3,71	2,68***	3,72
Devloc_servprox	1,25**	2,44	0,83***	2,84
Devloc_fibre	1,58**	3,92	2,29***	4,2
Finprojhab	0,07***	4,58	0,06***	4,19
Nombre d'observations	810		810	
Log-vraisemblance	-212		-188	

Significativité : *** 1%, ** 5%, * 10%

Nous constatons d'abord que pour le Round 1, en moyenne, les préférences pour l'ensemble des variables explicatives du modèle de choix se manifestent de manière identique à celles observées pour le modèle logit conditionnel intégrant les caractéristiques observables (cf. Tableau 5.8, colonnes 1 et 2). La variable *Envir_intercom* est désormais significative. Il y a bien une forte hétérogénéité de l'ensemble des variables. Les écarts-types sont significatifs et leurs valeurs sont supérieures aux valeurs de la moyenne des distributions des paramètres aléatoires.

Aussi, si la majorité des répondants sont indifférents entre un pylône « muguet » et un pylône « chat », certains d'entre eux peuvent préférer le premier au second, et d'autres l'inverse. De la même manière, si dans l'ensemble les répondants préfèrent un pylône « équilibre » à un pylône « chat », certains d'entre eux peuvent éprouver une perte d'utilité si l'insertion paysagère des ITE est opérée via l'installation de ce pylône à la place du pylône classique. Les répondants tirent une utilité plus importante d'une mesure environnementale destinée à l'ensemble de l'intercommunalité. Pour autant, il n'est pas à exclure que certains d'entre eux, au regard de la valeur de l'écart-type, n'en tirent aucune utilité, et soient indifférents entre une mesure environnementale destinée uniquement à la commune et une mesure destinée à l'intercommunalité. La même réflexion s'impose pour l'attribut de financement du maintien des services de proximité. Enfin pour les mesures concernant le développement de la fibre ou le taux de subventionnement de projet d'habitant, la majorité reste indifférente. Mais certains individus peuvent en tirer des utilités plus élevées, ou plus faibles en comparaison d'autres mesures du même type.

En revanche, les résultats de l'analyse des choix à l'issue de la discussion dans le Round 2 font apparaître qu'en moyenne les préférences pour les niveaux des attributs des scénarios sont légèrement différentes à celles observées pour le modèle logit conditionnel correspondant (cf. Tableau 5.8, colonnes 3 et 4). Les variables *Pylon_muguet* et *Devloc_servprox* deviennent significatives. La significativité des préférences pour le scénario de référence est aussi un peu différente. Les résultats montrent cette fois-ci qu'en moyenne les répondants sont indifférents entre les deux modalités (un portefeuille de mesures, ou l'attribution du budget à la commune). Il en est de même pour les répondants plus âgés. Nous pouvons enfin remarquer qu'à la différence des résultats du Round 1, les préférences pour le pylône « muguet » au lieu du pylône « chat » sont homogènes pour l'ensemble des répondants (écart-type non significatif).

5.2.4. Calcul des taux marginaux de substitution entre les attributs

L'avantage d'une approche multi-attributs des utilités et de leur évaluation par le biais de la méthode des expériences de choix discrets, est de pouvoir étudier les arbitrages que font les individus entre les différents attributs. Ces arbitrages se reflètent via le calcul des taux marginaux de substitution entre l'utilité retirée de la variation d'un attribut avec celle correspondant à la variation d'un autre attribut. Ils reflètent ce que les individus sont prêts à renoncer à l'égard d'un attribut pour bénéficier de l'autre attribut. Le taux marginal de substitution (TMS) est positif. Dans certains cas, on peut obtenir des valeurs négatives,

indiquant sur ce que l'individu est prêt à accepter en contrepartie de la mise en place d'une mesure compensatoire qui induiraient une baisse d'utilité. Le taux marginal de substitution se calcule de la manière suivante :

$$TMS(X_j, X_k) = \frac{\beta_j}{\beta_k}, \text{ avec les valeurs moyennes des paramètres aléatoires.}$$

Les TMS sont calculés entre deux attributs qui ont un impact significatif sur le choix. Ce qui signifie que les valeurs de TMS présentés dans le Tableau 5.11 portent sur les relations de substitutions ou non entre certaines modalités des trois catégories de mesures compensatoires significatives dans le modèle logit mixte : l'insertion paysagère des infrastructures (pylônes « muguet » et « équilibre »), l'échelle spatiale des mesures compensatoires environnementales (intercommunale et départementale), et les types de projets collectifs ciblant le développement local (maintien de services de proximité).

Tableau 5.11. Taux marginaux de substitution entre attributs

Round 1	Envir_intercom	Devloc_servprox
Pylon_equilibre	1,54*	0,87**
	(1,71)	(0,43)
Envir_intercom		0,56**
		(0,27)
Round 2	Envir_dept	Devloc_servprox
Pylon_muguet	-1,13	1,31
	(0,69)	(0,81)
Envir_dept		-1,17
		(0,76)

Note : Ecart-type entre parenthèses

Les valeurs de TMS significatives correspondent aux résultats des choix du Round 1. Elles montrent que les individus sont prêts à renoncer à une mesure compensatoire intercommunale pour bénéficier d'une mesure d'insertion territoriale des ITE via des pylônes esthétiques « équilibre ». Elles indiquent également que les individus sont prêts à renoncer à des mesures compensatoires ciblées sur le développement local (via le maintien des services de proximité) pour bénéficier de mesures compensatoires environnementales ou paysagères. A l'issue de la séance de discussion cependant, les TMS ne sont plus significatifs, ce qui signifie que les mesures d'accompagnement sont appréhendées de manière complémentaire lors des choix des scénarios. Il n'y a alors pas de substitution possible.

6. Discussion – Conclusion

La majorité des habitants des zones périurbaines et rurales pouvant potentiellement accueillir des ITE considère que l'indemnisation financière de l'ensemble des habitants serait plus juste que la mise en place de mesures compensatoires collectives. Ce résultat semble aller à l'encontre des travaux récents qui mettent plutôt l'accent sur les préoccupations éthiques pour soutenir l'idée que les individus ne souhaitent pas d'indemnisation financière dans le domaine des projets d'infrastructures de l'énergie (Kermagoret et al., 2016 ; Simora et al., 2017).

Ce travail reste préliminaire, et il est donc difficile de tirer des conclusions définitives. Néanmoins il montre l'importance accordée aux indemnités financières par les individus pour traiter les enjeux de justice distributive dans les projets d'ITE. En France, des indemnités des riverains des ITE pour préjudice visuel sont prévues à chaque projet de lignes aériennes à très haute tension. L'évaluation de ce préjudice est confiée à une commission d'évaluation sous tutelle de la préfecture. La commission se prononce sur le principe et le montant de l'indemnité qui pourrait être due à chaque propriétaire d'un bien immobilier à usage d'habitation. Le couloir de 200 mètres de part et d'autre des ouvrages électriques est la norme. Les préjudices visuels pour les biens situés hors de ce couloir sont examinés au cas par cas.

Les critères d'éligibilité aux indemnités financières peuvent toutefois être à l'origine de sentiments d'injustice de la part des habitants des territoires d'accueil des ITE. Nos résultats suggèrent que cette indemnité soit définie sur la base de la distance aux infrastructures. La littérature montre que des différends peuvent surgir entre ceux qui préfèrent voir les bénéfices alloués aux habitants les plus proches de l'infrastructure, et ceux qui préfèrent les voir être partagés avec un groupe plus large, et donc cibler les mécanismes vers des projets collectifs spécifiques (Aitken, 2010 ; Cowell et al., 2011). Il faut d'ailleurs garder en tête qu'au premier tour des expériences de choix, un peu plus de la moitié des participants estimaient qu'il fallait favoriser le financement de projet collectif, et qu'ils étaient encore 31% à faire ce choix à la suite du temps de discussion. La mise en place de mesures d'accompagnement collectives peut également être source de division quant aux modalités que celles-ci doivent prendre (Cass et al., 2010). Interrogés sur le critère principal devant guider la mise en place du portefeuille de mesure d'accompagnement, les participants se retrouvent ainsi partagés entre trois critères aux logiques différentes (durabilité, solidarité, concertation).

Si le gestionnaire de réseau propose des mesures d'accompagnement collectives, les résultats des expériences de choix montrent qu'en moyenne, le public est indifférent entre le versement d'un budget à la commune (même si ces versements ne sont pas réservés à des projets spécifiques et ne garantissent pas nécessairement des avantages directs pour le répondant), et la mise en place d'un portefeuille de mesures combinant projets sociaux, économiques et environnementaux mieux ciblés. Il n'est donc pas étonnant que les enquêtés soient plutôt indifférents entre les niveaux d'un même attribut, et que les préférences soient instables d'une expérience à l'autre (après la discussion collective). En outre, au premier tour de l'exercice (Round 1), les participants opéraient un véritable arbitrage entre les mesures d'insertion paysagère et les mesures environnementales, en privilégiant les mesures paysagères. Ils étaient également prêts à renoncer à des projets de développement local (via le maintien de services de proximité) pour bénéficier de mesures paysagères ou environnementales. Ils considèrent néanmoins à l'issue de la séance de discussion (Round 2) que les mesures compensatoires doivent être considérées de manière complémentaire.

La seule mesure qui emporte les préférences des enquêtés, et cela de manière stable entre les deux rounds, est la mesure de maintien des services de proximité en tant que mesure compensatoire collective pour le développement local. L'insertion paysagère des ITE par le biais de pylônes plus esthétiques reste une préoccupation des enquêtés. Cela rejoint l'un des arguments forts au cœur des contestations actuelles autour des ITE, qui s'exprime en matière de demande de qualité paysagères (Cain et Nelson, 2013). En revanche, les autres préférences varient d'un round à l'autre. On note enfin que les enquêtés tirent un avantage plus élevé des mesures environnementales implémentées à l'échelle de la commune, ou de l'intercommunalité, et éprouve une perte pour des mesures environnementales envisagées à l'échelle du département. Ce choix paraît relever de la rationalité : à budget constant, concentrer les efforts de restauration environnementale au sein de la commune de résidence ou de son intercommunalité serait plus coût-efficace que l'éparpillement des mesures à l'échelle de tout un département. Enfin, la non-significativité de l'effet du niveau de l'attribut « financement d'un projet porté par les habitants » révèle à ce stade le peu d'intérêt que porte les enquêtés pour cette mesure : soit parce qu'ils manquent de repères pour la visualiser, soit plus simplement parce que cette mesure ne leur apparaît pas pertinente pour compenser les impacts négatifs des ITE.

La mise en place d'une procédure délibérative pour l'application de la méthode des expériences de choix est une manière d'éprouver la stabilité des préférences et la fiabilité des résultats de l'évaluation. Les résultats des deux séries d'expériences de choix ont montré que les préférences sont instables. En effet, 43 répondants (sur 45) ont changé au moins un de leur choix (sur six) entre les deux tours. Les deux tiers des participants ont même changé au moins la moitié de leurs choix entre les deux tours. La discussion et le temps de réflexion auraient ainsi stimuler la découverte des préférences. C'est ici un des points clés défendus par les partisans de l'approche délibérative (Lienhoop et Völker, 2016) : les préférences seraient la résultante d'un processus dynamique, contestant ainsi l'hypothèse classique des préférences préexistantes, stables et complètes. Dans un contexte délibératif, la répétition des choix devrait alors contribuer à diminuer l'incertitude qui les entoure. Ce n'est cependant pas ce que montre notre étude, où la proportion de participants déclarant avoir répondu de manière incertaine augmente légèrement à la suite de la discussion (quand dans le même temps la proportion de participants déclarant avoir répondu de manière certaine reste stable). C'est là un des points de débat autour de l'approche délibérative : si les préférences individuelles évoluent, à quel moment se stabilisent-elles ?

Derrière l'approche délibérative se cache aussi l'idée que l'introduction d'un dialogue entre les participants leur permettrait d'effectuer des choix plus réfléchis (Bunse et al., 2015). Dans notre étude, les discussions ont effectivement permis d'évoquer les avantages et les inconvénients des mesures proposées, et les trois quarts des répondants sont d'accord sur le fait que la discussion les a amenés à réfléchir sur leur propre point de vue. L'approche délibérative permettrait notamment par le biais de la discussion de mieux prendre en compte l'intérêt collectif et celui des générations futures. Nous ne retrouvons pas ce résultat, puisque nous avons vu que la préférence pour l'indemnisation financière individuelle augmente à la suite de la discussion. Par ailleurs, le critère de durabilité pour la mise en place des programmes d'accompagnement (i.e. bénéficiant aux générations futures comme aux générations présentes) est choisi à la même fréquence au cours des deux rounds (par 15 participants).

La limite principale des processus délibératifs se trouve au niveau de la taille des échantillons et de la question de la représentativité statistique. L'approche délibérative est en effet plus complexe à mettre en place qu'une simple enquête en ligne. L'obtention d'un nombre suffisant de réponses est coûteuse et demande du temps. Si la représentativité statistique ne peut être assurée, il n'existe pas de consensus sur les critères à adopter pour le recrutement des participants. Certains auteurs estiment alors que le chercheur doit essayer d'assurer une

représentativité « politique », par le recrutement de participants témoignant de la diversité des caractéristiques sociales et de la pluralité des points de vue sur le sujet à l'étude (Goodin et Drysek, 2006). L'approche délibérative se heurte aussi aux limites traditionnelles présentes dans tout processus de discussion en groupe, à savoir le risque d'une domination de quelques participants (Dietz et al., 2009) ou encore l'influence du modérateur sur le répondant.

Un des résultats de notre enquête montre enfin que la forme d'une association citoyenne est privilégiée pour gérer la mise en œuvre d'un programme d'accompagnement. Pour autant, la procédure de négociation actuelle des mesures d'accompagnement convoque plutôt le gestionnaire du réseau et les différentes parties-prenantes officielles (élus des communes, associations, organismes socio-professionnels). De ce fait, les mesures d'accompagnement obéissent plus aux rationalités et motivations des acteurs qui les négocient, et moins à la rationalité et aux motivations des populations qui devraient en bénéficier. Par conséquent, lorsque la justice distributive est le véritable facteur d'acceptabilité d'un projet d'ITE, il apparaît essentiel de délibérer avec la population locale sur les mécanismes compensatoires à privilégier.

Conclusion générale

1. Bilan des travaux réalisés

Cette thèse développe une approche économique de l'insertion territoriale des infrastructures de transport d'électricité, en partant de l'évaluation des impacts directs des ITE supposés fonder les contestations des populations locales, pour arriver jusqu'aux différentes formes de solutions permettant de favoriser l'acceptabilité des projets.

➤ A propos de l'évaluation de l'ampleur des impacts des ITE sur l'économie locale

Les coûts externes des ITE ont constitué le point de départ de notre analyse. Les impacts négatifs des ITE peuvent être à l'origine de perte d'utilité et de bien-être pour les agents qui en sont les récepteurs. La première partie de notre recherche a donc consisté à évaluer l'ampleur des impacts des ITE sur l'économie locale des territoires d'accueil, par l'application des modèles de prix hédoniques à deux bases de données distinctes.

Tout d'abord, nous avons analysé les variations des prix des locations de vacances labellisées « Gîtes de France » situées dans les régions Bretagne, Pays de la Loire, et Poitou-Charentes pour l'année 2013 (chapitre 2). L'introduction simultanée des éoliennes et des lignes à très haute tension a permis de prendre en considération l'effet cumulatif de la présence des infrastructures à l'échelle des territoires. Un modèle hédonique spatial avec des données en coupe a été estimé par la méthode des moments généralisée, en contrôlant la présence d'autocorrélation spatiale des erreurs. L'utilisation de l'économétrie spatiale a permis d'isoler les effets directs de la proximité immédiate des infrastructures de l'énergie, et de montrer que les prix de marché des locations de vacances situées à proximité d'une ligne à très haute tension ou d'un parc éolien sont relativement plus faibles. Les empreintes physiques des infrastructures de l'énergie entraînent bien une perte de la valeur d'usage des paysages ruraux pour les touristes. Ces derniers restent cependant peu contraints pour trouver un hébergement qui ne soit pas à proximité d'une ligne à haute tension ou d'une éolienne. Nous avons élargi l'évaluation de la perte en calculant le manque à gagner pour les propriétaires des gîtes impactés par la proximité immédiate des infrastructures. Le recours à la méthode hédonique a permis de soulever les coûts des nuisances pour les acteurs touristiques face au développement des infrastructures de l'énergie, à l'heure de la transition énergétique.

Il faut cependant souligner que l'échantillon dont nous disposons, composé uniquement de données en coupe pour une semaine de location, ne permettait pas d'identifier l'impact de l'installation des infrastructures sur les prix, ce qui nécessite de disposer de chroniques de prix (avant et après les projets). Or il est vrai que la plupart des travaux récents publiés – concernant les éoliennes principalement – utilisent des données avant et après l'implantation des infrastructures (e.g. Hoen et al., 2015 ; Gibbons, 2015 ; Sunak et Madlener, 2016), pour tenir compte du fait que les emplacements des infrastructures ne sont pas aléatoires et peuvent être corrélés avec les prix ex-ante.

Nous avons alors emprunté le pas de la littérature récente et avons procédé à l'évaluation empirique de la composante temporelle des effets d'un projet d'ITE (chapitre 3). A la différence des éoliennes, le réseau de transport d'électricité maille déjà bien l'ensemble du territoire français, ce qui implique que la plupart des projets d'ITE concernent désormais le renforcement de lignes existantes. L'évaluation de l'impact résiduel d'un projet d'ITE devait dès lors tenir compte de la présence des infrastructures préalablement existantes. Nous nous sommes appuyés sur des données de prix de maisons localisées sur l'aire d'étude du projet « Deux-Loires » (en région Auvergne-Rhône-Alpes), qui implique la reconstruction d'une ligne de 225 kV. Nous avons recouru à la méthode de l'expérience quasi-expérimentale avec un modèle de doubles différences pour isoler l'emprise spatio-temporelle du projet. Notre modélisation a permis de montrer que les effets d'un projet d'ITE peuvent être limités sur un territoire préalablement confronté à la présence des infrastructures. Nous n'avons pas décelé de marquage négatif du territoire sur le marché immobilier (pas d'effet stigma), aussi bien à la suite de l'annonce du projet de reconstruction qu'au fur et à mesure de l'évolution des informations et des connaissances disponibles à propos du projet. A l'inverse, l'observation d'un impact positif sur les prix immobiliers dans l'un des secteurs de l'aire d'étude, interprété comme un effet de soulagement lié au fait de voir le futur tracé ne pas se rapprocher, nous indique que le niveau d'informations a pu permettre d'atténuer la matérialisation de l'effet du projet d'ITE sur le marché immobilier. Pour évaluer le manque à gagner des propriétaires de gîtes dans notre première étude, nous faisons l'hypothèse que les effets des ITE pouvaient être pérennes le long de la durée de vie d'un ouvrage. L'application de l'approche quasi-expérimentale ne nous a pas permis d'observer ici de différences préexistantes dans les prix immobiliers selon la distance à la ligne à très haute tension. Ce qui nous laisse à penser que le marché immobilier a pu s'accommoder avec le temps de la présence des externalités négatives liées aux ITE.

Les évaluations empiriques des composantes spatiales et temporelles des impacts des ITE présentent toutefois chacune des limites. Dans le cas de notre modèle économétrique spatial, nous avons remarqué que la plupart de nos observations sont éloignées des infrastructures. Les estimations peuvent dès lors ne pas représenter au mieux les impacts pour les locations situées très proches des infrastructures, même si nous avons modélisé un effet non linéaire de la distance (à travers la forme logarithmique). Une approche non paramétrique serait ici possible. De plus, le périmètre très large de la zone d'étude fait que l'on observe des configurations spatiales différentes. Nous pouvons ainsi exprimer une préoccupation vis-à-vis des locations côtières qui pourraient représenter un marché locatif différent. Il serait intéressant de créer deux sous-échantillons, l'un « littoral » et l'autre non, et estimer l'impact de la proximité des infrastructures pour ces deux échantillons séparément. Dans le cas de notre modèle quasi-expérimental, la disponibilité et la qualité des données immobilières constituent un défi important. Nous avons relevé la difficulté de disposer d'un nombre suffisant de transactions immobilières avant et après l'annonce du projet. Il existe aussi un biais de sélection lié aux critères d'inclusion des observations dans les groupes d'intérêts de l'étude (groupe de contrôle versus groupe de traitement). Enfin, si notre première étude nous a montré l'utilité de recourir à un modèle économétrique spatial en présence de données en coupe, l'application de ces méthodes prête à débat dans un modèle quasi-expérimental. En effet, lorsque les données spatiales présentent aussi une dimension temporelle, les techniques d'économétrie spatiale n'apporteraient pas suffisamment d'attention à l'impact potentiel que pourrait avoir la dépendance temporelle (Sunak et Madlener, 2016). La construction d'une matrice de poids spatio-temporelle pourrait alors s'avérer nécessaire (Dubé et Legros, 2014). La prise en compte de la dépendance spatio-temporelle est une question à approfondir dans les futures applications empiriques des modèles de doubles différences.

➤ **A propos des conditions de mise en œuvre des mécanismes compensatoires dans les projets d'ITE**

La première partie de notre recherche a contribué à l'identification des effets des ITE sur l'économie des territoires d'accueil, en soulevant notamment l'impact pour les acteurs du secteur touristique. Elle ouvre la porte à la question des mécanismes compensatoires comme facteurs permettant d'améliorer l'insertion territoriale des projets d'ITE. Nous avons défini les mécanismes compensatoires comme l'ensemble des mesures d'accompagnement mises en œuvre à destination des territoires et populations d'accueil des ITE, afin de contrebalancer les impacts locaux des infrastructures. La deuxième partie de notre recherche a donc consisté à explorer les différentes conditions possibles de leur mise en œuvre.

En premier lieu, nous avons focalisé notre travail sur les modalités de négociation des mécanismes compensatoires au cours des projets d'ITE, entre les communes et le gestionnaire du réseau (chapitre 4). Nous avons mobilisé la théorie des jeux pour modéliser les résultats de la négociation selon différentes procédures (bilatérale, séquentielle, multilatérale), en alternative à la situation non-coopérative sans négociation. Cette réflexion a intégré le cadre de régulation au sein duquel le GRT réalise ses investissements, grâce à un modèle plus large de relation verticale, nous permettant de relier la mise en œuvre de la compensation à l'ensemble des bénéficiaires des ITE (i.e. les consommateurs d'électricité). Nous avons ainsi montré que lorsque le nombre de communes impliquées dans le projet est faible (inférieur à cinq), différentes procédures de négociation peuvent être choisies. En revanche, lorsque le nombre de communes est plus important (supérieur à cinq), ce qui est le cas dans la majorité des projets d'ITE, la négociation multilatérale est préférable pour l'ensemble des agents. Par ailleurs, un niveau élevé de compensation (observé dans le cas non coopératif et la procédure de négociation séquentielle) ne conduit pas nécessairement à une situation optimale pour les communes. L'augmentation des tarifs de réseau pour couvrir les coûts d'une compensation élevée a un impact sur la demande, qui est elle-même liée aux gains de l'ensemble des agents.

Du point de vue du GRT et de la société, la négociation multilatérale donne toujours le meilleur résultat. Cependant, l'approche actuelle utilisée par le GRT se rapproche plutôt d'un protocole de négociation bilatérale simultanée. Dans certains cas de veto des communes, la nécessité de trouver une issue favorable à la négociation conduit le GRT à accorder des compensations supplémentaires plus importantes. Les négociations réelles sont ainsi caractérisées par des considérations stratégiques plus complexes qu'il serait intéressant de prendre en compte dans

de futures extensions du modèle, telles que la possibilité pour des communes de se regrouper sous la forme de coalitions. En retraçant la pluralité des formes que peuvent prendre les négociations stratégiques entre les communes et le GRT, nous avons montré que le choix de la procédure peut expliquer le succès (ou non) des négociations autour des mécanismes compensatoires. Mais les résultats des négociations peuvent également être affectés par la manière dont sont conçus les mécanismes compensatoires destinés aux populations des communes traversées par le réseau. Or les procédures actuelles font que les mesures d'accompagnement obéissent plus aux rationalités et motivations des acteurs qui les négocient (les élus des communes), et moins à la rationalité et aux motivations des populations qui doivent en bénéficier. Il apparaissait ainsi essentiel de délibérer avec les habitants sur les mécanismes compensatoires à privilégier.

C'est pourquoi nous avons choisi d'explorer dans une dernière partie la pertinence opérationnelle de ces mécanismes au regard des préférences des habitants (chapitre 5). La méthode des expériences de choix a été mobilisée pour analyser la demande sociale en matière de compensation, à partir de l'évaluation des préférences individuelles pour différents portefeuilles de mesures d'accompagnement dans le cadre d'un projet hypothétique d'implantation d'une ligne aérienne à très haute tension. Les mesures d'accompagnement présentées aux enquêtés englobaient la diversité des formes que peuvent prendre les actuellement les compensations dans les projets d'ITE. Les résultats de la modélisation économétrique des choix ont montré qu'en moyenne, le public est indifférent entre la mise en place d'un portefeuille de mesures spécifiques (combinant projets sociaux, économiques et environnementaux), et le versement d'un budget équivalent à la commune, sans garantie quant à l'utilisation qui en sera faite. La seule mesure ayant emporté les préférences des enquêtés de manière stable est la mesure de maintien des services de proximité, en tant que mécanisme compensatoire collectif pour le développement local. L'insertion paysagère des ITE par le biais de pylônes plus esthétiques constitue aussi une préoccupation des individus. Notre intention dans ce travail était aussi d'obtenir des informations quant à la perception par les potentiels bénéficiaires de ce qui est juste en termes de mécanismes compensatoires. La majorité des participants à notre enquête a considéré que l'indemnisation financière de l'ensemble des habitants serait plus juste que la mise en place de mécanismes compensatoires collectifs. Les résultats suggèrent que cette indemnisation soit définie sur la base de la distance aux infrastructures. Cette recherche montre l'importance accordée par les individus aux indemnités financières pour traiter les enjeux de justice distributive dans les projets d'ITE.

L'originalité de ce travail a résidé dans l'application de la méthode des expériences de choix à l'aide d'une approche délibérative. Cette approche a consisté en la répétition des mêmes expériences de choix, entrecoupée d'un temps de discussion entre les participants sur les mesures proposées. Les résultats ont d'une part révélé une forte influence de la séance de discussion sur la perception de la justice distributive, puisque l'indemnisation financière est considérée comme plus juste à l'issue de la répétition des expériences de choix. D'autre part, les préférences des participants ont été instables entre les deux séries de choix. Les limites du processus délibératif se trouvent principalement au niveau de la taille de l'échantillon mobilisé, comme nous l'avons constaté dans ce travail, qui ne permet pas de tirer de conclusions définitives. L'un des intérêts de l'approche délibérative réside par ailleurs dans la possibilité donnée au chercheur de collecter des données qualitatives sur les motivations que les participants expriment au cours de la discussion (Bartkowski et Lienhoop, 2018). Ainsi l'exploitation des échanges entre les participants constitue une prochaine étape de la recherche, qui pourrait permettre de compléter et enrichir les résultats issus de l'analyse des données quantitatives.

2. Perspectives de recherche

Dans un premier temps, cette thèse contribue à apporter un éclaircissement sur l'ampleur des impacts des infrastructures de l'énergie sur les marchés immobiliers (résidentiels et touristiques) dans les territoires d'accueil.

Les résultats obtenus permettent de nourrir des pistes de réflexion quant aux décisions publiques prises en matière de planification des infrastructures énergétiques. Le pilotage de la politique énergétique en France se fait via les programmations pluriannuelles de l'énergie. La dernière présentée à ce jour (en novembre 2018) prévoit le développement de la filière de l'éolien en mer et le triplement de l'éolien terrestre (à l'horizon 2030), concordés avec l'arrêt de quatorze réacteurs nucléaires (d'ici à 2035). Les questionnements présentés au cours de cette thèse quant aux impacts des infrastructures peuvent trouver de nombreux prolongement dans les années à venir. Nous pensons ainsi à l'étude de l'effet de l'arrivée des éoliennes offshore pour le secteur touristique sur le littoral (Jensen et al., 2018), à la problématique de l'acceptabilité du développement de nouvelles éoliennes au sein des territoires ruraux (Vyn, 2018), ou encore à l'observation des comportements sur les marchés immobiliers aux alentours des centrales nucléaires (et de leurs lignes à très haute tension) devant stopper leur activité (Bauer et al.,

2018). Ces différentes problématiques seraient aussi l'occasion d'appliquer les nouvelles techniques économétriques pour la prise en compte des effets spatio-temporels.

Dans un second temps, les résultats de cette thèse permettent de proposer des réponses à la problématique actuelle du GRT : arriver à améliorer l'acceptabilité des projets d'ITE au sein des territoires, tout en contrôlant leurs coûts.

Ainsi l'allocation des mécanismes compensatoires dans un cadre adapté (la négociation multilatérale) encourageant la coopération entre les acteurs, constitue une première réponse face aux difficultés d'implantation des ITE. Ensuite, face à l'inégale répartition des coûts externes entre les populations des territoires traversés, une solution face au problème de justice distributive dans les projets d'ITE peut être envisagée sous la forme d'une indemnisation financière de l'ensemble des habitants. La mise en œuvre de mécanismes collectifs restant toutefois une règle actuellement en place, notre recherche guide aussi sur les formes de mesures à privilégier dans ce cas (insertion paysagère des ouvrages, mesures en faveur des services de proximité).

Relier le choix du tracé emprunté par les futures ITE aux procédures de négociation avec les communes est une question de recherche à approfondir. Une solution où les communes négocient entre elles les conditions de réalisation du projet d'ITE, via un mécanisme de compensation entre communes voisines (Ambec et Kervinio, 2015 ; Mueller, 2016), est une problématique à explorer dans l'objectif de développement du réseau à moindres coûts. L'importance accordée à l'indemnisation financière de tous les habitants des communes d'accueil amènent par ailleurs à se questionner sur la pertinence et l'acceptabilité des mécanismes d'indemnisation individuels à l'étude ou d'ores et déjà mis en place dans différents pays européens. Nous pensons aux mesures de financement participatif des infrastructures (la participation à l'actionnariat, les obligations d'épargne), qui se sont récemment développées dans les projets éoliens, mais aussi dans les projets d'ITE comme en Allemagne. L'un des GRT allemands (« TenneT ») a récemment proposé de financer les coûts de développement du réseau, pour un montant d'environ 6 M€, en vendant des « obligations citoyennes » aux habitants des communes ciblées par les nouveaux projets d'ITE. L'investissement minimum était de 1 000 euros pour un taux d'intérêt de 5% par an, mais seulement 833 000 euros ont été levés par ce biais (RGI, 2018). Cet outil incitatif s'est révélé inefficace pour répondre à la demande de justice distributive exprimée par les habitants. Les ITE ne bénéficiant pas d'une image d'infrastructures « vertes » (en comparaison des moyens de production d'énergie

renouvelable), il semble compliqué de demander aux habitants de devenir propriétaires d'une ligne à très haute tension ou bien créanciers du GRT. Une récente étude de Hyland et Bertsch (2018) souligne ainsi que l'acceptabilité d'un projet d'infrastructure énergétique serait favorisée en présence d'un schéma compensatoire impliquant effectivement des transferts monétaires envers la population, mais sans participation à la propriété ou aux risques associés au projet. Les formes appropriées de mise en place d'un mécanisme financier individualisé restent encore ouvertes. Proposer un tarif d'électricité réduit pour les populations locales apparaît comme une question de recherche pertinente pour répondre aux enjeux de justice distributive, mais néanmoins complexe, car elle conduirait à remettre en cause le principe de la péréquation tarifaire en France.

Références bibliographiques

- Aas, Ø., Devine-Wright, P., Tangeland, T., Batel, S., Ruud, A., 2014. Public beliefs about high-voltage powerlines in Norway, Sweden and the United Kingdom: A comparative survey. *Energy Research & Social Science* 2, 30–37.
- Aitken, M., 2010. Wind power and community benefits: Challenges and opportunities. *Energy Policy*, The socio-economic transition towards a hydrogen economy - findings from European research, with regular papers 38, 6066–6075.
- Aldred, J., Jacobs, M., 2000. Citizens and wetlands: evaluating the Ely citizens' jury. *Ecological Economics* 34, 217–232.
- Ambec, S., Kervinio, Y., 2015. Cooperative decision-making for the provision of a locally undesirable facility. *Soc Choice Welf* 1–37.
- Anselin, L., 2002. Under the hood Issues in the specification and interpretation of spatial regression models. *Agricultural Economics* 27, 247–267.
- Anselin, L., Arribas-Bel, D., 2013. Spatial fixed effects and spatial dependence in a single cross-section. *Papers in Regional Science* 92, 3–17.
- Arrow, K., Solow, R., Portney, P., Leamer, E., Radner, R., Schuman, H., 1993. Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation. (Federal Register No. 58 (10)).
- Arrow, K.J., 2012. *Social Choice and Individual Values*. Yale University Press.
- Atkinson, G., Day, B., Mourato, S., 2006. Underground or overground? Measuring the visual disamenity from overhead electricity transmission lines, in: *Environmental Valuation in Developed Countries: Case Studies*. pp. 213–239.
- Banez-Chicharro, F., Olmos, L., Ramos, A., Latorre, J.M., 2017. Estimating the benefits of transmission expansion projects: An Aumann-Shapley approach. *Energy* 118, 1044–1054.
- Banzhaf, M.R., Johnson, F.R., Mathews, K.E., 2001. Opt-out alternatives and anglers' stated preferences. *The choice modelling approach to environmental valuation*. Edward Elgar, London 157–177.
- Bartkowski, B., Lienhoop, N., 2018. Beyond Rationality, Towards Reasonableness: Enriching the Theoretical Foundation of Deliberative Monetary Valuation. *Ecological Economics* 143, 97–104.

- Battaglini, A., Komendantova, N., Brtnik, P., Patt, A., 2012. Perception of barriers for expansion of electricity grids in the European Union. *Energy Policy* 47, 254–259.
- Baudry, M., Maslianskaïa-Pautrel, M., 2011. Une remise en cause de la méthode des prix hédoniques en présence d'une segmentation de marché. *Revue économique* 62, 567–578.
- Bauer, T.K., Braun, S.T., Kvasnicka, M., 2017. Nuclear power plant closures and local housing values: Evidence from Fukushima and the German housing market. *Journal of Urban Economics* 99, 94–106.
- Baumol, William J., Baumol, William Jack, Oates, W.E., Bawa, V.S., Bawa, W.S., Bradford, D.F., 1988. *The Theory of Environmental Policy*. Cambridge University Press.
- Baumont, C., Legros, D., 2013. Nature et impacts des effets spatiaux sur les valeurs immobilières. *Revue économique* Vol. 64, 911–950.
- Bell, K.P., Bockstael, N.E., 2000. Applying the Generalized-Moments Estimation Approach to Spatial Problems Involving Micro-Level Data. *Review of Economics and Statistics* 82, 72–82.
- Bennett, J., Adamowicz, V., 2001. Some fundamentals of environmental choice modelling. The choice modelling approach to environmental valuation 37–69.
- Bennett, J., Blamey, R., 2001. *The Choice Modelling Approach to Environmental Valuation*. Edward Elgar Publishing.
- Bertrand, M., Duflo, E., Mullainathan, S., 2004. How Much Should We Trust Differences-In-Differences Estimates? *Q J Econ* 119, 249–275.
- Betakova, V., Vojar, J., Sklenicka, P., 2015. Wind turbines location: How many and how far? *Applied Energy* 151, 23–31.
- Binmore, K., Rubinstein, A., Wolinsky, A., 1986. The Nash Bargaining Solution in Economic Modelling. *The RAND Journal of Economics* 17, 176–188.
- Birol, E., Koundouri, P. (Eds.), 2008. *Choice Experiments Informing Environmental Policy: A European Perspective*, y First edition edition. ed. Edward Elgar Pub, Cheltenham, UK ; Northampton, MA.
- Bond, S., Hopkins, J., 2000. The Impact of Transmission Lines on Residential Property Values: Results of A Case Study in a Suburb of Wellington, Nz. *Pacific Rim Property Research Journal* 6, 52–60.

- Boxall, P.C., Chan, W.H., McMillan, M.L., 2005. The impact of oil and natural gas facilities on rural residential property values: a spatial hedonic analysis. *Resource and Energy Economics* 27, 248–269.
- Bristow, G., Cowell, R., Munday, M., 2012. Windfalls for whom? The evolving notion of ‘community’ in community benefit provisions from wind farms. *Geoforum, Themed issue: Spatialities of Ageing* 43, 1108–1120.
- Broekel, T., Alfken, C., 2015. Gone with the wind? The impact of wind turbines on tourism demand. *Energy Policy* 86, 506–519.
- Brown, T.C., Peterson, G.L., Tonn, B.E., 1995. The Values Jury to Aid Natural Resource Decisions. *Land Economics* 71, 250–260.
- Brunekreeft, G., 2015. Network unbundling and flawed coordination: Experience from the electricity sector. *Utilities Policy* 34, 11–18.
- Bunse, L., Rendon, O., Luque, S., 2015. What can deliberative approaches bring to the monetary valuation of ecosystem services? A literature review. *Ecosystem Services* 14, 88–97.
- Bureau, D., Point, P., 2013. Introduction. L'évaluation économique des services ou des dommages liés à l'environnement, vingt ans après. *Economie et Statistique* 460, 71–77.
- Burningham, K., Barnett, J., Thrush, D., 2006. The limitations of the NIMBY concept for understanding public engagement with renewable energy technologies: A literature review. Manchester: School of Environment and Development, University of Manchester.
- Cai, B., Cameron, T.A., Gerdes, G.R., 2010. Distributional Preferences and the Incidence of Costs and Benefits in Climate Change Policy. *Environ Resource Econ* 46, 429–458.
- Cain, N.L., Nelson, H.T., 2013. What drives opposition to high-voltage transmission lines? *Land Use Policy* 33, 204–213.
- Callanan, J.M., 2014. Assessing the property market impact of stigma removal: high voltage overhead transmission lines removal in Wellington, NZ (Thesis). Queensland University of Technology.
- Cass, N., Walker, G., Devine-Wright, P., 2010. Good Neighbours, Public Relations and Bribes: The Politics and Perceptions of Community Benefit Provision in Renewable Energy Development in the UK. *Journal of Environmental Policy & Planning* 12, 255–275.

- Chalmers, J.A., Voorvaart, F.A., 2009. High-Voltage Transmission Lines: Proximity, Visibility, and Encumbrance Effects. *Appraisal Journal* 77.
- Choumert, J., 2009. Analyse économique d'un bien public local : les espaces verts (phdthesis). Université d'Angers.
- Ciupuliga, A.R., Cuppen, E., 2013. The role of dialogue in fostering acceptance of transmission lines: the case of a France-Spain interconnection project. *Energy Policy* 60, 224–233.
- Clark, D., Perea, J.-C., 2008. Passing the Buck in Sequential Negotiation. *The B.E. Journal of Theoretical Economics* 8, 1–18.
- Clark, D.J., Perea, J.C., 2009. Fragmented property rights and royalty bargaining. *Journal of Economic Behavior & Organization* 72, 546–553.
- Coase, R.H., 1960. The Problem of Social Cost. *J.L. & Econ.* 3, 1.
- Code de l'énergie - Article L341-2.
- Cohen, J., 2016. An Empirical Analysis of Local Opposition to New Transmission Lines Across the EU-27. *The Energy Journal* 37.
- Cohen, J.J., Reichl, J., Schmidthaler, M., 2014. Re-focussing research efforts on the public acceptance of energy infrastructure: A critical review. *Energy* 76, 4–9.
- Colwell, P., 1990. Power Lines and Land Value. *Journal of Real Estate Research* 5, 117–127.
- Contrat de service public entre l'Etat et RTE-EDF TRANSPORT SA, 2005. 48 pages.
- Cook, D., Davidsdottir, B., Kristofersson, D.M., 2016. Energy projects in Iceland – Advancing the case for the use of economic valuation techniques to evaluate environmental impacts. *Energy Policy* 94, 104–113.
- Cotton, M., Devine-Wright, P., 2013. Putting pylons into place: a UK case study of public perspectives on the impacts of high voltage overhead transmission lines. *Journal of Environmental Planning and Management* 56, 1225–1245.
- Cowell, R., Bristow, G., Munday, M., 2011. Acceptance, acceptability and environmental justice: the role of community benefits in wind energy development. *Journal of Environmental Planning and Management* 54, 539–557.
- CRE, 2016. Délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 19 octobre 2016 portant projet de décision sur les tarifs d'utilisation des réseaux publics d'électricité dans le domaine de tension HTB. 100 pages.

- Croguennoc, A., Dalle, B., 2011. Évolutions du réseau de transport d'électricité : vecteur de développement durable, Lavoisier (Génie électrique).
- Dale, L., Murdoch, J.C., Thayer, M.A., Waddell, P.A., 1999. Do Property Values Rebound from Environmental Stigmas? Evidence from Dallas. *Land Economics* 75, 311–326.
- Dawes, R.M., Corrigan, B., 1974. Linear models in decision making. *Psychological Bulletin* 81, 95–106.
- Dear, M., 1992. Understanding and Overcoming the NIMBY Syndrome. *Journal of the American Planning Association* 58, 288–300.
- Deutsch, M., 1985. *Distributive Justice: A Social-Psychological Perspective*.
- Devaux, N., Dubé, J., Apparicio, P., 2017. Anticipation and post-construction impact of a metro extension on residential values: The case of Laval (Canada), 1995–2013. *Journal of Transport Geography* 62, 8–19.
- Devine-Wright, P., 2012. Explaining NIMBY Objections to a Power Line: The Role of Personal, Place Attachment and Project-Related Factors. *Environment and Behavior*.
- Devine-Wright, P., Batel, S., 2013. Explaining public preferences for high voltage pylon designs: An empirical study of perceived fit in a rural landscape. *Land Use Policy*, Themed Issue 1-Guest Editor Romy Greiner Themed Issue 2- Guest Editor Davide Viaggi 31, 640–649.
- Devine-Wright, P., Devine-Wright, H., Sherry-Brennan, F., 2010. Visible technologies, invisible organisations: An empirical study of public beliefs about electricity supply networks. *Energy Policy* 38, 4127–4134.
- Dietz, S., Atkinson, G., 2010. The Equity-Efficiency Trade-off in Environmental Policy: Evidence from Stated Preferences. *Land Economics* 86, 423–443.
- Doukas, H., Karakosta, C., Flamos, A., Psarras, J., 2011. Electric power transmission: An overview of associated burdens. *Int. J. Energy Res.* 35, 979–988.
- Dubé, J., Legros, D., 2014. Spatial econometrics and the hedonic pricing model: what about the temporal dimension? *Journal of Property Research* 31, 333–359.
- Elliott, P., 2008. Property values and infrastructure provision: A conceptual model of risk perception, amplification and worsenment. *Nordic journal of surveying and real estate research* 3.

- Elliott, P., Wadley, D., 2002. The impact of transmission lines on property values: coming to terms with stigma. *Property Management* 20, 137–152.
- Elliott, P., Wadley, D., 2012. Coming to Terms with Power Lines. *International Planning Studies* 17, 179–201.
- Enevoldsen, P., Sovacool, B.K., 2016. Examining the social acceptance of wind energy: Practical guidelines for onshore wind project development in France. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 53, 178–184.
- ENTSO-e, 2014. Ten-year network development plan 2014. Rapport. 493 pages.
- European Commission, 2010. COMMISSION REGULATION (EU) No 838/2010 of 23 September 2010 on laying down guidelines relating to the inter-transmission system operator compensation mechanism and a common regulatory approach to transmission charging.
- Faburel, G., Chevalier, K., Tartière, S., 2011. Analyse socio-environnementale du territoire de 10 communes de la Variante Ouest du projet de reconstruction de la ligne THT existante Avelin-Gavrelle. Entre justice environnementale et « acceptabilité » sociale.
- Ferreira, S., Gallagher, L., 2010. Protest responses and community attitudes toward accepting compensation to host waste disposal infrastructure. *Land Use Policy, Forest transitions* Wind power planning, landscapes and publics 27, 638–652.
- Fetz, A., Filippini, M., 2010. Economies of vertical integration in the Swiss electricity sector. *Energy Economics* 32, 1325–1330.
- Fishburn, P.C., 1967. Methods of Estimating Additive Utilities. *Management Science* 13, 435–453.
- Fletcher, M., Gallimore, P., Mangan, J., 2000. Heteroscedasticity in hedonic house price models. *Journal of Property Research* 17, 93–108.
- Florax, R.J.G.M., Folmer, H., Rey, S.J., 2003. Specification searches in spatial econometrics: the relevance of Hendry's methodology. *Regional Science and Urban Economics* 33, 557–579.
- Forsé, M., Parodi, M., 2006. Justice distributive. La hiérarchie des principes selon les Européens. *Revue de l'OFCE* 98, 213–244.

- Frantál, B., Kunc, J., 2011. Wind turbines in tourism landscapes: Czech Experience. *Annals of Tourism Research* 38, 499–519.
- Frey, B.S., Jegen, R., 2001. Motivation Crowding Theory. *Journal of Economic Surveys* 15, 589–611.
- Frey, B.S., Oberholzer-Gee, F., 1997. The Cost of Price Incentives: An Empirical Analysis of Motivation Crowding- Out. *The American Economic Review* 87, 746–755.
- Frey, B.S., Oberholzer-Gee, F., Eichenberger, R., 1996. The Old Lady Visits Your Backyard: A Tale of Morals and Markets. *Journal of Political Economy* 104, 1297–1313.
- Garcia, J.H., Cherry, T.L., Kallbekken, S., Torvanger, A., 2016. Willingness to accept local wind energy development: Does the compensation mechanism matter? *Energy Policy* 99, 165–173.
- Gately, D., 1974. Sharing the Gains from Regional Cooperation: A Game Theoretic Application to Planning Investment in Electric Power. *International Economic Review* 15, 195–208.
- Gérard-Varet, L.-A., 1998. La contribution de la théorie des mécanismes incitatifs au développement de procédures expérimentales de révélation des préférences. *Économie publique/Public economics*.
- Gibbons, S., 2015. Gone with the wind: Valuing the visual impacts of wind turbines through house prices. *Journal of Environmental Economics and Management* 72, 177–196.
- Gîtes de France, 2015. Étude sur le poids socio-économique de Gîtes de France, leader français et européen de l'hébergement chez l'habitant depuis 60 ans. Rapport. 32 pages.
- Glachant, J.-M., Ruester, S., 2014. The EU internal electricity market: Done forever? *Utilities Policy* 31, 221–228.
- Godard, O., 1996. L'évaluation économique comme procédure de coordination dans la protection de l'environnement et de la santé. *Cahiers du groupe Epistémologie des Cindyniques* 3, 39–61.
- Goodin, R.E., Dryzek, J.S., 2006. Deliberative Impacts: The Macro-Political Uptake of Mini-Publics. *Politics & Society* 34, 219–244.
- Gowdy, J.M., 2007. Toward an experimental foundation for benefit-cost analysis. *Ecological Economics, Sustainability and Cost-Benefit Analysis* 63, 649–655.
- Greene, W.H., 2003. *Econometric analysis*, 5th edition. Ed. Upper Saddle River, NJ 89–140.

- Greene, W.H., Hensher, D.A., 2003. A latent class model for discrete choice analysis: contrasts with mixed logit. *Transportation Research Part B: Methodological* 37, 681–698.
- Greene, W.H., Hensher, D.A., Rose, J., 2006. Accounting for heterogeneity in the variance of unobserved effects in mixed logit models. *Transportation Research Part B: Methodological* 40, 75–92.
- Greenstone, M., Gayer, T., 2009. Quasi-experimental and experimental approaches to environmental economics. *Journal of Environmental Economics and Management, Frontiers of Environmental and Resource Economics* 57, 21–44.
- Hamilton, S.W., Schwann, G.M., 1995. Do High Voltage Electric Transmission Lines Affect Property Value? *Land Economics* 71, 436–444.
- Hart, O., Tirole, J., Carlton, D.W., Williamson, O.E., 1990. Vertical Integration and Market Foreclosure. *Brookings Papers on Economic Activity. Microeconomics* 205–286.
- Hasan, K.N., Saha, T.K., Chattopadhyay, D., Eghbal, M., 2014. Benefit-based expansion cost allocation for large scale remote renewable power integration into the Australian grid. *Applied Energy* 113, 836–847.
- Heikkila, E., 1988. Multicollinearity in Regression Models with Multiple Distance Measures. *Journal of Regional Science* 28, 345–362.
- Heintzelman, M.D., Vyn, R.J., Guth, S., 2017. Understanding the Amenity Impacts of Wind Development on an International Border. *Ecological Economics* 137, 195–206.
- Henriot, A., 2013. Financing investment in the European electricity transmission network: Consequences on long-term sustainability of the TSOs financial structure. *Energy Policy* 62, 821–829.
- Hensher, D.A., Rose, J.M., Greene, W.H., 2005. *Applied Choice Analysis: A Primer*. Cambridge University Press.
- Hicks, J.R., 1943. The Four Consumer's Surpluses. *The Review of Economic Studies* 11, 31–41.
- Himmelberger, J.J., Ratick, S.J., White, A.L., 1991. Compensation for risks: host community benefits in siting locally unwanted facilities. *Environmental Management* 15, 647–658.

- Hoehn, B., Brown, J.P., Jackson, T., Thayer, M.A., Wisner, R., Cappers, P., 2014. Spatial Hedonic Analysis of the Effects of US Wind Energy Facilities on Surrounding Property Values. *J Real Estate Finan Econ* 51, 22–51.
- Hoehn, B., Wisner, R., Cappers, P., Thayer, M., Sethi, G., 2011. Wind Energy Facilities and Residential Properties: The Effect of Proximity and View on Sales Prices. *Journal of Real Estate Research* 33, 279–316.
- Horn, H., Wolinsky, A., 1988. Bilateral Monopolies and Incentives for Merger. *The RAND Journal of Economics* 19, 408–419.
- Hyland, M., Bertsch, V., 2018. The Role of Community Involvement Mechanisms in Reducing Resistance to Energy Infrastructure Development. *Ecological Economics* 146, 447–474.
- Jenkins, K., McCauley, D., Heffron, R., Stephan, H., Rehner, R., 2016. Energy justice: A conceptual review. *Energy Research & Social Science* 11, 174–182.
- Jensen, C.U., Panduro, T.E., Lundhede, T.H., Nielsen, A.S.E., Dalsgaard, M., Thorsen, B.J., 2018. The impact of on-shore and off-shore wind turbine farms on property prices. *Energy Policy* 116, 50–59.
- Jobert, A., Laborgne, P., Mimler, S., 2007. Local acceptance of wind energy: Factors of success identified in French and German case studies. *Energy Policy* 35, 2751–2760.
- Joskow, P.L., 2014. Incentive Regulation in Theory and Practice: Electricity Distribution and Transmission Networks. *Economic Regulation and Its Reform: What Have We Learned?* 291–344.
- Kahneman, D., Sugden, R., 2005. Experienced Utility as a Standard of Policy Evaluation. *Environ Resource Econ* 32, 161–181.
- Keeney, R.L., Raiffa, H., 1993. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs*. Cambridge University Press.
- Keir, L., Watts, R., Inwood, S., 2014. Environmental justice and citizen perceptions of a proposed electric transmission line. *Community Development* 45, 107–120.
- Kelejian, H.H., Prucha, I.R., 1999. A Generalized Moments Estimator for the Autoregressive Parameter in a Spatial Model. *International Economic Review* 40, 509–533.

- Kermagoret, C., Levrel, H., Carlier, A., Dachary-Bernard, J., 2016. Individual preferences regarding environmental offset and welfare compensation: a choice experiment application to an offshore wind farm project. *Ecological Economics* 129, 230–240.
- Klaiber, H.A., Smith, V.K., 2013. Quasi Experiments, Hedonic Models, and Estimating Trade-offs for Local Amenities. *Land Economics* 89, 413–431.
- Klinsky, S., Dowlatabadi, H., 2009. Conceptualizations of justice in climate policy. *Climate Policy* 9, 88–108.
- Knudsen, J.K., Wold, L.C., Aas, Ø., Kielland Haug, J.J., Batel, S., Devine-Wright, P., Qvenild, M., Jacobsen, G.B., 2015. Local perceptions of opportunities for engagement and procedural justice in electricity transmission grid projects in Norway and the UK. *Land Use Policy* 48, 299–308.
- Komendantova, N., Battaglini, A., 2016. Beyond Decide-Announce-Defend (DAD) and Not-in-My-Backyard (NIMBY) models? Addressing the social and public acceptance of electric transmission lines in Germany. *Energy Research & Social Science* 22, 224–231.
- Krishna, V., Serrano, R., 1996. Multilateral Bargaining. *Rev Econ Stud* 63, 61–80.
- Kuminoff, N.V., Parmeter, C.F., Pope, J.C., 2010. Which hedonic models can we trust to recover the marginal willingness to pay for environmental amenities? *Journal of Environmental Economics and Management* 60, 145–160.
- Kunreuther, H., Easterling, D., 1996. The Role of Compensation in Siting Hazardous Facilities. *Journal of Policy Analysis and Management* 15, 601–622.
- Kunreuther, H., Kleindorfer, P., Knez, P.J., Yaksick, R., 1987. A compensation mechanism for siting noxious facilities: Theory and experimental design. *Journal of Environmental Economics and Management* 14, 371–383.
- Lancaster, K.J., 1966. A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy* 74, 132–157.
- Lancsar, E., Louviere, J., 2008. Conducting Discrete Choice Experiments to Inform Healthcare Decision Making. *Pharmacoeconomics* 26, 661–677.
- Lavaine, E., 2014. The Capacity of Hedonic Pricing Analysis to Reflect The Economic Benefits Of Air Quality. Presented at the FAERE, pp. 1–44.

- Lawrence, R.L., Daniels, S.E., Stankey, G.H., 1997. Procedural justice and public involvement in natural resource decision making. *Society & Natural Resources* 10, 577–589.
- Layton, D.F., Brown, G., 2000. Heterogeneous Preferences Regarding Global Climate Change. *The Review of Economics and Statistics* 82, 616–624.
- Le Gallo, 2002. Économétrie spatiale : l'autocorrélation spatiale dans les modèles de régression linéaire. *Economie & prévision* no 155, 139–157.
- Le Goffe, P., 2000. Hedonic Pricing of Agriculture and Forestry Externalities. *Environmental and Resource Economics* 15, 397–401.
- Lienert, P., Sutterlin, B., Siegrist, M., 2018. Public acceptance of high-voltage power lines: The influence of information provision on undergrounding. *Energy Policy* 112, 305–315.
- Lienhoop, N., Völker, M., 2016. Preference Refinement in Deliberative Choice Experiments for Ecosystem Service Valuation. *Land Economics* 92, 555–577.
- Lilley, M.B., Firestone, J., Kempton, W., 2010. The Effect of Wind Power Installations on Coastal Tourism. *Energies* 3, 1–22.
- LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, 2015.
- Long, J.S., Ervin, L.H., 2000. Using Heteroscedasticity Consistent Standard Errors in the Linear Regression Model. *The American Statistician* 54, 217–224.
- Louvière, J.J., Hensher, D.A., Swait, J.D., 2000. *Stated Choice Methods: Analysis and Applications*. Cambridge University Press.
- Mansfield, C., Houtven, G.L.V., Huber, J., 2002. Compensating for Public Harms: Why Public Goods Are Preferred to Money. *Land Economics* 78, 368–389.
- Manski, C.F., 1977. The structure of random utility models. *Theor Decis* 8, 229–254.
- Matsuyama, K., 1995. Complementarities and Cumulative Processes in Models of Monopolistic Competition. *Journal of Economic Literature* 33, 701–729.
- Mattmann, M., Logar, I., Brouwer, R., 2016. Wind power externalities: A meta-analysis. *Ecological Economics* 127, 23–36.
- May, D., Corbin, A., Hollins, P., 2011. Identifying Determinants of Residential Property Values in South London. *Review of Economic Perspectives* 11, 3–11.

- McFadden, D., Train, K., 2000. Mixed MNL models for discrete response. *Journal of Applied Econometrics* 15, 447–470.
- McFadden, D.L., 1973. Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior, in: *Frontiers in Econometrics*. Wiley, New York.
- Menges, R., Beyer, G., 2014. Underground cables versus overhead lines: Do cables increase social acceptance of grid development? Results of a Contingent Valuation survey in Germany. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management* 3, 33–48.
- Mitchell, R.C., Carson, R.T., Carson, R.T., 1989. Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method. *Resources for the Future*.
- Mogas, J., Riera, P., Bennett, J., 2005. Accounting for afforestation externalities: a comparison of contingent valuation and choice modelling. *European Environment* 15, 44–58.
- Mollard, A., Rambonilaza, T., Vollet, D., 2007. Environmental amenities and territorial anchorage in the recreational-housing rental market: A hedonic approach with French data. *Land Use Policy* 24, 484–493.
- Moran, P.A.P., 1950. A Test for the Serial Independence of Residuals. *Biometrika* 37, 178–181.
- Mors, E. ter, Terwel, B.W., Daamen, D.D.L., 2012. The potential of host community compensation in facility siting. *International Journal of Greenhouse Gas Control, CATO: CCS Research in the Netherlands* 11, 130–138.
- Mueller, C.E., Keil, S.I., Bauer, C., 2017. Effects of spatial proximity to proposed high-voltage transmission lines: Evidence from a natural experiment in Lower Saxony. *Energy Policy* 111, 137–147.
- Mueller, D., 2016. Grid extension in German backyards: a game-theory rationale. *Journal of Environmental Planning and Management* 60, 437–461.
- Munday, M., Bristow, G., Cowell, R., 2011. Wind farms in rural areas: How far do community benefits from wind farms represent a local economic development opportunity? *Journal of Rural Studies* 27, 1–12.
- Muthoo, A., 1999. *Bargaining Theory with Applications*. Cambridge University Press.

- Nadaï, A., Labussière, O., 2009. Wind power planning in France (Aveyron), from state regulation to local planning. *Land Use Policy* 26, 744–754.
- Nash, J., 1953. Two-Person Cooperative Games. *Econometrica* 21, 128–140.
- Navrud, S., Ready, R.C., Magnussen, K., Bergland, O., 2008. Valuing the social benefits of avoiding landscape degradation from overhead power transmission lines: Do underground cables pass the benefit-cost test? *Landscape Research* 33, 281–296.
- Nelson, J.P., 2010. Valuing Rural Recreation Amenities: Hedonic Prices for Vacation Rental Houses at Deep Creek Lake, Maryland. *Agricultural and Resource Economics Review* 39, 485–504.
- Neukirch, M., 2016. Protests against German electricity grid extension as a new social movement? A journey into the areas of conflict. *Energy, Sustainability and Society* 6.
- O’Hare, M.H., Bacow, L., Sanderson, D., 1982. Facility siting and public opposition.
- Parmeter, C.F., Pope, J.C., 2009. Quasi-Experiments and Hedonic Property Value Methods. Social Science Research Network, Rochester, NY.
- Perez-Arriaga, I.J., 2014. Regulation of the Power Sector. Springer Science & Business Media.
- Picard, P., 1994. *Eléments de microéconomie. Tome 1 : Théorie et applications*, 2e Edition. ed. Montchrestien.
- Pigou, A., 1920. *The Economics of Welfare*.
- Porsius, J.T., Claassen, L., Weijland, P.E., Timmermans, D.R.M., 2015. “They give you lots of information, but ignore what it’s really about”: residents’ experiences with the planned introduction of a new high-voltage power line. *Journal of Environmental Planning and Management* 0, 1–18.
- Rambonilaza, T., Point, P., Dachary-Bernard, J., 2007. Stability of the WTP Measurements with Successive Use of Choice Experiments Method and Multiple Programmes Method. *Revue d’économie politique* 117, 719–735.
- Rey, P., Verge, T., 2004. Bilateral Control with Vertical Contracts. *The RAND Journal of Economics* 35, 728–746.
- RGI, 2012. European Grid Report, Beyond Public Opposition, Lessons Learned Across Europe. Rapport. 116 pages.
- RGI, 2016. Community Payments, Case studies from across Europe. Rapport. 28 pages.

- RGI, 2018. Community Payments, Case studies from across Europe. 2nd edition. Rapport. 32 pages.
- Riera, P., Giergiczny, M., Peñuelas, J., Mahieu, P.-A., 2012. A choice modelling case study on climate change involving two-way interactions. *Journal of Forest Economics, Non-market valuation* 18, 345–354.
- Rious, V., Perez, Y., Glachant, J.-M., 2011. Power Transmission Network Investment as an Anticipation Problem. *Review of Network Economics* 10.
- Rosen, S., 1974. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy* 82, 34–55.
- Rosiers, F., 2002. Power Lines, Visual Encumbrance and House Values: A Microspatial Approach to Impact Measurement. *Journal of Real Estate Research* 23, 275–302.
- Roustaei, M., Sheikh-El-Eslami, M.K., Seifi, H., 2014. Transmission cost allocation based on the users benefits. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 61, 547–552.
- RTE, 2008. Evaluation socio-économique des impacts paysagers des ouvrages électriques. Rapport. 38 pages.
- RTE, 2016. Schéma décennal de développement du réseau. Rapport. 153 pages.
- Rubinstein, A., 1982. Perfect Equilibrium in a Bargaining Model. *Econometrica* 50, 97–109.
- Rulleau, B., Rey-Valette, H., Clément, V., 2017. Impact of justice and solidarity variables on the acceptability of managed realignment. *Climate Policy* 17, 361–377.
- Ryan, M., Wordsworth, S., 2000. Sensitivity of Willingness to Pay Estimates to the Level of Attributes in Discrete Choice Experiments. *Scottish Journal of Political Economy* 47, 504–524.
- Sagoff, M., 2003. On the relation between preference and choice. *The Journal of Socio-Economics* 31, 587–598.
- Samuelson, P.A., 1942. Constancy of the Marginal Utility of Income, in: Lange, O., McIntyre, F., Yntema, T.O. (Eds.), *Studies in Mathematical Economics and Econometrics*. University of Chicago Press, pp. 75–91.
- Scitovszky, T., 1941. A Note on Welfare Propositions in Economics. *The Review of Economic Studies* 9, 77–88.

- Sen, A., 1995. Environmental Evaluation and Social Choice: Contingent Valuation and the Market Analogy. *The Japanese Economic Review* 46, 23–37.
- Shaikh, S.L., Sun, L., Cornelis van Kooten, G., 2007. Treating respondent uncertainty in contingent valuation: A comparison of empirical treatments. *Ecological Economics* 62, 115–125.
- Shogren, J.F., Taylor, L.O., 2008. On Behavioral-Environmental Economics. *Rev Environ Econ Policy* 2, 26–44.
- Simora, M., Frondel, M., Vance, C., 2017. Does financial compensation increase the acceptance of power lines? Evidence from Germany.
- Sims, S., Dent, P., 2005. High-voltage Overhead Power Lines and Property Values: A Residential Study in the UK. *Urban Stud* 42, 665–694.
- Sims, S., Dent, P., Oskrochi, G.R., 2008. Modelling the impact of wind farms on house prices in the UK. *International Journal of Strategic Property Management* 12, 251–269.
- Smith, M., 2001. Beyond Public Participation: Fairness in Natural Resource Decision Making. *Society & Natural Resources* 14, 239–249.
- Soini, K., Pouta, E., Salmiovirta, M., Uusitalo, M., Kivinen, T., 2011. Local residents' perceptions of energy landscape: the case of transmission lines. *Land Use Policy* 28, 294–305.
- Sorensen, J.H., Soderstrom, J., Carnes, S.A., 1984. Sweet for the sour: Incentives in environmental mediation. *Environmental Management* 8, 287–294.
- Sousa, A.J.G. de, Kastenholz, E., 2015. Wind farms and the rural tourism experience – problem or possible productive integration? The views of visitors and residents of a Portuguese village. *Journal of Sustainable Tourism* 23, 1236–1256.
- Spash, C.L., Hanley, N., 1995. Preferences, information and biodiversity preservation. *Ecological Economics* 12, 191–208.
- Spath, L., Scolobig, A., 2017. Stakeholder empowerment through participatory planning practices: The case of electricity transmission lines in France and Norway. *Energy Research & Social Science* 23, 189–198.
- Spengler, J.J., 1950. Vertical Integration and Antitrust Policy. *Journal of Political Economy* 58, 347–352.

- Sugden, R., 2005. Coping with Preference Anomalies in Cost–Benefit Analysis: A Market-Simulation Approach. *Environ Resource Econ* 32, 129–160.
- Sunak, Y., Madlener, R., 2015. The impact of wind farms on property values: A locally weighted hedonic pricing model. *Papers in Regional Science* n/a-n/a.
- Sunak, Y., Madlener, R., 2016. The impact of wind farm visibility on property values: A spatial difference-in-differences analysis. *Energy Economics* 55, 79–91.
- Tatos, T., Lunt, T., 2016. Property Value Impacts from Transmission Lines, Subtransmission Lines, and Substations. *The Appraisal Journal* 205–230.
- Tirole, J., 1988. *The Theory of Industrial Organization*. MIT Press.
- Tobiasson, W., Beestermoller, C., Jamasb, T., 2016. Public engagement in electricity network development: the case of the Beaully-Denny project in Scotland. *Econ Polit Ind* 1–22.
- Tobiasson, W., Jamasb, T., 2016. The Solution that Might Have Been: Resolving Social Conflict in Deliberations about Future Electricity Grid Development. *Energy Research & Social Science* 17, 94–101.
- van Rensburg, T.M., Kelley, H., Jeserich, N., 2015. What influences the probability of wind farm planning approval: Evidence from Ireland. *Ecological Economics* 111, 12–22.
- van Zanten, B.T., Koetse, M.J., Verburg, P.H., 2016. Economic valuation at all cost? The role of the price attribute in a landscape preference study. *Ecosystem Services, Integrated valuation of ecosystem services: challenges and solutions* 22, 289–296.
- Vatn, A., Bromley, D.W., 1994. Choices without Prices without Apologies. *Journal of Environmental Economics and Management* 26, 129–148.
- Vyn, R.J., 2018. Property Value Impacts of Wind Turbines and the Influence of Attitudes toward Wind Energy. *Land Economics* 94, 496–516.
- Vyn, R.J., McCullough, R.M., 2014. The Effects of Wind Turbines on Property Values in Ontario: Does Public Perception Match Empirical Evidence? *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d’agroeconomie* 62, 365–392.
- Walker, B.J.A., Wiersma, B., Bailey, E., 2014. Community benefits, framing and the social acceptance of offshore wind farms: An experimental study in England. *Energy Research & Social Science* 3, 46–54.

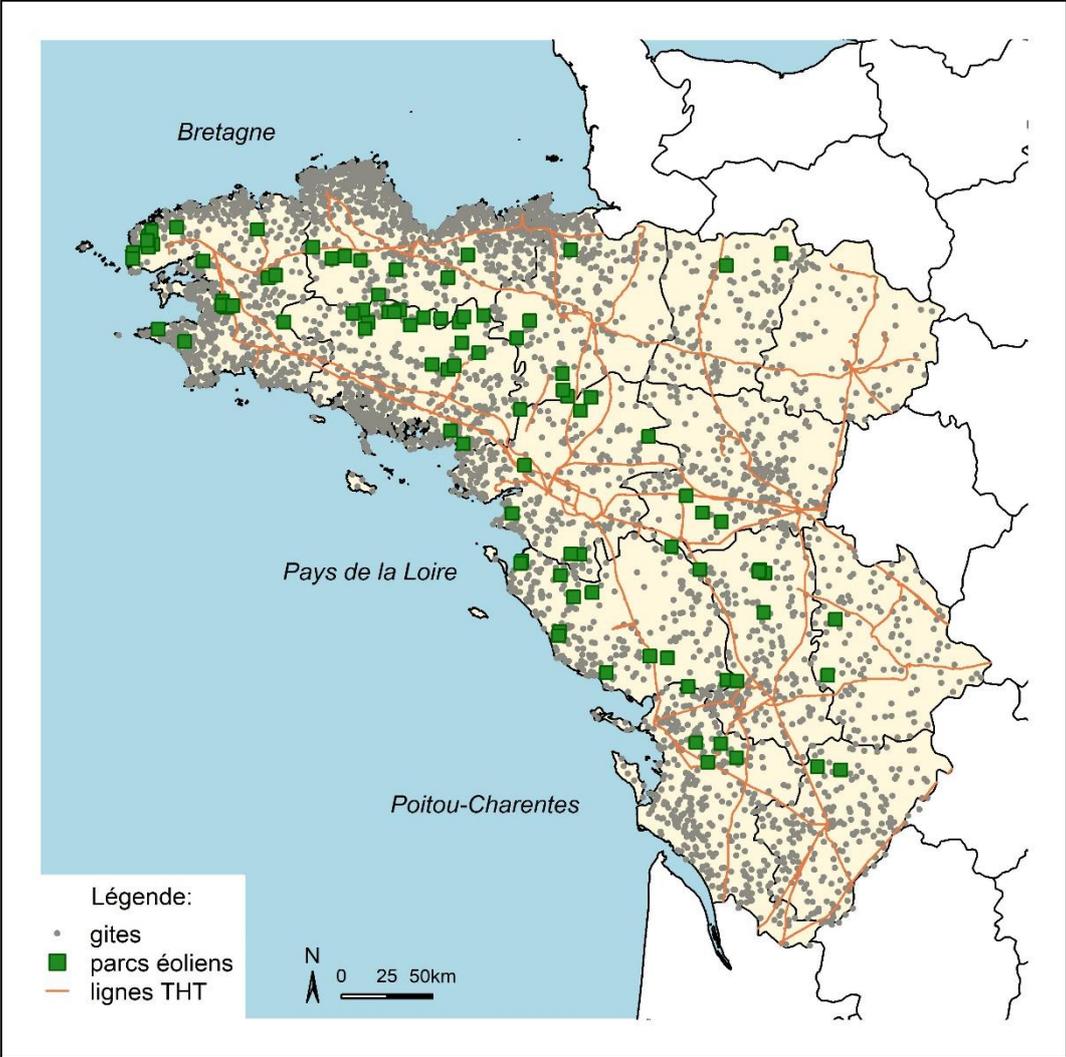
-
- Westerberg, V., Jacobsen, J.B., Lifran, R., 2015. Offshore wind farms in Southern Europe – Determining tourist preference and social acceptance. *Energy Research & Social Science* 10, 165–179.
- White, H., 1980. A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica* 48, 817–838.
- Wilhelmsson, M., 2000. The Impact of Traffic Noise on the Values of Single-family Houses. *Journal of Environmental Planning and Management* 43, 799–815.
- Wilson, M.A., Howarth, R.B., 2002. Discourse-based valuation of ecosystem services: establishing fair outcomes through group deliberation. *Ecological Economics* 41, 431–443.
- Wolsink, M., Devilee, J., 2009. The motives for accepting or rejecting waste infrastructure facilities. Shifting the focus from the planners' perspective to fairness and community commitment. *Journal of Environmental Planning and Management* 52, 217–236.
- Zaal, M.P., Terwel, B.W., ter Mors, E., Daamen, D.D.L., 2014. Monetary compensation can increase public support for the siting of hazardous facilities. *Journal of Environmental Psychology* 37, 21–30.
- Zerrahn, A., 2017. Wind Power and Externalities. *Ecological Economics* 141, 245–260.
- Zwerina, K., Huber, J., Kuhfeld, W.F., 1996. A General Method for Constructing Efficient Choice Designs.

Annexes

A.	ANNEXES DU CHAPITRE 2	202
A.1.	ZONE D'ETUDE.....	202
A.2.	DEFINITION DES VARIABLES RETENUES POUR L'ANALYSE	203
A.3.	TESTS DE LA PRESENCE D'AUTOCORRELATION SPATIALE DANS L'EQUATION HEDONIQUE SANS EFFETS FIXES DEPARTEMENTAUX	204
A.4.	TESTS DE LA PRESENCE D'AUTOCORRELATION SPATIALE DANS L'EQUATION HEDONIQUE AVEC EFFETS FIXES DEPARTEMENTAUX	204
A.5.	CALCUL DES PRIX IMPLICITES	204
B.	ANNEXES DU CHAPITRE 3	205
B.1.	DISTRIBUTION DES PRIX DE VENTE	205
B.2.	STATISTIQUES DESCRIPTIVES DETAILLEES DES PRIX DE VENTE PAR PHASE ET SECTEUR.....	205
B.3.	EFFET DE SEUIL : NOMBRE DE PIECES	206
B.4.	DISTRIBUTION DE LA SURFACE DU TERRAIN	206
B.5.	PARTI DES DIX PLUS PROCHES VOISINS DE CHAQUE TRANSACTION.....	206
B.6.	REGRESSIONS PAR LES MOINDRES CARRES ORDINAIRES : RESULTATS DE L'EFFET FIXE SPATIAL.....	207
C.	ANNEXES DU CHAPITRE 4	209
C.1.	LIST OF VARIABLES.....	209
C.2.	NON-COOPERATIVE CASE.....	209
C.3.	BILATERAL BARGAINING	210
C.4.	MULTILATERAL BARGAINING	211
C.5.	SEQUENTIAL BARGAINING	211
C.6.	PAYOFF OF A SINGLE MUNICIPALITY WITH SEQUENTIAL BARGAINING	213
D.	ANNEXES DU CHAPITRE 5	214
D.1.	QUESTIONNAIRE	214
D.2.	CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES DES PARTICIPANTS.....	220
D.3.	RAISONS DU CHOIX DU SCENARIO DE REFERENCE.....	221

A. Annexes du chapitre 2

A.1. Zone d'étude



A.2. Définition des variables retenues pour l'analyse

Variabiles	Description (unité)	Source	Moy (* = nb)	Ecart- type (* = %)	Méd	Min	Max
<i>Intrinsèques :</i>							
capacité	nombre de personnes	Gîtes de France (2013)	4,8	1,8	4	1	18
capacité/chambre	nombre de personnes/chambre	Gîtes de France (2013)	2,1	0,5	2	1	6
confort	nombre d'épis	Gîtes de France (2013)	2,7	0,6	3	1	5
animaux (=1)	animaux domestiques tolérés, 0 sinon	Gîtes de France (2013)	*3296	*52,5			
piscine (=1)	présence d'une piscine, 0 sinon	Gîtes de France (2013)	*434	*6,9			
internet (=1)	accès à internet, 0 sinon	Gîtes de France (2013)	*1730	*27,6			
<i>Localisation :</i>							
dMer	distance à la mer (km)	IGN (2013)	28,2	39,7	8,2	0,04	188,6
dParis	distance à Paris (km)	IGN (2013)	386,2	73,1	393,3	138,5	550,5
<i>Accès aux services</i>							
dPatrimoine	site touristique le plus proche (km)	Guide Vert Michelin (2012)	10,4	7,2	8,8	0,0	43,5
sites_30km	nombre de sites touristiques dans un rayon de 30 km	Guide Vert Michelin (2012)	20,3	15,4	18,0	0,0	92,0
magasins (=1)	présence de magasins dans la commune du gîte, 0 sinon	Base Permanente des Equipements (2009)	*5561	*88,6			
loisirs (=1)	présence d'équipements de loisirs dans la commune, 0 sinon	Base Permanente des Equipements (2009)	*6110	*97,3			
<i>Climat :</i>							
tmo	température moyenne annuelle dans la commune (°C)	Joly et al. (2010)	11,7	0,6	11,6	10,0	13,4
pje	jours de précipitations en juillet sur la commune	Joly et al. (2010)	7,0	0,8	6,8	5,4	10,3
<i>Paysage :</i>							
surface_foret	part de surface forestière dans la commune	Corine Land Cover (2006)	11,1	11,3	8,1	0,0	82,0
surface_agri	part de surface agricole dans la commune	Corine Land Cover (2006)	78,2	17,1	82,9	0,0	100

A.3. Tests de la présence d'autocorrélation spatiale dans l'équation hédonique sans effets fixes départementaux

Test	Matrice 10 voisins		Matrice 10 km	
	stat	(p-value)	stat	(p-value)
Moran (prix)	0,24	(0,00)	0,22	(0,00)
Moran (résidus)	0,19	(0,00)	0,17	(0,00)
LM Err	642,12	(0,00)	738,78	(0,00)
RLM Err	402,61	(0,00)	683,27	(0,00)
LM Lag	241,80	(0,00)	56,69	(0,00)
RLM Lag	2,29	(0,13)	1,17	(0,28)

A.4. Tests de la présence d'autocorrélation spatiale dans l'équation hédonique avec effets fixes départementaux

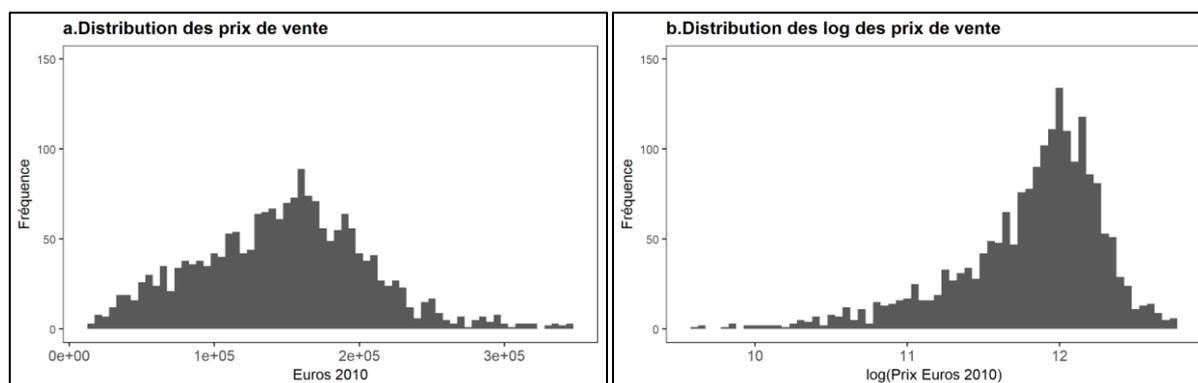
Test	Matrice 10 voisins		Matrice 10 km	
	stat	(p-value)	stat	(p-value)
Moran (résidus)	0,13	(0,00)	0,11	(0,00)
LM Err	297,04	(0,00)	302,37	(0,00)
RLM Err	180,71	(0,00)	291,26	(0,00)
LM Lag	116,58	(0,00)	13,93	(0,00)
RLM Lag	0,25	(0,62)	2,82	(0,09)

A.5. Calcul des prix implicites

D'après notre équation de prix hédoniques, nous pouvons obtenir les prix implicites en multipliant le coefficient par le prix moyen du gîte. Pour déterminer le prix implicite des variables binaires (animaux, piscine, internet, loisirs), nous calculons : $[exp(coef) - 1] \times \bar{P}$. Pour les variables de distance, les prix implicites peuvent être calculés pour des segments particuliers entre deux distances d_1 et d_2 de la manière suivante : $coef \times \bar{P} \times \left(\frac{d_2 - d_1}{d_1}\right)$.

B. Annexes du chapitre 3

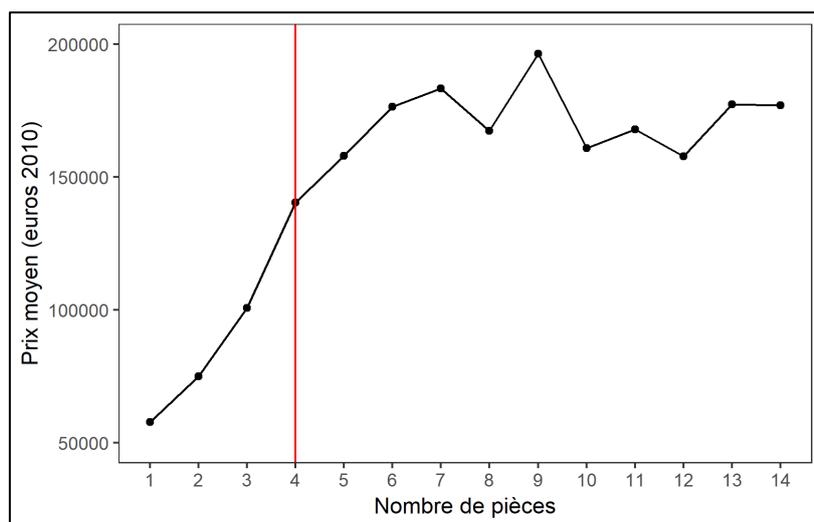
B.1. Distribution des prix de vente



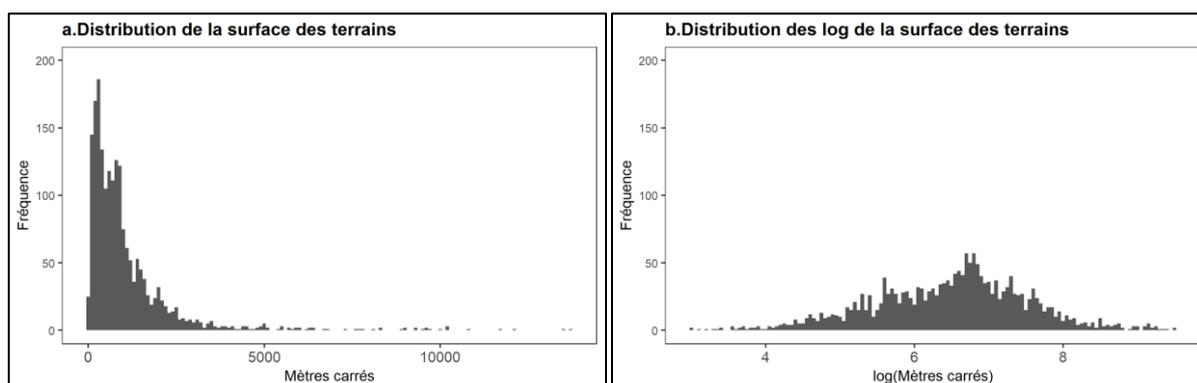
B.2. Statistiques descriptives détaillées des prix de vente par phase et secteur

Phase	Secteur	n_{x-1}	(%)	Min	Med	Moy	Max	Ecart-type
T0	D1	103	(5,3)	40 146	159 707	155 420	314 233	58 908
T0	D2	85	(4,4)	29 260	147 115	146 480	273 045	61 357
T0	D3	381	(19,7)	15 815	147 941	145 965	343 784	56 407
T0	D4	472	(24,4)	17 748	150 964	149 364	343 146	61 458
T1	D1	8	(0,4)	65 065	135 462	146 347	211 055	56 620
T1	D2	11	(0,6)	15 075	155 155	150 883	268 537	67 878
T1	D3	36	(1,9)	40 000	150 772	152 717	230 364	50 876
T1	D4	50	(2,6)	35 070	153 104	160 446	340 681	71 925
T2	D1	25	(1,3)	18 779	151 174	145 575	246 202	56 297
T2	D2	26	(1,3)	53 521	147 412	152 650	286 573	60 518
T2	D3	110	(5,7)	15 712	151 247	153 433	317 326	55 107
T2	D4	172	(8,9)	18 779	153 420	147 691	334 104	58 201
T3	D1	39	(2,0)	31 342	135 626	133 058	337 278	60 967
T3	D2	47	(2,4)	21 675	147 929	133 909	243 105	60 835
T3	D3	165	(8,5)	25 540	145 750	145 856	338 586	56 493
T3	D4	204	(10,5)	25 788	144 085	141 357	284 623	56 884
Ensemble de la zone d'étude		1934	(100,0)	15 075	149 851	147 464	343 784	58 823

B.3. Effet de seuil : nombre de pièces



B.4. Distribution de la surface du terrain



B.5. Parmi les dix plus proches voisins de chaque transaction

Nombre de voisin la même année de vente	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Transactions concernées	726	675	328	127	34	26	7	2	9	0	0
Nombre de voisin au cours de la même phase	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Transactions concernées	139	249	233	249	179	202	200	222	180	59	22

B.6. Régressions par les Moindres Carrés Ordinaires : résultats de l'effet fixe spatial

Variable	Modèle 1 (Dist.RAIL)	Modèle 2 (Dist.ROUTE)	Variable	Modèle 1 (Dist.RAIL)	Modèle 2 (Dist.ROUTE)
Effet fixe spatial :	coef MCO (White SE)	coef MCO (White SE)	Effet fixe spatial :	coef MCO (White SE)	coef MCO (White SE)
BAINS	-0.151 (0.134)	-0.059 (0.133)	LE MONTEIL	0.037 (0.055)	-0.043 (0.050)
BEAULIEU	-0.638*** (0.145)	-0.617*** (0.147)	LE VERNET	-0.222** (0.087)	-0.158* (0.090)
BEAUX	-0.417*** (0.136)	-0.392*** (0.134)	LES VILLETES	-0.137* (0.073)	-0.096 (0.073)
BEAUZAC	-0.301*** (0.048)	-0.319*** (0.050)	MALREVERS	-0.419*** (0.120)	-0.384*** (0.122)
BESSAMOREL	-0.371*** (0.132)	-0.316** (0.129)	MONISTROL- D'ALLIER	-0.535** (0.229)	-0.540** (0.263)
BLANZAC	-0.550 (0.364)	-0.523 (0.367)	PLANFOY	0.032 (0.069)	0.074 (0.069)
BORNE	-0.345** (0.159)	-0.407** (0.172)	POLIGNAC	-0.023 (0.089)	-0.038 (0.090)
CEYSSAC	-0.202*** (0.051)	-0.151*** (0.053)	PONT-SALOMON	-0.133** (0.060)	-0.120** (0.060)
CHAMALIERES- SUR-LOIRE	-0.352*** (0.108)	-0.410*** (0.108)	RETOURNAC	-0.335*** (0.068)	-0.357*** (0.071)
CHASPINHAC	-0.268 (0.179)	-0.259 (0.184)	ROSIERES	-0.381*** (0.106)	-0.314*** (0.106)
ESPALY-SAINT- MARCEL	-0.059 (0.070)	-0.145** (0.069)	SAINT-BERAIN	-1.214*** (0.212)	-1.220*** (0.229)
FIRMINY	0.302*** (0.107)	0.273** (0.109)	SAINT- CHRISTOPHE-SUR- DOLAISON	-0.460*** (0.077)	-0.409*** (0.077)
JONZIEUX	-0.216*** (0.082)	-0.128 (0.082)	SAINT-DIDIER-EN- VELAY	-0.130* (0.075)	-0.059 (0.073)
LA CHAPELLE- D'AUREC	-0.057 (0.076)	-0.064 (0.076)	SAINT-ETIENNE	0.423*** (0.132)	0.410*** (0.134)
LA RICAMARIE	0.303** (0.141)	0.232 (0.142)	SAINT-ETIENNE- LARDEYROL	-0.338 (0.220)	-0.305 (0.216)
LA SEAUVE-SUR- SEMENE	-0.411*** (0.090)	-0.361*** (0.088)	SAINT-FERREOL- D'AUROURE	0.024 (0.052)	0.033 (0.054)

Significativité : *** 1%, ** 5%, * 10%

Régressions par les Moindres Carrés Ordinaires : résultats de l'effet fixe spatial (suite)

Variable	Modèle 1 (Dist.RAIL)	Modèle 2 (Dist.ROUTE)	Variable	Modèle 1 (Dist.RAIL)	Modèle 2 (Dist.ROUTE)
Effet fixe spatial :	coef MCO (White SE)	coef MCO (White SE)	Effet fixe spatial :	coef MCO (White SE)	coef MCO (White SE)
LAVOUTE-SUR-LOIRE	-0.526*** (0.202)	-0.583*** (0.203)	SAINT-GENEST-MALIFAUZ	-0.032 (0.067)	0.045 (0.067)
LE CHAMBON-FEUGEROLLES	0.253** (0.106)	0.195* (0.107)	SAINT-JEAN-DE-NAY	-1.248*** (0.060)	-1.174*** (0.060)
SAINT-JEAN-LACHALM	-0.690*** (0.201)	-0.653*** (0.203)	SAINT-ROMAIN-LES-ATHEUX	-0.049 (0.069)	-0.007 (0.071)
SAINT-JULIEN-DU-PINET	-0.388*** (0.076)	-0.332*** (0.078)	SAINT-VICTOR-MALESCOURS	-0.346** (0.139)	-0.262* (0.140)
SAINT-JUST-MALMONT	-0.019 (0.052)	0.043 (0.052)	SAINT-VIDAL	-0.087 (0.091)	-0.106 (0.103)
SAINT-MAURICE-DE-LIGNON	-0.072 (0.074)	-0.072 (0.074)	SAINT-VINCENT	-0.438*** (0.124)	-0.456*** (0.122)
SAINT-PAL-DE-MONS	-0.320*** (0.074)	-0.242*** (0.074)	SAINTE-SIGOLENE	-0.167*** (0.047)	-0.088* (0.047)
SAINT-PAULIEN	-0.253*** (0.090)	-0.242*** (0.089)	SANSSAC-L'EGLISE	-0.264** (0.103)	-0.254** (0.104)
SAINT-PRIVAT-D'ALLIER	-0.535*** (0.115)	-0.496*** (0.122)	VOREY	-0.475*** (0.102)	-0.525*** (0.101)
SAINT-ROMAIN-LACHALM	-0.332*** (0.084)	-0.245*** (0.084)	YSSINGEAUX	-0.141* (0.083)	-0.078 (0.079)

Significativité : *** 1%, ** 5%, * 10%

C. Annexes du chapitre 4

C.1. List of variables

Variable	Interpretation
$i = 1, \dots, n$	Municipality
d_i	Damage of i
w_i	Compensation of i
V_i	Payoff of i
$D = \sum_{i=1}^n d_i$	Total damage
$W = \sum_{i=1}^n W_i$	Total compensation
$V = \sum_{i=1}^n V_i$	Total payoff
Π_o	Payoff of the TSO
t_o	Tariff set by the TSO
c_o	Fixed cost of the TSO
Π_d	Payoff of the the DSO
t_d	Tariff set by the DSO
c_d	Fixed cost of the DSO
Q	Demand function
a	Intercept of the demand function
b	Slope of the demand function
CS	Consumer surplus
X	Surplus created
SW	Social welfare
NC	Non-cooperative case
BB	Bilateral protocol
SB	Sequential protocol
MB	Multilateral protocol

Note: $X = a - b(c_d + c_o + D) > 0$ is the created surplus along the value chain.

C.2. Non-cooperative case

The maximization program of the DSO is:

$$\max_{t_d} \Pi_d = (t_d - t_o - c_d)(a - bt_d)$$

First Order Condition (FOC) gives:

$$t_d = \frac{1}{2} \left(\frac{a}{b} + c_d + t_o \right) \quad (\text{A1})$$

Substitute (A1) in (4) yields:

$$Q = \frac{1}{2}(a - b(c_d + t_o)) \quad (\text{A2})$$

Substitute (A2) in the maximization program of the TSO (eq.2) gives:

$$\max_{t_o} \Pi_o = \frac{1}{2}(t_o - W - c_o)(a - b(c_d + t_o))$$

FOC yields the tariff:

$$t_o = \frac{1}{2} \left(\frac{a}{b} + W + c_o - c_d \right) \quad (\text{A3})$$

Substitute (A3) in (A2) gives:

$$Q = \frac{1}{4}(a - b(W + c_d + c_o))$$

The maximization program for a municipality i can be written as:

$$\max_{w_i} V_i = \frac{1}{4}(w_i - d_i)(a - b(W + c_d + c_o))$$

FOC gives:

$$w_i = \frac{a}{b} - c_d - c_o - W + d_i \quad (\text{A4})$$

Taking the sum yields:

$$W^{NC} = \frac{n}{1+n} \frac{X}{b} + D$$

Simple calculations give the other expressions detailed in section 3.1 and in Tables 2, 3 and 4.

C.3. Bilateral bargaining

Using (eq.2) and (eq.1), the NBS for the bilateral bargaining is solution of:

$$\max_{w_i} \frac{1}{32b} (w_i - d_i)(a - b(W + c_d + c_o))^3$$

FOC gives:

$$w_i = \frac{1}{3} \left(\frac{a}{b} - W - c_d - c_o \right) + d_i \quad (\text{A5})$$

Taking the sum gives:

$$W = \frac{1}{n+3} \left(n \left(\frac{a}{b} - c_d - c_o \right) + 3D \right)$$

Substitute in (A5) gives the individual and total compensations:

$$w_i^{BB} = d_i + \frac{1}{n+3} \frac{X}{b}$$

$$W^{BB} = D + \frac{n}{n+3} \frac{X}{b}$$

Simple calculations give the other expressions detailed in Tables 2, 3 and 4.

C.4. Multilateral bargaining

Using (eq.2) and (eq.1), the NBS for the multilateral bargaining is solution of:

$$\max_{w_i} \frac{1}{2^{2n+3} b} \prod_{i=1}^n (w_i - d_i) (a - b(W + c_d + c_o))^{n+2}$$

FOC gives:

$$w_i = \frac{1}{n+2} \left(\frac{a}{b} - W - c_d - c_o \right) + d_i \quad (\text{A6})$$

Taking the sum gives:

$$W = \frac{1}{2(n+1)} \left(n \left(\frac{a}{b} - c_d - c_o \right) + (n+2)D \right)$$

Substitute in (A6) gives the individual and total compensations:

$$w_i^{MB} = d_i + \frac{1}{2(n+1)} \frac{X}{b}$$

$$W^{MB} = D + \frac{n}{2(n+1)} \frac{X}{b}$$

Simple calculations give the other expressions detailed in Tables 2, 3 and 4.

C.5. Sequential bargaining

We solve the model by “*backward induction*”, starting with municipality n , then $n-1$, $n-2$, until the first municipality. Concerning the last round of negotiation between the TSO and n , we have:

$$\max_{w_n} \frac{1}{32b} (w_n - d_n) \left(a - b \left(\sum_{i=1}^n w_i + c_d + c_o \right) \right)^3$$

FOC gives:

$$w_n = \frac{1}{4} \left(\frac{a}{b} - c_d - c_o + 3d_n - \sum_{i=1}^{n-1} w_i \right) \quad (\text{A7})$$

then between the TSO and municipality ($n-1$) we have:

$$\max_{w_{n-1}} \frac{1}{32b} (w_{n-1} - d_{n-1}) \left(a - b \left(w_n + \sum_{i=1}^{n-1} w_i + c_d + c_o \right) \right)^3$$

Substitute (A7) by its expression gives:

$$\max_{w_{n-1}} \frac{1}{32b} \left(\frac{3}{4} \right)^3 (w_{n-1} - d_{n-1}) \left(a - b \left(\sum_{i=1}^{n-1} w_i + d_n + c_d + c_o \right) \right)^3$$

FOC gives:

$$w_{n-1} = \frac{1}{4} \left(\frac{a}{b} - c_d - c_o + 3d_{n-1} - \sum_{i=1}^{n-2} w_i - d_n \right) \quad (\text{A8})$$

The same process applies until the first negotiation round between the TSO and municipality 1 .

A generic negotiation between the TSO and a municipality i can be written as:

$$\max_{w_i} \frac{1}{32b} \left(\left(\frac{3}{4} \right)^{n-i} \right)^3 (w_i - d_i) \left(a - b \left(\sum_{j=i+1}^n d_j + \sum_{j=1}^i w_j + c_d + c_o \right) \right)^3$$

From (A7) and (A8), we deduce:

$$w_i = \frac{1}{4} \left(\frac{a}{b} - c_d - c_o + 3d_i - \sum_{j=1}^{i-1} w_j - \sum_{j=i+1}^n d_j \right)$$

It gives:

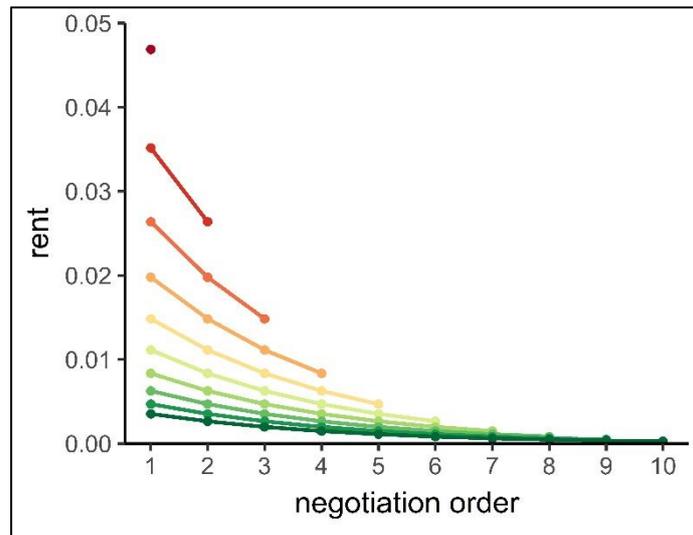
$$w_i^{SB} = d_i + \frac{1}{4} \left(\frac{3}{4} \right)^{i-1} \frac{x}{b}$$

$\sum_{i=1}^n \left(\frac{3}{4} \right)^{i-1}$ is a geometric sequence and can be rewritten as $4 - 4 \left(\frac{3}{4} \right)^n$. So, we have:

$$W^{SB} = D + \left(1 - \left(\frac{3}{4} \right)^n \right) \frac{x}{b}$$

Simple calculations give the other expressions detailed in Tables 2, 3 and 4.

C.6. Payoff of a single municipality with sequential bargaining



Note: A point represents the payoff of a municipality according to its position in the negotiation order and to the number of municipalities involved in the project. All terms are expressed as a share of $\frac{X^2}{b}$.

D. Annexes du chapitre 5

D.1. Questionnaire

I – COLLECTE DES INFORMATIONS SOCIODEMOGRAPHIQUES

1. Vous êtes :

- Une femme
- Un homme

2. Quelle est votre année de naissance ?

|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

3. Quelle est votre commune de résidence ?

|_____|

4. Quelle est votre département de résidence ?

|_|_|_|

5. Quelle est actuellement votre situation par rapport au travail ?

- Vous occupez un emploi
- Vous êtes demandeur(se) d'emploi
- Vous êtes étudiant(e), apprenti(e), en formation
- Vous êtes retraité(e) ou en préretraite
- Vous êtes homme ou femme au foyer
- Vous êtes dans une autre situation

6. Plus précisément, quelle est votre catégorie socioprofessionnelle ?

- Agriculteurs exploitants
- Commerçants, artisans, chefs d'entreprise
- Cadres, professions intellectuelles supérieures
- Professions intermédiaires
- Employés
- Ouvriers

7. De combien de personnes se compose votre foyer (y compris vous-même) ?

|_|

8. Plus précisément, des enfants vivent-ils dans votre foyer ?

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| Oui | Non |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

9. Quel est actuellement le montant en euros, des ressources mensuelles nettes de l'ensemble de votre foyer (salaires, allocations et autres entrées d'argent) ?

- Inférieur à 1445 euros par mois
- De 1446 à 2090 euros par mois
- De 2091 à 2895 euros par mois
- De 2896 à 4100 euros par mois
- Supérieur à 4101 euros par mois

10. Concernant votre logement principal, vous êtes :

- Propriétaire
- Locataire
- Occupant à titre gratuit

11. Vous vivez :

- Dans un appartement
- Dans une maison

II – INTRODUCTION DE LA SESSION**12. Avez-vous déjà entendu parler des éléments suivants ?**

- | | Oui, et je sais de quoi il s'agit | Oui, mais je ne suis pas sûr de quoi il s'agit | Non, je ne sais pas de quoi il s'agit |
|---|-----------------------------------|--|---------------------------------------|
| a. La transition énergétique | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| b. Le réseau de transport d'électricité | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

13. Selon vous la transition énergétique est un enjeu :

- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Pas du tout important | Plutôt pas important | Plutôt important | Très important |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

14. Vous sentez-vous personnellement concerné(e) par la transition énergétique ?

Pas du tout concerné	Plutôt pas concerné	Plutôt concerné	Très concerné
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Quelle devrait être la priorité en matière de production d'électricité en France ?

- Investir uniquement dans les énergies renouvelables.
- Investir en majorité dans les énergies renouvelables, mais aussi un peu dans le nucléaire.
- Investir en majorité dans le nucléaire, mais aussi un peu dans les énergies renouvelables.
- Investir uniquement dans le nucléaire.
- Je ne sais pas.

III – LES LIGNES AERIENNES A TRES HAUTE TENSION

16. Sur une échelle de 1 à 10, comment définiriez-vous les sentiments que vous inspirent les lignes à très haute tension ? 1 correspond à « des sentiments très négatifs » et 10 correspond à « des sentiments très positifs »

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>									

17. Selon vous, quel effet une nouvelle ligne aérienne à très haute tension a sur chacun des éléments suivants ?

	Très négatif	Plutôt négatif	Plutôt positif	Très positif	Pas d'effet	Ne sais pas
a. Le paysage	<input type="radio"/>					
b. L'environnement (la nature, la biodiversité)	<input type="radio"/>					
c. La santé humaine	<input type="radio"/>					
d. L'économie	<input type="radio"/>					
e. L'activité touristique	<input type="radio"/>					
f. Le marché immobilier	<input type="radio"/>					

IV – LES EXPERIENCES DE CHOIX (ROUND 1)

18. Sur une échelle de 1 à 10, comment définiriez-vous les sentiments que vous inspire un tel projet ? 1 correspond à « des sentiments très négatifs » et 10 correspond à « des sentiments très positifs » (*question faisant suite à la présentation du scénario hypothétique, cf. Encadré 5.1*)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>									

19 à 24. En tant qu'habitant d'une commune qui serait concernée par ce projet de nouvelle ligne, nous souhaitons connaître vos préférences sur les différentes options possibles de ces programmes d'accompagnement.

Première série des six expériences de choix (cf. Encadré 5.1 et Figure 5.1).

25. Vous venez de faire six choix. Vous avez trouvé ces choix :

Très difficiles	Difficiles	Ni difficiles, ni faciles	Faciles	Très faciles
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26. Vous avez choisi de façon :

Très certaine	Certaine	Ni certaine, ni incertaine	Incertaine	Très incertaine
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

27. Vous avez choisi au moins une fois « Ni le programme A, ni le programme B », pour quelle(s) raison(s) ? (plusieurs réponses possibles)

- Je ne me sens pas vraiment concerné(e) par le sujet.
- Je n'ai pas eu d'information suffisante pour faire mon choix.
- Je pense que les mesures proposées ne sont pas prioritaires.
- Je pense que les mesures proposées ne sont pas efficaces.
- Je pense que les mesures proposées ne sont pas suffisantes.
- Je ne bénéficie pas personnellement des mesures proposées.
- Autre :

28. Quelle est l'entité la plus légitime pour gérer le programme d'accompagnement ?

- L'entreprise en charge de la ligne à très haute tension
- La commune
- L'intercommunalité
- Le département
- La région
- Une association citoyenne (par exemple un collectif d'habitants)

29. Quel est le critère principal à prendre en compte dans la mise en place d'un programme d'accompagnement ?

- Critère budgétaire :
Les programmes d'accompagnement doivent respecter un budget limité, car les lignes à très haute tension sont financées par l'ensemble des consommateurs à travers leurs factures d'électricité.
- Critère de durabilité :
Les programmes d'accompagnement devront bénéficier aux générations futures comme à nos générations.
- Critère de solidarité :
Les programmes d'accompagnement doivent bénéficier en premier aux populations les plus impactées par la ligne à très haute tension.
- Critère de concertation :
Les programmes d'accompagnement doivent être définis en concertation avec les habitants.

30. Si une ligne à très haute tension devait être implantée sur votre commune, pensez-vous qu'il serait plus juste de privilégier :

- Le financement de projets d'aménagements et d'équipements sur la commune.
- L'indemnisation financière des habitants de la commune.

31.a. Quel type de projet devraient-être financés en priorité sur la commune ?

- Des aménagements et équipements collectifs (écoles, hôpitaux, stades, routes, réseaux...).
- Des aménagements et équipements économiques (zone d'activités, commerces...).
- Des aménagements et équipements touristiques.
- Des aménagements et équipements pour préserver la nature et la biodiversité.
- Des aménagements et équipements culturels (monuments historiques, musées, ...).

31.b. Quel serait le critère d'indemnisation le plus juste pour les habitants de la commune ?

- Indemniser les habitants en fonction du revenu, en privilégiant les habitants qui sont les plus défavorisés en termes de revenu.
- Indemniser les habitants en fonction de la nature du logement, en privilégiant les habitants des résidences principales plutôt que ceux des résidences secondaires.
- Indemniser les habitants en fonction de la distance à la ligne à très haute tension, en privilégiant les habitants qui sont les plus proches de la ligne.
- Je ne sais pas.

V – DISCUSSION ENTRE LES PARTICIPANTS SUR LES CHOIX REALISES

Temps d'échanges entre les participants, sous la conduite de la modératrice. La discussion doit donner l'occasion de poser des questions et encourager les participants à s'exprimer sur les avantages et les inconvénients des mesures proposées.

VI – LES EXPERIENCES DE CHOIX (ROUND 2)

Q32 à Q37. En tant qu'habitant d'une commune qui serait concernée par ce projet de nouvelle ligne, nous souhaitons connaître vos préférences sur les différentes options possibles de ces programmes d'accompagnement.

Deuxième série des six expériences de choix (cf. Encadré 5.1 et Figure 5.1).

Q38 à Q44. À la suite des expériences de choix, les enquêtés répondent aux mêmes questions de suivi que précédemment (cf. Q25 à Q31).

VII – CLOTURE DE LA SESSION

45. A propos du temps consacré à la discussion, pensez-vous que :

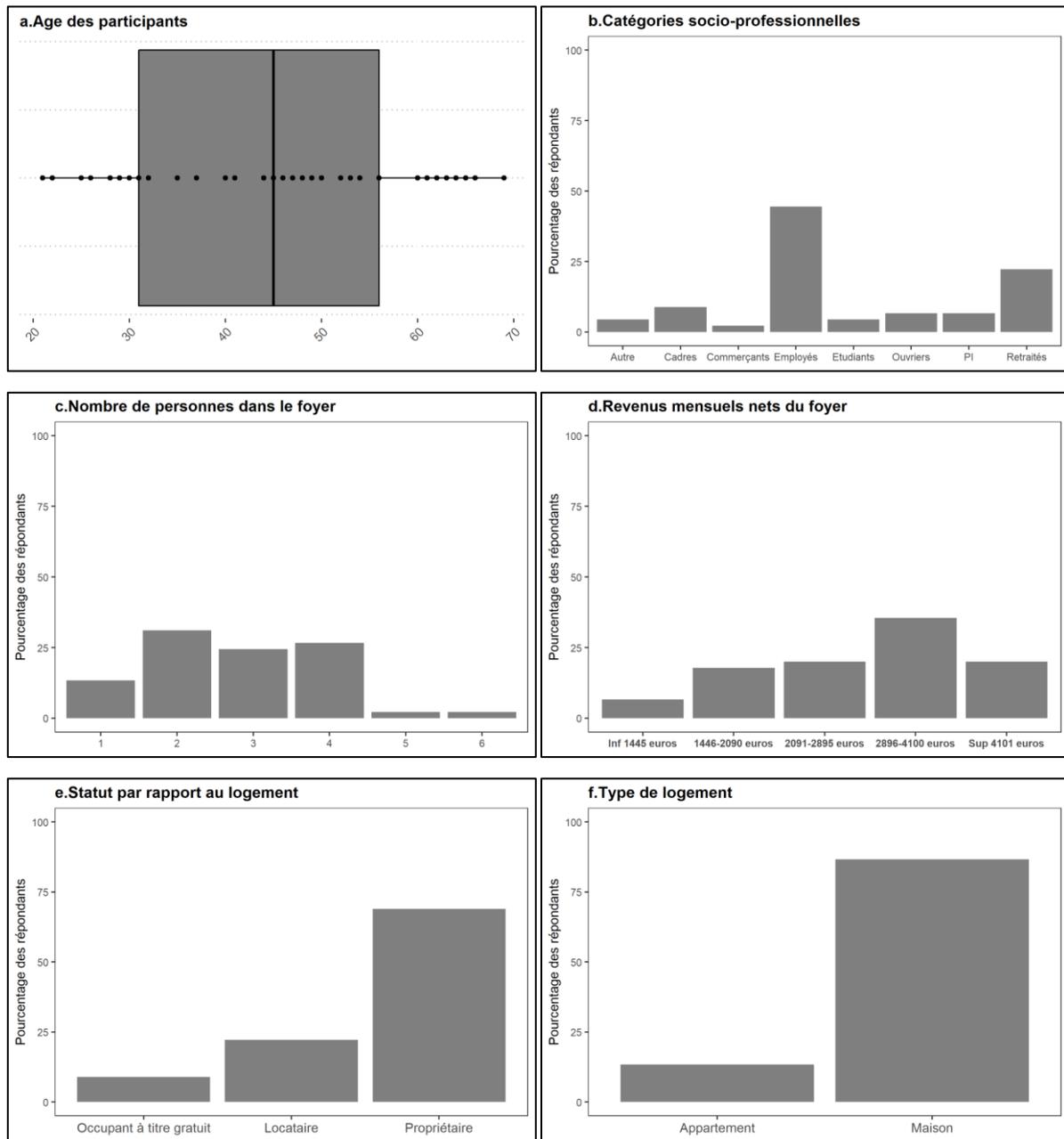
	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas du tout d'accord	Ne se prononce pas
a. La discussion a permis d'évoquer l'ensemble des avantages et inconvénients des mesures proposées.	<input type="radio"/>				
b. J'ai apprécié discuter avec les autres participants, et écouter leurs points de vue.	<input type="radio"/>				
c. La discussion m'a apporté de nouvelles informations.	<input type="radio"/>				
d. La discussion m'a encouragé à réfléchir sur mon propre point de vue.	<input type="radio"/>				

46. Connaissez-vous le nom de l'entreprise en charge du réseau de transport d'électricité en France ?

- Oui Citer son nom : | _____ |
- Non

47. Si vous avez des remarques à propos de la session à laquelle vous venez de participer (thématique, organisation, durée, etc.), vous pouvez les mentionner ci-dessous :

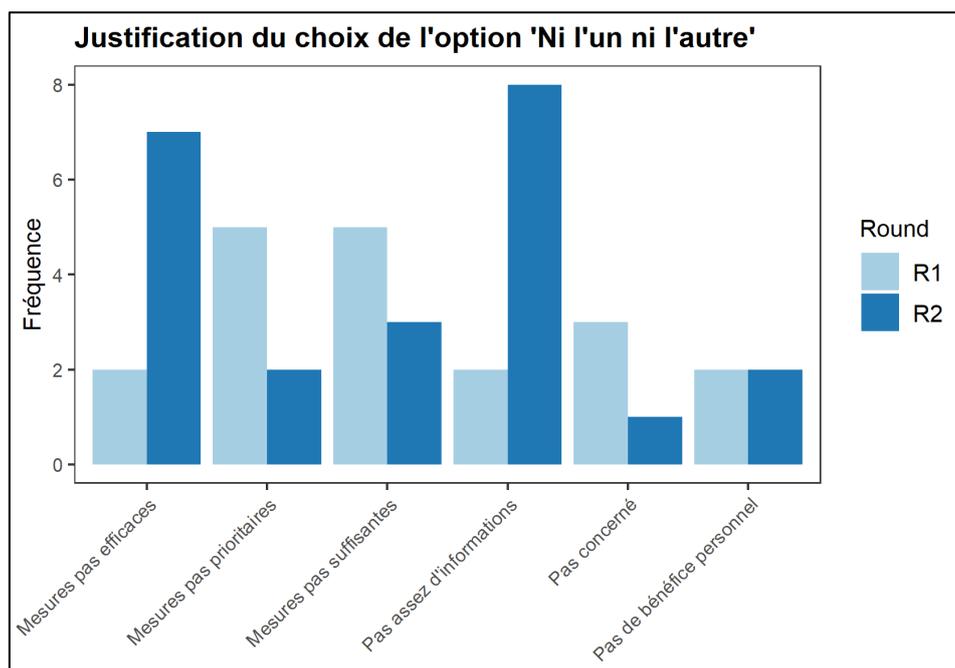
D.2. Caractéristiques socio-démographiques des participants



Lecture :

- a.* L'âge médian des participants est de 45 ans ;
- b.* 44% des enquêtés appartiennent à la catégorie socio-professionnelle des employés ;
- c.* Le foyer est composé de 2 personnes pour 31% des participants ;
- d.* 36% des enquêtés déclarent un revenu mensuel du foyer compris entre 2896 et 4100 euros par mois ;
- e.* 69% des participants sont propriétaires de leur logement ;
- f.* 87% habitent dans une maison individuelle (87%).

D.3. Raisons du choix du scénario de référence



Note : Question posée aux enquêtés ayant choisi au moins une fois l'option « *Ni l'un ni l'autre* ». L'enquêté pouvait choisir plusieurs réponses à cette question. Au Round 1, ils sont 5 à déclarer avoir choisi cette option car les mesures proposées ne leur apparaissent pas prioritaires ou suffisantes. Au Round 2, 8 participants évoquent le manque d'informations, et 7 participants pensent que les mesures proposées ne sont pas efficaces.

Liste des abréviations

- CRE : Commission de Régulation de l'Énergie
- DSO : Distribution System Operator (i.e. gestionnaire du réseau de distribution)
- DUP : Déclaration d'Utilité Publique
- FOC : First Order Conditions (i.e. conditions du premier ordre)
- GRT : Gestionnaire du Réseau de Transport
- ITE : Infrastructures de Transport d'Électricité
- MCO : Moindres Carrés Ordinaires
- NBS : Nash Bargaining Solution
- NIMBY : Not In My BackYard (i.e. pas dans mon jardin)
- PAP : Plan d'Accompagnement de Projets
- RTE : Réseau de Transport d'Électricité
- SAR : Spatial AutoRegressive model (i.e. modèle autorégressif avec variable décalée)
- SEM : Spatial Error Model (i.e. modèle à autocorrélation spatiale des erreurs)
- TMS : Taux Marginal de Substitution
- TSO : Transmission System Operator (i.e. gestionnaire du réseau de transport)
- TURPE : Tarif d'Utilisation des Réseaux Publics d'Électricité
- VAN : Valeur Actuelle Nette

Table des illustrations

Chapitre 1 :

FIGURE 1.1. LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT D'ELECTRICITE	15
ENCADRE 1.1. PRESENTATION DU RESEAU DE TRANSPORT D'ELECTRICITE.....	16
FIGURE 1.2. LE CHEMIN DE L'ELECTRICITE	18
ENCADRE 1.2. LA TARIFICATION DU RESEAU DE TRANSPORT D'ELECTRICITE	20
FIGURE 1.3. DE LA PLANIFICATION A LA REALISATION D'UN PROJET D'ITE.....	23
FIGURE 1.4. DISTRIBUTION DES INDEMNISATIONS DU PREJUDICE VISUEL DU PROJET VIGY-MARLENHEIM	26
FIGURE 1.5. ALLOCATION DU BUDGET DU PAP « VIGY-MARLENHEIM » PAR TYPE DE PROJETS	27
TABLEAU 1.1. ANALYSE DES MESURES D'ACCOMPAGNEMENT DES IMPACTS DES ITE	32

Chapitre 2 :

TABLEAU 2.1. VARIABLES UTILISEES POUR MESURER LES EMPREINTES PAYSAGERES DES INFRASTRUCTURES ENERGETIQUES	50
TABLEAU 2.2. DESCRIPTION DES VOISINAGES RETENUS.....	55
TABLEAU 2.3. ESTIMATION DE L'EQUATION DE PRIX HEDONIQUES SANS EFFETS FIXES DEPARTEMENTAUX.....	57
TABLEAU 2.4. ESTIMATION DE L'EQUATION DE PRIX HEDONIQUES AVEC EFFETS FIXES DEPARTEMENTAUX	59
TABLEAU 2.5. ESTIMATION DES PRIX IMPLICITES (€/SEMAINE).....	61
TABLEAU 2.6. SURPRIX A PAYER POUR BENEFICIER D'UN GITE PLUS ELOIGNE DES INFRASTRUCTURES.....	63
TABLEAU 2.7. COUTS POUR LES PROPRIETAIRES DE GITES SITUES A PROXIMITE IMMEDIATE DES INFRASTRUCTURES	64

Chapitre 3 :

FIGURE 3.1. CALENDRIER DU PROJET	79
FIGURE 3.2. IDENTIFICATION DES PHASES TEMPORELLES.....	83
FIGURE 3.3. DELIMITATION SPATIALE DE L'AIRE D'ETUDE DU PROJET "DEUX-LOIRES"	85
FIGURE 3.4. NOMBRE DE TRANSACTIONS PAR PERIODE ET SECTEUR	89
TABLEAU 3.1. SITUATION DES TRANSACTIONS PAR RAPPORT AU PROJET	90
FIGURE 3.5. REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES TRANSACTIONS RETENUES	90
FIGURE 3.6. REPRESENTATION DES TRANSACTIONS ET DES PRIX DE VENTE	91
TABLEAU 3.2. CARACTERISTIQUES DES BIENS	92
TABLEAU 3.3. CARACTERISTIQUES DES ACQUEREURS	93
TABLEAU 3.4. CARACTERISTIQUES DE VOISINAGE	95
TABLEAU 3.5. REGRESSIONS PAR LES MOINDRES CARRES ORDINAIRES : EFFETS DU PROJET DE RECONSTRUCTION DE LA LIGNE	99
FIGURE 3.7. TRANSACTIONS SITUEES EN T3-D3	102
TABLEAU 3.6. REGRESSIONS PAR LES MOINDRES CARRES ORDINAIRES : RESULTATS ADDITIONNELS	103

Chapitre 4 :

FIGURE 4.1. A VERTICAL RELATIONSHIP FRAMEWORK.....	116
TABLE 4.1. NEGOTIATION TYPES FOR EACH PROTOCOL	119
TABLE 4.2. RESULTS FOR NET COMPENSATIONS.....	122
FIGURE 4.2. NET COMPENSATIONS.....	122
TABLE 4.3. RESULTS FOR THE PAYOFF OF EACH AGENT	125
FIGURE 4.3. PAYOFF OF EACH AGENT.....	125
FIGURE 4.4. SOCIAL WELFARE	126
FIGURE 4.5. SOCIAL WELFARE DISTRIBUTION BETWEEN AGENTS	127
TABLE 4.4. RESULTS FOR GRID TARIFFS AND DEMAND	128

Chapitre 5 :

TABLEAU 5.1. ATTRIBUTS ET NIVEAUX RETENUS.....	143
FIGURE 5.1. EXEMPLE D'EXPERIENCE DE CHOIX	144
ENCADRE 5.1. SCENARIO HYPOTHETIQUE PRESENTE AUX ENQUETES.....	145
ENCADRE 5.2. QUESTIONS RELATIVES AUX CRITERES DE JUSTICE.....	147
TABLEAU 5.2. PROGRAMME D'UNE SESSION	150
FIGURE 5.2. LIEU DE RESIDENCE DES ENQUETES	151
FIGURE 5.3. CONNAISSANCE ET PERCEPTION DES ENJEUX ENERGETIQUES ET DES ITE.....	152
TABLEAU 5.3. A PROPOS DE LA MISE EN PLACE D'UN PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT.....	154
TABLEAU 5.4. MECANISMES COMPENSATOIRES ET CRITERES DE JUSTICE	155
TABLEAU 5.5. REPARTITION DES CHOIX EFFECTUES ENTRE LES DIFFERENTS SCENARIOS (FREQUENCE).....	156
TABLEAU 5.6. ROLE DU TEMPS DE DISCUSSION (% DES REPONDANTS).....	157
FIGURE 5.4. DIFFICULTE ET CERTITUDE DANS LES CHOIX	157
TABLEAU 5.7. MODELE LOGIT CONDITIONNEL.....	160
TABLEAU 5.8. MODELE LOGIT CONDITIONNEL AVEC HETEROGENEITE DES PREFERENCES	161
TABLEAU 5.9. MODELE LOGIT CONDITIONNEL AVEC EFFETS D'INTERACTIONS	163
TABLEAU 5.10. MODELE LOGIT MIXTE.....	165
TABLEAU 5.11. TAUX MARGINAUX DE SUBSTITUTION ENTRE ATTRIBUTS.....	167