

UNIVERSITÉ PARIS-OUEST NANTERRE LA DÉFENSE

École Doctorale n°396 : Économie, Organisation, Société



LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DU SECTEUR TERTIAIRE MARCHAND

Le cas de la France avec données d'enquête à plan de sondage complexe

Thèse pour l'obtention du grade de
DOCTEUR EN SCIENCES ÉCONOMIQUES

Présentée et soutenue publiquement par

Jill MADELENAT

le vendredi 16 décembre 2016

<i>Directeur de thèse :</i>	M. Pierre-André Jovet, Professeur à l'Université Paris Ouest-Nanterre La Défense
<i>Composition du jury :</i>	
<i>Examineur</i>	M Alain Ayong Le Kama, Professeur à l'Université Paris Ouest-Nanterre La Défense
<i>Rapporteur</i>	Mme Anna Creti, Professeure à l'Université Paris Dauphine
<i>Rapporteur</i>	M Mouez Fodha, Professeur à l'Université Paris Panthéon Sorbonne
<i>Examineur</i>	Mme Camelia Goga, Maître de conférence HDR à l'Université de Bourgogne
<i>Examineur</i>	M Gilles Rotillon, Professeur émérite à l'Université Paris Ouest Nanterre La Défense
<i>Membre invité</i>	Olivier Teissier, CTSB et DREAL PACA

L'UNIVERSITÉ PARIS OUEST NANTERRE LA DÉFENSE (membre de l'UNIVERSITÉ PARIS LUMIÈRES), n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse : ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

Remerciements

Le premier travail de recherche que constitue la thèse ne se réalise jamais seul. Malheureusement, seul le nom du candidat ou de la candidate au titre de docteur apparaît sur la couverture du manuscrit. La traditionnelle page des remerciements est là pour rendre justice à toutes les personnes qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à ce travail. Jusqu'à aujourd'hui, je n'ai jamais compris pourquoi les doctorants s'affranchissaient de leur pudeur et laissaient entrevoir à travers ces lignes une partie de leur intimité. Aujourd'hui je comprends, car ce n'est pas tout le monde qui a la chance de pouvoir formuler par écrit des remerciements, et lorsque que cette possibilité nous est offerte, la gratitude que nous ressentons envers un certain nombre de personnes s'empresse d'effacer tout sentiment de retenue.

Pierre-André Jouvét a évidemment joué un rôle central dans cette thèse. La doctorante que j'ai été a parfois eu tendance à tendre une oreille un peu trop attentive au chant des sirènes, qui me parlaient des autres problématiques *immensément plus intéressantes* que j'aurais dû traiter, des autres méthodes *extrêmement plus pertinentes* que j'aurais dû employer, des bases de données *infiniment plus riches* que j'aurais dû exploiter, etc. La frêle embarcation de papier noirci par les notes de cours de master sur laquelle je naviguais n'aurait peut-être jamais atteint les rivages de la soutenance de thèse sans les interventions salvatrices de Pierre-André, qui a su me rappeler que chaque travail est utile et a sa place, mais qu'il se doit pour cela d'être fortement délimité pour pouvoir être pertinent. De plus, les discussions plus générales que nous avons eues sur l'économie de l'environnement, la modélisation théorique ou sur la fonction d'utilité ont su (en partie ?) apaiser les doutes auxquels j'ai fait face, dans un contexte où la discipline économique est plus que jamais critiquée. Enfin, ses nombreux conseils et relectures ont été précieux.

Les membres du jury jouent également un rôle essentiel puisqu'ils sont les juges du travail effectué et permettent à travers leurs rapports et leurs interventions le jour de la soutenance d'enrichir ce travail. Je remercie Alain Ayong le Kama, Anna Creti, Mouez Fodha, Camelia Goga, Gilles Rotillon et Olivier Teissier d'avoir accepté de prendre part à ce travail.

L'environnement de travail reste une source privilégiée d'enrichissement et d'élargissement des préoccupations monomaniaques des doctorants. J'ai eu la chance de faire partie de la jeune équipe de la Chaire Économie du Climat. Je remercie pour cela Christian de Perthuis, auprès duquel j'ai appris bien plus qu'il ne s'en doute, notamment en assistant aux séances du Comité pour la Fiscalité Écologique et aux nombreux séminaires et conférences qu'il a co-organisés pendant ces trois dernières années. Je remercie également tous les membres de la Chaire Économie du Climat, les permanents comme les nombreux stagiaires, pour leur sympathie et leur gentillesse. Un merci particulier à Marc, Jean-René et Hakim pour les conseils avisés qu'ils m'ont donnés. Merci à Édouard, qui a accepté de servir de public pour la répétition du FLM, et à Bastien, qui a accepté de relire un chapitre de ma thèse en réussissant la prouesse de me faire rire à la vue de certains de ses commentaires. Une pensée particulière à mes « co-doctorants » Simon, Clément et Victor, avec qui j'ai traversé les différentes épreuves administratives qui ponctuent les années de thèse et d'enseignement, elles sont devenues inoffensives grâce à leurs précieux conseils, et avec qui j'ai partagé une grande partie des interrogations communes aux doctorants.

Les membres du Laboratoire EconomiX m'ont également offert d'excellentes conditions de travail. Je remercie tout particulièrement Valérie Mignon pour son écoute et sa gentillesse et Messaoud Zoukri pour l'attention qu'il a portée à mon travail et pour les conseils qu'il m'a

prodigués. Merci également à Lara pour ses coups de pouce et à Marion pour son implication dans la gestion des TDs communs.

Merci aux membres du CSTB de m'avoir offert l'opportunité de travailler avec eux, et d'avoir partagé leur expertise sur le monde du bâtiment. Merci tout particulièrement à Olivier pour son encadrement, ses relectures, sa disponibilité et ses nombreux encouragements.

Je tiens à remercier chaleureusement Ronan Le Saout et Cyril Favre Martinoz, tous les deux statisticiens à l'INSEE, pour avoir accepté de discuter avec moi des problématiques d'estimation sur données d'enquête à plan de sondage complexe, pour avoir répondu à mes nombreuses questions et pour avoir relu le deuxième Chapitre de cette thèse et proposé des pistes d'enrichissement.

Je tiens également à remercier Julien Milanese, maître de conférences à l'Université Toulouse 3, et Nicolas Taconet, ancien stagiaire à la Chaire Économie du Climat, pour avoir accepté de travailler avec moi sur les problématiques de monétarisation de l'environnement, qui sont relativement éloignées du travail que je présente ici.

Merci à A.P., qui a eu un jour la gentillesse de prendre le temps de discuter avec moi de mes questionnements sur la discipline économique.

Aussi nombreux qu'ils soient, je tiens à remercier les étudiants que j'ai eus en classe de TD à l'Université de Nanterre. Sans le savoir, ils ont eu un rôle fondamental, parce qu'ils m'ont permis de découvrir à quel point l'enseignement me plaisait. En outre, le TD bihebdomadaire a été un vrai moment de plaisir qui suffisait amplement à faire oublier les heures douloureuses passées à lutter contre un logiciel d'économétrie ou de gestion de bibliographie.

Merci à Cathy S. et à Mélissa, qui m'ont ouvert les portes de leurs bureaux cet été.

Je souhaiterais remercier les amis qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à ce travail de thèse. Je préfère retrouver un peu de pudeur pour ces pages que la curiosité de beaucoup de gens poussera à lire, mais j'espère que vous savez à quel point vous comptez.

Commençons par ceux qui auraient pu apparaître quelques paragraphes plus haut s'il n'y avait pas eu tous ces moments passés ensemble. Je veux parler de Bénédicte, de Benjamin et de Vincent. Merci pour tout.

Un immense merci à D, avec qui je partage au quotidien depuis trois ans les joies et les peines de la thèse et bien plus encore, à L, qui reste la preuve qu'on peut être un chercheur hors-pair et un fêtard invétéré (et un très bon cuistot ?), à F, pour ses leçons de vie, son amitié et son soutien, à S qui, en plus de tout le reste, m'a offert une bulle-bulle de réconfort et de chaleur durant la dernière phase de rédaction, et à M, avec son initiale qui résume tout.

Pour finir, je tiens à remercier ma famille, mes parents et mes grands-parents, pour leur amour et pour m'avoir aidé à développer tout ce qui m'a permis d'arriver au bout de ces études et de cette thèse. En outre, mes parents sont très certainement responsables de mon intérêt pour les problématiques environnementales, eux qui m'ont fait grandir au pied des montagnes puis au bord de la mer. Enfin, je remercie mon frère et je veux qu'il sache que c'est avec lui que j'ai fait mes plus grandes découvertes.

« Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir portant la référence ANR-10-EQPX-17 (Centre d'accès sécurisé aux données – CASD) »

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
Un secteur hétérogène à forts enjeux.....	3
Objectifs de la thèse	8
Plan de la thèse.....	12
CHAPITRE 1	17
REVUE DE LITTÉRATURE	17
1. Introduction	17
2. Deux catégories de modèles : la demande conditionnelle aux équipements et le choix discret-continu	20
2.1 Modèle économétrique et problématiques d'estimations	21
2.2 Modèle théorique et lien avec le modèle économétrique	25
2.3 Revue des études utilisant le choix discret-continu.....	28
3. Synthèse des principaux résultats de ces études : les déterminants de la consommation d'énergie des bâtiments	29
3.1 Les caractéristiques du bâtiment	30
3.1.1 La taille du bâtiment.....	30
3.1.2 La période de construction	31
3.1.3 Le type de bâtiment	36
3.1.4 L'état du bâtiment.....	37
3.2 Les caractéristiques des occupants	38
3.2.1 Le nombre d'occupants	38
3.2.2 L'âge des occupants	39
3.2.3 Le statut d'occupation	41
3.2.4 Le revenu	44
3.2.5 Autres caractéristiques des occupants	47
3.3 Les équipements et les mesures d'efficacité énergétique.....	48
3.3.1 La possession et l'usage de certains équipements	48
3.3.2 Le double vitrage.....	49
3.3.3 L'isolation	50
3.3.4 Le changement de chaudière/de chauffage.....	51
3.4 Le prix de l'énergie	53
3.5 Les variables climatiques	58
4. Conclusion.....	61

CHAPITRE 2	63
L'ANALYSE DE DONNÉES ISSUES D'UNE ENQUÊTE À PLAN DE SONDAGE COMPLEXE	63
1. Introduction	63
2. Présentation de l'échantillonnage aléatoire simple et de l'échantillonnage à plan de sondage complexe	66
2.1 L'échantillonnage aléatoire simple (EAS)	66
2.2 L'échantillonnage à plan de sondage complexe	68
2.2.1 La stratification.....	69
2.2.2 Le sondage par grappe (<i>clustering</i>).....	71
2.3 La pondération.....	74
2.4 Présentation du plan de sondage de l'ECET	75
3. Impact du plan de sondage sur l'analyse des données.....	78
3.1 Paramètres d'intérêt de la population.....	79
3.2 Estimations des paramètres d'intérêt grâce à un échantillon.....	81
3.2.1 Estimations des paramètres d'intérêt grâce à un échantillonnage aléatoire simple	82
3.2.2 Estimations des paramètres d'intérêt grâce à un échantillonnage à plan de sondage complexe	85
3.3 Illustration à l'aide des données de l'ECET	91
4. La pondération des modèles économétriques.....	96
4.1 Les approches <i>design-based</i> et <i>model-based</i>	96
4.2 Le choix de la méthode d'estimation.....	97
4.3 Les pratiques des économètres appliqués : analyse des études du corpus de référence	100
5. Conclusion.....	103
CHAPITRE 3	105
LES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE DES ÉTABLISSEMENTS DU TERTIAIRE MARCHAND : DESCRIPTION STATISTIQUE À L'AIDE DES DONNÉES DE L'ECET	105
1. Introduction	105
2. Présentation des données.....	107
2.1 Présentation de l'enquête.....	107
2.1.1 Origines et fonctions de l'enquête.....	107
2.1.2 Les caractéristiques de l'ECET	109
2.2 Présentation des données et de leur limites	112
2.2.1 Les caractéristiques générales de l'établissement	112
2.2.2 La structure de l'établissement.....	112
2.2.3 Les données énergétiques.....	114
2.3 L'enjeu de la nomenclature	116

3. Description statistique du secteur tertiaire marchand.....	118
3.1 Revue des sources de données sur le tertiaire	118
3.2 Description du secteur tertiaire à l'aide des données de l'ECET	122
3.2.1 Analyse par branche	122
3.2.2 Les bâtiments de grande superficie soumis à l'obligation de rénovation.....	130
3.2.3 Analyse des différentes périodes de construction.....	134
4. Conclusion.....	143
CHAPITRE 4	147
LES DÉTERMINANTS DE LA DEMANDE D'ÉNERGIE DES ÉTABLISSEMENTS DU SECTEUR TERTIAIRE MARCHAND : QUELLES MÉTHODES POUR QUELS RÉSULTATS ?	147
1. Introduction	147
2. Les différentes configurations	148
2.1 Les différentes approches étudiées.....	148
2.1.1 Approche <i>Conditionnelle versus</i> approche <i>DCC</i>	148
2.1.2 Approche <i>model-based versus</i> approche <i>design-based</i>	152
2.2 Les variables.....	153
2.3 Les périmètres	157
3. Les résultats.....	160
3.1 Démarche d'analyse	160
3.2 Les caractéristiques du bâtiment	162
3.2.1 La surface totale du bâtiment	162
3.2.2 La période de construction	163
3.3 Les caractéristiques des occupants	168
3.3.1 Le nombre de salariés.....	168
3.3.2 Le statut d'occupation	169
3.4 Les caractéristiques des équipements.....	172
3.4.1 Le système de chauffage	172
3.4.2 La climatisation	176
3.4.3 L'isolation du bâtiment.....	178
3.5 Le prix de l'énergie	181
3.6 L'activité de l'établissement.....	193
3.7 Les résultats du modèle de choix de mix énergétique.....	197
4. Conclusion.....	198

CONCLUSION GÉNÉRALE	203
Les principaux enseignements.....	203
Perspectives	205
BIBLIOGRAPHIE	207
ANNEXES	217
Annexe 0A. Les modèles NEMS et CIMS.....	217
Annexe 1A. Présentation des études constituant le corpus de référence.....	220
Annexe 1B. Choix discret considéré, variables explicatives introduites dans la modélisation du choix discret et méthode d'estimation employée dans la littérature <i>DCC</i>	222
Annexe 1C. Déterminants de la consommation d'électricité.....	224
Annexe 1D. Déterminants de la consommation de combustibles (principalement gaz et fioul).....	230
Annexe 2A. Utilisation d'un plan de sondage ou de la pondération dans les enquêtes réalisées par l'INSEE	236
Annexe 3A. Revue des différentes nomenclatures du tertiaire identifiées dans la littérature	240
Annexe 3B. Présentation de la nomenclature du tertiaire marchand utilisée dans ce chapitre et de ses liens avec la NAF	242
Annexe 3C. Présentation des variables disponibles dans la base de données de l'ECET	246
Annexe 3D. Part des établissements ayant recours à un usage énergétique donné	248
Annexe 4A. Zones climatiques.....	249
Annexe 4B. Résultats des estimations économétriques, par régression effectuée	250
Annexe 4C. Résultats des estimations par taille d'établissement : pour les établissements dont la surface est supérieure à 2000 m ² et inférieure à 2000 m ²	300
Annexe 4D. Résultats classés par variable explicative. Présentation des coefficients obtenus selon le périmètre, l'énergie et la méthode.....	325
Annexe 4E. Preuve de l'égalité des coefficients des régressions de la consommation totale et de la consommation unitaire	346
Annexe 4F. Présentation des résultats pour l'estimation de la consommation totale de gaz et pour la consommation unitaire de gaz, par les méthodes <i>Conditionnelle</i> et <i>Pondérée</i> , pour le périmètre « Tertiaire »	348
Annexe 4G. Démonstration de l'énoncé de Halvorsen (1975) repris par Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008)	350
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	353
LISTE DES FIGURES.....	355
LISTE DES TABLEAUX.....	357

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La deuxième moitié du 20^e siècle a vu émerger une prise de conscience collective des impacts de l'activité humaine sur l'environnement (changement climatique, pollutions, extinction d'espèces, etc.). Cette prise de conscience a été amorcée par les alertes scientifiques ainsi que par un mouvement global de sensibilisation aux problématiques environnementales, alimenté par des œuvres devenues emblématiques (*Le printemps silencieux* de Carson (1963), *Small is Beautiful* de Schumacher (1973)). Cette période est en outre marquée par la création des principales Organisations Non Gouvernementales (ONGs) environnementalistes (WWF en 1961, Les Amis de la Terre en 1969, Greenpeace en 1971), et également par la création en France du ministère de l'environnement (1971).

L'augmentation de la concentration atmosphérique de Gaz à Effet de Serre (GES) a été mise en évidence dès les années soixante, notamment grâce aux données d'observations relevées sur la station météorologique de Mauna Loa, à Hawaï (Keeling, 1960). S'ensuit un renforcement du faisceau de preuves scientifiques corroborant l'existence d'un changement climatique d'origine anthropique ainsi que la mise en place d'institutions scientifiques et d'institutions politiques visant à étudier et limiter le réchauffement climatique. Le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) est créé en 1988, la Convention Cadre des Nations-Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) est adoptée en 1992 à l'occasion du Sommet de la Terre à Rio. Dahan (2007), Aykut (2012) et Dahan et Aykut (2015) décrivent le fonctionnement de ces différentes institutions et de ces différents acteurs comme un « régime climatique », c'est-à-dire « *un ensemble de régulations, institutions et organisations internationales, [des] règles et des agencements discursifs, [des] relations institutionnalisées entre sciences, économie et politique, dans la gouvernance internationale* » (Aykut, 2012 : p6).

Pour ces auteurs, ce cadrage du changement climatique, défini comme un problème de pollution globale (Dahan et Guillemot, 2015), conditionne la façon dont les différents types d'acteurs (chercheurs, citoyens, acteurs politiques ou économiques, ONGs, etc.) appréhendent les éléments de connaissance sur l'existence de ce changement climatique, sur ses impacts et sur les solutions d'atténuation et d'adaptation¹. Pour Dahan et Guillemot (2015), « *le rôle des sciences du climat ne se borne pas à l'alerte, au diagnostic et à l'expertise : il est allé jusqu'à guider l'élaboration des politiques climatiques. La façon dont un problème public est décrit et appréhendé -son « cadrage»- conditionne en effet les solutions imaginées et proposées* ». Aykut (2012) consacre une partie de sa thèse de doctorat à l'étude de ce régime climatique, et notamment aux liens entre science et politique dans la construction des savoirs autour du changement climatique. Il rappelle l'opposition entre un « *modèle linéaire* » dans lequel la science produit les faits et les preuves à destination du politique qui s'appuie sur ces éléments pour proposer des solutions au problème climatique, et un « *modèle de coproduction* » des

savoirs (Dahan et Guillemot (2015), Jasanoff (1987), Shackley et Wynne (1996)) où la science et la politique s'influencent l'un l'autre en permanence. Les savoirs scientifiques sur le changement climatique (sciences physiques sur le fonctionnement du système climatique mais également sciences humaines et sociales sur les possibilités d'atténuation et d'adaptation) ne sont donc pas neutres, et Aykut (2012) identifie trois façons dont les sciences sont influencées par la politique. D'une part, la politique influence « *l'organisation du champ et les relations entre disciplines* ». D'autre part, elle peut influencer « *les méthodes utilisées dans les modélisations* ». À titre d'exemple, Demeritt (2001), également cité par Aykut (2012), montre que la politique a fait basculer la recherche en modélisation du système climatique « *de la compréhension du système [...] vers la simulation et la prédiction* ». Enfin, les thématiques de recherche peuvent être influencées par la politique. Les recherches sur le changement climatique fournissent encore un bel exemple de ce troisième point puisque le développement des appareils de mesure de l'atmosphère et de l'océan doit beaucoup au contexte de la Guerre Froide (Pestre, 2004).

Dans ce contexte, de nombreux travaux de recherche en lien plus ou moins direct avec le changement climatique ont émergé, y compris en sciences humaines et sociales. Les sciences économiques se sont saisies de la problématique du changement climatique, cette dernière ayant indubitablement une forte dimension économique. Les travaux de recherche ont suivi des directions multiples et variées, mais néanmoins complémentaires. Sans visée l'exhaustivité², nous pouvons mentionner les travaux s'intéressant aux liens entre la croissance et la pollution (A. A. Le Kama (2001), A. A. Le Kama et Schubert (2004), Jouvét, Michel, et Rotillon (2005); Fodha et Zaghoud (2010)), aux négociations internationales sur le changement climatique (Rotillon et Tazdaït (1996), Madani (2013), Costantini, Sforza, et Zoli (2016)), aux évaluations des coûts et des bénéfices des politiques publiques d'atténuation du changement climatique (Pearce et al. (1996), Boxall et al. (1996), Milanesi (2007)), aux instruments de régulation de l'environnement ((Jouvét, Michel, et Rotillon 2005a; Chiroleu-Assouline et Fodha 2006, Creti, Jouvét, et Mignon (2012)), ou aux marchés de l'énergie (Percebois (2008), Creti, Fumagalli, et Fumagalli (2010)). En particulier, une partie de cette littérature s'intéresse aux émissions de GES des différents secteurs économiques (industrie, transport, agriculture, etc.) ainsi qu'aux différents leviers de réduction des émissions spécifiques à chaque secteur. Ces leviers regroupent des évolutions techniques et technologiques permettant la réduction de l'intensité énergétique et de l'intensité carbone des outils et procédés propres à chaque secteur, et des évolutions comportementales telles que la sobriété énergétique ou l'adoption des innovations « bas-carbone ». Ces évolutions sont freinées par l'existence de divers obstacles (surcoût des innovations bas carbone, incertitude plus élevée, absence de valorisations monétaires des comportements vertueux, manque d'information, etc.), ce qui justifie l'investigation de ce champ de recherche par les sciences économiques. Cette thèse s'inscrit dans le courant de cette littérature en étudiant empiriquement les déterminants de la consommation énergétiques des bâtiments tertiaires.

² Pour une introduction aux différentes thématiques abordées par l'économie : Bontems et Rotillon (2010)

Un secteur hétérogène à forts enjeux

Le secteur tertiaire couvre un ensemble très hétérogène de bâtiments : les bâtiments à usage de bureaux, les commerces, les bâtiments de santé (hôpitaux, cliniques, cabinets médicaux), les bâtiments d'enseignement (écoles, collèges, lycées, universités), les bâtiments du secteur de l'hébergement et de la restauration, les bâtiments liés aux sports, aux loisirs et la culture (gymnase, piscine, théâtre, etc.) et les bâtiments liés aux infrastructures de transports (gares, aéroports, etc.). Nous nous limitons ici aux bâtiments du secteur tertiaire marchand, c'est-à-dire aux sections « Commerce » (SG)³, « Hébergement et restauration » (SI), « Information & Communication » (SJ), « Activités financières et d'assurance » (SK), « Activités immobilières » (SL), « Activités spécialisées, scientifiques et techniques » (SM), « Activités de services administratifs et de soutien » (SN) ou « Autres activités de services » (SS) de la Nomenclature d'Activité Française (NAF) de l'INSEE. De plus, nous nous limitons au territoire français. Ce cadre d'analyse est imposé par les données que nous utilisons, qui proviennent de l'Enquête sur la Consommation Énergétique dans le Tertiaire (ECET), réalisée par l'INSEE et le SOeS en 2013.

Les articles traitant de la consommation énergétique ou des émissions de GES des bâtiments tertiaires sont encore très peu nombreuses, comme l'illustre la Figure 1. Celle-ci présente le nombre de publications disponibles sur ScienceDirect⁴, appartenant au champ disciplinaire « Economics, econometrics and finance », et qui font apparaître les termes « climate change » ou « energy consumption » ainsi qu'un terme faisant référence à un secteur particulier. Même si cette recherche par mot clé comporte de nombreux biais, cette bibliométrie permet d'illustrer le déséquilibre entre le nombre de publications concernant les secteurs de l'industrie, du transport, de l'agriculture ainsi que celles concernant les ménages, et le nombre de publications concernant les bâtiments tertiaires, et ce bien que plusieurs mots-clés aient été utilisés pour désigner ce secteur. La recherche académique fonctionnant sous le « régime climatique » ignore donc tout un secteur de l'économie.

³ L'information entre parenthèse désigne la section de la Nomenclature d'Activité Française (NAF)

⁴ Plateforme disponible sur internet permettant d'accéder à des publications académiques. Site internet : <http://www.sciencedirect.com/>

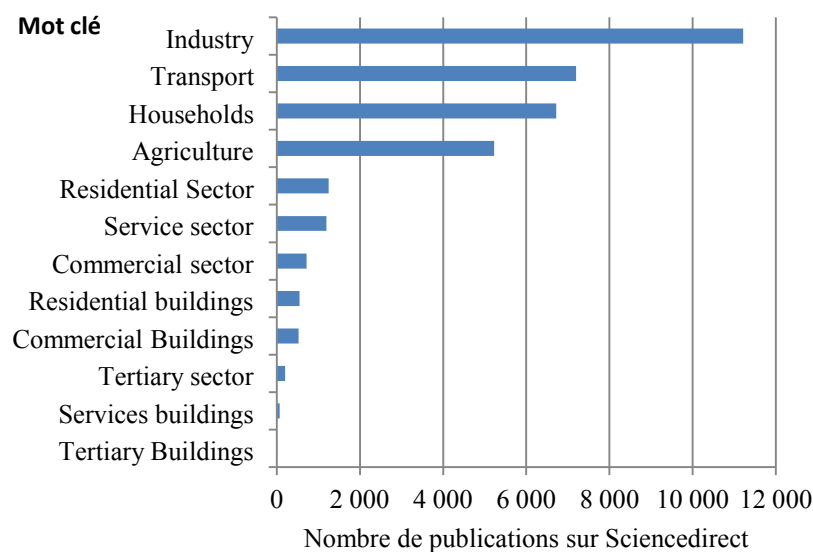


Figure 1 - Nombre de publications sur Scindirect appartenant au champ disciplinaire « Economics, econometrics and finance », contenant les mots clés « *climate change* » ou « *energy consumption* » ainsi que le mot clé correspond au secteur étudié

Quelques éléments peuvent justifier ce manque d'investigation scientifique de la contribution du secteur tertiaire à la consommation énergétique et aux émissions de GES.

Tout d'abord, le poids de ce secteur dans l'allocation des émissions de GES est relativement faible. D'après le 5^{ème} rapport du GIEC (Victor et al., 2014), les bâtiments tertiaires ne représentent que 6,8% des émissions de GES à l'échelle mondiale, dont 1,7% des émissions directes et 5,1% des émissions indirectes (les émissions liées à la production d'électricité et de chaleur). De même, au niveau mondial, les bâtiments tertiaires ne représentent que 8% de la consommation d'énergie finale, contre 28% pour l'industrie, 27% pour le résidentiel, et 27% pour le transport (AIE et OCDE, 2012). En France, les bâtiments tertiaires représentent 14,7% de la consommation d'énergie finale (CGDD, 2016). Les différents acteurs du changement climatique (chercheurs, gouvernements, collectivités, associations, entreprises, etc.) n'ont donc sans doute pas jugé ce sujet prioritaire dans la lutte contre le changement climatique.

Deuxièmement, le tertiaire est un secteur très hétérogène en termes d'acteurs (qui peuvent être privés ou publics, de petits établissements ou de grandes multinationales, etc.), de bâtiments (de la tour implantée dans un quartier d'affaires au salon de coiffure de la place d'un village) et d'usages de l'énergie : tandis que les ménages utilisent l'énergie principalement pour se chauffer, s'éclairer, produire de l'Eau Chaude Sanitaire (ECS), et cuisiner, les enjeux énergétiques du tertiaire peuvent être liés à l'activité des établissements tertiaires telle que l'accueil des clients (climatisation), le conditionnement des aliments (usage de la réfrigération dans les commerces alimentaires), l'informatique intensive, etc. L'appréhension des éléments de connaissance de ce secteur nécessite donc un travail de découpage et de classification minutieux. On retrouve d'ailleurs l'idée d'un secteur trop hétérogène pour permettre une analyse unifiée des différentes branches qui le composent dans

la littérature académique consacrée à l'étude empirique des déterminants de la consommation d'eau. Cette littérature est très fournie quand il s'agit de la consommation d'eau des ménages, mais pauvre quand il s'agit de celle des entreprises du secteur tertiaire, justement parce qu'il est plus difficile d'appliquer un modèle unique à un secteur protéiforme.

Troisièmement, la consommation d'énergie des établissements du secteur tertiaire a sans doute été peu étudiée parce qu'elle ne constitue pas, pour ces établissements, un poste de dépenses stratégique, relativement à d'autres (par exemple la masse salariale). Les factures énergétiques des entreprises du secteur tertiaire marchand s'élèvent à 17,3 milliards d'euros en 2012, soit 3% de la valeur ajoutée du secteur (566,2 milliards d'euros en 2012), tandis que les factures énergétiques de l'industrie s'élèvent à 15,3 milliards d'euros dans l'industrie, soit environ 6% de la valeur ajoutée du secteur (252,2 milliards d'euros en 2013⁵). Les ménages, eux, consacrent en moyenne 4,3% de leur budget pour payer les charges énergétiques de leur logement (Devalière, 2013). De plus, la part de l'énergie consommée par les entreprises du secteur tertiaire consacrée à leur activité (cuisson, réfrigération, informatique intensive, blanchisserie, autre usage) est d'environ 30%, le reste étant consacré au fonctionnement des bâtiments qu'elles occupent (chauffage, éclairage, ventilation, climatisation, ECS, bureautique). Cela contribue au mythe de l'immatérialité du secteur des services (Fourcroy, 2013).

Enfin, l'absence de données caractérisant les activités tertiaires sous l'angle énergétique (volumes consommés, sources utilisées, usages développés, énergies renouvelables installées, etc.) explique en grande partie l'état actuel de méconnaissance, au moins au niveau national⁶. Pour ce qui concerne la France, la base de données adéquate, nommée Pegase⁷, qui fournit les prix des différentes sources d'énergie ainsi que les volumes produits, importés, et consommés par source d'énergie, ne distingue que les secteurs suivants : « *Industrie* », « *Transport* », « *Agriculture* », et « *Résidentiel-Tertiaire* ». Le tertiaire et le résidentiel sont confondus. Le rapport annuel « *Le bilan énergétique de la France* », publié chaque année par le Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS), et qui fournit également des statistiques énergétiques sectorielles, distingue les secteurs résidentiels et tertiaires depuis l'édition de l'année 2011. Mais les données publiées sont très limitées, puisqu'elles ne renseignent que les volumes consommés et les montants des factures énergétiques. En outre, il n'y a aucune statistique déclinée par sous-secteur du secteur tertiaire. À notre connaissance, les seules données⁸ qui existaient jusqu'en 2013 sur les consommations énergétiques des sous-secteurs étaient

⁵ Source : Principales caractéristiques des unités légales industrielles par secteur d'activité en 2013, http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATTEF11102

⁶ Aux États-Unis, une enquête (*Commercial Buildings Energy Consumption Survey, CBECS*) portant sur les consommations énergétiques des bâtiments tertiaires, est réalisée régulièrement depuis 1979. Les années d'actualisation de l'enquête sont : 1979, 1983, 1986, 1989, 1992, 1993, 1995, 1999, 2003 et 2007 (Source : <http://www.eia.gov/consumption/commercial/data/archive/>)

⁷ <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/r/pegase.html>

⁸ Déclaration du CEREN sur son site internet : « *Le CEREN est la seule entité à enquêter, chaque année, à grande échelle, le secteur tertiaire* » (<http://www.ceren.fr/activites.aspx>)

produites par le Centre d'Études et de Recherches Économiques sur l'énergie (CEREN⁹). Ces données sont payantes et les méthodologies d'enquête et de construction d'échantillons sont confidentielles, ce qui ne permet pas aux chercheurs de produire de la recherche académique respectant les standards de transparence à partir de ces données. En 2012, l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE) a réalisé l'ECET (Enquête sur les Consommations d'Énergie dans le Tertiaire), visant à établir les premières statistiques à l'échelle infra-sectorielle portant sur les caractéristiques énergétiques des établissements tertiaires et fournissant les caractéristiques générales de ces établissements (surface du bâtiment, nombre d'employés, statut d'occupation, etc.), ce qui offre pour la première fois l'opportunité d'étudier quantitativement les déterminants des consommations énergétiques des bâtiments tertiaires. Ces données sont disponibles depuis 2013. Des données similaires mais plus anciennes existent pour les secteurs industriels et résidentiels. En ce qui concerne les entreprises industrielles, l'Enquête Annuelle sur les Consommations d'Énergie dans l'Industrie (EACEI) existe depuis 1983. Ces données ont été utilisées pour étudier l'impact du marché européen du carbone sur les entreprises industrielles (Wagner et al., 2014), l'impact de la norme ISO 14001¹⁰ (Riedinger et Thévenot, 2008), pour estimer des élasticités de substitution entre biens français et biens étrangers au niveau de l'entreprise (Fontagné, Martin, et Orefice, 2016) ou pour évaluer la balance du carbone incorporé au commerce entre la France et la Chine (He et Jacquemin, 2012). De même, l'Enquête Nationale sur le Logement a permis l'étude économétrique des déterminants de la consommation énergétique des ménages (Risch et Salmon (2013), Belaïd (2016)) et une première quantification du phénomène de précarité énergétique des ménages français (Devalière, 2013). Ces quelques exemples montrent que l'exploitation des données issues des enquêtes sur les consommations énergétiques des ménages et des entreprises permet de quantifier certains phénomènes et de mettre en évidence certains effets à l'aide de modèles économétriques. Notre thèse s'inscrit dans cette démarche puisqu'il s'agit d'analyser les données fournies par l'ECET.

Malgré la contribution relativement faible du secteur des bâtiments tertiaires au changement climatique comparativement à d'autres secteurs, de nombreux éléments plaident pour une meilleure connaissance de ses consommations d'énergie et de ses émissions de GES.

Selon les scénarios de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) et l'Organisation de Coopération et de Développement Économique (OCDE), la surface tertiaire augmenterait d'environ 70% entre 2009 et 2050 dans un scénario « *Business as Usual* » (AIE et OCDE, 2012). Cette augmentation des surfaces entraînerait indubitablement une augmentation de la consommation énergétique du secteur.

De plus, le développement des surfaces tertiaires conduirait à l'augmentation de l'artificialisation des sols, qui est la première source d'érosion de biodiversité et qui intensifie les risques d'inondation et les pics de pollution dans les cours d'eau (CGDD, 2013). Or, les surfaces tertiaires jouent déjà un rôle important dans l'artificialisation des sols puisqu'il a été

⁹ Groupement d'intérêt économique dont l'objectif est de fournir des statistiques sur l'énergie en France. Les membres fondateurs du CEREN sont les grandes entreprises énergétiques françaises et l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME)

¹⁰ Norme portant sur le management environnemental des entreprises

entre 2000 et 2006 le premier facteur d'artificialisation des sols en surface (Comité pour la Fiscalité Ecologique, 2013 : p17).

Enfin, l'augmentation des surfaces tertiaires pourrait être à l'origine de compétition d'usage des sols, notamment avec l'usage résidentiel. Selon Ciuch et Colombani (2011), cela a déjà été le cas en Ile-de-France où, entre 2002 et 2012, 421 000 logements ont été mis en chantier alors que le besoin s'élevait à 715 000 logements, tandis que 11.8 millions de m² de bureaux ont été mis en chantier, pour un besoin estimé à 5.5 millions.

Le développement des surfaces tertiaires est corrélé avec certains fondamentaux économiques et démographiques, tels que l'augmentation de la population, l'augmentation de la valeur ajoutée du tertiaire ou de l'emploi tertiaire, mais ces éléments n'expliquent qu'une partie du développement. A titre d'illustration, l'emploi tertiaire a augmenté de 31% entre 1990 et 2012 (données INSEE) tandis que les surfaces¹¹ de bureaux ont augmenté de 59% sur la même période (données CEREN).

Certains auteurs¹² expliquent ce relatif découplage entre offres et demandes de surfaces tertiaires par le phénomène de financiarisation de l'immobilier d'entreprise. Ce phénomène s'est révélé avec l'explosion de la bulle immobilière japonaise à la fin des années 1980. L'immobilier de bureau a connu sa première crise en Europe dans les années 1990. D'après Renard (2010), la financiarisation de l'immobilier consiste à « *développer un marché d'actions, l'ensemble des actions représentant l'ensemble du patrimoine immobilier, sans qu'une action particulière puisse être ramenée à un immeuble particulier* ». La nouveauté du phénomène réside dans les mécanismes qui permettent de déconnecter le produit financier et l'immeuble : pierre papier, développement des Sociétés d'Investissement Immobilier Cotées (SIIC), titrisation, etc. Pour Nappi-Choulet (2013), la financiarisation de l'immobilier renvoie à « *la transposition au secteur de l'immobilier du phénomène de la mondialisation des capitaux et des investisseurs ainsi que le développement de nouvelles approches financières dans la gestion des actifs. Le marché immobilier, par essence local et physique, devient, notamment pour les immeubles de bureaux et de commerces primes, un marché globalisé et mondial, pour lequel l'immeuble et son quartier sont analysés comme des actifs financiers* ».

La financiarisation de l'immobilier s'explique par la concordance de deux phénomènes : i) une augmentation de l'offre de biens immobiliers tertiaires et ii) une augmentation de la demande de biens immobiliers. L'augmentation de l'offre d'immobilier tertiaire prend sa source dans la vague d'externalisation du patrimoine immobilier des entreprises, qui s'explique par de nombreux facteurs. Premièrement, les utilisateurs propriétaires préfèrent devenir locataires de leurs bâtiments pour dégager de la trésorerie et réinvestir cet argent dans le cœur de métier de l'entreprise. En effet, le rendement immobilier est largement inférieur au rendement de l'activité cœur de métier (Krumm et de Vries, 2003). Deuxièmement, l'émergence d'une nouvelle stratégie d'entreprise tournée vers la création de valeur pour les actionnaires incite les entreprises à réduire la quantité de capitaux engagés, notamment en réduisant les immobilisations immobilières. Troisièmement, l'externalisation peut être une façon d'obtenir du capital pour rembourser des dettes. Ainsi, en France, la vague

¹¹ Plus précisément les surfaces chauffées

¹² Par exemple Nappi-Choulet (2013b), Boisnier (2010) ou Renard (2002)

d'externalisation des années 2000 correspond à la crise de la bulle internet, et s'explique par « *le besoin des entreprises du secteur des télécommunications de libérer du capital pour rembourser leur dette* » (Nappi-Choulet, 2013). L'augmentation de la demande de biens immobiliers tertiaires s'explique par le rendement relativement élevé qu'ils présentent : d'après l'Institut d'Épargne Immobilière et Foncière (IEIF), le taux de retour sur investissement des bureaux entre 2004 et 2014 (8.1%) est supérieur à celui des actions (5.8%) et celui des obligations (4.2%). En outre, les investissements en immobilier de bureaux répondaient également au besoin croissant de placement des capitaux des investisseurs institutionnels (compagnies d'assurance, mutuelles et caisses de retraite) et des investisseurs étrangers, qui ont représenté une part importante des investissements immobiliers en France (jusqu'à 65% des montants totaux investis en France). D'après Grjebine (2014), l'immobilier de bureau est « *le secteur le plus sensible aux flux internationaux de capitaux* ».

Enfin, rappelons que les bâtiments, résidentiels comme tertiaires, sont des infrastructures dont la durée de vie conditionne la trajectoire d'émissions du secteur pour les dizaines d'années à venir (Hourcade, Tubiana, et Treut, 2010). Il est donc nécessaire, étant donné le développement annoncé des surfaces tertiaires et les ambitions nationales et internationales de réduction des émissions de GES, de se pencher sur les consommations d'énergie et les émissions de GES des bâtiments tertiaires.

Objectifs de la thèse

Le bâtiment tertiaire a une triple nature. Il est tout d'abord un ***facteur de production*** pour l'établissement qui l'occupe, en offrant une surface d'accueil du personnel et éventuellement des clients et en offrant les services nécessaires à la réalisation de l'activité de l'établissement. Ce premier aspect est écarté de notre analyse.

Il est également un ***bien immobilier*** dans lequel les agents économiques peuvent investir. Comme nous l'avons évoqué précédemment, l'immobilier tertiaire a connu un développement rapide depuis la Seconde Guerre Mondiale dans les pays développés, et a connu plusieurs crises de surproduction (Nappi-Choulet (2013a), Aveline-Dubach (2008)). Le bâtiment tertiaire en tant que bien immobilier a par conséquent fait l'objet de nombreux travaux de recherche de la part de différentes disciplines et de différents courants méthodologiques en économie. La Figure 2 présente un aperçu des grandes familles de travaux que nous avons identifiées. Une partie de la littérature s'attache à étudier l'histoire du développement du marché immobilier tertiaire, notamment en France¹³ (Bonnet et Moriset (2003), Crouzet (2001), Crouzet (2003)), le fonctionnement de ce marché, et les différents acteurs qui y prennent part (Granelle (1998), Nappi-Choulet (2013a), Nappi-Choulet (2013b), Theurillat, Rerat, et Crevoisier (2015)). Une autre partie de la littérature analyse les déterminants macroéconomiques de l'investissement en immobilier tertiaire, à l'aide de modèles macroéconométriques ou d'analyses de la cointégration (Kling et McCue (1987), Fisher et al.

¹³ Le parc de bureaux francilien est le plus vaste au niveau européen

(2003), Getmansky, Lo, et Makarov (2004), Hoesli, Lekander, et Witkiewicz (2009), Bouchouicha et Ftiti (2012), Andonov, Eichholtz, et Kok (2015)). Enfin, le marché immobilier tertiaire (majoritairement l'immobilier de bureaux) a fait l'objet de modélisations théoriques (offre, demande, détermination du loyer, de la valeur vénale et du taux de vacance à l'équilibre) et d'estimations économétriques (Rosen (1984), Wheaton (1987), Clapp (1993) Granelle (1998), Nappi-Choulet, Maleyre, et Maury (2007)).

Enfin, un bâtiment tertiaire est également une *structure physique* qui consomme de l'énergie et émet des gaz à effet de serre. Ce dernier point soulève deux types de questions et mobilise deux types de littératures.

D'une part, il est nécessaire d'étudier à l'aide d'analyses économétriques les déterminants de la demande énergétique des établissements tertiaires (caractéristiques du bâtiment, des occupants, du climat, services énergétiques nécessaires à l'activité de l'entreprise, prix des énergies, etc.). Cette littérature est à notre connaissance très peu développée, alors qu'elle l'est lorsqu'il s'agit de la demande d'énergie des ménages pour leur logement. Le choc pétrolier a été à l'origine d'une première vague de publications traitant des déterminants microéconomiques de la consommation d'énergie dans le résidentiel, puis les préoccupations actuelles de la lutte contre le réchauffement climatique a provoqué une nouvelle vague de publications, concernant une nouvelle fois le secteur résidentiel. Les bâtiments tertiaires sont les grands absents de ces deux élans de recherche. Nous n'avons identifié que trois articles utilisant la régression économétrique pour étudier les déterminants de la consommation énergétique des bâtiments tertiaires (Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008), Newell et Pizer (2008), Kahn, Kok, et Quigley (2014)).

D'autre part, il est nécessaire de comprendre les motifs qui amènent les établissements à réaliser des travaux de rénovation énergétique de leur bâtiment. En effet, pour espérer atteindre les objectifs de réduction des consommations énergétiques et des émissions de GES associées, il est essentiel d'agir sur le parc tertiaire existant, en améliorant l'isolation thermique, en installant des systèmes énergétiques plus performants (appareils de production de chaleur, d'ECS, etc.) et en développant les énergies renouvelables individuelles. Quelques modèles d'évaluation économique des politiques publiques visant à stimuler le rythme de rénovations énergétiques, aujourd'hui très insuffisant, ont vu le jour. La plupart de ces modèles porte sur le secteur résidentiel (en France, citons Giraudet, Guivarch, et Quirion (2012), Branger et al. (2015) ou Charlier et Risch (2012))¹⁴, mais certains d'entre eux ont été adaptés au secteur tertiaire. L'analyse des deux principaux représentants de cette dernière catégorie, NEMS et CIMS, révèle que la façon de modéliser le choix de rénovation n'est pas, à notre avis, pertinente pour l'étude du secteur tertiaire¹⁵. Dans ces modèles, le choix de rénover ou non le bâtiment et le choix du type de rénovation énergétique se fondent sur l'arbitrage entre d'une part le coût de la mesure et d'autre part les bénéfices associés à la réduction du montant des factures énergétiques. Cette modélisation permet d'évaluer des politiques publiques de renchérissement du coût de l'énergie (taxes) ou de subvention des travaux de rénovation (éco-prêt, crédit d'impôt, etc.). Cependant, nous pensons qu'elles accordent une place trop importante à la réduction des factures énergétiques comme moteur

¹⁴ Pour une revue complète des modèles, voire Mundaca et al. (2010)

¹⁵ L'[Annexe 0A](#) revient plus en détail sur le fonctionnement de ces deux modèles.

de la décision de rénovation, alors que celles-ci ne constituent pas un poste stratégique de dépense des entreprises relativement à d'autres dépenses telles que le loyer ou la masse salariale. Laurenceau (2013) a estimé que les charges énergétiques représentent seulement 1% des coûts de fonctionnement d'une entreprise. Nous pensons que pour le secteur tertiaire, la rénovation énergétique ne sera attrayante pour les propriétaires et gestionnaires de parcs immobiliers que si elle s'accompagne d'une valorisation économique de leur patrimoine.

Ce dernier point constitue, à notre connaissance, le seul sujet d'hybridation entre les deux grandes familles de littérature que nous venons de présenter, celle considérant le bâtiment tertiaire comme un bien immobilier et celle le considérant comme une structure physique qui consomme de l'énergie et émet des GES. Certains auteurs ont tenté d'estimer les bénéfices associés à la rénovation énergétique d'un bâtiment, que la littérature consacrée désigne comme la *valeur verte* (augmentation du loyer et de la valeur vénale du bâtiment, diminution du taux de vacance et du risque d'obsolescence, etc.). Miller, Spivey, et Florance (2008) estiment que le taux d'occupation est entre 2% et 4% plus élevé pour les bâtiments affichant un label de performance énergétique. Eichholtz, Kok, et Quigley (2010) estiment que la certification énergétique des bâtiments permet une valorisation d'environ 6% du montant du loyer sur le marché immobilier tertiaire. Fuerst et McAllister (2011) estiment une valorisation des loyers d'environ 3% à 5% et une valorisation de la valeur vénale comprise entre 18% et 25%.

La Figure 2 propose un aperçu des différents types d'analyses économiques que nous venons d'exposer. Notre travail se situe dans le courant de l'analyse économétrique des déterminants de la demande énergétique des établissements tertiaires (partie grisée de la Figure 2). En effet, comme nous l'avons exprimé au début de cette introduction, ce sont les impacts environnementaux des bâtiments tertiaires, et plus précisément leur participation au changement climatique, qui sont les motivations premières de ce travail de recherche. De plus, l'absence presque totale d'éléments de connaissance sur la structure de la consommation énergétique des bâtiments tertiaires, notamment à l'échelle infra-sectorielle, et particulièrement en France, nous amène à vouloir participer à la construction de ces éléments de connaissance. En outre, la production par l'INSEE et le SOES de la toute première base de données reliant les caractéristiques des établissements tertiaires et leur consommation d'énergie constitue la première opportunité de réaliser ces études quantitatives. Enfin, la modélisation théorique de l'investissement en rénovation énergétique des bâtiments tertiaire est elle aussi indispensable, mais requiert l'étude préalable des caractéristiques énergétiques des bâtiments tertiaires, sur laquelle elle s'appuie.

Le bâtiment tertiaire est un bien immobilier

Le bâtiment tertiaire est une structure physique

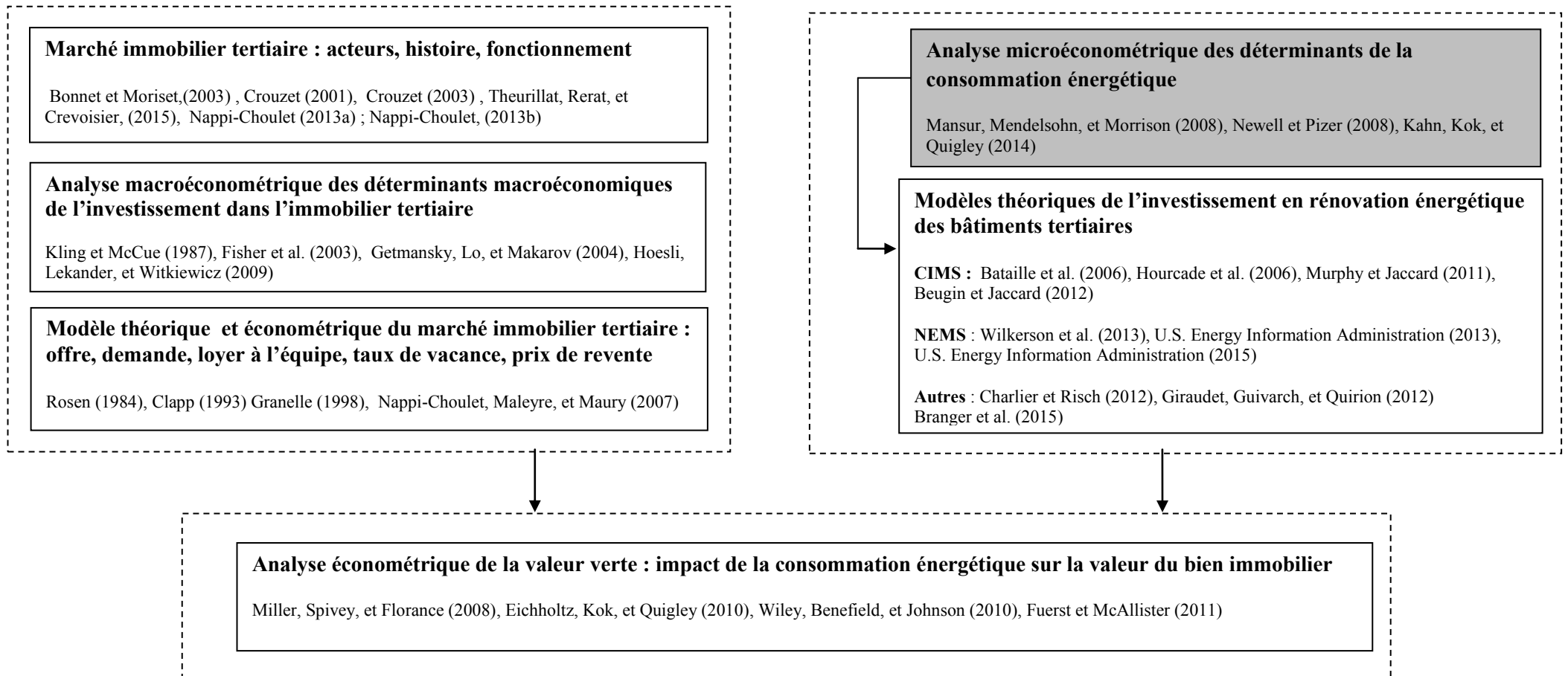


Figure 2 - Aperçu des différentes analyses économiques du bâtiment tertiaire

L'objectif de la thèse est d'étudier empiriquement les consommations énergétiques du secteur tertiaire marchand, à l'aide des données provenant de l'ECET. Il s'agit de mettre en évidence les principales caractéristiques énergétiques à une échelle infra-sectorielle (volumes consommés, sources et usages énergétiques) et d'étudier les déterminants de cette consommation énergétique à l'aide de modèles économétriques. L'intégralité de la thèse est tournée vers cet objectif.

Plan de la thèse

Pour répondre à l'objectif de la thèse, notre travail est structuré en quatre chapitres. Les deux premiers chapitres constituent des étapes bibliographiques et méthodologiques nécessaires aux analyses empiriques menées aux troisième et quatrième chapitres.

Le Chapitre 1 part du constat qu'il existe une littérature empirique relativement fournie traitant des déterminants de la consommation énergétique des bâtiments, à condition de ne pas se limiter aux articles analysant la consommation des bâtiments tertiaires, qui sont très peu nombreux, et d'inclure les articles concernant les bâtiments résidentiels. Nous faisons l'hypothèse que certains traits sont partagés par les deux types de bâtiments, et que l'étude des consommations énergétiques des bâtiments résidentiels nous éclaire sur celles des bâtiments tertiaires. Les questions que nous nous posons à cette étape sont les suivantes :

Quelles sont les méthodes employées pour étudier empiriquement les déterminants de la consommation énergétique des bâtiments ? Quels sont les différents résultats obtenus et quels sont les enseignements à tirer pour réaliser nos propres analyses ?

Pour répondre à ces questions, nous constituons un corpus de référence composé de 28 études économétriques, dont 3 seulement concernent les bâtiments tertiaires. L'examen de ce corpus met en évidence la coexistence de deux méthodes d'analyse économétrique des déterminants de la demande énergétique des ménages ou des entreprises. Les deux méthodes relient, à l'aide d'un modèle linéaire multiple, le volume d'énergie consommée aux caractéristiques du bâti, des occupants, des énergies, etc. La première famille de méthode ne considère que cette relation, qu'elle estime à l'aide des Moindres Carrés Ordinaires (MCOs). En revanche, la deuxième famille de méthode suppose que la quantité d'énergie consommée dépend des équipements énergétiques que le ménage ou l'entreprise décide d'utiliser, et réciproquement. Il est donc nécessaire de prendre en compte cette simultanéité des deux choix, l'un discret (le choix des équipements), l'autre continu (le choix de la quantité d'énergie consommée), dans les procédures d'estimation. Ce type de modélisation, appelé « *Discret-continuous choice* », ou choix discret-continu (*DCC* par la suite), implique de recourir à la méthode de correction de biais de sélection proposée par Heckman (1979) et utilisée pour la première fois pour l'analyse de la demande énergétique des ménages par Dubin et McFadden (1984).

Le deuxième apport de ce chapitre est de faire la synthèse des résultats obtenus par ces différents travaux, dans l'optique de pouvoir situer les résultats que nous présenterons par la

suite dans la littérature existante. Les résultats dont nous parlons sont des résultats concernant la significativité de l'effet d'une variable introduite dans le modèle de demande énergétique des ménages ou des établissements, le signe de cet effet ou son amplitude. Nous classons les variables identifiées dans la littérature comme ayant une influence sur le volume d'énergie consommée en cinq catégories : les caractéristiques du bâtiment (surface, période de construction, etc.), les caractéristiques des occupants (nombre d'occupants, statut d'occupation, etc.), les caractéristiques des équipements (usage de climatisation, type de système de chauffage, etc.), les prix des énergies, et les caractéristiques climatiques (degrés jours de chauffage, pluviométrie, zone climatique, etc.). Pour chaque déterminant, nous détaillons les résultats obtenus dans la littérature, en précisant si nécessaire les conditions d'obtention du résultat, et mettons en évidence les consensus et les désaccords. La coexistence de résultats opposés au sein de cette littérature provient du fait que la grandeur étudiée, à savoir le volume d'énergie consommée dans un logement ou un établissement tertiaire, dépend de caractéristiques nationales voire locales (pratiques architecturales, habitudes de consommation, tarification de l'énergie, etc.), ce qui explique les divergences entre des études dont le cadre est très souvent national. Ce dernier point renforce notre volonté de réaliser nos propres analyses sur les données portant sur les bâtiments tertiaires français.

Le Chapitre 2 est motivé par le fait que les données fournies par l'ECET sont des données d'enquête à plan de sondage complexe. Cela signifie que le producteur de ces données (ici l'INSEE) a cherché à constituer un échantillon respectant certaines contraintes (de représentativité, de précision, de coût, etc.) en se basant sur la théorie de l'échantillonnage, qui fournit des méthodes pour respecter ces contraintes. En cela, ces données diffèrent des données utilisées fréquemment par les économètres, qui sont plus souvent des données de registre (volumes échangés sur un marché, prix) ou des données macroéconomiques (PIB, population). La question que nous nous posons à cette étape est la suivante :

L'analyse des données d'enquête à plan de sondage complexe nécessite-t-elle l'emploi de méthodes statistiques et économétriques particulières ?

Pour tenter d'y répondre, nous étudions la littérature portant sur la théorie des sondages, les pratiques d'enquêtes, les statistiques et l'économétrie théorique. Dans un premier temps, nous revenons sur la caractérisation d'une enquête à plan de sondage complexe, en explicitant les notions de stratification et de *clustering*, puis sur la définition de la variable de pondération et les raisons de son usage. Dans un deuxième temps, nous présentons les expressions des estimateurs des paramètres d'intérêt d'une population (moyenne, total, coefficient d'une régression économétrique, etc.) dans le cas d'un échantillonnage aléatoire simple et dans le cas d'un échantillonnage à plan de sondage complexe. Enfin, nous exposons la controverse portant sur la prise en compte des éléments de l'échantillonnage et de la pondération dans l'estimation d'un modèle économétrique, puis présentons les recommandations des théoriciens aux praticiens souhaitant estimer un modèle économétrique sur données d'enquête, et examinons les études du corpus de référence présentées au Chapitre 1 sous

l'angle de leur positionnement vis-à-vis de la question de l'inclusion des éléments de plan de sondage et de la pondération dans leurs estimations.

Le Chapitre 3 naît de la nécessité de pallier le manque de descriptions quantitatives des consommations énergétiques des bâtiments tertiaires en France, travail rendu possible par la production de l'ECET. Étant donné la faible quantité d'information existante, la question que nous nous posons est relativement simple :

Quelles sont les caractéristiques énergétiques des bâtiments tertiaires à l'échelle sectorielle et infra-sectorielle (volumes consommés, sources et usages énergétiques, etc.) ?

Malgré la simplicité de la question, la quantité d'information disponible dans la base de données utilisée ainsi que l'absence presque totale d'analyse antérieure qui aurait pu servir de guide à l'exploitation des données nous impose de réaliser une classification du secteur tertiaire marchand et de formuler des questions de recherche précises auxquelles nous tenterons de répondre.

Dans un premier temps, nous proposons une nomenclature des bâtiments tertiaires, définie à partir de la Nomenclature d'Activité Française que nous avons remodelée pour l'adapter à l'étude des consommations d'énergie. En effet, cette nomenclature rassemble dans une même catégorie des établissements qu'il serait plus pertinent de séparer lorsque l'on s'intéresse à leurs consommations d'énergie. La nomenclature que nous proposons distingue 12 sous-secteurs.

À partir de cette nouvelle nomenclature, nous produisons un ensemble de statistiques qui permettent de décrire et de caractériser les différents sous-secteurs étudiés. Nous nous intéressons en particulier à la surface totale et aux consommations totales et unitaires de chaque sous-secteur, au statut d'occupation, aux effectifs salariés, ou à la part des activités se déroulant à domicile.

Dans un deuxième temps, nous affinons la description statistique d'un sous-ensemble particulier du tertiaire marchand, constitué des établissements dont la surface est supérieure à 2000 m². Ces bâtiments sont ceux soumis à l'obligation de rénovation, instrument de politique publique créé en 2010 à l'occasion de la loi Grenelle 2, renforcé en 2015 à l'occasion de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, mais dont le décret d'application n'a pas encore été publié. Nous comparons les caractéristiques de ce segment particulier à celles du tertiaire marchand dans sa globalité.

Enfin, nous proposons une analyse des trois grandes périodes de construction considérées par l'ECET. Nous nous intéressons à la part des différents systèmes de chauffage au sein de chaque période de construction, des différentes qualités d'isolation, des bâtiments climatisés, ainsi qu'à la consommation unitaire moyenne des bâtiments appartenant aux différentes périodes de construction.

Le Chapitre 4 s'appuie sur les faits mis en évidence dans les Chapitre 1 et Chapitre 2, à savoir la coexistence dans la littérature portant sur les déterminants de la consommation énergétique de deux méthodes d'estimation, la méthode *Conditionnelle* et la méthode *DCC*

(Chapitre 1) et la coexistence de deux visions distinctes de la régression économétrique sur données d'enquête à plan de sondage complexe (Chapitre 2). La question que nous nous posons ici est double :

*Quels sont les déterminants de la demande énergétique des établissements de ce secteur ?
Quel est la robustesse des résultats obtenus au changement d'approche et de méthode d'estimation parmi celles identifiées dans la littérature ?*

Nous appliquons les différentes méthodes identifiées aux chapitres précédents aux données de l'ECET, afin d'étudier les déterminants de la demande énergétique des établissements tertiaires. Pour cela, nous définissons un ensemble de variables explicatives et estimons leur effet sur la consommation énergétique. Le choix de ces variables explicatives est guidé par les résultats du Chapitre 1. Nous introduisons des caractéristiques du bâtiment, des caractéristiques des occupants, des caractéristiques des équipements, les prix des sources d'énergie utilisées et des caractéristiques climatiques. Pour chaque variable explicative, nous analysons les différents résultats obtenus à partir des diverses méthodes et approches considérées, et jugeons ainsi leur robustesse. Nous montrons que pour certaines variables explicatives (par exemple la période de construction ou le statut d'occupation), les différentes méthodes d'estimation que nous avons appliquées ne conduisent pas aux mêmes résultats, que ce soit en termes de significativité des coefficients estimés comme en termes d'amplitude de ces coefficients. À l'inverse, pour d'autres variables (par exemple le prix de l'énergie), toutes les méthodes s'accordent sur la significativité du coefficient ainsi que sur son amplitude relative, ce que nous interprétons à la fois comme une preuve supplémentaire de l'existence de l'effet de ces variables sur la consommation énergétique des bâtiments et comme une validation de notre démarche de comparaison de méthodes.

À travers cette thèse, en interrogeant les méthodes et les connaissances actuelles, nous tentons de contribuer à l'émergence et à la construction de nouveaux savoirs sur la consommation d'énergie des bâtiments tertiaires. En mettant en évidence, à l'aide de nos données, l'absence de convergences entre les méthodes *Conditionnelle* et *DCC* pour certains résultats, nous pouvons légitimement nous demander ce qu'auraient été les résultats des publications de notre corpus de référence si les auteurs avaient utilisées l'autre méthode d'estimation à leur disposition. D'autre part, nous rappelons « *l'éternelle question de l'économètre confronté à des données d'enquête* » (Davezies et D'Haultfoeuille, 2009), et l'appliquons à une problématique environnementale. Nous pensons que ce débat n'est pas clos, mais qu'il va concerner de plus de plus de chercheurs dans des domaines variés, du fait de la multiplication des données d'enquête. Il est donc essentiel de continuer à s'interroger sur les conditions de validité des deux approches que nous présentons au Chapitre 2 et sur la pertinence des discours prescriptifs engendrés par l'analyse des résultats produits par l'une ou l'autre de ces approches.

CHAPITRE 1

REVUE DE LITTÉRATURE

1. Introduction

Depuis le premier choc pétrolier (1973), la question des déterminants de la consommation énergétique des bâtiments a fait l'objet de nombreux travaux de recherche en économie. Dans les années soixante-dix, l'enjeu était d'analyser la structure de la demande énergétique des ménages afin de mettre en place et de suivre l'effet des politiques publiques de maîtrise de la demande énergétique. Aujourd'hui, le contexte est celui du changement climatique, de la raréfaction des sources d'énergie fossile, de la précarité énergétique, et d'un engagement européen à promouvoir le développement des énergies renouvelables décentralisées (panneaux solaires, pompes à chaleur, etc.). Selon la méthodologie employée et les données disponibles (données transversales, séries chronologiques agrégées, désagrégées, relevés de factures énergétiques, mesures physiques *in situ*, etc.), l'objectif peut être d'étudier les déterminants de la consommation énergétique pour répondre à une question large (quels sont les effets des caractéristiques physiques et techniques du bâti ? des caractéristiques socio-économiques des occupants ? du climat ?), mais également de répondre à une question de recherche précise (quelle est la valeur de l'élasticité-prix de la demande d'énergie de court terme ? de long terme ? Quel a été l'effet du changement de réglementation thermique sur la consommation énergétique du parc de bâtiments ? Les constructions récentes sont-elles plus ou moins énergivores que les constructions anciennes ?).

Différentes méthodologies ont été développées afin de répondre à ces questions. Deux grandes familles se distinguent : les modèles *Top-Down* et les modèles *Bottom-Up*. La première famille étudie la consommation énergétique à l'échelle du secteur (secteur résidentiel, secteur tertiaire, voire secteur résidentiel-tertiaire) et cherche à modéliser l'évolution de cette consommation en fonction de variables macro-économiques (PIB, population, rythme de construction de bâtiments, etc.). Par exemple, Mairet et Decellas (2009) analysent l'évolution de la consommation énergétique du secteur tertiaire en France sur la période 1995-2006, à l'aide d'une méthode de décomposition. Ils étudient les effets du progrès technique, du changement des comportements, de l'augmentation du taux d'équipement des établissements et l'effet substitution entre différentes sources d'énergie. Kirat, Charlier, et Fodha (2016) étudient l'évolution des émissions de CO₂ du secteur résidentiel de 14 pays européens sur la période 1990-2012 à l'aide de données de panel, et constatent que les variables économiques et climatiques de leur modèle ont un impact significatif sur les émissions de CO₂. Charlier (2016) réalise une étude très similaire appliquée au secteur tertiaire. Ces modèles s'appuient sur des données qui sont en général

facilement accessibles (relativement aux données à l'échelle micro) et disponibles sur plusieurs années voire dizaines d'années. En revanche, cette modélisation à l'échelle du secteur ne permet pas d'analyser des déterminants à l'échelle microéconomique. La famille des modèles *Bottom-Up* étudie la consommation énergétique à une échelle infra-sectorielle. Il peut s'agir de modéliser un bâtiment, un îlot, une ville. L'évaluation de la consommation à l'échelle du secteur se fait dans un second temps par agrégation des différentes estimations effectuées par le modèle *Bottom-Up*. À l'intérieur de cette famille, on distingue les modèles ingénieurs et les modèles statistiques (voir classification de Swan et Ugursal (2009)). Les modèles ingénieurs sont fondés sur des connaissances physiques des propriétés thermiques des bâtiments. Ils sont généralement utilisés pour prévoir *ex ante* la consommation d'un bâtiment. La richesse de ces modèles réside dans leur capacité à simuler un vaste ensemble de scénarios techniques : changement de l'isolation, du système de chauffage, etc. En revanche, les résultats fournis par ces modèles ne prennent pas en compte le comportement des occupants ni les variables économiques. Cela conduit en général à des différences importantes entre les consommations réelles et les consommations prédites par le modèle ingénieur. Les modèles statistiques reposent sur l'observation de données de consommation obtenues par enquête ou procurées par les fournisseurs d'énergie. L'objectif de ce type de modèle est de relier la quantité d'énergie consommée observée à un ensemble de caractéristiques du bâtiment (surface, âge, qualité de l'isolation, etc.), des occupants (nombre d'occupants, statut d'occupation, revenu du ménage, etc.) et de variables économiques (prix des énergies). Le modèle économétrique est spécifié puis estimé, ce qui permet à la fois d'évaluer l'effet spécifique de chaque déterminant *toutes choses égales par ailleurs*, et éventuellement de construire des scénarios d'évolution de la consommation d'énergie à l'aide de prédictions économétriques.

L'approche adoptée dans cette thèse relève de cette dernière catégorie de modèles. En effet, les données fournies par l'ECET sont des données d'enquête désagrégées à l'échelle de chaque établissement, et portent sur le volume d'énergie consommé et sur un ensemble de caractéristiques physiques, techniques, et socio-économiques du bâti et de ses occupants. Malgré l'existence d'une littérature abondante portant sur la modélisation économétrique de la consommation individuelle des bâtiments, l'entreprise n'est pas aisée, et quatre points justifient la nécessité d'une revue approfondie de cette littérature.

Premièrement, l'objet de notre étude n'est pas la consommation énergétique des ménages, mais celle des entreprises. Or, cette dernière n'a pas fait l'objet de beaucoup d'attention comparativement au secteur résidentiel. En effet, parmi les 28 études faisant partie de notre revue de littérature, seules 3 concernent le secteur tertiaire. Il est donc nécessaire de s'inspirer de la littérature portant sur le résidentiel afin de proposer des modèles économétriques pour le tertiaire. Cependant, comme ces deux secteurs sont très différents, cela exige de connaître et de comprendre dans le détail les conditions qui ont permis l'émergence d'un résultat significatif pour le résidentiel avant de pouvoir l'appliquer au tertiaire. Les caractéristiques des données et des méthodes utilisées dans chaque étude sont présentées en [Annexe 1A](#).

Deuxièmement, nous avons identifié une problématique d'estimation qui sépare les auteurs en différentes « écoles ». Il s'agit de la prise en compte de la potentielle corrélation entre le choix des équipements énergétiques et le choix de la quantité d'énergie consommée.

Une partie des auteurs ne considère que la demande d'énergie conditionnelle aux équipements installés, ce qui simplifie l'estimation mais ne permet pas d'obtenir des effets de long terme, puisque cela exclut *de facto* que les ménages ou les entreprises puissent ajuster leur stock d'équipements. À l'inverse, une autre partie des auteurs s'efforce de modéliser conjointement le choix des équipements énergétiques et le choix de la quantité d'énergie consommée, mais doivent nécessairement recourir à certains outils économétriques plus sophistiqués qu'une régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO).

Troisièmement, il existe une variété de résultats différents voire opposés concernant la significativité et l'impact de certaines variables explicatives sur le niveau de consommation. Si certains résultats font l'unanimité, d'autres font encore l'objet de débats. Par exemple, des controverses persistent encore sur l'impact du statut d'occupation, de l'âge du bâtiment, de la qualité de l'isolation, du signal-prix, etc. Ces controverses peuvent porter sur la significativité d'un effet, sur son amplitude ou sur son sens.

Enfin, nous jugeons primordial de connaître les méthodes, les hypothèses et les jeux de données utilisés pour obtenir un résultat présent dans la littérature et qui sert parfois d'appui scientifique à l'élaboration de politique publique. L'actualité est riche de débats causés par des désaccords de méthodologie économétrique et de mise en évidence de la non-reproductibilité des études économétriques. Sur ce dernier point, notons que Chang et Li (2015) ont tenté de répliquer les résultats de 67 études économétriques publiées dans les journaux les plus cotés en économie. Ils montrent que moins de la moitié des études sont reproductibles avec l'aide des auteurs, et seulement 33% sans l'aide des auteurs. Nous pouvons également penser à la très récente controverse portant sur l'estimation économétrique de l'efficacité de la réduction du temps de travail comme outil de création d'emplois. Tandis qu'une étude de l'INSEE (Gubian et al., 2004) estime à 350 000 le nombre de postes créés sur la période 1998-2002 que l'on peut attribuer au processus de réduction du temps de travail, une autre étude de Chemin et Wasmer (2009), qui emploie la méthode de *différence de différences* en comparant les résultats d'un département français (l'Alsace-Moselle), qui présente une application spécifique de cette mesure de réduction du temps de travail, avec ceux de l'ensemble du territoire, conclue à l'absence de significativité de la mesure de réduction du temps de travail. Cette étude se retrouve récemment au cœur d'un vif débat méthodologique (Godechot, (2016), Chemin et Wasmer (2016)).

L'objet de ce chapitre est de présenter en détail les méthodes et les résultats identifiées dans la littérature. Dans un premier temps, nous revenons sur la problématique méthodologique citée précédemment, à savoir la prise en compte ou non de la potentielle corrélation entre le choix d'équipement énergétique et le choix de la quantité consommée. Dans un second temps, nous détaillons les résultats obtenus par les études constituant notre revue, classés en cinq grandes catégories selon : les caractéristiques du bâtiment, les caractéristiques des occupants, les équipements, le prix de l'énergie et les variables climatiques. Notons que nous ne visons pas l'exhaustivité dans la sélection des revues constituant notre corpus de référence. Les études sélectionnées sont les études pionnières ou de référence concernant une méthodologie (par exemple celle de Dubin et McFadden (1984)), et les études régulièrement citées qui proposent des résultats permettant de renforcer un consensus ou au contraire proposant des résultats en contradiction avec la littérature existante.

De fait, il y a donc un biais de représentativité, puisque les études peu citées n'ont pas été incluses dans notre corpus de référence. Cependant, l'objectif de cette revue de littérature n'est pas de réaliser une méta-analyse mais d'étudier les articles majeurs afin de fonder nos propres analyses sur un socle solide de références. Nous avons également inclus, à notre connaissance, toutes les études portant sur le tertiaire (Newell et Pizer (2008), Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) et Kahn, Kok, et Quigley (2014).

2. Deux catégories de modèles : la demande conditionnelle aux équipements et le choix discret-continu

Au sein de la littérature consacrée à l'étude économétrique des déterminants de la consommation énergétique des bâtiments, deux grandes méthodes d'estimation se distinguent. Dans un cas, le modèle économétrique vise simplement à estimer la demande d'énergie conditionnelle aux équipements déjà installés. Le modèle économétrique se présente sous la forme d'une simple équation avec le volume d'énergie consommée (ou le montant des factures énergétiques) comme variable dépendante et un ensemble de variables indépendantes (prix de l'énergie, caractéristiques du bâtiment, caractéristiques des occupants, etc.) Parmi les études sélectionnées dans notre revue de la littérature, 16 sur un total de 25 ont recours à ce type de modélisation (cf Tableau 1). Les estimations obtenues sont alors des résultats de court terme, qui sont conditionnels aux équipements énergétiques déjà installés dans les bâtiments, sans considérer un potentiel changement d'équipement (Branch (1993), Leth-Petersen (2002), Meier et Rehdanz (2010)). En particulier, l'élasticité-prix de la demande énergétique ainsi obtenue est une élasticité de court terme, c'est-à-dire que la nature de la modélisation adoptée (demande conditionnelle aux équipements) exclut le fait que le changement de prix puisse entraîner un changement de technologie.

Dans le deuxième cas, les économètres ont recours à une approche de modélisation nommée en anglais le « *discrete-continuous choice* », ou choix discret-continu (*DCC* par la suite). Cette deuxième famille d'études considère que certains déterminants de la consommation énergétique, et notamment le prix des énergies et le revenu des ménages, ont à la fois un effet direct sur la quantité d'énergie consommée et un effet sur le choix des équipements énergétiques, et donc indirectement sur la quantité d'énergie consommée. Par exemple, si le prix du gaz augmente relativement au prix de l'électricité, cela va avoir à la fois un impact direct sur la quantité de gaz consommée et un impact sur la probabilité que le ménage ou l'entreprise occupe un bâtiment chauffé au gaz, soit parce qu'il sera devenu intéressant de remplacer les équipements au gaz par des équipements à l'électricité, soit parce que le marché immobilier discriminerait les biens immobiliers (de vente ou de location) chauffés au gaz. Ce dernier effet joue donc indirectement sur la quantité de gaz consommée. Selon les auteurs de la deuxième famille de méthodes, il est donc nécessaire de modéliser conjointement le choix de l'équipement énergétique (le choix discret) et le choix de la quantité à consommer pour satisfaire ses besoins énergétiques (le choix continu). Selon Dubin et McFadden (1984), les réponses de court terme et de long terme à un changement de prix de

l'énergie peuvent être très différentes si les ménages et les entreprises adaptent leur stock d'équipements énergétiques. La modélisation de la demande conditionnelle aux équipements ne permet d'estimer que la réponse de court terme, c'est-à-dire la variation de la demande énergétique à équipement fixé, tandis que la modélisation du choix discret-continu permet de modéliser également la réponse de long terme puisque l'équipement énergétique est une variable endogène. L'estimation des effets de long terme d'une modification des prix de l'énergie est un enjeu crucial pour l'évaluation des instruments de politique publique. La méthode de choix discret-continu permet cela, il est donc pertinent de détailler dans cette section les motivations économétriques et économiques de cette approche. Notons que parmi notre sélection d'articles, 9 sur 25 adoptent cette méthode (cf Tableau 1). Nous rajoutons à notre corpus de référence trois articles qui proposent de simples analyses univariées mais qui présentent des résultats intéressants (Hong et al. (2006), Druckman et Jackson (2008), Wyatt (2013)).

	Demande d'énergie conditionnelle aux équipements	Discrete-continuous modeling	Analyses univariées et étude de la corrélation
Coupe transversale	Leth-Petersen (2002) Levinson et Niemann (2004) Rehdanz (2007) K. J. Baker et Rylatt (2008) Leahy et Lyons (2010) Brounen, Kok, et Quigley (2012) Newsham et Donnelly (2013) Estiri (2014) Kahn, Kok, et Quigley (2014) Belaïd (2016)	Dubin et McFadden (1984) Lee et Singh (1994) Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) Vaage (2000) Nesbakken (2001) Liao et Chang (2002) Newell et Pizer (2008) Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) Risch et Salmon (2013)	Hong et al. (2006) Druckman et Jackson (2008) Wyatt (2013)
Données de panel	Berkhout, Ferrer-i-Carbonell, et Muskens (2004) Meier et Rehdanz (2010) Costa et Kahn (2011) Chong (2012) Jacobsen et Kotchen (2013) Harold, Lyons, et Cullinan (2015)	Hanemann et al. (2013)	

Tableau 1 - Classement des études selon le type de données et le type d'approche utilisée

2.1 Modèle économétrique et problématiques d'estimations

Nous souhaitons étudier les déterminants de la quantité d'énergie e consommée dans un bâtiment. Nous supposons qu'il existe plusieurs options de mix énergétiques, un mix énergétique f étant une combinaison des sources d'énergie e utilisées, $f \in \{1, \dots, F\}$. L'équation à estimer est la suivante :

$$Q_{e,f} = x_{e,f} \beta_{e,f} + \varepsilon_{e,f} \quad (1)$$

où $Q_{e,f}$ est la demande d'énergie e présente dans le mix énergétique f , $x_{e,f}$ est le vecteur des variables explicatives observées, $\beta_{e,f}$ est le vecteur des coefficients à estimer, et $\varepsilon_{e,f}$ est le terme d'erreur.

Dans le cas de l'estimation de la demande conditionnelle aux équipements, nous avons :

$$E(Q_{e,f}|x_{e,f}) = x_{e,f}\beta_{e,f} \quad (2)$$

Et l'on estime le vecteur $\beta_{e,f}$ par MCO.

Cependant, de nombreux auteurs, depuis Heckman (1979) et Hanemann (1984) pour le cas général et depuis Dubin et McFadden (1984) pour le cas de l'estimation de la consommation énergétique des ménages, ont montré que ces estimateurs sont biaisés s'il existe un *processus de sélection des données*. En effet, si l'économètre travaille avec les observations d'un échantillon, il est possible que les données concernant la variable d'intérêt ne soient pas disponibles pour tous les individus de l'échantillon mais uniquement pour une partie. L'exemple célèbre cité par Heckman (1979) et repris par Greene (2003) dans son ouvrage d'économétrie est celui du marché de l'emploi et de l'étude des déterminants du salaire chez les femmes mariées. L'échantillon est composé de femmes mariées travaillant et de femmes mariées ne travaillant pas. On observe le montant du salaire uniquement pour les femmes qui travaillent, puisque par définition une femme qui ne travaille pas n'a pas de salaire. Ainsi, les données concernant la variable d'intérêt (dans cet exemple, le salaire) ne sont disponibles que pour une partie de l'échantillon. Le processus de sélection des données est le processus qui conditionne le fait d'avoir une observation pour le salaire d'une femme de l'échantillon, c'est-à-dire le processus qui conduit cette femme à choisir de travailler ou non.

Dans le cas de l'estimation de la demande énergétique d'un ménage ou d'une entreprise, on observe la quantité d'énergie consommée $Q_{e,f,i}$ uniquement pour les individus i qui ont choisi de consommer une quantité non nulle de l'énergie e , c'est-à-dire d'inclure l'énergie e dans leur mix énergétique f . Par exemple, on observera le montant de la consommation de gaz uniquement pour les établissements occupant un bâtiment équipé de gaz, pour le chauffage, la cuisson ou l'ECS. Dans les faits, la consommation de gaz des bâtiments équipés uniquement d'électricité est nulle, mais on ne sait pas de combien elle aurait été si le bâtiment avait été équipé de gaz. On considère dans ce cas que la consommation est inobservée plutôt que nulle. Dans ce cas, l'équation (2) devient :

$$E(Q_{e,f,i}|x_{e,f,i}, Q_{e,f,i} \text{ observé}) = x_{e,f,i}\beta_{e,f} + E(u_{e,f,i}|Q_{e,f,i} \text{ observé}) \quad (3)$$

Considérons à présent l'existence d'un processus de sélection. Supposons que $Q_{e,f,i}$ soit observé si le mix énergétique f est sélectionné :

$$Z_{f,i} > 0$$

En général, $Z_{f,i}$ n'est pas observé, c'est une variable latente. On observe plutôt $Z_{f,i}^*$ défini par ¹⁶:

$$\begin{aligned} Z_{f,i}^* &= \mathbf{1} \text{ si } Z_{f,i} > \mathbf{0}, \\ &= \mathbf{0} \text{ sinon} \end{aligned}$$

Autrement dit, on observe une quantité consommée de l'énergie e si le mix énergétique f est sélectionné, c'est-à-dire si $Z_{f,i}^* = 1$. On suppose que le choix du ménage ou de l'établissement d'inclure l'énergie e dans son mix énergétique f s'explique par un ensemble de variables indépendantes $W_{f,i}$:

$$Z_{f,i} = W_{f,i}\gamma_f + \eta_{f,i}$$

Ainsi, l'équation (3) devient :

$$\begin{aligned} E(Q_{e,f,i} | x_{e,f,i}, Z_{f,i} > \mathbf{0}) &= x_{e,f,i}\beta_{e,f} + E(\varepsilon_{e,f,i} | Z_{f,i} > \mathbf{0}) \\ &= x_{e,f,i}\beta_{e,f} + E(\varepsilon_{e,f,i} | W_{f,i}\gamma_f + \eta_{f,i} > \mathbf{0}) \\ &= x_{e,f,i}\beta_{e,f} + E(\varepsilon_{e,f,i} | \eta_{f,i} > -W_{f,i}\gamma_f) \quad (4) \end{aligned}$$

Si l'on suppose que $\varepsilon_{e,f}$ et η_f sont indépendants, alors le dernier terme de l'équation (4) est nul et il n'y a pas de problème d'estimation de $\beta_{e,f}$. En revanche, si l'on suppose qu'ils sont corrélés, alors une estimation de cette dernière équation par MCO ne permettra pas d'estimer correctement les $\beta_{e,f}$, l'estimation souffrira du biais de la variable omise¹⁷ puisqu'il manquera l'espérance conditionnelle de ε .

Dans le cas de l'estimation de la demande énergétique des ménages ou des entreprises, l'hypothèse d'une corrélation entre $\varepsilon_{e,f}$ et η_f est crédible. En effet, certains facteurs inobservés peuvent à la fois influencer le choix des équipements installés et le choix de la quantité consommée de cette énergie. Nous verrons également les justifications qui apparaissent dans le modèle théorique.

¹⁶ Le parallèle avec l'exemple d'Heckman (1979) est le suivant : on observe si une femme travaille ou non mais on ne sait pas quelle est la fonction d'utilité de cette femme. On suppose en amont qu'une femme travaille si sa fonction d'utilité est supérieure lorsqu'elle travaille que lorsqu'elle ne travaille pas.

¹⁷ D'où le titre de l'article d'Heckman (1979) : « *Sample selection error as a specification error* »

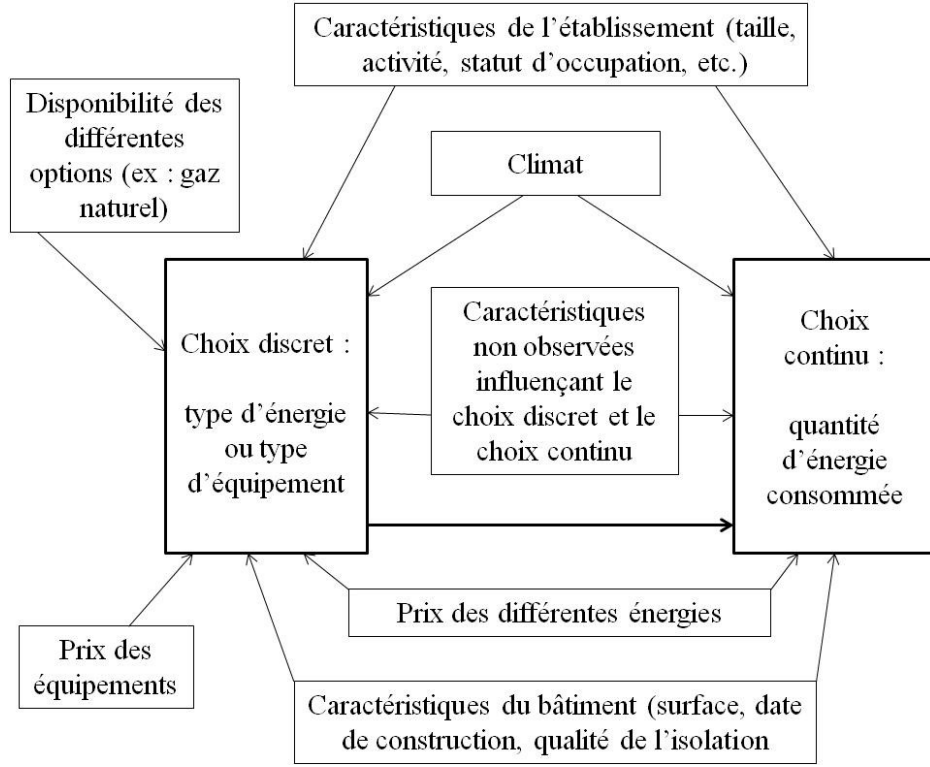


Figure 3 - Déterminants des choix discrets et continus
 Source : traduit et adapté de Risch et Salmon (2013)

L'estimation de l'équation (4) nécessite une hypothèse sur la distribution jointe de $\varepsilon_{e,f}$ et η_f . On suppose que la distribution jointe est une loi normale bivariée, de moyenne 0 et de corrélation ρ . D'après Heckman (1979), on a :

$$E(\varepsilon_{e,f,i} | \eta_{f,i} > -W_{f,i} \gamma_f) = \rho \sigma_\varepsilon \lambda_i(\alpha_\eta) \quad (5)$$

avec

$$\alpha_\eta = -\frac{W_{f,i} \gamma_f}{\sigma_\eta} \quad (6)$$

et

$$\lambda_i(\alpha_\eta) = \frac{\phi\left(\frac{W_{f,i} \gamma_f}{\sigma_\varepsilon}\right)}{\Phi\left(\frac{W_{f,i} \gamma_f}{\sigma_\varepsilon}\right)} \quad (7)$$

que l'on nomme l'inverse du ratio de Mills. ϕ est la densité de probabilité de la loi normale, et Φ est la fonction de répartition de la loi normale.

On a donc :

$$E(Q_{e,f,i} | x_{e,f,i}, Z_{f,i} > \mathbf{0}) = x_{e,f,i} \beta_{e,f} + \beta_\lambda \lambda_i(\alpha_\eta) \quad (8)$$

Avec $\beta_\lambda = \rho \sigma_\varepsilon$

Si $\beta_\lambda \lambda_i(\alpha_\eta)$ est omis de la spécification, l'estimation souffrira du biais de la variable omise. De plus, l'estimation de l'effet marginal de la variable x_k sera également biaisée si cette variable intervient à la fois dans l'équation continue et dans l'équation de sélection¹⁸. En utilisant la bonne spécification (équation 8), on montre que l'effet marginal de x_k sur $Q_{e,f}$ est (cf Greene (2003), p783) :

$$\frac{\partial E(Q_{e,f,i} | x_{e,f,i}, Z_{f,i} > 0)}{\partial x_{k,i}} = \beta_k - \gamma_k \left(\frac{\rho \sigma_\varepsilon}{\sigma_\eta} \right) \delta_i(\alpha_\eta) \quad (9)$$

Avec

$$\delta_i = \lambda_i^2(\alpha_\eta) - \alpha_\eta \lambda_i(\alpha_\eta) \quad (10)$$

On voit bien que l'effet marginal est constitué de deux effets. Le premier est direct, il représente l'effet de x_k sur $Q_{e,f}$ (c'est-à-dire β_k). Le deuxième est indirect, il représente l'effet de x_k sur la probabilité que $Z_{f,i} > 0$.

La procédure d'estimation en deux étapes proposée par Heckman (1979) est la suivante :

1^{ère} étape : il s'agit d'estimer l'équation de sélection, représentée par un modèle *Logit* ou *Probit* multinomial à l'aide du maximum de vraisemblance. Cela permet d'obtenir les estimations de $\hat{\gamma}_f$, puis d'en déduire :

$$\hat{\lambda}_i = \frac{\phi(W_{f,i} \hat{\gamma}_f)}{\Phi(W_{f,i} \hat{\gamma}_f)}$$

2^{ème} étape : il s'agit d'estimer l'équation continue en régressant $Q_{e,f}$ par x_k et $\hat{\lambda}$ par les MCOs. Dans ce cas, les estimations ne souffrent plus du biais de la variable omise.

2.2 Modèle théorique et lien avec le modèle économétrique

Les hypothèses de corrélation entre le choix discret et le choix continu peuvent également se justifier à l'aide d'un modèle théorique. En général, les articles consacrés à l'analyse économétrique des déterminants de la consommation énergétique des bâtiments étudient le comportement des ménages, car les bâtiments étudiés sont des bâtiments résidentiels. Le modèle théorique est donc exprimé en termes de maximisation de l'utilité. Étant donné que notre objet d'étude est le secteur tertiaire marchand, nous supposons que l'énergie est consommée non pour augmenter l'utilité d'un ménage, mais comme facteur de production par les producteurs que sont les établissements du tertiaire marchand. Comme pour les ménages,

¹⁸ Ce qui est le cas pour la variable explicative « prix de l'énergie ». En effet on suppose que le prix de l'énergie influence à la fois le choix de l'énergie installée et le choix de la quantité consommée. Pour estimer l'effet d'une variation marginale du prix de l'énergie sur la consommation finale d'énergie, il faut prendre en compte l'effet sur la demande conditionnelle à l'option énergétique choisie et l'effet sur la probabilité d'être équipé de l'option énergétique.

nous pouvons faire l'hypothèse raisonnable que l'énergie est consommée non pas en tant que telle, mais pour satisfaire un ensemble de services énergétiques qui permettent à l'entreprise de fonctionner. Il peut s'agir de chauffer ou de refroidir le bâtiment, de l'éclairer, ou d'usages plus spécifiques qui sont liés à l'activité de l'établissement : la cuisson pour un restaurant ou un hôtel, l'eau chaude sanitaire, l'informatique et la bureautique, la réfrigération, la blanchisserie, etc. Dans la littérature, seuls Newell et Pizer (2008), à notre connaissance, ont explicité le modèle en termes de programme de minimisation des coûts pour le producteur.

Les auteurs de la famille des modèles de choix discret-continu considèrent que la consommation énergétique d'un établissement est le résultat d'un processus de choix en deux étapes. Premièrement, l'établissement doit choisir le mix énergétique qui équipe le bâtiment qu'il occupe. Dans un deuxième temps, et conditionnellement au premier choix, l'établissement choisit la quantité d'énergie de chaque énergie e de son mix énergétique qu'il va consommer.

Un établissement peut choisir parmi F mix énergétiques. Le choix du mix énergétique s'appuie sur la comparaison des coûts des différentes options. Soit le coût total associé au mix énergétique f dans le bâtiment i défini comme suit :

$$C_{f,i} = g_{f,i}(r_{f,i}, s_i) + \eta_{f,i} \quad (11)$$

$r_{f,i}$ représente les caractéristiques du mix énergétique f (prix des énergies, coût de l'équipement, puissance, etc.), s_i représente les caractéristiques liées au bâtiment i (surface, âge du bâtiment, nombre d'occupants, etc.) et $\eta_{f,i}$ un terme aléatoire. Le coût total de chaque mix énergétique envisageable n'est en général pas observé.¹⁹ On le considère comme une variable latente²⁰. En revanche, on observe le mix énergétique qui a réellement été choisie. Ainsi, on observe une variable binaire :

$$I_{f,i} = \begin{cases} 1 & \text{si de l'établissement } i \text{ dispose du mix énergétique } f, \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (12)$$

Puisque le producteur cherche à minimiser ses coûts, on a donc :

$$I_{f,i} = \begin{cases} 1 & \text{si } C_{f,i} = \min\{C_{f',i}, \forall f'\}, \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (13)$$

¹⁹ On peut observer le montant de la facture énergétique mais pas le coût total.

²⁰ Une variable latente est une variable qui n'est pas observée mais qui est supposée être à l'origine d'une autre variable qui est observée. Ici, le coût total de l'option énergétique n'est pas observé mais on fait l'hypothèse qu'il est à l'origine de la variable binaire qui vaut 1 si l'option énergétique est installée et 0 si elle ne l'est pas. Cette dernière variable est observée.

On suppose que, étant donné le modèle de rationalité du producteur qui souhaite minimiser ses coûts, la probabilité que l'établissement i ait choisi le mix énergétique f :

$$\begin{aligned}
P_{f,i} &= \Pr\{C_{f,i} < C_{f',i} \quad \forall f' \neq f\} \\
&= \Pr\{g_{f,i}(r_{f,i}, s_i) + \eta_{f,i} < g_{f',i}(r_{f',i}, s_i) + \eta_{f',i} \quad \forall f' \neq f\} \\
&= \Pr\{\eta_{f,i} - \eta_{f',i} < g_{f',i}(r_{f',i}, s_i) - g_{f,i}(r_{f,i}, s_i) \quad \forall f' \neq f\} \quad (14)
\end{aligned}$$

En faisant l'hypothèse que les termes d'erreur η_f sont i.i.d selon une loi de Gumbel (type I extreme value), alors on a :

$$P_{f,i} = \frac{\exp(g_{f,i}(r_{f,i}, s_i))}{\sum_f \exp(g_{f,i}(r_{f,i}, s_i))} \quad (15)$$

Ceci forme un modèle Logit Multinominal.

A partir du coût $C_{e,f,i}$ de l'énergie e incluse dans le mix énergétique f , nous pouvons également déduire le volume d'énergie e (incluse dans le mix énergétique f) consommé, à l'aide du lemme de Shepard :

$$Q_{e,f,i} = \frac{\partial C_{e,f,i}}{\partial p_{e,i}} = h_{e,f,i}(r_{f,i}, s_i) \quad (16)$$

Où $p_{e,i}$ est le prix de l'énergie e et est incluse dans $r_{f,i}$.

L'estimation du choix discret suppose donc que l'établissement choisisse le mix énergétique qu'il utilise. Or, le choix du mix énergétique dont est équipé un bâtiment se fait au moment de la construction de ce bâtiment ou à l'occasion d'une rénovation, par le maître d'ouvrage, ce n'est donc probablement pas l'établissement occupant un bâtiment à la date d'observation (pour l'économètre) qui a fait le choix d'équiper ce bâtiment d'un certain mix énergétique (sauf dans certains cas où l'établissement est propriétaire du bâtiment qu'il occupe et en a été le maître d'ouvrage). En général, l'établissement recherche un bâtiment, pour y entreprendre ses activités, soit sur le marché de la location, soit sur le marché secondaire²¹. Le choix du mix énergétique se fait donc indirectement par le biais du marché immobilier. Le marché immobilier (de localisation ou de vente) propose un ensemble de biens immobiliers présentant un certain nombre de caractéristiques (loyer ou prix de vente, localisation, taille, etc.). L'établissement choisira le bien immobilier qu'il veut louer ou acheter en fonction de ces caractéristiques. L'approche DCC revient à supposer que le mix énergétique dont est équipé le bâtiment fait partie des critères que l'établissement va considérer pour choisir un bâtiment sur le marché immobilier.

Une deuxième hypothèse est nécessaire à l'estimation du modèle économétrique présenté ci-dessus, en particulier à l'estimation de l'équation de sélection. En effet, supposons que le

²¹ Le marché secondaire est le marché de vente de bâtiments déjà construits.

choix du mix énergétique (c'est-à-dire le choix du bâtiment sur le marché immobilier) ait été fait à la période t et que les données utilisées par l'économètre date de la période $t' > t$. Les valeurs prises par les variables explicatives du choix du mix énergétique (W_f) datent de t' alors qu'elles sont censées expliquer un choix datant de t . Pour certaines variables, le problème est écarté car leur valeur n'a pas changé entre les deux périodes, comme c'est le cas pour la surface du bâtiment, le statut d'occupation, la période de construction du bâtiment ou l'activité de l'établissement. Pour d'autres, et notamment les variables économiques, dont les valeurs ont probablement évolué entre les dates t et t' , il est nécessaire de poser certaines hypothèses. Pour expliquer le choix du mix énergétique à l'aide des prix des différentes énergies, il faudrait introduire ces prix à la date t et non les prix à la date t' . Il est donc nécessaire de supposer, comme l'ont fait Dubin et McFadden (1984), que l'évolution du prix de l'énergie s'est faite progressivement et que les établissements ont parfaitement anticipé l'évolution des prix de l'énergie au moment du choix. Cette modélisation suppose que les établissements ont calculé la somme actualisée du coût de l'énergie sur la durée de vie de l'équipement pour pouvoir prendre leur décision, par conséquent ils ont nécessairement eu besoin d'introduire dans le calcul du coût total de chaque mix énergétique sur sa durée de vie la valeur du prix de l'énergie en t' . Cette hypothèse permet de justifier le fait d'utiliser les valeurs des prix en t' pour expliquer une décision prise en t .

2.3 Revue des études utilisant le choix discret-continu

Parmi les études rassemblées pour constituer notre corpus de référence, environ 1/3 (16/25) a employé la méthodologie du choix discret-continu (cf Tableau 1). Dubin et McFadden (1984) ont modélisé le choix du mix énergétique pour la production de chauffage et d'ECS. Les ménages peuvent choisir d'utiliser soit l'électricité soit le gaz pour ces deux usages²². Lee et Singh (1994) ont modélisé le choix d'être équipé de gaz ou non, sans préciser pour quel usage particulier. Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) et Liao et Chang (2002) ont modélisé deux choix discrets. Le premier est le choix de l'énergie de chauffage, le deuxième est le choix de l'énergie de production d'ECS. Vaage (2000), Nesbakken (2001) et Risch et Salmon (2013) n'ont modélisé que le choix de l'énergie de chauffage. Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) ont modélisé le choix du mix énergétique, tous usages confondus. Enfin, Newell et Pizer (2008) font l'analyse la plus complète puisqu'ils considèrent le choix de l'énergie pour l'usage de chauffage, pour la production d'eau chaude sanitaire, pour la cuisson, pour des usages divers et pour les autres usages de l'électricité, et considèrent un large choix de sources énergétiques²³ (voir Tableau 36 [Annexe 1B](#)).

²²Les auteurs ont exclu les options où l'une des énergies est utilisée pour le chauffage et l'autre énergie est utilisée pour l'ECS.

²³Electricité, gaz naturel, fioul, réseau de chaleur, ainsi que les combinaisons électricité+gaz naturel, gaz naturel + fioul, électricité + réseau de chaleur, électricité + fioul.

3. Synthèse des principaux résultats de ces études : les déterminants de la consommation d'énergie des bâtiments

La consommation énergétique d'un bâtiment est le résultat d'interactions entre de nombreuses variables. L'effet de certaines de ces variables est évident. Par exemple, la surface d'un bâtiment est corrélée positivement avec sa consommation d'énergie. En revanche, d'autres effets restent encore ambigus. Toutes choses égales par ailleurs, un propriétaire consomme-t-il plus d'énergie qu'un locataire ? Quelle réduction de la consommation engendre une amélioration de la qualité de l'isolation ? La demande énergétique des entreprises est-elle élastique ? Les études économétriques apportent des réponses parfois très différentes de celles apportées par les modèles théoriques. Les modèles ingénieurs préconisent en général des changements d'équipements de chauffage ou l'introduction dans le code de la construction de réglementation thermique, mais ces mesures sont-elles statistiquement significatives à l'échelle d'un parc de bâtiments ? En outre, les résultats économétriques peuvent varier d'une étude à l'autre. L'objectif de cette section est une revue détaillée des résultats des principales études économétriques portant sur les déterminants de la consommation énergétique des bâtiments, résidentiels ou tertiaires. Ces résultats sont classés en cinq catégories, construites selon le type de déterminants de la consommation énergétique : les caractéristiques physiques du bâti, les caractéristiques socio-économiques des occupants, les équipements installés et les mesures d'efficacité énergétique mises en place, les prix des énergies et les variables climatiques. Ce classement correspond à celui adopté par Estiri (2014) (*cf* Figure 4). Une synthèse des déterminants étudiés et des résultats obtenus est présentée en [Annexe 1C](#) (pour la consommation d'électricité) et en [Annexe 1D](#) (pour la consommation de gaz ou de fioul), dans les Tableau 37 et Tableau 38.

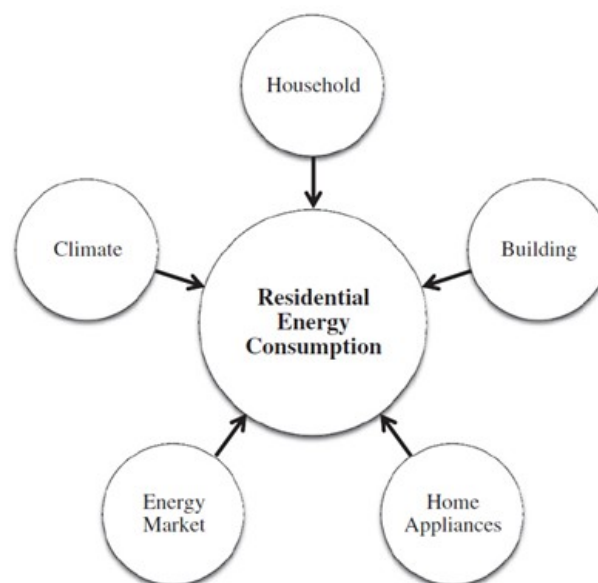


Figure 4 - Classement des déterminants de la consommation d'un bâtiment selon Estiri (2014)
Source : Estiri (2014)

3.1 Les caractéristiques du bâtiment

3.1.1 La taille du bâtiment

La surface du bâtiment est la variable explicative la plus souvent utilisée dans la revue de littérature, parce qu'elle est souvent renseignée dans les bases de données, parce qu'elle a un impact évident sur la consommation énergétique, et parce que son pouvoir explicatif est important (par exemple, K. J. Baker et Rylatt (2008) observent que la surface explique à elle seule 57% ($R^2=0,57$) de la variabilité de la consommation de gaz (kWh) de leur échantillon). En général, la surface sert de variable de contrôle. La totalité des études ayant intégré la surface du bâtiment dans leurs estimations ont obtenu un effet positif significatif de la surface sur la quantité consommée. Plus simplement, plus le bâtiment est grand, plus il va consommer d'énergie. Certaines études ont supposé que la relation était linéaire, tandis que d'autres ont régressé la consommation par m^2 sur la surface du bâtiment, et obtiennent en général un coefficient négatif, ce qui signifie que la consommation par m^2 diminue avec la surface et traduit ce que les auteurs appellent un « rendement d'échelle » (Rehdanz (2007), Risch et Salmon (2013), Wyatt (2013), Kahn, Kok, et Quigley (2014)).

Certaines études analysent également l'impact de la surface du bâtiment sur le choix discret, à savoir le choix du mix énergétique. Liao et Chang (2002) observent que plus le logement est grand, plus la probabilité que le gaz soit choisi comme énergie de chauffage augmente. Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) observent également que plus les logements sont grands, plus la probabilité d'utiliser d'autres sources que l'électricité (gaz ou fioul) augmente. Le résultat est similaire pour les entreprises, à savoir que la surface du bâtiment agit positivement sur la probabilité d'utiliser du gaz, du fioul ou de se raccorder à un réseau de chaleur. Newell et Pizer (2008) peuvent estimer l'impact de la surface sur le choix discret par usage énergétique. Pour l'usage « chauffage », ils constatent que la surface agit négativement sur la probabilité de se chauffer au fioul, mais positivement sur la probabilité de se chauffer au réseau de chaleur et sur la probabilité d'utiliser plusieurs énergies (électricité et gaz, électricité et fioul, électricité et réseau de chaleur). Pour l'usage ECS, le résultat est similaire : les probabilités de se connecter à un réseau de chaleur ou d'utiliser plusieurs sources d'énergie augmentent avec la surface du bâtiment.

De plus, les auteurs incluent souvent, lorsqu'ils en disposent, le nombre de pièces du bâtiment comme variable explicative. La relation obtenue est majoritairement significative et positive, et ce même lorsque le résultat est contrôlé par la surface. Un plus grand nombre de pièces, à surface fixée, pourrait traduire un nombre d'usages potentiellement plus important et donc une consommation énergétique accrue. Les Tableau 37 et Tableau 38 répertorient les études ayant introduit les variables de taille du bâti (surface et nombre de pièces).

3.1.2 La période de construction

Cette variable explicative a été utilisée dans de nombreuses études, à la fois parce qu'elle constitue *a priori* un déterminant potentiel de la consommation d'énergie, mais également parce qu'elle traduit l'existence d'un levier de réduction de la consommation d'énergie. En effet, si l'on observe empiriquement que les bâtiments récents consomment moins d'énergie que les bâtiments anciens, alors cela signifie que la mise en place d'une réglementation thermique imposant des critères d'efficacité énergétique est efficace. Cependant, la présente revue de la littérature met en évidence l'absence de consensus quant à l'impact de l'âge du bâtiment sur la consommation d'énergie, et ceci est d'autant plus vrai pour la consommation d'électricité. En effet, d'après le Tableau 38, on constate que la plupart des études (14 sur 18) obtiennent un coefficient significatif pour la variable « *Année de construction/Âge du bâtiment* », ce qui signifie que les bâtiments récents consomment moins d'énergie thermique (gaz, fioul, etc.) que les bâtiments anciens, ce qui peut être interprété comme une preuve empirique de l'efficacité des réglementations thermiques et d'une meilleure efficacité énergétique des équipements récents. Cependant, les résultats concernant l'impact de l'âge du bâtiment sur la consommation d'électricité sont plus ambigus. Parmi les 17 études ayant introduit l'âge de construction comme variable explicative, 8 concluent que les bâtiments récents consomment plus d'électricité que les bâtiments anciens, tandis que 9 concluent le résultat opposé.

Dans ce dernier cas, on trouve l'article de Bernard, Bolduc, et Belanger (1996), qui montre que les logements les plus récents consomment moins d'électricité, et celui de Costa et Kahn (2011), qui font de l'impact de l'âge de construction du bâtiment sur la consommation d'électricité des ménages la problématique principale de leur article. En outre, ils intègrent dans la régression, en plus de l'année de construction, le prix de l'électricité de l'année de construction du logement. La relation entre l'âge de construction et la consommation d'électricité mise en évidence par les auteurs n'est pas monotone. Les bâtiments construits dans les années 1960, 1970, 1980, début 1990 et milieu des années 1990 consomment respectivement 12%, 9%, 13%, 12% et 5% d'électricité de plus que les bâtiments construits entre 1998 et 2000 »²⁴. Globalement, la consommation d'électricité, tous usages confondus, est plus faible dans les bâtiments récents.

À l'inverse, parmi les articles concluant que les bâtiments récents consomment plus d'électricité, on trouve l'article de Leahy et Lyons (2010). Les auteurs considèrent 7 périodes de construction : avant 1918, 1918-1960 (modalité de référence), 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, et après 2000. Peu de résultats sont significatifs. Les bâtiments construits avant 1918 consomment significativement plus d'électricité que les bâtiments construits entre 1918 et 1960. À l'inverse, les bâtiments construits entre 1961 et 1970 consomment également plus d'électricité que les bâtiments construits entre 1918 et 1960, et ceci est encore plus marqué pour les bâtiments construits après 2000. Ainsi, les bâtiments de la dernière génération consomment plus d'électricité. Ceci s'explique sans doute par l'augmentation des potentialités d'usage de l'électricité. En effet, les auteurs ont également

²⁴ Traduction de l'auteur

étudié les déterminants de la possession d'équipements, et trouvent que les bâtiments construits après 2000 ont significativement plus de chances d'avoir un freezer, un sèche-linge ou un lave-vaisselle que les bâtiments construits entre 1918 et 1960. Ils ont également une plus grande probabilité d'avoir du double vitrage, mais cela agit uniquement sur la consommation de chauffage et de climatisation.

On trouve également l'article de Kahn, Kok, et Quigley (2014), qui étudient l'impact de l'âge du bâtiment sur le parc de bâtiments tertiaires. Ils étudient l'ensemble des branches du tertiaire et ne font pas de régression par branche. Ils obtiennent un résultat très intéressant : les bâtiments construits il y a moins de 30 ans consomment plus d'électricité que les bâtiments construits il y a plus de 30 ans. Ils observent également que les bâtiments rénovés consomment plus d'électricité que les bâtiments non rénovés. Pour expliquer ce résultat qui va à l'encontre des politiques de rénovation des bâtiments dans l'optique d'une réduction de la consommation d'énergie, les auteurs soulignent le fait que selon eux, la qualité d'un bâtiment et la consommation d'électricité sont deux biens complémentaires. Ils insistent sur le fait que la rénovation d'un bâtiment pourra sans doute diminuer le besoin d'énergie pour les usages thermiques, mais augmentera la qualité du bâtiment et donc la qualité et la quantité des services énergétiques assurés par l'électricité.

Certains auteurs étudient exclusivement la consommation de gaz. Leth-Petersen (2002) étudie l'impact de l'âge du logement sur la consommation de gaz des ménages danois. Il observe que plus le bâtiment est récent, plus il sera efficace énergétiquement. Toutes les modalités de l'âge sont significatives dans les différents modèles qu'il estime. L'auteur précise que l'effet de l'âge du bâtiment est significatif depuis les années 60, mais qu'il est plus important à partir des années 80, qui ont suivi la mise en place des réglementations thermiques (1979). Harold, Lyons, et Cullinan (2015) étudient l'impact de l'âge de construction sur la consommation de gaz des ménages irlandais. Ils observent que les logements construits avant 1981 consomment significativement plus de gaz que ceux construits entre 1981 et 2000. Les auteurs précisent qu'en Irlande, la réglementation imposant une isolation thermique des bâtiments date de 1979, ce qui leur permet d'expliquer l'effet observé de l'âge de construction sur la consommation de gaz. En outre, les auteurs mettent en évidence que l'effet de l'âge de construction sur la consommation de gaz est monotone : plus le bâtiment est récent, moins il consomme de gaz.

D'autres études portent sur l'impact de l'âge du bâtiment sur la consommation totale d'énergie (toutes sources et tous usages). Vaage (2000) observe un effet négatif de l'âge du bâtiment (exprimé en log) sur la consommation totale d'énergie. Cela implique que les bâtiments plus récents consomment moins d'énergie. De même, Hong et al. (2006) concluent que plus le bâtiment est récent, moins il consomme d'énergie, ceci étant vrai pour les bâtiments construits après 1976, l'année d'introduction de la réglementation thermique au Royaume-Uni. Rehdanz (2007) considère les logements allemands construits jusqu'en 1991, étant donné qu'il utilise une enquête de 1993. Il n'est donc pas possible de capturer l'évolution des 20 dernières années. En revanche, l'auteur montre que les bâtiments les plus récents ont des factures énergétiques plus faibles. Les bâtiments récents sont donc plus sobres énergétiquement. Risch et Salmon (2013) observent que les bâtiments récents consomment

moins d'énergie, la variable régressée étant la consommation totale d'énergie. Le résultat est significatif à partir des années 1975 pour les appartements (les modalités désignant les bâtiments construits avant 1975 ne sont pas significatives) et n'est pas significatif pour les maisons individuelles. Notons que la première réglementation thermique en France date de 1974. Les résultats des auteurs mettraient en évidence l'efficacité de cette réglementation thermique dans les appartements, mais pas dans les maisons individuelles.

Seule l'étude de Nesbakken (2001) porte exclusivement sur la consommation d'énergie pour le chauffage et l'ECS. Il observe une relation positive entre l'âge du bâtiment et cette consommation d'énergie.

Enfin, certaines études étudient la question de l'impact de l'âge des bâtiments sur la consommation d'énergie sous divers aspects, elles sont donc développées plus longuement ci-dessous.

Lee et Singh (1994) estiment trois modèles de choix continus : la quantité d'électricité consommée par les ménages qui consomment aussi du gaz, la quantité d'électricité consommée par les ménages qui ne consomment que de l'électricité, et la quantité de gaz consommée. Dans les deux premiers cas, l'âge du bâtiment n'est pas significatif. Dans le dernier cas, l'estimation par moindres carrés conduit à un résultat positif mais non significatif tandis qu'une estimation par moindres carrés pondérés conduit à un effet significatif positif de l'âge de construction sur la consommation de gaz. Encore une fois, l'âge de construction a donc un impact négatif sur la consommation d'énergie thermique mais pas d'effet significatif sur la consommation d'électricité.

Liao et Chang (2002) analysent l'impact de l'âge à la fois sur le choix de l'équipement énergétique (choix discret) et sur la quantité d'énergie consommée (choix continu). Il apparaît que plus le logement est récent, plus la probabilité est grande de choisir l'électricité comme énergie de chauffage. De plus, l'estimation du choix continu (quantité d'énergie consommée) montre que les bâtiments récents consomment moins de gaz et de fioul, mais plus d'électricité, pour l'usage chauffage.

Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) étudient l'influence de l'âge de construction sur le choix du mix énergétique (électricité, gaz, fioul, réseau de chaleur) et sur la quantité consommée. Ils étudient à la fois les ménages et les entreprises. Dans un premier temps, ils observent l'impact de l'âge du bâtiment sur la probabilité qu'une énergie soit utilisée dans le mix énergétique (respectivement, l'électricité seule, combinée avec du gaz, avec du fioul ou avec un réseau de chaleur). Pour les ménages, les auteurs observent que plus le bâtiment est récent plus la probabilité que le mix énergétique soit composé uniquement d'électricité augmente. Le résultat est identique pour les bâtiments tertiaires. Dans un deuxième temps, ils analysent l'impact de l'âge du bâtiment sur la quantité d'énergie consommée conditionnellement au mix énergétique. Ils observent que les logements les plus vieux consomment plus d'électricité lorsqu'elle est la seule source énergétique, mais c'est l'inverse qui se produit lorsque le mix énergétique est également composé de gaz ou de fioul. Les auteurs ne présentent ni n'interprètent ce résultat. Dans le premier cas, l'électricité est utilisée pour tous les usages, notamment le chauffage qui doit représenter une part importante de la consommation globale. L'effet positif de l'âge du bâtiment sur la consommation d'électricité traduit probablement une amélioration de l'enveloppe thermique du bâtiment. Les résultats de

l'impact de l'âge sur la consommation de gaz vont dans le même sens, à savoir que les bâtiments plus récents consomment moins de gaz. Or le gaz naturel est majoritairement utilisé pour le chauffage, donc le résultat pourrait traduire lui aussi une amélioration de l'enveloppe thermique du bâtiment ou de l'efficacité énergétique du système de chauffage. Dans le cas où l'électricité est combinée à d'autres sources d'énergie, les bâtiments récents consomment plus d'électricité. Or, dans ces bâtiments, nous pouvons supposer que l'usage de chauffage est assuré par les autres énergies utilisées (gaz ou fioul) et donc que l'impact de l'âge du bâtiment sur la consommation d'électricité porte avant tout sur l'usage de l'électricité utilisée pour d'autres usages que les usages thermiques (climatisation, éclairage, électricité spécifique). Le fait que les bâtiments récents consomment plus d'électricité peut traduire alors le développement de nouveaux équipements tels que la climatisation, les équipements électroménagers, etc. Pour les bâtiments tertiaires, l'effet de l'âge sur la consommation d'électricité est beaucoup plus net. Les bâtiments récents consomment significativement plus d'électricité, qu'elle soit utilisée seule ou combinée à d'autres sources d'énergie. Les auteurs suggèrent que les bâtiments récents fournissent plus de services énergétiques, et donc consomment plus (climatisation, ascenseur, etc.). L'effet de l'âge du bâtiment n'est pas significatif sur la consommation de gaz ou de chaleur. Les bâtiments récents consomment significativement moins de fioul.

Newell et Pizer (2008) étudient l'effet de l'âge de construction sur la probabilité d'utilité d'un vecteur énergétique donné pour un usage donné d'une part, et sur la quantité d'énergie consommée d'autre part. Pour l'usage « chauffage », les auteurs observent que les bâtiments âgés entre 20 et 40 ans consomment significativement plus d'énergie que les bâtiments de moins de 20 ans. Cela plaide donc pour une amélioration de l'efficacité énergétique durant les 20 dernières années. Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les bâtiments construits récemment et ceux âgés de plus de 40 ans. Cela suggère que les efforts des vingt dernières années compensent le manque de sobriété des bâtiments construits il y a plus de 20 ans mais moins de 40 ans. Pour l'usage « ECS », les auteurs mettent en évidence un effet net de l'âge : les bâtiments de moins de 20 ans ont significativement plus de chances de produire de l'ECS à partir d'électricité et moins de chances d'utiliser du gaz ou du réseau de chaleur, comparativement aux bâtiments construits entre 20 et 40 ans. Les auteurs montrent également que la quantité d'énergie consommée pour l'usage « cuisson » est plus faible pour les bâtiments qui ont plus de vingt ans et moins de 60 ans. Les bâtiments de moins de 20 ans consomment plus d'énergie pour les « autres usages de l'énergie », ce qui est particulièrement vrai pour l'électricité et le fioul. Enfin, l'effet de l'âge le plus marqué est celui sur la quantité d'électricité consommée pour les « Autres usages de l'électricité » : les bâtiments de moins de 20 ans consomment significativement plus d'électricité que chacune des générations précédentes. Ce résultat est très intéressant car il confirme ce que d'autres auteurs ont déjà mis en avant, le fait que les bâtiments récents consomment peut-être moins d'énergie pour se chauffer mais certainement plus d'électricité pour les autres usages.

Dans l'étude de Brounen, Kok, et Quigley (2012), l'âge de construction est une variable significative de la consommation d'électricité et de gaz. Les bâtiments très vieux (construits avant 1905) consomment moins que les autres, mais les auteurs expliquent que cela signifie probablement qu'ils ont déjà subi une rénovation. À partir des années 1970, plus le bâtiment est récent, moins il consomme de gaz. Les bâtiments construits entre 1970 et 1980

(respectivement entre 1980 et 1990) consomment 53% (respectivement 26%) de gaz de plus que les bâtiments construits après 2000. Les résultats sont moins nets pour l'électricité. Les bâtiments construits respectivement entre 1980 et 1990 et entre 1990 et 2000 consomment plus d'électricité que les bâtiments construits après 2000 (respectivement 3,7% et 1,3%). En revanche, les bâtiments plus anciens consomment moins d'électricité que les bâtiments construits après 2000. Les auteurs insistent en conclusion de leur article ainsi que dans leur résumé sur le résultat concernant l'impact de l'âge de construction. Selon eux, les gains de consommation énergétique avec l'âge du bâtiment traduisent le succès des réglementations thermiques.

Jacobsen et Kotchen (2013) font de la question de l'impact de l'âge de construction le cœur de leur article. Plus précisément, ils étudient la différence de consommation de gaz et de consommation d'électricité entre les bâtiments construits avant 2002, date du changement de réglementation thermique en Floride et ceux construits après. Ils observent à l'aide d'une régression linéaire multiple que les bâtiments construits après le changement de réglementation thermique consomment environ 4% d'électricité et 6,4% de gaz de moins que ceux construits avant 2002. Dans un deuxième temps, ils estiment ces différences non plus à l'échelle de l'année mais chaque mois car ils anticipent le fait que l'effet dépend du mois de l'année. Effectivement, ils observent que la consommation d'électricité est plus faible durant les mois d'été dans les bâtiments récents, tandis que la consommation de gaz est significativement plus faible durant les mois d'hiver dans les bâtiments récents. Enfin, à l'aide d'une régression *differences-in-differences*, ils concluent que les bâtiments récents sont moins sensibles aux variations de HDDs et de CDDs, c'est-à-dire aux variations de température.

De même, Chong (2012) s'intéresse principalement à l'impact de la période de construction sur la consommation d'électricité. La variable d'intérêt est la « sensibilité de la consommation à une hausse de la température », définie comme l'augmentation en % de la consommation d'électricité engendrée par une augmentation de la température extérieure d'1°F. L'auteur considère les périodes de construction : <1970, 1970-1980, 1980-1990, 1990-2000. Il constate que les bâtiments plus récents (construits après 1980) sont plus sensibles aux variations de températures, autrement dit qu'une variation de la température engendrera une augmentation de la consommation d'électricité plus grande dans les bâtiments récents que dans les bâtiments anciens.

Wyatt (2013) procède à une analyse univariée pour étudier l'impact de l'âge de construction sur la consommation énergétique. Il ressort clairement que globalement, plus les bâtiments sont récents, plus les consommations moyenne et médiane de gaz diminuent (ceci est vrai pour les bâtiments construits avant 1999). En revanche, la dernière génération de bâtiment (construite après 2000) consomme plus de gaz en moyenne et en médiane que la génération précédente. Mais les résultats ne sont toutefois pas 'toutes choses égales par ailleurs'. L'auteur attribue cette diminution tendancielle de la consommation de gaz à l'implémentation de réglementation thermique. Selon lui, les bâtiments de la dernière génération consommeraient plus d'énergie à cause du développement du chauffage central. En ce qui concerne la consommation d'électricité, celle-ci présente une moyenne et une médiane plus élevées pour les deux dernières générations (1983-1999 et >2000) que pour les deux générations précédentes (1946-1964 et 1965-1982). L'auteur ne propose pas d'explication mais les résultats sont cohérents avec plusieurs études empiriques, observant

une diminution du besoin d'énergie pour le chauffage mais une augmentation de la consommation d'électricité provoquée par une hausse de la demande d'électricité spécifique. Cependant, cette étude n'est pas *ceteris paribus*.

En conclusion, il semblerait que deux tendances opposées aient été identifiées dans la littérature. D'une part, la consommation d'énergie provenant de combustibles, tels que le gaz et le fioul, est moins élevée dans les constructions récentes que dans les constructions plus anciennes. Ce constat fait l'objet d'un relatif consensus puisque 14 études sur les 18 ayant étudié cette question obtiennent ce résultat. D'autre part, il semblerait que la consommation d'électricité puisse être plus élevée dans les bâtiments récents. Cela a été observé dans la moitié des études (8 sur 17). Cependant, une comparaison de ces études est délicate puisque le périmètre de chaque étude varie : certaines études considèrent uniquement la consommation d'électricité pour le chauffage, tandis que d'autres étudient la consommation totale d'électricité ; certaines études portent sur des ménages n'utilisant que l'électricité, tandis que d'autres portent sur les ménages qui consomment de l'électricité conjointement à d'autres sources d'énergie (gaz, fioul, etc.). Malgré cela, une possible interprétation de ces résultats pourrait être la suivante : les bâtiments récents sont mieux isolés et sont équipés de systèmes de chauffage plus performant, ils consomment donc moins d'énergie pour se chauffer, y compris lorsque cette énergie est de l'électricité. En revanche, les bâtiments récents sont plus équipés, et ces équipements consomment exclusivement de l'électricité : climatisation, ascenseur, etc. La conclusion de l'article de Kahn, Kok, et Quigley (2014), qui porte sur le secteur tertiaire, est à ce titre très intéressante, puisque pour expliquer le fait qu'ils observent une consommation d'électricité plus importante dans les bâtiments récents, les auteurs expliquent que la qualité d'un bâtiment et la consommation d'électricité sont des biens complémentaires. Enfin, l'âge du bâtiment aurait également un impact sur le choix d'équipements énergétiques : la probabilité de se chauffer ou de produire de l'ECS à partir d'électricité est plus importante lorsque les bâtiments sont plus récents. Ce résultat est à conditionner au pays, puisqu'il dépend notamment de la réglementation thermique portant sur les constructions neuves en vigueur dans le pays.

3.1.3 Le type de bâtiment

Certaines études se sont intéressées à l'impact du type de bâtiment sur la consommation énergétique. Pour le secteur résidentiel, les logements sont classés en deux catégories : les maisons individuelles et les logements collectifs (les appartements)²⁵. En général, les maisons individuelles consomment plus d'énergie que les appartements, car elles présentent une surface de déperdition thermique plus importante (Rehdanz (2007), Meier et Rehdanz (2010), Wyatt (2013), Brounen, Kok, et Quigley (2012), Harold, Lyons, et Cullinan (2015) . Seuls Hong et al. (2006) observent un résultat contraire à l'intuition et à la littérature empirique. Ils

²⁵ Certaines études utilisent un découpage plus fin (maison mitoyenne, pavillon, etc.).

observent que les appartements consomment plus que les maisons individuelles. Cela dit, ce résultat provient d'une analyse univariée, et reflète sans doute l'effet de variables omises.

En ce qui concerne le secteur tertiaire, Newell et Pizer (2008) étudient la consommation d'énergie des bâtiments tertiaires et ont intégré des variables binaires pour chaque secteur afin de capturer l'hétérogénéité du tertiaire. Ils montrent certains résultats intéressants. Pour l'usage « chauffage », aucune grande tendance ne ressort, il n'y a pas de branche qui consomme significativement plus ou moins d'énergie quelle que soit la source. On note tout de même que les commerces alimentaires consomment significativement moins de gaz pour se chauffer, et qu'à l'inverse, les hôpitaux consomment significativement plus de gaz ou de chaleur pour se chauffer. Les bâtiments publics consomment significativement plus d'électricité pour se chauffer, les hébergements consomment plus d'électricité et moins de gaz ou de fioul pour se chauffer. Les commerces de détail consomment plus d'électricité²⁶. Pour l'ECS, les hôpitaux ont une probabilité plus grande de se chauffer à l'électricité. Il apparaît clairement que les restaurants et les hébergements consomment plus d'énergie pour l'ECS quelle que soit la source utilisée. C'est le résultat contraire pour les entrepôts. Les hôpitaux consomment également plus d'énergie pour l'ECS (de l'électricité, du gaz ou du réseau de chaleur). Pour ce qui est de l'usage « cuisson », les résultats des régressions sont conformes aux anticipations : les restaurants consomment significativement plus d'énergie que la branche de référence, de même que les commerces alimentaires. En ce qui concerne les autres usages énergétiques les branches qui consomment significativement plus d'énergie (en l'occurrence de l'électricité) sont les restaurants, les commerces alimentaires, les hôpitaux, tandis qu'à l'inverse, les entrepôts et les commerces de détail consomment moins que le groupe de référence. Enfin, les branches qui consomment plus d'électricité spécifique sont les restaurants, les commerces alimentaires, tandis que toutes les autres consomment significativement moins d'électricité.

3.1.4 L'état du bâtiment

L'état du bâtiment est en général peu documenté dans les enquêtes à la disposition des chercheurs. Parmi les 28 études constituant la présente revue de littérature, seuls 4 ont introduit une variable traduisant l'état du bâtiment dans la régression. Trois constatent qu'un bâtiment en mauvais état consomme plus d'énergie.

Rehdanz (2007) dispose d'informations sur l'état général du bâtiment. Le répondant de l'enquête choisit parmi quatre modalités celle qui caractérise le mieux l'état de son logement : « bon », « nécessite une rénovation », « nécessite une rénovation complète », « à détruire ». La régression sur les données 1998 révèle que meilleure est la qualité du bâtiment, plus faible sera la facture énergétique. En revanche, la variable n'est plus significative sur les données de

²⁶ Les résultats sont comparativement à la branche « Autres ». Or, il semblerait que dans la branche « Autres », il y ait majoritairement des bureaux privés (ceci est une déduction puisqu'ils ne sont nulle part dans le découpage du tertiaire).

2003. Les auteurs suggèrent que cela puisse traduire une amélioration de la qualité des bâtiments entre 1998 et 2003.

Meier et Rehdanz (2010) disposent d'informations sur d'éventuels problèmes du bâtiment : s'il y a de la condensation, si la toiture fuit, si les fenêtres ou le sol pourrissent, si les murs ou le sol sont humides. Ces variables peuvent servir de *proxy* pour l'état du bâtiment et son éventuel besoin de rénovation. Les auteurs trouvent que pour toutes les spécifications du modèle, ces quatre variables sont significatives et influent positivement sur la facture énergétique.

Belaïd (2016) observe une consommation d'énergie plus élevée dans les bâtiments de mauvaise qualité. La variable utilisée pour cela est la « Présence de moisissure », qui est considérée comme un indicateur de la qualité du bâtiment. Les bâtiments présentant des moisissures consomment entre 4% et 13% de plus que les autres. On pourrait extrapoler ces quatre résultats en supposant que les bâtiments de mauvaise qualité n'ont pas connu de rénovation ou de travaux récents et consomment plus que ceux en bon état, qui ont probablement été rénovés, sans nécessairement que ce soit une rénovation énergétique, mais que les travaux d'entretien peuvent être l'occasion de mettre en place certaines mesures d'efficacité énergétique. On pourrait également penser que les logements en mauvais état sont occupés majoritairement par des locataires voire des sous-locataires, qui ne peuvent entreprendre des travaux d'entretien à cause de leur statut, ou par des propriétaires défavorisés, disposant de peu de moyens pour remettre en état leur logement.

Une seule étude s'intéresse aux bâtiments tertiaires. Kahn, Kok, et Quigley (2014) étudient la consommation d'électricité dans ces bâtiments. Ils introduisent dans les variables explicatives la variable « Classe du bâtiment » qui prend les modalités A, B ou C, la première désignant les bâtiments de meilleure qualité. Ils observent que les bâtiments mieux classés consomment plus d'électricité (les bâtiments A consomment 20% d'électricité de plus que les bâtiments classés C). De même, ils observent que les bâtiments rénovés consomment environ 20% d'électricité de plus que les bâtiments non rénovés. Les auteurs suggèrent que ce résultat met en avant le fait que la qualité d'un bâtiment et sa consommation d'électricité sont des biens complémentaires (argument qu'ils utilisent également pour justifier que les bâtiments récents consomment plus d'électricité).

3.2 Les caractéristiques des occupants

3.2.1 Le nombre d'occupants

L'effet du nombre d'occupants du logement est largement documenté. Presque toutes les études ayant inclus cette variable dans les régressions obtiennent un effet positif du nombre d'occupants sur la consommation énergétique, que ce soit la consommation totale (Vaage (2000)), la consommation d'électricité (Branch (1993), Lee et Singh (1994), Bernard, Bolduc, et Belanger (1996), Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008), Leahy et Lyons (2010), voir Tableau 37), ou la consommation de gaz ou de fioul (Lee et Singh (1994), Leahy et Lyons

(2010)). Liao et Chang (2002) observent que le nombre de personnes dans le ménage agit positivement sur la consommation de gaz pour l'usage chauffage, mais n'a pas d'impact significatif sur la consommation de fioul ou d'électricité.

Certains auteurs étudient également l'impact du nombre d'occupants sur la consommation énergétique par tête. Ils documentent ainsi l'existence d'un effet de « rendement d'échelle », comme pour la surface du bâtiment : la consommation par tête diminue avec le nombre d'occupants. À l'aide d'analyses univariées, Druckman et Jackson (2008) obtiennent tout d'abord un coefficient de corrélation positif entre le nombre de personnes et la consommation d'énergie ($r=0.24$), coefficient plus élevé pour l'électricité (0.27) que pour le gaz (0.20). Ensuite, ils observent une corrélation négative entre la consommation d'énergie par tête et le nombre de personnes dans le foyer ($r=-0.33$, corrélation plus élevée en valeur absolue pour l'électricité que pour le gaz). Les auteurs accompagnent leurs résultats d'une remarque pertinente : si les projections démographiques se révèlent exactes, le nombre de personnes par ménage va décroître, ce qui peut engendrer une hausse de la consommation énergétique au niveau macroéconomique. Brounen, Kok, et Quigley (2012) et Harold, Lyons, et Cullinan (2015) mettent également en évidence ce phénomène de rendement d'échelle.

Enfin, Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) étudient l'effet de la taille du ménage sur le choix du mix énergétique (électricité, gaz, fioul, réseau de chaleur) et sur la quantité consommée. Dans un premier temps, ils observent l'impact de cette variable sur la probabilité qu'une énergie soit utilisée dans le mix énergétique (respectivement, l'électricité seule, combinée avec du gaz, avec du fioul ou avec un réseau de chaleur). Ils observent que plus la taille du ménage est importante, plus la probabilité d'utiliser du gaz ou du fioul augmente comparativement à l'alternative de n'utiliser que de l'électricité. Dans un deuxième temps, ils analysent l'effet de la taille du ménage sur la quantité consommée conditionnellement au mix énergétique. Ils observent que la taille du ménage a un effet positif sur la consommation d'électricité, de gaz, mais pas d'effet significatif sur la consommation de fioul ou de GPL/kérosène.

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'articles prenant en compte le nombre d'occupants dans les déterminants de la consommation énergétique d'un bâtiment tertiaire.

3.2.2 L'âge des occupants

Il n'y a pas de consensus au sein de la littérature quant à l'impact de l'âge des occupants sur la consommation d'énergie. Cela semble dépendre des sources et des usages. Branch (1993) observe une relation positive entre l'âge de la personne de référence et la consommation d'électricité. Il observe qu'en moyenne, la consommation d'électricité augmente de 0.3% si l'âge du répondant augmente d'un an. D'autres études révèlent que les ménages les plus âgés ont tendance à consommer plus d'énergie pour le chauffage, car ils sont plus souvent dans leur logement et exigent éventuellement un confort thermique plus grand, tandis qu'à l'inverse ils consomment moins d'électricité car possèdent et/ou utilisent moins d'équipements électriques. Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) concluent à une relation

positive entre l'âge de la personne de référence et la consommation d'électricité. Nesbakken (2001) observe un effet positif et significatif de l'âge de la personne de référence sur la consommation de chauffage et d'ECS. Liao et Chang (2002) montrent que les ménages âgés consomment plus de fioul, de gaz ou d'électricité pour se chauffer, mais à l'inverse ils consomment moins d'énergie pour l'ECS. Rehdanz (2007) trouve que la facture de chauffage et d'ECS par m² augmente avec l'âge moyen du ménage. Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) étudient l'effet de l'âge du répondant sur le choix du vecteur énergétique (électricité, gaz, fioul, réseau de chaleur) et sur la quantité consommée. Dans un premier temps, ils observent l'impact de cette variable sur la probabilité qu'une énergie soit utilisée dans le mix énergétique (respectivement, l'électricité seule, combinée avec du gaz, avec du fioul ou avec un réseau de chaleur). Ils observent que plus les ménages sont âgés, plus grande est la probabilité qu'ils utilisent d'autres sources que l'électricité dans leur logement. Dans un deuxième temps, ils étudient l'effet de l'âge du ménage sur la quantité consommée. Le résultat obtenu n'est pas univoque. La quantité consommée de gaz ou de fioul augmente avec l'âge, tandis que le résultat pour l'électricité est soit non significatif, soit positif. Leahy et Lyons (2010) observent que les ménages les plus âgés (les plus de 65 ans) consomment significativement moins d'électricité que les ménages de 35 à 45 ans. Ceci peut s'expliquer par un moindre recours aux équipements électriques. En effet, les auteurs, qui ont également étudié les déterminants de la possession d'équipements électroménagers, observent une propension significativement moindre des ménages les plus âgés à posséder des appareils électroménagers. En revanche, l'âge du ménage n'influence pas la quantité d'autres énergies consommées. Mais l'activité du ménage a un effet significatif sur la consommation d'autres énergies. En effet, les ménages retraités consomment plus d'autres énergies que les autres types de ménages. Ceci peut s'expliquer par le fait que les retraités occupent le logement plus souvent. Meier et Rehdanz (2010) trouvent également que la facture énergétique augmente avec l'âge du ménage, jusqu'à environ 80 ans, puis diminue au-delà. L'âge de la personne de référence a également un effet significatif sur la consommation d'énergie dans l'étude de Brounen, Kok, et Quigley (2012). Les personnes âgées consomment plus de gaz. Les auteurs expliquent que c'est probablement parce qu'ils passent plus de temps dans leur logement et exigent un meilleur confort thermique. En revanche, les ménages âgés consomment moins d'électricité que les couples mariés d'âge moyen (environ 2% à 4% de moins), probablement parce qu'ils possèdent ou utilisent moins d'appareils électriques. Les auteurs terminent leur article en proposant un exercice de prospective et alertent sur le fait que le vieillissement de la population, de part le fait que les ménages âgés consomment en moyenne plus d'énergie que les autres, pourrait venir contrebalancer les efforts d'économie d'énergie. L'étude de Harold, Lyons, et Cullinan (2015) confirme les précédents résultats, puisqu'ils trouvent que les ménages plus âgés consomment plus d'énergie que les autres. Enfin, Belaïd (2016) observe également un impact positif de l'âge de la personne de référence sur la consommation totale d'énergie : une augmentation de 10 ans de l'âge de la personne de référence entraîne une augmentation de la consommation d'énergie comprise entre 1% et 4%.

3.2.3 Le statut d'occupation

Le statut d'occupation est un déterminant de la consommation énergétique fréquemment étudié. Dans la littérature théorique, le statut d'occupation est censé impacter la consommation d'énergie dans un bâtiment via le phénomène appelé « dilemme propriétaire-locataire ». Lorsque le bâtiment est occupé par son propriétaire, les incitations à l'efficacité énergétique sont présentes puisqu'il y a unicité entre la personne qui supporte les coûts des équipements ou des travaux d'efficacité énergétique et celle qui en récolte les bénéfices *via* une diminution de la facture énergétique. À l'inverse, lorsque le bâtiment est occupé par un locataire, ce dernier et le propriétaire ont peu d'incitation à investir dans l'efficacité énergétique. Le Tableau 2 résume les différentes situations possibles.

	Les locataires paient les équipements ou les travaux d'efficacité énergétique	Les propriétaires paient les équipements ou les travaux d'efficacité énergétique
Les locataires paient la facture énergétique	Les locataires bénéficient des coûts et des bénéfices des travaux d'efficacité énergétique. Cependant, ces travaux sont en général amortis sur plusieurs années voire dizaines d'années. Les locataires ne sont incités à investir que s'ils occupent le bâtiment pendant suffisamment de temps pour rentabiliser leur investissement.	Les propriétaires ne sont pas incités à investir, car ils supportent les coûts des mesures mais ne bénéficient pas de la réduction de la facture énergétique. La seule incitation réside dans la possibilité d'augmenter le montant du loyer auprès du locataire occupant qui aura vu sa facture énergétique baisser ou si, au moment de changement de locataire, le marché immobilier valorise la performance énergétique du logement par une augmentation de la plus-value à la revente ou des loyers.
Les propriétaires paient la facture énergétique	Les locataires ne sont pas incités à investir car ils supportent les coûts mais pas les bénéfices des mesures d'efficacité énergétique, sauf si le propriétaire, qui lui bénéficie de la réduction de la facture, accepte de diminuer le montant du loyer.	Les propriétaires sont incités à investir dans des mesures d'efficacité énergétique mais sont dépendants du comportement des locataires. Or, les locataires ne paient pas les factures énergétiques, ils font donc face à un coût marginal de l'énergie qui est nul, ce qui ne les incite pas à modérer leur consommation d'énergie

Tableau 2 - Illustration du dilemme propriétaire-locataire

Source : Inspiré de Varenio (2012), de Sathaye et Murtishaw (2006) et de Maruejols et Young (2011)

Cependant, la littérature empirique ne permet pas de conclure quant à l'impact du statut d'occupation sur la consommation d'énergie. Parmi les 18 études recensées prenant en compte le statut d'occupation dans les régressions, 9 constatent que les propriétaires consomment plus d'énergie que les locataires, 4 constatent que les propriétaires consomment moins que les locataires et 5 n'observent pas d'effet significatif du statut d'occupation sur la consommation d'énergie.

Lee et Singh (1994) estiment trois demandes d'énergie : la quantité d'électricité consommée par les ménages qui consomment aussi du gaz, la quantité d'électricité consommée par les ménages qui ne consomment que de l'électricité, et la quantité de gaz consommée. Dans les trois cas, les locataires consomment moins d'énergie (gaz ou électricité) que les propriétaires²⁷. De même, Vaage (2000) observe que les locataires consomment significativement moins d'énergie (tous usages confondus) que les propriétaires.²⁸ Berkhout, Ferrer-i-Carbonell, et Muskens (2004) observent que les propriétaires consomment plus de gaz que les locataires, en ayant contrôlé leurs résultats par la taille du salon (m²) et par le revenu. Harold, Lyons, et Cullinan (2015), qui n'ont ni contrôlé leurs résultats par le revenu du ménage ni par la surface du bâtiment, constatent que les propriétaires consomment plus de gaz que les locataires. Mais les auteurs précisent eux-mêmes que leurs résultats peuvent cacher l'impact du revenu. Les régressions effectuées par Meier et Rehdanz (2010) montrent que les propriétaires consomment plus d'énergie que les locataires. Cependant, les auteurs n'ont pas pu contrôler ce résultat par la surface du bâtiment, mais uniquement par le nombre de pièces. Ceci peut introduire un biais important et surestimer la consommation des propriétaires par rapport à celle des locataires, car en général les propriétaires vivent dans des logements plus grands que les locataires. Wyatt (2013), à l'aide d'une analyse univariée, remarque que les propriétaires consomment plus d'électricité et plus de gaz que les locataires (moyenne et médiane plus élevées). En revanche, ce résultat n'est pas *ceteris paribus*, donc peut en réalité révéler le fait que les propriétaires occupent plus des maisons individuelles ou des appartements plus grands que les locataires. Les propriétaires peuvent également avoir un revenu plus élevé que les locataires. Enfin, Belaïd (2016) constate que le statut d'occupation est l'une des variables qui influencent le plus la consommation totale d'énergie. Il observe que les locataires ont une consommation plus faible que les propriétaires d'environ 21-22%. L'auteur analyse ce résultat en suggérant que les logements loués doivent être en conformité avec la réglementation thermique.

À l'inverse, une série d'auteurs observe que les propriétaires consomment moins d'énergie que les locataires. Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) observent ceci pour la consommation d'électricité des ménages québécois. Rehdanz (2007) étudie la facture de chauffage et d'ECS par m² des ménages allemands, et fait de la différence entre propriétaires et locataires une des problématiques majeures de l'article. Les résultats de cette étude montrent que les propriétaires ont des factures plus faibles que les locataires. L'auteur explique cela par une probable différence d'efficacité énergétique. Selon lui, les propriétaires

²⁷ Le revenu et la surface du bâtiment sont inclus dans la régression.

²⁸ Le revenu est inclus dans la régression. La surface n'est pas incluse, mais le nombre de pièces l'est.

sont plus enclins à investir dans l'efficacité énergétique de leur logement que les locataires. En outre, il trouve que 80% des propriétaires ont qualifié leur logement de « bon » tandis que seulement 1% l'a qualifié de « bon à détruire ».

Certaines études ne trouvent pas d'effet significatif du statut d'occupation sur la consommation d'énergie. C'est le cas de l'étude de Liao et Chang (2002) qui n'observent pas d'effet significatif du statut d'occupation sur la consommation d'énergie pour le chauffage (fioul, gaz ou électricité). Newell et Pizer (2008) étudient l'impact du statut d'occupation dans le tertiaire. L'impact du statut d'occupation n'est pas significatif sur la consommation pour le chauffage, quel que soit le vecteur énergétique. Les propriétaires consomment moins d'électricité pour les usages « électricité spécifique ». Les autres effets ne sont globalement pas significatifs.

Enfin, certaines études observent un effet du statut d'occupation ambigu qui nécessite d'être analysé plus finement. Levinson et Niemann (2004) étudient la différence de comportement énergétique entre les locataires payant leur facture énergétique et ceux ayant leurs charges énergétiques incluses dans le loyer (ces derniers ont donc un coût marginal de l'énergie qui est nul). Leurs résultats montrent qu'en moyenne, toutes choses égales par ailleurs, les premiers ont une température intérieure de 1°F plus faible que les derniers. Les auteurs convertissent cela en factures énergétiques : les factures énergétiques des ménages avec charges incluses dans le loyer sont plus élevées de 1,7% par rapport à celles des ménages les payant.

Leahy et Lyons (2010) n'observent pas d'impact significatif du statut d'occupation sur la consommation d'électricité. En revanche, lorsqu'ils régressent la consommation d'autres énergies, ils constatent que les propriétaires consomment moins d'énergie que les locataires du parc privé et les locataires du parc social. Ceci est cohérent avec le dilemme propriétaire-locataire. Les propriétaires ont en théorie une probabilité plus importante d'avoir rénové énergétiquement leur logement. L'étude empirique de Leahy et Lyons (2010) confirme ce résultat puisque que les auteurs observent que les propriétaires ont significativement plus de chances d'avoir installé des doubles vitrages que les locataires. Ceci peut expliquer pourquoi l'impact du statut d'occupation est significatif sur la consommation d'autres énergies, car ces dernières ne servent qu'aux usages thermiques (chauffage, production d'ECS, cuisson) et surtout au chauffage, usage qui peut être réduit par l'installation de double vitrage. Les auteurs ont également étudié les déterminants de la possession d'équipements électroménagers. Ils trouvent que les locataires, du parc privé comme du parc social, ont une probabilité significativement plus faible de posséder certains équipements (un aspirateur, un sèche-linge, un lave-vaisselle, un ordinateur ou un congélateur). Les auteurs expliquent cela par le moindre accès au crédit des locataires ou par le fait que ces derniers investissent moins dans des équipements électroménagers car ils planifient de rester moins longtemps dans un logement que les propriétaires. Pour autant, même si les locataires ont significativement moins d'appareils électroménagers, cela ne semble pas affecter leur consommation d'électricité.

Kahn, Kok, et Quigley (2014) étudient l'impact du statut d'occupation sur la consommation d'électricité des bâtiments tertiaires. Les données qu'ils utilisent précisent le

type de contrat de location en ce qui concerne la gestion de l'énergie. Ils distinguent ainsi les locataires qui souscrivent leur propre contrat énergétique et ceux dont les charges énergétiques sont incluses dans le loyer (et font face à un coût marginal de l'énergie qui est nul). Ils obtiennent que les locataires ayant leur propre contrat énergétique consomment environ 20% de moins que ceux qui ont un coût marginal de l'énergie qui est nul.

Ainsi, on constate que l'effet du statut d'occupation sur la consommation d'énergie est équivoque. Certaines études observent que les propriétaires consomment plus d'énergie que les locataires, mais elles semblent souffrir de biais d'omission, puisque dans une partie de ces études la surface ou le revenu sont absents du modèle économétrique. Or, les propriétaires ont en général un revenu plus important que les locataires et des logements de plus grande taille. L'effet du statut d'occupation pourrait en partie cacher l'effet de ces deux variables omises. À l'inverse, d'autres études sont plus cohérentes avec le concept du dilemme propriétaire-locataire, puisqu'elles montrent que les propriétaires ont plus fréquemment recouru à des mesures d'efficacité énergétique que les locataires et qu'ils consomment moins d'énergie.

3.2.4 Le revenu

Une grande majorité des études empiriques se sont attachées à estimer l'élasticité de la consommation d'énergie au revenu. La théorie économique implique que si l'énergie est un bien normal, alors si le revenu du ménage augmente, la demande d'énergie augmente également. Dans ce cas l'élasticité-revenu doit être une valeur positive comprise entre 0 et 1. Notons que, dans le cadre de cette revue de littérature, il est difficile de comparer les valeurs des élasticités obtenues, car la variable représentant la consommation d'énergie n'est pas toujours la même. Il peut s'agir de la consommation totale, de la consommation d'une seule source d'énergie (gaz ou électricité par exemple) ou de la consommation pour un seul usage (chauffage ou ECS par exemple).

Branch (1993) estime l'élasticité de la consommation d'électricité au revenu, et obtient une valeur de 0.23, ce qui est une élasticité de court terme étant donné le choix d'une estimation de la demande conditionnelle aux équipements. De plus, l'auteur ne dispose pas directement du revenu mais de la dépense totale du ménage, qui est une mesure du revenu permanent. L'auteur juge que la valeur de l'élasticité est faible et que la demande conditionnelle d'électricité est relativement inélastique.

Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) estiment une élasticité-revenu de court terme et de long terme. La dernière est rendue possible par le fait qu'ils prennent en compte, via l'estimation d'un modèle de choix discret-continu, le potentiel changement de technologie que provoquerait une hausse du revenu. L'élasticité-revenu de court terme est comprise entre 0.11 et 0.14 et celle de long terme est comprise entre 0.08 et 0.09. En théorie, l'élasticité-revenu est supposée être plus importante à long terme qu'à court terme. Les auteurs précisent que ce résultat contre-intuitif mérite des recherches supplémentaires.

Nesbakken (2001) étudie les déterminants de la consommation de chauffage à l'aide d'un modèle de choix discret-continu. Le coefficient devant la variable « Revenu » dans l'équation du choix continu représente l'élasticité-revenu de court terme, autrement dit la modification de la quantité consommée conditionnellement au mode de chauffage installé. L'auteur présente une valeur de l'élasticité-revenu pour tous les individus : 0.06. Ensuite, il présente la valeur de l'élasticité-revenu en fonction du mode de chauffage : les individus se chauffant à l'électricité ont une élasticité au revenu de 0.13, ceux utilisant de l'électricité et du fioul ont une élasticité de 0.05, ceux utilisant de l'électricité et du bois ont une élasticité-revenu de 0.06 et enfin ceux utilisant les trois sources d'énergie pour se chauffer ont une élasticité-revenu de 0.05. On observe que ceux utilisant uniquement l'électricité ont une élasticité-revenu plus de deux fois plus élevée que ceux utilisant au moins une autre source d'énergie. L'auteur explique cette différence par le profil des ménages n'utilisant que de l'électricité. D'après lui, « *ceux-ci sont plus pauvres, vivent dans un logement relativement petit qui est souvent un appartement, et ont une consommation d'énergie relativement faible* »²⁹.

Dans la première partie de son étude, Leth-Petersen (2002) recherche la relation entre la consommation de gaz et d'électricité respectivement et la consommation totale, variable *proxy* du revenu. À l'aide d'une exploration non paramétrique, il observe que le logarithme de la consommation de gaz et le logarithme de la consommation d'électricité sont des fonctions linéaires du logarithme de la consommation totale. Ensuite, à l'aide d'une régression linéaire multiple de la consommation d'électricité d'une part et de gaz d'autre part, il estime l'élasticité de la demande d'énergie à la consommation totale : elle vaut 0.28 pour l'électricité et est comprise entre 0.37 et 0.40 pour le gaz.

Vaage (2000) obtient un résultat original concernant l'élasticité-revenu de la consommation d'énergie. Selon la spécification du modèle, l'impact du revenu est soit non significatif, soit légèrement négatif. L'auteur explique que la consommation d'énergie pour certains usages (électricité spécifique notamment) dépend probablement du revenu, mais selon lui la consommation d'énergie pour se chauffer n'en dépend pas, car le chauffage est un bien de première nécessité. Or, dans cette étude, la quantité d'énergie régressée est la quantité totale, tous usages confondus, mais environ 80% de cette énergie est consacrée au chauffage du logement. Pour l'auteur, cela explique l'absence de significativité du revenu. Vaage (2000) estime que son résultat est cohérent avec les autres études utilisant des modèles de choix discret-continu, qui trouvent une élasticité-revenu positive mais de très faible amplitude. Cependant, l'auteur ajoute que les estimations réalisées à l'aide de séries temporelles rapportent des élasticités-revenu supérieures à 1. Il explique que le phénomène sous-jacent est qu'en devenant plus riches, les ménages ont acquis des nouveaux équipements et ont donc augmenté leur consommation d'énergie.

Berkhout, Ferrer-i-Carbonell, et Muskens (2004) estiment l'élasticité-revenu de la demande d'électricité et de la demande de gaz des ménages néerlandais, à l'aide de données de panel s'étalant sur 6 années (de 1994 à 1995). Ils obtiennent une valeur de 0.61 pour l'élasticité-revenu de la demande d'électricité, ce qui signifie que l'électricité est un bien normal, tandis qu'ils obtiennent une valeur de -0,27 pour la demande de gaz, ce qui signifie

²⁹ Traduction personnelle

que le gaz est un bien inférieur. Cependant, les auteurs mettent en avant le fait que ce résultat souffre probablement d'un biais de variables omises.

Rehdanz (2007), qui étudie la facture énergétique de chauffage et d'ECS, obtient une élasticité de la facture par m² au revenu comprise entre 0.01 et 0.10.

À l'aide d'une analyse univariée, Druckman et Jackson (2008) observent une corrélation positive entre le revenu et la consommation ($r=0.27$ $p<0.01$) avec une corrélation plus élevée pour l'électricité (0.25) que pour le gaz (0.23).

Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) étudient l'effet du revenu du ménage sur le choix du vecteur énergétique (électricité, gaz, fioul, réseau de chaleur) et sur la quantité consommée. Dans un premier temps, ils observent l'impact de cette variable sur la probabilité qu'une énergie soit utilisée dans le mix énergétique (respectivement, l'électricité seule, combinée avec du gaz, avec du fioul ou avec un réseau de chaleur). Ils observent que le revenu n'affecte pas significativement la probabilité de choisir du gaz ou du fioul, mais qu'elle fait diminuer la probabilité d'utiliser d'autres sources d'énergie comme le kérosène ou le GPL. Ensuite, les auteurs analysent l'impact du revenu sur les quantités consommées. Ils observent que la quantité d'électricité consommée augmente avec le revenu (élasticité comprise entre 0.06 et 0.18), de même que la quantité de gaz (élasticité de 0.04), tandis que le revenu n'a pas d'effet significatif sur la consommation de fioul ni de GPL/kérosène.

Leahy et Lyons (2010) estiment un modèle lin-log avec un coefficient de 3.67 pour la consommation d'électricité. Cela signifie que si le revenu augmente de 10%, alors la consommation d'électricité augmentera de 0,35 kWh par semaine, sachant que la moyenne de consommation d'électricité est de 83,4 kWh. Ainsi, même si le coefficient est significatif au seuil de 1%, l'amplitude de l'impact du revenu sur la consommation d'électricité reste très limitée. Par ailleurs, le revenu n'a significativement pas d'impact sur la quantité consommée d'autres énergies. Cette étude plaide donc pour une consommation d'énergie très peu élastique au revenu.

Meier et Rehdanz (2010) obtiennent une élasticité de la facture énergétique au revenu comprise entre 0.01 et 0.04. Ceci dit, leur régression souffre probablement d'un biais puisque la surface du bâtiment n'est pas introduite dans la régression alors que de nombreuses autres études ont montré que la surface est le déterminant principal de la consommation énergétique. Les auteurs précisent que l'élasticité estimée est une élasticité de court terme étant donné qu'ils régressent le montant des factures énergétiques conditionnellement au stock d'équipement.

Brounen, Kok, et Quigley (2012) réalisent un modèle log-log de la consommation de gaz et de la consommation d'électricité. Le coefficient s'interprète directement comme une élasticité. L'élasticité de la consommation de gaz au revenu est de 0.06 et de 0.11 pour l'électricité.

Risch et Salmon (2013) obtiennent une élasticité-revenu de 0.02 pour les maisons individuelles. Pour les ménages habitant en appartement, le revenu n'est pas significatif.

Wyatt (2013) illustre graphiquement la relation positive entre le revenu et la consommation de gaz et d'électricité, mais ne fournit pas d'analyse économétrique. La consommation médiane des plus aisés est environ deux fois plus élevée que celle des plus pauvres.

Belaïd (2016) observe une élasticité-revenu de la consommation d'énergie totale (tous usages et toutes sources) très faible (0.007 à 0.06), non significative pour les logements urbains chauffés au gaz, voire négative pour les immeubles (-0.04).

Ainsi, même si la comparaison des valeurs est difficile, on constate qu'elles sont toutes comprises entre 0.007 et 0.6, ce qui permet de conclure que l'énergie est un bien normal puisque les valeurs de l'élasticité sont positives, mais que la demande d'énergie est particulièrement inélastique, puisque les valeurs de l'élasticité-revenu sont inférieures à 1, et relativement proche de 0.

3.2.5 Autres caractéristiques des occupants

Certaines études ont considéré d'autres caractéristiques des occupants qui n'ont pas été prises en compte jusqu'ici. Rehdanz (2007) documente une augmentation de la facture de chauffage et d'ECS avec la part de personnes sans activité dans le ménage. Brounen, Kok, et Quigley (2012) observent que plus il y a de femmes dans un ménage, plus la consommation de gaz augmente (d'environ 2%), tandis qu'à l'inverse la consommation d'électricité décroît avec la part de femmes. Ils observent également que les ménages d'origine étrangère consomment à la fois moins de gaz et moins d'électricité que les ménages néerlandais, et évoquent des différences de mode de vie (type de cuisine, nombre de douches, etc.). Enfin, ils observent que les ménages avec des enfants âgés de plus de 12 ans consomment plus d'électricité que les ménages avec des enfants plus jeunes. En effet, d'après les auteurs, les enfants plus âgés regardent plus la télévision, jouent plus aux jeux vidéo, etc. Les auteurs appellent ce phénomène « *l'effet Nintendo* ».

Il nous paraît évident que la consommation énergétique est affectée par de multiples caractéristiques des occupants, à la fois les habitudes culturelles, les façons de cuisiner, le nombre de douches prises par les habitants, les préférences pour le confort, le temps passé à l'intérieur du logement. Cela dit, il n'est pas certain que l'économétrie soit la démarche scientifique adaptée à l'identification de ces interactions, et ceci d'autant plus que l'économétrie souffre de n'apporter que des éléments de corrélation et non des éléments de causalité.

Le secteur tertiaire a été beaucoup moins étudié que le résidentiel, et il est également difficile de concevoir des enquêtes fournissant de l'information sur les caractéristiques des employés ou des occupants du bâtiment. À notre connaissance, le seul élément identifié dans la littérature pouvant être perçue comme une caractéristique des occupants est présent dans l'étude de Kahn, Kok, et Quigley (2014), qui avance un résultat intéressant concernant les bâtiments tertiaires : la présence d'un manager de l'énergie fait chuter la consommation d'énergie de 7% à 8% par rapport aux bâtiments qui n'ont pas de gestionnaire de l'énergie, toutes choses égales par ailleurs.

3.3 Les équipements et les mesures d'efficacité énergétique

3.3.1 La possession et l'usage de certains équipements

Certains auteurs ont étudié l'impact de l'utilisation de certains équipements sur la consommation énergétique. L'objectif n'est pas tant de tester l'existence d'un effet significatif, mais plutôt de quantifier cet effet. L'intérêt d'une telle estimation se justifie par l'augmentation du taux d'équipement électrique des ménages, qui a commencé après la Seconde Guerre Mondiale (en particulier l'électroménager « blanc ») et se poursuit aujourd'hui (électroménager « brun » et « gris »). Les équipements électriques se sont également développés et continuent de se développer dans le tertiaire. Il est donc essentiel d'estimer l'impact énergétique de ces équipements.

Branch (1993) étudie l'impact de la possession de certains équipements sur la consommation d'électricité. L'impact du mode de chauffage électrique dépend de la région puisque l'auteur a croisé cette variable avec les HDDs. À titre d'illustration, il montre que pour les habitants de New York, la consommation électrique de ceux qui se chauffent à l'électricité est supérieure de 205% à celle des ménages ne se chauffant pas à l'électricité, pour les mois d'hiver. Pour les mois d'été, la consommation d'électricité de ceux qui ont la climatisation est supérieure de près de 300% à celle des ménages n'utilisant pas la climatisation (variable croisée avec les CDDs). La présence d'un chauffe-eau électrique entraîne une augmentation de la consommation de 44%, tandis que la présence d'un freezer l'augmente de 26%, d'un four électrique de 15%, d'un sèche-linge de 14%.

D'autres auteurs étudient l'impact de la présence d'équipements, mais ne fournissent pas de résultats numériques interprétables. En effet, le coefficient de régression n'est pas directement interprétable, sauf si le modèle est log-linéaire. Pour le reste, il est nécessaire de disposer des valeurs moyennes des variables. Ainsi, nous pouvons seulement affirmer que K. J. Baker et Rylatt (2008) introduisent la présence ou le nombre de certains équipements pour expliquer la consommation d'électricité et de gaz. Le nombre de téléviseurs, d'ordinateurs, de boîtiers internet, et de radiateurs électriques d'appoint ont un impact positif significatif sur la consommation d'électricité. De même, Leahy et Lyons (2010) observent que la présence d'équipements ménagers, et notamment d'aspirateur, de sèche-linge, de congélateur et de lave-vaisselle induit une consommation d'électricité plus élevée. Lee et Singh (1994) montrent que la présence d'une climatisation a un impact positif significatif sur la consommation d'énergie.

Chong (2012) étudie l'impact de la climatisation. Celle-ci est plus présente dans les bâtiments récents. L'auteur obtient le résultat suivant : la climatisation a un impact positif sur la consommation journalière d'électricité, et entraîne également une augmentation de la « sensibilité de la consommation à la hausse de la température ». En effet, comme présenté plus haut, l'auteur étudie la « réponse de la consommation à la température », autrement dit l'augmentation de la consommation d'électricité engendrée par une augmentation de la

température extérieure de 1°F. Les bâtiments disposant d'une climatisation ont une réponse à la température significativement plus importante que ceux qui n'en ont pas. Seul Belaïd (2016) observe que la présence de climatisation a un effet négatif sur la consommation totale d'énergie, alors que selon lui, l'effet devrait être positif. Cependant, l'auteur modère son résultat en précisant qu'il peut cacher l'effet de la localisation, car les ménages utilisant la climatisation peuvent être situés dans des zones plus chaudes, ce qui réduit les besoins.

3.3.2 Le double vitrage

Certaines bases de données fournissent des informations détaillées sur le bâti, et sur les équipements. Dans certains cas, elles précisent si les fenêtres des bâtiments sont équipées de double vitrage. Cela est intéressant pour l'économètre, car il peut ainsi tester empiriquement l'effet de ce type de mesure d'efficacité énergétique sur la consommation d'énergie. En général, les gains de consommation énergétique permis par des mesures d'efficacité énergétique (double vitrage, isolation, changement de système de chauffage, etc.) sont calculés *ex ante* par un modèle ingénieur. Ce sont des résultats théoriques. Ces modèles fonctionnent sous un certain nombre de contraintes et d'hypothèses, par conséquent il est nécessaire d'évaluer *ex post* l'effet des mesures d'efficacité énergétique. Ceci est permis par l'analyse statistique et économétrique.

Berkhout, Ferrer-i-Carbonell, et Muskens (2004) estiment l'impact du double vitrage sur la consommation de gaz, *ceteris paribus*. D'après leurs résultats, le double vitrage permettrait une réduction d'environ 15% en moyenne de la consommation de gaz. Les auteurs comparent cette diminution de la consommation de gaz à celle qu'engendrerait une augmentation du prix du gaz de 10% et qui s'élèverait à 3% en moyenne selon leurs estimations (il s'agit de la demande conditionnelle aux équipements).

Rehdanz (2007) étudie l'impact d'un changement de fenêtres ayant eu lieu l'année précédant l'enquête. Les résultats de son modèle économétrique montrent que les ménages ayant changé leurs fenêtres n'ont pas une facture significativement plus basse que ceux qui ne les ont pas changées, ce qui peut apparaître comme allant à l'encontre des bonnes pratiques d'efficacité énergétique. Cela peut traduire plusieurs choses. D'une part, les ménages peuvent avoir changé de fenêtres pour des motivations autres que l'efficacité énergétique et dans ce cas, les nouvelles fenêtres n'ont pas nécessairement de meilleures performances thermiques que les anciennes. D'autre part, il peut y avoir un effet rebond qui annule le gain énergétique potentiel. Enfin, la réduction engendrée par l'installation de nouvelles fenêtres peut être trop faible pour être statistiquement significative. Dans tous les cas, ce résultat contre-intuitif confirme le besoin d'évaluation *ex post* de la significativité statistique des mesures d'efficacité énergétique.

Leahy et Lyons (2010) observent que la présence de double vitrage réduit significativement la consommation des énergies combustibles (gaz, fioul)³⁰, de 35 kWh par semaine en moyenne, soit environ 8% de la consommation hebdomadaire. Ceci est un résultat

³⁰ La présence de double vitrage n'affecte pas la consommation d'électricité.

très positif. Risch et Salmon (2013) observent que le double vitrage a un effet négatif sur la consommation énergétique totale dans les appartements, mais l'effet n'est pas significatif pour les logements les plus récents. L'effet n'est pas significatif du tout pour les maisons. De même, Harold, Lyons, et Cullinan (2015) observent que l'effet du double vitrage sur la consommation journalière de gaz des ménages irlandais est négatif mais n'est pas statistiquement significatif. Enfin, Belaïd (2016) observe un effet ambigu de la présence de double vitrage sur la consommation d'énergie totale. Sur l'ensemble de son échantillon, l'effet est négatif mais n'est pas significatif. Pour le sous-échantillon composé des maisons en milieu rural, l'effet est significatif et négatif. L'auteur explique cela par le fait que la surface de fenêtres est probablement plus importante dans cette dernière catégorie de logements, et donc les déperditions thermiques évitées sont plus importantes. Enfin, l'effet est significatif et positif pour le sous-échantillon composé des immeubles, ce qui va à l'encontre de l'objectif d'efficacité énergétique du double vitrage. L'auteur explique ce dernier point par le fait que les ménages qui ont un double vitrage ouvrent sans doute leurs fenêtres plus régulièrement pour aérer et faire diminuer la température intérieure. Encore une fois, cet exemple montre que les modèles ingénieurs et les modèles économétriques peuvent aboutir à des résultats opposés. Les modèles ingénieurs, fondés sur les propriétés thermiques des matériaux et la dynamique des fluides mais ignorant le comportement auraient probablement conclu à un effet négatif du double vitrage sur la consommation énergétique. Les modèles économétriques, qui s'appuient sur la consommation réellement observée, permettent de remettre en cause les résultats des modèles ingénieurs.

3.3.3 L'isolation

De même que pour le double vitrage, l'analyse économétrique permet de réaliser une évaluation *ex post* de l'impact de l'isolation sur la consommation énergétique.

Lee et Singh (1994) observent que l'isolation des murs a un impact négatif significatif sur la consommation de gaz, mais pas d'impact significatif sur la consommation d'électricité. Berkhout, Ferrer-i-Carbonell, et Muskens (2004) obtiennent un résultat similaire.

Hong et al. (2006) comparent les résultats des sorties d'un modèle théorique ingénieur avec ceux d'une analyse empirique fondée sur la consommation observée. Ils étudient l'impact de l'isolation sur la consommation d'énergie de chauffage. D'après le modèle théorique, la combinaison de l'isolation par l'extérieur et de l'isolation des combles présente un potentiel de réduction de la consommation d'énergie comprise entre 45% et 49%. Les résultats empiriques ne conduisent qu'à une réduction de la consommation comprise entre 10% et 17%. Les auteurs attribuent une partie de cet écart à l'impossibilité technique d'isoler l'intégralité des murs, alors qu'en théorie cela est réalisable.

Brounen, Kok, et Quigley (2012) constatent que l'effet de l'isolation sur la consommation de gaz est significatif, mais son amplitude est relativement faible : rajouter une couche d'isolation conduit à une diminution de seulement 3% de la consommation de gaz par tête. Les auteurs comparent cette réduction au résultat mis en évidence par Allcott (2011), qui montre que révéler aux usagers la consommation énergétique de leurs voisins a des effets

similaires (réduction de 2%). En outre, les auteurs ont mis le terme « qualité de l'isolation » à la puissance 1 et à la puissance 2 pour tenir compte de la non linéarité de la relation. En effet, une couche supplémentaire n'a pas le même effet si elle est ajoutée à un bâtiment ayant déjà plusieurs couches d'isolation ou si elle est ajoutée à un bâtiment qui n'est pas encore isolé. Enfin, l'effet de l'isolation varie avec l'âge : la différence de consommation de gaz entre un bâtiment pas du tout isolé et un bâtiment parfaitement isolé est de 8% pour les bâtiments construits entre 1905 et 1929, et de seulement 2% pour les bâtiments construits entre 1990 et 2000. En revanche, la qualité de l'isolation n'a pas d'effet sur la consommation d'électricité.

Risch et Salmon (2013) montrent que la qualité de l'isolation a un impact significatif négatif pour les ménages habitant dans un appartement, mais ceci uniquement pour la modalité désignant l'isolation récente (dans les 10 dernières années). Les autres modalités (« ancienne mais suffisante », « ancienne mais insuffisante ») ne sont pas significatives. La qualité de l'isolation n'est pas significative pour les ménages habitant en maison individuelle. (Notons que c'est le ménage qui déclare la qualité de l'isolation).

Wyatt (2013) documente l'impact de l'isolation sur la consommation de gaz. Il compare les consommations de bâtiments avant et après isolation. Les deux types d'isolation considérés sont l'isolation des combles et l'isolation des murs creux, ensemble ou séparément. Les résultats sont ventilés par type de bâtiments (pavillon, maison mitoyenne, etc.). L'isolation des murs creux seule provoque une diminution de la consommation de gaz comprise entre 14% et 17,5%. L'isolation des combles seule provoque une diminution comprise entre 8,5% et 11,3%.

Harold, Lyons, et Cullinan (2015) comparent la consommation de gaz des ménages ayant isolé leurs combles depuis plus de 5 ans, ceux qui les ont isolés depuis moins de 5 ans et ceux qui ne les ont pas isolés. Étrangement, ils observent que ceux qui n'ont pas isolé leurs combles consomment moins de gaz que ceux qui les ont isolés depuis plus de 5 ans. Cependant, les auteurs rappellent que leur résultat peut être biaisé car la régression n'est pas contrôlée par le revenu du ménage, qui est une variable déterminante de la consommation d'énergie.

3.3.4 Le changement de chaudière/de chauffage

Le changement des appareils de chauffage est considéré comme une stratégie de réduction de la consommation d'énergie. En effet, si les équipements récemment mis sur le marché sont plus sobres en énergie que les équipements installés, alors le remplacement des équipements anciens par des équipements plus récents permet de réduire la consommation énergétique pour les besoins de chauffage. C'est l'idée qui sous-tend les dispositifs incitatifs tels que l'éco-prêt ou le « crédit d'impôt transition énergétique ». Comme pour l'isolation et le double vitrage, des évaluations théoriques du gain énergétique engendré par un changement d'équipement peuvent être réalisées par des modèles ingénieurs. Mais les modèles économétriques permettent de modérer les conclusions des modèles ingénieurs qui considèrent généralement un comportement « idéal » des occupants, bien éloigné des comportements réels.

Hong et al. (2006) comparent les résultats des sorties d'un modèle théorique ingénieur avec ceux d'une analyse empirique basée sur la consommation observée. Ils étudient le potentiel de réduction associé au remplacement du système de chauffage le moins performant par le système de chauffage le plus performant. D'après le modèle théorique, cela devrait conduire à une réduction de 43% de la consommation d'énergie. Les données empiriques contredisent une nouvelle fois le modèle théorique puisqu'aucune différence significative n'est observée. Le modèle théorique évalue le potentiel de réduction de la combinaison du changement de système de chauffage et de l'isolation à 61%. Les données empiriques concluent à l'absence d'impact. Les auteurs tentent d'expliquer cet écart par l'existence de phénomènes inobservés tel l'augmentation de la fréquence d'aération de l'appartement ou l'usage de l'ancien système de chauffage en parallèle du nouveau. Encore une fois, c'est le comportement des occupants qui contrebalance le gain théorique d'une mesure d'efficacité énergétique.

Rehdanz (2007) constate que les logements ayant changé de système de chauffage l'année précédant l'enquête ont une facture de chauffage et d'ECS plus faible d'environ 6% à 10%

Risch et Salmon (2013) n'étudient pas directement l'impact d'un changement de chaudière, mais plutôt l'effet du mode de chauffage sur la consommation énergétique. Les auteures observent que les logements chauffés à l'électricité consomment moins d'énergie (consommation totale, toutes sources confondues) que les logements chauffés au fioul. Cela peut éventuellement révéler l'efficacité énergétique de la chaudière, les chaudières électriques étant plus récentes et donc plus efficaces que les vieilles chaudières au fioul. De plus, les appartements chauffés par une chaudière collective consomment plus d'énergie que les appartements chauffés par un chauffage individuel.

Wyatt (2013) trouve qu'un remplacement de la chaudière peut conduire à une diminution de la consommation de gaz d'environ 15%. Ce chiffre concerne uniquement les changements vers des chaudières gaz à condensation.

Harold, Lyons, et Cullinan (2015) n'étudient pas directement l'impact d'un changement de la chaudière, mais l'impact d'un entretien régulier de la chaudière installée sur la consommation de gaz des ménages irlandais. Leur régression révèle que les ménages faisant réviser leur chaudière tous les 2-3 ans et ceux qui ne la font jamais réviser consomment moins de gaz que ceux qui la font réviser tous les ans. Ce résultat va à l'encontre de l'intuition mais les auteurs précisent qu'il peut souffrir d'un biais de causalité inverse : ce sont les ménages qui consomment beaucoup qui ont intérêt à réviser leur chaudière régulièrement.

D'autres études ont étudié l'impact du type de chauffage. Rehdanz (2007) constate que les logements équipés d'un chauffage central ont des factures plus élevées que les autres, toutes choses égales par ailleurs. L'auteur défend ce résultat en expliquant que les logements disposant d'un chauffage central sont plus difficiles à chauffer en intégralité et qu'il n'est pas possible d'ajuster au besoin le chauffage de chaque pièce. De la même façon que Rehdanz (2007), Meier et Rehdanz (2010) étudient l'impact du type de vecteur énergétique (électricité, gaz ou fioul) utilisé pour chauffer. Ils observent que la facture énergétique est plus élevée si l'énergie de chauffage est l'électricité. Cela dit, les auteurs modèrent leur résultat en précisant que la facture recouvre d'autres usages que celui de chauffage, notamment l'usage d'énergie par les équipements électriques, ce qui peut expliquer pourquoi le coefficient de l'électricité

est plus important que celui des autres sources d'énergie. Les auteurs précisent que seulement 12% des ménages utilisent l'électricité comme énergie de chauffage.

3.4 Le prix de l'énergie

Le prix de l'énergie est probablement la variable explicative de la consommation énergétique qui intéresse le plus les chercheurs et les pouvoirs publics. En effet, le prix de l'énergie constitue un levier de réduction de la consommation énergétique, à condition que la demande d'énergie soit élastique. Les pouvoirs publics peuvent décider d'augmenter le prix de l'énergie à l'aide d'une taxe environnementale. La justification d'une telle mesure réside dans le caractère particulier des dommages associés à la consommation d'énergie que sont le changement climatique en premier lieu, mais également la pollution atmosphérique liée aux émissions ou la pollution des milieux provoquée par l'extraction. Ces dommages sont des externalités, c'est-à-dire que l'agent économique (ménage ou entreprise) ne prend pas en compte la création de ce dommage dans sa décision de consommation ou de production. Pourtant, ces dommages sont subis collectivement. Les pouvoirs publics peuvent donc « internaliser » ces « effets externes » en rajoutant au coût privé d'une décision de consommation ou de production une fraction du coût subi collectivement.

De nombreux débats concernent l'efficacité relative des différents dispositifs de tarification que sont la taxe environnementale et les marchés de permis d'émission d'autre part, l'équité des ces dispositifs, et l'ampleur de la réduction de la consommation énergétique qu'engendrerait une augmentation du prix de l'énergie. Cette dernière question nécessite l'estimation de l'élasticité-prix de la demande énergétique.

Comme nous l'avons vu en première partie, différentes méthodologies sont utilisées pour évaluer cette élasticité-prix. La modélisation de la demande conditionnelle aux équipements ne permet que l'estimation de l'élasticité de court terme, puisque l'adaptation du stock d'équipements en fonction des prix de l'énergie est exclue. En revanche, les modèles de choix discret-continu permettent d'estimer l'élasticité-prix de long terme. Nous détaillons les estimations de l'élasticité-prix de la demande énergétique obtenues dans la littérature. Le Tableau 3 rassemble les résultats.

Branch (1993) estime l'élasticité-prix à court terme de la demande d'électricité. Il obtient une valeur de -0.20.

Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) calculent l'élasticité-prix de l'électricité et les élasticités de substitution, de court terme et de long terme. L'élasticité-prix de l'électricité est d'environ -0.05 à -0.07 pour le court terme et de -0.65 pour le long terme. L'élasticité croisée avec le prix du fioul est de 0.04 à court terme et de 0.03 à long terme, tandis que l'élasticité croisée avec le prix du gaz est de 0.08 à court terme et 0.06 à long terme. Ainsi, si les élasticités estimées ont le signe attendu, elles n'ont pas l'amplitude attendue. En effet, l'élasticité de long terme est supposée être plus importante que l'élasticité de court terme. Les auteurs précisent que ce résultat contre-intuitif mérite des recherches supplémentaires.

Vaage (2000) étudie l'influence du prix de l'énergie sur la consommation d'énergie, tous usages confondus. Lorsqu'il y a plusieurs sources d'énergie utilisées par un même ménage, le prix de l'énergie considéré est la moyenne des prix des énergies utilisées. L'auteur obtient une élasticité de -1.29 ou -1.24 selon la spécification du modèle, ce qui est élevé par rapport à la littérature. Il précise que c'est une élasticité de long terme. En effet, l'élasticité de court terme ne prend en compte que l'ajustement de la quantité d'énergie consommée conditionnellement aux équipements installés. À long terme, le stock d'équipement est variable et peut donc s'ajuster aux variations du prix de l'énergie. Dans cette étude, l'auteur modélise à la fois le choix de la quantité d'énergie consommée et le choix des équipements, il faut donc interpréter l'élasticité estimée comme une élasticité de long terme. Un autre argument permet à l'auteur de justifier la valeur importante de l'élasticité. En Norvège, 80% des ménages utilisent plusieurs sources d'énergie. Les ménages peuvent donc substituer une source d'énergie à une autre pour s'adapter à une variation de prix. La variation de la quantité d'énergie consommée sera donc plus importante.

Nesbakken (2001) estime l'élasticité-prix de la consommation de chauffage et d'ECS pour tous les ménages et également par groupe de ménages : les ménages qui n'utilisent que l'électricité pour se chauffer, les ménages qui combinent l'électricité et le fioul, ceux qui combinent l'électricité et le bois et enfin ceux qui combinent les trois types de source. Pour l'ensemble des ménages, l'élasticité-prix vaut en moyenne -0.21. Pour les ménages n'utilisant que de l'électricité pour se chauffer, l'élasticité-prix est de -0.55. Pour ceux qui combinent l'électricité respectivement avec du fioul ou du bois, l'élasticité-prix est respectivement de -0.21 et -0.18. Enfin, pour ceux qui utilisent les trois sources d'énergie, l'élasticité-prix estimée est de -0.15. Ces résultats sont contre-intuitifs puisqu'en théorie, la présence d'un substitut à un bien dont le prix augmente permet de réduire la consommation de ce bien. L'élasticité-prix de la consommation devrait donc être plus élevée dans le cas d'un ménage disposant de plusieurs sources d'énergie.

Berkhout, Ferrer-i-Carbonell, et Muskens (2004) estiment l'élasticité-prix de la demande d'électricité et de la demande de gaz des ménages néerlandais à l'aide de données de panel s'étendant sur 6 années, de 1994 à 1999. La valeur de l'élasticité-prix de la demande d'électricité est de -0.55, ce qui est relativement élevé, tandis que celle de la demande de gaz est de -0.19. On peut interpréter la moindre ampleur de l'élasticité-prix du gaz respectivement à celle de l'électricité par le fait que le gaz est une énergie qui est utilisée pour des besoins de première nécessité tels que se chauffer, se nourrir et se laver. Dans le cas de biens de première nécessité, il est difficile de réduire sa demande, qui est par conséquent relativement inélastique. En revanche, l'électricité est utilisée à la fois pour ces usages de première nécessité mais également pour des besoins que les ménages peuvent réduire, tels que l'utilisation d'équipements électroniques (chaîne Hi-Fi, télévision, ordinateur, voire climatisation).

Levinson et Niemann (2004) observent un effet négatif du prix de l'énergie sur la température intérieure. Celle-ci étant positivement liée à la consommation d'énergie, les auteurs documentent ainsi une relation négative entre le prix de l'énergie et la quantité consommée. Cela dit, l'échantillon de cette étude est composé de deux types de ménages : ceux qui paient leur facture énergétique et ceux dont les charges énergétiques sont incluses dans le loyer et indépendantes de la quantité consommée. Pour ceux-ci, le prix de l'énergie

n'est pas significatif. Pour les autres, une augmentation de 1% du prix de l'énergie implique une diminution d'environ 0.38°F.

Rehdanz (2007) dispose des factures de chauffage et d'ECS, et estime que si le prix du gaz double, alors la facture augmente entre 37% et 55%, ce qui traduit indirectement une diminution de la consommation puisque la facture augmente moins que le prix. Si le prix du fioul double, la facture augmente de 32% à 47%. Afin de pouvoir étudier l'impact du prix sur la quantité consommée, l'auteur approxime la quantité consommée en divisant la facture énergétique par le prix moyen de l'énergie utilisée. Il obtient une élasticité de la consommation de fioul pour le chauffage au prix du fioul comprise entre -1.68 et -2.03 selon le modèle ; de même pour l'élasticité de la consommation au prix du gaz qui est comprise entre -0.44 et -0.63.

Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) étudient l'impact du prix de l'énergie sur le choix du vecteur énergétique (électricité, gaz, fioul, réseau de chaleur) et sur la quantité consommée. Ils étudient à la fois les ménages et les entreprises. Dans un premier temps, les prix des énergies sont introduits comme variables explicatives du choix du mix énergétique. Les auteurs observent que le prix de l'énergie considérée (respectivement gaz, électricité, fioul) agit négativement sur la probabilité que cette énergie soit choisie par un ménage, et qu'à l'inverse les prix des autres énergies (respectivement électricité ou fioul, gaz ou fioul, gaz ou électricité) agit positivement sur la probabilité que l'énergie considérée soit choisie, mettant en avant le fait que ces énergies sont donc des biens substituables. Dans un deuxième temps, ils étudient l'impact du prix de l'énergie sur la quantité consommée conditionnellement au choix du mix énergétique. Ils observent que la consommation d'électricité des ménages n'utilisant que l'électricité est inélastique (coefficient non significatif ou significatif et égal à -0.4). En revanche, elle est plus élastique lorsque les ménages utilisent d'autres sources d'énergie : -1 à -1.26 pour ceux qui utilisent le fioul, -0.72 pour ceux qui utilisent également du gaz et -0.94 pour ceux qui utilisent d'autres sources d'énergie. Cela semble suggérer une possibilité de substitution entre énergies pour ceux qui utilisent plusieurs énergies. L'élasticité-prix du gaz est de -0.77, l'élasticité-prix des autres sources d'énergie (GPL) est de -1.04. En revanche, l'élasticité-prix du fioul est de 0.47 à 0.59, valeurs faiblement significatives. Les auteurs expliquent ce résultat contre-intuitif par le fait que les données concernant l'utilisation du fioul sont peut-être de mauvaise qualité. Enfin, les auteurs observent que les entreprises sont également sensibles aux prix des énergies. L'élasticité-prix de l'électricité est comprise entre -1.1 et -2.1. L'élasticité-prix du gaz est de -1.98, celle du fioul de -3.8 et celle du réseau de chaleur de -0.28.

Newell et Pizer (2008) étudient en détail l'effet du prix de l'énergie sur la consommation énergétique, et cela pour chaque usage de l'énergie, ce qui constitue un des apports majeurs de l'article puisque très peu d'études disposent des consommations par usage et peuvent donc disposer des élasticités-prix de la demande pour chaque usage. Pour l'usage « chauffage », l'élasticité-prix de l'électricité est comprise entre -0.9 et -1.7. L'élasticité est plus grande lorsque l'électricité est utilisée avec du gaz ou du fioul que seule, ce qui suggère une possibilité de substitution de l'électricité vers l'autre source si le prix de l'électricité augmente. Cela ne s'observe pas lorsque l'électricité est utilisée avec de la chaleur (l'élasticité est négative et significative mais plus faible que celle de l'électricité seule). L'élasticité-prix du gaz vaut -1.8 (lorsqu'il est utilisé seul), et environ -2.1 lorsqu'il est utilisé en parallèle à de

l'électricité ou du fioul. Encore une fois, l'ordre des valeurs suggère un effet de substitution. L'élasticité-prix du fioul est de -2 lorsqu'il est utilisé seul, -2.8 lorsqu'il est utilisé avec du gaz et -4.2 lorsqu'il est utilisé avec de l'électricité. Enfin, l'élasticité-prix de la chaleur est de -0.3 lorsqu'elle est utilisée seule et -0.9 lorsqu'elle est utilisée avec de l'électricité. Notons qu'excepté pour la chaleur, les valeurs des élasticités sont très élevées comparativement aux résultats présentés précédemment. Pour l'usage « ECS », l'élasticité-prix de l'électricité est -1.2 lorsqu'elle est utilisée seule, -1.4 lorsqu'elle est utilisée avec du gaz. L'élasticité-prix du gaz est de -1.2 lorsqu'il est utilisé seul, -1.6 lorsqu'il est utilisé avec de l'électricité. L'élasticité-fioul est de -1.5. L'élasticité-prix de la chaleur est de -0.4. Pour l'usage « cuisson », l'élasticité-prix de l'électricité est d'environ -1. L'élasticité-prix du gaz est de -1.5 lorsqu'il est utilisé seul, -1.3 lorsqu'il est utilisé avec de l'électricité. Pour les autres usages de l'énergie, l'élasticité-prix de l'électricité est de -1. L'élasticité-prix du gaz est de -1.8. L'élasticité-prix du fioul est de -2.5.

Meier et Rehdanz (2010) estiment l'effet du prix de l'énergie sur la facture énergétique. Ils ont étudié l'effet du prix du gaz et du prix du fioul, ces deux énergies représentant 90% des énergies de chauffage. Le prix du gaz est significatif et son effet est positif, compris entre 0.36 et 0.84. Le coefficient pour les ménages est plus faible que celui des propriétaires, traduisant le fait que les locataires sont plus sensibles au prix de l'énergie et réduisent plus leur consommation (donc la facture énergétique augmente moins). Afin d'obtenir des estimations de l'élasticité de la demande aux prix des énergies, les auteurs approximent la consommation énergétique en divisant la facture par le prix moyen de l'énergie. Cela reste une estimation de la consommation, le coût fixe n'étant par exemple pas pris en compte. Ils obtiennent une élasticité-prix comprise entre -0.34 et -0.56 pour le gaz et entre -0.40 et -0.49 pour le fioul. Précisons que les auteurs modélisent la demande conditionnelle aux équipements, par conséquent l'élasticité estimée est une élasticité de court terme. Le prix du fioul est significatif dans la régression réalisée sur l'ensemble des ménages et sur les ménages propriétaires, mais pas sur les ménages locataires. L'absence de significativité pour cette dernière catégorie s'expliquerait par le faible nombre de locataires utilisant du fioul. La valeur de l'élasticité de la facture au prix du fioul est d'environ 0.53.

Costa et Kahn (2011) estiment une élasticité originale, puisqu'il s'agit de l'élasticité de la consommation d'électricité des ménages Californiens au prix de l'électricité de l'année de construction de leur logement. Les auteurs font d'abord l'hypothèse que lorsque le prix de l'électricité est faible, la demande des ménages pour l'efficacité énergétique des logements est faible et donc ceux-ci ne sont pas construits en prenant en compte l'efficacité énergétique dans le cahier des charges, et donc consommeront plus. Les auteurs estiment une élasticité de -0.22. Les auteurs réalisent également un modèle *Probit* évaluant l'impact du prix de l'électricité sur la probabilité d'installer une chaudière électrique. Ils trouvent que celle-ci augmente de 0.058 si le prix de l'électricité diminue de 1%.

Chong (2012) étudie l'élasticité-prix de la consommation d'électricité. Il obtient une valeur comprise entre -0.07 et -0.09.

Risch et Salmon (2013) obtiennent une élasticité de -0.46 pour les maisons et de -0.86 pour les appartements. Notons que la variable endogène est la consommation totale (somme des consommations par source d'énergie) et la variable exogène est le prix moyen de l'énergie.

Belaïd (2016) estime également une élasticité-prix. Il obtient une valeur comprise entre -0.52 et -0.92, sachant que la consommation qu'il considère est la consommation totale, toutes énergies et tous usages confondus et le prix de l'énergie qu'il considère est le « prix moyen de « l'énergie » » défini comme le ratio de la facture énergétique sur la quantité consommée.

Source	Énergie totale	Électricité	Gaz	Fioul
Branch (1993)	-0.20			
Bernard, Bolduc, et Belanger (1996)		-0.65		
Vaage (2000) Tous usages -Discrete continuous model -Élasticité de long terme	-1.24 à -1.29			
Nesbakken (2001) Usage « chauffage » et « ECS »	-0.21			
Berkhout, Ferrer-i-Carbonell, et Muskens (2004) Données de panel sur 5 ans		-0.55	-0.19	
Rehdanz (2007) Usage « Chauffage » et « ECS »			Entre -0.44 et -0.63	Entre -1.7 et -2
Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008)		Pour les ménages : -Inélastique si l'électricité est la seule source d'énergie -entre -0.7 et -1.3 lorsqu'il y a d'autres sources d'énergie qui sont utilisées Pour les entreprises: entre -1.1 et -2.1	Pour les ménages : -0.77 Pour les entreprises : -2	
Newell et Pizer (2008) Tertiaire		Entre -0.9 et -1.7 pour l'usage « Chauffage » Entre -1.2 et -1.7 pour l'usage « ECS » -1 pour l'usage « Cuisson » -1 pour les « Autres usages de l'énergie »	Entre -1.8 et -2.1 pour l'usage « Chauffage » Entre -1.2 et -1.6 pour l'usage « ECS » Entre -1.3 et -1.5 pour l'usage « Cuisson » -1.8 pour les « Autres usages de l'énergie »	Entre -2 et -4.2 pour l'usage « Chauffage » -1.5 pour l'usage « ECS »
Meier et Rehdanz (2010)			Entre -0.34 et -0.56	Entre -0.4 et -0.5
Chong (2012)		Entre -0.07 et -0.09		
Risch et Salmon (2013) Tous usages	Entre -0.46 et -0.86			
Belaïd (2016) Tous usages	Entre -0.52 et -0.92			

Tableau 3 - Revue des valeurs des élasticités-prix de la consommation énergétique des ménages et/ou des entreprises

3.5 Les variables climatiques

On peut bien évidemment supposer *ex ante* que le climat a bien un impact sur la consommation énergétique d'un bâtiment, puisqu'il modifie les besoins de chauffage et de climatisation, mais également les pratiques culinaires, les habitudes d'aération, etc. La durée d'ensoleillement a également un impact sur l'éclairage intérieur. Les variables climatiques sont introduites dans les modèles économétriques pour deux raisons. La raison principale est de neutraliser les effets du climat sur les résultats des autres variables explicatives. Cela permet de raisonner *toutes choses égales par ailleurs*. Dans ce cas, les variables climatiques jouent le rôle de variables de contrôle. D'autre part, et c'est le point de départ de l'étude de Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2005), cela permet de quantifier l'effet du climat sur la consommation énergétique, et donc d'estimer les conséquences du changement climatique à venir sur la consommation énergétique. En général, l'effet du climat est introduit dans les modèles économétriques *via* une variable nommée DJC (Degrés Jours de Chauffe, ou HDD pour *Heating Degree Days* en anglais) et éventuellement par une variable nommée DJR (Degrés Jours de Réfrigération, ou CDD pour *Cooling Degree Days*,. Un DJC traduit la nécessité d'utiliser le chauffage. Il correspond à une situation où la température est inférieure à une température de référence. À l'inverse, le DJR correspond à la nécessité de climatiser, c'est-à-dire à une situation où la température est plus élevée qu'une température de référence. Il existe différentes définitions et méthodes de calcul pour les DJC et DJR, mais l'idée reste de compter l'écart en °C entre la température du jour et la température de référence.

Certains auteurs ont également modélisé les effets du climat en introduisant des variables catégorielles pour les différentes régions de leur zone géographique. C'est par exemple le cas de Vaage (2000) qui évalue l'effet du climat sur la consommation d'énergie à l'aide d'une variable binaire qui vaut 1 si le ménage vit dans l'une des 5 régions les plus chaudes de la Norvège, 0 sinon. L'effet de cette variable est significatif et négatif sur la quantité d'énergie consommée, tous usages confondus.

Liao et Chang (2002) analysent l'impact des HDDs et des CDDs à la fois sur le choix de l'équipement énergétique (choix discret) et sur la quantité d'énergie consommée (choix continu). Ils observent que plus les CDDs sont élevés (autrement dit plus il y a de jours chauds), plus la probabilité de choisir l'électricité comme énergie de chauffage augmente. À l'inverse plus les HDDs sont élevés, plus la probabilité de choisir le fioul comme énergie de chauffage augmente. Les HDDs ont un impact positif sur la consommation de gaz pour l'ECS, et également positif mais non significatif pour la consommation d'électricité pour l'ECS. Les CDDs ont un impact négatif sur la consommation d'électricité pour l'ECS, et pas d'impact significatif sur la consommation de gaz pour l'ECS.

Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) évaluent l'effet des variables climatiques sur le choix des vecteurs énergétiques et sur la quantité d'énergie consommée conditionnellement à la source d'énergie installée des ménages et des entreprises. Ils étudient en particulier l'effet

de la température et des précipitations. Dans un premier temps, ils s'intéressent au choix du mode de chauffage des ménages. Ils observent que les ménages habitant dans les régions plus chaudes ont une probabilité plus grande de n'utiliser que de l'électricité. Ils observent également que les ménages vivant dans des régions avec des mois de janvier relativement plus chauds ont une probabilité plus faible de choisir de se chauffer au fioul. À l'inverse, ceux qui vivent dans des régions avec des mois de juillet relativement plus chauds ont moins de chances de choisir de se chauffer au gaz et plus de chances de se chauffer au fioul. Les auteurs expliquent ce dernier phénomène par le fait que le fioul est l'énergie la moins chère et est donc « la meilleure solution pour les régions connaissant les plus grands écarts de température ». Les auteurs observent également que les ménages vivant dans des lieux où les précipitations sont plus importantes ont plus de chances de choisir le fioul ou l'électricité seule que de choisir le gaz. Les auteurs expliquent ceci par le fait que vivre dans des régions plus humides encourage l'achat de systèmes combinés de chauffage et de climatisation. Dans un deuxième temps, ils estiment la quantité d'énergie consommée par les ménages. Ils observent que l'effet des variables climatiques dépend des ménages et de l'énergie utilisée. La consommation d'électricité des ménages qui n'utilisent que de l'électricité n'est pas sensible au climat. Plus précisément, le coefficient est négatif si la température du mois de janvier augmente et positif lorsque la température de mois de juillet est plus élevée de 1°C, mais les coefficients ne sont pas significatifs. En revanche, la consommation d'électricité des ménages utilisant également du gaz ou du fioul est beaucoup plus sensible au climat : pour une augmentation de 1°C en janvier et en juillet, les ménages qui ont également du gaz (respectivement du fioul) dans leur mix énergétique consomment 6% (respectivement 15%) d'électricité de plus que les ménages n'utilisant que l'électricité. Cette augmentation est principalement due à l'augmentation de la température au mois de juillet. On peut donc supposer que cela traduit une augmentation de l'usage de la climatisation. À l'inverse, l'augmentation de la température au mois de janvier entraîne peu ou pas de variation de la consommation d'électricité, probablement parce que ce sont le gaz ou le fioul qui sont utilisés pour le chauffage. En ce qui concerne la consommation de gaz, celle-ci est sensible à la température du mois de janvier : un mois de janvier plus chaud de 1°C entraîne une diminution de la consommation de 1.9%. Enfin, les ménages connaissant des étés plus chauds consomment plus de fioul que les autres. Les auteurs proposent deux explications : soit les ménages vivant dans des zones avec des étés plus chauds ont une préférence pour le confort thermique plus importante que les autres et donc chauffent plus en hiver, soit les logements sont moins bien isolés et donc moins efficaces énergétiquement. La quantité de gaz est affectée par les températures, mais pas celle de fioul. L'impact des précipitations n'est pas significatif. Dans un troisième temps, les auteurs s'intéressent au choix du mode de chauffage des entreprises. Celles-ci peuvent choisir d'utiliser de l'électricité seule, de l'électricité combinée à du gaz, à du fioul, ou à un réseau de chaleur. Les auteurs constatent que les variables climatiques ont un impact sur le choix du mix énergétique. Les entreprises connaissant des étés relativement plus chauds ont une probabilité plus grande de choisir l'électricité seule et une probabilité plus faible de choisir d'utiliser du fioul. À l'inverse, les entreprises installées dans des régions plus humides (avec une pluviométrie plus élevée) ont une probabilité plus grande d'utiliser du fioul. Enfin, les auteurs s'intéressent à la quantité d'énergie consommée par les entreprises, et observent que celle-ci est effectivement sensible

au climat. Globalement, un hiver plus chaud n'entraîne pas de variation de la consommation d'électricité, sauf quand elle est utilisée en parallèle avec du gaz (la variation de la température du mois de janvier d'1°C entraîne une augmentation d'environ 5% de la consommation d'électricité). Un mois de juillet plus chaud entraîne une augmentation significative de la consommation d'électricité, qu'elle soit utilisée seule ou avec du fioul, ce qui traduit probablement une intensification de l'usage de la climatisation. Dans le cas où elle est utilisée en parallèle avec du fioul, une augmentation de la température d'1°C entraîne une augmentation de la consommation d'électricité d'environ 30%, ce qui est une valeur très élevée et permet d'évaluer l'impact sur la demande d'électricité d'un réchauffement climatique. La consommation d'électricité n'est pas sensible aux précipitations. La consommation de gaz est également sensible à la température extérieure. Cette variation est significative en hiver mais pas en été (la variable « température du mois de janvier » est significative mais pas la variable « température du mois de juillet »). Cela peut signifier qu'une augmentation de la température d'hiver entraîne une diminution des besoins de chauffage, mais que l'augmentation de la température en été n'entraîne pas d'économie de gaz, probablement car le chauffage est déjà peu ou pas utilisé en été. Lorsque la température du mois de janvier est supérieure d'1°C, cela entraîne une diminution d'environ 3% de la consommation de gaz. La consommation de fioul est plus faible dans les zones avec des hivers plus chauds (l'effet d'1°C supplémentaire au mois de janvier est une diminution d'environ 10%), mais est plus élevée dans les zones avec des étés plus chauds (l'effet d'1°C supplémentaire au mois de juillet est une augmentation d'environ 23%). On retrouve le même résultat que pour le résidentiel, avec les mêmes explications potentielles. La consommation de fossiles (gaz, électricité ou réseau de chaleur) n'est pas sensible aux précipitations. La consommation de chaleur (réseau de chaleur) n'est d'ailleurs pas sensible à la température.

Newell et Pizer (2008) étudient l'impact des HDDs et des CDDs dans le tertiaire. Les HDDs ont un impact positif sur la consommation d'énergie pour le chauffage pour l'ECS, et les CDDs ont un impact négatif sur la consommation de chauffage. Les CDDs ont un impact positif sur la consommation d'électricité spécifique, ce qui pourrait refléter l'usage de la climatisation.

Harold, Lyons, et Cullinan (2015) ont attentivement étudié l'effet des variables climatiques sur la consommation de gaz. Ils disposent pour cela de données de consommation relevées toutes les demi-heures, ainsi que de variables climatiques originales : les nombre de HDDs, mais aussi les heures d'ensoleillement, le couvert nuageux, la pluviométrie, et la vitesse du vent. Ils trouvent que chacune de ces variables climatiques a un impact significatif sur la consommation de gaz. Les HDDs ont l'impact le plus important. La durée d'ensoleillement a un impact négatif sur la consommation de gaz, tandis que la couverture nuageuse, la pluviométrie et la vitesse du vent ont l'effet opposé.

Les autres études ayant pris en compte les variables climatiques obtiennent que la consommation d'énergie augmente avec les HDDs (voir Tableau 37 et Tableau 38).

4. Conclusion

La quantité d'énergie consommée dans un bâtiment pour assurer le confort d'un ménage ou le fonctionnement d'une entreprise résulte de multiples interactions entre les caractéristiques du bâtiment (surface, âge du bâtiment, etc.), les caractéristiques des occupants (nombre d'occupants, statut d'occupation, etc.), les caractéristiques des équipements (système de chauffage, présence de climatisation, etc.) les variables économiques (le prix de l'énergie, le revenu) et les conditions climatiques. Étant donné le poids du secteur résidentiel-tertiaire dans la consommation énergétique nationale (45% de la consommation d'énergie finale en 2014³¹) et le scénario ambitieux de réduction de sa consommation qui lui est attribué par les pouvoirs publics (rénovation de 500 000 logements par an, standard du Bâtiment Basse Consommation en 2020 pour la construction neuve³², etc.), de nombreuses études académiques sont consacrées à l'analyse des déterminants de la consommation énergétique des bâtiments résidentiels. Cependant, très peu d'études concernent le secteur tertiaire. La littérature que nous avons étudiée est protéiforme, à la fois par la variété de méthodes mises en place et par la diversité des résultats mis en évidence.

Notre démarche de thèse vise à identifier les déterminants de la consommation énergétique des bâtiments tertiaires français à l'aide des données de l'ECET. L'objectif visé ainsi que le recours à la régression économétrique qui est une méthode largement répandue nécessitent d'étudier la littérature existante, comme dans tout travail académique. Cependant, il est nécessaire dans notre cas d'exposer dans le détail les différences rencontrées à la lecture de cette littérature. En effet, malgré une méthodologie commune (la régression économétrique) et un objectif commun (l'étude des déterminants de la consommation énergétique des bâtiments), les 28 études que nous avons choisi d'inclure dans notre corpus de référence se distinguent à la fois par les modèles économétriques utilisés et par les résultats proposés. Il est donc nécessaire d'exposer cette diversité de méthodes et de résultats avant de procéder nous-mêmes à nos propres estimations.

La deuxième section a montré que les auteurs se distinguent selon qu'ils estiment la demande d'énergie conditionnelle aux équipements installés ou qu'ils modélisent conjointement le choix des équipements énergétiques et la quantité consommée par ces équipements. Le deuxième cas nécessite d'appliquer la méthode d'estimation en deux étapes proposée par Heckman (1979) et par Dubin et McFadden (1984), tandis que le premier cas ne requiert qu'une simple régression linéaire.

La troisième section a exposé en détail les résultats obtenus par les 28 études constituant le corpus de référence, tandis que les Tableau 37 et Tableau 38 les synthétisent. Cela a permis de mettre en évidence qu'il persiste encore des incertitudes sur les effets des différents déterminants de la consommation énergétique, puisqu'il n'y a pas de consensus sur l'existence d'un effet (par exemple, environ un tiers des études n'obtiennent pas d'effet

³¹ Source : base Pegase SOeS

³² Articles 1 et 2 de la loi Transition Énergétique pour la Croissance Verte

significatif pour le statut d'occupation), sur le sens de l'effet (par exemple, l'effet de l'âge du bâtiment sur la consommation d'électricité est controversé puisqu'une partie de la littérature montre que les bâtiments récents consomment plus d'électricité que les bâtiments plus anciens) ou sur l'amplitude de l'effet.

L'hétérogénéité des résultats peut s'expliquer en partie par le fait que le contexte varie d'une étude à l'autre. Les données couvrent en général un périmètre national. Or, de nombreux déterminants de la consommation énergétique des bâtiments diffèrent d'un pays à un autre. Les techniques de construction de bâtiments ne sont pas les mêmes, de même que la répartition propriétaires/locataires, les sources d'énergie disponibles, les habitudes culturelles de consommation, etc. Les résultats ne sont pas transposables d'un contexte national ou local à un autre. Pour connaître les déterminants de la consommation énergétique des bâtiments tertiaires français, il est nécessaire de réaliser une étude à partir de données françaises, ce que nous faisons aux Chapitres 3 et 4. Parce que les données que nous utilisons sont des données d'enquête à plan de sondage complexe, il est nécessaire de présenter les outils statistiques nécessaires à l'exploitation de ce type de données. C'est l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE 2

L'ANALYSE DE DONNÉES ISSUES D'UNE ENQUÊTE À PLAN DE SONDAGE COMPLEXE

1. Introduction

L'estimation de modèles économétriques s'inscrit dans un cadre bien précis, défini par un ensemble d'hypothèses qui garantissent certaines propriétés aux estimateurs. Ces hypothèses font l'objet de nombreux ouvrages méthodologiques et sont maîtrisées par les praticiens de l'économétrie. La démarche en deux temps d'estimation du modèle puis de vérification post-estimation de la validité des hypothèses à l'aide de nombreux tests est classique.

La théorie de l'échantillonnage est une branche de la statistique qui permet l'obtention d'information sur une population sans passer par un recensement, mais en construisant des échantillons respectant un ensemble de contraintes (de précision, de coût, de représentativité, etc.) Elle s'est développée depuis les années 1900 à partir des travaux pionniers de Kiaer (Brewer, 2014). Les ouvrages de référence, qui ont posé les fondements théoriques de l'échantillonnage, ont été publiés dans les années 1950 (par exemple celui de Cochran (1953) ou celui de Hansen, Hurwitz, et Madow (1953)). À l'heure actuelle, la réalisation d'enquêtes fondées sur basées sur un échantillonnage est devenue une pratique courante dans de nombreuses disciplines des sciences humaines et sociales.

Les données obtenues par ce type d'enquêtes sont ensuite utilisées pour construire des estimateurs de paramètres d'intérêt sur la population (moyennes, totaux, proportions, etc.). Mais elles peuvent également être utilisées par des économètres, qui vont construire un modèle économétrique et l'estimer sur ces données. Or, la littérature théorique portant sur l'exploitation économétrique de données d'enquête est moins riche que celles portant respectivement sur l'économétrie « classique » et sur l'analyse statistique de données d'enquête. Il semblerait qu'il y ait eu peu d'hybridation entre ces deux branches de la statistique. Porter (1973) soulignait qu'une grande partie des manuels standards d'économétrie ne faisait même pas allusion à la question de l'échantillonnage. Son affirmation reste toujours d'actualité plus de quarante ans plus tard.

Il en résulte que le praticien souhaitant réaliser un modèle économétrique sur données d'enquête ne peut se référer à un corpus théorique établi qui lui indiquerait comment mener à bien ses estimations, car il n'y a pas encore de consensus sur cette question. Korn et Graubard (1995) font ce constat : « *it is understandable that users of complex surveys might be unsure about an appropriate analysis, since there tends to be disagreement among knowledgeable*

statisticians”. Nous nous trouvons dans la situation de ce praticien, puisque les données que nous allons utiliser aux chapitres suivants proviennent d’une enquête, et que nous souhaitons estimer à partir de ces données un modèle économétrique inspiré de ceux présentés dans le chapitre précédent.

Le présent chapitre a pour objectif de présenter l’échantillonnage complexe ainsi que les outils statistiques adaptés à l’exploitation de données issues de ce type d’échantillonnage, puis de présenter la controverse qui continue d’exister sur l’estimation de modèles économétriques sur données d’enquête. En effet, il nous paraît utile dans un premier temps de rappeler certains éléments faisant consensus chez les théoriciens des sondages et de l’économétrie, car il semblerait qu’ils ne soient pas toujours maîtrisés par les praticiens de l’économétrie dans les divers champs de recherche appliquée. Ainsi, Osborne (2011) met en garde les chercheurs quant à l’usage de données issues d’enquêtes complexes :

« [...] researchers must take the time to understand the sampling methodology used and appropriately utilize weighting and design effects, which to a novice can be potentially confusing and intimidating. There is mixed evidence on researchers’ utilization of appropriate methodology (e.g. (Johnson et Elliott 1998)), which highlights the need for more conversation around this important issue. ».

D’autres auteurs ont mis en garde contre la mauvaise utilisation des données issues d’enquête à plan de sondage complexe. En 1992, à l’occasion des journées méthodologiques de l’INSEE, Nathan (1992) explique dans sa présentation inaugurale :

« [...] pour les données qui proviennent d’un échantillon aléatoire simple, on peut employer des méthodes standardisées d’analyse, telles que la régression, l’analyse de la variance et les modèles logarithmiques linéaires. La grande diffusion des programmes informatiques rend l’utilisation de ces méthodes très facile et, parfois, trop facile. On les emploie souvent pour analyser des données qui proviennent d’un plan de sondage complexe, sans s’assurer que le plan de sondage n’a pas d’effet sur l’analyse. » (Nathan (1992), p 59).

« [Les autres agences et chercheurs substantifs] n’ont pas, en général, la formation statistique nécessaire et ils emploient le plus souvent des logiciels statistiques standardisés, sans toujours comprendre leurs limitations et nuances d’emploi ou savoir s’ils conviennent vraiment aux conditions d’analyse. C’est surtout le cas concernant l’analyse de données qui sont recueillies au moyen d’un plan de sondage complexe. Comme on l’a vu ci-dessus, il est dangereux d’analyser ces données sans prendre en considération que le plan de sondage peut influencer l’analyse. » (Nathan (1992), p72).

Ce constat reste d’actualité 20 ans plus tard, d’après Guillerm et Le Saout (2014) :

« Les données d’enquête, construites à partir de la théorie des sondages, sont largement utilisées pour des études économiques avec des méthodes économétriques. Les liens entre l’économétrie et les sondages sont pourtant mal connus ou mal compris. Les chargés d’études et les chercheurs font souvent abstraction du fait qu’ils utilisent des données d’enquête. Ils ne

savent pas toujours comment tenir compte des traitements d'enquête (plan de sondage et pondération, repondération liée à la non-réponse ou au calage). »

Heeringa, West, et Berglund (2010) insistent, en introduction de leur ouvrage, sur le fait qu'il est crucial de prendre le temps de comprendre le plan de sondage : « *Without an understanding of key properties of the survey sample design, the analysis may be inefficient, biased, or otherwise lead to incorrect inference* ». (p9)

À notre connaissance, il n'existe pas d'études récentes documentant l'hypothétique écart de pratiques entre celles recommandées par les statisticiens et celles utilisées usuellement par les praticiens. Seule une étude relativement ancienne de Johnson et Elliott (1998) illustre cet écart : sur les 250 articles qu'ils ont recensés et qui utilisent les données de l'Enquête Nationale Famille et Ménages américaine, très peu (pas de chiffres) ont mentionné qu'ils prenaient en compte le plan de sondage.

Les études fondées sur des données d'enquête sont amenées à être de plus en plus fréquentes, parce qu'avec le développement d'internet, il est beaucoup moins coûteux de réaliser des enquêtes (pas de coût de déplacement). Or, la très grande majorité des données d'enquête produites par les différentes institutions nationales de la statistique, telles que l'INSEE, est construite à partir d'échantillonnage à plan de sondage complexe (Winship et Radbill, 1994 ; Osborne, 2011). Il suffit de regarder les enquêtes produites par l'INSEE pour s'en persuader. Le Tableau 39 ([Annexe 2A](#)) recense les différentes enquêtes présentes sur le site internet de l'INSEE, dans la rubrique « Sources ». Chacune de ces enquêtes est décrite brièvement sur une page spécifique qui met également à disposition trois documents consultables en ligne : la « fiche descriptive », le « bilan qualité de l'opération » et la « notice méthodologique ». La lecture de ces documents permet en général de conclure quant à l'utilisation ou non d'un plan de sondage complexe. Le Tableau 39 montre qu'effectivement, la quasi-totalité des enquêtes produites par l'INSEE utilise un plan de sondage complexe.

De plus, l'analyse de ce type de données est facilitée car les procédures statistiques nécessaires à l'élaboration des statistiques propres aux données d'enquêtes complexes sont aujourd'hui presque toutes disponibles sur l'ensemble des logiciels utilisés par les praticiens, et leur prise en main est relativement simple. Il n'y a donc pas de barrière technique qui empêcherait l'analyse de données issues d'un plan de sondage complexe.

Ainsi, préalablement à l'analyse des données de l'ECET, il convient de faire une analyse des éléments particuliers qui caractérisent le plan de sondage et de l'impact de ce plan sur l'analyse des données. C'est l'objet de ce présent chapitre.

La section 2 présente deux types d'échantillonnage : l'échantillonnage aléatoire simple (2.1) et l'échantillonnage issu d'un plan de sondage complexe (2.2). Le premier est présenté car il est à la fois l'échantillonnage élémentaire et celui qui est consciemment ou inconsciemment supposé comme étant à la base de la production des données utilisées lorsqu'il n'est pas fait mention de plan de sondage complexe. Cette partie s'attache également à expliquer ce que représente la pondération des données (2.3). Enfin, elle présente les caractéristiques de l'enquête que nous utiliserons au chapitre suivant (2.4). La section 3, à la

lumière de la première, décrit les principaux paramètres d'intérêt d'une population (3.1) puis expose les différences entre les statistiques estimées à l'aide de données issues d'un EAS (3.2.1) et celles issues d'un échantillonnage à plan de sondage complexe (3.2.2) et illustre ces différences à l'aide des données de l'ECET (3.3). La section 4 présente les différentes controverses qu'il existe sur la prise en compte des éléments de l'échantillonnage dans l'estimation d'un modèle économétrique (4.1) et les recommandations des théoriciens à l'égard des praticiens souhaitant estimer un modèle économétrique sur données d'enquête (4.2) et interroge les études du corpus de référence quant à leur potentielle utilisation des éléments de plan de sondage et de pondération. La section 5 conclue.

2. Présentation de l'échantillonnage aléatoire simple et de l'échantillonnage à plan de sondage complexe

Les économètres peuvent travailler avec différents types de données. Celles-ci peuvent provenir d'expériences, ce qui est souvent le cas en sciences naturelles mais est beaucoup plus rare en sciences humaines. Dans ce type d'expérience, certaines variables sont contrôlées par l'expérimentateur (ce sont les paramètres de l'expérience) et ce dernier observe la variable-réponse. Les données obtenues par l'expérience constituent un échantillon, tiré d'une population hypothétique de taille infinie. Dans ce cas, les données sont supposées indépendantes et identiquement distribuées. Les données peuvent également provenir d'un registre. C'est par exemple le cas des données de la base Sit@del2, qui recense les permis de construire délivrés chaque mois dans chaque département, ou de l'observation de l'ensemble des transactions sur un marché (prix, volumes, etc.). Enfin, les données peuvent provenir d'enquêtes. Cela peut être le cas lorsque les données nécessaires à l'étude d'un phénomène ne sont pas toutes disponibles (par exemple parce que la population cible n'est pas intégralement connue, ou parce qu'il serait trop coûteux ou techniquement infaisable de recueillir l'intégralité des données). Dans ce cas, on réalise un échantillon que l'on va par la suite étudier en cherchant à généraliser les résultats de l'échantillon à l'ensemble de la population (on parle dans ce cas d'inférence statistique). Un échantillon peut être obtenu de différentes façons. Le choix d'une méthode ou d'une autre est guidé par les objectifs de l'enquête (recherche de précision, de représentativité, etc.). La présente section détaille deux types d'échantillonnage : l'échantillonnage aléatoire simple (EAS) et l'échantillonnage à plan de sondage complexe.

2.1 L'échantillonnage aléatoire simple (EAS)

D'après Nathan (1992, p 59) : « *les méthodes classiques d'inférence sont basées sur la supposition que les observations proviennent d'un échantillon aléatoire simple* ». C'est la raison pour laquelle il est nécessaire de revenir rapidement sur l'échantillonnage aléatoire

simple. En effet, les outils statistiques couramment utilisés (estimation d'une moyenne, d'un total, d'un ratio, test d'hypothèse, intervalle de confiance, etc.) supposent que les données sont indépendantes et identiquement distribuées (*iid*) et qu'elles proviennent d'une population infinie.

L'EAS répond à ces critères. En effet, lors d'un EAS, les éléments de la population ont tous la même probabilité d'être sélectionnés (de faire partie de l'échantillon), ce qui implique le fait que les données sont identiquement distribuées. Dans le cadre d'un EAS avec remise, les données sont également indépendantes, ce qui n'est pas le cas d'un EAS sans remise. Avec l'hypothèse supplémentaire d'une population infinie, les tirages sont indépendants les uns des autres, avec ou sans remise.

La Figure 5 illustre l'EAS :

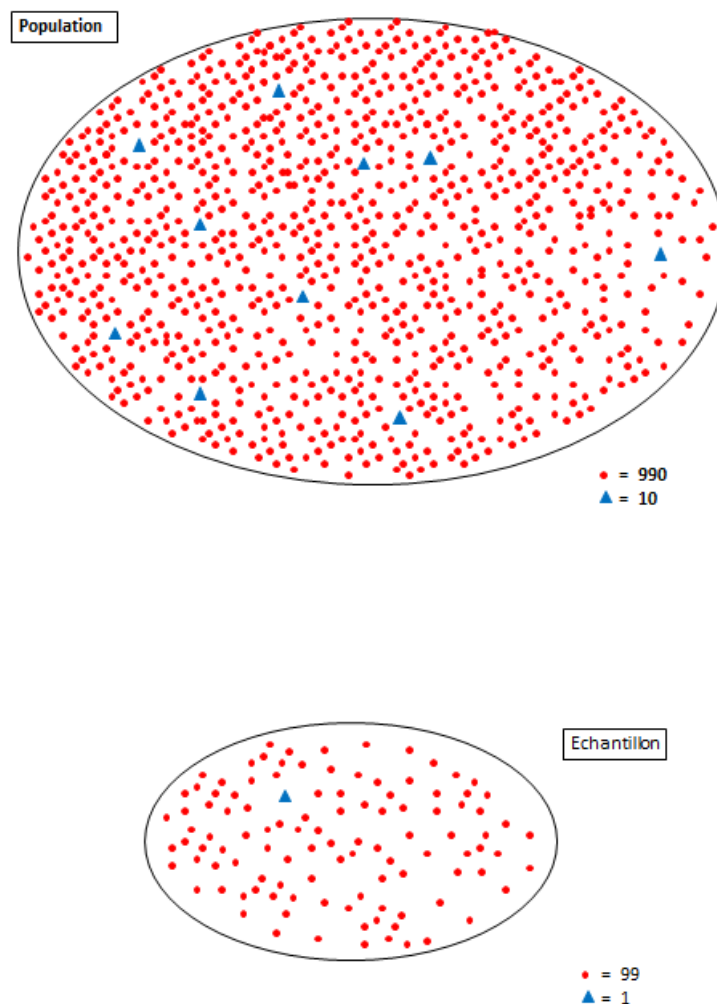


Figure 5 - Illustration d'un EAS

Chaque élément i de la population a la même probabilité π_i d'être sélectionné dans l'échantillon. Si N est le nombre d'éléments dans la population et n est le nombre d'éléments dans l'échantillon, alors, on a, dans le cas d'un tirage aléatoire simple sans remise³³ :

$$\pi_i = \frac{n}{N} = \pi$$

Dans l'exemple de la Figure 5, l'espérance du nombre n_1 d'éléments ▲ dans l'échantillon est :

$$\begin{aligned} E[n_1] &= p(\text{'être sélectionné'} \cap \text{'être un triangle bleu'}) * N \\ &= p(\text{'être sélectionné'}) * p(\text{'être un triangle bleu'}) * N \\ &= \pi * \left(\frac{10}{1000}\right) * 1000 = \left(\frac{100}{1000}\right) * \left(\frac{10}{1000}\right) * 1000 = 1 \end{aligned}$$

De même, l'espérance du nombre n_2 d'éléments ● est de 99.

Cet exemple illustre l'un des points faibles de l'EAS. En effet, si l'objectif de l'analyste est d'étudier le caractère d'une sous-population rare à l'aide de l'enquête, comme cela pourrait être le cas si l'objectif était d'étudier un caractère de la sous-population des *triangles bleus*, alors l'EAS conduit à avoir un effectif de cette sous-population dans l'échantillon qui est faible. Un autre exemple serait l'étude d'un caractère chez les personnes atteintes d'une maladie très rare. La réalisation d'un EAS aboutirait à un effectif très faible de malades dans l'échantillon, et l'étude d'un caractère précis chez cette sous-population serait impossible. Cette situation illustre la nécessité de recourir à d'autres formes d'échantillonnage qui respectent certaines contraintes définies par le producteur de données, comme la présence dans l'échantillon d'éléments peu présents dans la population. Ceci est permis par l'échantillonnage à plan de sondage complexe.

2.2 L'échantillonnage à plan de sondage complexe

Un plan de sondage est dit complexe s'il fait appel à au moins un des deux éléments suivants, définis plus longuement par la suite : la stratification (2.2.1) ou le *clustering* (2.2.2). Bien souvent, ces deux éléments sont utilisés conjointement. L'échantillonnage complexe peut servir plusieurs objectifs. La stratification permet d'augmenter la précision, et permet également de garantir la présence de certains éléments (ceux qui en général sont l'objet de l'étude mais sont rares dans la population, comme les *triangles bleus* dans l'exemple précédent). Le *clustering* permet de réduire les coûts de l'enquête et de pallier le problème de l'estimation lorsqu'on ne connaît pas la taille de la population de référence.

³³ Dans le cas avec remise, on a $\pi = \frac{1}{N}$

2.2.1 La stratification

Le principe de la stratification est de définir une partition la population Ω en un nombre fini H de strates $\{\Omega_1, \dots, \Omega_H\}$ telles que :

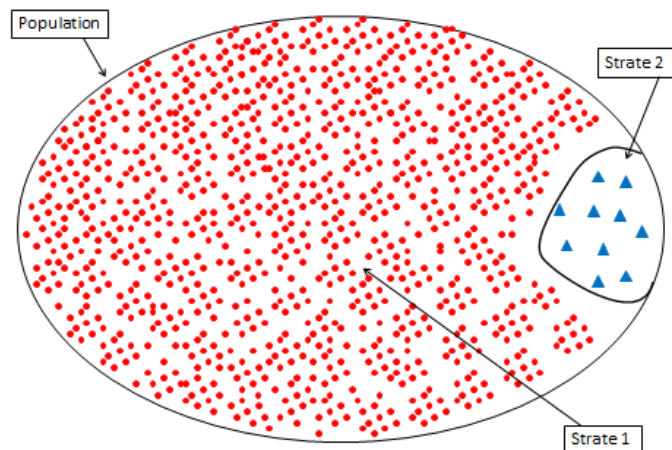
$$\forall i \neq j, \Omega_i \cap \Omega_j = \emptyset$$

$$\bigcup_i \Omega_i = \Omega$$

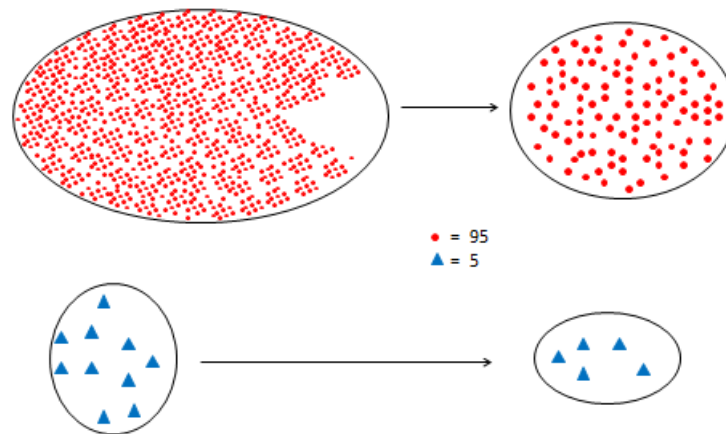
Dans chacune des strates, un échantillon est tiré, et l'échantillon final est constitué de la somme des échantillons de chaque strate. L'échantillonnage à l'intérieur de chaque strate peut être simple ou complexe.

La stratification peut servir plusieurs objectifs (Cochran, 1977 ; Heeringa, West, et Berglund, 2010). En particulier, elle peut garantir la présence d'un certain nombre d'éléments cibles dans l'échantillon. Reprenons l'exemple ci-dessus. Les éléments cibles sont les *triangles bleus* (on veut comparer les habitudes de vie des *triangles bleus* avec celles des *points rouges*). Comme nous l'avons vu, un EAS d'une taille 100 issu d'une population d'une taille 1000 ne fournit en moyenne qu'un seul *triangle bleu* dans l'échantillon, ce qui ne permet pas d'analyser les caractéristiques de cette sous-population. Le statisticien peut décider préalablement à la réalisation de l'enquête de stratifier la population en deux strates : la sous-population des *points rouges* et la population des *triangles bleus* (ce qui constitue bien une partition de la population), et de réaliser un EAS à l'intérieur de chacune de ces strates, comme l'illustre la Figure 6.

Étape 1 : stratification de la population



Étape 2 : EAS dans chacune des strates



Étape 3 : constitution de l'échantillon final par assemblage des deux échantillons stratifiés

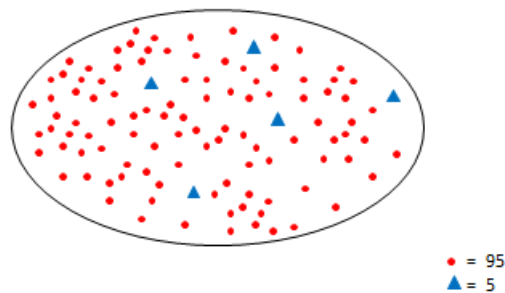


Figure 6 - Illustration d'un sondage stratifié simple

Cet exemple illustre bien la capacité d'un échantillon stratifié à garantir la présence du nombre désiré d'éléments de la sous-population cible (ici les *triangles bleus*).

Deuxièmement, la stratification entraîne en général un gain de précision d'estimation. Sans rentrer dans les détails des calculs qui sont présentés à la section suivante, retenons que la variance d'un estimateur calculée sur un échantillon stratifié est égale à la somme des variances de l'estimateur calculées à l'intérieur de chaque strate de l'échantillon. Si la stratification a été faite dans le but d'augmenter la précision des estimateurs, les variables de stratification ont été choisies de telle sorte que les strates sont plus homogènes que la

population globale. Il en résulte que la variance d'un estimateur est plus faible lorsque la population est stratifiée. L'idéal serait donc de stratifier la population selon le caractère y , ce qui n'est généralement pas possible étant donné que la répartition de y est justement ce que l'enquête cherche à appréhender. C'est il est nécessaire de choisir des variables de stratification connues préalablement et qui sont corrélées avec la variable d'intérêt. Demoly, Fizzala, et Gros (2014) détaillent la réalisation des enquêtes de l'INSEE portant sur les entreprises. Ils expliquent que, pour la plupart d'entre elles, le plan de sondage est un échantillonnage aléatoire simple stratifié. Les critères qui servent à stratifier sont le plus souvent un critère d'activité (tel qu'un des niveaux degrés de la NAF) et/ou un critère de taille (l'effectif salarié ou le chiffre d'affaires). Parce que les grandes entreprises sont particulièrement hétérogènes, le taux de sondage (le nombre d'éléments de la population qui sont sélectionnés, rapporté à la taille de la population) doit être élevé. Les auteurs vont même jusqu'à préciser que « *dans la quasi-totalité des enquêtes auprès des entreprises, une partie de la population, généralement composée de très grandes entreprises, est même intégrée d'office à l'échantillon, au sein de strates exhaustives* ».

2.2.2 Le sondage par grappe (*clustering*)

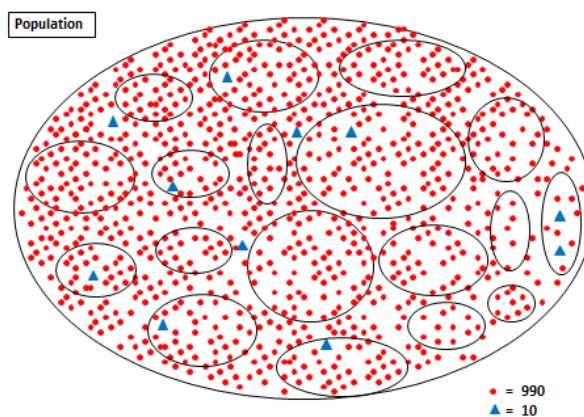
Les éléments étudiés peuvent être regroupés dans des groupes appelés grappes, ou *clusters*. C'est le cas par exemple des élèves qui sont regroupés par établissement, des ménages qui sont regroupés par immeuble ou par quartier, etc. Le sondage par grappe consiste à sélectionner tout d'abord certains *clusters*, puis éventuellement certains éléments au sein de chaque *cluster* présélectionné. Par exemple, pour étudier une caractéristique dans la population des étudiants de terminale en France, on peut sélectionner certains établissements (les *clusters*) puis étudier tous les élèves de ces établissements sélectionnés (sondage à 1 degré) ou tirer un échantillon d'élèves dans chaque établissement présélectionné (sondage à deux degrés). Notons que les *clusters* du premier degré constituent les « *unités primaires d'échantillonnage* ».

Les producteurs d'enquêtes utilisent en général le *clustering* dans le but de réduire le coût de l'enquête, puisqu'on interroge des individus qui sont du même *cluster* et sont donc regroupés géographiquement. Le *clustering* peut également être utilisé lorsque la population n'est pas connue. Par exemple, si une enquête porte sur la population des personnes fréquentant les clubs de jazz d'une ville, l'enquêteur ne dispose pas de la liste de toutes ces personnes. En revanche, il peut disposer de la liste de tous les clubs de jazz de la ville. Dans ce cas, les clubs de jazz sont les *unités primaires d'échantillonnage*. L'enquêteur va sélectionner aléatoirement les clubs de jazz qu'il va interroger. Si par la suite il enquête de manière exhaustive toutes les personnes fréquentant les clubs de jazz sélectionnés pendant la durée de l'enquête, alors le sondage est à un degré. S'il réalise un échantillonnage des personnes rencontrées dans les clubs de jazz lors de l'enquête, le sondage est à deux degrés et les personnes interrogées constituent les *unités secondaires d'échantillonnage*.

L'inconvénient majeur de cette technique de sondage est une diminution de la précision. En effet, en général, les individus d'une même grappe sont relativement homogènes, ce qui implique une perte d'information (10 individus d'un même immeuble seront sans doute plus homogènes que 10 individus sélectionnés au hasard dans l'ensemble de la population).

Notons que l'ensemble des *clusters* ne constitue pas nécessairement une partition de la population. La Figure 7 illustre un *clustering* d'une population. En l'occurrence, l'exemple présenté est celui d'un *cluster* à 1 degré, car tous les éléments des *clusters* sélectionnés (les clusters jaunes) font partie de l'échantillon.

Étape 1 : on identifie les clusters



Étape 2 : on choisit aléatoirement les clusters à interroger

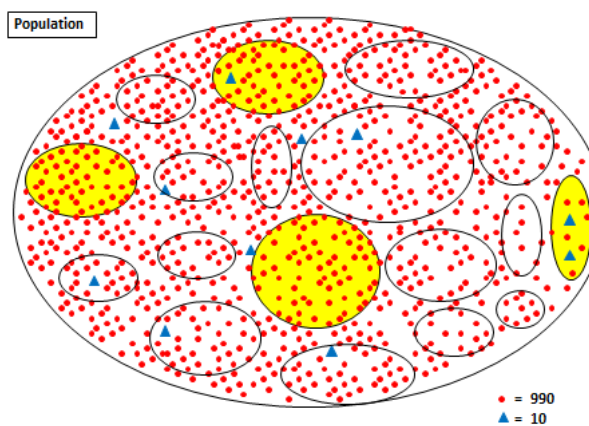


Figure 7 - Illustration d'un *clustering*

La Figure 8 résume les différences entre un sondage stratifié, un sondage à un degré et un sondage à deux degrés.

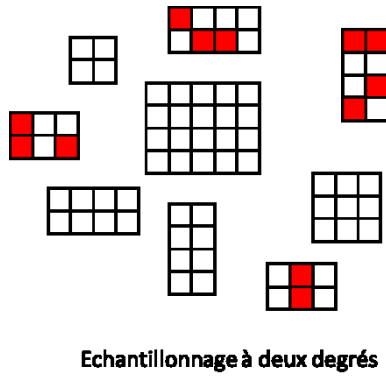
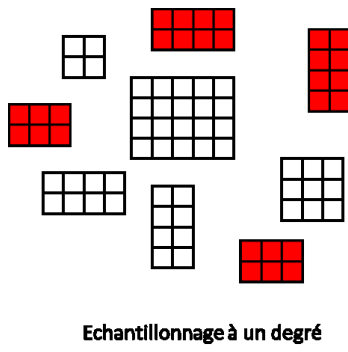
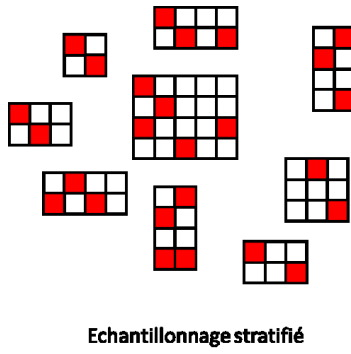
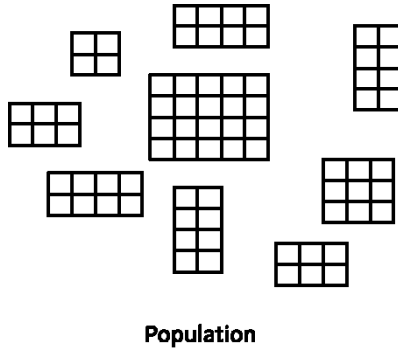


Figure 8 - Illustration de la différence entre stratification et différents types de clustering
 Source : Lohr (2009)

2.3 La pondération

La pondération n'est pas à proprement parler un élément du plan de sondage, puisqu'elle n'est pas une façon de sélectionner les individus dans la population, mais elle est presque systématiquement utilisée dans les enquêtes, que l'échantillonnage soit simple ou complexe. Elle peut servir trois objectifs.

Le premier est de rendre l'échantillon représentatif de la population. En effet, un échantillon peut avoir été distordu dans le but de surreprésenter certains éléments. C'est ce qui se produit dans l'exemple de la Figure 6. La stratification a permis d'introduire un nombre suffisant de *triangles bleus*, mais l'échantillon final n'est plus représentatif de la population, en termes de proportions *points rouges/triangles bleus*. La pondération permet de corriger cela. À chaque observation est alors associé un poids, qui est égal à l'inverse de la probabilité pour l'observation d'être sélectionnée :

$$w_i = \frac{1}{\pi_i}$$

Notons que dans le cas d'un EAS à l'intérieur de chaque strate, les éléments d'une même strate ont donc le même poids (puisque'ils ont la même probabilité d'être sélectionné).

Prenons l'exemple initial, présenté par la Figure 6. Pour rappel, la strate 1 est constituée des 990 éléments ● parmi lesquels 95 ont été sélectionnés dans l'échantillon et la strate 2 est constituée des 10 éléments ▲ parmi lesquels 5 ont été sélectionnés dans l'échantillon.

Le poids des éléments de la strate 1 est :

$$w_1 = \frac{1}{\pi_1} = \frac{1}{\frac{n_1}{N_1}} = \frac{N_1}{n_1} = \frac{990}{95}$$

De même, le poids des éléments de la strate 2 est :

$$w_2 = \frac{10}{5} = 2$$

Notons que, si le poids final est égal à l'inverse de la probabilité d'inclusion de chaque élément, la somme des poids est une estimation du total des individus dans la population :

$$\hat{N} = \sum_{i \in S} w_i = \sum_{i \in S_1} w_i + \sum_{i \in S_2} w_i = n_1 w_1 + n_2 w_2 = 95 * \frac{990}{95} + 5 * 2 = 1000$$

La valeur du poids de sondage s'interprète comme la quantité d'éléments dans la population qu'un élément donné dans l'échantillon représente, lui-même compris.

Le deuxième objectif de la pondération est le traitement de la non-réponse, c'est-à-dire l'absence de réponse d'un individu faisant partie de l'échantillon initial. La non-réponse peut être partielle (un individu n'a pas répondu à une partie des questions), ou totale (l'individu n'a

pas répondu à l'enquête). Si certains individus n'ont pas répondu à l'enquête, même de manière partielle, l'échantillon final, c'est-à-dire celui qui va être exploité par l'analyste de données, diffère de l'échantillon initial qui a été conçu par le producteur de données pour répondre à l'ensemble des contraintes que ce dernier s'était fixé. Sans expliciter les différentes méthodes de traitement, retenons que la non-réponse peut être traitée en corrigeant les poids initiaux, ou poids de sondage. Le principe est d'augmenter le poids des individus ayant répondu pour que leurs réponses représentent également les réponses des individus n'ayant pas répondu.

Enfin, le troisième objectif que peut servir la pondération est le redressement d'un échantillon. Cela consiste à comparer la valeur d'un paramètre estimé sur la population avec une valeur connue, qui est fournie par une information auxiliaire, provenant d'une autre source. Si la valeur estimée est trop différente de la valeur connue, alors on redresse la valeur de l'estimation à l'aide d'une variable de pondération, ou de *calage*, qui permet de faire correspondre l'estimateur et l'information auxiliaire.

Ainsi, dans le cas le plus général, le poids final associé à chaque observation est (Heeringa, West, et Berglund, 2010) :

$$W_{final,i} = W_{sondage,i} * W_{non-réponse,i} * W_{calage,i}$$

Étant donné l'équation (2), la pondération n'est pas exclusivement utilisée dans les enquêtes à plan de sondage complexe. Une enquête fondée sur un échantillonnage aléatoire simple peut comporter une variable de pondération, si les producteurs de l'enquête ont corrigé la non-réponse ou ont calé les estimations à l'aide d'information auxiliaire.

2.4 Présentation du plan de sondage de l'ECET

L'ECET (Enquête sur la Consommation d'Énergie dans le Tertiaire) a été réalisée entre septembre 2012 et janvier 2013 par la Direction des Statistiques d'Entreprises de l'INSEE en partenariat avec le SOeS³⁴. La population cible est constituée « *[des] établissements exploitants, sans restriction de taille, dont l'activité principale appartient aux secteurs tertiaires principalement marchands, y compris artisanat commercial, mais hors transports et entreposage. Les secteurs principalement non marchands du tertiaire (enseignement, santé...) sont donc exclus du champ. Cela correspond aux codes NAF rév.2 suivants : section G (y compris l'artisanat commercial : 10.13B, 10.71B, 10.71C, 10.71D), section I à N et division 95 et 96 de la section S* ». Les sections concernées sont donc les sections « *Commerce* » ;

³⁴ Source : Fiche descriptive de l'opération, documentation méthodologique et qualité de l'opération, site internet de l'INSEE, <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=sources/sou-enq-conso-energie-tertiaire-ecet.htm>

« Réparation d'automobiles et de motocycles », « Hébergement et restauration », « Information & Communication », « Activités financières et d'assurance », « Activités immobilières », « Activités spécialisées, scientifiques et techniques », « Activités de services administratifs et de soutien », et les divisions 95 et 96 de la section « Autres activités de services ». Le champ géographique de l'étude est la France entière. La taille de la population ainsi définie est $N = 3\,093\,909$.

L'unité statistique est l'établissement : « c'est le lieu géographique où se trouvent les compteurs de gaz et d'électricité. C'est également le lieu où le plus souvent sont adressées les factures des fournisseurs d'énergie ».³⁵ La définition de l'INSEE de l'établissement est la suivante : « l'établissement est une unité de production géographiquement individualisée, mais juridiquement dépendante de l'entreprise. Un établissement produit des biens ou des services : ce peut être une usine, une boulangerie, un magasin de vêtements, un des hôtels d'une chaîne hôtelière, la « boutique » d'un réparateur de matériel informatique ... »

La documentation associée à l'enquête indique que l'échantillonnage est un échantillonnage à plan de sondage complexe puisque la population est stratifiée et une pondération est attribuée à chaque observation. La population est stratifiée par secteur d'activité (en utilisant la division de la NAF) et par tranche de taille d'effectif. Il y a 31 modalités³⁶ pour la division et 8 modalités³⁷ pour la tranche d'effectif. Le croisement des deux critères conduit à une stratification de la population en 279 strates (voir Figure 9).

L'échantillonnage varie d'une strate à l'autre. Pour les strates définies par un effectif supérieur à 250 salariés, l'échantillonnage est exhaustif, comme cela est souvent le cas pour les enquêtes de l'INSEE portant sur les entreprises (Demoly, Fizzala, et Gros, 2014). Ainsi, la probabilité pour un élément de ces strates d'être sélectionné est de 1, et donc le poids de sondage est de 1. Cette sous-population représente 13,7% de l'échantillon (en termes d'établissements). Pour les autres strates, l'allocation est proportionnelle au nombre de salariés.

³⁵ Source : note méthodologique de l'ECET.

³⁶ Les divisions considérées sont les numéros : 10, 45, 46, 47, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 95, 96.

³⁷ 0 salarié, 1 à 5 salariés, 6 à 9 salariés, 10 à 19 salariés, 20 à 49 salariés, 50 à 99 salariés, 100 à 249 salariés, 250 à 499 salariés, plus de 500 salariés

	0 salarié	1 à 5 salariés	6 à 9 salariés	10 à 19 salariés	20 à 49 salariés	50 à 99 salariés	100 à 249 salariés	250 à 499 salariés	Plus de 500 salariés
Division 10	S1	S2	S3						
Division 45									
Division 46									
...									
...				Sk					
...									
...									
Division 95									
Division 96									S279

Figure 9- Schéma de la stratification de la population de l'ECET (Lecture : les strates jaunes sont sondées exhaustivement)

Puisque les strates ne sont pas toutes de même taille, et que la probabilité pour un établissement d'être sélectionné varie d'une strate à l'autre (elle vaut 1 dans les strates sondées exhaustivement, et est fonction du nombre total de salariés pour les autres strates), il est nécessaire d'attribuer un poids de sondage à chaque observation. De plus, certains établissements n'ont pas répondu à l'enquête. En effet, la taille de l'échantillon initial est de 20 152 établissements. Cela correspond aux établissements qui ont été sélectionnés par l'échantillonnage et qui ont reçu le questionnaire de l'enquête. 13 951 établissements ont répondu, parmi eux certains se sont révélés être des établissements hors-champ. Finalement, le nombre de questionnaires utilisables est de 12 425. Il est donc nécessaire de corriger la non-réponse. D'après la documentation de l'INSEE, la non-réponse partielle (l'établissement n'a pas répondu à certaines questions) a été corrigée par la méthode du « *donneur* » ou méthode du « *hot-deck* »³⁸. La non-réponse totale (l'établissement n'a pas du tout répondu) est corrigée par repondération³⁹.

Les poids finaux, fournis par le producteur de données, sont compris entre 1 et 4056 (mais 99% des poids sont <1 545.7).

³⁸ « Elle consiste à rechercher un établissement répondant (donneur) pour chaque établissement n'ayant pas répondu à une question (receveur) afin de lui affecter ses données. Le donneur est choisi parmi les établissements ayant des caractéristiques semblables à celles du receveur selon une variable (dite « *auxiliaire* ») liée à la variable d'imputation. » Source : bilan qualité de l'ECET.

³⁹ « La non-réponse totale est corrigée par repondération, au sein de « groupes de réponse homogènes »(GRH). La première étape de la phase de correction de la non-réponse totale est donc de constituer ces GRH, qui rassemblent des établissements ayant des caractéristiques proches. Les GRH sont composés d'établissements répondants et non répondants appartenant au champ de l'enquête. »

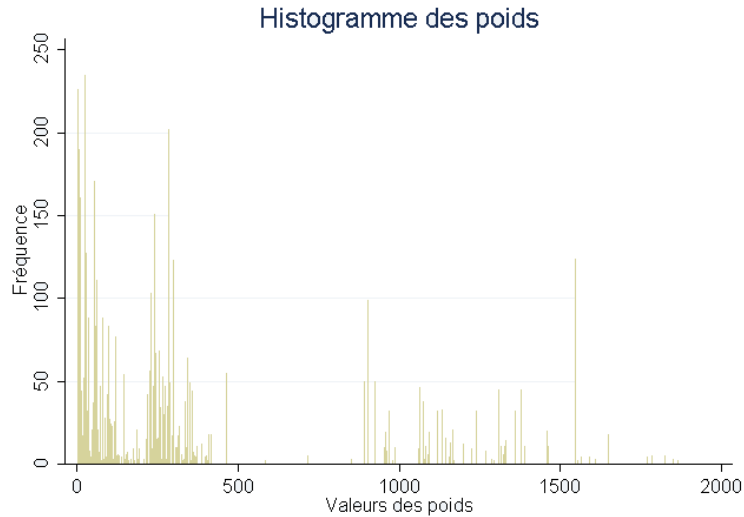


Figure 10 - Histogramme des poids
Source : données de l'ECET

D'après les sections précédentes, nous pouvons donc conclure que l'ECET est une enquête à plan de sondage complexe puisque la population est stratifiée. De plus, une variable de pondération est attribuée à chaque individu pour prendre en compte le plan de sondage et la correction de la non-réponse. Il est donc nécessaire de tenir compte de ces informations lors de l'analyse des données. La section suivante présente l'impact de la prise en compte de ces informations sur les outils statistiques usuels.

3. Impact du plan de sondage sur l'analyse des données

Cette section rappelle les expressions des différents paramètres d'intérêt d'une population (3.1), puis présente les expressions des estimateurs et de leur précision dans le cas d'un EAS (3.2.1) et dans le cas d'un échantillonnage complexe (3.2.2). Enfin, elle illustre (3.3) à l'aide de données de l'ECET l'impact sur l'analyse des données de la prise en compte ou non du plan de sondage complexe. Notons que le fait de ne pas prendre en compte le plan de sondage (et de ne pas utiliser les procédures statistiques adaptées) revient implicitement à considérer que les données sont issues d'un EAS.

3.1 Paramètres d'intérêt de la population

L'objectif de l'analyse de données consiste en général à connaître certains paramètres d'intérêt d'une population : la moyenne, le total, la proportion, le coefficient de corrélation, etc.

Soit $\mathcal{U} = \{1, \dots, N\}$ la population (ou l'univers) étudiée, composée de N éléments.

Le Tableau 4 expose les principaux paramètres d'intérêt d'une population. Ceux-ci peuvent caractériser la distribution d'un caractère continu dans la population (moyenne, écart-type, quartile, etc.) ou d'un caractère discret (fréquence, etc.) ainsi que la relation entre plusieurs caractères (ratio, coefficient de corrélation, coefficients d'une régression linéaire, etc.)

Moyenne du caractère y dans la population	$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \quad (17)$
Variance corrigée du caractère y dans la population	$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad (18)$
Écart-type du caractère y dans la population	$S = \sqrt{S^2} \quad (19)$
Total du caractère y dans la population	$t = \sum_{i=1}^N y_i = N\bar{y} \quad (20)$
Fonction de masse de la variable y	$f(y) = \frac{\sum_{i=1}^N 1_{y_i=y}}{N} \quad (21)$ <i>avec $1_{y_i=y} = 1$ si $y_i = y$, 0 sinon</i>
Fonction de répartition de la variable y	$F(y) = \frac{\sum_{i=1}^N 1_{y_i \leq y}}{N} = \sum_{x \leq y} f(x) \quad (22)$ <i>avec $1_{y_i \leq y} = 1$ si $y_i \leq y$, 0 sinon</i>
Proportion d'un caractère dans la population Le calcul d'une proportion peut être vu comme un cas particulier du calcul de la moyenne avec $y_i = \begin{cases} 1 & \text{si l'observation } i \text{ présente le caractère étudié} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$	$p = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \quad (23)$
Ratio de deux variables	Si $t_y = \sum_{i=1}^N y_i$ et $t_x = \sum_{i=1}^N x_i$ alors $Q = \frac{t_y}{t_x} = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} \quad (24)$
Coefficient de corrélation de deux variables	$R = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(N-1)S_x S_y} \quad (25)$ Avec S_x et S_y les écart-types de x et de y .
Régression linéaire multiple : Supposons que l'on cherche à étudier les relations entre différentes variables d'une population. En particulier, on a :	Le modèle linéaire dans la population est : $y = x^T \beta$ avec

$y_U = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix}$ <p>est la variable dépendante, et</p> $X_U = \begin{bmatrix} X_1^T \\ \vdots \\ X_N^T \end{bmatrix} \text{ avec } X_i^T = [x_{i,1} \quad \dots \quad x_{i,p}] \forall i$ <p style="text-align: center;">$\in \{1, \dots, N\}$</p> <p>sont les p variables explicatives.</p>	$\beta = (X_U^T X_U)^{-1} X_U^T y_U \quad (26)$ <p>L'élément (j,k) de la matrice $X_U^T X_U$ a pour expression :</p> $\sum_{i=1}^N x_{i,j} x_{i,k} = t_{X_j X_k}$ <p>L'élément k du vecteur $X_U^T y_U$ a pour expression :</p> $\sum_{i=1}^N x_{i,k} y_i = t_{X_k y}$
--	--

Tableau 4 - Principaux paramètres d'intérêt dans une population

3.2 Estimations des paramètres d'intérêt grâce à un échantillon

Il peut s'avérer impossible d'estimer les paramètres d'intérêt sur la population entière, parce que celle-ci est trop grande, parce qu'elle n'est pas parfaitement connue, parce qu'il serait trop coûteux d'étudier tous les éléments de la population, etc. Ceci est d'autant plus vrai aujourd'hui avec le développement des équipements de transmission et d'acquisition de données à des pas de temps très courts, comme les compteurs intelligents, qui produisent des bases de données colossales (Chaouch et Goga, 2012). Dans ce cas, l'analyste a en général recours à un échantillon. Comme nous avons vu à la section 2, on distingue l'échantillon aléatoire simple de l'échantillon à plan de sondage complexe. L'idée est d'estimer les paramètres d'intérêt sur les données de l'échantillon et d'inférer les valeurs obtenues à la population, en accompagnant ces valeurs d'une mesure de leur précision.

Dans la suite, nous considérerons un échantillon \mathcal{S} de taille n extrait de \mathcal{U} . L'objectif d'un échantillonnage est d'obtenir de l'information sur un paramètre d'intérêt φ qui dépend des valeurs y prises par les individus de la population $\varphi = \varphi(y_1, \dots, y_N)$. Comme nous l'avons vu au paragraphe précédent, φ peut être la somme, la moyenne, l'écart-type, un quantile, etc. Lorsqu'il est impossible ou trop coûteux d'obtenir l'information sur tous les éléments d'une population, on tire un échantillon \mathcal{S} de cette population U et on construit un estimateur $\hat{\varphi}(y_k, k \in \mathcal{S})$ de $\varphi(y_k, k \in U)$.

Pour chaque population U , il y a un ensemble dénombrable d'échantillons de taille n selon le plan d'échantillonnage, cet ensemble est noté \mathcal{S}^{40} . \mathcal{S} est une réalisation particulière du plan d'échantillonnage. La probabilité que l'échantillon \mathcal{S} soit tiré est $p(\mathcal{S})$. Dans le cas d'un

⁴⁰ Par exemple, dans le cas d'un EAS avec remise, le nombre d'échantillons de taille n que l'on peut obtenir à partir d'une population de taille N est : $card(\mathcal{S}) = N^n$. Dans le cas d'un EAS sans remise, $card(\mathcal{S}) = \frac{N!}{n!(N-n)!}$

échantillonnage probabiliste, l'estimateur $\hat{\varphi}$, qui dépend de l'échantillon (on note donc $\hat{\varphi}(\mathcal{S})$) est donc une variable aléatoire, qui possède une espérance

$$E(\hat{\varphi}) = \sum_{\mathcal{S} \in \mathbb{S}} \mathbf{p}(\mathcal{S}) \hat{\varphi}(\mathcal{S}) \quad (27)$$

et une variance

$$V(\hat{\varphi}) = E[(\hat{\varphi} - E(\hat{\varphi}))^2] = \sum_{\mathcal{S} \in \mathbb{S}} \mathbf{p}(\mathcal{S}) (\hat{\varphi}(\mathcal{S}) - E(\hat{\varphi}))^2 \quad (28)$$

Ces paramètres permettent de quantifier la qualité de l'estimateur $\hat{\varphi}$. En général, on choisira l'estimateur de plus petite variance parmi les estimateurs non biaisés⁴¹. Cependant, pour calculer $E(\hat{\varphi})$ et $V(\hat{\varphi})$, il faudrait disposer de l'ensemble \mathbb{S} des échantillons de taille n , ce qui est rarement le cas en pratique. En général, l'analyste dispose d'un seul échantillon \mathcal{S} . Dans ce cas, il faut estimer, grâce aux données de ce seul échantillon \mathcal{S} , la variance de l'estimateur $\hat{\varphi}$, notée $\hat{V}(\hat{\varphi})$. On peut également utiliser l'erreur-standard de l'estimateur, définie par $se(\hat{\varphi}) = \sqrt{\hat{V}(\hat{\varphi})}$. Ces deux informations permettent de quantifier la précision de l'estimateur.

3.2.1 Estimations des paramètres d'intérêt grâce à un échantillonnage aléatoire simple

Le Tableau 5 rappelle les expressions des différents estimateurs des paramètres d'intérêt définis dans le Tableau 4, dans le cas d'un EAS

⁴¹ Le biais est défini de la façon suivante : $Biais(\hat{\varphi}) = E(\hat{\varphi}) - \varphi$. L'estimateur est sans biais si $Biais(\hat{\varphi}) = 0$

Estimation de la moyenne du caractère y	$\hat{y}_{EAS} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$ (29)
Estimation de la variance corrigée du caractère y	$\hat{s}_{EAS}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ (30)
Estimation de l'écart-type du caractère y	$\hat{s}_{EAS} = \sqrt{\hat{s}_{EAS}^2}$ (31)
Estimation du total du caractère y	$\hat{t}_{EAS} = N\hat{y}_{EAS}$ (32)
Estimation de la fonction de masse de la variable y	$\hat{f}_{EAS} = \frac{\sum_{i=1}^n 1_{y_i=y}}{n}$ (33)
Estimation de la fonction de répartition de la variable y	$\hat{F}_{EAS} = \frac{\sum_{i=1}^n 1_{y_i \leq y}}{n} = \sum_{x \leq y} \hat{f}_{EAS}(x)$ (34)
Estimation d'une proportion d'un caractère ⁴²	$\hat{p}_{EAS} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$ (35)
Ratio de deux variables	$\hat{Q}_{EAS} = \frac{\hat{y}_{EAS}}{\hat{x}_{EAS}} = \frac{\hat{t}_{y,EAS}}{\hat{t}_{x,EAS}}$ (36)
Coefficient de corrélation de deux variables	$\hat{R}_{EAS} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_{EAS})(y_i - \hat{y}_{EAS})}{(n-1)\hat{s}_{EAS,x}\hat{s}_{EAS,y}}$ (37) Avec $\hat{s}_{EAS,x}$ et $\hat{s}_{EAS,y}$ les écart-types de x et de y .
<p>Si</p> $y_S = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$ <p>est la valeur de la variable dépendante dans l'échantillon et</p> $X_S = \begin{bmatrix} X_1^T \\ \vdots \\ X_n^T \end{bmatrix} \text{ avec } X_i^T = [x_{i,1} \quad \dots \quad x_{i,p}] \forall i \in \{1, \dots, n\}$ <p>sont les valeurs des p variables explicatives dans l'échantillon</p>	<p>Le modèle linéaire estimé dans l'échantillon est :</p> $y_S = X_S^T \hat{\beta}_{EAS} + \varepsilon$ <p>avec</p> $\hat{\beta}_{EAS} = (X_S^T X_S)^{-1} X_S^T y_S$ (38) <p>En effet, l'élément (j,k) de la matrice $X_U^T X_U$ a été estimé par</p> $\sum_{i=1}^N x_{i,j} x_{i,k} \rightarrow \frac{N}{n} \sum_{i=1}^n x_{i,j} x_{i,k}$ <p>et l'élément k du vecteur $X_U^T y_U$ a été estimé par</p> $\sum_{i=1}^N x_{i,k} y_i \rightarrow \frac{N}{n} \sum_{i=1}^n x_{i,k} y_i$

Tableau 5 - Estimateurs des principaux paramètres d'intérêt à l'aide des données de l'échantillon dans le cas d'un EAS

⁴² Le calcul d'une proportion peut être vu comme un cas particulier du calcul de la moyenne avec

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si l'observation } i \text{ présente le caractère étudié} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Lorsque les estimateurs sont appliqués à l'échantillon étudié, ils fournissent une estimation ponctuelle. Ils ne contiennent pas d'information sur leur précision. Il faut donc accompagner les résultats des estimations ponctuelles d'indicateurs de précision, que constituent les variances (ou les erreurs-types) des estimateurs, que l'on trouve dans le Tableau 6.

Variance estimée de l'estimateur du paramètre d'intérêt	Formule
Moyenne	$\hat{V}_{EAS}(\hat{y}_{EAS}) = \frac{\hat{s}_{EAS}^2}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right)$ (39)
Total	$\hat{V}_{EAS}(\hat{t}_{EAS}) = N^2 \frac{\hat{s}_{EAS}^2}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right)$ (40)
Proportion	$\hat{V}_{EAS}(\hat{p}_{EAS}) = \frac{\frac{N-n}{N-1} \hat{p}_{EAS} (1 - \hat{p}_{EAS})}{n}$ (41)
Ratio	$\hat{V}_{EAS}(\hat{Q}_{EAS}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{1}{n\bar{x}^2} \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{Q}_{EAS} x_i)^2}{n-1}$ (42)
Coefficients d'une régression linéaire	$\hat{V}(\hat{\beta}_{EAS}) = (X_S^T X_S)^{-1} \hat{\sigma}_{y.x}^2$ (43) Avec : $\hat{\sigma}_{y.x}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i \hat{\beta}_{EAS})^2}{n - (p + 1)}$

Tableau 6- Variance estimée dans le cas d'un EAS

Pour chaque estimateur, on peut également définir son erreur-standards $e(\hat{\varphi}) = \sqrt{\hat{V}(\hat{\varphi})}$.

Une façon classique de présenter les résultats d'une estimation est de fournir un intervalle de confiance pour l'estimation.

D'après Neyman (1934), l'intervalle de confiance à $100(1 - \alpha)\%$ d'un estimateur $\hat{\varphi}$ ⁴³ est défini par :

$$\hat{\varphi} \mp t_{\frac{\alpha}{2}, k} se(\hat{\varphi}) \quad (44)$$

avec $se(\hat{\varphi})$ l'erreur-standard de l'estimateur et $t_{\frac{\alpha}{2}, k}$ la valeur d'une distribution de Student à k degrés de liberté. Dans le cas de l'EAS, le nombre de degrés de liberté est égal à $n-1$.

⁴³ Il faut que cet estimateur soit non-biaisé.

3.2.2 Estimations des paramètres d'intérêt grâce à un échantillonnage à plan de sondage complexe

Lorsque les données ne proviennent pas d'un EAS, les formules précédentes ne sont plus valables. La pondération affecte la valeur des estimations ponctuelles tandis que le plan de sondage (stratification, cluster) affecte les erreurs-types. D'après Lohr (2009) : « *All the information needed to construct point estimates is contained in the sampling weights [...]. But the sampling weights give no information on how to find standard errors of the estimates, and thus knowing the sampling weights alone will not allow you to do inferential statistics. Variances of the estimates depend on the probabilities that any pair of units is selected to be in the sample and requires more knowledge of the sampling design than given by weights alone.* »

Par la suite, nous considérons :

h le nombre de strates, $h \in \{1, \dots, H\}$

c le nombre de clusters dans la strate h , $c \in \{1, \dots, C_h\}$

i le nombre d'individus dans le cluster c de la strate h , $i \in \{1, \dots, m_{ch}\}$ avec m_{ch} le nombre d'éléments dans le cluster c de la strate h

$w_{h,c,i}$ le poids de l'individu i du cluster c dans la strate h ⁴⁴

Le Tableau 7 rassemble les expressions littérales des différents estimateurs en présence d'un échantillonnage complexe.

⁴⁴ Dans le cas de l'ECET, où il n'y a pas de cluster, on considère que i vaut 1 et c vaut le nombre d'individus dans la strate, $C_h = N_h$ le nombre d'individus dans la strate h .

Estimation de la moyenne du caractère y	$\hat{y}_{EC} = \frac{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} y_{h,c,i}}{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i}} = \frac{\sum_{i \in S} w_{h,c,i} y_{h,c,i}}{\sum_{i \in S} w_{h,c,i}} \quad (45)$
Estimation de la variance corrigée du caractère y	$\hat{s}_{EC}^2 = \frac{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} (y_{h,c,i} - \hat{y}_{EC})^2}{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} - 1} = \frac{\sum_{i \in S} w_i (y_i - \hat{y}_{EC})^2}{\sum_{i \in S} w_i - 1} \quad (46)$
Estimation de l'écart-type du caractère y	$\hat{s}_{EC} = \sqrt{\hat{s}_{EC}^2} \quad (47)$
Estimation du total du caractère y	$\hat{t}_{EC} = \sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} y_{h,c,i} = \sum_{i \in S} w_i y_i = \sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} \hat{y}_{EC} = \hat{N}_{EC} \hat{y}_{EC} \quad (48)$
Estimation de la fonction de masse de la variable y	$\hat{f}_{SC}(y) = \frac{\sum_h \sum_c \sum_i 1_{y_i=y} w_{h,c,i}}{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i}} = \frac{\sum_{i \in S} 1_{y_i=y} w_i}{\sum_{i \in S} w_i} \quad (49)$
Estimation de la fonction de répartition de la variable y	$\hat{F}_{SC}(y) = \sum_{x \leq y} \hat{f}_{SC}(x) \quad (50)$
Estimation d'une proportion d'un caractère ⁴⁵	$\hat{p}_{EC} = \frac{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} 1_{h,c,i}}{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i}} \quad (51)$
Ratio de deux variables	$\hat{Q}_{EC} = \frac{\hat{t}_{y,EC}}{\hat{t}_{x,EC}} = \frac{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} y_{h,c,i}}{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} x_{h,c,i}} \quad (52)$
Coefficient de corrélation de deux variables	$\hat{R}_{EC} = \frac{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} (y_{h,c,i} - \bar{y}_{EC})(x_{h,c,i} - \bar{x}_{EC})}{\sqrt{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} (y_{h,c,i} - \bar{y}_{EC})^2} \sqrt{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} (x_{h,c,i} - \bar{x}_{EC})^2}} \quad (53)$
Si $y_S = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$ est la valeur de la variable dépendante dans l'échantillon et	Le modèle linéaire estimé dans l'échantillon est : $y_S = X_S^T \hat{\beta}_{EC} + \varepsilon$ avec $\hat{\beta}_{EC} = (X_S^T W_S X_S)^{-1} X_S^T W_S y_S \quad (54)$ et $W_S = \text{diag}(w_i)_{i \in S}$ En effet, l'élément (j,k) de la matrice $X_U^T X_U$ a été estimé

⁴⁵ Le calcul d'une proportion peut être vu comme un cas particulier du calcul de la moyenne avec $1_{h,c,i} = 1$ si l'observation i du cluster c de la strate h possède le caractère en question, 0 sinon.

⁴⁶ Notons que l'expression de l'estimateur des coefficients de la régression linéaire rappelle l'estimateur des moindres carrés pondérés. Dans ce dernier cas, la pondération est utilisée si l'hypothèse d'homoscédasticité est violée et si la forme de l'hétéroscédasticité est connue, c'est-à-dire si :

$$\forall i \in \{1, \dots, n\}, \quad \varepsilon_i \sim \mathcal{N}(0, \sigma_i^2)$$

Dans ce cas,

$$\hat{\beta}_{MCP} = (X^T \Omega^{-1} X)^{-1} X^T \Omega^{-1} y$$

Avec $\Omega = \text{diag}(\sigma_1^2, \dots, \sigma_n^2)$

Cependant, l'approche n'est pas la même. Dans le cas de l'estimation qui nous intéresse, la matrice de poids provient du tirage de l'échantillon, tandis que dans le cas des moindres carrés pondérés, elle provient de la variance supposée des erreurs. Le calcul de la variance de ces deux estimateurs n'est en outre pas le même.

$X_S = \begin{bmatrix} X_1^T \\ \vdots \\ X_n^T \end{bmatrix} \text{ avec } X_i^T$ $= [x_{i,1} \quad \dots \quad x_{i,p}] \forall i \in \{1, \dots, n\}$ <p>sont les valeurs des p variables explicatives dans l'échantillon</p>	<p>par</p> $\sum_{i=1}^N x_{i,j} x_{i,k} \rightarrow \sum_{i=1}^n w_i x_{i,j} x_{i,k}$ <p>et l'élément k du vecteur $X_U^T y_U$ a été estimé par</p> $\sum_{i=1}^N x_{i,k} y_i \rightarrow \sum_{i=1}^n w_i x_{i,k} y_i$
---	--

Tableau 7 - Estimateurs des principaux paramètres d'intérêt à l'aide des données de l'échantillon dans le cas d'un échantillonnage à plan de sondage complexe

Quel que soit le paramètre d'intérêt, on observe que la pondération intervient dans l'expression des estimateurs. Cela signifie que la valeur des estimations est directement affectée par le fait que les données proviennent d'échantillonnage complexe puisque chacune des données est pondérée. Nous quantifierons à la section 3.3 l'ampleur de la différence entre les estimateurs calculés en ignorant le plan de sondage et ceux calculés en prenant en compte le plan de sondage à l'aide des données de l'ECET.

En revanche, on remarque que parmi les éléments qui caractérisent un échantillonnage complexe et qui ont été présentés à la section 2.2 (stratification, *clustering*, pondération) seule la pondération a un impact sur l'expression des estimateurs. En effet, les variables de stratification et de *clustering* apparaissent dans les indices des sommes, mais dans chaque cas on peut exprimer la somme $\sum_h \sum_c \sum_i$ comme la somme $\sum_{i \in S}$. À ce stade, retenons donc que l'expression des estimateurs issus d'un échantillonnage complexe diffère de celle des estimateurs issus d'un échantillonnage aléatoire simple, par le biais de la pondération mais pas par le biais de la stratification et du *clustering*. Par conséquent, l'analyste qui ignorerait la façon dont les données ont été sélectionnées et qui n'utiliserait pas les bonnes pondérations obtiendrait des estimateurs biaisés. En revanche, celui qui ignorerait la façon dont les données ont été sélectionnées (i.e. qui ignorerait le plan de sondage) mais qui prendrait en compte la variable de pondération dans l'expression des estimateurs obtiendrait les bonnes estimations ponctuelles.

Lorsque les données proviennent d'un échantillonnage complexe, les formules de la variance des estimateurs présentées dans le Tableau 6 dans le cas d'un EAS ne sont plus valides. Pour obtenir les expressions de la variance des estimateurs adaptées à l'échantillonnage complexe, il est nécessaire de distinguer deux cas : celui où l'estimateur en question est une fonction linéaire de totaux, et celui où l'estimateur est une fonction non-linéaire de totaux.

Lorsque l'estimateur étudié est un total, Horvitz et Thompson (1952) fournissent l'expression exacte de la variance de l'estimateur:

$$\widehat{V}(\hat{t}_{EC})_{EC} = \sum_{h=1}^H \frac{c_h}{c_h - 1} \left[\sum_{c=1}^{c_h} (\sum_{i=1}^{m_{ch}} w_{h,c,i} y_{h,c,i})^2 - \frac{(\sum_{c=1}^{c_h} \sum_{i=1}^{m_{ch}} w_{h,c,i} y_{h,c,i})^2}{c_h} \right] \quad (55)$$

Si le paramètre d'intérêt est une fonction linéaire de différents totaux, il existe également une formule exacte pour le calcul de la variance de cet estimateur (Lohr 2009, p290) :

$$\text{Soit } \hat{\varphi} = \sum_{i=1}^K a_i \hat{t}_i$$

Alors

$$\hat{V}(\hat{\varphi}) = \sum_{i=1}^K a_i^2 \hat{V}(\hat{t}_i) + 2 \sum_{i=1}^K \sum_{j=i+1}^K a_i a_j \text{Cov}(\hat{t}_i, \hat{t}_j)$$

Puisque $\hat{V}(\hat{\varphi})$ s'exprime comme une fonction des variances et covariances de totaux, en utilisant l'expression (42), on obtient une formule exacte pour $\hat{V}(\hat{\varphi})$.

$$\hat{V}(\hat{t}_{EC})_{EC} = \sum_{h=1}^H \frac{c_h}{c_{h-1}} \left[\sum_{c=1}^{c_h} (\sum_{i=1}^{m_{ch}} w_{h,c,i} y_{h,c,i})^2 - \frac{(\sum_{c=1}^{c_h} \sum_{i=1}^{m_{ch}} w_{h,c,i} y_{h,c,i})^2}{c_h} \right]$$

Dans le deuxième cas, lorsque l'estimateur est une fonction non linéaire de totaux, il n'existe pas d'expression exacte de l'estimation de la variance. Il faut donc choisir entre deux méthodes d'approximation (Goga, Deville, et Ruiz-Gazen, 2009). La première est d'approximer la fonction non linéaire par une fonction linéaire, en utilisant le développement de Taylor à l'ordre 1 de la fonction (Encadré 1). La deuxième est d'estimer la variance en ré-échantillonnant les données. Cela comprend les méthodes dites BRR (*Balanced Repeated Replication*) ou JRR (*Jackknife Repeated Replication*). Ce deuxième type de méthodes ne sera pas abordé dans cette thèse.

Encadré 1 : méthode de linéarisation de Taylor⁴⁷

De nombreux paramètres peuvent s'exprimer comme des fonctions non linéaires de totaux. C'est par exemple le cas du ratio de deux variables x et y :

$$\hat{Q}_{EC} = \frac{\hat{t}_{y,EC}}{\hat{t}_{x,EC}} = \frac{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} y_{h,c,i}}{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i} x_{h,c,i}}$$

ou des éléments de la matrice des coefficients de régression d'un modèle de régression linéaire multiple.

Sans perdre en généralité mais afin d'alléger les calculs, on peut supposer que l'estimateur étudié s'exprime comme une fonction f de deux (et plus généralement de k) totaux \hat{t}_x et \hat{t}_y :

⁴⁷ La courte explication exposée ici s'inspire de Heeringa, West, et Berglund (2010).

$$\hat{\varphi} = f(\hat{t}_x, \hat{t}_y)$$

La méthode dite TSL (*Taylor Series Linearization*) consiste à linéariser la fonction f à l'aide du développement en série de Taylor à l'ordre 1 :

$$f(\mathbf{u}, \mathbf{v}) \cong f(\mathbf{u}_0, \mathbf{v}_0) + (\mathbf{u} - \mathbf{u}_0) \frac{\partial f}{\partial \mathbf{u}}(\mathbf{u}_0, \mathbf{v}_0) + (\mathbf{v} - \mathbf{v}_0) \frac{\partial f}{\partial \mathbf{v}}(\mathbf{u}_0, \mathbf{v}_0)$$

En appliquant ceci à $\hat{\varphi} = f(\hat{t}_x, \hat{t}_y)$, on a :

$$\hat{\varphi} = f(\hat{t}_x, \hat{t}_y) \cong f(t_x, t_y) + (\hat{t}_x - t_x) \frac{\partial f}{\partial \hat{t}_x}(t_x, t_y) + (\hat{t}_y - t_y) \frac{\partial f}{\partial \hat{t}_y}(t_x, t_y)$$

$$\Leftrightarrow \hat{\varphi} \cong A + B(\hat{t}_x - t_x) + C(\hat{t}_y - t_y)$$

Avec $A = f(t_x, t_y)$, $B = \frac{\partial f}{\partial \hat{t}_x}(t_x, t_y)$, $C = \frac{\partial f}{\partial \hat{t}_y}(t_x, t_y)$

Ainsi,

$$\hat{V}(\hat{\varphi}) \cong \hat{V}(A + B(\hat{t}_x - t_x) + C(\hat{t}_y - t_y))$$

$$\hat{V}(\hat{\varphi}) \cong B^2 \hat{V}(\hat{t}_x - t_x) + C^2 \hat{V}(\hat{t}_y - t_y) + 2BC \text{cov}((\hat{t}_x - t_x)(\hat{t}_y - t_y))$$

$$\hat{V}(\hat{\varphi}) \cong B^2 \hat{V}(\hat{t}_x) + C^2 \hat{V}(\hat{t}_y) + 2BC \text{cov}(\hat{t}_x)(\hat{t}_y)$$

Cependant, on ne connaît pas B et C car on ne connaît pas les totaux sur la population t_x et t_y . On les estime par $\hat{B} = \frac{\partial f}{\partial \hat{t}_x}(\hat{t}_x, \hat{t}_y)$ et $\hat{C} = \frac{\partial f}{\partial \hat{t}_y}(\hat{t}_x, \hat{t}_y)$.

Ainsi,

$$\hat{V}(\hat{\varphi}) \cong \hat{B}^2 \hat{V}(\hat{t}_x) + \hat{C}^2 \hat{V}(\hat{t}_y) + 2\hat{B}\hat{C} \text{cov}(\hat{t}_x)(\hat{t}_y)$$

On a exprimé $\hat{V}(\hat{\varphi})$ comme une fonction de \hat{t}_x , \hat{t}_y , $\hat{V}(\hat{t}_x)$, $\hat{V}(\hat{t}_y)$ et $\text{cov}(\hat{t}_x)(\hat{t}_y)$ que l'on sait estimer (voir les deux paragraphes précédents), donc on peut l'estimer.

En appliquant la méthode de linéarisation de Taylor, on obtient les approximations des variances des estimateurs qui s'expriment comme des fonctions non linéaires de totaux : moyenne, proportion, ratio et coefficients de régression linéaire. Les formules étant relativement denses, nous ne présentons que les résultats pour la moyenne et pour les coefficients de régression, afin d'illustrer notre propos.

Pour la moyenne, on a :

$$\hat{V}_{EC,TSL}(\hat{y}_{EC}) = \sum_{h=1}^H \frac{C_h}{C_h - 1} \left[\sum_{c=1}^{C_h} \left[\frac{\sum_{i=1}^{m_{ch}} w_{h,c,i} (y_{h,c,i} - \hat{y}_{EC})}{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i}} - \frac{\sum_{c=1}^{C_h} \sum_{i=1}^{m_{ch}} w_{h,c,i} (y_{h,c,i} - \hat{y}_{EC})}{\sum_h \sum_c \sum_i w_{h,c,i}} \right] \right] \quad [2]$$

Pour les coefficients de régression linéaire, on définit :

$$\mathbf{r} = \mathbf{y}_S - \mathbf{X}_S \hat{\boldsymbol{\beta}}$$

$$\mathbf{e}_{hci} = \mathbf{w}_{hci} \mathbf{r}_{hci} \mathbf{x}_{hci}$$

$$\mathbf{e}_{hc.} = \sum_{i=1}^{m_{ch}} \mathbf{e}_{hci}$$

$$\mathbf{e}_{h..} = \frac{1}{C_h} \sum_{c=1}^{C_h} \mathbf{e}_{hc.}$$

$$\mathbf{G} = \frac{n-1}{n-p} \sum_{h=1}^H \frac{C_h}{C_h - 1} \sum_{c=1}^{C_h} (\mathbf{e}_{hc.} - \mathbf{e}_{h..})' (\mathbf{e}_{hc.} - \mathbf{e}_{h..})$$

Alors,

$$\hat{V}_{EC,TSL}(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{EC}) = (\mathbf{X}_S^T \mathbf{W}_S \mathbf{X}_S)^{-1} \mathbf{G} \mathbf{X}_S^T \mathbf{W}_S \mathbf{y}_S$$

La conclusion principale à tirer de ce dernier paragraphe est que, au regard des expressions précédentes, le plan de sondage modifie substantiellement l'expression des estimateurs et de leur variance. Les estimations ponctuelles sont affectées uniquement par la pondération mais la précision des estimateurs est affectée par tous les éléments de l'échantillonnage complexe (stratification, *clustering*, pondération).

Enfin, le plan de sondage modifie le nombre de degrés de liberté, qui intervient dans les distributions statistiques permettant de réaliser des tests d'hypothèse et de construire des intervalles de confiance pour les estimations ponctuelles. D'après Heeringa, West, et Berglund (2010, p 63), lorsque l'échantillonnage est complexe, le nombre de degrés de liberté est :

$$k = H - C$$

où H est le nombre de strates et C est le nombre total de clusters.

Le Tableau 8 résume les différentes précautions à prendre lors de l'analyse de données issues d'échantillonnage complexe.

Démarche statistique	Précautions à prendre
Calcul d'estimateur	Introduire la pondération
Calcul de la précision des estimateurs (variance d'estimateur et erreur-type)	Introduire la pondération, la stratification et le <i>clustering</i>
Calcul d'un intervalle de confiance	Utiliser les estimateurs et les erreur-types adaptés Utiliser le nombre de degrés de liberté tenant compte du plan de sondage
Tests d'hypothèse basés sur les distributions de Fisher, de Student, du χ^2	Utiliser les estimateurs et les erreur-types adaptés Utiliser le nombre de degrés de liberté tenant compte du plan de sondage

Tableau 8 - Démarche adaptée à l'analyse de données issues d'un échantillonnage complexe

Kish (1965) définit un indicateur permettant de comparer la précision d'un EAS avec celle d'un plan de sondage complexe. Il nomme cet indicateur l'effet du plan (*design effect*) sur l'estimateur $\hat{\varphi}$ et le définit comme suit :

$$d^2(\hat{\varphi}) = \frac{se_{EC}(\hat{\varphi})^2}{se_{EAS}(\hat{\varphi})^2} = \frac{\hat{V}_{EC}(\hat{\varphi})}{\hat{V}_{EAS}(\hat{\varphi})}$$

avec \hat{V}_{EC} et \hat{V}_{EAS} l'estimateur de la variance respectivement sur l'échantillonnage à plan de sondage complexe (EC) et sur l'EAS, et *se* les erreurs standards. Si $d^2 < 1$ (resp. $d^2 > 1$), l'échantillonnage à plan de sondage complexe augmente (resp. diminue) la précision de l'estimateur relativement à un EAS.

3.3 Illustration à l'aide des données de l'ECET

Certains ouvrages et articles ont déjà illustré numériquement l'écart entre les résultats d'une analyse qui suppose que les données proviennent d'un EAS et les résultats d'une analyse qui prend en compte le fait que ces mêmes données proviennent d'un échantillonnage à plan de sondage. On peut citer les articles de Korn et Graubard (1995), de Johnson et Elliott (1998), de Le Guennec (2005), d'Osborne (2011), de Lewis (2013), ou l'ouvrage de Heeringa, West, et Berglund (2010).

L'objectif de cette section est d'utiliser les données de l'ECET pour illustrer les différences de résultats. Pour cela, nous réalisons les estimations suivantes :

- E1 : pas de prise en compte de la pondération ni de la stratification
- E2 : prise en compte de la pondération mais pas de la stratification
- E3 : prise en compte de la pondération et de la stratification

Nous réalisons ces trois types d'estimations pour une moyenne (Tableau 9) et une régression linéaire multiple (Tableau 10). L'objectif ici n'est pas d'analyser ces estimations pour obtenir des informations sur la consommation énergétique du parc tertiaire (cela sera l'objet du Chapitre 4) mais bien d'illustrer les propos exposés dans ce présent chapitre.

	\hat{y}	$se(\hat{y})$	Degrés de liberté	Intervalle de confiance à 95%
E1	2767	50.2	11 487	[2668.8 ; 2865.6]
E2	310.3	11.51	11 487	[287.8 ; 332.9]
E3	310.3	20.09	11 218	[270.9 ; 349.7]

Tableau 9 - Résultats des différentes estimations d'une moyenne : Surface moyenne d'un bâtiment tertiaire en France (m²)
Données : ECET

Le Tableau 9 présente différentes estimations de la surface moyenne d'un bâtiment tertiaire français à partir des données de l'ECET. On constate que l'estimation E1 diffère substantiellement des estimations E2 et E3. En effet, l'estimation « classique », sans prise en compte du plan de sondage, conduit à un résultat de 2 767 m² pour la surface moyenne d'un bâtiment tertiaire. À l'inverse, lorsque l'on prend en compte la pondération, le résultat est de 310,3 m². Ce sont deux résultats très différents. Analysons ce résultat à la lumière du plan de sondage de l'INSEE. Les entreprises de plus de 250 salariés ont été sondées exhaustivement, ce qui signifie que le poids de sondage de ces éléments est de 1. À l'inverse, les petites entreprises sont beaucoup moins présentes dans l'échantillon, puisque la population est stratifiée par taille d'effectif et l'échantillonnage à l'intérieur de chaque strate est proportionnel à l'effectif salarié de la strate. On obtient ainsi un échantillon dans lequel les petites entreprises sont sous-représentées et les grandes entreprises sont surreprésentées. Pour corriger cela, le poids de sondage est introduit, et comme nous l'avons vu, il peut varier de 1 jusqu'à environ 4 000. Cette pondération permet de rééquilibrer l'échantillon. Mais évidemment, étant donné la distribution des poids (ils sont plus élevés pour les entreprises de faible effectif et plus faibles pour les entreprises d'effectif important), le calcul de la moyenne d'un caractère fortement corrélé à l'effectif salarié de l'entreprise (la surface de l'établissement dans notre exemple) est très sensible à la prise en compte ou non de la pondération. Ici, on voit bien que le fait d'utiliser la pondération dans le calcul de la surface moyenne va faire chuter drastiquement le résultat de l'estimation, le faisant passer de 2 767 à 310, parce que nous avons pris en compte le fait que les entreprises de petite taille ont un poids beaucoup plus important que les entreprises de grande taille. On constate également que les estimations E2 et E3 sont identiques, ce que nous avons déjà précisé à la section

précédente, puisque seule la pondération intervient dans le calcul des estimateurs. Ainsi E3, qui ne diffère de E2 que par la prise en compte de la stratification, conduit aux mêmes estimations que E2. À l'inverse, la précision des deux estimateurs, c'est-à-dire ici l'erreur-standard associée à l'estimateur, que ce soit le total, la moyenne, ou les coefficients de régression, diffèrent de E2 à E3. Dans notre exemple, l'estimation E3, qui est l'estimation « correcte », est moins précise que l'estimation E2. Enfin, comme mentionné précédemment, les estimations E2 et E3 n'utilisent pas le même nombre de degrés de liberté. 11 487 est ici égal au nombre d'observations moins un, tandis que 11 218 est égal au nombre d'observations moins le nombre de strates. Cela conduit à des intervalles de confiance qui sont différents, à cause de la différence de nombre de degrés de liberté et à cause de la différence de l'erreur-standard de l'estimateur.

Le Tableau 10 présente les différentes estimations, à partir des données et des variables présentes dans l'ECET, d'un modèle économétrique du logarithme de la consommation de gaz en fonction d'un certain nombre de variables explicatives. Il illustre bien les différences entre une régression non pondérée et une régression pondérée avec ou sans prise en compte du plan de sondage dans le calcul des erreurs-types. Comme pour la moyenne, les valeurs prises par l'estimation E1 ne sont pas les mêmes que pour E2 et E3. Les coefficients sont identiques entre E2 et E3. En revanche, les erreurs-standards des estimations E2 et E3 ne sont pas les mêmes, ni les degrés de liberté, et par conséquent les *valeurs t* du test de Student sont différentes. Le résultat du test d'hypothèse, représenté par la *valeur p*, n'est pas le même pour E2 et pour E3. On n'établit donc pas les mêmes conclusions quant à la significativité d'une variable explicative. Dans le Tableau 10, les cases en gras sont celles pour lesquelles le discours d'analyse des résultats change radicalement entre E2 et E3, parce que dans un cas la variable est significative et contribue donc à expliquer une part de variabilité de la consommation de gaz d'un bâtiment à un autre, tandis que dans l'autre cas elle n'est pas significative. Ainsi, cet exemple illustre bien l'importance de la décision de prendre en compte ou non le plan de sondage et la pondération dans l'estimation d'un modèle économétrique.

Variables indépendantes	Régression E1			Régression E2			Régression E3		
	$\hat{\beta}$	$se(\hat{\beta})$	p-value	$\hat{\beta}$	$se(\hat{\beta})$	p-value	$\hat{\beta}$	$se(\hat{\beta})$	p-value
Constante	0.27	1.08	0.8	0.32	0.67	0.63	0.32	1.57	0.84
Surface totale (log)	0.38	0.02	<0.001	0.22	0.01	<0.001	0.22	0.03	<0.01
DJU (log)	0.35	0.13	0.007	0.28	0.08	<0.001	0.28	0.20	0.17
Prix du gaz (log)	-0.87	0.03	<0.001	-0.42	0.02	<0.001	-0.42	0.05	<0.001
Zone géographique (modalité de référence H1)									
<i>Zone H2</i>	-0.03	0.04	0.51	-0.02	0.03	0.54	-0.02	0.06	0.75
Zone H3	0.17	0.10	0.07	0.24	0.06	<0.001	0.24	0.20	0.22
Présence d'entrepôt	-0.16	0.06	0.006	-0.05	0.05	0.39	-0.05	0.09	0.61
Présence d'entrepôt frigorifique	0.18	0.06	0.005	0.06	0.08	0.39	0.06	0.10	0.53
Part du bâtiment principal dans la surface totale	0.04	0.09	0.64	-0.01	0.09	0.92	-0.01	0.16	0.95
Tranche d'effectif (modalité de référence : 'D')									
<i>A</i>	-0.35	0.09	<0.001	-0.65	0.05	<0.001	-0.65	0.10	<0.001
<i>B</i>	-0.23	0.06	<0.001	-0.47	0.05	<0.001	-0.47	0.08	<0.001
<i>C</i>	-0.17	0.07	0.01	-0.26	0.05	<0.001	-0.26	0.07	<0.001
<i>E</i>	0.17	0.06	0.005	0.24	0.07	<0.001	0.24	0.09	<0.001
<i>F</i>	0.49	0.07	<0.001	0.80	0.12	<0.001	0.80	0.08	<0.001
<i>G</i>	0.74	0.07	<0.001	1.10	0.15	<0.001	1.10	0.10	<0.001
<i>H</i>	0.83	0.08	<0.001	1.35	0.27	<0.01	1.35	0.11	<0.001
<i>I</i>	0.94	0.10	<0.001	1.71	0.20	<0.001	1.71	0.16	<0.001
Présence d'équipements gros consommateurs d'énergie	0.12	0.04	0.002	0.10	0.04	0.01	0.10	0.07	0.17
Travail à domicile	-0.33	0.06	<0.001	-0.47	0.02	<0.001	-0.47	0.06	<0.001
Utilisation de plusieurs sources d'énergie	-0.08	0.29	0.78	-0.46	0.11	0.02	-0.46	0.15	0.09
Autres occupants dans le bâtiment	-0.19	0.11	0.09	-0.23	0.10	0.02	-0.23	0.11	0.03
Âge du bâtiment (référence : 'construit avant 1975')									
<i>Construit entre 1975 et 2000</i>	-0.04	0.03	0.26	0.01	0.02	0.64	0.01	0.05	0.82
<i>Construit après 2000</i>	-0.07	0.05	0.14	-0.09	0.03	0.002	-0.09	0.05	0.05
Qualité de l'isolation : bonne	-0.11	0.03	0.001	-0.05	0.02	0.02	-0.05	0.04	0.24
Statut d'occupation : propriétaire occupant	0.07	0.03	0.02	-0.01	0.02	0.61	-0.01	0.04	0.79
Présence de chauffage	-0.26	0.11	0.01	-0.16	0.05	0.001	-0.16	0.11	0.14
Chauffage au gaz	0.24	0.05	<0.001	0.23	0.03	0.001	0.23	0.05	<0.01
Chauffage collectif	-0.03	0.04	0.36	-0.05	0.02	0.06	-0.05	0.05	0.33
Présence d'énergie renouvelable	-0.16	0.04	<0.001	-0.06	0.04	0.08	-0.06	0.06	0.24
Secteur d'activité (référence : 'services immatériels')									
<i>Commerce et réparation de véhicules</i>	0.46	0.07	<0.001	0.23	0.06	<0.001	0.23	0.12	0.05
<i>Commerces de gros non alimentaires</i>	0.18	0.07	0.007	0.04	0.05	0.46	0.04	0.07	0.59
<i>Commerces de gros alimentaires</i>	0.13	0.13	0.33	-0.08	0.19	0.69	-0.08	0.15	0.62
<i>Commerces de détail non alimentaires</i>	-0.06	0.06	0.37	-0.05	0.03	0.13	-0.05	0.06	0.35
<i>Commerces de détail alimentaires</i>	0.43	0.06	<0.001	0.02	0.05	0.73	0.02	0.09	0.86
<i>Hébergement</i>	0.80	0.10	<0.001	0.78	0.06	<0.001	0.78	0.21	<0.001

<i>Restauration</i>	0.61	0.06	<0.001	0.39	0.04	<0.001	0.39	0.07	<0.001
<i>Banque-Finance-Assurance</i>	0.06	0.06	0.32	-0.04	0.05	0.37	-0.04	0.10	0.66
<i>Information & Communication</i>	0.02	0.07	0.72	-0.11	0.04	0.01	-0.11	0.06	0.06
<i>Activités scientifiques</i>	0.24	0.09	0.01	-0.09	0.06	0.13	-0.09	0.08	0.25
<i>Services matériels</i>	0.15	0.06	0.02	0.15	0.03	<0.01	0.15	0.07	0.03

Tableau 10 - Résultats des différentes estimations des coefficients d'une régression linéaire multiple : Consommation de gaz (log)

Source : Données ECET

4. La pondération des modèles économétriques

Les sections précédentes ont mis en évidence le fait que les données d'enquête doivent être analysées en utilisant les procédures adaptées. Lorsqu'il s'agit d'estimer des statistiques descriptives et de les inférer à l'échelle d'une population, il y a consensus sur la nécessité d'intégrer la pondération et les informations sur le plan de sondage (strates, *clusters*) dans le calcul de ces estimations (Solon, Haider, et Wooldridge, 2015). Cependant, lorsque l'objectif d'une estimation, et notamment d'une régression, n'est pas de fournir des statistiques descriptives, mais d'identifier des liens de causalité entre deux variables ou d'obtenir les coefficients d'un modèle théorique, il n'est pas systématiquement nécessaire de pondérer les données, même si celles-ci proviennent d'une enquête. La question de la pondération d'une régression dans le cas de données d'enquête à plan de sondage complexe n'est pas encore résolue, elle reste un objet de débat (Kish, 1995). D'après Solon, Haider, et Wooldridge (2015), cette question reste problématique pour de nombreux chercheurs : « *the issue of weighting provokes confusion and dismay among economic researchers* ». Angrist et Pischke (2008) déclarent que « *few things are as confusing to applied researchers as the role of sample weights* ». Deaton (1997), lui aussi, précise que cette question est toujours en débat : « *the old and still controversial issue of whether or not the survey weights should be used in regression* ». Cette question de la pondération des modèles économétriques a fait l'objet de débats dans des publications théoriques mais également entre certains auteurs d'études empiriques. Par exemple, Ryan et al. (1990) réfutent les résultats de l'étude de Martorell et al. (1987) en argumentant sur la différence de méthodologie, les premiers ayant utilisé la pondération, contrairement aux seconds (exemple cité par Korn et Graubard (1995)).

4.1 Les approches *design-based* et *model-based*

L'absence de consensus s'explique par l'hétérogénéité des approches et des objectifs d'une régression. Il existe notamment une tension entre deux types d'approche, l'approche *model-based* et l'approche *design-based*. Brewer et Mellor (1973) illustrent cette tension à l'aide d'un dialogue imaginaire entre un statisticien d'enquête (« Harry ») et un statisticien théoricien (« Fred »). Les deux hommes doivent estimer, à l'aide de données issues d'une enquête à plan de sondage complexe, la relation entre deux variables y et x . Pour Harry, il s'agit d'estimer le paramètre β défini sur une population fixée (celle de l'enquête) par :

$$\mathbf{y} = \mathbf{x}^T \boldsymbol{\beta}$$

$$\boldsymbol{\beta} = (\mathbf{X}_U^T \mathbf{X}_U)^{-1} \mathbf{X}_U^T \mathbf{y}_U$$

Harry estime le paramètre par $\hat{\beta}_{EC} = (\mathbf{X}_S^T \mathbf{W}_S \mathbf{X}_S)^{-1} \mathbf{X}_S^T \mathbf{W}_S \mathbf{y}_S$ (cf Tableau 7). Sa démarche consiste à estimer un paramètre qui existe, qui est défini sur la population qui est finie et fixe (les variables x et y sont fixes) mais que l'on ne connaît pas parce qu'on ne dispose pas de

toutes les observations de la population. On ne peut qu'estimer ce paramètre en tirant un échantillon de la population. L'aléa de l'estimation réside donc dans l'échantillon à partir duquel on estime β . Cette approche est dite *design-based*.

Pour Fred en revanche, il s'agit d'estimer le modèle suivant :

$$\mathbf{y} = \mathbf{x}^T \mathbf{B} + \varepsilon$$

Où ε est le terme d'erreur, et est i.i.d $(0, \sigma^2)$. Il suppose qu'il existe un processus stochastique (le modèle à estimer) qui produit les variables y et x , qui sont les réalisations du processus stochastique étudié. Il existe une infinité de réalisations possibles, que l'on nomme superpopulation. Dans ce cas, le meilleur estimateur de β est l'estimateur MCO. Cette approche est dite *model-based*.

Les deux personnages ne cherchent pas à estimer le même paramètre. Fred cherche à estimer B tandis qu'Harry cherche à estimer β .

Cette divergence de point de vue dans la façon de poser le problème conduit à des différences de définitions. Pour Harry, le biais se définit par rapport à l'espérance des estimations sur l'ensemble de tous les échantillons possibles $E(\hat{\varphi}) = \sum_{\mathcal{S} \in \mathcal{S}} p(\mathcal{S}) \hat{\varphi}(\mathcal{S})$, tandis que pour Fred, il se définit par rapport à l'espérance sur toutes les réalisations possibles de son processus stochastique. D'après Brewer et Mellor (1973), il y a également un désaccord sur la notion de consistance des estimateurs. Pour Harry, un estimateur $\hat{\theta}_n$ d'un paramètre θ , où n est la taille de l'échantillon utilisé pour l'estimation sur une population de taille N , est consistant si sa valeur, lorsque la taille de l'échantillon n est égale à celle de la population N , est égale à la vraie valeur du paramètre à estimer dans la population (Cochran (1953)⁴⁸, p 13) :

$$\hat{\theta}_{n=N} = \theta$$

Pour Fred, un estimateur $\hat{\theta}_n$ d'un paramètre θ est consistant lorsqu'il converge en probabilité, lorsque la taille de l'échantillon tend vers l'infini, vers le paramètre dont il est l'estimateur (définition de Kendall et Buckland (1971)) :

$$\forall \delta > 0, \lim_{n \rightarrow +\infty} \mathbb{P}(|\hat{\theta}_n - \theta| > \delta) = 0$$

4.2 Le choix de la méthode d'estimation

Selon Binder et Roberts (2003), lorsque l'approche est *model-based* et que l'on suppose que le modèle estimé est vrai, alors il n'est pas nécessaire de prendre en compte le plan de sondage et la pondération car selon l'approche *model-based*, les valeurs observées sur la population sont les réalisations du processus stochastique de la superpopulation infinie. À l'inverse, pour une approche *design-based*, il n'y a pas de référence à un processus

⁴⁸ "In this book, a method of estimation is called consistent if the estimate becomes exactly equal to the population value when $n=N$, that is, for the sample consists of the whole population"

stochastique ni à une superpopulation. Dans ce cas, on cherche à estimer à l'aide de l'échantillon la valeur du coefficient dans une population finie. L'aléa provient de l'échantillonnage. Or, lorsque l'échantillonnage est complexe (stratification, *clustering*, etc.), les probabilités de sélection sont inégales, il est donc nécessaire de prendre en compte la pondération. Pour ces deux auteurs, chaque approche peut se justifier, et chaque approche a des avantages et des inconvénients. Lorsque l'approche *model-based* est utilisée alors que le modèle est mal spécifié (ce qui est souvent le cas, notamment à cause des variables omises), alors les résultats ne sont pas nécessairement robustes. L'approche *design-based* a l'avantage de fournir des estimateurs robustes, même si le modèle est mal spécifié. En revanche, si le modèle est bien spécifié, l'approche *design-based* sera moins précise que l'approche *model-based*. Lorsque la taille de l'échantillon est très importante, cette perte de précision peut être considérée comme négligeable. Nous pouvons interpréter leur recommandation de la façon suivante : si le praticien n'est pas sûr de la spécification de son modèle, il est préférable de choisir l'approche *design-based* car elle fournit des estimations raisonnables lorsque l'échantillon est grand et le taux de sondage est faible, même si le modèle est mal spécifié. Il y a une perte d'efficacité si le modèle est effectivement bien spécifié, mais lorsque la taille de l'échantillon est importante, cette perte est négligeable.

Le choix entre les deux approches peut également être guidé par un arbitrage entre le biais et la variance. En effet, selon Korn et Graubard (1995), les estimateurs non-pondérés ont un biais plus important que les estimateurs pondérés, mais ces derniers ont une variabilité plus grande. Les auteurs proposent d'effectuer un test afin de sélectionner l'estimateur pondéré ou non pondéré. Écrivons le modèle à estimer de la façon suivante :

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_p x_{pi} + \varepsilon_i$$

Soit $\hat{\beta}_j^{OLS}$ l'estimateur non pondéré de β_j et $\hat{\beta}_j^{WLS}$ l'estimateur construit en prenant en compte la pondération et le plan de sondage. Les auteurs construisent la variable suivante :

$$inefficacité_j = 1 - \frac{var(\hat{\beta}_j^{OLS})}{var(\hat{\beta}_j^{WLS})}$$

Cet indicateur représente la perte d'efficacité entraînée par l'utilisation de $\hat{\beta}_j^{WLS}$ dans un cas où $\hat{\beta}_j^{OLS}$ aurait été sans biais. Lorsque la valeur de cet indicateur est suffisamment petite, il vaut mieux privilégier $\hat{\beta}_j^{WLS}$. La valeur du seuil qui permet de juger si la perte d'efficacité est acceptable est subjective, et les auteurs suggèrent l'utilisation de la valeur 10%. Ainsi, selon les auteurs, si la valeur de cet indicateur est inférieure au seuil fixé, alors il vaut mieux utiliser $\hat{\beta}_j^{WLS}$. Dans le cas contraire, il vaut mieux spécifier le modèle précédent en introduisant les variables qui ont servi à définir le plan de sondage, si elles sont connues, puis utiliser les estimateurs non pondérés de ce nouveau modèle.

Pour Deaton (1997), l'argument en faveur des régressions pondérées est celui qui décrit la régression non comme un outil permettant d'obtenir des causalités entre deux variables, mais

comme un outil permettant de décrire une population, en contrôlant chaque effet par les effets des autres variables, mais sans que ces effets soient perçus comme des causalités.

D'après Solon, Haider, et Wooldridge (2015), il est nécessaire d'introduire la pondération lorsque les données proviennent d'une enquête à plan de sondage complexe et que l'échantillonnage est endogène, c'est-à-dire que le plan de sondage dépend de la variable dépendante (y), conditionnellement aux variables indépendantes (pour la définition des strates ou de clusters par exemple). L'exemple donné par ces auteurs est celui d'une étude analysant les déterminants du revenu d'un individu, à l'aide d'une régression linéaire du revenu par diverses variables explicatives. Si ce modèle est estimé sur données d'enquête, et que les ménages à faible revenu ont été surreprésentés pendant l'échantillonnage pour diverses raisons, alors dans ce cas le plan de sondage dépend de la variable endogène et une régression non pondérée conduirait à une estimation non consistante des coefficients, alors qu'une régression pondérée par les poids de sondage conduirait à des estimations consistantes. En revanche, toujours selon les mêmes auteurs, si les probabilités d'inclusion sont indépendantes de la variable à expliquer, alors introduire la pondération dans la régression peut être inutile pour l'estimation et néfaste pour la précision. Seulement, les auteurs ne traitent pas de la question de la non-réponse, puisqu'ils ne considèrent la pondération que comme l'inverse de la probabilité d'inclusion. Si l'échantillonnage est exogène, les auteurs conseillent de faire figurer les estimations pondérées et non pondérées, car une différence trop importante entre les deux estimations peut servir de test de mauvaise spécification. Dumouchel et Duncan (1983) s'accordent également pour dire que si la différence entre les estimateurs pondérés et non pondérés est trop importante, cela révèle sans doute une mauvaise spécification du modèle. Dans ce cas, les auteurs recommandent d'estimer une nouvelle spécification du modèle.

Pour Davezies et D'Haultfoeuille (2009) ainsi que pour Korn et Graubard (1995), lorsque l'échantillonnage est exogène, il est nécessaire d'introduire les variables ayant servi à construire le plan de sondage (variables de stratification ou de *clustering*) ainsi que les variables ayant servi au calcul de la pondération (variables ayant servi à corriger la non-réponse et variables ayant servi au calage) dans la spécification du modèle.

Ainsi, si l'on suit l'ensemble de ces recommandations, il est nécessaire de prendre en compte le fait que les données proviennent d'une enquête à plan de sondage complexe, soit en pondérant le modèle économétrique, soit en ajoutant à la liste des variables exogènes du modèle les variables ayant servi à construire le plan de sondage et la pondération. Observons quelles ont été les pratiques des auteurs des études de notre corpus de référence étudiées au Chapitre 1.

4.3 Les pratiques des économètres appliqués : analyse des études du corpus de référence

Comme évoqué précédemment, les études empiriques qui constituent notre corpus de référence pour le chapitre précédent sont réalisées à partir de données d'enquête⁴⁹. Les auteurs de ces études mentionnent en général la provenance des données, c'est-à-dire le nom de l'enquête, l'année de réalisation, la taille de l'échantillon, mais n'évoquent pratiquement jamais le plan de sondage, le traitement de la non-réponse et le calage, ni l'impact de ces éléments sur l'analyse des données.

Branch (1993) précise que les données qu'il utilise proviennent de la *Consumer Expenditure Interview Survey*, réalisée par le Bureau des Statistiques sur le Travail du ministère du travail américain, mais ne mentionne absolument pas le plan de sondage utilisé dans cette enquête. La version 2010 de cette enquête est pourtant construite sur un plan de sondage complexe (Neiman et al. (2016)). Était-ce le cas pour l'enquête utilisée par Branch (1993) ? En outre, ce dernier ne s'intéresse qu'aux estimations de son modèle économétrique, et ne fournit pas de statistiques descriptives. Dans son cas, il n'est peut-être pas nécessaire d'introduire la pondération ou le plan de sondage, mais comme il n'en est jamais fait mention, le lecteur ne peut déterminer si l'auteur a délibérément fait le choix d'ignorer le plan de sondage et la pondération dans son estimation ou s'il n'était pas conscient de ces enjeux.

L'étude de Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) repose sur des données provenant d'une enquête postale menée par Hydro-Québec en 1989, principal d'électricité au Québec. Les auteurs précisent que le taux de réponse à l'enquête était de 45%, ce qui rend probable un traitement de la non-réponse. Les auteurs n'utilisent qu'une partie de l'échantillon fourni par Hydro-Québec (environ 3 000 observations sur plus de 45 000). Les auteurs présentent quelques tableaux synthétiques, mais les résultats portent sur l'échantillon, il n'y a pas d'inférence sur la population, donc pas de nécessité d'utiliser une éventuelle variable de pondération. Pour les estimations des modèles économétriques, les auteurs utilisent les MCOs, sans pondération. Comme nous ne savons pas si l'enquête utilisée est fondée sur un plan de sondage complexe, il n'est pas possible de savoir s'il aurait été nécessaire de pondérer les régressions ou d'introduire dans la spécification du modèle des variables ayant servi à construire un potentiel plan de sondage ou à une éventuelle correction de la non-réponse.

Vaage (2000) utilise des données provenant d'une enquête menée par le *Central Bureau of Statistics*, l'institut de la statistique norvégien, en 1980. L'auteur ne fournit pas d'information sur les caractéristiques de l'enquête mais propose des références qui détaillent ces enquêtes. Il ne présente pas de statistiques descriptives, mais uniquement des résultats d'estimation de modèles économétriques. L'auteur adopte une approche *model-based* puisqu'il présente un modèle théorique à estimer. Cependant, si l'échantillonnage est endogène, Solon, Haider, et Wooldridge (2015) recommandent d'utiliser la pondération. Il peut être également nécessaire d'introduire des variables de plan de sondage ou de correction de non-réponse. Or, comme le

⁴⁹ Sauf Leth-Petersen (2002), Brounen, Kok, et Quigley (2012), Chong (2012), Harold, Lyons, et Cullinan (2015)

lecteur ne dispose pas d'information sur l'enquête (la publication de référence est en norvégien), il n'est pas possible de savoir quelle aurait dû être l'approche à adopter.

Nesbakken (2001) donne peu d'information sur les 551 observations qu'il utilise pour son estimation. Elles proviennent de la *Norwegian Energy Survey* de 1990, c'est-à-dire d'une enquête. Il précise cependant que l'échantillon utilisé n'est pas nécessairement représentatif de tous les ménages, ce qui nous permet de supposer que son échantillon n'est pas construit sur un plan de sondage complexe. Mais l'auteur ne présente pas de statistiques descriptives, il cherche uniquement à estimer son modèle économétrique qui est fondé sur un modèle théorique. Il suit donc une approche *model-based*.

Levinson et Niemann (2004) utilisent les données de l'enquête *RECS (Residential Energy Consumption Survey)*, menée aux États-Unis par le ministère de l'énergie, environ tous les trois ans. Les auteurs fournissent des statistiques descriptives à l'échelle de la population, en pondérant les données. En revanche, ils ne pondèrent pas leurs régressions économétriques. Les auteurs semblent suivre une approche *model-based*.

Rehdanz (2007) utilise les données fournies par l'enquête nationale *German socio-economic panel survey*. C'est une enquête annuelle, mais l'auteur n'utilise que les données de l'enquête de 1998 et de celle de 2003, parce qu'elles comportent des informations sur la consommation énergétique des ménages. Il ne fait pas mention de plan de sondage ni de pondération.

L'étude de Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) utilise des données issues de deux enquêtes menées par l'*Energy Information Administration* aux États-Unis : l'enquête *Commercial Buildings Energy Consumption and Expenditures 1989* et l'enquête *Household Energy Consumption and Expenditures 1990*. Les auteurs précisent que l'échantillonnage repose sur des *clusters* et qu'il est nécessaire de pondérer les données pour obtenir des estimations sur la population. Pour les statistiques descriptives portant sur la population, les auteurs utilisent les estimateurs adaptés, qui prennent en compte la pondération (voir Table A.II de leur annexe). En revanche, les auteurs ne pondèrent pas leurs modèles économétriques. Il n'y a pas de discussion autour de cette question.

Newell et Pizer (2008) utilisent également les données de l'enquête *Commercial Buildings Energy Consumption Survey (CBECS)*, en 1995. Les auteurs précisent que l'échantillon est construit sur un plan de sondage complexe. Lors de leurs régressions, les auteurs ne prennent pas en compte les poids de sondage. En revanche, ils utilisent leurs régressions pour simuler différents scénarios d'évolution de prix de l'énergie, et pour prédire le niveau de la consommation énergétique. Afin de prédire la consommation énergétique au niveau national, ils pondèrent leurs prédictions à l'aide des poids de sondage.

Leahy et Lyons (2010) utilisent les données de l'enquête *Household Budget Survey* irlandaise, menée en 2004-2005. Les auteurs précisent que l'échantillon est représentatif de la population (il pourrait donc y avoir un plan de sondage complexe pour garantir la représentativité) et que le taux de réponse est de 47% (il pourrait y avoir un traitement de la non-réponse). Ils n'utilisent pas la pondération dans leurs modèles économétriques.

Meier et Rehdanz (2010) utilisent les données de l'enquête *British Household Panel Survey (BHPS)*. Nous ne savons pas si cette enquête est à plan de sondage complexe ou si elle utilise la pondération pour la correction de la non-réponse ou l'ajustement à des informations auxiliaires. Cependant, les auteurs ne font pas mention de l'utilisation des poids. Ils ne présentent pas de statistiques descriptives, seulement des résultats de régressions non pondérées.

Estiri (2014) utilise les données de l'enquête *Residential Building Energy Consumption Survey* menée aux Etats-Unis en 2009. Il évoque le plan de sondage de l'enquête⁵⁰. Il utilise les moindres carrés pondérés pour estimer son modèle économétrique, mais il ne semble pas que la pondération considérée soit la pondération issue du plan de sondage et des traitements postérieurs à la collecte.

Kahn, Kok, et Quigley (2014) utilisent eux aussi les données de l'enquête *CBECS*, mais de l'édition 2003. Ils ne font pas allusion au caractère complexe de l'enquête. Les statistiques descriptives qu'ils présentent ne concernent pas la population, mais l'échantillon. Les régressions économétriques ne sont pas pondérées.

Risch et Salmon (2013) utilisent les données de l'*Enquête Logement* de 2006, qui est une enquête à plan de sondage complexe. Elles présentent des statistiques descriptives (répartition du parc par période de construction, par statut d'occupation, par énergie de chauffage), en précisant dans la légende des graphiques que les résultats concernent la France, et mentionnent plus loin que les données ont été pondérées pour que l'échantillon soit représentatif de la population. Il semblerait que la philosophie des auteures soit plus proche de l'approche *design-based* que de l'approche *model-based*. Il serait donc nécessaire de pondérer les régressions, mais le texte ne nous permet pas de savoir si cela a été fait.

Belaïd (2016) utilise également les données de l'*Enquête Logement* de 2006. L'auteur précise que l'enquête est à plan de sondage complexe. Il semblerait également que l'approche adoptée soit une approche *design-based*, qui nécessiterait une pondération des régressions. En effet, il n'y a pas de référence à un modèle théorique. L'objectif serait plutôt d'attribuer à chaque déterminant sa part dans la variabilité de consommation énergétique.⁵¹

Ainsi, nous constatons que dans les études constituant notre corpus de référence, il est rarement fait mention du plan de sondage ou de la pondération, et lorsqu'il en est fait mention, ce n'est que pour l'estimation de statistiques descriptives, jamais pour l'estimation de modèles économétriques. Cette absence de discussion autour de la provenance des données peut s'interpréter de différentes façons : soit les auteurs ont correctement intégré les informations sur l'échantillonnage des données dans leurs calculs et leurs régressions, mais ne l'ont pas mentionné parce qu'ils ne jugeaient pas que cela soit nécessaire (peut-être parce qu'ils considéraient cela comme une évidence), soit ils ont délibérément ignoré le fait que les

⁵⁰ "Using a complex multistage, area probability design, the 2009 survey collected data from a random sample of 12,083 households in the U.S."

⁵¹ "Multiple regression analysis was used to determine the respective influence of occupant characteristics and building on energy use".

données qu'ils manipulaient provenaient d'enquêtes et nécessitaient donc un traitement adapté (pour diverses raisons non fournies au lecteur), soit ils n'ont pas accordé d'importance à l'origine des données parce qu'ils ignoraient que cela puisse avoir une incidence sur la façon de traiter ces données.

Il y a donc une certaine divergence entre d'une part les recommandations théoriques, qui consistent i) à rajouter les variables sur lesquelles sont basés le plan de sondage, la correction de la non-réponse ou le calage à la liste des variables exogènes du modèle lorsque l'échantillonnage est exogène, ii) à pondérer le modèle économétrique, ou iii) à comparer les estimateurs pondérés et non pondérés pour tester la validité du modèle, et d'autre part les pratiques des économètres appliqués.

5. Conclusion

Ce chapitre a mis en évidence l'importance de la prise en compte de la provenance des données, c'est-à-dire de la façon dont elles ont été produites, pour le calcul d'estimateurs classiques tels que la moyenne ou le total comme pour l'analyse économétrique. Pour cela, nous avons rappelé dans un premier temps ce qu'est un échantillonnage aléatoire simple et ce qui caractérise un plan de sondage complexe (stratification, *clustering*) ainsi que ce que représente la variable de pondération. Dans un deuxième temps, nous avons présenté les expressions des différents estimateurs et l'expression de leur variance dans le cas où les données proviennent d'un échantillonnage aléatoire simple et dans le cas où elles proviennent d'un plan de sondage complexe. Nous avons constaté qu'il y avait de grandes différences dans ces expressions formelles. Nous avons ensuite illustré numériquement ces différences à l'aide des données de l'INSEE. Nous avons observé que l'estimation d'un modèle économétrique dans le cas où l'on ne tient pas compte de la provenance des données peut différer grandement de l'estimation de ce même modèle lorsque l'on intègre la pondération, la stratification et le *clustering*. D'une méthode à l'autre, nous n'aboutissons pas aux mêmes valeurs pour les coefficients ni aux mêmes conclusions de significativité des variables. Cela a de lourdes conséquences sur l'analyse des résultats. En effet, les résultats d'une analyse économétrique peuvent servir de support scientifique aux recommandations en termes de politiques publiques. Dans le cas de la littérature sur les déterminants de la consommation énergétique d'un bâtiment, les études recensées posent la question de l'impact de la qualité de l'isolation d'un bâtiment, de son âge de construction, du prix de l'énergie, etc., sur la consommation énergétique. L'analyse de la significativité de ces variables et de l'amplitude du coefficient estimé peut conduire à des recommandations de politiques publiques telles que l'augmentation du prix de l'énergie, la généralisation de la chaudière individuelle, l'introduction de mécanismes de soutien à la rénovation énergétique, etc. Il est donc nécessaire de prendre des précautions lors de l'analyse des données en commençant par se renseigner sur la provenance des données et l'existence ou non d'un plan de sondage complexe. Ces recommandations valent pour l'analyse des données utilisées dans cette thèse

puisqu'elles proviennent d'un plan de sondage complexe, mais également pour un grand nombre d'études puisque, comme illustré dans l'introduction, une très grande majorité des enquêtes menées par l'INSEE, mais également par les instituts nationaux de la statistique dans les autres pays, utilisent des plans de sondage complexes. Il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus sur la nécessité de pondérer les modèles économétriques, car les deux approches dites *model-based* et *design-based* ne conduisent pas aux mêmes conclusions. Dans ce contexte, certains auteurs ont proposé des feuilles de route à destination des praticiens lorsque ceux-ci estiment des modèles économétriques sur données d'enquête. Les logiciels standards d'analyse de données ont aujourd'hui intégré des modules permettant d'introduire des éléments de pondération, de stratification et de *clustering* dans les calculs des estimateurs et de leur précision. Il est donc du ressort de l'analyste de faire preuve de la rigueur et de la transparence nécessaires au bon déroulement de son étude.

CHAPITRE 3

LES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE DES ÉTABLISSEMENTS DU TERTIAIRE MARCHAND : DESCRIPTION STATISTIQUE À L'AIDE DES DONNÉES DE L'ECET

1. Introduction

Depuis plusieurs décennies, les pouvoirs publics et le monde académique s'intéressent aux déterminants de la consommation énergétique des bâtiments, mais les efforts de recherche déployés concernent presque exclusivement les bâtiments à usage résidentiel. La consommation d'énergie des bâtiments tertiaires et les émissions de GES qui en découlent sont mal connues. Plusieurs facteurs expliquent ce manque de connaissance. D'une part, le secteur tertiaire représente une part moins importante de la consommation d'énergie finale au niveau national, comparativement au résidentiel. En France, en 2015, le tertiaire représente 14.7% de la consommation d'énergie finale, tandis que le résidentiel 30.1% (CGDD, 2016). Cela peut justifier le fait que ce dernier secteur fasse l'objet d'une attention plus grande que le premier. D'autre part, le secteur tertiaire est très hétérogène en termes d'acteurs -qui peuvent être privés ou publics, de petits établissements ou de grandes multinationales, etc.- et d'usages des bâtiments et de l'énergie (les ménages utilisent tous l'énergie pour se chauffer, s'éclairer, produire de l'ECS, cuisiner, tandis que les enjeux énergétiques du tertiaire peuvent être liés à l'activité des établissements tertiaires telle que l'accueil des clients (climatisation), le conditionnement des aliments, l'informatique intensive, etc.). L'appréhension des éléments de connaissance de ce secteur nécessite donc un travail de découpage et de classification minutieux. Enfin, la part de la facture énergétique des entreprises dans leurs dépenses totales est très faible, contrairement au secteur résidentiel, En effet, les dépenses des ménages consacrées à la consommation d'énergie pour leur logement représentent environ 31% des dépenses du poste « Logement » (constitué du loyer, des travaux courants d'entretien, de la facture d'eau, et des charges d'habitation) et environ 4.8% des dépenses totales d'un ménage⁵². Si la part des dépenses consacrée à l'énergie pour le logement dépasse 10% du revenu d'un ménage, on parle de précarité énergétique. En France, ce phénomène concernerait environ 3.8 millions de ménages (Devalière, Briant, et Arnault, 2011). La maîtrise de leur facture énergétique est donc une réelle préoccupation des ménages. À l'inverse, les dépenses

⁵² Source : enquête Budget des Familles 2011.

Les produits alimentaires représentent 16.4% des dépenses, les boissons alcoolisées et le tabac 3%, les articles d'habillement et chaussures 3%, le logement 15.7%, les meubles, articles de ménages et entretien courant de la maison 5.9%, la santé 1.8%, les transports 17.4%, la communication 3.3%, les loisirs et la culture 9.6%, l'enseignement 0.6%, la restauration et l'hôtel 6.6%, les biens et services divers 14.7%.

énergétiques pour le fonctionnement d'un bâtiment tertiaire sont faibles. D'après Laurenceau (2013), qui étudie les dépenses des entreprises occupant des immeubles de bureaux, les charges énergétiques ne représentent que 5% de l'ensemble « loyer + charges ». L'auteur prend ensuite en compte le coût des salariés, en se basant sur une hypothèse d'un coût moyen par salarié de 50 000€/an. Dans ce cas, les charges énergétiques ne représentent plus que 1% des coûts de fonctionnement d'une entreprise. La maîtrise des charges énergétiques n'est donc pas un enjeu majeur pour une entreprise, comparativement à la maîtrise des coûts du travail par exemple.

Pourtant, le contexte actuel de la lutte contre le changement climatique et de la mise en place de politiques publiques visant l'atténuation et l'adaptation de et à ce changement nécessite la mobilisation de tous les leviers de réduction d'émissions. La consommation énergétique des bâtiments tertiaires, jusqu'à présent peu prise en compte dans les travaux de recherche et les politiques publiques, ne peut plus être ignorée. Ceci est d'autant plus vrai que sur les dernières décennies, le tertiaire est le secteur qui a connu l'augmentation la plus importante de sa consommation d'énergie (cf Figure 11), tandis que la consommation énergétique de l'industrie, des transports et de l'agriculture diminuaient. Ce développement s'explique à la fois par la croissance du secteur tertiaire comme activité économique, qui représente en 2010 80% de la valeur ajoutée de l'ensemble de l'économie française, et par l'apparition et le développement de nouveaux usages énergétiques, telles que la climatisation et la bureautique (CGDD, 2012).

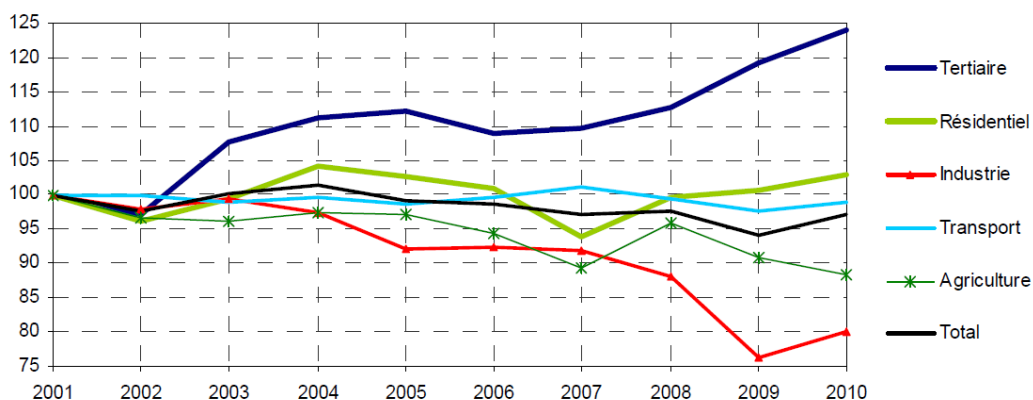


Figure 11 – Évolution de la consommation énergétique des différents secteurs, base 100 en 2001, non corrigée des variations climatiques.

Source : CGDD (2012)

La réalisation en 2012 de l'Enquête sur la Consommation d'Énergie dans le Tertiaire (ECET) par l'INSEE et le SOeS constitue une opportunité de pouvoir décrire la consommation énergétique de ce secteur. C'est l'objectif de ce chapitre. Pour cela, nous rappelons l'origine de cette enquête ainsi que ses caractéristiques (taille de la population, de l'échantillon, questionnaire, plan de sondage, etc.), puis présentons les données issues de cette enquête ainsi que leurs limites. Nous constatons que la Nomenclature d'Activité Française (NAF), sur laquelle repose la partition des établissements de l'ECET en sous-secteurs, ne

permet pas de rendre compte des spécificités de ces sous-secteurs. Par exemple, la NAF ne permet pas de distinguer les commerces alimentaires des commerces non alimentaires, alors qu'il nous semble très probable que les usages énergétiques de ces deux sous-secteurs soient fort éloignés. Nous construisons donc une nomenclature adaptée à la question des consommations énergétiques des établissements. À partir de cette nouvelle nomenclature, nous proposons une description statistique du secteur tertiaire marchand à travers le prisme des consommations énergétiques. Un apport de notre travail réside dans l'estimation des consommations énergétiques et d'autres variables connexes (part des différentes sources énergétiques, etc.) à une échelle infra-sectorielle. De plus, nous choisissons d'approfondir deux directions de recherche. D'une part, nous détaillons les caractéristiques énergétiques d'un périmètre particulier, défini par un instrument de politique publique de type réglementaire, l'obligation de rénovation, qui concerne les bâtiments tertiaires dont la surface est supérieure à 2000 m². D'autre part, nous détaillons certaines statistiques descriptives pour les trois périodes de construction fournies par la base de données, afin d'observer d'éventuelles évolutions dans les pratiques de construction (systèmes de chauffage installés, qualité de l'isolation, etc.)

2. Présentation des données

2.1 Présentation de l'enquête

2.1.1 Origines et fonctions de l'enquête

Les données utilisées dans ce chapitre proviennent d'une enquête nommée l'ECET (Enquête sur la Consommation d'Énergie dans le Tertiaire). Cette enquête a été réalisée entre septembre 2012 et janvier 2013 par la Direction des Statistiques d'Entreprises de l'INSEE en partenariat avec le SoeS, le service de l'observation et des statistiques du Ministère de l'environnement.

L'un des objectifs de cette enquête était de combler le « manque » d'informations quantitatives sur la consommation énergétique des bâtiments tertiaires. En effet, aux yeux des pouvoirs publics, certains éléments justifient ce besoin de données quantitatives. D'une part, dans le cadre des accords internationaux sur le changement climatique, il est nécessaire de réaliser des bilans d'émissions nationaux, ce qui implique de quantifier les consommations énergétiques des bâtiments tertiaires et de les décliner par source d'énergie (électricité, gaz, fioul, etc.). D'autre part, les engagements pris par la France dans le cadre européen du Paquet Énergie-Climat de réduire ses émissions de 40% en 2030 par rapport au niveau d'émissions de 1990 et d'augmenter l'efficacité énergétique de 27% impliquent la mise en place de politiques publiques de réduction de la consommation énergétique des bâtiments. Le suivi quantitatif de la consommation énergétique et des émissions de GES permet d'évaluer

l'efficacité de ces politiques publiques. De plus, depuis la commission Stiglitz de 2008 qui a remis en cause l'utilisation du PIB comme seul indicateur de développement et de richesse, les statistiques portant sur l'environnement et l'énergie sont devenues un enjeu important pour l'INSEE (CNIS, 2014). Enfin, et pour résumer, selon le rapport de la mission conjointe CGEDD-IG INSEE (La Documentation Française, 2015) relative aux informations statistiques sur l'énergie, les statistiques sur l'énergie sont essentielles à la bonne réalisation de quatre objectifs assignés à l'État : « *préparer, suivre et évaluer des politiques publiques de l'énergie ; définir la feuille de route de la transition énergétique ; réguler les marchés de l'énergie, assurer la tutelle des entreprises intervenant dans le secteur ; préparer, suivre et évaluer des autres politiques publiques pour ce qu'elles concernent aussi l'énergie (transport, logement)* ».

Ce même rapport dresse le constat d'un manque de données sur la demande d'énergie. Selon ses auteurs, « *la description de l'offre d'énergie (quantités et prix) est déjà abondante [...], la connaissance des énergies renouvelables peut encore être améliorée (notamment sur le bois énergie) [...], la connaissance des composantes de la demande devrait être développée* ». Ils rajoutent qu'un « *enjeu important est de bien connaître la répartition entre la demande résidentielle, pour les logements, et la demande des activités tertiaires* » (p34). En effet, la base Pégase du SoeS, qui fournit les données de consommation d'énergie au niveau national déclinées par secteur, ne considère que les secteurs suivants : « Industrie », « Transport », « Agriculture », et « Résidentiel-Tertiaire ». Le Tableau 11 présente les bases de données portant sur la consommation énergétique ou les émissions de GES du secteur tertiaire, au niveau national. On constate qu'elles sont peu nombreuses et qu'elles présentent toutes des limites importantes.

Base de données	Description des données	Limites
SoeS Base Pegase ⁵³	Consommation d'énergie par secteur pour chaque type d'énergie, depuis 1983 jusqu'à 2014, au niveau national.	Le résidentiel et le tertiaire ne forment qu'un seul secteur agrégé, « résidentiel-tertiaire ».
CITEPA Données SECTEN	Émissions de GES par secteur pour chaque type de GES, depuis 1960 jusqu'à 2015, au niveau national. Le tertiaire est considéré comme un secteur à part entière	Il n'y a pas de données sur la consommation énergétique. Il n'y a pas de données au niveau des branches du secteur tertiaire.
CEREN	Surface chauffée et consommation énergétique des bâtiments tertiaires, déclinées par branche du tertiaire ⁵⁴ , pour les années 1990, 2000, 2005, 2011 et 2012.	Ni les données ni la méthodologie ne sont publiques

Tableau 11 – Base de données contenant des informations quantitatives sur la consommation énergétique du secteur tertiaire

⁵³ Notons que les publications annuelles du CGDD « Bilan énergétique pour la France » fournissent les données pour le résidentiel et pour le tertiaire séparément mais que la base de données en ligne Pegase ne fournit que les informations pour la branche « résidentiel-tertiaire ».

⁵⁴ 8 branches sont considérées : « Bureaux », « Commerces », « Enseignement », « Santé », « Cafés, Hôtels, Restaurants », « Sports, loisirs, culture », « Habitat communautaire » et « Transport ».

Certains acteurs privés produisent des données sur la consommation énergétique du secteur tertiaire. C'est par exemple le cas du CEREN qui, à l'aide d'enquêtes auprès des ménages, de l'industrie et des entreprises du secteur tertiaire, possède des données annuelles sur la consommation énergétique de ces secteurs. Malheureusement, ces données ne sont disponibles qu'à un prix très onéreux ou à un niveau très agrégé, ce qui rend difficile leur exploitation par des chercheurs. Le rapport CGEDD-IG INSEE (La Documentation Française, 2015) met l'accent sur ce problème. Selon les auteurs, *« la transparence sur les méthodologies des prestataires n'est pas facile à assurer, les acteurs du marché ayant intérêt à en rester propriétaires. Cette transparence insuffisante interdit de fait la possibilité d'une expertise externe pour garantir la qualité des données ou contribuer, par le débat scientifique, à l'améliorer. Par ailleurs, les modèles retenus, selon leurs hypothèses, peuvent permettre ou non de suivre les impacts des politiques publiques »*.

Ainsi, les données issues de l'ECET répondent à un besoin de connaissances statistiques sur la consommation énergétique du parc tertiaire. Elles ont déjà fait l'objet de deux publications, de Thélot (2014) et du CGDD (2015a). Parce qu'elle contient des données au niveau de chaque établissement identifié de manière unique, la base de données issue de l'ECET est confidentielle et nécessite le dépôt d'un projet auprès du Comité du secret statistique du Conseil National de l'Information Statistique. L'accès à ces données est rendu possible par le Centre d'Accès Sécurisé aux Données (CASD) fourni par l'INSEE. Cependant, certaines contraintes d'exploitation persistent, pour des raisons de sécurité et de confidentialité. L'ordinateur qui contient les données est « isolé », c'est-à-dire qu'il n'est pas connecté à internet ni à aucun périphérique (port USB, imprimante, lecteur CD) afin de pouvoir contrôler l'entrée et la sortie d'information. L'ajout de certaines procédures Stata doit par exemple faire l'objet d'une demande auprès du CASD. Chaque sortie⁵⁵ (du calcul d'une simple moyenne jusqu'aux nombreux tableaux de résultats économétriques en passant par les graphiques) doit faire l'objet d'une procédure de vérification de la part du service statistique du CASD. En outre, le nombre de sorties est limité. Enfin, l'accès aux données nécessite une séance d'enrôlement, une carte à puce personnelle et la présentation de l'empreinte digitale de l'utilisateur à chaque ouverture de session.

2.1.2 Les caractéristiques de l'ECET

La population cible de l'ECET est constituée *« [des] établissements exploitants, sans restriction de taille, dont l'activité principale appartient aux secteurs tertiaires principalement marchands, y compris artisanat commercial, mais hors transports et entreposage. Les secteurs principalement non marchands du tertiaire (enseignement, santé...) sont donc exclus du champ. Cela correspond aux codes NAF rév.2 suivants : section G (y compris l'artisanat commercial : 10.13B, 10.71B, 10.71C, 10.71D), section I à N et division 95 et 96 de la section S »*. Les sections concernées sont donc les sections « Commerce » ;

⁵⁵ C'est-à-dire l'extraction d'une information depuis l'ordinateur « isolé » en vue d'une utilisation sur tout autre ordinateur dans un but de diffusion (publication, conférence, séminaire).

« Réparation d'automobiles et de motocycles », « Hébergement et restauration », « Information & Communication », « Activités financières et d'assurance », « Activités immobilières », « Activités spécialisées, scientifiques et techniques », « Activités de services administratifs et de soutien », et les divisions 95 et 96 de la section « Autres activités de services ». La Figure 11 présente les sections et les divisions de la NAF qui font partie du périmètre de l'ECET. Le champ géographique de l'étude est la France entière. La taille de la population cible est $N = 3\,093\,909$ établissements. Le périmètre de l'étude ainsi défini diffère du secteur tertiaire considéré dans les bases de données du Tableau 11. En effet, les champs non marchands, tels que l'enseignement ou la santé, sont absents du champ de l'enquête. Cela risque d'entraîner un décalage entre les estimations qui s'appuient sur cette enquête et les statistiques déjà existantes, qui concernent en général le tertiaire dans sa globalité.

L'unité statistique est l'établissement⁵⁶ : « c'est le lieu géographique où se trouvent les compteurs de gaz et d'électricité. C'est également le lieu où le plus souvent sont adressées les factures des fournisseurs d'énergie »⁵⁷. La documentation associée à l'enquête⁵⁸ indique que l'échantillonnage est un échantillonnage à plan de sondage complexe puisque la population est stratifiée et une pondération est attribuée à chaque observation. La population est stratifiée par secteur d'activité (en utilisant la division de la NAF) et par tranche de taille d'effectif. Il y a 31 modalités⁵⁹ pour la division et 8 modalités⁶⁰ pour la tranche d'effectif. Le croisement des deux critères conduit à une stratification de la population en 279 strates. Comme nous l'avons vu au Chapitre 2, il est indispensable de prendre en compte ces éléments de stratification et de pondération dans le calcul des estimateurs et de leur précision.

Le questionnaire de l'enquête a été envoyé à 20 152 établissements. 13 951 établissements ont répondu, parmi eux certains se sont révélés être des établissements hors-champ. Finalement, le nombre de questionnaires utilisables est de 12 425.

Enfin, notons que 44 entreprises ont fait l'objet d'un test du questionnaire. L'enquête était obligatoire. La collecte s'est effectuée par internet ou sur papier à la demande. Devant le manque de réponse constaté en cours d'enquête, des mises en demeure ont été envoyées.

⁵⁶ La définition de l'INSEE de l'établissement est la suivante : « l'établissement est une unité de production géographiquement individualisée, mais juridiquement dépendante de l'entreprise. Un établissement produit des biens ou des services : ce peut être une usine, une boulangerie, un magasin de vêtements, un des hôtels d'une chaîne hôtelière, la « boutique » d'un réparateur de matériel informatique ... »

⁵⁷ Source : note méthodologique de l'ECET.

⁵⁸ Disponible ici : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=sources/sou-enq-conso-energie-tertiaire-ecet.htm>

⁵⁹ Les divisions considérées sont les numéros : 10, 45, 46, 47, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 95, 96.

⁶⁰ 0 salarié, 1 à 5 salariés, 6 à 9 salariés, 10 à 19 salariés, 20 à 49 salariés, 50 à 99 salariés, 100 à 249 salariés, 250 à 499 salariés, plus de 500 salariés



Figure 12 - Nomenclature de la NAF : Section et Division Périmètre de l'ECET

2.2 Présentation des données et de leur limites

L'intégralité des variables disponibles dans la base de données ECET est détaillée dans le Tableau 42 ([Annexe 3C](#)). Le questionnaire de l'EET est disponible sur le site internet de l'INSEE⁶¹, tout comme la méthodologie et le bilan qualité de l'enquête. Les paragraphes suivants précisent le contenu et les limites de certaines variables.

2.2.1 Les caractéristiques générales de l'établissement

Quatre variables permettent de caractériser l'activité de l'établissement. Le numéro de SIRET, est une clé de 14 chiffres qui permet d'identifier de manière unique un établissement. Trois autres variables permettent de caractériser l'activité de l'établissement de manière plus ou moins précise : la section de la NAF, la division de la NAF, et le code APE (Activité principale de l'établissement) de l'établissement. Nous nous servons de ces trois niveaux d'information pour construire notre propre nomenclature (voir section 2.3).

La taille de l'établissement est renseignée sous la forme du nombre de salariés de l'établissement. Cela constitue une première limite de l'enquête. En effet, certains établissements n'emploient pas de salariés et pourtant plusieurs personnes y travaillent. Nous pouvons par exemple penser à un cabinet d'avocats associés. Dans ce cas, l'établissement est occupé par plusieurs personnes mais il n'y a aucun salarié. Certaines statistiques telles que la consommation énergétique par tête risquent donc d'être biaisées.

La situation géographique de l'établissement est renseignée sous la forme de deux variables : le département et la région. Il aurait été intéressant de connaître plus précisément la localisation de l'établissement pour tenter d'observer certains phénomènes. Par exemple, le type d'environnement géographique (ville dense, périphérie, campagne, etc.) peut influencer le type d'énergie utilisé. Les réseaux de chaleur sont plus développés dans les grandes villes, de même que le gaz de ville. Le bois de chauffage est sans doute plus fréquemment utilisé à la campagne.

2.2.2 La structure de l'établissement

Ce champ renseigne si l'activité de l'établissement se déroule au domicile du répondant, si dans ce cas il y a des factures énergétiques séparées pour l'activité professionnelle et pour le domicile, et si le répondant connaît la répartition du montant entre ces deux factures. Il renseigne également s'il y a d'autres occupants dans le bâtiment, s'il y a un entrepôt rattaché, s'il y a un entrepôt frigorifique rattaché, et si oui quel est le volume en froid négatif. En revanche, nous ne savons pas sur combien de bâtiments est réparti l'établissement. L'enquête considère que l'établissement est composé d'un bâtiment principal et éventuellement un

⁶¹ <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=sources/sou-enq-conso-energie-tertiaire-ecet.htm>

entrepôt. Il n'est pas possible de savoir si l'établissement est réparti sur plusieurs bâtiments.

Le statut d'occupation est renseigné, sous la forme de deux modalités : propriétaire ou locataire. Au regard de la revue de la littérature exposée dans le Chapitre 1, il est effectivement intéressant de connaître l'information sur le statut d'occupation afin de pouvoir observer des différences de comportements énergétiques entre les deux types d'occupants. En revanche, il aurait été intéressant de savoir si le locataire connaît précisément ses dépenses énergétiques. Comme l'ont montré Levinson et Niemann (2004) et Kahn, Kok, et Quigley (2014), les locataires ne paient pas nécessairement leurs charges énergétiques directement, car celles-ci peuvent être incluses dans le loyer ou sous la forme plus globale des charges collectives, et dans ce cas ils font face à un coût marginal de l'énergie qui est soit nul dans le premier cas soit inconnu dans le deuxième cas, ce qui les amène à avoir une consommation énergétique plus élevée que ceux qui paient directement leurs factures énergétiques. L'ECET utilise les consommations énergétiques relevées sur la facture d'énergie. En effet, le questionnaire précise que pour répondre à une partie de l'enquête, « *il est indispensable de prendre [vos] factures énergétiques* ». Cependant, il est possible pour le répondant de déclarer qu'il ne peut pas distinguer les charges énergétiques de l'ensemble des charges collectives (voir Figure 13). Malheureusement, cette information n'a pas été conservée par les services producteurs de données puisqu'elle n'apparaît pas dans la base de données fournie aux utilisateurs. Ainsi, il n'est pas possible de distinguer dans la base de données les locataires qui connaissent leurs factures énergétiques de ceux qui les ignorent. Cependant, il semblerait que pratiquement tous les bâtiments disposent de leurs factures d'énergie, puisque seulement 63 établissements (sur plus de 12 000) n'ont pas répondu aux questions portant sur la quantité d'énergie consommée. Ainsi, nous pouvons supposer que les établissements connaissent les charges énergétiques, qu'ils soient propriétaires ou locataires.

C0-1	Pouvez-vous distinguer au sein des charges que vous avez payées en 2011 les consommations et les dépenses spécifiques liées à l'énergie ? <input type="checkbox"/> Oui → Cochez puis allez à la question C1 . Dans le tableau, <u>veuillez également prendre en compte les quantités d'énergies et la facture liée à l'énergie indiquées dans les charges collectives.</u> <input type="checkbox"/> Non
C0-2	Si non, quel a été le montant total des charges collectives que vous avez payées en 2011 ? _____ euros
C0-3	Pouvez-vous indiquer approximativement la proportion de ces charges consacrée aux dépenses d'énergie ? _____ % → Continuez avec la question C1 . Dans le tableau, <u>veuillez ne pas prendre en compte les quantités d'énergies et la facture déjà comprises dans les charges collectives.</u>

Figure 13 - Questions portant sur l'accès au détail de la facture énergétique
Source : Questionnaire de l'ECET

La période de construction de l'établissement est renseignée, de même que celle de l'entrepôt s'il y en a un. Trois modalités sont proposées : avant 1975, entre 1975 et 2000, et après 2000. On peut regretter le choix de seulement trois modalités pour quantifier l'âge du bâtiment. En effet, il existe une telle hétérogénéité au sein de ces trois périodes, parce qu'elles

s'étalent sur plusieurs décennies, qu'il peut être difficile de faire ressortir une tendance. Dans les études du corpus de référence constitué au Chapitre 1 qui incluent des informations sur la période de construction, celle-ci est en général plus précise que dans l'ECET, parce qu'il y a plus de modalités (une modalité tous les 5 ou 10 ans). Enfin, il aurait été instructif de demander si le bâtiment a fait l'objet d'une rénovation ou non, à la fois pour avoir une estimation du nombre de bâtiments ayant été rénovés, et d'autre part pour estimer l'impact des rénovations sur les consommations énergétiques.

Une question porte sur la qualité globale de l'isolation du bâtiment. Le répondant a le choix entre quatre modalités : « *Très bonne* », « *Bonne* », « *Mauvaise* » ou « *Très mauvaise* ». On peut évidemment remettre en question la pertinence d'une telle variable. En effet, l'évaluation de la qualité de l'isolation est subjective, et n'apporte pas d'indication sur la qualité objective de l'isolation. Dans les autres études utilisant la qualité de l'isolation comme variable explicative de la consommation d'énergie (cf Chapitre 1), on trouve des variables indicatrices caractérisant l'isolation de manière moins subjective que dans l'ECET. Les données peuvent par exemple renseigner s'il y a ou non une isolation des combles (1/0) ou de la toiture (1/0) ou la date de la dernière isolation du bâtiment ({« *moins de 5 ans* », « *plus de 5 ans* », « *pas d'isolation* »} dans l'étude de Harold, Lyons, et Cullinan (2015), {« *moins de 10 ans* », « *plus de dix ans mais de bonne qualité* », « *plus de 10 ans mais de mauvaise qualité* »} dans l'étude de Risch et Salmon (2013)), ce qui est moins subjectif qu'une évaluation de la qualité de l'isolation parmi quatre modalités comme c'est le cas dans l'ECET.

2.2.3 Les données énergétiques

La dernière partie du questionnaire porte sur les consommations énergétiques, et est divisée en trois sous-parties. Dans un premier temps, il est demandé au répondant de remplir le Tableau 12, qui permet de connaître les sources d'énergie utilisées par usage énergétique.

	Cochez ici les énergies que vous avez achetées en 2011 (hors activité de transport)	Cochez ici les usages des énergies achetées en 2011									
		Chauffage	Climatisation ou ventilation	Éclairage/ bureau-tique	Eau chaude sanitaire	Cuisson	Informatique intensive (salles machines)	Blanchisserie	Réfrigération	Autres usages	
Fioul (y compris gazole <u>non</u> routier)											
Gaz de réseau (dit gaz de ville)											
Chaleur achetée (réseau urbain)											
Froid acheté (réseau urbain)											
Électricité											
Butane/propane (GPL)											
Bois-bûche											
Autres bois-énergie (1)											
Autres énergies											
Précisez :											

(1) Autres bois-énergie : plaquettes forestières, granulés de bois (ou pellets), briquettes, écorces et déchets de bois (chutes de bois, palettes, cagettes ...).

Tableau 12 – Tableau à remplir dans l'ECET – Achat d'énergie par source et par usage
Source : Questionnaire de l'ECET (Site internet de l'INSEE)

Ensuite, le répondant doit remplir le Tableau 13 afin de déclarer les quantités d'énergie achetées en 2011 par source. Notons qu'il s'agit de l'énergie achetée en 2011 et non de l'énergie consommée en 2011.

	Quantités achetées		Répartition par usage des quantités achetées (en %)		
	Quantités en unité propre	Facture en euros	Chauffage/climatisation/ventilation/éclairage/bureautique/eau chaude sanitaire	Consommation liée à votre activité (1)	Somme
Fioul (y compris gazole non routier)	litres	€	%	%	100 %
Gaz de réseau (dit gaz de ville)	MWh	€	%	%	100 %
Chaleur achetée (réseau urbain)	kWh	€	%	%	100 %
Froid acheté (réseau urbain)	kWh	€	%	%	100 %
Électricité	kWh	€	%	%	100 %
Butane/propane (GPL)	tonnes	€	%	%	100 %
Bois-bûche	stères	€	%	%	100 %
Autres bois-énergie	tonnes	€	%	%	100 %
Autres énergies		€	%	%	100 %
Précisez :					

(1) Cuisson, informatique intensive, blanchisserie, réfrigération, autre usage, hors activité de transport.

Tableau 13 – Tableau à remplir dans l'ECET - Quantité d'énergie consommée par source
Source : questionnaire de l'ECET

Enfin, la dernière partie du questionnaire concerne la présence de source d'énergie renouvelable. Les énergies renouvelables considérées dans l'enquête sont les panneaux solaires thermiques, les panneaux solaires photovoltaïques, les pompes à chaleur, et les appareils utilisant la biomasse (bois-bûches, autre bois-énergie, déchets végétaux, éthanol, biogaz, etc.). Pour chacun des équipements considérés, le questionnaire demande si l'établissement dispose de cet équipement (en état de fonctionnement uniquement), quelle est la date de l'installation, quelle est la surface des capteurs dans le cas des panneaux solaires, et quelle est la puissance (thermique, électrique ou les deux) de l'équipement.

Le Tableau 14 résume les principales limites des données dont nous disposons.

Limites des données
Seul l'effectif salarié est renseigné, on ne connaît pas le nombre d'occupants dans les bâtiments. Une grande partie des établissements n'emploie aucun salarié, ce qui ne veut pas dire pour autant que l'établissement est inoccupé (ex : cabinet d'avocats, d'architectes, etc.)
La situation géographique de l'établissement se limite à la région et au département ; on ne connaît pas le type d'environnement (ville, campagne, périphérie de grande ville, etc.)
On ne connaît pas le nombre de bâtiments de l'établissement
Il n'y a que trois modalités pour la période de construction de l'établissement
On ne sait pas si le bâtiment a déjà été rénové
La qualité de l'isolation est une donnée subjective

Tableau 14- Principales limites des données de l'ECET

2.3 L'enjeu de la nomenclature

Le tertiaire est un secteur très hétérogène, et jusqu'à présent très peu de données au niveau infra sectoriel sont disponibles. Les données de l'ECET, disponibles à l'échelle de l'établissement, permettent de quantifier les consommations d'énergie des différents « sous-secteurs » ou « branches » du tertiaire. En France, la classification de référence est la nomenclature NAF, ou Nomenclature d'Activités Française. Cette nomenclature est constituée de plusieurs niveaux : les sections, les divisions et l'APE. L'ECET est construite à partir de cette nomenclature NAF. Cependant, la nomenclature de la NAF présente certaines limites lorsqu'il s'agit de créer des catégories homogènes en termes de consommation et d'usages énergétiques. Par exemple, il paraît pertinent *a priori* de distinguer les commerces de détail alimentaires des commerces de détail non alimentaires, car ces deux catégories d'établissements ont probablement des usages énergétiques très différents (les premiers ayant un usage particulièrement important de la réfrigération, ce qui n'est pas le cas des seconds. Or, ce qui n'est pas possible en utilisant les catégories de la NAF. Ainsi, il est apparu indispensable de construire une nomenclature du tertiaire adaptée à la problématique énergétique étudiée. Cet exercice de classification repose sur une analyse des nomenclatures identifiées dans la littérature ainsi que sur des arbitrages subjectifs et *a priori*, ce qui implique de vérifier *a posteriori* la pertinence de cette nomenclature à l'aide des statistiques descriptives et des régressions économétriques produites. Nous cherchons à constituer des sous-secteurs relativement homogènes sous la contrainte de garder un nombre suffisant d'observations dans chaque catégorie pour que les analyses statistiques puissent être précises. Le Tableau 40 ([Annexe 3A](#)) présente les différentes nomenclatures identifiées dans la littérature lorsqu'il est question des consommations énergétique du secteur tertiaire, y compris dans d'autres pays, et le Tableau 41 ([Annexe 3B](#)) présente la nomenclature que nous avons construite puis utilisée dans cette thèse, et rend explicite les correspondances entre notre nomenclature et celle de la NAF. Cette nouvelle nomenclature est constituée des 12 branches suivantes :

- « *Banque Finance Assurance* » (*BFA*) : rassemble les établissements dont l'activité est l'activité d'une banque centrale, d'une banque commerciale, d'un crédit mutuel, les sociétés de holding, les fonds de placement, les sociétés d'assurance et de réassurance, etc.
- « *Commerces de détail alimentaires* » : rassemble les établissements dont l'activité est de vendre au détail des produits alimentaires : supérettes, hypermarchés, boulangeries, boucheries, etc.
- « *Commerces de détail non alimentaires* » : rassemble les établissements dont l'activité est de vendre au détail ou de louer des produits non alimentaires : grands magasins, magasins spécialisés, vente de détail à distance de produits non alimentaires, location d'articles de sport nautiques, etc.

- « *Commerces de gros alimentaires* » : rassemble les établissements dont l'activité est de vendre en gros tous types de produits alimentaires.
- « *Commerces de gros non alimentaires* » : rassemble les établissements dont l'activité est de vendre en gros des produits non alimentaires. Cela rassemble une grande variété de produits, du matériel informatique aux produits chimiques en passant par la quincaillerie, les fournitures de plomberie et de chauffage.
- « *Commerce et réparation de véhicules* » : rassemble les établissements dont l'activité est de vendre ou de réparer des véhicules, ainsi que les établissements dont l'activité est d'assurer le contrôle technique des véhicules.
- « *Hébergement* » : rassemble les établissements assurant une activité de restauration, tels que l'hébergement touristique, mais également les résidences étudiantes.
- « *Restauration* » : rassemble les établissements assurant une activité de restauration, tels que les restaurants traditionnels, les cafétérias, la restauration collective ou les débits de boisson.
- « *Information & Communication* » : rassemble les établissements dont l'activité est l'édition (papier ou de logiciel), la production, la postproduction ou la projection de films, l'enregistrement et l'édition musicale, les télécommunications, les services informatiques.
- « *Activités scientifiques* » : rassemble les établissements dont l'activité est la recherche et développement en sciences, en sciences sociales, l'ingénierie ou l'analyse technique
- « *Services matériels* » : rassemble les établissements dont l'activité est une activité de services avec création, modification, destruction ou utilisation de « matières », tels que les prestations aux bâtiments et jardins, la photocopie et la préparation de documents, la réparation d'objets, la coiffure et autres soins de beauté, etc.
- « *Services immatériels* » : rassemble les établissements dont l'activité est une activité de services « dématérialisés », tels que, les activités immobilières, les activités juridiques et comptables, le conseil, la publicité, etc.

Le contenu détaillé de chacune de ces branches est disponible à l'[Annexe 3B](#).

Nous conservons certains sous-secteurs qui sont souvent présents dans les autres nomenclatures que nous avons identifiées afin de permettre d'éventuelles comparaisons de nos statistiques avec celles produites dans d'autres pays par d'autres études. Pour cela, il est nécessaire que les périmètres soient plus ou moins identiques.

Une autre façon de construire une nomenclature aurait été d'utiliser des méthodes de classification basées sur l'analyse des données (qui sont donc des classifications *a posteriori*). Dans ce cas, il s'agit plutôt d'une typologie. L'étude du CGDD (2012) propose une typologie constituée de cinq grands groupes en se fondant sur la méthode statistique de classification ascendante hiérarchique. Hache et al. (2016) utilisent, pour le secteur résidentiel, la méthode *Chi Square Automatic Interaction Detection (CHAID)* pour identifier les déterminants principaux de la consommation énergétique des ménages puis construire une typologie de ces ménages.

Notre objectif ici n'est pas de créer une typologie fondée sur les différentes caractéristiques énergétiques des établissements tertiaires, mais de modifier la nomenclature existante pour faire apparaître des différences entre des sous-secteurs qui ne pourraient pas apparaître lorsque ces sous-secteurs sont regroupés dans le même ensemble.

3. Description statistique du secteur tertiaire marchand

Étant donné la méconnaissance du secteur tertiaire, cette section s'attache à fournir quelques éléments de description des différentes branches du tertiaire marchand. Pour cela, nous utilisons les données de l'ECET et construisons des estimations des paramètres d'intérêts (moyennes, écart-types, totaux, proportions, etc.). Comme développé dans le Chapitre 2, nous prenons en compte le plan de sondage (stratification, pondération) dans le calcul des estimateurs et de leur précision. Dans un premier temps, nous comparons une partie des statistiques obtenues avec des valeurs fournies par d'autres études ou d'autres bases de données, afin de juger de la pertinence de nos estimations. Dans un second temps, nous nous attachons à fournir une description quantitative des branches du tertiaire marchand à travers le prisme de leurs consommations énergétiques.

3.1 Revue des sources de données sur le tertiaire

Le plan de sondage de l'ECET a été construit de manière à rendre l'échantillon représentatif de la population cible de l'enquête (*cf* Chapitre 2). Pour cela, des traitements ont été appliqués à la population-cible (stratification) et aux observations de l'échantillon (pondération) par les producteurs de données. Ces traitements ne sont que partiellement connus des analystes de données. En effet, la documentation associée à l'enquête précise les variables ayant servi à la stratification (dans notre cas il s'agit de la tranche d'effectif et de l'activité de l'établissement) et fait mention du traitement appliqué pour la correction de la non-réponse, mais pas de manière précise⁶². De plus, nous avons nous-mêmes fait subir un

⁶² Le bilan qualité de l'ECET précise que la non-réponse totale a été corrigée par repondération au sein de « groupes de réponses homogènes » (GRH). « La première étape de la phase de correction de la non-réponse totale est donc de constituer ces GRH, qui rassemblent les établissements ayant des caractéristiques proches ». En revanche, nous ne savons pas quels sont

deuxième traitement à la base de données puisque nous avons éliminé les observations qui paraissaient aberrantes ou extrêmes⁶³. Il est donc nécessaire de vérifier si les paramètres estimés à partir des données issues de l'ECET sont cohérents avec des statistiques issues de sources différentes. Malheureusement, il existe peu d'informations quantitatives sur les bâtiments tertiaires, et le périmètre considéré diffère d'une étude à l'autre. Ainsi, les données fournies par le CGDD concernent le tertiaire dans sa globalité et comprennent donc les branches non marchandes telles que l'éducation, la santé, ou l'administration publique, qui ne sont pas incluses dans le périmètre de l'ECET. Le CEREN fournit des données au niveau infra-sectoriel, mais les branches considérées ne coïncident pas avec la nomenclature de la NAF ni avec notre nomenclature. Par exemple, la branche « *Bureau* » de la nomenclature du CEREN comprend les bâtiments des secteurs non-marchands, tels que l'administration publique. Elle est donc plus large que la branche « *Bureau* »⁶⁴ de l'ECET.

Le Tableau 15 présente certaines statistiques estimées à partir des données de l'ECET, et les compare avec des sources de données auxiliaires. Étant donné la différence de périmètre considéré entre l'ECET et les autres sources de données, il est normal de constater des différences importantes entre les deux types de données. Cette comparaison permet donc uniquement de vérifier que les ordres de grandeur sont corrects et que les statistiques sont cohérentes avec le périmètre pris en compte (les totaux estimés à l'aide de l'ECET doivent être en toute logique inférieurs à ceux fournis par des sources considérant un périmètre « tertiaire » plus large). Nous présentons les estimations ponctuelles ainsi que l'intervalle de confiance à 95%

les critères qui ont servi à constituer les GRH. Site internet : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=sources/sou-enq-conso-energie-tertiaire-ecet.htm>

⁶³ Pour chaque variable continue y , nous avons supprimé les observations i telles que : $y_i > \bar{y} + 4\sigma_y$. Nous passons d'un échantillon de taille $N=12\ 361$ à un échantillon de taille $N=11\ 425$. On supprime donc environ 7.6% de l'échantillon.

⁶⁴ Nous définissons la branche « Bureau » de l'ECET comme le complémentaire des branches « Commerces » et « Hôtellerie-restauration ».

Statistiques	Estimation à partir des données de l'ECET ⁶⁵	Valeur fournie par une autre source, pour comparaison	Source de la valeur de comparaison
Nombre d'établissements	2 360 000	3 093 909 2 091 251	Note méthodologique de l'ECET, INSEE Données ESANE ⁶⁶ 2011, INSEE ⁶⁷
Effectif total (millions de salariés)	10.1 ± 2	9.1	Données ESANE 2011, INSEE ⁶⁸
Surface totale (millions de m ²)	732 ± 95	931	CEREN Le périmètre est le tertiaire dans sa globalité
Consommation totale d'énergie finale (TWh)	162 ± 32	225	CEREN Le périmètre est le tertiaire dans sa globalité
Consommation totale d'énergie finale (Mtep)	14 ± 2.6	22.9	CGDD (2014) p79 Le périmètre est le tertiaire dans son ensemble Il s'agit de la consommation énergétique corrigée des variations climatiques, en 2011
Consommation totale d'électricité (TWh)	112 ± 27	103	CEREN Le périmètre est le tertiaire dans sa globalité
Consommation totale d'électricité (Mtep)	9,6 ± 2.3	11.9	(CGDD 2014) p 81 ⁶⁹
Consommation totale de gaz (TWh)	40,4 ± 7.5	74	CEREN
Consommation totale de gaz (Mtep)	3,1 ± 0.6	5.8	(CGDD 2014) p 81
Émissions de CO ₂ (Mt) ⁷⁰	20,7 ± 3.6	26.4	CITEPA, format SECTEN, avril 2016
Surface chauffée de la catégorie "Bureaux"	216 ± 31	208	CEREN
Surface chauffée de la catégorie "Commerces"	214 ± 63	207	CEREN
Surface chauffée de la catégorie "Hôtellerie Restauration"	84 ± 20	65	CEREN
Consommation totale d'énergie finale de la catégorie "Bureaux"	59.1 ± 11	57.1	CEREN
Consommation totale d'énergie finale de la catégorie "Commerces"	72,5 ± 28.8	52.1	CEREN
Consommation totale d'énergie finale de la catégorie "Hôtellerie Restauration"	30,6 ± 5.2	24.9	CEREN
Consommation unitaire du tertiaire (kWh/m ²)	225 ± 30	204 295	ADEME (2013), d'après données CEREN Enerdata (2012)
Consommation unitaire de la catégorie "Bureaux"	271 ± 43	263	ADEME (2013), d'après données CEREN
Consommation unitaire de la catégorie "Commerces"	337 ± 45	242	ADEME (2013), d'après données CEREN
Consommation unitaire de la catégorie "Hôtellerie Restauration"	362 ± 62	234	ADEME (2013), d'après données CEREN
Consommation par employé (tep/employé)	1,4 ± 0.2	1.16	Base ODYSSEE

Tableau 15 - Comparaison des statistiques de l'ECET avec d'autres sources de données

⁶⁵ Les totaux ont été estimés en utilisant la formule (35) du chapitre précédent. Les erreurs-standards des totaux ont été estimées en utilisant la formule (42). Les intervalles de confiance ont été estimés en utilisant l'équation (31) et le nombre de degrés de liberté défini comme la différence entre le nombre d'observations et le nombre de strates.

⁶⁶ Élaboration des Statistiques Annuelles d'Entreprises

⁶⁷ Somme des établissements des sections G, I, J, K, L, M, N et des sections 10, 95 et 96

⁶⁸ Somme des effectifs salariés au 31 décembre des sections G, I, J, K, L, M, N et de sections 10, 95 et 96

⁶⁹ La séparation des consommations du résidentiel et du tertiaire dans le bilan énergétique de la France date du rapport pour l'année 2011.

⁷⁰ Les émissions de CO₂ sont définies en se restreignant aux consommations d'électricité, de fioul et de gaz, qui représentent plus de 95% de la consommation d'énergie totale. Les coefficients (contenu CO₂ du kWh) sont issus de la base carbone de l'ADEME. Nous calculons les émissions de CO₂ de la façon suivante :

$$CO_2 = 0.082 * consommation_electricité + 0.324 * consommation_fioul + 0.24 * consommation_gaz$$

Nous constatons un premier écart entre l'estimation du nombre d'établissements et l'une des valeurs de référence (3 093 909). L'écart est beaucoup plus raisonnable avec la deuxième valeur de référence (2 091 251). Cet écart peut être dû à deux phénomènes. D'une part, comme nous l'avons vu au chapitre précédent, l'estimation du nombre d'individus dans la population est égale à la somme des poids des observations sur l'échantillon. Or, le poids de chaque individu est constitué du poids de sondage et d'une correction permettant de traiter la non-réponse. Dans la base de données de l'ECET, une bonne partie de l'échantillon initial n'a pas répondu (seulement 13 951 établissements ont répondu, pour un échantillon initial de 20 152). Il a donc fallu distordre la valeur des poids de sondage pour corriger la non-réponse. Cela peut donc introduire un biais dans l'estimation du nombre total d'individus dans la population. D'autre part, nous avons supprimé des observations qui paraissaient aberrantes, ce qui peut introduire un autre biais dans l'estimation du nombre d'établissements. Cependant, il serait nécessaire de comprendre pourquoi les deux valeurs de référence diffèrent autant l'une de l'autre. La première est issue de la documentation de l'ECET, mais la provenance de ce chiffre n'est pas précisée. La deuxième provient des fichiers ESANE (Élaboration des Statistiques Annuelles d'Entreprises⁷¹) de l'année 2011. L'estimation du nombre d'établissements que nous avons réalisée est relativement conforme avec cette dernière. Il en est de même pour l'estimation du nombre de salariés.

Les estimations de la surface totale (en millions de m²) et de la consommation totale d'énergie (en TWh ou en Mtep) calculées à partir des données de l'ECET ne semblent pas incohérentes avec les estimations du CGDD et du CEREN. Les ordres de grandeur sont les mêmes, et les estimations de l'ECET sont inférieures à celles du CGDD et du CEREN, ce qui est logique puisque le périmètre de l'ECET ne comprend que le tertiaire marchand alors que les études du CEREN et du CGDD considèrent le tertiaire dans son ensemble, y compris le tertiaire non marchand. Il en est de même pour les estimations des émissions totales de CO₂, que l'on compare avec l'estimation du CITEPA, et pour les consommations totales d'électricité et de gaz, que l'on compare avec les estimations du CGDD et du CEREN. Seule l'estimation de la consommation totale d'électricité de l'ECET n'est pas cohérente avec l'estimation proposée par le CEREN, car elle est supérieure à celle du CEREN alors que le périmètre du CEREN est plus vaste.

Lorsque l'on cherche à comparer des estimations au niveau infra-sectoriel, il convient d'être très prudent. En effet, seul le CEREN fournit des estimations par sous-secteur du tertiaire, mais le périmètre de ces sous-secteurs n'est pas documenté. Nous pouvons supposer que la branche « *Hôtellerie-Restaurant* » du CEREN est similaire à la section I de la NAF, de même que la branche « *Commerce* » du CEREN est similaire à la section G de la NAF. En revanche, il est plus délicat de comparer les estimations de la branche « *Bureau* ». Nous supposons que cette branche du CEREN contient des établissements dont l'activité se déroule dans un bureau, que ce soit un établissement privé marchand ou une administration publique. Étant donné le périmètre de l'ECET, nous définissons la branche « *Bureaux* » comme le

⁷¹ Données fournies par l'INSEE.

complémentaire des branches « *Hôtellerie-Restoration* » et « *Commerce* ». Elle ne comprend que des activités tertiaires marchandes, elle est donc moins vaste que la branche équivalente du CEREN. Nous constatons que l'estimation de la surface totale (millions de m²) de la branche « *Bureaux* » n'est pas cohérente avec celle du CEREN, car la première est supérieure à la dernière alors que le périmètre associé à la première est moins vaste que le périmètre associé à la deuxième. Les estimations de la surface chauffée des branches « *Hôtellerie-Restoration* » et « *Commerce* » sont cohérentes avec les estimations du CEREN. Les estimations de la consommation totale par branche sont cohérentes avec les estimations du CEREN, parce que les intervalles de confiance sont suffisamment larges pour inclure les estimations du CEREN. Cependant, nous constatons que les estimations ne sont pas très précises, car les intervalles de confiance sont importants, et ce malgré l'élimination des valeurs aberrantes.

Enfin, les estimations de la consommation unitaire totale et par branche sont pour partie cohérentes avec celles fournies par l'ADEME (2013) qui s'appuient sur les données du CEREN. Les ordres de grandeur sont les mêmes pour nos estimations et celles du CEREN, pour les branches « *Tertiaire* » et « *Bureaux* », En revanche, les estimations pour les branches « *Commerce* » et « *Hôtellerie-Restoration* » ne sont pas cohérentes avec les valeurs de l'ADEME (2013). De plus, nos estimations ne sont pas précises, l'intervalle de confiance est large, ceci malgré l'élimination des valeurs aberrantes. Il aurait probablement fallu éliminer plus de valeurs extrêmes pour avoir une estimation plus précise de la moyenne mais dans ce cas, les estimations des totaux auraient été biaisées. Retenons plutôt que la moyenne est une statistique sensible aux valeurs extrêmes, et par la suite nous présentons également la médiane, qui elle ne l'est pas. La différence d'ordre de grandeur peut également venir de la définition de la consommation unitaire. Nous avons défini la consommation unitaire comme le ratio de la consommation totale et de la surface totale, surface des entrepôts incluse. Cela dit, si nous avons considéré la surface du bâtiment principal et non la surface totale, nous aurions obtenu des estimations de la consommation unitaire encore plus importante. Cet écart d'estimations entre deux sources de données différentes plaide pour une plus grande transparence des données et méthodologies employées.

3.2 Description du secteur tertiaire à l'aide des données de l'ECET

3.2.1 Analyse par branche

La Figure 14 permet de rendre compte de la contribution de chaque branche aux émissions de CO₂, à la consommation énergétique totale ainsi qu'à la surface totale de chaque branche. Les commerces de détail non alimentaires sont les établissements les plus répandus en termes de surface et les premiers consommateurs d'énergie. La consommation unitaire de cette branche (cf Figure 15) est relativement moyenne comparativement aux autres branches. Les commerces de détail alimentaires sont les deuxièmes plus gros consommateurs d'énergie, mais ne sont qu'à la 7^{ème} place en termes de surface totale. Ceci s'explique par le fait que les

commerces de détail alimentaires sont les bâtiments les plus consommateurs d'énergie au m², avec une consommation unitaire moyenne d'environ 650 kWh/m² (cf Figure 15). En plus des usages traditionnels de l'énergie (chauffage, climatisation, ventilation) qui garantissent un accueil agréable de la clientèle et de bonnes conditions de travail au personnel, les commerces de détail alimentaires ont des usages spécifiques de l'énergie associés à leur activité. En effet, 70% des commerces de détail alimentaires ont un usage de réfrigération, contre 26% des établissements du périmètre total⁷² (voir Tableau 16) et 55% des commerces de détail alimentaires ont recours à la cuisson, contre 34% des établissements du périmètre total. Cet usage de la cuisson est surtout présent chez les établissements de la sous-branche « *Industrie alimentaire* » qui comprend les boulangeries, pâtisserie, rotisserie, etc.

Les établissements du sous-secteur « *Services immatériels* » sont également très importants en termes de surface totale et de consommation d'énergie finale. Leur consommation unitaire moyenne est relativement faible et surtout très homogène. Les restaurants contribuent de manière importante à la consommation énergétique finale du tertiaire marchand mais ne sont qu'à la 9^{ème} place en termes de surface totale. La consommation unitaire de cette branche est très élevée et hétérogène. Comme pour les commerces de détail alimentaires, on peut justifier le niveau élevé de la consommation unitaire des restaurants par des usages de l'énergie liés à leur activité, comme la cuisson (utilisée dans 76% des établissements de la restauration contre 34% des établissements du périmètre total), l'ECS (utilisée dans 79% des établissements de la restauration, contre 64% des établissements du périmètre total) et la réfrigération (utilisée dans 70% des établissements de la restauration contre 26% des établissements du périmètre total). Les établissements du sous-secteur « *Banque Finance Assurance* » ont un poids important dans la surface totale et la consommation énergétique totale de même, de même que les établissements du sous-secteur « *Services matériels* ». Les premiers sont plus fréquemment équipés de la climatisation que l'ensemble du parc tertiaire marchand (47% des établissements contre 29% des établissements) et ont plus fréquemment recours à l'informatique intensive (26% des établissements y ont recours) que l'ensemble du parc (16% des établissements y ont recours). C'est même la branche où il y a le plus grand nombre d'établissements équipés de climatisation et le seconde branche avec le plus grand nombre d'établissements ayant recours à l'informatique intensive après la branche « *Information & Communication* » (28% des établissements y ont recours). Les établissements d'hébergement sont très répandus (surface totale très importante, à la troisième place) mais ont un poids énergétique moindre.

Étant donné que la consommation énergétique et les émissions de CO₂ sont deux grandeurs fortement corrélées, nous retrouvons pratiquement le même classement des sous-secteurs en termes de contribution aux émissions de CO₂. La seule exception est le sous-secteur « *BFA* », qui consomme plus d'énergie que les sous-secteurs « *Services matériels* » et « *Hébergement* » mais émet moins de CO₂. Cela s'explique sans doute par les mix énergétiques de ces différents usages ainsi que la part des usages. Nous présentons plus loin une illustration des mix énergétiques des différents sous-secteurs.

⁷² Et seulement 12% des commerces de détail alimentaires, ce qui justifie *a posteriori* notre nomenclature qui ne se contente pas de distinguer commerce de détail et commerce de gros mais également commerce alimentaire et commerce non alimentaire.

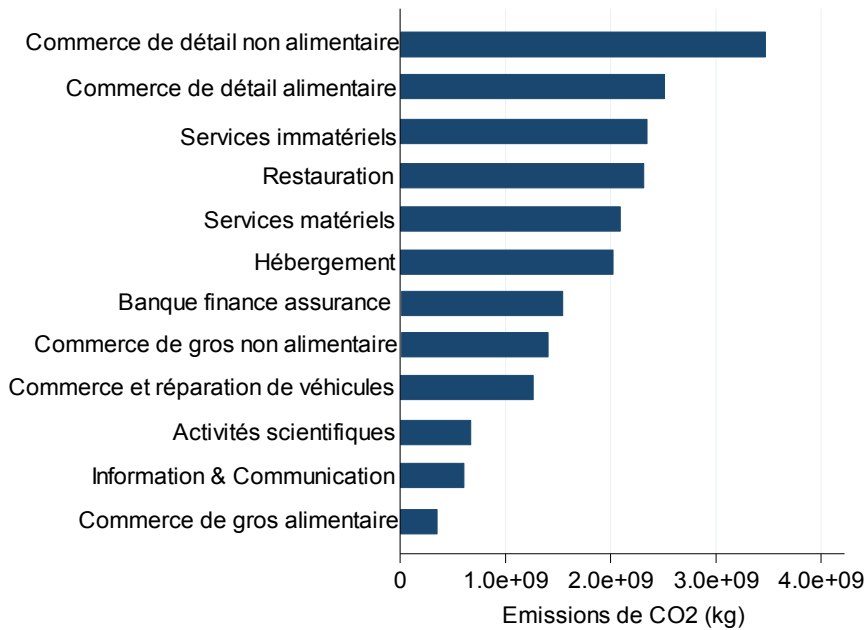
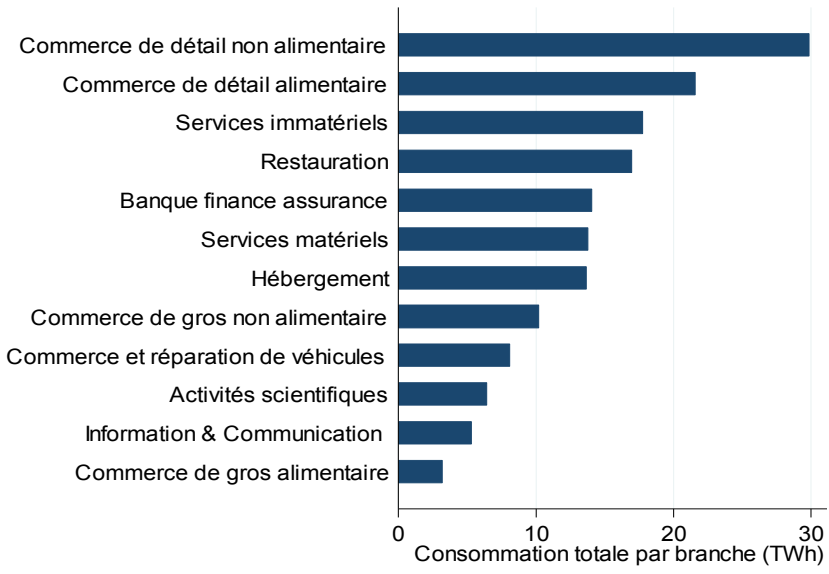
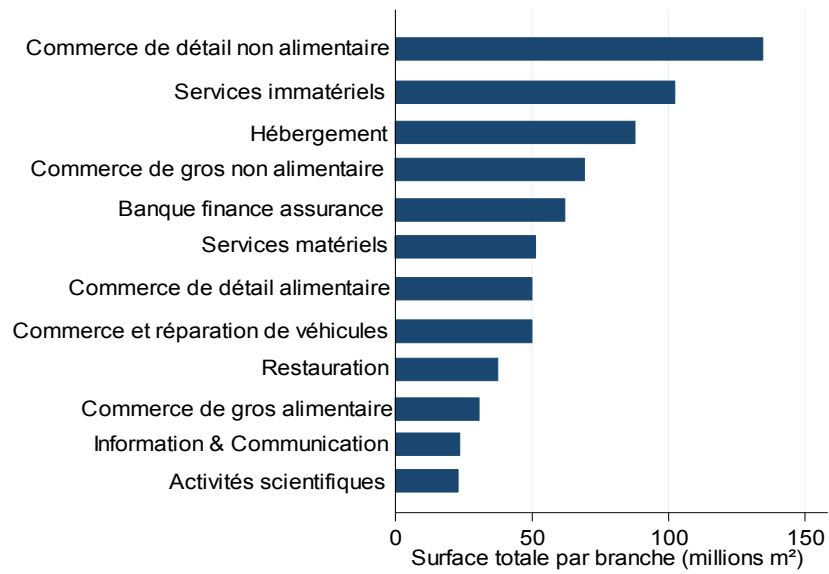


Figure 14 - Consommation énergétique et surface totales de chaque sous-secteur

	Chauffage	ECS	Cuisson	Climatisation	Informatique intensive	Blanchisserie	Réfrigération
BFA	83%	64%	26%	47%	26%	7%	15%
Activités scientifiques	93%	63%	33%	30%	17%	12%	15%
Services matériels	85%	64%	29%	24%	12%	15%	22%
Commerces de détail alimentaire	63%	68%	55%	31%	15%	10%	70%
Commerces de détail non alimentaire	81%	66%	19%	44%	15%	3%	12%
Commerces de gros alimentaires	72%	55%	20%	48%	15%	0%	36%
Commerces de gros non alimentaires	87%	46%	17%	32%	20%	2%	13%
Commerce et réparation de véhicules	83%	60%	11%	20%	14%	31%	9%
Hébergement	93%	55%	62%	35%	14%	9%	45%
Information & Communication	94%	86%	36%	0%	28%	31%	19%
Restauration	80%	67%	76%	30%	12%	10%	70%
Services immatériels	90%	79%	34%	22%	17%	9%	21%
Tertiaire	84%	64%	34%	29%	16%	9%	26%

Tableau 16 - Part des établissements ayant recours à un usage énergétique donné

On peut constater la plus ou moindre grande hétérogénéité des différentes branches en termes d'intensité énergétique (ou consommation unitaire en kWh/m²) à l'aide de la Figure 15. Cette figure nous permet de constater *a posteriori* la grande différence de consommation énergétique entre des branches qui étaient réunies dans la même catégorie par la NAF mais que nous avons décidé de séparer *a priori*. Par exemple, les branches « *Commerces de détail alimentaires* » et « *Commerces de détail non alimentaires* » sont très différentes en termes de consommation unitaire, la première ayant une consommation unitaire moyenne bien supérieure à la deuxième, et beaucoup plus hétérogène que la deuxième. On constate également que dans chacune des 12 branches il y a de nombreux établissements présentant des valeurs extrêmes. Cela a donc une influence à la hausse sur la moyenne, qui est en général bien supérieure à la médiane. Notons de plus que certaines valeurs extrêmes sont supérieures à 1000 kWh/m² mais que nous avons tronqué le graphique à cette valeur. En théorie, les enquêtés ont correctement rempli les champs concernant la consommation d'énergie par source, puisqu'ils devaient se baser sur leurs factures énergétiques pour le faire. En revanche, ils ont pu peut-être sous-estimer ou surestimer la surface totale de leur bâtiment, ce qui introduit des valeurs extrêmes pour la consommation unitaire. Il est également possible qu'une partie de ces valeurs extrêmes ne soient pas aberrantes, mais cohérentes avec certaines activités fortement consommatrices. Par exemple, certains établissements sont des centres de

recherche scientifique , et sont donc par nature de très grands consommateurs d'énergie, comparativement aux laboratoires de sciences humaines qui appartiennent à la même branche.

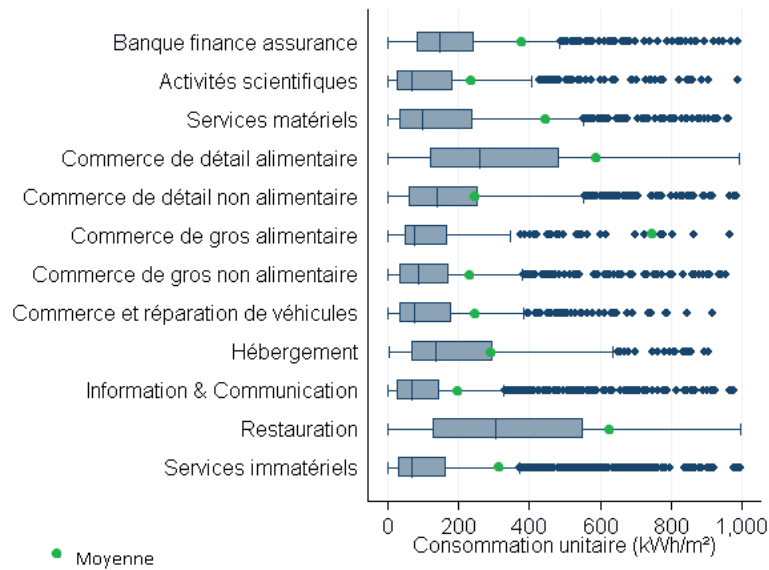


Figure 15 - Distribution de la consommation unitaire (kWh/m²) au sein de chaque branche

La Figure 16 met en évidence le fait que la grande majorité des établissements du tertiaire marchand sont des établissements de petite taille. Pour chaque branche, près de 80% des établissements ont moins de 5 salariés. Les activités de services (matériels et immatériels) sont à 90% réalisées par des effectifs de moins de 5 salariés, et 60% des établissements de services (y compris l'information et la communication) n'ont aucun salarié. Il aurait été intéressant, pour ne pas biaiser les résultats, de connaître également l'effectif non salarié, car une grande partie des activités de services sont le fait de professions libérales (avocats, architectes, etc.) qui peuvent se regrouper en cabinet. Dans ce cas, l'effectif salarié est bien de 0, mais le nombre d'occupants dans le bâtiment n'est pas nul. Une partie non négligeable des établissements des branches « *Commerce de gros* » et « *Hébergement* » sont de taille moyenne (effectif de 10 à 50 personnes).

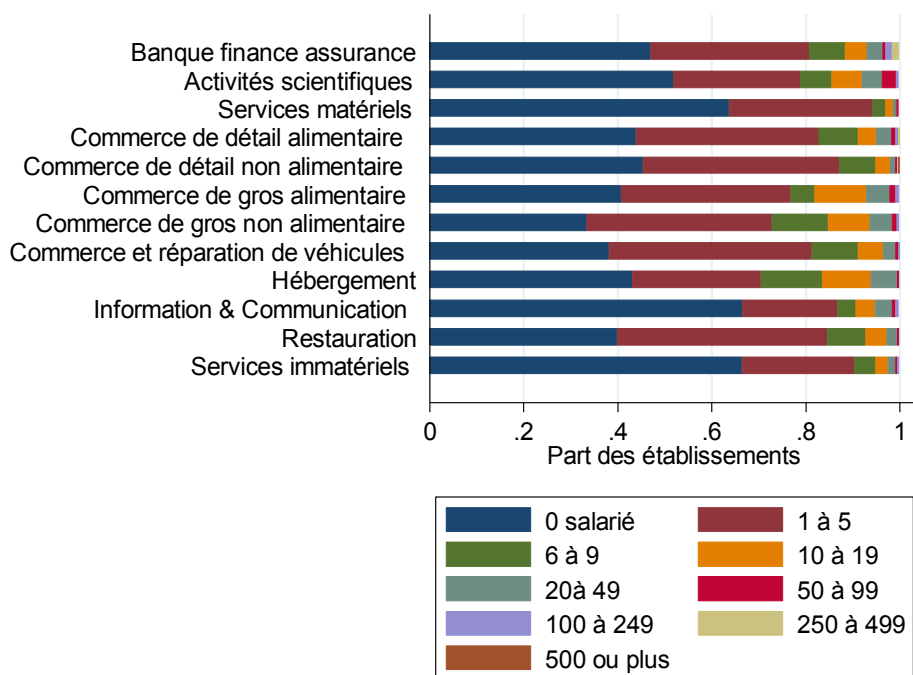


Figure 16 - Répartition des établissements par tranche d'effectif salarié

La Figure 17 présente la répartition des établissements selon la tranche d'effectif, en part de la surface totale. Sans surprise, il apparaît que la part des établissements d'effectif important augmente drastiquement par rapport à la Figure 16, puisque la surface et l'effectif sont fortement corrélés. Malgré cela, parmi les établissements des branches « *Services matériels* », « *Services immatériels* » et « *Hébergement* », les établissements de faible effectif (moins de 5 salariés) prédominent, ce qui confirme le fait que ces branches sont constituées en très grande majorité d'établissements de petite taille avec de faibles effectifs.

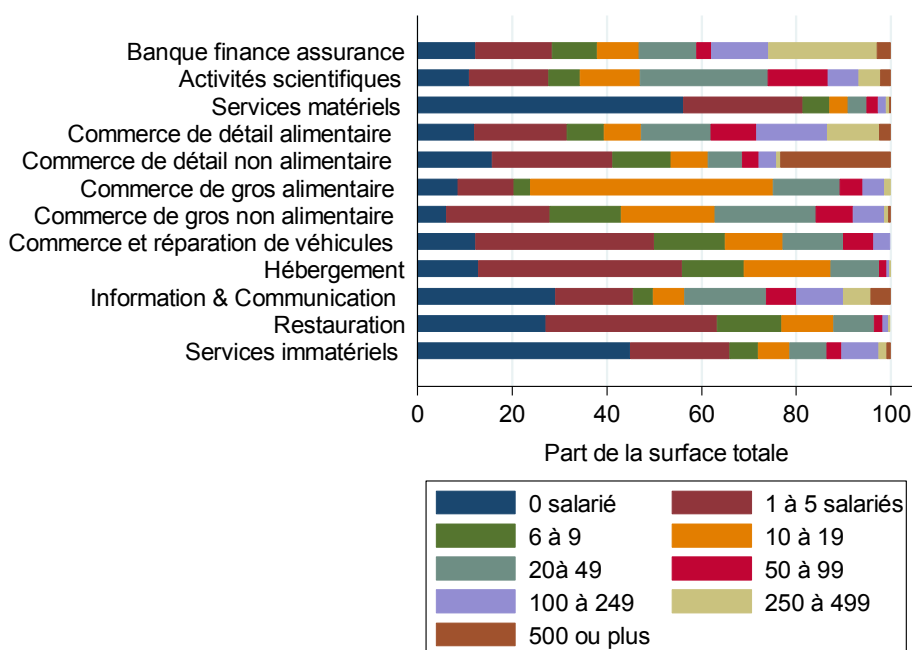


Figure 17 - Répartition des établissements par tranche d'effectif salarié, en part de la surface totale

La Figure 18 détaille la part des établissements propriétaires de leurs bâtiments pour chacune des branches. On constate que pour la quasi-totalité des sous-secteurs, le statut de locataire est plus présent que le statut de propriétaire. Les exceptions sont les activités scientifiques et les établissements d'hébergement. Rappelons que les activités scientifiques ne comprennent pas les activités publiques de recherche telles que les universités, les centres de recherche publics ou les instituts publics. Il s'agit plutôt des activités scientifiques d'établissements appartenant au tertiaire marchand, comme par exemple les centres de recherches des grands groupes pharmaceutiques. Ce type de bâtiments répond en général à un besoin spécifique, et se rapproche des bâtiments industriels. Il n'existe donc pas vraiment de marché immobilier de location adapté à ce type de bâtiments, ce qui pourrait expliquer la moindre importance des locataires. Pour l'hébergement, on peut avancer qu'une partie importante des établissements sont de petits hôtels ou campings familiaux, et sont donc occupés par les propriétaires, qui en général habitent également les lieux. Pour toutes les branches du commerce, les locataires sont surreprésentés avec une proportion d'au minimum 65% de locataires. La restauration est également une activité où le statut de locataire est fortement majoritaire. Ceci est probablement dû au découplage entre la possession des murs et la possession du fonds de commerce. Pour le commerce comme pour la restauration, il existe une distinction majeure entre la possession « des murs » (c'est-à-dire la propriété du bâtiment) et la possession du fonds de commerce. L'exploitant n'a besoin que du fonds de commerce pour mener son activité. La location des murs commerciaux présente l'avantage de ne pas immobiliser une partie du capital dans le bien immobilier, qu'il est préférable d'investir dans le cœur de métier de l'établissement. À l'inverse, l'inconvénient de la location des murs est la possibilité pour le propriétaire de mettre fin à la location à la fin du bail commercial, qui a en général une durée de 9 ans.

Les bâtiments de bureaux, hébergeant des activités telles que l'information et la communication, la banque, la finance et l'assurance, les services matériels et immatériels sont majoritairement occupés par des locataires. Ceci s'explique de deux façons. D'une part, la possession du patrimoine immobilier ne fait plus partie des stratégies d'investissement d'un groupe ou d'une entreprise, qui préfère investir son capital dans son cœur de métier plutôt que dans des actifs immobiliers. Depuis les années 2000, on observe une vague d'externalisation des patrimoines immobiliers (Nappi-Choulet, 2002). Les grands propriétaires immobiliers classiques se sont séparés de leur patrimoine immobilier tertiaire⁷³. De plus, l'investissement en immobilier tertiaire est devenu le fait d'acteurs spécialisés, tels que les grands gestionnaires de bureaux, ceci étant particulièrement vrai pour le « tertiaire supérieur », par exemple à Paris ou en Île-de-France et dans certaines métropoles françaises (Lyon, Bordeaux, Nantes, etc.). D'autre part, et comme le montre la Figure 16, la grande majorité des établissements tertiaires sont des établissements de petite taille en termes d'effectif et probablement en termes de moyens financiers. Étant donné qu'il existe un marché immobilier tertiaire très développé, il n'est pas financièrement intéressant pour les entreprises de posséder leurs murs. Cette prédominance du statut de locataire dans pratiquement toutes les branches

⁷³ « France Télécom a dégagé 3 milliards d'euros grâce aux externalisations en 2001, Thales 400 millions et Suez 353 millions », Source : L'Usine Nouvelle (2011)

du tertiaire est un fait important car il constitue un point de différenciation avec le résidentiel, dans lequel le statut de propriétaire domine (en 2015, 57.7% des ménages sont propriétaires de leur logement⁷⁴). D'autre part, il est important de garder cette caractéristique en tête puisque cela peut constituer un frein à la rénovation si l'on se réfère au dilemme propriétaire-locataire. En effet, les locataires n'ont en général pas d'intérêt à investir dans des travaux d'efficacité énergétique, ou n'en ont pas la possibilité (le code de la construction stipule que ce sont les propriétaires qui sont responsables des travaux d'entretien et de rénovation), tandis que les propriétaires ne sont pas incités à investir dans des travaux d'efficacité énergétique puisqu'ils vont en subir les coûts mais ne bénéficieront pas de la réduction du montant de la facture énergétique.

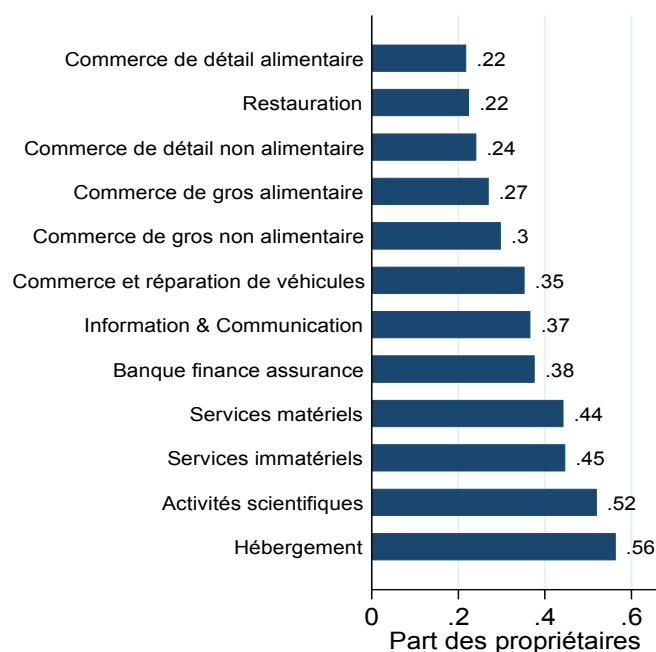


Figure 18 - Part des établissements propriétaires de leurs bâtiments

Il est également intéressant d'étudier la part des établissements dont l'activité se déroule à domicile. Dans ce cas-là, il s'agit toujours d'activités tertiaires, mais plus de bâtiments tertiaires. Leurs consommations d'énergie et leurs émissions de CO2 seront ajoutées aux chiffres du secteur résidentiel, et non à ceux du secteur tertiaire. Dans ce cas, l'analyse diffère puisqu'il s'agit d'étudier les déterminants de la consommation énergétique des bâtiments résidentiels, et de mettre en place des instruments incitatifs de rénovation ciblant les ménages. La Figure 19 montre que les activités se déroulant à domicile sont loin d'être une part négligeable. Pour les activités de services, près de la moitié des activités se déroulent au domicile de l'enquêté. Cela peut être le cas de nombreuses professions libérales, telles que les professions d'avocat, d'architecte, de designer, de graphiste, etc. Les activités d'hébergement

⁷⁴ Source : Insee ; SOeS, estimation annuelle du parc de logements
http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATTEF05250

ont également lieu au domicile des personnes, mais dans ce cas-là on peut supposer que c'est en grande partie le domicile qui est sur le lieu de l'activité (les propriétaires d'un hôtel qui habitent dans ce même hôtel) plutôt que l'activité qui se déroule à domicile. En revanche, lorsque l'établissement reçoit de la clientèle, ce qui est le cas des commerces mais également des banques, la part des activités à domicile est faible.

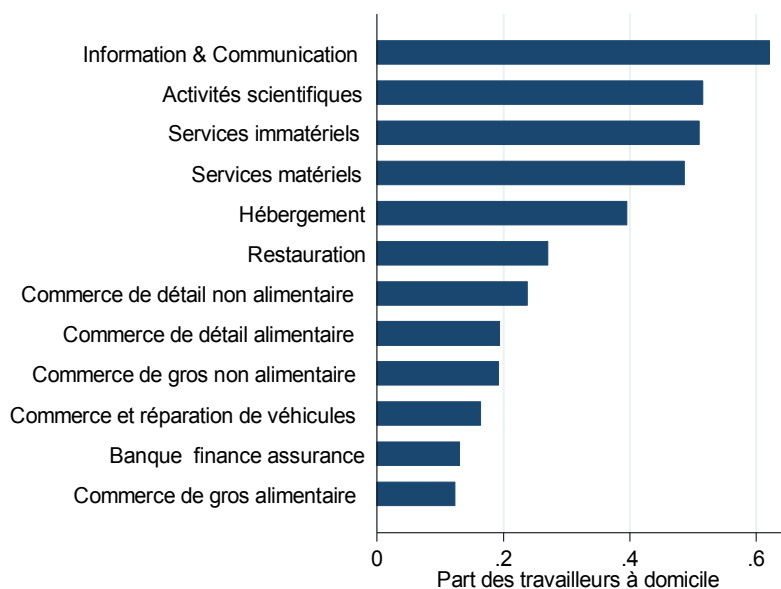


Figure 19 - Part des établissements menant leur activité à domicile

3.2.2 Les bâtiments de grande superficie soumis à l'obligation de rénovation

La Figure 20 décrit sous forme d'histogramme la répartition des bâtiments par superficie. On constate que quelles que soient les branches, les établissements sont en grande majorité des établissements de surface inférieure à 500 m². Seuls les établissements d'hébergement sont répartis de manière plus homogène sur toutes les catégories de superficie. On constate que les bâtiments de surface supérieure à 2000 m² sont très peu nombreux. Or, ce seuil de superficie définit le périmètre d'application du décret imposant l'obligation de rénovation des bâtiments tertiaires de taille supérieure à 2000m² (voir Encadré 2).

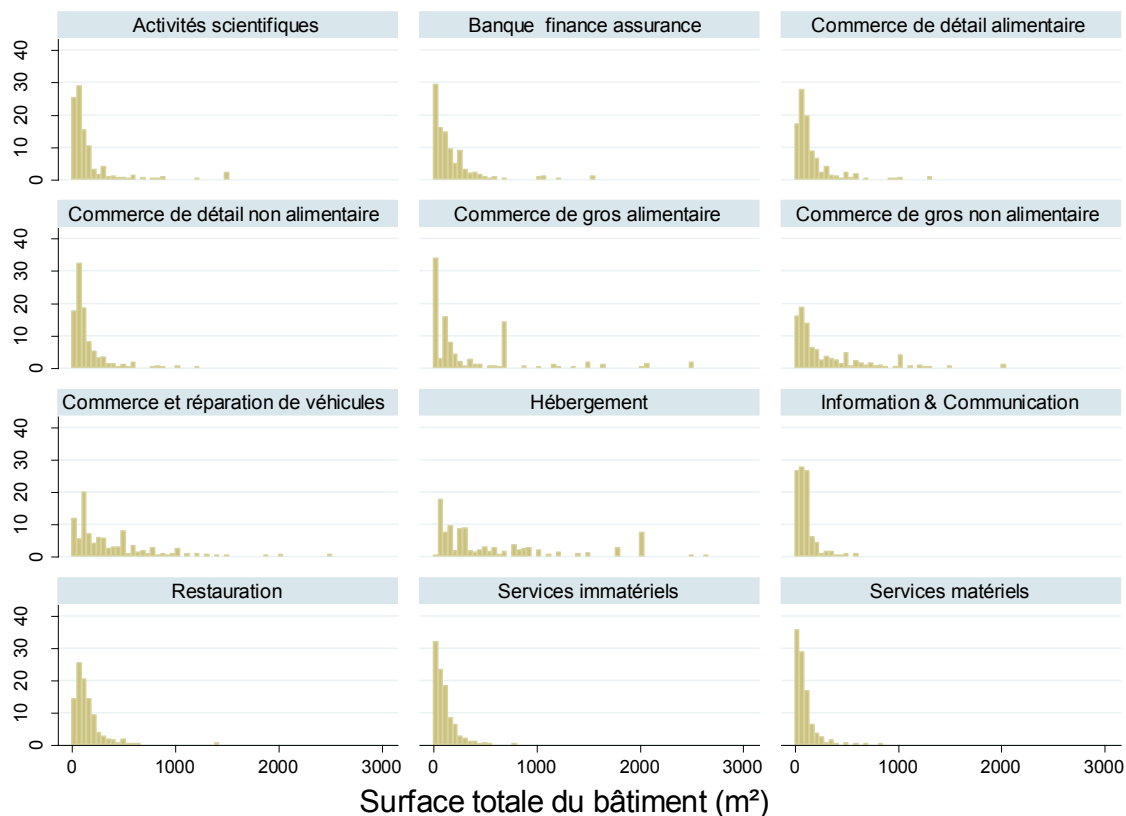


Figure 20 - Histogrammes de la surface totale de l'établissement (m²) par sous-secteur

Encadré 2 : L'obligation de rénovation des bâtiments tertiaires

L'obligation de travaux d'économie d'énergie dans les bâtiments tertiaires date de la loi Grenelle 2 de 2010, mais le décret d'application n'a pas encore été publié. La loi sur la transition énergétique a renforcé cette obligation par le biais de l'article 17, qui prolonge « *par périodes de dix ans à partir de 2020 jusqu'en 2050 avec un niveau de performance à atteindre renforcé chaque décennie, de telle sorte que le parc global concerné vise à réduire ses consommations d'énergie finale d'au moins 60% en 2050 par rapport à 2010, mesurées en valeur absolue de consommation pour l'ensemble du secteur* »⁷⁵. Les bâtiments concernés sont les bureaux, les commerces, les bâtiments d'enseignement d'une surface supérieure à 2000 m², à l'exception des bâtiments historiques. Le projet de texte pour le décret d'application fixe un objectif de réduction de la consommation énergétique de ces bâtiments de 25% d'ici 2020, et une obligation de réaliser un audit énergétique de ces bâtiments. Les propriétaires d'un parc immobilier peuvent réaliser leur réduction de consommation sur l'ensemble de leur parc.

⁷⁵ Source : LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, JORF n°0189 du 18 août 2015 page 14263 texte n° 1, article 17

Caractéristiques des bâtiments à l'intérieur du périmètre du décret tertiaire	En part du nombre d'établissements		En part de la surface		En part de la consommation	
	>2000	Total	>2000	Total	>2000	Total
Répartition	2,7%		48%		41%	
Répartition par âge de construction						
Avant 1975	38%	54%	43%	45%	58%	54%
Entre 1975 et 2000	39%	31%	40%	38%	27%	31%
Après 2000	23%	15%	17%	17%	15%	15%
Répartition par qualité de l'isolation						
Très bonne	6%	11%	5%	8%	5%	6%
Bonne	60%	59%	65%	62%	65%	61%
Mauvaise	26%	23%	23%	23%	26%	26%
Très mauvaise	7%	7%	6%	7%	5%	6%
Répartition par statut d'occupation						
Propriétaire	41%	37%	38%	37%	37%	31%
Locataire	59%	63%	62%	63%	63%	69%
Répartition par branche						
Banque-finance-assurance	11%	6%	10%	9%	11%	9%
Activités scientifiques	4%	3%	3%	3%	7%	4%
Services matériels	5%	16%	4%	7%	5%	9%
Commerces de détail alimentaires	6%	6%	7%	7%	13%	13%
Commerces de détail non alimentaires	15%	16%	21%	19%	28%	19%
Commerces de gros alimentaires	6%	1%	7%	4%	3%	2%
Commerces de gros non alimentaires	13%	5%	11%	10%	6%	6%
Commerce et réparation de véhicules	7%	4%	5%	7%	3%	5%
Hébergement	19%	3%	20%	12%	13%	8%
Information & Communication	3%	5%	3%	3%	4%	3%
Restauration	2%	9%	2%	5%	2%	11%
Services immatériels	9%	26%	7%	14%	5%	11%

Tableau 17 - Comparaison des établissements sous le périmètre du "décret tertiaire" et de l'ensemble du tertiaire marchand

On considère ici que le périmètre des bâtiments soumis au décret tertiaire est constitué des bâtiments dont la surface totale est supérieure à 2000 m². On constate à l'aide du Tableau 17 que cela ne concerne que 3% des établissements, mais que ces établissements représentent environ 40% de la consommation énergétique (et près de 50% de la surface). Le choix de ce critère de taille semble donc assez pertinent car peu d'acteurs sont concernés par l'obligation mais une grande partie de la consommation énergétique est affectée. Le Tableau 17 met en évidence le fait que les bâtiments inclus dans le périmètre du décret ont sensiblement les mêmes caractéristiques que l'ensemble du parc en ce qui concerne la répartition par période de construction ou par qualité d'isolation. En revanche, il y a très légèrement plus de propriétaires occupants dans les bâtiments concernés par le décret que dans l'ensemble du parc marchand, même si les locataires restent toujours majoritaires. En analysant la structure du statut d'occupation pour les bâtiments dont la surface est supérieure à 2000m², on observe

de grandes différences avec la distribution des propriétaires et des locataires dans l'ensemble du parc. En comparant les Figure 18 et Figure 21, on constate que les établissements d'hébergement dont la surface est supérieure à 2000m² sont très majoritairement loués (64%), alors qu'ils présentent la proportion la plus faible de bâtiments loués dans l'ensemble du parc (38%). Le statut de propriétaire est beaucoup plus répandu dans les établissements de « *Services immatériels* » lorsque ceux-ci ont une surface supérieure à 2000m² (73%) que dans l'ensemble du parc (44%). Il en est de même pour les établissements de la branche « *Activités scientifiques* », et « *Commerces de gros alimentaires* ».

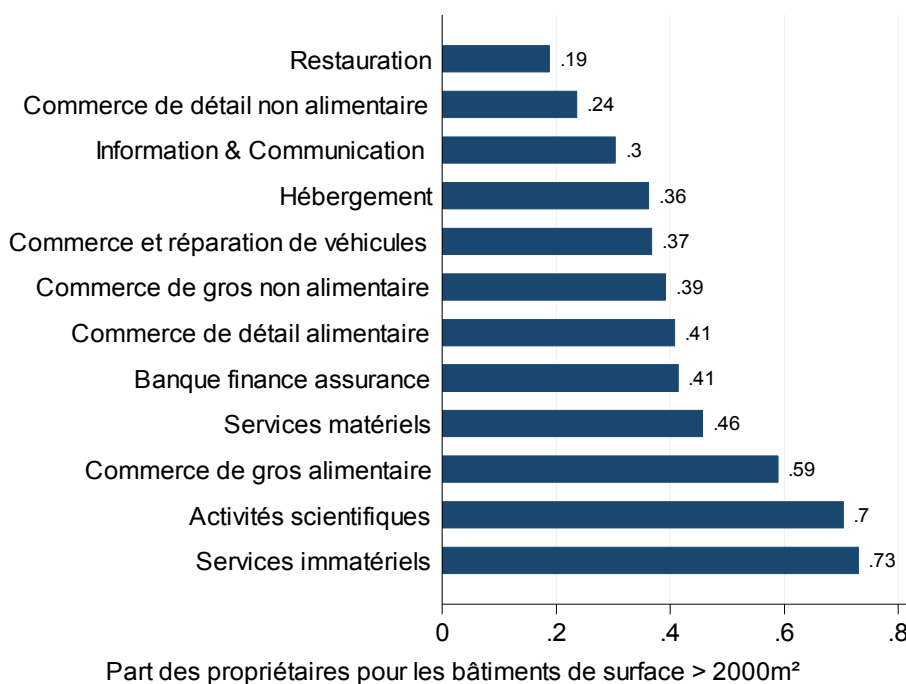


Figure 21 - Part des établissements propriétaires de leur bâtiment, pour les établissements dont la surface du bâtiment est supérieure à 2000 m²

La répartition des bâtiments soumis à l'obligation de travaux par branche du tertiaire diffère de celle de l'ensemble du parc (en nombre d'établissements). 21% des établissements soumis à l'obligation d'efficacité énergétique sont des commerces de détail, ce qui correspond à peu près à la proportion dans l'ensemble du parc. Les commerces de gros représentent également une part importante des établissements concernés par l'obligation, puisque les commerces de gros non alimentaires représentent 13% du périmètre du décret contre seulement 5% du tertiaire marchand, et les commerces de gros alimentaires 6% du périmètre contre 1% du tertiaire. Il en est de même pour les établissements d'hébergement, qui représentent seulement 5% des établissements du tertiaire marchand mais près de 20% des établissements de plus de 2000m². Cependant, l'obligation ne semble pas pour l'instant concerner les établissements de la branche « *Hébergement* », car selon la documentation, il concerne les bureaux, les commerces et les bâtiments d'enseignement. Le décret touche également une grande partie des établissements de la branche « *BFA* », qui ne représentent que 6% des établissements tertiaires marchands, mais 11% des établissements concernés par

l'obligation. En revanche, l'obligation concerne peu les établissements de services, puisque les établissements de la branche « *Services immatériels* » (resp. « *Services matériels* ») représentent 26% (resp.16%) des établissements du tertiaire marchand mais seulement 9% (resp. 5%) des établissements concernés par l'obligation de rénovation.

3.2.3 Analyse des différentes périodes de construction

Il peut également être intéressant d'analyser les établissements à travers le prisme de la période de construction des bâtiments. En effet, grâce au questionnaire de l'ECET, nous savons si le bâtiment a été construit avant 1975, entre 1975 et 2000 ou après 2000. Certes, ces générations couvrent des périodes de temps assez longues, durant lesquelles de nouveaux savoir-faire et de nouvelles technologies ont pu se superposer. Cependant, nous pouvons espérer tirer quelques conclusions enrichissantes sur l'impact de l'âge du bâtiment sur certains paramètres. Tout d'abord, la Figure 22 illustre la répartition des bâtiments par génération de bâtiments. Pour presque toutes les branches, près de la moitié des établissements ont été construits avant 1975, à l'exception des commerces de gros (alimentaires ou non alimentaires), qui ont été majoritairement construits après 1975.

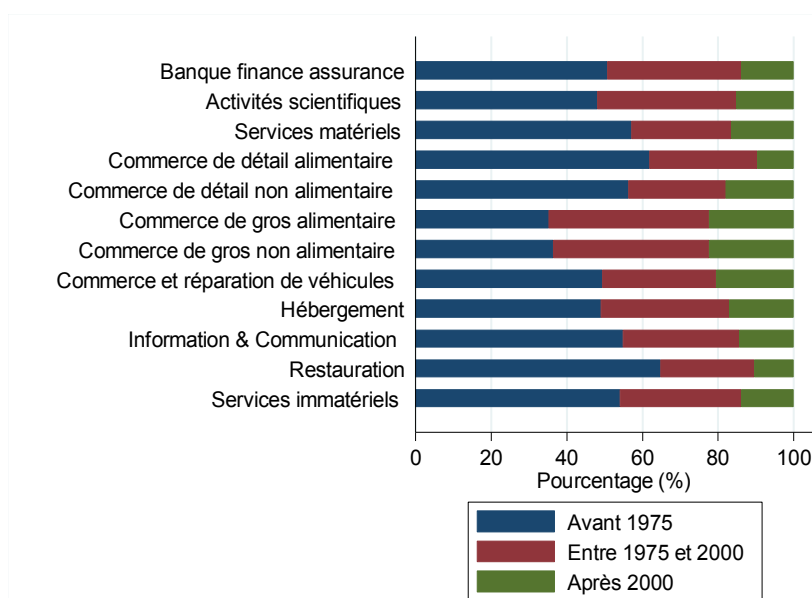


Figure 22 - Répartition des établissements par génération de bâtiments

Dans un premier temps, nous pouvons nous demander si la source d'énergie utilisée pour se chauffer a évolué au cours des générations de bâtiments, et si les tendances varient d'une branche à l'autre. À l'aide de la Figure 23, on constate que dans 10 branches sur 12, les produits pétroliers (fioul et butane-propane) sont de moins en moins utilisés pour se chauffer. Les deux exceptions sont les commerces de détail alimentaires, qui ont connu une progression très importante du nombre d'établissements chauffés aux produits pétroliers entre la 2^{ème} et la

3^{ème} générations de bâtiments. Il en est de même dans une moindre mesure pour les services matériels. Nous n'avons pas d'éléments d'explications quant à ce renouveau des produits pétroliers depuis les années 2000 en tant qu'énergie de chauffage. On constate également, dans une grande majorité des cas, le développement de l'électricité comme énergie de chauffage, aux dépens des énergies fossiles (gaz et produits pétroliers). Le gaz en tant qu'énergie de chauffage ne s'est développé que dans les hébergements et les commerces de détail non alimentaires. Cette branche a également connu un développement non négligeable du bois en tant qu'énergie de chauffage à partir des années 2000.

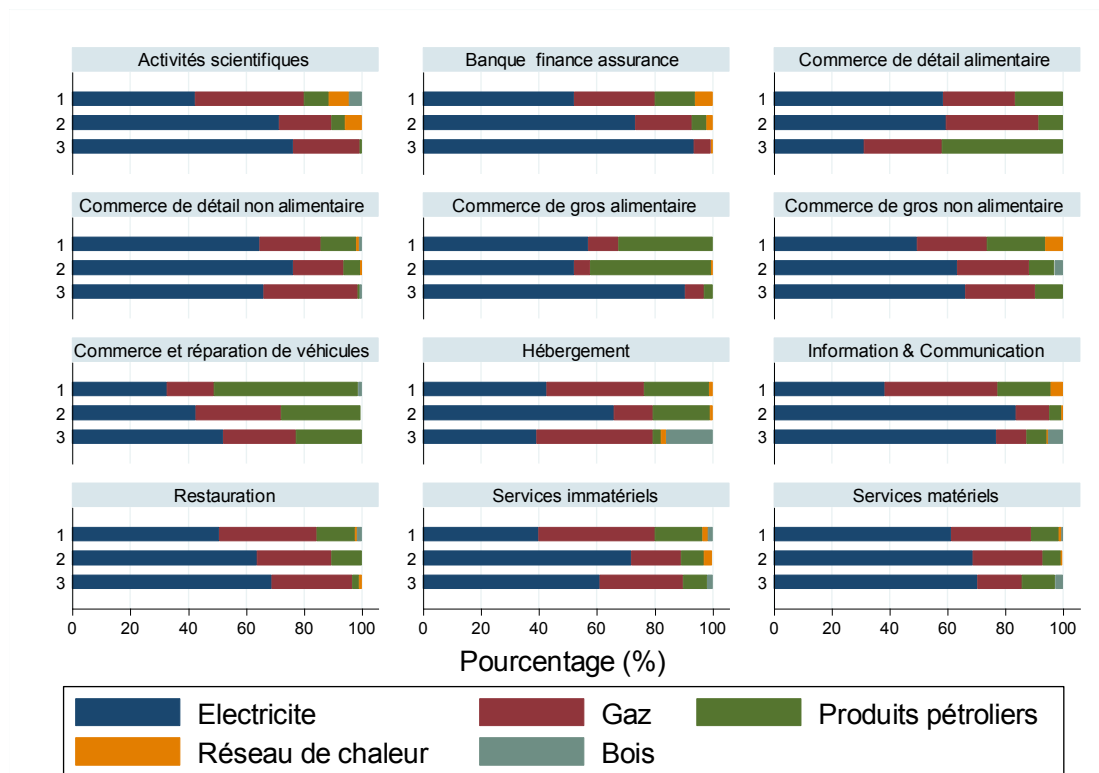


Figure 23 - Répartition des énergies de chauffage par génération de bâtiments et par branche

Note de lecture : la génération « 1 » correspond aux bâtiments construits avant 1975, la génération « 2 » correspond aux bâtiments construits entre 1975 et 2000 et la génération « 3 » correspond aux bâtiments construits après 2000.

Étant donné que l'électricité remplace les combustibles comme source d'énergie de chauffage, on peut supposer que la part du chauffage collectif diminue également, puisque les systèmes de chauffage électriques sont en majorité individuels alors que les systèmes fonctionnant au gaz ou au fioul peuvent être individuels ou collectifs. C'est effectivement la tendance que nous observons sur la Figure 24, puisque dans 8 branches sur 12, la part des systèmes de chauffage collectifs est moins importante pour la troisième génération de bâtiments. La part des systèmes collectifs augmente dans la troisième génération pour les établissements de la restauration et pour les commerces de gros alimentaires. Encore une fois, nous n'apportons que des éléments de description et non des éléments d'analyse.

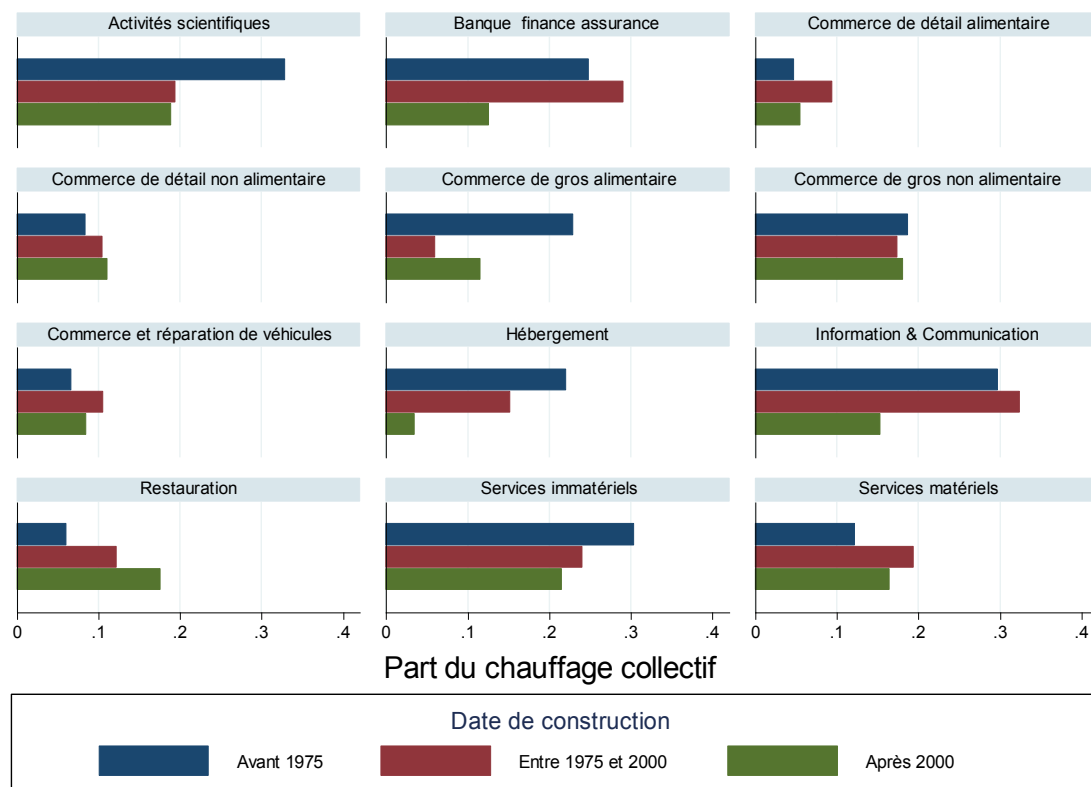


Figure 24 - Part du chauffage collectif par génération de bâtiments et par branche

Sans ambiguïté, on constate sur la Figure 25 que la climatisation s'est développée dans toutes les branches, et en particulier dans les établissements d'hébergement.

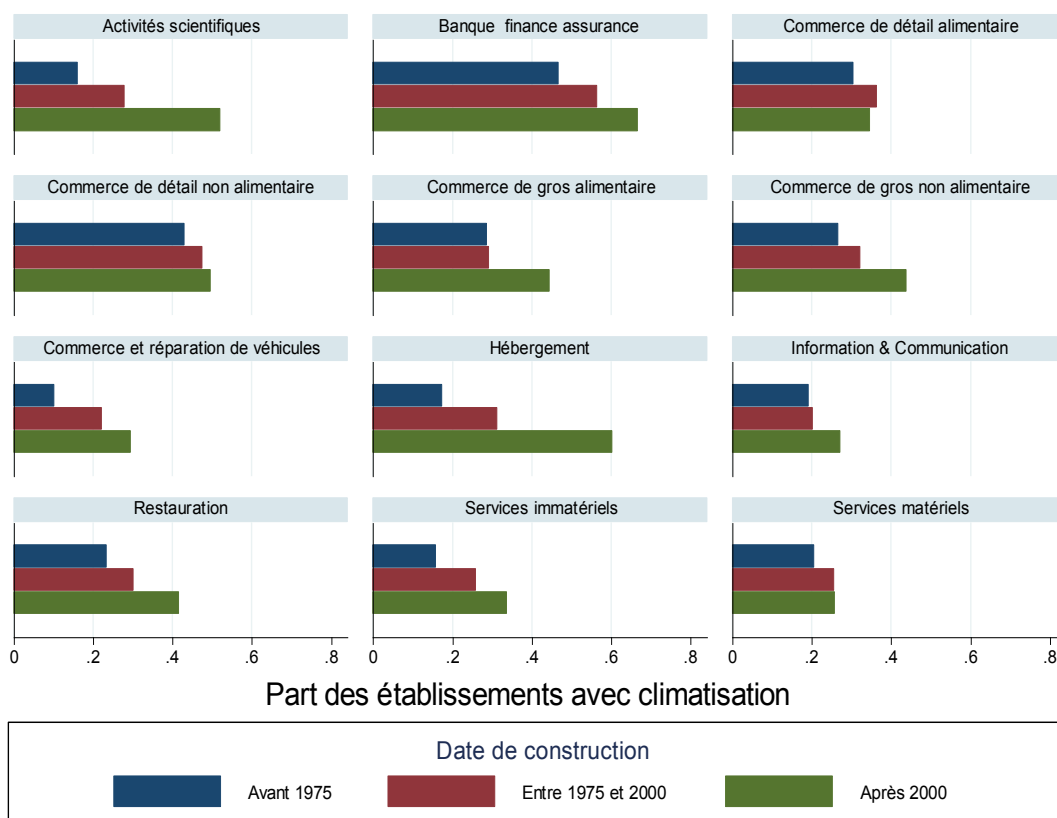


Figure 25 - Part des établissements disposant de la climatisation par génération de bâtiments et par sous-secteur

L'évolution de la consommation unitaire (kWh/m²) n'est pas la même selon les branches. Pour les branches « *Activités scientifiques* », « *Banque Finance Assurance* », « *Commerces de détail alimentaires* », « *Commerces de détail non alimentaires* », « *Commerces de gros alimentaires* », « *Commerce de gros non alimentaires* », « *Commerce et réparation de véhicules* » et « *Information & Communication* », la consommation unitaire est plus élevée pour les bâtiments de 2^{ème} génération que pour les bâtiments de 1^{ère} génération. Nous pouvons apporter deux explications à cela. D'une part, les bâtiments de deuxième génération peuvent offrir plus de services énergétiques que ceux de première génération (climatisation, plus d'ascenseurs, etc.). D'autre part, les bâtiments de première génération, plus vieux, pourraient avoir fait l'objet d'une rénovation, ce qui aurait permis d'améliorer leur efficacité énergétique. Malheureusement, la base de données ne permet pas de savoir si le bâtiment a déjà été rénové. Pour ces mêmes branches, les bâtiments de 3^{ème} génération consomment moins que les bâtiments de 2^{ème} génération, et même que ceux de 1^{ère} génération. Cela pourrait traduire une amélioration des pratiques de construction (meilleure isolation) et des équipements énergétiques plus performants (chaudière, radiateurs, etc.), ce qui validerait l'efficacité des réglementations thermiques, mais seulement à partir des années 2000. Pour les branches « *Hébergement* », « *Services matériels* » et « *Services immatériels* », la consommation unitaire diminue avec les générations de bâtiments. Les seules branches pour lesquelles la consommation unitaire est plus élevée pour la troisième génération sont les

branches « *Restauration* » et « *Commerce et réparation de véhicules* ». Là encore, nous n'avons pas d'éléments d'explication, car la hausse de la consommation unitaire peut être due à une augmentation des usages de l'énergie (climatisation, bureautique, outils, etc.), ou à une moins bonne qualité de construction des nouvelles générations.

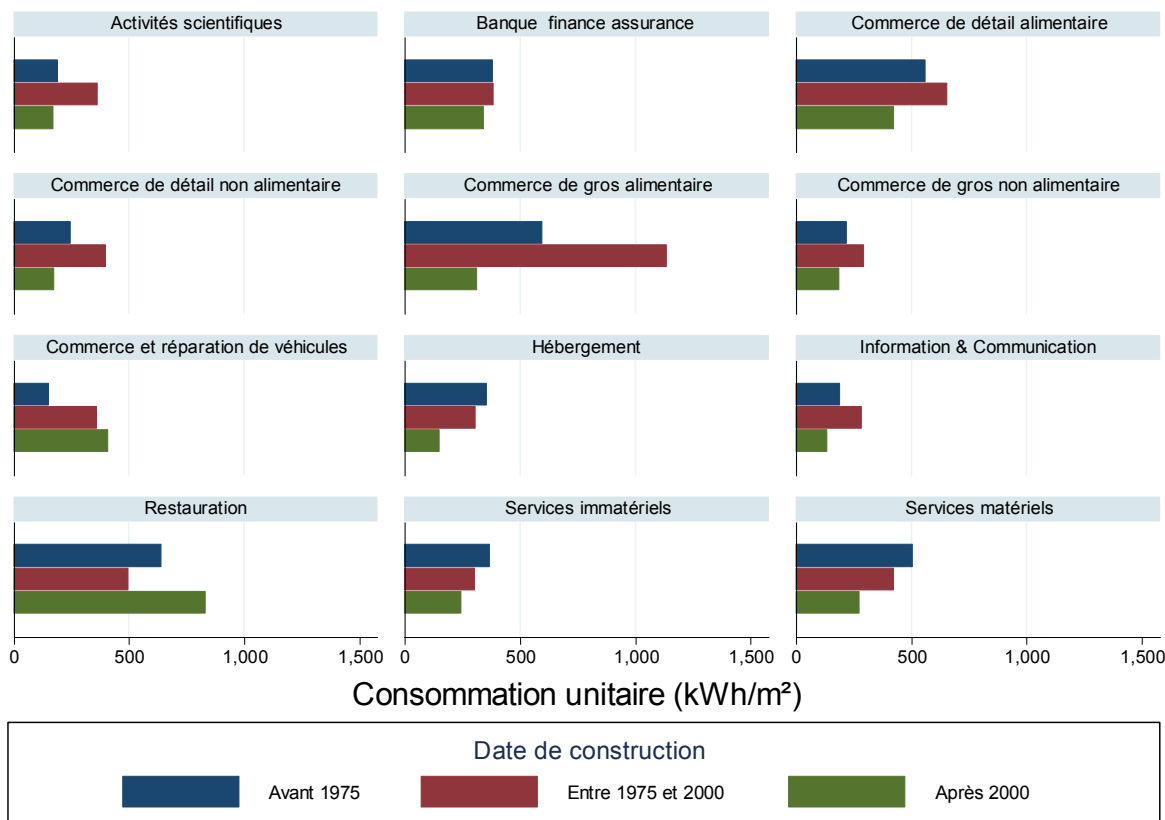


Figure 26 - Consommation unitaire moyenne (kWh/m²) par période de construction et par sous-secteur

La Figure 27 montre que la consommation unitaire moyenne par sous-secteur et par période de construction présente des valeurs spécifiques aux bâtiments dont la surface est supérieure à 2000 m². À l'exception des établissements de la branche « *Activités scientifiques* », la consommation unitaire est systématiquement plus faible dans les bâtiments de surface supérieure à 2000 m² que dans l'ensemble du parc. Comme certains auteurs de notre corpus de référence l'ont mis en évidence économétriquement (Rehdanz (2007), Risch et Salmon (2013), Wyatt (2013), Kahn, Kok, et Quigley (2014)), il semble y avoir un effet de rendement d'échelle dans la consommation énergétique par m² : plus la surface du bâtiment est grande, plus la consommation unitaire est faible. D'autre part, les sous-secteurs présentant une consommation unitaire plus élevée dans les bâtiments de troisième génération (construits après 2000) que dans les bâtiments de deuxième génération (construits entre 1975 et 2000) sont plus nombreux : « *Activités scientifiques* », « *Commerces de détail non alimentaires* », « *Commerces de gros alimentaires* », « *Hébergement* », « *Information & Communication* », « *Restauration* », « *Services immatériels* » et « *Services matériels* », soient 8 sous-secteurs sur 12, alors que ce chiffre s'élève à 2 sur l'ensemble du tertiaire marchand.

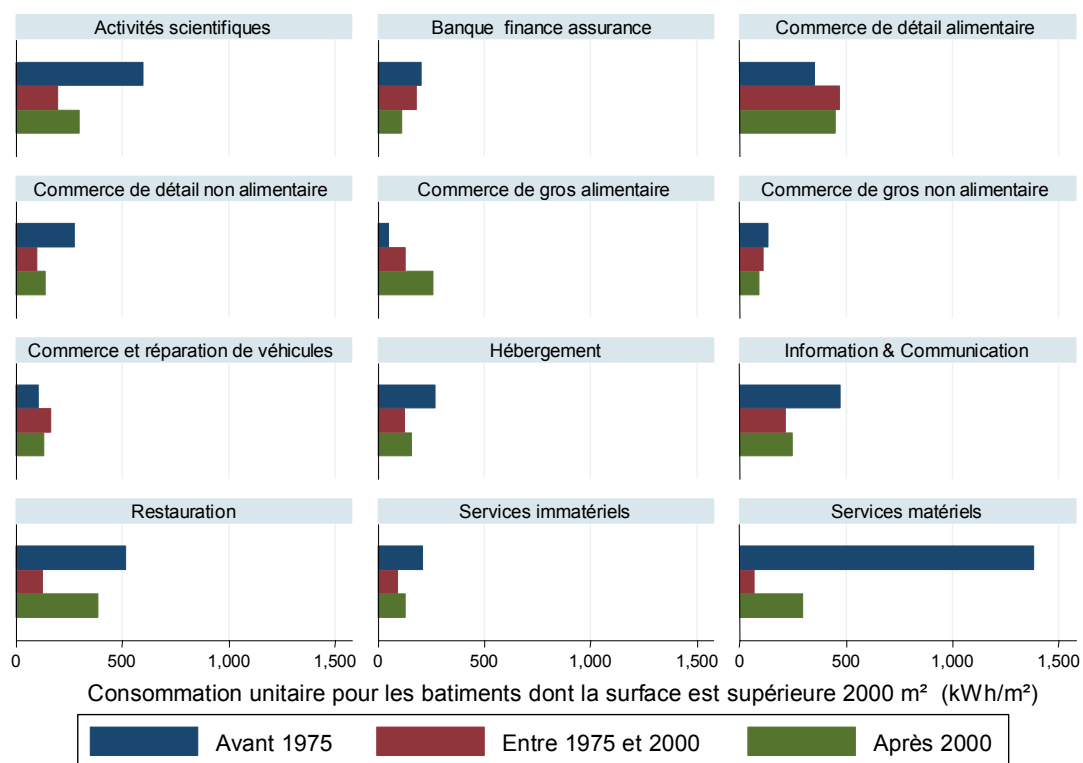


Figure 27 - Consommation unitaire moyenne par période de construction et par sous-secteur, pour les bâtiments dont la surface totale est supérieure à 2000 m²

Deux figures peuvent nous donner des pistes d'analyse. D'une part, la Figure 30 représente l'évolution de la consommation unitaire d'électricité. Si celle-ci augmente, cela peut traduire i) la substitution des sources d'énergie de chauffage en faveur de l'électricité, comme nous l'a montré la Figure 23, ii) une évolution dans les pratiques de construction (une moins bonne isolation qui impliquerait une plus grande quantité d'électricité utilisée pour atteindre un niveau de confort thermique) ou iii) une augmentation des usages électriques (climatisation, électroménager, bureautique, etc.). D'après Kahn, Kok, et Quigley (2014), qui étudient les déterminants de la consommation énergétique des bâtiments tertiaires aux États-Unis, la qualité d'un bâtiment et la quantité d'électricité consommée sont des biens complémentaires, ce qui expliquerait que les bâtiments récents consomment plus d'électricité. Le rapport Enerdata (2012), dont sont issues les Figure 28 et Figure 29, met en évidence le développement rapide et intense de l'électricité dans les bâtiments, et particulièrement les bâtiments tertiaires, en Europe. La consommation d'électricité des bâtiments tertiaires a doublé durant les 20 dernières années (1990-2010). La Figure 29 présente l'évolution de la consommation énergétique par employé dans le tertiaire européen. On constate que si la consommation d'énergie totale par employé diminue d'environ 3% sur 12 ans, la consommation d'électricité par employé a augmenté d'environ 15% entre 1997 et 2009, ce qui traduit le développement de nouveaux usages électriques (climatisation, informatique,

etc.). Les gains d'efficacité énergétique sont donc contrebalancés par le développement d'usages électriques.

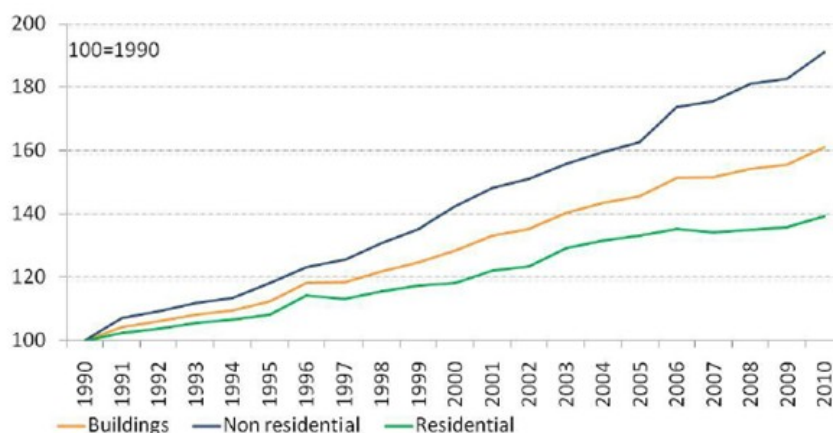


Figure 28 - Consommation d'électricité des bâtiments en Europe
Source : Enerdata (2012)

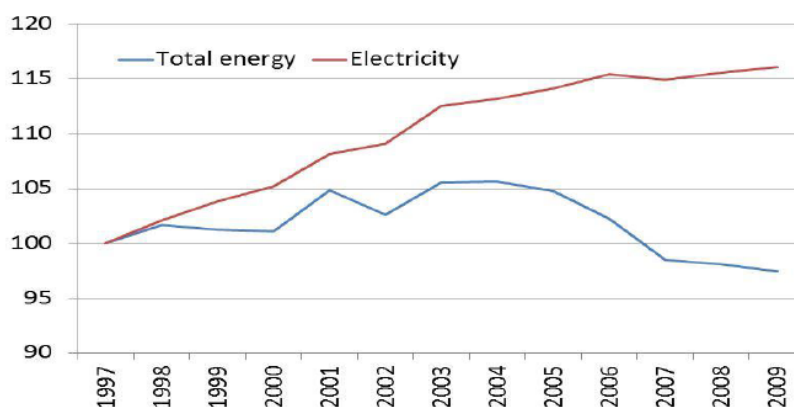


Figure 29 - Évolution de la consommation d'énergie par employé en Europe
Source : Enerdata (2012)

En utilisant la Figure 30, on constate que les bâtiments de 3^{ème} génération consomment moins d'électricité que les bâtiments plus anciens pour les branches « *Activités scientifiques* », « *BFA* », toutes les branches du commerce à l'exception du commerce de véhicules, pour l'hébergement, et les services (matériels et immatériels), et ce malgré l'augmentation générale de la part d'électricité comme énergie de chauffage constatée à la Figure 23. En revanche, dans la quasi-totalité des branches, les bâtiments de 2^{ème} génération consomment plus d'électricité que les bâtiments de 1^{ère} génération. Ainsi, il semblerait que les bâtiments construits dans les années 2000 soient moins énergivores que les bâtiments plus anciens, ce qui plaiderait en faveur de l'efficacité de la réglementation thermique.

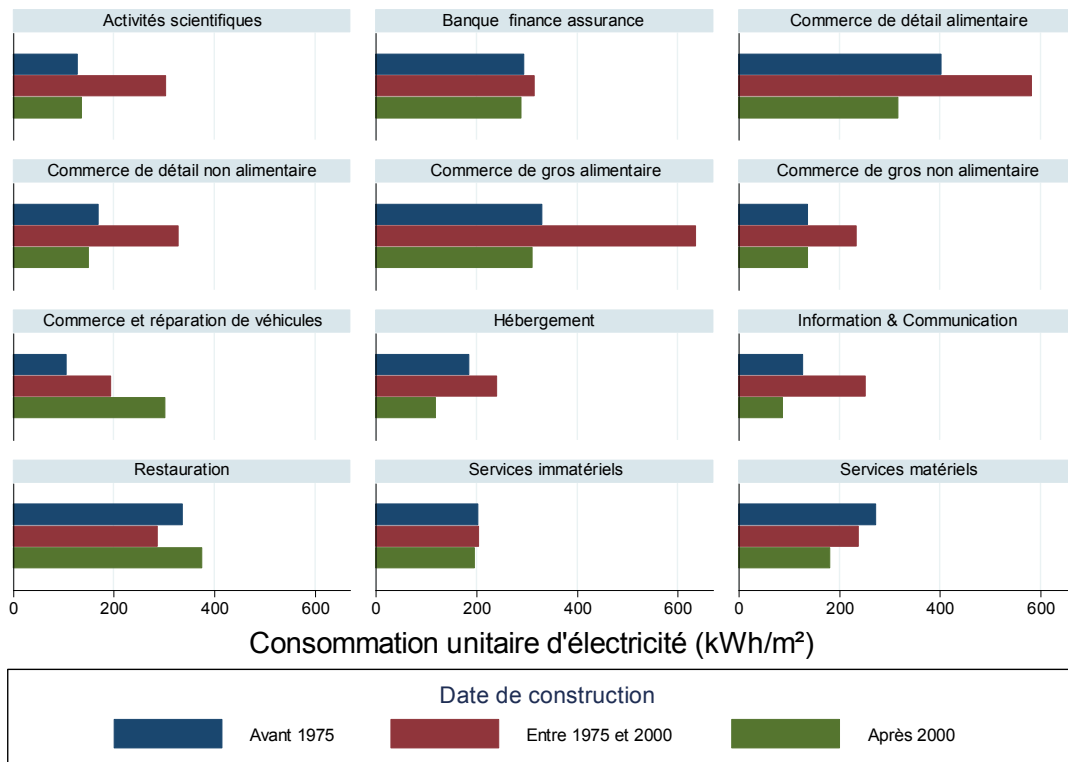


Figure 30 - Consommation unitaire d'électricité moyenne (kWh/m²) par génération de bâtiments et par branche
Données : ECET

En revanche, la Figure 31 montre une consommation unitaire d'électricité plus élevée dans les bâtiments de 3^{ème} génération que dans les bâtiments de 2^{ème} génération pour 8 sous-secteurs sur 12 lorsque l'on restreint l'analyse aux bâtiments dont la surface est supérieure à 2000 m². La thèse de Kahn, Kok, et Quigley (2014) pourrait être vérifiée pour ces grands bâtiments. D'autre part, la consommation unitaire d'électricité est plus élevée lorsque l'on considère l'intégralité du secteur tertiaire que lorsque l'on se limite aux bâtiments dont la surface est supérieure à 2000 m², toutes branches et toutes générations confondues. On retrouve l'idée d'un rendement d'échelle de la consommation d'électricité.

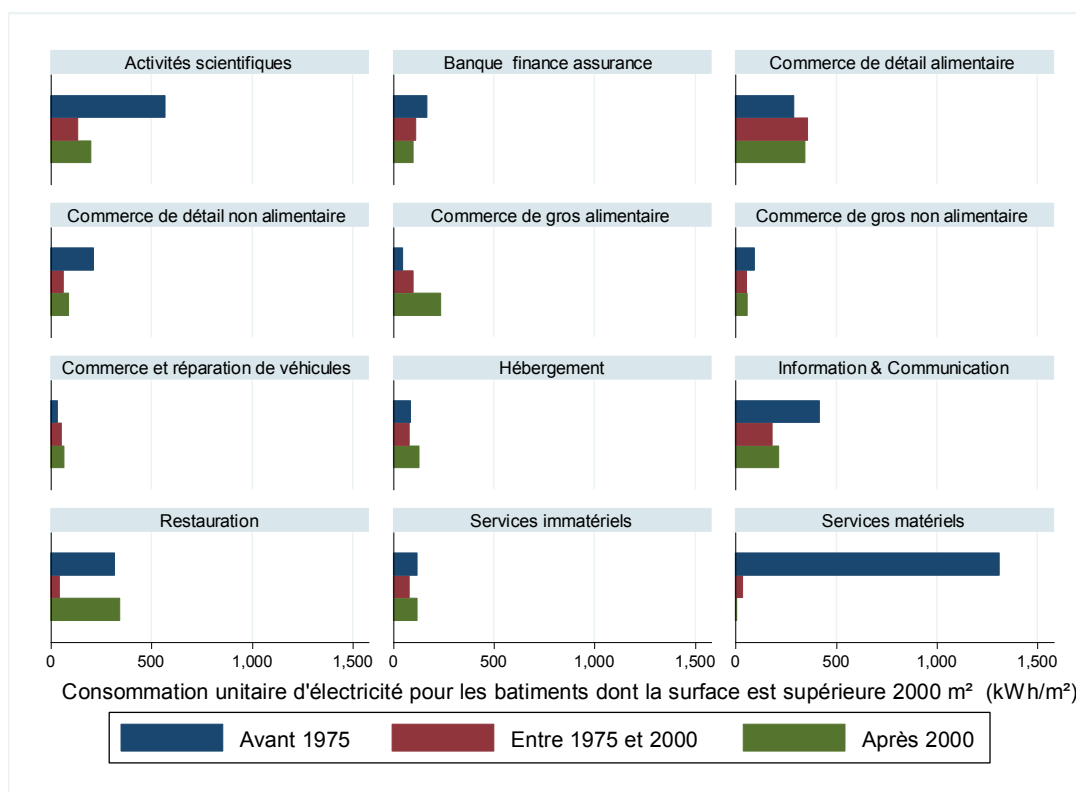


Figure 31 - Consommation unitaire moyenne d'électricité par période de construction et par sous-secteur, pour les bâtiments dont la surface totale est supérieure à 2000 m²

La Figure 32 représente le jugement de l'enquêté sur la qualité de l'isolation du bâtiment dans lequel il travaille. Certes, cette variable ne représente pas la qualité de l'isolation thermique réelle, mais offre une indication quant à l'évolution de ce confort perçu entre les générations de bâtiments. Pour toutes les branches sauf une, la perception de la qualité de l'isolation s'améliore avec les générations de bâtiments. La seule exception notable est la branche « Hébergement », pour laquelle la perception de l'isolation se détériore dans les bâtiments de 3^{ème} génération. Il faut cependant rester prudent quant à l'interprétation de cette information, car l'évaluation de la qualité de l'isolation est une démarche très subjective, et ne traduit pas nécessairement la qualité réelle de l'isolation.

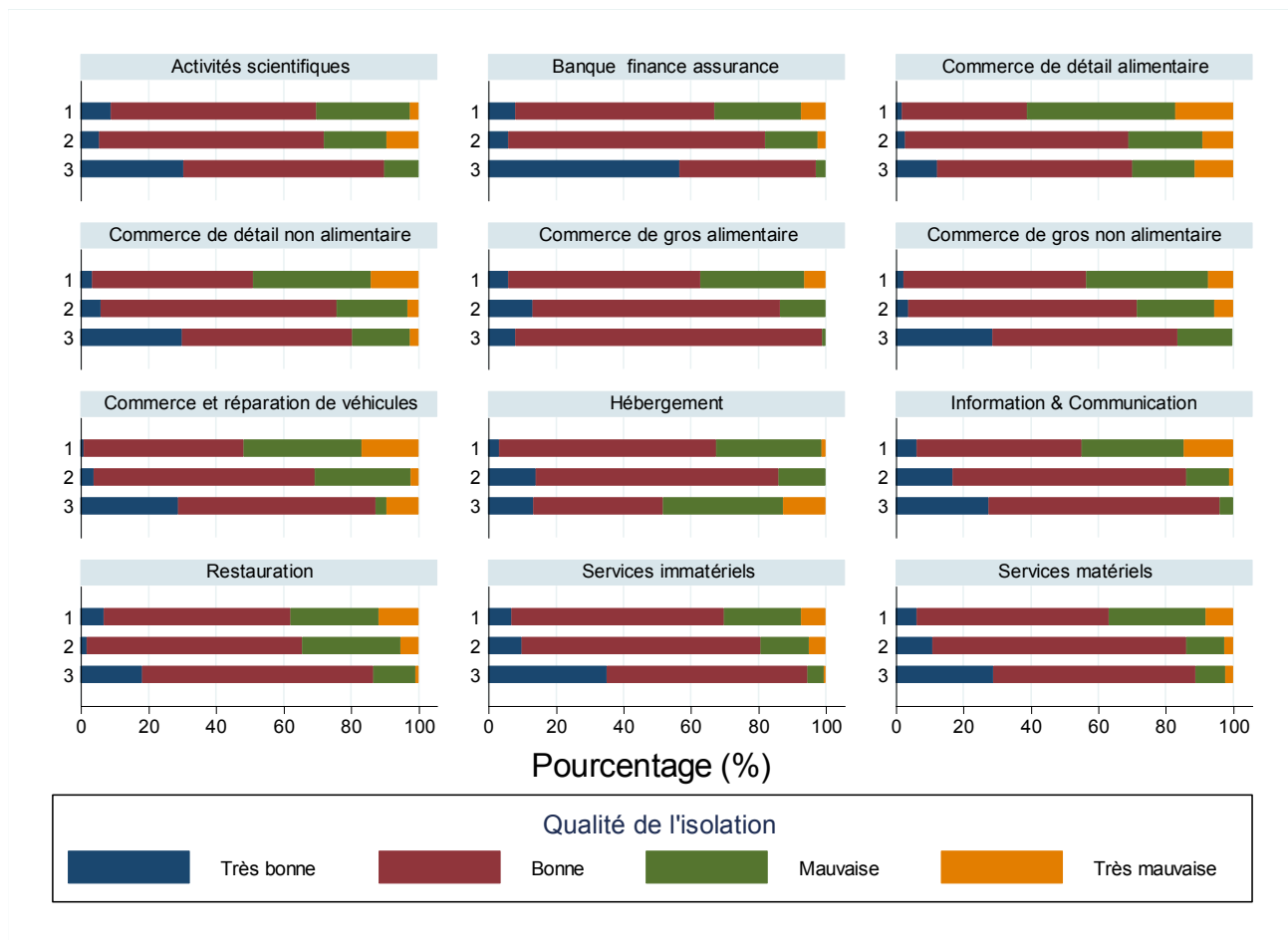


Figure 32 - Perception de la qualité de l'isolation par génération de bâtiment et par sous-secteur
Données : ECET

4. Conclusion

La base de données de l'ECET constitue la première source d'informations qualitatives et quantitatives sur les établissements français du secteur tertiaire marchand respectant les contraintes de transparence nécessaires au travail académique. Le Chapitre 3 explore cette base de données pour fournir une première description statistique du secteur tertiaire marchand. Afin de s'assurer de la pertinence des données fournies, nous avons comparé certaines grandeurs estimées sur notre échantillon (consommation totale du secteur, surface totale, nombre de salariés du secteur, etc.) avec des sources auxiliaires de données (ministère de l'environnement, CEREN et ADEME, CITEPA). Après nous être assurée de la cohérence entre les différentes sources d'information, nous avons élaboré une nomenclature adaptée à la question de la consommation énergétique des établissements tertiaires. En effet, la nomenclature sur laquelle s'appuie l'enquête, à savoir la NAF, rassemble dans une même catégorie des établissements que nous préférons voir séparés. C'est par exemple le cas des

commerces alimentaires et non alimentaires. La nomenclature que nous proposons distingue 12 sous-secteurs.

À partir de cette nomenclature, nous proposons une première description statistique des différents sous-secteurs du tertiaire marchand. Cette description révèle par exemple que les établissements les plus répandus en surface sont ceux du sous-secteur « *Commerces de détail non alimentaires* », que le sous-secteur qui consomme le plus d'énergie est la branche « *Commerces de détail alimentaires* », que le statut locatif est majoritaire dans toutes les branches à l'exception de la branche « *Hébergement* » et de la branche « *Activités scientifiques* », ou encore qu'un nombre très élevé d'établissements des branches « *Activités scientifiques* », « *Information & Communication* », « *Services matériels* » et « *Services immatériels* » réalisent leur activité à leur domicile.

Nous proposons ensuite d'affiner la description statistique d'un sous-ensemble particulier du tertiaire marchand, constitué des établissements dont la surface est supérieure à 2000 m². Ces bâtiments sont ceux soumis à l'obligation de rénovation, instrument de politique publique créé en 2010 à l'occasion de la loi Grenelle 2, renforcé en 2015 à l'occasion de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, mais dont le décret d'application n'a pas encore été publié. L'obligation de rénovation impose aux établissements concernés une rénovation de leur bâtiment ou de leur parc de bâtiments, dans le but d'atteindre une réduction de la consommation de 60% en 2050 par rapport à 2010. Nous montrons que le périmètre d'application de cet instrument semble pertinent, puisse que nous estimons qu'il ne concerne que 3% des établissements mais environ 40% des consommations d'énergie (et 50% des surfaces). Il ne concerne donc qu'un nombre limité d'acteurs mais affecte une grande part de la consommation énergétique. Nous comparons ensuite les caractéristiques de ce segment particulier avec celles du tertiaire marchand dans son ensemble. Il apparaît que les répartitions par période de construction et par qualité de l'isolation sont très similaires. En revanche, le statut de propriétaire occupant semble plus présent dans le segment concerné par l'obligation de rénovation pour les « *Services immatériels* » et les « *Activités scientifiques* » que dans l'ensemble du parc. Enfin, le poids de chaque sous-secteur n'est pas le même dans le segment étudié et dans le parc total. Les « *Commerces de gros* » et les établissements du secteur « *Banque Finance Assurance* » ont une part plus importante dans le segment que dans le parc total, tandis que les établissements de « *Services matériels* » et « *Services immatériels* » sont moins présents dans le segment que dans le parc total.

Enfin, nous proposons une analyse des différentes périodes de construction. Les trois périodes de construction considérées par l'ECET sont « *Avant 1975* », « *Entre 1975 et 2000* » et « *Après 2000* ». Nous estimons que la moitié des établissements ont été construits avant 1975. Nous montrons également que la part des systèmes de chauffage fonctionnant au fioul est plus faible dans les constructions récentes, tandis que ceux fonctionnant à l'électricité se développent au détriment de ceux fonctionnant au gaz, à l'exception des établissements d'« *Hébergement* » et de « *Commerces de détail alimentaires* », où les systèmes de chauffage fonctionnant au gaz se sont développés. Sans ambiguïté, nous montrons que la part des établissements équipés de système de climatisation augmente dans les périodes de construction les plus récentes, et particulièrement dans la branche « *Hébergement* ». En appliquant les analyses selon la période de construction sur le segment du parc concerné par l'obligation de rénovation, nous montrons que pour la majorité des sous-secteurs, la

consommation unitaire moyenne et la consommation unitaire d'électricité moyenne sont plus élevées dans les bâtiments de troisième génération (i.e. construits après 2000) que dans les bâtiments de seconde génération (i.e. construits entre 1975 et 2000). Cela pourrait être révélateur d'un phénomène mis en avant Kahn, Kok, et Quigley (2014), qui déclarent que la qualité d'un bâtiment et sa consommation d'électricité sont des biens complémentaires, ce qui expliquerait que la consommation unitaire d'électricité soit plus élevée dans les bâtiments récents, qui offrent plus de services fondés sur la consommation d'électricité (ascenseur, climatisation, etc.).

Dans ce chapitre, nous présentons donc des statistiques simples (moyennes, totaux, proportions) qui permettent de décrire le secteur tertiaire marchand et de fournir de l'information quantitative là où il n'y en avait guère. L'étape suivante est d'étudier les liens entre les caractéristiques des établissements et le volume d'énergie qu'ils consomment, à l'aide de régression économétrique. C'est l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE 4

LES DÉTERMINANTS DE LA DEMANDE D'ÉNERGIE DES ÉTABLISSEMENTS DU SECTEUR TERTIAIRE MARCHAND : QUELLES MÉTHODES POUR QUELS RÉSULTATS ?

1. Introduction

Le Chapitre 1 a mis en évidence l'existence d'une divergence des pratiques d'analyse économétrique de la consommation d'énergie. Parmi les 28 études retenues dans la revue de littérature, 16 estiment la demande d'énergie conditionnellement aux équipements tandis que 10 études adoptent la démarche en deux temps d'estimation du choix discret-continu. À notre connaissance, une seule étude a appliqué les deux méthodes pour les comparer (Newell et Pizer, 2008). L'objectif de nos régressions est donc d'utiliser les deux méthodes et de comparer les résultats obtenus.

En ce qui concerne l'exploitation économétrique des données d'enquête, le Chapitre 2 a mis en évidence l'existence d'une opposition des pratiques qui est fondée sur une différence d'approche théorique (approche *model-based* versus approche *design-based*). Pour les avocats de l'approche *model-based*, l'estimation du modèle économétrique ne doit pas tenir compte du fait que les données utilisées proviennent d'une enquête à plan de sondage complexe. Il ne faut pas introduire la pondération ni les éléments du plan de sondage dans le calcul des estimateurs et de leur précision. Pour les défenseurs de l'approche *design-based*, il est au contraire indispensable de pondérer le modèle économétrique et de tenir compte du plan de sondage dans le calcul des erreurs types et des degrés de liberté, et donc *in fine* dans le calcul des *p-values*.

Ces différentes approches reposent sur des différences de démarche méthodologique. Chaque approche pourrait être justifiée et utilisée pour étudier les déterminants de la consommation d'énergie. Pourtant, les articles étudiés n'utilisent en général qu'une seule méthode, alors que le recours à l'une des méthodes alternatives pourrait également être légitime. Quels auraient été les résultats de ces études si les auteurs avaient utilisé une approche *DCC* au lieu d'une approche conditionnelle ? Et inversement ? Les résultats changent-ils si l'on passe d'une approche *model-based* à une approche *design-based* ?

L'objectif de cette partie est d'étudier les déterminants de la consommation d'énergie selon les trois approches identifiées dans la littérature. Notre démarche est double. D'une part, nous cherchons à savoir si les variables à notre disposition ont un impact significatif sur la demande d'énergie, et donc à produire de la connaissance sur la problématique de la consommation énergétique des bâtiments tertiaires. D'autre part, nous questionnons la

robustesse des estimations obtenues en utilisant les différentes méthodes précédemment définies. La question à laquelle nous tentons d'apporter des éléments de réponse dépasse le cadre de l'analyse de la consommation énergétique des bâtiments et s'étend à toute démarche économétrique sur données d'enquête à plan de sondage complexe, avec une potentielle corrélation entre un choix discret et un choix continu.

Dans un premier temps, nous explicitons les différentes configurations utilisées pour estimer les modèles, à savoir les différentes approches adoptées pour estimer les modèles économétriques (2.1), les variables explicatives retenues (2.2) ainsi que les différents périmètres sur lesquels les modèles ont été estimés (2.3). Dans un second temps, après avoir présenté notre démarche de comparaison des approches économétriques (3.1), nous détaillons les résultats obtenus (3.2 à 3.9).

2. Les différentes configurations

2.1 Les différentes approches étudiées

2.1.1 Approche *Conditionnelle* versus approche *DCC*

Deux méthodes sont couramment utilisées pour étudier les déterminants de la consommation énergétique des ménages ou des établissements tertiaires : la modélisation de la demande conditionnelle (*Conditional Demand* en anglais), désignée par le terme *Conditionnelle* par la suite, et la modélisation en deux étapes d'un choix discret-continu (*Discrete Continuous Choice* en anglais), désignée par le terme *DCC* par la suite. En général, les études recensées n'adoptent qu'une seule des deux approches, justifiant leurs choix de diverses façons (voir Tableau 1). La démarche adoptée ici consiste au contraire à adopter les deux approches et à confronter les résultats obtenus par l'une et l'autre.

Notre objectif est d'étudier les déterminants de la demande d'énergie e présente dans le mix énergétique f $Q_{e,f}$. Soit $x_{e,f}$ l'ensemble des variables incluses dans le modèle à estimer. $x_{e,f}$ est une matrice de taille $n*(k+1)$, où n est le nombre d'observations utilisées pour estimer le modèle économétrique, et k est le nombre de variables explicatives. L'approche *Conditionnelle* consiste à estimer le modèle⁷⁶ :

$$\log(Q_{e,f}) = x_{e,f}\beta_{e,f} + \varepsilon_{e,f}$$

$$\text{Où } E(\varepsilon_{e,f}|x) = 0 \text{ et } \text{Var}(\varepsilon_{e,f}|x, z) = \sigma^2$$

⁷⁶ Les notations utilisées sont proches de celles utilisées par Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) et de celles utilisées par Bourguignon, Fournier, et Gurgand (2007).

Il s'agit d'un modèle linéaire multiple classique que l'on peut estimer par les MCOs. L'approche *DCC* est plus complexe. On cherche toujours à estimer l'équation :

$$\log(Q_{e,f}) = x_{e,f}\beta_{e,f} + \varepsilon_{e,f} \quad (56)$$

mais on prend en compte le fait que $Q_{e,f}$ n'est observé que si le mix énergétique⁷⁷ f contient l'énergie e . Le modèle sous-jacent à l'approche *DCC* suppose que la sélection du mix énergétique résulte de la maximisation d'une variable latente $Q_{e,f}^*$. $Q_{e,f}$ n'est observé que si $Q_{e,f}^* > \max_{j \neq f}(Q_{e,j}^*)$.

Selon l'approche *DCC*, le choix du mix énergétique f (le choix discret), et le choix de la quantité d'énergie consommée $Q_{e,f}$ (le choix continu), sont liés. Si l'on estime l'équation (56) à l'aide des MCOs, les coefficients estimés peuvent être biaisés (voir détail dans le Chapitre 1). L'objectif de l'économètre utilisant la méthode *DCC* est de corriger ce biais. Pour cela, il est nécessaire de supposer que la variable latente dépend elle-même d'un ensemble de déterminants z :

$$Q_{e,j}^* = z_j\gamma_j + \eta_j, \quad j = 1, \dots, F \quad (57)$$

En supposant que les η_j sont distribués selon une loi de Gumbel, on peut donc estimer la probabilité de choisir le mix énergétique contenant la source d'énergie f , θ_f , à l'aide d'un modèle Logit multinomial :

$$\theta_f = \frac{\exp(z_f\gamma_f)}{\sum_j \exp(z_j\gamma_j)}$$

où $\theta_f = P(Q_f^* > \max_{j \neq f}(Q_j^*)) = P(z_f\gamma_f + \eta_f > z_j\gamma_j + \eta_j, \forall j \neq f)$

Pour l'économètre, le fait que le choix discret et le choix continu sont liés se traduit par le fait que les termes d'erreurs $\varepsilon_{e,f}$ et η_j sont corrélés. Pour corriger le biais introduit par l'existence de cette corrélation, il est nécessaire de corriger le modèle (56) en introduisant un terme supplémentaire, de la façon suivante :

$$\log(Q_{e,f}) = x_{e,f}\beta_{e,f} + f(\theta_1, \dots, \theta_F) + u_f \quad (58)$$

Plusieurs auteurs ont proposé des spécifications de ce terme supplémentaire (Dubin et McFadden (1984), Heckman (1979), Lee (1983), Dahl (2002), et cf Chapitre 1). Bourguignon, Fournier, et Gurgand (2007) ont comparé ces différentes spécifications à l'aide de simulations de Monte-Carlo, en ont proposé une quatrième s'inspirant de celle de Dubin et McFadden

⁷⁷ On appelle mix énergétique l'ensemble des vecteurs énergétiques utilisés par un même établissement pour satisfaire ses besoins énergétiques. Par exemple {électricité, gaz}, et {électricité, fioul} ou {électricité} sont des mix énergétiques.

(1984), et ont rédigé un programme Stata permettant d'utiliser ces modèles. Nous avons utilisé ce programme, appelé « selmlog »⁷⁸, largement employé depuis sa publication⁷⁹. Parmi les 4 spécifications disponibles dans la procédure « selmlog », nous en avons retenus deux :

- La spécification proposée par Dubin et McFadden (1984), désignée par le terme *DMF* par la suite.

Elle repose sur l'hypothèse d'une relation linéaire entre ε_f et les η_j :

$$E(\varepsilon_{e,f} | \eta_1, \dots, \eta_F) = \sigma \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sum_{j \neq f} r_j (\eta_j - E(\eta_j))$$

Où $\sigma^2 = \text{Var}(\varepsilon_{e,f} | x, z)$ ⁸⁰ et r_j est le coefficient de corrélation entre $\varepsilon_{e,f}$ et η_j . En rajoutant la contrainte : $\sum_{j=1, \dots, F} r_j = 0$, l'équation (3) devient :

$$\log(Q_{e,f}) = x_f \beta_f + \sigma \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sum_{j \neq f} r_j \left(\frac{\theta_j \ln(\theta_j)}{1 - \theta_j} \right) - r_f \ln(\theta_f) + u_f$$

- La spécification proposée par Bourguignon, Fournier, et Gurgand (2007), qui s'appuie sur la spécification de Dubin et McFadden (1984), que l'on désignera par la suite par le terme *DMF2*.

L'hypothèse de relation linéaire entre les termes d'erreur du choix discret et du choix continu s'exprime non plus entre $\varepsilon_{e,f}$ et η_j , mais entre $\varepsilon_{e,f}$ et $\eta_j^* = \Phi^{-1}(G(\eta_j))$, où G et g sont respectivement la fonction de répartition et la fonction de densité :

$$G(\eta) = \exp(-\exp(-\eta))$$

$$g(\eta) = \exp(\eta - \exp(-\eta))$$

et Φ est la fonction de répartition de la loi normale.

Cette hypothèse devient donc :

$$E(\varepsilon_{e,f} | \eta_1, \dots, \eta_F) = \sigma \sum_{j=1, \dots, F} r_j^* \eta_j^*$$

Sous cette hypothèse, l'équation (3) devient :

$$\log(Q_{e,f}) = x_{e,f} \beta_{e,f} + \sigma \left[\sum_{j \neq f} r_j^* m(\theta_j) \frac{\theta_j}{\theta_j - 1} + r_f^* m(\theta_f) \right] + u_f$$

⁷⁸ Disponible ici : <http://www.parisschoolofeconomics.com/gurgand-marc/selmlog/selmlog13.html>

⁷⁹ Citée 390 fois sur <https://scholar.google.fr/>

⁸⁰ On a également l'hypothèse suivante : $E(\varepsilon_f | x, z) = 0$

où

$$\mathbf{m}(\boldsymbol{\theta}_j) = \int \boldsymbol{\Phi}^{-1}(G(\mathbf{v} - \log(\boldsymbol{\theta}_j)))g(\mathbf{v})d\mathbf{v}$$

Nous avons sélectionné ces deux spécifications parmi les quatre disponibles parce que les simulations de Bourguignon, Fournier, et Gurgand (2007) plaident pour ces méthodes, qui restent performantes, même quand l'hypothèse centrale du Modèle Logit Multinominal, à savoir l'hypothèse IIA⁸¹, est violée.

Les sources d'énergie que nous étudions sont le gaz ($e = e_1$), le fioul ($e = e_2$), et l'électricité ($e = e_3$). Nous avons également dû définir les différentes options de mix énergétiques. Les options retenues sont :

- le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz ($f = f_1$)
- le mix énergétique est composé d'électricité et de fioul ($f = f_2$)
- le mix énergétique est composé uniquement d'électricité ($f = f_3$)

Ces trois mix énergétiques ne représentent pas l'ensemble des mix énergétiques observés dans la base de données. Il existe d'autres options, telles que les mix comportant d'autres vecteurs énergétiques que le gaz, le fioul ou l'électricité, ou les mix énergétiques comportant plus de 2 sources d'énergie. Cependant, par souci de parcimonie, nous avons préféré nous restreindre aux établissements représentés par l'un de ces mix énergétiques, car nous étudions à la fois différentes méthodes d'estimation mais également différents secteurs d'activité. Prendre en compte l'ensemble des mix énergétiques observés dans l'échantillon reviendrait à démultiplier le nombre de régressions et donc *in fine* le nombre de coefficients à étudier qui est déjà très élevé dans cette configuration (*cf* ci-après). De plus, ces trois mix énergétiques représentent 87, 5% de l'échantillon initial. Le mix énergétique composé d'électricité et de fioul représente 8,3% de l'échantillon final (c'est-à-dire l'échantillon initial limité à ces trois mix énergétiques), celui composé d'électricité et de gaz 33,8%, et celui composé uniquement d'électricité 57,9%. Notons que l'électricité est une source d'énergie présente dans tous les mix énergétiques, tout simplement parce qu'elle est le seul vecteur énergétique mobilisable pour satisfaire certains usages, tels que l'éclairage.

Les demandes d'énergie que nous pouvons étudier sont donc : Q_{e_1, f_1} , Q_{e_2, f_2} , Q_{e_3, f_1} , Q_{e_3, f_2} et Q_{e_3, f_3} .

⁸¹ *Independance of Irrelevant Alternatives*. Cette hypothèse suppose que la probabilité de choisir l'option i relativement à la probabilité de choisir l'option j ne dépend pas des autres options.

2.1.2 Approche *model-based* versus approche *design-based*

Le Chapitre 2 a mis en évidence l'existence d'une tension entre deux approches d'estimation, l'approche *design-based* et l'approche *model-based*. Or, les données dont nous disposons provenant d'une enquête à plan de sondage complexe, nous sommes concernés par le désaccord qui existe entre les praticiens de l'approche « sondage » et les praticiens de l'approche « modèle ». L'équation à estimer est la même dans les deux approches :

$$\log(Q_{e,f}) = \mathbf{x}_{e,f}\boldsymbol{\beta}_{e,f} + \boldsymbol{\varepsilon}_{e,f}$$

En revanche, l'expression des estimateurs varie d'une approche à l'autre. Selon la démarche *model-based*, nous avons :

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{e,f} = (\mathbf{x}_{e,f}^T \mathbf{x}_{e,f})^{-1} \mathbf{x}_{e,f}^T \mathbf{y}$$

Où $\mathbf{y} = \log(Q_{e,f})$, et son erreur-type est :

$$\widehat{\mathbf{V}}(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{e,f}) = (\mathbf{x}_{e,f}^T \mathbf{x}_{e,f})^{-1} \widehat{\sigma}_{y,x}^2$$

$$\text{Où } \widehat{\sigma}_{y,x}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i \widehat{\boldsymbol{\beta}}_{e,f})^2}{n - (k+1)}$$

Selon l'approche *design-based*, nous avons :

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{e,f} = (\mathbf{x}_{e,f}^T \mathbf{W} \mathbf{x}_{e,f})^{-1} \mathbf{x}_{e,f}^T \mathbf{W} \mathbf{y}$$

où $= \text{diag}(w_i)$, w_i étant le poids associé à l'observation i .

Dans ce cas, l'expression de l'erreur-type est :

$$\widehat{\mathbf{V}}(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{e,f}) = (\mathbf{x}_{e,f}^T \mathbf{W} \mathbf{x}_{e,f})^{-1} \mathbf{H} \mathbf{x}_{e,f}^T \mathbf{W} \mathbf{y}$$

Où \mathbf{H} est la matrice définie au Chapitre 2.

Nous avons choisi d'estimer l'équation (56) selon les deux approches, et de comparer les résultats des estimations. Ainsi, pour chaque équation à estimer, nous avons utilisé quatre méthodes différentes :

-l'estimation de la demande conditionnelle selon l'approche *model-based*, désignée par le terme *Conditionnelle-non pondérée* ou par m_1 par la suite

-l'estimation de la demande conditionnelle selon l'approche *design-based*, désignée par le terme *Conditionnelle-pondérée*⁸² ou par m_2 par la suite

⁸² Précisons que le terme *Conditionnelle-pondérée* est un raccourci. Les procédures que nous utilisons ne se limitent pas à l'intégration de la pondération dans l'expression des estimateurs. Elles comprennent tous les ajustements nécessaires pour prendre en compte le fait que les données proviennent d'un plan de sondage complexe, à savoir la modification des expressions des erreurs-types et des degrés de libertés, ce qui impacte les expressions des statistiques de test et donc *in fine* des *p-values*.

-l'estimation du choix discret continu à l'aide de la spécification « DMF », désignée par le terme *DMF* ou par m_{3a} par la suite

-l'estimation du choix discret continu à l'aide de la spécification « DMF2 », désignée par le terme *DMF2* ou par m_{3b} par la suite

Notons que les deux méthodes *DMF* et *DMF2*, parce qu'elles estiment un modèle économétrique fondé sur un modèle théorique de choix discret-continu, s'inscrivent dans l'approche *model-based*. Il y a donc trois méthodes qui suivent l'approche *model-based* et une seule méthode qui suit l'approche *design-based*.

		Approches identifiées dans le Chapitre 1	
		<i>Conditionnelle</i>	<i>DCC</i>
Approches identifiées dans le Chapitre 2	Approche <i>model-based</i>	m_1	m_{3a} (DMF2) m_{3b} (DMF)
	Approche <i>design-based</i>	m_2	- ⁸³

Tableau 18 - Synthèse des différentes approches utilisées

2.2 Les variables

Les variables dépendantes sont les différentes demandes d'énergie. Ces demandes ne sont observées que pour un mix énergétique particulier : la demande de gaz n'est observée que pour les établissements disposant du mix énergétique {électricité et gaz}, la demande de fioul n'est observée que pour les établissements disposant du mix énergétique {électricité et fioul}, et l'électricité est observée pour tous les établissements, car elle est la seule source d'énergie mobilisable pour certains usages présents dans chaque établissement, tel que l'éclairage. Ainsi, les variables dépendantes considérées sont :

- la demande d'électricité, sachant que le mix énergétique = {électricité et gaz} : Q_{e_3, f_1}
- la demande d'électricité, sachant que le mix énergétique = {électricité et fioul} : Q_{e_3, f_2}
- la demande d'électricité, sachant que le mix énergétique = {électricité seule} : Q_{e_3, f_3}

⁸³ Des modèles avec correction du biais de sélection estimés selon l'approche *design-based* commencent à être utilisés (De Hoyos (2005), R. E. De Hoyos (2011), Douarin, Litchfield, et Sabates-Wheeler (2012)).

- la demande de gaz, sachant que le mix énergétique = {électricité et gaz} : Q_{e_1, f_1}
- la demande de fioul, sachant que le mix énergétique = {électricité et fioul} : Q_{e_2, f_2}

Toutes les demandes sont exprimées en logarithme⁸⁴. D'après le Tableau 20, il y a trop peu d'observations pour l'étude de la demande de fioul (Q_{e_2, f_2}). Nous ne présentons pas les résultats associés à l'étude de cette variable dépendante. Symétriquement, nous ne présentons pas les résultats de la demande d'électricité sachant que le mix énergétique est composé d'électricité et de fioul⁸⁵ (Q_{e_3, f_2}).

En ce qui concerne les variables explicatives, nous avons utilisé la même classification que dans le Chapitre 1, et avons retenu les variables suivantes⁸⁶ :

- pour les caractéristiques du bâtiment :
 - la surface totale (m²), exprimée en logarithme
 - la période de construction du bâtiment, sous la forme de trois modalités (« Avant 1975 » (modalité de référence), « Entre 1975 et 2000 », et « Après 2000 »)
- pour les caractéristiques des occupants :
 - le statut d'occupation, sous la forme de deux modalités (« Locataire » (modalité de référence) ou « Propriétaire »)
 - le nombre d'employés, sous la forme de 7 modalités (« 0 », « Entre 1 et 5 », « Entre 6 et 9 », « Entre 10 et 19 », « Entre 20 et 49 » (modalité de référence), « Entre 50 et 99 », « Entre 100 et 249 », « Entre 250 et 499 », « 500 ou plus »)
- pour les caractéristiques des équipements :
 - la qualité de l'isolation, sous la forme de deux modalités (« Très mauvaise ou mauvaise » (modalité de référence) ou « Très bonne ou bonne »)
 - le chauffage est électrique (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour l'estimation de la demande d'électricité
 - le chauffage électrique est collectif (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour l'estimation de la demande d'électricité
 - la cuisson est à l'électricité (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour l'estimation de la demande d'électricité
 - l'ECS est produite à partir d'électricité (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour l'estimation de la demande d'électricité

⁸⁴ Parmi toutes les spécifications estimées, nous avons considéré le cas où la variable dépendante était le logarithme de la consommation unitaire (consommation/ surface) mais, comme le montre l'Annexe, les coefficients estimés seront identiques, parce que la spécification utilisée est *log-log*.

⁸⁵ Les établissements sont les mêmes pour les deux demandes, il s'agit de ceux ayant un mix énergétique composé d'électricité et de fioul.

⁸⁶ Étant donné le nombre important de régressions finales à présenter, nous avons fait le choix de ne pas présenter les résultats obtenus avec d'autres variables explicatives sélectionnées. Nous précisons tout de même que de nombreuses autres spécifications ont été testées et que cet ensemble de variables explicatives nous a semblé le plus pertinent.

- l'établissement dispose d'équipements d'informatique intensive (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour l'estimation de la demande d'électricité
 - l'établissement dispose d'équipements de blanchisserie (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour l'estimation de la demande d'électricité
 - l'établissement dispose d'équipements de réfrigération (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour l'estimation de la demande d'électricité
 - l'établissement dispose de climatisation (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour la régression de la consommation d'électricité
 - l'établissement dispose d'équipement gros consommateur d'électricité (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour l'estimation de la demande d'électricité
 - le chauffage est au gaz (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour l'estimation de la demande de gaz
 - le chauffage au gaz est collectif (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour l'estimation de la demande de gaz
 - la cuisson est au gaz (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour l'estimation de la demande de gaz
 - l'ECS est produite à partir de gaz (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») - uniquement pour l'estimation de la demande de gaz
 - l'établissement dispose d'équipement gros consommateur de gaz (variable valant 1 si « Oui », 0 si « Non ») – uniquement pour l'estimation de la demande de gaz
- pour les prix de l'énergie :
 - Le prix moyen de l'électricité (en log) – uniquement pour la régression de la consommation d'électricité
 - Le prix moyen du gaz (en log) – uniquement pour la régression de la consommation de gaz
- pour les caractéristiques climatiques :
 - Les DJUs (log) départementaux
 - Les zones climatiques (sous la forme de trois modalités : H1(modalité de référence), H2, H3)
- les variables indicatrices du secteur d'activité (voir Figure 33 et Tableau 21 ci-dessus)

Le Tableau 19 présente les statistiques descriptives de ces variables dépendantes et indépendantes.

Variable	Nom de la variable	Obs	Mean	Std. Dev	Min	Max
Variabiles dépendantes						
Consommation d'Électricité (log) mix énergétique = {Électricité et gaz}	$\log(Q_{e_3, f_1})$	3392	11.33	2.49	0	16.59
Consommation d'Électricité (log) mix énergétique = {Électricité seule}	$\log(Q_{e_3, f_2})$	5821	10.49	2.19	-0.24	16.50
Consommation de gaz (log) ⁸⁷	$\log(Q_{e_1, f_1})$	3392	11.47	2.07	1.61	16.42
Variabiles indépendantes communes aux consommations de gaz et d'Électricité						
Surface totale (log)	$\log(St)$	11461	6.34	1.92	0	10.71
<i>Période de construction (référence : Avant 1975)</i>						
Entre 1975 et 2000 (0/1)	$1_{1975-2000}$	11488	.398			
Après 2000 (0/1)	$1_{>2000}$	11488	.190			
<i>Secteur d'Activité (référence : Services immatériels)</i>						
BFA (0/1)	1_{BFA}	11364	.092			
Activité scientifique (0/1)	$1_{Activités\ scientifiques}$	11364	.046			
Services matériels (0/1)	$1_{Services\ matériels}$	11364	.114			
Commerces de détail alimentaires (0/1)	$1_{CD_{alim}}$	11364	.105			
Commerces de détail non alimentaires (0/1)	$1_{CD_{non\ alim}}$	11364	.125			
Commerces gros alimentaires (0/1)	$1_{CG_{alim}}$	11364	.0193			
Commerces gros non alimentaires (0/1)	$1_{CG_{non\ alim}}$	11364	.082			
Commerces réparation véhicules (0/1)	1_{CRV}	11364	.049			
Hébergement (0/1)	$1_{Hébergement}$	11364	.023			
Information & Communication (0/1)	$1_{I\&C}$	11364	.080			
Restauration (0/1)	$1_{Restauration}$	11364	.065			
<i>Nombre de salariés (référence : Entre 20 et 49)</i>						
0 (0/1)	1_0	11488	.094			
Entre 1 et 5 (0/1)	$1_{[1-5]}$	11488	.211			
Entre 6 et 9 (0/1)	$1_{[6-9]}$	11488	.100			
Entre 10 et 19 (0/1)	$1_{[10-19]}$	11488	.115			
Entre 50 et 99 (0/1)	$1_{[50-99]}$	11488	.087			
Entre 100 et 249 (0/1)	$1_{[100-249]}$	11488	.111			
Entre 250 et 499 (0/1)	$1_{[250-499]}$	11488	.109			
500 ou plus (0/1)	$1_{>500}$	11488	.038			
<i>Statut d'occupation (référence : Locataire)</i>						
Propriétaire occupant (0/1)	$1_{propriétaire}$	11488	.307			
<i>Qualité de l'isolation (référence : mauvaise ou très mauvaise)</i>						
Bonne ou très bonne (0/1)	1_{bonne}	11488	.702			
DJU (log)	$\log(DJU)$	11488	7.63	.206	7.02	8.05
<i>Zone climatique (référence : H1)</i>						
H2 (0/1)	1_{H2}	11488	.260			
H3 (0/1)	1_{H3}	11488	.105			
Variabiles indépendantes spécifiques à la consommation d'Électricité						
Chauffage à l'Électricité (0/1)	$1_{chauffage:elec}$	11488	.482			
Chauffage électrique collectif (0/1)	$1_{chauffage\ elec:collectif}$	11488	.113			
Cuisson à l'Électricité (0/1)	$1_{cuisson:elec}$	11488	.22			
ECS à l'Électricité (0/1)	$1_{ECS:elec}$	11488	.569			
Informatique intensive (0/1)	$1_{info:elec}$	11488	.334			
Blanchisserie (0/1)	$1_{blanchisserie}$	11488	.046			

⁸⁷ Sous entendu « sachant que le mix énergétique={électricité et gaz} »

Climatisation à l'Électricité (0/1)	$1_{clim:elec}$	11488	.54				
Réfrigération (0/1)	1_{frigo}	11488	.274				
Équipement gros consommateur d'Électricité (0/1)	1_{equip_elec}	11298	.119				
Prix de l'Électricité (log)	$\log(p_{elec})$	11488	4.68	.48	-0.46	7.1	
Variables indépendantes spécifiques à la consommation de gaz							
Chauffage au gaz (0/1)	$1_{chauffage:gaz}$	11488	.304				
Chauffage au gaz collectif (0/1)	$1_{chauffage\ gaz:collectif}$	11488	.078				
Cuisson au gaz (0/1)	$1_{cuisson:gaz}$	11488	.093				
ECS au gaz (0/1)	$1_{ECS:gaz}$	11488	.132				
Équipement gros consommateur de gaz (0/1)	1_{equip_gaz}	11488	.134				
Prix du gaz (log)	$\log(p_{gaz})$	11488	3.97	.30	0	5.73	

Tableau 19 - Statistiques descriptives

Note : il s'agit des statistiques de l'échantillon (sans pondération)

En plus de ces variables viennent s'ajouter les termes qui permettent de corriger le biais de sélection (cf 4.1.1). Ces termes ne s'ajoutent que dans les cas d'une régression utilisant les méthodes *DMF* et *DMF2*.

2.3 Les périmètres

Le tertiaire marchand est un secteur fortement hétérogène, c'est pourquoi il est nécessaire d'estimer les modèles économétriques sur différents périmètres. En effet, il se peut que certains effets ne soient significatifs que pour un sous-secteur donné, et non significatif à un niveau plus agrégé, et *vice versa*. Nous avons donc choisi de décliner les modèles économétriques pour treize périmètres distincts. Dans le corpus de référence présenté au Chapitre 1, seule 3 études concernent le secteur tertiaire, et une seule décline les estimations pour différents sous-secteurs du tertiaire. Newell et Pizer (2008) ont estimé leur modèle sur le périmètre tertiaire global, en introduisant des variables indicatrices précisant le secteur (restaurant, entrepôt, hôpital, administration publique, hébergement, commerce de détail, et autres), mais n'ont pas réalisé de régressions à un niveau infra-sectoriel. De même, Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) n'ont pas fait de déclinaison infra-sectorielle de leur régression, mais ont introduit comme variables indépendantes des variables indiquant la branche du tertiaire. Seuls Kahn, Kok, et Quigley (2014) ont estimé leur modèle pour 4 types de secteurs (Bureaux, Commerces, Bâtiments industriels, Bâtiments « hybrides⁸⁸ »).

Nous adoptons ces deux approches en introduisant les variables indicatrices de secteurs dans les modèles estimés sur des périmètres agrégés, mais nous déclinons également les modèles à estimer selon les sous-secteurs (voir Tableau 21). Le choix des périmètres résulte d'un arbitrage entre le désir d'étudier chaque sous-secteur du tertiaire et la contrainte d'un nombre d'observations minimum pour chaque périmètre. Certains sous-secteurs ont donc été regroupés pour former un seul périmètre (c'est par exemple le cas des sous-secteurs « *BFA* » et « *Services immatériels* »). La Figure 33 présente les différents périmètres considérés. Le

⁸⁸ Bâtiment dont au moins la moitié de la surface est utilisée pour des bureaux, mais qui présente également des espaces dédiés à la R&D, à la vente, à l'entreposage, à des usages industriels.

nombre d'observations disponibles pour chaque périmètre et pour chaque mix énergétique est présenté dans le Tableau 20. Comme à la section présentant les statistiques descriptives, nous poursuivons également notre analyse en divisant chaque périmètre en deux catégories : les bâtiments dont la surface totale est supérieure à 2000 m² (S_1) et les bâtiments dont la surface totale est inférieure à 2000 m² (S_2). Cela permet de faire apparaître de potentielles différences dans la consommation énergétique à travers ces deux estimations distinctes. Parmi ces périmètres, nous ne conservons que ceux qui présentent un nombre d'observations suffisamment élevé (*cf* Tableau 21). Ainsi, le nombre final de périmètres s'élève à 21.

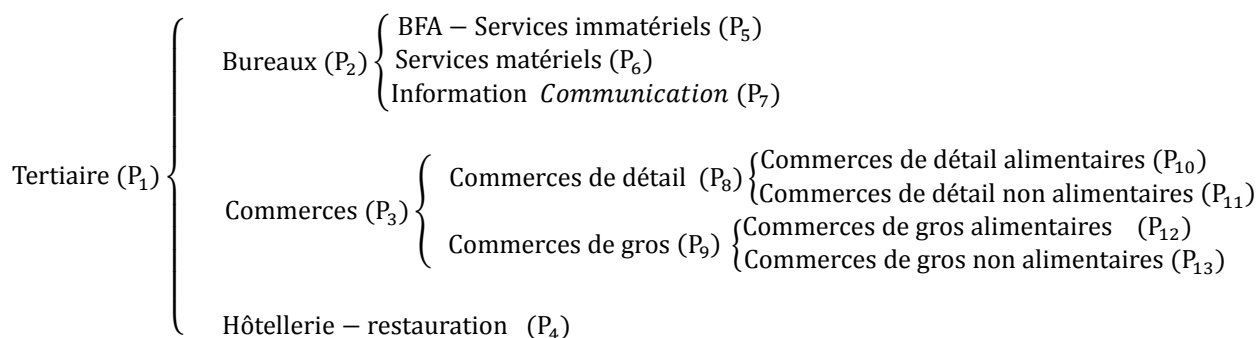


Figure 33 - Représentation des différents périmètres

	Mix énergétique : {Électricité et fioul}	Mix énergétique : {Électricité et gaz}	Mix énergétique : {Électricité seule}	Total
Tertiaire	835	3392	5821	10048
Bureaux	375	1482	3508	5365
Commerces	294	1147	1783	3224
Hôtellerie-restauration	33	474	308	815
BFA Services immatériels	196	850	1844	2890
Services matériels	94	272	844	1210
Information & Communication	58	223	534	815
Commerces de détail	189	824	1246	2259
Commerces de détail alimentaires	86	493	359	938
Commerces de détail non alimentaires	103	331	887	1321
Commerces de gros	124	354	546	1024
Commerces de gros alimentaires	30	45	125	200
Commerce de gros non alimentaires	94	309	421	824

Tableau 20 - Nombre d'observations par périmètre et par mix énergétique

	Périmètre considéré	Variables indicatrices introduites ⁸⁹
Toutes catégories de surfaces confondues	Tertiaire (P ₁)	$1_{BFA}, 1_{Services\ matériels}, 1_{Activités\ scientifiques}, 1_{I\&C}, 1_{CD\ alim}, 1_{CD\ non\ alim}, 1_{CG\ alim}, 1_{CG\ non\ alim}, 1_{CRV}, 1_{Hébergement}, 1_{Restauration}$
	Bureaux (P ₂)	$1_{Services\ matériels}, 1_{Activités\ scientifiques}, 1_{I\&C}$
	Commerces (P ₃)	$1_{I\&C}, 1_{CD\ alim}, 1_{CD\ non\ alim}, 1_{CG\ alim}$
	Hôtellerie-restauration (P ₄)	$1_{Restauration}$
	BFA Services immatériels (P ₅)	-
	Services matériels (P ₆)	-
	Information & Communication (P ₇)	-
	Commerces de détail (P ₈)	$1_{CD\ alim}$
	Commerces de détail alimentaires (P ₉)	-
	Commerces de détail non alimentaires (P ₁₀)	-
	Commerces de gros (P ₁₁)	$1_{CG\ alim}$
	Commerces de gros alimentaires (P ₁₂)	-
	Commerce de gros non alimentaires (P ₁₃)	-
Les bâtiments dont la surface est > 2000m ²	Tertiaire (P ₁ ∩ S ₁)	$1_{BFA}, 1_{Services\ matériels}, 1_{Activités\ scientifiques}, 1_{I\&C}, 1_{CD\ alim}, 1_{CD\ non\ alim}, 1_{CG\ alim}, 1_{CG\ non\ alim}, 1_{CRV}, 1_{Hébergement}, 1_{Restauration}$
	Bureaux (P ₂ ∩ S ₁)	$1_{Services\ matériels}, 1_{Activités\ scientifiques}, 1_{I\&C}$
	Commerces (P ₃ ∩ S ₁)	$1_{I\&C}, 1_{CD\ alim}, 1_{CD\ non\ alim}, 1_{CG\ alim}$
	Hôtellerie-restauration (P ₄ ∩ S ₁)	$1_{Restauration}$
Les bâtiments dont la surface est < 2000m ²	Tertiaire (P ₁ ∩ S ₂)	$1_{BFA}, 1_{Services\ matériels}, 1_{Activités\ scientifiques}, 1_{I\&C}, 1_{CD\ alim}, 1_{CD\ non\ alim}, 1_{CG\ alim}, 1_{CG\ non\ alim}, 1_{CRV}, 1_{Hébergement}, 1_{Restauration}$
	Bureaux (P ₂ ∩ S ₂)	$1_{Services\ matériels}, 1_{Activités\ scientifiques}, 1_{I\&C}$
	Commerces (P ₃ ∩ S ₂)	$1_{I\&C}, 1_{CD\ alim}, 1_{CD\ non\ alim}, 1_{CG\ alim}$
	Hôtellerie-restauration (P ₄ ∩ S ₂)	$1_{Restauration}$

Tableau 21 - Présentation des périmètres utilisés et des variables indicatrices du sous-secteur introduites selon le périmètre

⁸⁹ $1_{Z_k} = 1$ si l'établissement appartient au sous-secteur k de la nouvelle classification (cf' Tableau 41 de l'Annexe 2), 0 sinon.

3. Les résultats

3.1 Démarche d'analyse

L'originalité de notre approche, à savoir l'utilisation et la comparaison de deux méthodes d'estimation (*Conditionnelle* et *DCC*) et de deux approches (*model-based* et *design-based*) nous impose la plus grande clarté et la plus grande rigueur dans la présentation et l'analyse des résultats.

Notre approche consiste à réaliser chaque estimation à l'aide des méthodes identifiées dans la littérature (*cf* Tableau 18), sur les différents périmètres définis au Tableau 21. Le nombre de méthodes s'élève à 4, celui des périmètres à 21. Enfin, nous estimons 3 demandes d'énergie : la demande l'électricité sachant que le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz, la demande d'électricité sachant que le mix énergétique est composé seulement d'électricité, et la demande de gaz (sachant que le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz). Il y a donc un nombre très important de coefficients à estimer⁹⁰. Par précaution, nous avons supprimé les résultats d'estimation fondés sur un nombre trop faible d'observations (le critère retenu étant un nombre d'observations inférieur à 200). D'après le Tableau 20, ce critère conduit à écarter les estimations du périmètre « *Commerces de gros alimentaires* ». Le nombre de périmètres passe donc de 20 à 21.

Afin de faciliter la lecture et l'analyse des résultats, nous avons rassemblé les différentes estimations d'un même coefficient dans deux tableaux qui contiennent les estimations pour chaque demande énergétique⁹¹, chaque périmètre et chaque méthode. L'intégralité des tableaux est présentée à l'[Annexe 4B](#) et à l'[Annexe 4C](#) (Tableau 84 à Tableau 107). Soit x_i une variable indépendante introduite dans le modèle économétrique (i désigne la i -ème variable explicative du modèle économétrique), et β^i le coefficient associé. Formellement, pour chaque coefficient β^i à estimer, nous avons $(\beta^i)_{e,f,m,p}$ estimations, où $e \in \{e_1, e_3\}$ désigne la source d'énergie étudiée⁹², $f \in \{f_1, f_3\}$, désigne le mix énergétique⁹³, $m \in \{m_1, m_2, m_{3a}, m_{3b}\}$ désigne la méthode adoptée pour estimer les coefficients, et $p \in \wp$ désigne le périmètre considéré. Il y a 80 estimations différentes pour chaque variable explicative propre à la demande de gaz (par exemple le prix du gaz), 160 estimations

⁹⁰ Concernant la demande de gaz, notre approche aboutit à l'estimation de $25 \cdot 4 \cdot 20 = 2000$ coefficients, où 25 est le nombre de coefficients à estimer par régression (c'est-à-dire le nombre de variables explicatives plus 1 pour la constante, *cf* Tableau 19), 4 le nombre de méthodes d'estimation et 20 le nombre de périmètres. Concernant la demande d'électricité, notre approche conduit à l'estimation de $30 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 20 = 4800$ coefficients, où 30 est le nombre de coefficients à estimer par régression, 4 est le nombre de méthodes d'estimation, 2 est le nombre de demandes d'électricité (électricité sachant que le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz, et électricité sachant que le mix énergétique est composé d'électricité seule), et 20 est le nombre de périmètres.

⁹¹ Nous avons rassemblé dans une même colonne les résultats de la demande d'électricité sachant que le mix est composé d'électricité et de gaz et de la demande d'électricité sachant que le mix est composé d'électricité seule.

⁹² Car nous ne présentons pas les résultats pour le fioul, par manque de données

⁹³ Car nous ne présentons pas les résultats pour le fioul, par manque de données

différentes pour chaque variable explicative propre à la demande d'électricité (par exemple le prix de l'électricité), et 240 pour les variables explicatives communes à l'estimation de la demande d'électricité et à celle de gaz (par exemple la surface).

Pour chaque périmètre p , chaque variable indépendante x_i et chaque demande énergétique $Q_{e,f}$, il existe 4 méthodes d'estimation de $\beta_{e,f,\dots,p}^i$: $\beta_{e,f,m_1,p}^i$, $\beta_{e,f,m_2,p}^i$, $\beta_{e,f,m_{3a},p}^i$ et $\beta_{e,f,m_{3b},p}^i$. Nous calculons ensuite :

$$N_{k/4}^{i,j}, k = 0, \dots, 4$$

qui correspond au nombre de cas où k méthodes d'estimation sur les 4 ($\{m_1, m_2, m_{3a}, m_{3b}\}$) conduisent à un effet significatif de la variable x_i sur la demande d'énergie $e \in \{\text{électricité}, \text{gaz}\}$. $N_{k/4}^{i,\text{elec}} \in \{0, \dots, 40^{94}\}$, $N_{k/4}^{i,\text{gaz}} \in \{0, \dots, 20^{95}\}$. Dans les différents tableaux répertoriant les valeurs des $N_{k/4}^{i,e}$, nous distinguons le cas où les k méthodes s'accordent sur un effet significatif *positif* de la variable explicative x_i sur la consommation d'énergie e et le cas où les k méthodes s'accordent sur un effet significatif *négalif*.

Nous considérons ce chiffre comme un indicateur de la robustesse du résultat au changement de méthode d'estimation, et donc comme un indicateur de la validité du résultat d'estimation. Plus $N_{4/4}^{i,e}$ est élevé (par rapport à 40 si $e = \text{électricité}$ ou 20 si $e = \text{gaz}$), plus la significativité de la variable x_i sur la demande d'énergie e paraît crédible. À l'inverse, une valeur élevée de $N_{0/4}^{i,e}$ traduit le fait que pour un nombre important d'estimations, aucune des méthodes n'a mis en évidence un effet significatif de la variable x_i sur la demande d'énergie e , ce qui nous permet d'induire que la variable x_i n'a pas d'effet significatif sur la demande d'énergie e . Enfin, quand $N_{1/4}^{i,e}$ ou $N_{2/4}^{i,e}$ sont élevés, cela signifie que de nombreux coefficients estimés sont significatifs, mais que cette significativité est conditionnelle à la méthode utilisée, et qu'elle peut donc être légitimement questionnée. Étant donné le nombre important d'estimations réalisées et de coefficients estimés, il est impossible de présenter l'intégralité des résultats ici. Les tableaux contenant les résultats de chaque estimation sont présentés à l'[Annexe 4B](#) et à l'[Annexe 4C](#), les tableaux contenant l'ensemble des coefficients estimés pour chaque variable explicative sont présentés à l'[Annexe 4D](#). Nous ne présentons ici que les valeurs des $N_{k/4}^{i,e}$ pour chaque variable explicative x_i , et renvoyons le lecteur aux différentes annexes pour plus de détails sur les valeurs des coefficients, les erreurs-types et les *p-values*.

La suite de la présente section détaille les résultats par type de déterminant. Bien que nous ayons introduit de nombreuses variables explicatives, nous n'analysons ci-dessous qu'une partie d'entre elles, parce que nous considérons les autres comme des variables de contrôle, c'est-à-dire des variables qui influencent probablement la consommation d'énergie et qu'il est

⁹⁴ $40=20*2$ où 20 est le nombre de périmètres et 2 est le nombre de demandes d'électricité étudiées (la demande d'électricité sachant que le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz et la demande d'électricité sachant que le mix énergétique est composé d'électricité seule).

⁹⁵ 20 est le nombre de périmètres.

donc nécessaire d'introduire dans les modèles économétriques pour éviter le biais des variables omises, mais que nous choisissons de ne pas analyser. Les résultats concernant ces variables sont tout de même disponibles dans les tableaux présentés dans les Annexe 4B et Annexe 4C.

3.2 Les caractéristiques du bâtiment

3.2.1 La surface totale du bâtiment

Le Tableau 22 et le Tableau 84 ([Annexe 4D](#)) mettent en évidence le fait que pour tous les périmètres, et pour les demandes de gaz comme d'électricité, les 4 méthodes produisent des coefficients positifs qui sont significatifs au seuil de 1% dans la quasi-totalité des cas. De plus, les valeurs du coefficient estimé varient relativement peu d'une méthode à l'autre.

<i>e</i>	Gaz		
<i>k</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 12 ⁹⁶)
0	-	-	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	2	0	2
4	10	0	10
<i>j</i>	Électricité		
<i>e</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 24 ⁹⁷)
0	-	-	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	4	0	4
4	20	0	20

Tableau 22 – Synthèse des $N_{k/4}^e$ pour la variable « Surface totale »

Évidemment, il n'est pas surprenant d'observer que toutes choses égales par ailleurs, la consommation d'énergie, que ce soit du gaz ou de l'électricité, varie positivement avec la surface du bâtiment. Ce résultat n'est donc pas intéressant en tant que preuve de l'existence d'une corrélation entre la surface d'un bâtiment et la quantité d'énergie consommée, mais le devient dans une optique de validation de notre démarche d'analyse des résultats. En effet, le

⁹⁶ Exceptionnellement, les totaux s'élèvent à 12 au lieu de 20 et à 24 au lieu de 40, car nous ne présentons pas les estimations du coefficient associé à la surface totale calculées pour les différentes catégories de surface (inférieure ou supérieure à 2000 m²)

⁹⁷ Exceptionnellement, les totaux s'élèvent à 13 au lieu de 21 et à 26 au lieu de 42, car nous ne présentons pas les estimations du coefficient associé à la surface totale calculées pour les différentes catégories de surface (inférieure ou supérieure à 2000 m²)

fait d'obtenir des résultats convergents à l'aide des quatre méthodes, aussi bien sur la significativité des coefficients que sur leur amplitude, nous permet de justifier notre approche de comparaison de méthodes. Nous formulons la proposition suivante :

« Si une variable introduite dans le modèle explique réellement la variabilité observée de la consommation d'énergie, alors les quatre méthodes employées convergent à la fois sur la significativité des coefficients, leur signe et sur leur amplitude ».

afin de pouvoir utiliser la contraposée⁹⁸ de cette proposition :

« Si pour une variable explicative donnée, les coefficients estimés par les quatre méthodes utilisées divergent sur leur significativité, leur signe ou sur leur amplitude, alors l'existence d'une réelle influence de cette variable explicative sur la demande énergétique considérée peut être remise en cause ».

3.2.2 La période de construction

La période de construction est présente sous la forme d'une variable catégorielle comportant trois modalités : « Avant 1975 » (modalité de référence), « Entre 1975 et 2000 » et « Après 2000 ».

La lecture des Tableau 23 (ci-dessous), Tableau 85, et Tableau 87 ([Annexe 4D](#)) nous permet de constater que la modalité « Entre 1975 et 2000 » n'a que rarement un effet significatif sur la consommation de gaz ou sur la consommation d'électricité. En effet, dans 6 cas sur 20 pour le gaz et 25 cas sur 40 pour l'électricité, le coefficient estimé n'est pas significatif, quelle que soit la méthode utilisée pour l'estimation (i.e. $N_{0/4}^{gaz} = 6$ et $N_{0/4}^{elec} = 25$). Dans 7 cas sur 21 pour le gaz et 10 cas sur 42 pour l'électricité, la significativité de la variable « Entre 1975 et 2000 » n'est obtenue que par une seule méthode sur les 4 ($N_{1/4}^{gaz} = 7$ et $N_{1/4}^{elec} = 10$). Il n'existe pas de périmètre pour lequel les quatre méthodes obtiennent simultanément des résultats significatifs ($N_{4/4}^{gaz} = N_{4/4}^{elec} = 0$). On peut toutefois noter le cas de l'estimation sur les périmètres « Commerces de gros » et « Commerces de gros non alimentaires », pour lesquelles 3 méthodes sur 4 obtiennent un effet significatif négatif de la modalité « Entre 1975 et 2000 » sur la consommation de gaz.

⁹⁸ Si la proposition est « $A \rightarrow B$ », alors la contraposée de cette proposition est « non B \rightarrow non A ».

<i>e</i>	Gaz		
<i>k</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 20)
0	-	-	6
1	5	2	7
2	0	5	5
3	0	2	2
4	0	0	0
<i>e</i>	Électricité		
<i>k</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 40)
0	-	-	25
1	7	3	10
2	0	4	4
3	1	0	1
4	0	0	0

Tableau 23 - Synthèse des $N_{k/4}^e$ pour la modalité « Période de construction : Entre 1975 et 2000 »

De la même façon, à la lecture des Tableau 24 (ci-dessous), Tableau 86, et Tableau 88 ([Annexe 4D](#)), il semblerait qu'il n'y ait pas d'indice d'une influence systématique de la modalité « *Après 2000* » sur la consommation de gaz ou d'électricité. En effet, les coefficients sont simultanément non significatifs dans 7 cas sur 20 pour la demande de gaz (*i.e.* $N_{0/4}^{gaz} = 7$) et dans 28 cas sur 40 pour la demande d'électricité ($N_{0/4}^{elec} = 28$). De même, respectivement pour la demande de gaz et d'électricité, seule une ou deux méthodes conduisent à des résultats significatifs dans 8 cas sur 20 et 12 cas sur 40. Cela dit, 3 méthodes sur 4 conduisent à un effet significatif négatif de la modalité « *Après 2000* » sur la consommation de gaz dans 5 cas ($N_{3/4}^{gaz} = 5$). Il s'agit des estimations sur les périmètres « *Tertiaire marchand* », « *Commerces* », « *Commerces de détail* », « *Commerce de gros* » et « *Commerces de gros non alimentaires* ». Pour ces trois derniers périmètres, ce sont les trois méthodes *model-based* qui convergent. En outre, ces trois méthodes convergeaient également pour la modalité « *Entre 1975 et 2000* » pour les périmètres « *Commerces de gros* » et « *Commerces de gros non alimentaires* ». Les trois approches *model-based* conduisent à induire que pour les périmètres, « *Commerces de gros* » et « *Commerces de gros non alimentaires* », la consommation de gaz est plus faible dans les constructions plus récentes, toutes choses égales par ailleurs.

<i>e</i>	Gaz		
<i>k</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 20)
0	-	-	7
1	0	3	3
2	1	4	5
3	0	5	5
4	0	0	0
<i>e</i>	Électricité		
<i>k</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 40)
0	-	-	28
1	4	6	10
2	1	1	2
3	0	0	0
4	0	0	0

Tableau 24 - Synthèse des $N_{k/4}^e$ pour la modalité « Période de construction : Après 2000 »

Nous avons montré au Chapitre 1 qu'il existe un relatif consensus sur l'impact de la période de construction sur la consommation d'énergie thermique (gaz ou fioul), puisque ce dernier a été observé dans 14 études sur 18. Certains auteurs estiment que la diminution des besoins énergétiques des bâtiments récents reflète l'efficacité des dispositifs réglementaires encadrant la consommation énergétique des constructions neuves ou celle des rénovations. En revanche, il n'y a pas de consensus sur l'effet de la période de construction sur la consommation d'électricité. En effet, 8 études sur 17 concluent à un effet négatif de l'âge de construction sur la consommation d'électricité (les bâtiments récents consomment plus d'électricité que les bâtiments anciens), tandis que 9 aboutissent au résultat contraire. L'effet de l'âge du bâtiment sur la consommation d'électricité est équivoque car des phénomènes aux conséquences opposées coexistent. D'une part, le durcissement des réglementations thermiques est censé entraîner une diminution de la consommation électrique pour les usages réglementaires (chauffage, ECS, etc.). D'autre part, le développement de nouveaux usages électriques (informatique intensive, bureautique, etc.) entraîne une augmentation de la consommation électrique.

Notre analyse ne permet pas de conclure de manière satisfaisante sur l'effet de la période de construction sur la consommation de gaz. Il n'existe pas de périmètre pour lequel les quatre méthodes s'accordent sur un résultat significatif. Le résultat significatif le plus robuste est obtenu pour les périmètres « *Commerces de gros* » et « *Commerces de gros non alimentaires* », puisque 3 méthodes sur les 4 concluent que les constructions récentes ont une consommation de gaz moins élevée. Même dans ce cas, les coefficients estimés varient du simple au double. Les trois méthodes s'accordent donc uniquement sur la significativité de l'effet mais pas sur l'amplitude. En revanche, l'absence d'effet significatif de la période de construction sur la consommation d'électricité est plus évidente puisque $N_{3/4}^{\text{Entre 1975 et 2000}, \text{élec}} = 1$ et $N_{4/4}^{\text{Entre 1975 et 2000}, \text{élec}} = N_{3/4}^{\text{Après 2000}, \text{élec}} = N_{4/4}^{\text{Après 2000}, \text{élec}} = 0$.

Plusieurs commentaires peuvent être faits sur cette absence de significativité. Tout d'abord, le questionnaire de l'ECET ne proposait que trois périodes de construction : « *Avant 1975* », « *Entre 1975 et 2000* » et « *Après 2000* ». Ce découpage conserve une grande hétérogénéité à l'intérieur de chaque période, notamment des deux premières. Les résultats obtenus auraient peut-être été différents si les périodes de construction proposées avaient été plus courtes, en considérant par exemple une étendue de 10 ans pour chaque période, comme cela est le cas dans les études de Chong (2012a), de Leahy et Lyons (2010), ou de Leth-Petersen (2002).

L'absence d'effet significatif de la période de construction sur la consommation d'énergie pourrait également être expliquée par le contexte français. En effet, comme nous l'avons expliqué en conclusion du Chapitre 1, les résultats de ce type d'études économétriques sont fortement dépendants du contexte local. Les pratiques architecturales varient d'une zone géographique à une autre (parfois à l'intérieur d'un même pays) et les évolutions de ces différentes pratiques ne sont ni synchrones ni convergentes. Les mesures réglementant la consommation unitaire d'énergie annuelle (kWh/m²/an) des bâtiments ne sont pas identiques d'un pays à l'autre et n'ont pas été implantées à la même date. La réglementation thermique (RT) en France existe depuis 1974 pour les bâtiments résidentiels, puis s'est étendue aux bâtiments tertiaires en 1989. Les différentes révisions de cette norme ont eu lieu en 2000 (les valeurs limites de consommation ont diminué de respectivement 20% et 40% pour le résidentiel et le tertiaire par rapport aux valeurs de 1988), 2005 (diminution de 15% par rapport à la réglementation thermique précédente) et 2012 (diminution de 67% des valeurs maximales de consommation énergétique par rapport à la réglementation précédente)⁹⁹. Il existe peu d'analyses de l'efficacité de la réglementation thermique française. Un rapport de l'ENA (École Nationale d'Administration) estime que la RT2005 est « *globalement respectée dans le logement collectif* » mais n'est pas respectée dans 50% à 70% des contrôles réalisés dans les maisons individuelles (ENA, 2011). À notre connaissance, il n'existe pas d'études portant sur l'efficacité de la réglementation thermique dans les bâtiments tertiaires, mais si un phénomène similaire à celui cité dans le rapport de l'ENA existe également dans le tertiaire (non-conformité à la RT très fréquente), cela pourrait justifier l'absence d'effet significatif de la période de construction sur la consommation énergétique constatée dans nos résultats. De plus, à l'heure actuelle, les critères de la RT portent sur la quantité d'énergie consommée pour cinq usages : le chauffage, la production d'ECS, la ventilation, l'éclairage et la climatisation, mais ne portent pas sur les usages qui sont en expansion dans le secteur tertiaire, tels que la bureautique ou l'informatique intensive. Notre étude ne permet pas de distinguer la part de chaque usage dans le volume total d'électricité consommée. Si les besoins réglementaires d'énergie diminuent avec les constructions récentes mais que les usages électriques se développent plus dans ces constructions, cela n'apparaîtra pas dans nos résultats car ceux-ci sont fondés sur la consommation d'énergie totale. Ce raisonnement n'est valable que pour l'électricité, puisque le gaz n'est utilisé que pour des usages réglementaires (chauffage, production d'ECS, cuisson).

⁹⁹ La prochaine réglementation thermique annoncée (2020) devrait rendre obligatoire les bâtiments à énergie positive.

Les deux articles économétriques qui étudient l'effet de la période de construction sur la consommation énergétique des bâtiments en France sont ceux de Risch et Salmon (2013) et de Belaïd (2016)¹⁰⁰. Les données qu'ils utilisent présentent des caractéristiques similaires aux données de l'ECET puisque d'une part les volumes d'énergie consommée ne sont pas ventilés par usage, et d'autre part les périodes de construction considérées sont assez similaires aux nôtres. Belaïd (2016) ne considère la période de construction que comme une variable de contrôle, et ne présente pas les résultats associés à cette variable. Dans l'article de Risch et Salmon (2013), qui étudient séparément les maisons individuelles et les logements collectifs, les périodes de construction considérées sont « *Avant 1948* » (modalité de référence), « *Entre 1948 et 1974* », « *Entre 1975 et 1989* » et « *Entre 1989 et 2005* ». Pour les maisons individuelles, seule la deuxième modalité a un effet significatif positif sur la consommation totale d'énergie, comparativement à la première modalité. Les deux autres modalités présentent des coefficients négatifs mais non significatifs. En ce qui concerne les logements collectifs, les trois modalités présentent des coefficients négatifs, qui sont significatifs pour les deux dernières modalités, ce qui implique que les consommations d'énergie sont plus faibles dans les constructions récentes, toutes choses égales par ailleurs.. La réduction de la consommation associée est d'environ 5% pour les bâtiments construits entre 1975 et 2000 et de 20% pour ceux construits entre 1989 et 2005, comparativement à ceux construits avant 1948. Le fait que l'effet de la période de construction sur la consommation d'énergie soit significatif dans le logement collectif mais pas dans le logement individuel corrobore les déclarations du rapport de l'ENA (2011).

En résumé, l'absence d'effet significatif de la période de construction sur la consommation d'énergie (gaz et électricité) mise en évidence dans la grande majorité de nos régressions peut se justifier par le manque de précision des variables censées renseigner l'âge du bâtiment ou par l'impossibilité de distinguer les volumes d'énergie consommée pour les usages réglementaires des volumes consommés pour les autres usages (bureautique, informatique intensive), ou peut témoigner de l'inefficacité des réglementations thermiques françaises. Malheureusement, il n'est pas possible de trancher parmi ces explications.

À l'avenir, si une nouvelle enquête de ce type devait être réalisée, il serait intéressant d'introduire une question supplémentaire : « le bâtiment a-t-il été rénové ? ». Nous pouvons anticiper qu'une partie de l'échantillon ne répondra pas à cette question, parce que les locataires récents ne savent pas nécessairement si le bâtiment qu'ils occupent a fait l'objet d'une rénovation, mais les réponses obtenues permettraient une estimation économétrique de l'impact moyen d'une rénovation sur la consommation d'énergie.

¹⁰⁰ Notons que les deux études utilisent les mêmes données (Enquête Nationale Logement 2006).

3.3 Les caractéristiques des occupants

3.3.1 Le nombre de salariés

Le Chapitre 1 a montré que dans la quasi-totalité des études de notre corpus de référence, le nombre d'occupants d'un logement a un impact significatif et positif sur la consommation d'énergie, de gaz comme d'électricité. En général, ce résultat est très peu commenté par les auteurs, à la fois parce qu'il est intuitif et parce qu'il n'engage pas de discussion sur les possibilités d'utiliser ce déterminant comme un levier de maîtrise de la demande énergétique, comme cela pourrait par exemple l'être à propos de l'effet du prix de l'énergie. Il n'est en effet pas question de faire varier le nombre d'occupants d'un bâtiment dans le but de réduire les consommations énergétiques. Un commentaire néanmoins pertinent est celui de Druckman et Jackson (2008), qui ont identifié un phénomène de « rendement d'échelle » en étudiant la corrélation entre la quantité d'énergie consommée par tête et le nombre d'occupants. Les auteurs ajoutent que les projections démographiques prévoient une diminution du nombre de personnes par foyer¹⁰¹. En associant cette prévision à leur résultat de rendement d'échelle, ils concluent que les évolutions démographiques et sociétales conduisant à une diminution de nombre de personnes par foyer (vieillesse de la population, changement des modes traditionnels de cohabitation, etc.) peuvent conduire à une augmentation de la consommation énergétique à l'échelle macro-économique. Outre ce commentaire, il n'y a pas à notre avis de propos normatif¹⁰² à formuler autour du fait que le nombre d'occupants influence positivement la quantité d'énergie consommée.

Les 3 études économétriques de notre corpus de référence qui portent sur les déterminants de la consommation d'énergie dans le tertiaire n'ont pas introduit le nombre de salariés/d'occupants du bâtiment dans leur modèle économétrique. À notre connaissance, notre résultat est donc le premier de la littérature. Sans surprise, les Tableau 89 à Tableau 95 ([Annexe 4D](#)) montrent qu'une grande partie des coefficients estimés sont significatifs, et que leur signe dépend de la modalité. Pour les effectifs inférieurs à la modalité de référence (« *Entre 20 et 49* ») les coefficients estimés sont négatifs, tandis que pour les effectifs supérieurs à la modalité de référence, les coefficients estimés sont positifs. Autrement dit, la consommation croît avec le nombre de salariés, toutes choses égales par ailleurs. Ce résultat est intuitif car certains usages dépendent très fortement du nombre de personnes occupant le bâtiment, tels que la cuisson ou l'ECS. Cependant, nous pouvons utiliser ce résultat intuitif comme une deuxième preuve de la pertinence de notre démarche de comparaison des méthodes, comme nous l'avons déjà exposé pour la surface. En effet, pour ce résultat qui

¹⁰¹ L'INSEE estime qu'en 2030, le nombre moyen de personnes par ménage sera compris entre 2,04 et 2,08 comparativement à 2,31 en 2005 (INSEE, 2006)

¹⁰² Ce type de glissement d'un discours descriptif et explicatif vers un discours normatif est commun en économétrie. Les auteurs étudient souvent les effets de certaines variables explicatives sur une variable dépendante dans l'optique d'identifier et de quantifier les leviers de réduction ou d'augmentation de la variable dépendante étudiée. Par exemple, les études économétriques s'attachent souvent à estimer l'élasticité-prix d'une demande, dans une démarche d'évaluation des politiques publiques de taxation ou de subvention.

paraît évident, les quatre méthodes s'accordent presque systématiquement, à la fois sur la significativité des coefficients et sur les valeurs estimées.

3.3.2 Le statut d'occupation

La variable « *Statut d'occupation* » est une variable à deux modalités, « *Propriétaire* » et « *Locataire* », cette dernière étant considérée comme la modalité de référence. Rappelons que sur l'ensemble du parc, le statut de locataire (63%) est plus répandu que celui de propriétaire (37%), même si cette répartition varie d'un sous-secteur à un autre (78% des commerces de détail alimentaires sont locataires, contre 44% des établissements d'hébergement ; cf Chapitre 3).

Le statut d'occupation n'a que très rarement un effet significatif sur la consommation de gaz. D'après le Tableau 25, on constate que pour 13 estimations sur 20, le coefficient estimé n'est pas significatif, quelle que soit la méthode utilisée (*i.e.* $N_{0/4}^{gaz} = 13$). En revanche, les 4 approches s'accordent sur le fait que les « *Commerces dont la surface est supérieure à 2000 m²* » et qui sont occupés par des propriétaires consomment significativement plus de gaz que ceux occupés par des locataires. Mais les valeurs des coefficients sont relativement différentes (entre 0,17 pour la demande *Conditionnelle* et 1,3 pour les méthodes *DCC*).

En ce qui concerne la consommation d'électricité, le coefficient estimé n'est pas significatif quelle que soit la méthode employée pour 15 estimations sur 40 (*i.e.* $N_{0/4}^{elec} = 15$). 13 estimations sur 40 présentent des coefficients significatifs pour 2 méthodes sur 4, et 9 de ces 13 régressions sont significatives pour les méthodes *Conditionnelle* et *Pondérée*. L'effet significatif obtenu est toujours négatif, ce qui signifie que les propriétaires consommeraient moins d'électricité que les locataires. Enfin, les 4 méthodes s'accordent pour 7 régressions sur 40 (*i.e.* $N_{4/4}^{elec} = 7$). Pour ces périmètres, les coefficients estimés sont négatifs, ce qui signifierait que les propriétaires consommeraient moins d'électricité que les locataires. Ceci concerne la consommation d'électricité lorsque le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz, pour les périmètres « *Tertiaire* », « *Commerces* », « *Commerces de détail* », « *Commerces de détail non alimentaires* », et « *Commerces dont la surface est inférieure à 2000m²* », et la consommation d'électricité seule pour les périmètres « *Tertiaire* » et « *Bureaux* ».

e	Gaz		
k	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 20)
0	-	-	13
1	0	2	2
2	1	3	4
3	0	0	0
4	1	0	1
e	Électricité		
k	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 40)
0	-	-	15
1	1	3	4
2	0	13	13
3	0	1	1
4	0	7	7

Tableau 25- Synthèse des $N_{k/4}^e$ pour la variable « Statut d'occupation : Propriétaire »

La littérature théorique justifie la moindre consommation des propriétaires occupants dans le secteur résidentiel comparativement à celle des locataires à l'aide du phénomène nommé le « dilemme propriétaire-locataire ». Les propriétaires bailleurs ont peu d'incitation économique à investir dans l'amélioration de l'efficacité énergétique du logement qu'ils louent parce qu'ils vont subir les coûts des travaux ou des équipements neufs sans en récolter les bénéfices, étant donné que ce sont les locataires qui en général paient les factures énergétiques, et peuvent donc bénéficier de la réduction du montant des factures engendrée par les travaux financés par les propriétaires. À l'inverse, le propriétaire occupant est à la fois celui qui investit dans les travaux et celui qui récolte le bénéfice de la réduction du montant des factures, il a donc en théorie une plus grande incitation à réaliser des travaux d'économie d'énergie, et est donc censé *in fine* consommer moins d'énergie qu'un locataire toutes choses égales par ailleurs.

Cependant, d'autres explications de la différence de comportement énergétique entre les propriétaires et les locataires sont présentes dans la littérature. Belaïd (2016) suppose que les biens immobiliers loués sont moins énergivores que les biens immobiliers occupés par leurs propriétaires¹⁰³ parce qu'ils doivent se différencier sur le marché de l'immobilier de location, et que la performance énergétique peut être un moyen de cette différenciation, notamment à l'aide du Diagnostic de Performance Énergétique (DPE) ou des différents labels et certifications. Le DPE est un outil informationnel qui renseigne sur la consommation énergétique moyenne du logement (en kWh/m²/an) et sur les émissions de GES associées (en kg CO₂eq/m²/an). Il est obligatoire dans toutes les transactions immobilières depuis 2006 et doit apparaître sur tous les baux depuis 2010 (loi Grenelle 2). À la différence du DPE, les labels et certifications ne sont pas obligatoires, mais sont également un moyen de différenciation sur le marché de l'immobilier. Ils ont connu un essor important ces dernières

¹⁰³ C'est ce qu'il observe à l'aide d'une estimation économétrique de la demande d'énergie des ménages français. Il utilise pour cela la modélisation de la consommation énergétique conditionnelle aux équipements, selon l'approche *design-based*.

années (Plan Bâtiment Durable, 2013) . La certification permet aux biens immobiliers de se distinguer sur le marché immobilier et d'améliorer leurs performances économiques (montant du loyer plus élevé, délai de vacance plus court, etc.). Une nouvelle littérature théorique et empirique émerge sur la notion de « valeur verte » des bâtiments et sur sa mesure. Certaines définitions de la valeur verte se limitent à l'augmentation de la valeur de marché d'un bien immobilier résultant de la certification ou la labellisation de ses performances énergétiques et environnementales, augmentation calculée par rapport à un bien comparable mais sans certification ou label. D'autres définitions incluent dans la valeur verte des bénéfices supplémentaires : délais de commercialisation plus courts, taux de vacance plus faible, coûts de maintenance réduits, meilleure productivité des employés (pour le tertiaire de bureaux), etc. Certaines études empiriques ont tenté de quantifier ces différents aspects de la valeur verte. Miller, Spivey, et Florance (2008) estiment que le taux d'occupation est entre 2% et 4% plus élevé pour les bâtiments labellisés « Energy Star ». Eichholtz, Kok, et Quigley (2010) estiment que la certification énergétique des bâtiments permet une valorisation d'environ 6% du montant du loyer sur le marché immobilier tertiaire. Fuerst et McAllister (2011) estiment une valorisation des loyers d'environ 3% à 5% et une valorisation de la valeur vénale comprise entre 18% et 25%. Ces chiffres portent en général sur la valorisation des constructions neuves, et peu d'études portent sur le rythme de labellisation des rénovations ni sur l'impact de ces labels sur la valeur économique du bien rénové. Cependant, si les labellisations se multiplient sur le marché du neuf, cela peut avoir une influence sur le marché secondaire, puisque les propriétaires de ces biens immobiliers peuvent craindre l'obsolescence de leur bien et donc réaliser des travaux d'efficacité énergétique.

En résumé, certains auteurs considèrent que les propriétaires occupants sont plus incités à mettre en place des mesures d'efficacité énergétique que les locataires, en s'appuyant sur le « dilemme propriétaire-locataire », tandis qu'une autre partie des auteurs considère que les bâtiments loués sont plus efficaces énergétiquement que les bâtiments occupés par leur propriétaire, car les exigences de différenciation sur le marché immobilier ont fait émerger différents labels et outils informationnels qui, en valorisant les bâtiments certifiés par une hausse du loyer ou de la valeur vénale et une baisse du taux de vacance et du risque d'obsolescence, incitent les propriétaires bailleurs à entreprendre des actions d'efficacité énergétique sur leur bien ou leur parc immobiliers.

Cette coexistence de deux phénomènes opposés est également présente dans la littérature empirique. Parmi les articles étudiés dans le Chapitre 1, 18 introduisent le statut d'occupation comme variable explicative dans leur modèle. 9 de ces études montrent que les propriétaires consomment plus d'énergie que les locataires, 4 montrent que les propriétaires consomment moins d'énergie que les locataires et 5 n'observent pas d'effet significatif du statut d'occupation sur le volume d'énergie consommée.

Nos estimations ne mettent pas en évidence un effet significatif du statut d'occupation sur la consommation de gaz. En revanche, les quatre méthodes conduisent à l'estimation d'un effet significativement négatif du statut de propriétaire occupant sur la consommation d'électricité pour certains périmètres : « *Tertiaire* », « *Commerces* », « *Commerces de détail* » et « *Commerces de détail non alimentaires* » pour la consommation d'électricité sachant que

le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz, , et « *Tertiaire* », « *Bureaux* » et « *Commerces dont la surface est inférieure à 2000m²* » pour la consommation d'électricité sachant que le mix énergétique est composé d'électricité seule. Cela signifie que pour ces périmètres, les propriétaires consomment moins d'électricité que les locataires, toutes choses égales par ailleurs. L'interprétation de cette significativité est délicate. Il est difficile d'interpréter cela en termes de différences d'usages énergétiques, étant donné que nous avons également introduit parmi les variables explicatives certaines variables indiquant les usages de l'électricité, telles que la présence de climatisation ou d'informatique intensive (*cf* Tableau 19). Nous faisons face une fois de plus à l'une des difficultés majeures de l'analyse économétrique, à savoir la traduction d'un propos descriptif en propos explicatif. Si l'on se réfère à une partie de la littérature, ce résultat plaide en faveur du dilemme propriétaire-locataire. En revanche, le fait que les propriétaires consomment moins d'électricité que les locataires mais pas moins de gaz, pour les périmètres cités ci-dessus, laisse supposer un éventuel effet des équipements électriques.

3.4 Les caractéristiques des équipements

3.4.1 Le système de chauffage

La question posée dans le questionnaire de l'ECET est la suivante : « *Le système de chauffage de votre établissement est-il individuel ou collectif ? (c'est-à-dire commun avec d'autres utilisateurs) ? Ne pas inclure en individuel le simple réglage par bureau ou par chambre dans le cas d'un hôtel* ». Étant donné la tournure de la phrase, la possibilité qu'une partie des enquêtés ait mal compris la question, et donc éventuellement mal répondu, n'est pas à exclure. Cependant, nous considérons pour l'analyse économétrique que les individus ont correctement répondu à cette question, mais gardons cette possibilité en tête.

Parmi les établissements utilisant l'électricité comme énergie de chauffage (ils représentent 48% de l'échantillon), 23% disposent d'un chauffage collectif (soit 11% de l'échantillon). Parmi les établissements utilisant le gaz comme énergie de chauffage (ils représentent 30,4% de l'échantillon), 25,6% disposent d'un chauffage collectif (soit 7,8% de l'échantillon).

En ce qui concerne la consommation de gaz, les 4 méthodes convergent pour 3 périmètres vers un effet négatif de la variable « Chauffage au gaz collectif » (i.e. $N_{4/4}^{gaz} = 3$). Il s'agit des périmètres « *Bureaux* », « *Tertiaire dont la surface est inférieure à 2000 m²* », et « *Bureaux dont la surface est inférieure à 2000m²* ».

Pour le périmètre « *Bureaux* », les coefficients estimés par les 3 méthodes *model-based* (c'est-à-dire les approches *Conditionnelle* et les deux approches *DCC*) sont similaires : le coefficient est d'environ -0,13¹⁰⁴, ce qui signifie que les bâtiments disposant d'un chauffage au gaz collectif consomment environ 12% de gaz de moins que les bâtiments équipés de

¹⁰⁴ Notons tout de même que les significativités sont « faibles », dans le sens où les *p-values* sont comprises entre 5 et 10%.

chauffage au gaz individuel. Le coefficient estimé par l'approche *design-based* est plus élevé, il vaut -0,38, soit une consommation de gaz plus faible de 32%¹⁰⁵ pour les bâtiments disposant de chauffage au gaz collectif comparativement aux bâtiments disposant de chauffage au gaz individuel.

Pour le périmètre « *Bureaux dont la surface est inférieure à 2000m²* », les coefficients estimés à l'aide des trois approches *model-based* sont très proches, et plus élevés que pour le périmètre « *Bureaux* » : leur valeur est d'environ -0,21, ce qui correspond à une consommation de gaz plus faible de 20% pour les bâtiments équipés de chauffage collectif au gaz comparativement aux bâtiments équipés de chauffage individuel au gaz, toutes choses égales par ailleurs. Ces résultats sont plus significatifs que les précédents, car les *p-values* associées aux coefficients estimés par les trois méthodes *model-based* sont comprises entre 1% et 5%. Le coefficient estimé par l'approche *design-based* a une valeur d'environ -0,35 (et une *p-value* comprise entre 5% et 10%), ce qui correspond à une différence d'environ 30%.

Enfin, pour le périmètre « *Tertiaire dont la surface est inférieure à 2000 m²* », les coefficients estimés par les trois méthodes *model-based* sont proches, et leur valeur est d'environ -0,15, ce qui correspond à une consommation de gaz plus faible d'environ 14% pour les bâtiments disposant d'un système de chauffage au gaz collectif comparativement aux bâtiments disposant d'un chauffage au gaz individuel. Le coefficient estimé par la méthode *design-based* est plus important, sa valeur est d'environ -0,55, soit une différence d'environ 42%.

Même si les valeurs des coefficients estimés par les méthodes *model-based* d'une part et *design-based* d'autre part sont différentes pour les 3 périmètres précités, elles révèlent néanmoins un effet non négligeable du type de système de chauffage sur la consommation de gaz, puisque d'après l'estimation la plus basse, les bâtiments équipés d'un chauffage au gaz collectif ont une consommation de gaz inférieure de 12% à celle des bâtiments équipés d'un chauffage au gaz individuel.

En ce qui concerne la consommation d'électricité, et plus particulièrement la consommation d'électricité sachant que le mix énergétique est composé d'électricité seule¹⁰⁶, il n'existe pas de périmètre où les quatre méthodes d'estimations convergent (i.e. $N_{4/4}^{elec} = 0$). Cela dit, 8 périmètres affichent des résultats convergents pour 3 méthodes sur 4, ces trois méthodes étant les trois méthodes *model-based* (i.e. $N_{3/4}^{elec} = 8$). Il s'agit des périmètres « *Tertiaire* », « *Commerces* », « *Information & Communication* », « *Commerces de détail* », « *Commerces de détail non alimentaires* », « *Tertiaire dont la surface est inférieure à 2000 m²* », « *Commerces dont la surface est inférieure à 2000 m²* » et « *Hôtellerie-restauration dont la surface est inférieure à 2000 m²* ». Les coefficients obtenus par les trois méthodes sont très similaires. Ils sont systématiques négatifs, et leur valeur est comprise entre -0,10 pour le périmètre « *Tertiaire* » (ce qui correspond à une consommation d'électricité plus faible d'environ 10% pour les bâtiments équipés de système de chauffage électrique collectif

¹⁰⁵ Étant donné la spécification log-linéaire du modèle économétrique, il suffit de prendre l'exponentielle de la valeur du coefficient d'une variable catégorielle pour obtenir l'effet sur la consommation d'énergie de cette variable.

¹⁰⁶ Car dans le cas où le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz, l'énergie de chauffage est quasi-systématiquement le gaz.

comparativement aux bâtiments équipés de système de chauffage électrique individuel) et - 0,55 pour le périmètre « *Hôtellerie-restauration dont la surface est inférieure à 2000 m²* » (ce qui correspond à une consommation d'électricité plus faible d'environ 42% pour les bâtiments équipés de système de chauffage électrique collectif contrairement aux bâtiments équipés de système de chauffage électrique individuel).

<i>e</i>	Gaz		
<i>k</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 20)
0	-	-	8
1	0	7	7
2	0	0	0
3	1	1	2
4	0	3	3
<i>e</i>	Électricité		
<i>k</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 40)
0	-	-	23
1	3	5	8
2	1	0	1
3	0	8	8
4	0	0	0

Tableau 26 - Synthèse des $N_{k/4}^e$ pour la variable « Chauffage : collectif »

L'analyse de ces résultats est délicate. Notons tout d'abord qu'il ne s'agit pas *a priori* d'un effet lié au phénomène du *passager clandestin*¹⁰⁷ tel qu'il a été mis en évidence à plusieurs reprises dans des articles analysant les déterminants de la consommation d'eau des ménages¹⁰⁸. Ces articles montrent que les ménages habitant dans un immeuble collectif et payant leurs factures d'eau dans les charges collectives de l'immeuble consomment plus d'énergie que les ménages disposant d'un compteur individuel. Le parallèle avec la question de la consommation d'eau est peu pertinent, car d'après Barraqué (2013), « *si EDF et GDF gèrent la distribution au domicile de chaque ménage, ce n'est pas le cas pour l'eau : dans les immeubles collectifs, il n'y a souvent qu'un compteur au pied d'immeuble, et la compagnie ou la régie envoie une seule facture au gestionnaire, et ne s'occupe pas des réseaux intérieurs* ». Dans le cas de l'ECET, il ne peut pas s'agir d'un phénomène de *passager clandestin*, car les établissements connaissent précisément leurs charges énergétiques. En effet, les compteurs de gaz et d'électricité sont très souvent individuels, et de plus ces établissements ont rempli le formulaire de l'ECET, qui relève les volumes consommés de chaque énergie et les montants

¹⁰⁷ L'eau qui arrive dans un immeuble pour alimenter les foyers est un bien commun : il y a rivalité mais pas exclusion possible. Seulement, comme le dit Barraqué (2013), « la rivalité n'est pas du même type que celle provoquée par la rareté de la ressource, elle porte sur la répartition de la facture ». En général, la facture d'eau collective est répartie au *pro rata* de la surface de l'immeuble. Un gaspilleur augmente les charges d'eau de tout l'immeuble, mais ne subit qu'une fraction de cette hausse. En ce sens, il est un passager clandestin.

¹⁰⁸ Foddy (1999), Inman et Jeffrey (2006), Olmstead et Stavins (2009), Barraqué (2011), Barraqué (2013)

des factures associées. D'après le document méthodologique de l'enquête¹⁰⁹, l'unité statistique enquêtée est « *le lieu géographique où se trouvent les compteurs d'électricité et de gaz. C'est également le lieu où le plus souvent sont adressées les factures des fournisseurs d'énergie* ».

En outre, l'effet que nous obtenons va à l'encontre du phénomène de *passager clandestin* tel qu'il existe dans le domaine de la consommation domestique d'eau puisque nous observons que les établissements disposant d'un système de chauffage au gaz collectif consomment moins de gaz que ceux disposant d'un chauffage au gaz individuel.

Parmi les articles composant notre corpus de référence, aucun n'étudie la différence de consommation entre un bâtiment chauffé à l'aide d'un système de chauffage collectif et un bâtiment chauffé à l'aide d'un système de chauffage individuel. La littérature que nous avons étudiée ne nous fournit donc pas d'explication de la différence de consommation que nous avons constatée pour certains périmètres. Nous pouvons penser que les systèmes de chauffage collectifs sont mieux gérés, en nous inspirant des faits observés dans le résidentiel. D'après le guide de l'ADEME (2009), l'entretien des chaudières est obligatoire¹¹⁰ et doit être réalisé chaque année. Lorsque la chaudière est individuelle, c'est le ménage qui est responsable de l'entretien de sa chaudière et qui doit être à l'initiative de la prise de rendez-vous avec un spécialiste, qu'il soit propriétaire ou locataire. Lorsque la chaudière est collective, l'entretien est à l'initiative du propriétaire ou du syndicat des copropriétaires de l'immeuble. Par ailleurs, l'ADEME estime que l'entretien régulier d'une chaudière permet l'économie d'environ 8% à 12% du combustible (ADEME, 2011). Ce chiffre est de l'ordre de grandeur des estimations que nous avons réalisées. Le professionnel peut en outre fournir des conseils personnalisés pour améliorer l'efficacité de la chaudière. Or, malgré le caractère obligatoire de cet entretien, une étude réalisée pour le syndicat SYNSASAV¹¹¹ (SYNASAV, 2015) montre que 26% du parc résidentiel n'est pas entretenu. Cette étude révèle que certains ménages ne font pas réaliser d'entretien de leur chaudière parce qu'ils ne pensent pas que cela leur incombe s'ils sont locataires. Selon une autre source¹¹², 30% à 50% des chaudières dans le résidentiel ne seraient pas entretenues.

Ainsi, ces phénomènes mis en évidence dans le résidentiel peuvent exister dans le tertiaire, bien que nous n'ayons pas trouvé d'étude sur ce sujet. Ceci est d'autant plus vrai qu'une partie non négligeable des activités tertiaires ont lieu dans des bâtiments résidentiels (activités d'avocats, d'architectes, de juristes, etc.). D'après l'ECET, environ 37% des activités ont lieu au domicile du répondant. Ceci est également cohérent avec le fait que les périmètres pour lesquels l'effet de la modalité « *Chauffage collectif* » est significatif sont les « *Bureaux* », les « *Bureaux dont la surface est inférieure à 2000 m²* » et le « *Tertiaire dont la surface est inférieure à 2000 m²* ».

¹⁰⁹ Disponible ici : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=sources/sou-enq-conso-energie-tertiaire-ecet.htm>

¹¹⁰ Décret n°2009-649

¹¹¹ Syndicat National de la Maintenance et des Services en Efficacité Énergétique

¹¹² http://www.actu-environnement.com/ae/news/entretien_controle_chaudiere_7726.php4

La différence de consommation entre les bâtiments dont le système de chauffage est collectif et ceux dont le système de chauffage est individuel pourrait provenir d'une différence d'entretien et de maintenance du système, puisque dans le premier cas, la gestion du système de chauffage serait externalisée (syndicat de copropriété, gestionnaire de parc immobilier tertiaire, etc.) et donc assurée par un professionnel, tandis que dans le second cas, l'établissement locataire serait responsable de l'entretien de sa chaudière, qui pourrait potentiellement être moins rigoureux, par manque d'incitation ou d'information. Une nouvelle fois, nous sommes limitée puisque nous ne pouvons que formuler des propos explicatifs hypothétiques. Il serait intéressant d'étudier la question de la gestion et de la maintenance des systèmes énergétiques dans les établissements tertiaires. Renault (2012) et Renault-Giard (2015) ont déjà apporté la preuve que cette question est tout à fait légitime, puisque qu'ils montrent que dans le résidentiel, les pratiques des usagers comme du corps professionnel responsable de la maintenance des équipements¹¹³ s'écartent fortement des pratiques escomptées par les architectes, urbanistes, ingénieurs et autres producteurs de solutions techniques, technologiques ou managériales. L'efficacité de ces dernières s'en retrouve fortement dégradée.

3.4.2 La climatisation

D'après le Tableau 19, environ 54% des établissements de l'échantillon sont équipés de climatisation, ce qui correspond à environ 29% de la population. Nous n'étudions que l'impact de la climatisation sur la demande d'électricité.

Les quatre méthodes d'estimation s'accordent sur l'existence d'un effet significatif de la présence d'équipement de climatisation sur la consommation d'électricité, cet effet étant positif, pour 17¹¹⁴ périmètres sur 40 (i.e. $N_{4/4}^{elec} = 17$). Notons que le périmètre « *Bureaux* » et tout périmètre inclus dans le périmètre « *Bureaux* » (« *BFA-Services immatériels* », « *Services matériels* », « *Information & Communication* ») font partie de ces périmètres. L'usage de la climatisation a un impact significatif positif pour les établissements de ces périmètres. Il en va de même pour le « *Tertiaire* » dans son ensemble, et pour les « *Commerces de détail non alimentaires* ». En revanche, la climatisation n'a pas d'impact significatif pour les périmètres « *Commerces* », « *Commerces de détail* », « *Commerces de détail alimentaires* », « *Commerces de gros* » et « *Commerces de gros non alimentaires* ». Enfin, pour les établissements du périmètre « *Hôtellerie-Restauration* », la présence d'une climatisation n'a d'effet significatif (positif) que lorsque le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz. L'effet n'est pas significatif pour les établissements de ce périmètre disposant d'un mix énergétique composé d'électricité seule. Dans ce dernier cas, le système de production de chauffage est à l'électricité. On peut donc penser que si l'établissement utilise la climatisation lorsque la température est élevée, il utilise peut-être moins de chauffage en hiver, ce qui

¹¹³ Dans son étude, il s'agit des chauffe-eau solaires dans l'habitat collectif.

¹¹⁴ Cf Tableau 100 et Tableau 101

explique que la consommation d'électricité annuelle ne soit pas affectée par l'usage de la climatisation.

<i>e</i>	Électricité		
<i>k</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 40)
0	-	-	15
1	3	2	5
2	2	0	2
3	0	1	1
4	17	0	17

Tableau 27 - Synthèse des $N_{k/4}^e$ pour la variable « Climatisation à l'électricité »

La Figure 34 présente la répartition des différentes estimations du coefficient associé à la variable « Présence de climatisation ».

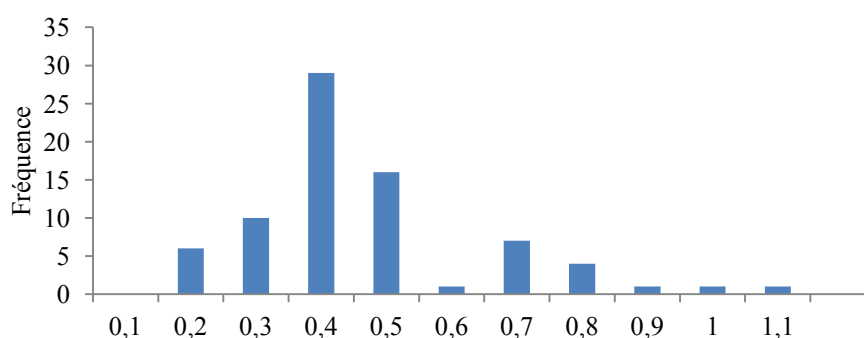


Figure 34 - Histogramme de répartition de la valeur du coefficient estimé associé à la variable "Présence de climatisation"

La valeur la plus fréquente (qui est également la valeur moyenne dans notre cas) est 0,4, ce qui correspond à une consommation d'électricité plus élevée d'environ 50% pour les bâtiments équipés de climatisation comparativement aux établissements n'en disposant pas. Cela représente une valeur moyenne qu'il serait intéressant de décliner par zone géographique, ou en multipliant la variable binaire « Présence de climatisation » par la variable « DJU », de même que Branch (1993) a multiplié la variable « HDD » par la variable « présence de chauffage électrique » et la variable « CDD » par la variable « Présence de climatisation ».

Nous rappelons qu'au Chapitre 1, nous n'avions identifié que quelques études analysant l'impact de la climatisation sur la quantité d'électricité consommée. Branch (1993) estime que la consommation d'électricité des ménages disposant de la climatisation de leur logement est supérieure d'environ 300% à celle des ménages qui n'en disposent pas¹¹⁵. Lee et Singh

¹¹⁵ La variable a été croisée avec la variable « CDD ».

(1994) montrent que la présence d'une climatisation a un impact positif significatif sur la consommation d'énergie, mais ne convertissent pas le coefficient de leur modèle économétrique en valeur directement interprétable¹¹⁶. L'étude de Chong (2012) révèle un impact significatif de la présence de climatisation sur la consommation journalière d'électricité et sur la « sensibilité de la consommation à la hausse de la température »¹¹⁷. Seul Belaïd (2016) observe que la présence de climatisation a un effet négatif sur la consommation totale d'énergie, alors que selon lui, l'effet devrait être positif. Cependant, l'auteur modère son résultat en précisant qu'il peut cacher l'effet de la localisation, car les ménages utilisant la climatisation peuvent être situés dans des zones plus chaudes, ce qui réduit les besoins de chauffage. Nous pensons que c'est ce dernier phénomène que nous observons pour le périmètre « *Hôtellerie-restauration* », car la variable « Présence de climatisation » est significative lorsque le mix énergétique est composé de gaz et d'électricité (les économies de chauffage ne permettent pas de réduire la consommation d'électricité car le système de chauffage est au gaz) mais non significative quand le mix énergétique est composé d'électricité seule (probablement car la hausse de la consommation associée à l'utilisation de la climatisation est compensée par la réduction des besoins de chauffage, et donc d'électricité lorsque l'établissement n'utilise que de l'électricité).

3.4.3 L'isolation du bâtiment

La question formulée dans le questionnaire de l'ECET était la suivante : « *Quelle est globalement la qualité de l'isolation de votre établissement ?* ». L'enquêté pouvait choisir une réponse parmi les suivantes : « Très bonne », « Bonne », « Mauvaise » ou « Très mauvaise ». Pour notre analyse économétrique, nous avons rassemblé en une seule modalité « Très bonne ou bonne » les modalités « Très bonne » et « Bonne » et en une seule modalité « Très mauvaise ou mauvaise » les modalités « Très mauvaise » et « Mauvaise ». La modalité de référence est « Très mauvaise ou mauvaise ». D'après le Tableau 19, 70% de l'échantillon présente une isolation de qualité « Très bonne ou bonne ».

En ce qui concerne la consommation de gaz, les quatre méthodes d'estimation s'accordent sur un effet significatif négatif de la modalité « Très bonne ou bonne » pour 7 périmètres sur 20 (i.e. $N_{4/4}^{gaz} = 7$). Il s'agit des périmètres « *Tertiaire* », « *Tertiaire dont la surface est inférieure à 2000 m²* », « *Bureaux* », « *Bureaux dont la surface est inférieure à 2000 m²* », « *BFA-Services immatériels* », « *Commerces de gros* » et « *Commerces de gros non alimentaires* ». Étant donné la modalité prise pour référence, un signe négatif signifie que les bâtiments dont la qualité de l'isolation a été jugée globalement « Très bonne ou bonne » consomment moins que les bâtiments dont la qualité de l'isolation a été jugée globalement

¹¹⁶ La valeur d'un coefficient dans un modèle économétrique n'est directement interprétable que si le modèle en question est log-linéaire. Dans le cas contraire, il est nécessaire de disposer des valeurs moyennes des variables.

¹¹⁷ Il s'agit de la variation de la consommation consécutive à l'augmentation de la température extérieure d'1°F.

« Très mauvaise ou mauvaise ». Notons que pour 11 périmètres sur 20, aucune des méthodes n'a trouvé de coefficient significatif (i.e. $N_{0/4}^{\text{gaz}} = 11$).

Pour les périmètres « *Tertiaire* » et « *Tertiaire dont la surface est inférieure à 2000 m²* », les trois approches *model-based* estiment des coefficients d'amplitude similaire, qui correspondent à une consommation de gaz plus faible d'environ 12% à 14% pour les bâtiments jugés bien isolés par rapport aux bâtiments jugés mal isolés. L'estimation par l'approche *design-based* fournit une valeur plus élevée en absolu, qui correspond à une différence de consommation de gaz d'environ 24% entre les bâtiments « bien isolés » et les bâtiments « mal isolés ».

Pour les périmètres « *Bureaux* », « *Bureaux dont la surface est inférieure à 2000 m²* » et « *BFA-Services immatériels* », les coefficients estimés sont là aussi très proches. Les trois méthodes *design-based* fournissent des valeurs comprises entre -0,21 et -0,3, ce qui correspond à une consommation de gaz inférieure d'environ 19% à 26% pour les bâtiments jugés « bien isolés » comparativement à ceux jugés « mal isolés ». Les estimations selon les approches *design-based* sont de nouveau plus élevées, avec des coefficients d'environ -0,57, ce qui correspond à une consommation de gaz plus faible d'environ 43%. Notons que pour ces trois périmètres, la significativité des résultats est élevée, puisque la *p-value* est systématiquement inférieure à 1%.

Pour les périmètres « *Commerces de gros* » et « *Commerces de gros non alimentaires* », les coefficients estimés par les méthodes *model-based* sont similaires entre eux, tandis que les coefficients estimés par les méthodes *design-based* sont similaires entre eux. Les méthodes *model-based* fournissent une valeur d'environ -0,26, tandis que les méthodes *design-based* fournissent une valeur plus élevée d'environ -0,65. Ces valeurs correspondent respectivement à une consommation de gaz inférieure de 21% et de 48% pour les bâtiments « bien isolés » comparativement aux bâtiments « mal isolés ».

En ce qui concerne la consommation d'électricité, l'effet de la qualité de l'isolation est inexistant. Il n'y a pas de périmètre sur lequel les quatre méthodes d'estimation s'accordent sur un effet significatif (i.e. $N_{4/4}^{\text{élec}} = 0$). À l'inverse, pour 25 périmètres sur 40, aucune des méthodes ne fournit de résultat significatif (i.e. $N_{0/4}^{\text{élec}} = 25$), tandis que pour 10 périmètres sur 40, une seule des méthodes conclut à un effet significatif (i.e. $N_{1/4}^{\text{élec}} = 10$), et même le signe de cet effet varie d'un périmètre à l'autre. Aucun effet de la qualité de l'isolation sur la consommation d'électricité ne peut être mis en avant par nos estimations.

<i>e</i>	Gaz		
<i>k</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 20)
0	-	-	11
1	1	1	2
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	7	7
<i>e</i>	Électricité		
<i>k</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 40)
0	-	-	25
1	1	9	10
2	2	0	2
3	2	1	3
4	0	0	0

Tableau 28 - Synthèse des $N_{k/4}^e$ pour la variable « Qualité de l'isolation : bonne ou très bonne »

La différence entre les résultats concernant le gaz et ceux concernant l'électricité peut s'expliquer en partie parce que la qualité de l'isolation n'agit que sur les besoins de chauffage (et de climatisation). Lorsque l'on estime l'effet de la qualité de l'isolation sur l'électricité, on ne peut pas isoler la part de l'électricité consacrée au chauffage de l'établissement. Or, l'isolation n'agit pas sur les autres usages de l'électricité, ce qui peut expliquer l'absence de significativité. D'un autre côté, la part de l'électricité consacrée au chauffage de l'établissement est importante, suffisamment importante pour laisser apparaître un effet. L'explication est donc probablement autre. Cela dit, parmi notre corpus de référence, trois articles proposent un résultat similaire, à savoir que l'isolation a un effet significatif sur la consommation de gaz (la consommation est plus faible pour un bâtiment mieux isolé) mais n'a pas d'effet significatif sur la consommation d'électricité. Il s'agit des études de Lee et Singh (1994), de Berkhout, Ferrer-i-Carbonell, et Muskens (2004) et de Brounen, Kok, et Quigley (2012).

Les résultats que nous venons de détailler (la significativité comme l'absence de significativité, ainsi que l'amplitude des effets significatifs) sont à interpréter avec prudence, étant donné que nous n'avons pas directement accès à la qualité réelle de l'isolation du bâtiment, mais à la perception de cette qualité, par une seule personne, qui doit la qualifier de manière discrète, à l'aide de quatre modalités. Cette variable n'est pas inintéressante mais n'est pas suffisamment précise pour évaluer statistiquement l'impact de la qualité de l'isolation sur la quantité d'énergie consommée. Dans l'étude de Risch et Salmon (2013), ce sont également les enquêtés (dans ce cas les ménages) qui jugent la qualité de l'isolation de leur logement. Les auteures montrent que la qualité de l'isolation a un impact significatif négatif pour les ménages habitant dans un appartement, mais ceci uniquement pour la modalité désignant l'isolation récente (dans les 10 dernières années). Les autres modalités (ancienne mais suffisante, ancienne mais insuffisante) ne sont pas significatives. La qualité de l'isolation n'est pas significative pour les ménages habitant en maison individuelle.

Les autres études considérant la qualité de l'isolation dans leur modèle économétrique concluent à un effet faible de cette variable sur la consommation d'énergie. Hong et al. (2006) estime une réduction de la consommation d'énergie pour le chauffage comprise entre 10 et 17%, alors que le modèle théorique ingénieur prévoit une réduction comprise entre 45% et 49%. Brounen, Kok, et Quigley (2012) estiment qu'une isolation plus épaisse apporte une réduction d'environ 3% de la consommation de gaz par tête. Wyatt (2013), à l'aide d'une comparaison des consommations avant et après isolation, estime que l'isolation des murs creux seule provoque une diminution de la consommation de gaz comprise entre 14% et 17,5%, tandis que l'isolation des combles seule provoque une diminution comprise entre 8,5% et 11,3%. Nos estimations sont plutôt en ligne avec ces chiffres, même s'il n'est pas très rigoureux de comparer des coefficients de variables définies de façons très différentes (jugement de l'enquêté d'une part et analyse avant/après isolation du bâtiment d'autre part).

3.5 Le prix de l'énergie

Le prix de l'énergie est sans doute, parmi les variables impactant la demande d'énergie, celle qui fait l'objet de la plus grande attention de la part des économistes. Puisque le prix de l'énergie a un impact significatif négatif sur le volume d'énergie consommée, il constitue un levier de réduction des consommations d'énergie et des émissions de GES associées. Depuis plusieurs décennies, l'augmentation du prix de l'énergie, *via* une taxe carbone pour les secteurs résidentiels et tertiaires, constitue pour certains le fer de lance de la politique énergétique à mener. Cependant, certains désaccords persistent sur l'efficacité et sur l'équité de cet instrument. Les études empiriques cherchent à quantifier cette efficacité par le calcul de l'élasticité-prix de la demande d'énergie, et parfois à estimer les conséquences redistributives d'une hausse du prix de l'énergie (Kirat, Charlier, et Fodha, 2016).

La variable de prix de l'énergie e , p_e , est définie dans la base de données de l'ECET comme le ratio du montant de la facture énergétique (en €) sur le volume consommé (en MWh), tous deux renseignés par l'enquêté. Il s'agit donc d'un prix moyen. Ce prix moyen, disponible dans la base de données, a été calculé par le service producteur des données. Étant donné sa définition, cette variable n'est observée que pour les établissements qui disposent de la source d'énergie e dans leur mix énergétique f . Pour ceux qui n'en disposent pas, p_e n'est pas observée. Cet aspect n'est pas problématique pour ce qui concerne l'estimation de la demande d'énergie e . En revanche, pour l'estimation du modèle Logit multinomial, qui estime pour chaque établissement la probabilité qu'il choisisse un mix énergétique constitué de l'énergie e , il est nécessaire d'attribuer une valeur à la variable du prix de l'énergie même lorsque l'établissement ne consomme pas de cette énergie. En effet, comme dans la plupart des articles ayant estimé un modèle Logit multinomial de la sorte, il paraît pertinent d'introduire à la fois le prix de l'énergie qui a été choisie et les prix des énergies qui n'ont pas été choisies, puisqu'on suppose que le choix d'un mix énergétique repose en partie sur une comparaison des coûts des différentes options. Nous définissons donc :

$$p'_{s,e} = \begin{cases} p_{e,e} & \text{si la source d'énergie } e \text{ fait partie du mix énergétique de l'établissement } s \\ \bar{p}_e & \text{sinon} \end{cases}$$

Où \bar{p}_e correspond à la moyenne de la variable p_e .

Les Figure 35 et Figure 36 présentent la distribution du prix du gaz et de l'électricité dans la population.

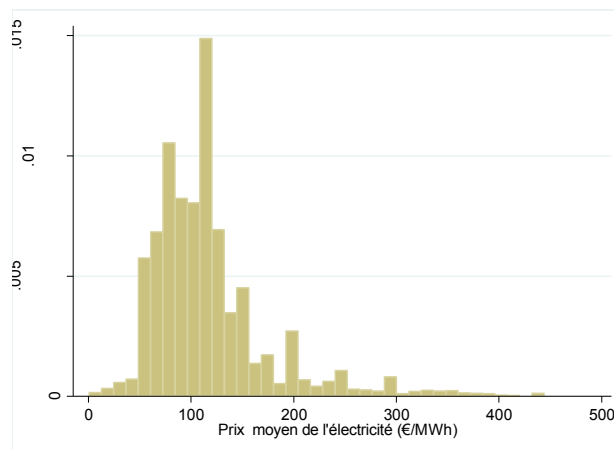


Figure 35 - Histogramme du prix moyen de l'électricité dans la population de l'ECET (€/MWh)

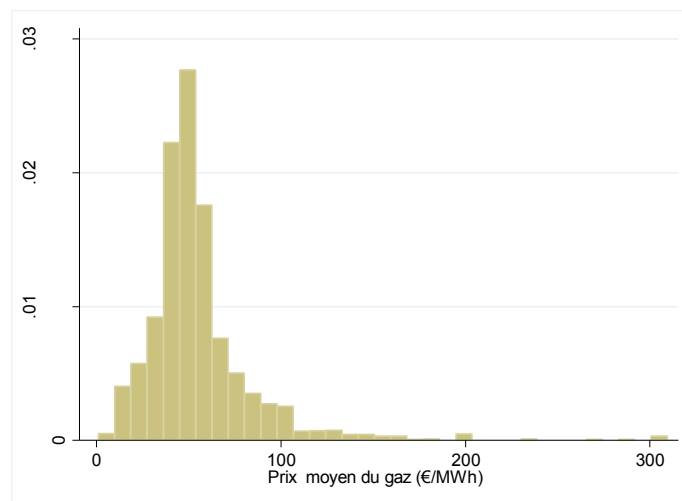


Figure 36 - Histogramme du prix moyen du gaz dans la population de l'ECET (€/MWh)

En ce qui concerne la demande de gaz, les méthodes s'accordent sur un effet significatif négatif du prix du gaz pour 10 périmètres sur 20 (i.e. $N_{4/4}^{\text{gaz}} = 10$). Il s'agit des périmètres « Tertiaire », « Tertiaire dont la surface est inférieure à 2000 m² », « Commerces », « Commerces dont la surface est supérieure à 2000 m² », ainsi que tous les sous-ensembles du périmètre « Commerces ». Pour 8 périmètres sur 20, 3 méthodes sur 4 s'accordent sur un effet

significatif négatif (i.e. $N_{3/4}^{\text{gaz}} = 8$). Il s'agit des périmètres « Bureaux », « Bureaux dont la surface est supérieure à 2000 m² », « Hôtellerie-restauration », « Hôtellerie-restauration dont la surface est inférieure à 2000 m² », ainsi que les sous-ensembles « BFA-Services immatériels » et « Services matériels ». Pour tous ces périmètres, ce sont les trois mêmes méthodes qui s'accordent, à savoir les méthodes *Conditionnelle*, *Pondérée* et *DMF*. Pour ces 8 périmètres, la méthode *DMF2* ne conduit pas à un résultat significatif.

En ce qui concerne la demande d'électricité, les 4 méthodes s'accordent sur un effet significatif négatif du prix de l'électricité sur le volume d'électricité consommé pour 34 périmètres sur 40 (i.e. $N_{4/4}^{\text{elec}}=34$). Pour 4 périmètres sur 4, seules 3 méthodes sur les 4 s'accordent sur un résultat significatif négatif (i.e. $N_{3/4}^{\text{elec}}=4$).

Sans ambiguïté, nos estimations montrent que le prix moyen de l'énergie a un effet négatif significatif sur la demande d'énergie, que cette énergie soit du gaz ou de l'électricité. L'amplitude de cet effet, c'est-à-dire la valeur de l'élasticité-prix directe de la demande d'électricité et de la demande de gaz, varie d'un périmètre à l'autre et d'une méthode d'estimation à l'autre. Étant donné le nombre élevé de coefficients estimés, nous proposons différentes présentations de ces valeurs (tableaux, histogramme et graphiques « radar »¹¹⁸) afin de mettre en évidence les principales caractéristiques. Notons que le coefficient estimé s'interprète directement comme une élasticité-prix, étant donné que les variables de prix de l'énergie et de quantités d'énergie consommées sont exprimées en logarithme.

<i>e</i>	Gaz		
<i>k</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 20)
0	-	-	1
1	0	0	0
2	0	1	1
3	0	8	8
4	0	10	10
<i>e</i>	Électricité		
<i>k</i>	L'effet est positif	L'effet est négatif	Total (sur 40)
0	-	-	0
1	0	0	0
2	0	2	2
3	0	4	4
4	0	34	34

Tableau 29 - Synthèse des $N_{k/4}^e$ pour la variable « Prix de l'énergie *e* »

¹¹⁸Les coefficients non significatifs n'ont pas été reportés sur les graphiques « radar ».

	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC	
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-1.250***	-0.953***	-1.228***	-1.233***	-1.093***	-0.981***	-1.074***	-1.083***	-1.195***	-0.949***	-0.361**	-1.086***
Bureaux	-1.176***	-0.901***	-1.165***	-1.168***	-1.167***	-1.020***	-1.040***	-1.073***	-1.080***	-0.887***	0.102	-0.700***
Commerces	-1.434***	-1.213***	-1.412***	-1.411***	-0.895***	-0.908***	-0.856***	-0.858***	-1.420***	-0.904***	-1.798***	-2.052***
Hôtellerie-restauration	-0.803***	-0.562***	-0.813***	-0.804***	-1.141***	-0.998***	-1.561***	-1.229***	-1.184***	-1.157***	-0.683	-1.499***
BFA-Services immatériels	-1.090***	-0.611**	-1.163***	-1.135***	-1.135***	-1.037***	-1.092***	-1.128***	-1.058***	-0.828***	-0.366	-1.132***
Services matériels	-1.267***	-1.392***	-0.510	-1.411***	-0.803***	-0.973***	-0.433	-0.476**	-1.422***	-1.204***	-0.432	-2.923***
Information & Communication	-1.061***	-1.884***	-1.072***	-1.091***	-1.617***	-1.102***	-1.872***	-1.896***	-0.342	-0.863	0.520	0.495
Commerces de détail	-1.438***	-0.952***	-1.483***	-1.458***	-0.784***	-0.741***	-0.766***	-0.756***	-1.529***	-0.910***	-1.949***	-2.136***
Commerces de détail alimentaires	-1.000***	-0.807***	-1.039***	-1.042***	-0.918***	-0.459	-2.173***	-1.379***	-0.966***	-0.786***	-1.043***	-1.042***
Commerces de détail non alimentaires	-1.704***	-1.091***	-1.859***	-1.563***	-0.736***	-0.702***	-0.812***	-0.802***	-1.925***	-1.039***	-2.636***	-3.070***
Commerces de gros	-1.348***	-2.114***	-1.348***	-1.346***	-1.110***	-1.534***	-1.107***	-1.108***	-1.086***	-1.221***	-1.293***	-1.213***
Commerces de gros non alimentaires	-1.276***	-2.072***	-1.260***	-1.259***	-1.164***	-1.706***	-1.152***	-1.166***	-1.056***	-1.205***	-1.082***	-1.212***

Tableau 30 - Élasticité-prix estimées

Note de lecture : les données italiennes sont à utiliser avec précaution car estimées sur un nombre d'observations relativement faible (entre 200 et 500 observations)

D'après la Figure 37, qui présente les valeurs de l'élasticité-prix de la demande d'électricité sachant que le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz, on constate que quel que soit le périmètre d'estimation, les coefficients estimés par les méthodes *Conditionnelle*, *DMF* et *DMF2* sont très proches. Ce constat entre en contradiction avec le discours des utilisateurs de l'approche *DCC*. En effet, d'après eux, le prix de l'énergie a un effet à la fois sur la demande d'énergie et sur le choix des équipements énergétiques. Ne pas prendre en compte ce double effet reviendrait à sous-estimer la valeur de l'élasticité-prix de la demande d'énergie, car cela reviendrait à considérer que la seule réaction au signal-prix serait la modération du volume consommé, et à ignorer l'ajustement du stock d'équipement à la variation de prix. Dans notre étude, pour ce qui est de la demande d'électricité lorsque le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz, c'est-à-dire la demande d'électricité pour d'autres usages que le chauffage, les méthodes *Conditionnelle* et *DCC* convergent vers une même valeur de l'élasticité-prix. Les valeurs obtenues par ces trois méthodes d'estimation sont comprises entre -2 et -0,8. Les commerces de détail non alimentaires présentent la valeur de l'élasticité-prix la plus élevée (autour de -1,7) alors que les commerces de détail alimentaires présentent une valeur d'environ -1. Les commerces de gros non alimentaires présentent une valeur intermédiaire, d'environ -1,25. Les sous-ensembles du périmètre « Bureaux » semblent relativement homogènes, avec des valeurs de l'élasticité-prix proches de -1,2. Enfin, les établissements du périmètre « Hôtels-restauration » sont les moins réactifs au signal-prix, puisque les valeurs de l'élasticité-prix sont proches de -0,8.

Les coefficients estimés par la méthode *design-based* ne sont pas systématiquement inférieurs ou supérieurs aux estimations par les méthodes *model-based*, mais parfois l'un et parfois l'autre. Selon cette méthode, l'élasticité-prix de la demande d'électricité lorsque le mix énergétique est composé de gaz et d'électricité peut parfois être supérieure à -2, pour les branches « *Commerces de gros* » et « *Commerces de gros non alimentaires* ».

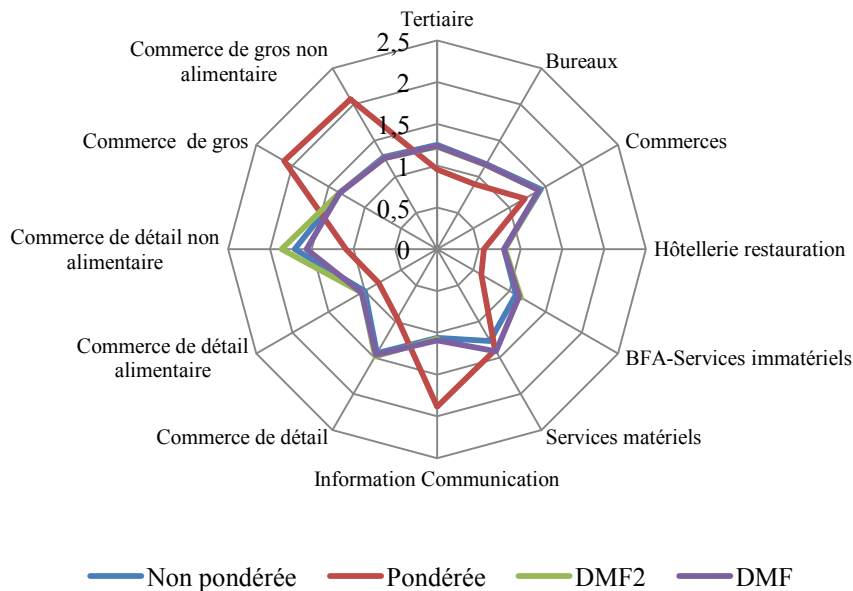


Figure 37 - Élasticité de la demande d'Électricité | Mix énergétique : Électricité et gaz

D'après la Figure 38, qui présente les valeurs de l'élasticité-prix de la demande d'électricité lorsque le mix énergétique est composé d'électricité seule, on constate que les 4 méthodes convergent vers des valeurs très similaires, pour les périmètres « *Tertiaire* » (environ -1), « *Bureaux* » (environ -1), « *BFA-Services immatériels* » (environ -1), « *Commerces de détail* » (environ -0,7), « *Commerces de détail non alimentaires* » (-0,7 à -0,8). Pour le périmètre « *Commerces de détail alimentaires* » et dans une moindre mesure le périmètre « *Hôtellerie-restauration* », les estimations par les méthodes *DCC* sont plus élevées que l'estimation par la méthode *Conditionnelle*, conformément à l'idée que la première famille de méthode considère les effets directs (sur la consommation d'énergie) et indirect (sur le choix du mix énergétique) de la variation de prix sur la demande d'énergie, et doit donc aboutir à une valeur de l'élasticité-prix plus élevée que celle obtenue par la méthode *Conditionnelle*, qui ne considère que l'effet direct. Enfin, à l'exception des périmètres « *Commerces de gros* » et « *Commerces de gros non alimentaires* », les estimations par l'approche *design-based* sont relativement similaires aux estimations par les méthodes *model-based* (sauf pour les périmètres « *Commerces de gros* », « *Commerces de gros non alimentaires* » et « *Information & Communication* »).

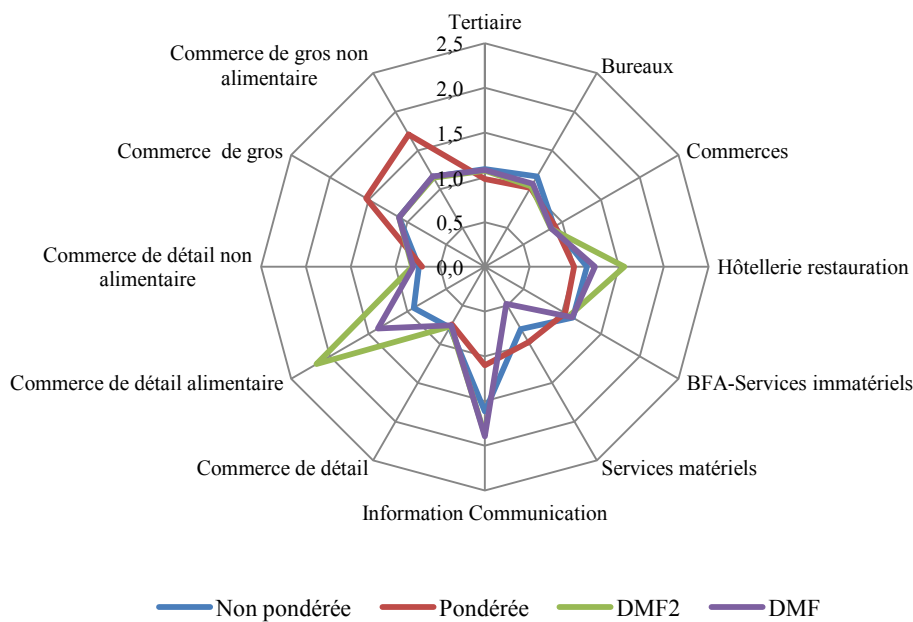


Figure 38 - Élasticité de la demande d'Électricité | Mix énergétique : Électricité seule

Sur la Figure 39, à l'exception des périmètres « *Tertiaire* » et « *Bureaux* », les estimations obtenues par la ou les méthodes *DCC*, quand elles sont significatives, sont systématiquement supérieures en valeur absolue à celles obtenues par la méthode *Conditionnelle*. Ce résultat est conforme à l'idée que la méthode *DCC* prend en compte les effets du prix de l'énergie sur la consommation d'énergie et sur le choix des équipements, là où la méthode *Conditionnelle* ne prend en compte que l'effet du prix sur la consommation d'énergie conditionnelle aux équipements. Il faut donc bien avoir conscience que les auteurs estimant l'élasticité à l'aide de la méthode *Conditionnelle* ne mesurent qu'une partie de cette élasticité.

Selon les méthodes d'estimation employées, les élasticités-prix peuvent varier du simple au triple (environ -1 à l'aide de la méthode *Pondérée* contre -3 pour la méthode *DCC-DMF*, pour le périmètre « *Commerces de détail non alimentaires* »). Les estimations par la méthode *design-based* sont souvent plus faibles en valeur absolue que les estimations *model-based*.

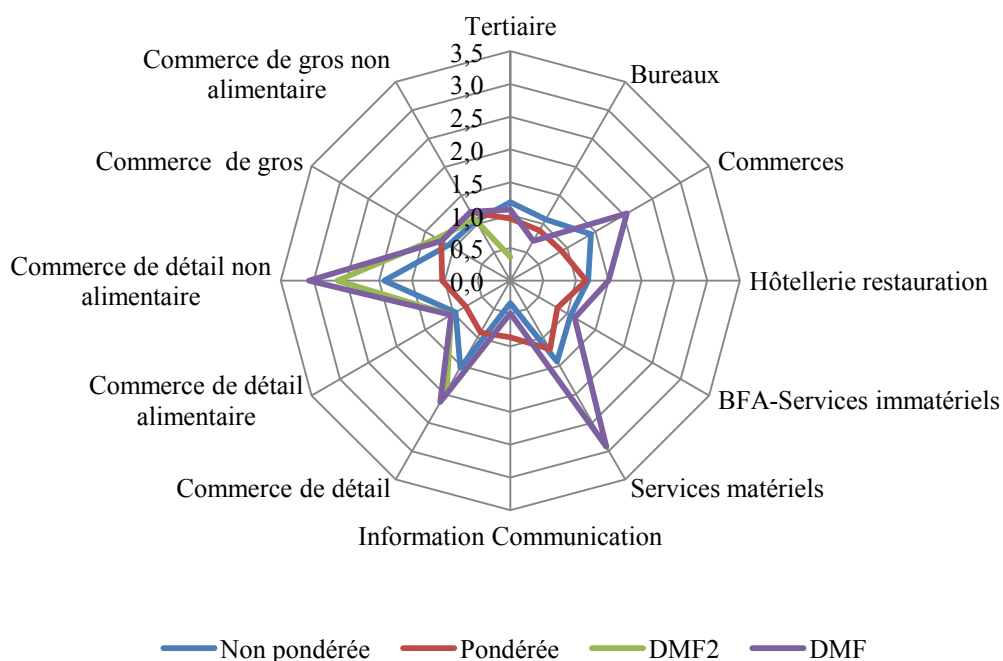


Figure 39 - Élasticité de la demande de gaz

Enfin, on constate à l'aide du Tableau 31 que pour la plupart des périmètres et des méthodes, l'élasticité-prix de la demande d'énergie des établissements dont la surface est supérieure à 2000 m² est plus élevée que celle des bâtiments dont la surface est inférieure à 2000 m².

Électricité mix énergétique : électricité et gaz								
	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-1.551***	-1.184***	-1.408***	-1.277***	-1.076***	-0.933***	-1.002***	-0.979***
Bureaux	-0.764***	-1.894***	-1.919***	-1.033***	-0.899***	-0.996***	-1.014***	
Commerces	-1.675***	-1.389***	-0.459***	-0.767***	-1.204***	-1.233***	-0.985***	-0.905***
Hôtellerie-restauration	-0.839**	-0.645***	-2.154***	-1.714***	-0.782***	-0.471***	-0.941***	-0.997***
Électricité mix énergétique : électricité et gaz								
	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-1.468***	-1.472***	-1.442***	-1.432***	-1.074***	-1.077***	-0.998***	-1.001***
Bureaux	-1.291***	-1.344***	-1.761***	-1.960***	-0.987***	-1.021***	-0.974***	-0.966***
Commerces	-1.571***	-1.594***	-0.253	-0.249	-1.192***	-1.180***	-0.921***	-0.935***
Hôtellerie-restauration	-	-0.781**	0	-3.121**	-0.824***	-0.857***	-1.024***	-1.036***
Gaz								
	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-1.411***	-1.124***	-0.284	-1.026***	-1.058***	-0.934***	-0.798***	-0.954***
Bureaux	-1.378***	-1.145***	0.387	-0.419*	-0.928***	-0.882***	-0.838**	-0.880*
Commerces	-1.541***	-0.821***	-2.359***	-2.332***	-1.280***	-0.915***	-0.422	-0.809
Hôtellerie-restauration	-1.755***	-2.066***	0	-1.879**	-1.109***	-1.104***	0.435	-1.661***

Tableau 31 - Valeurs estimées de l'élasticité selon la surface du bâtiment

Le Tableau 3 du Chapitre 1 présente les différentes valeurs de l'élasticité-prix fournies par notre corpus de référence. Parmi ces études, seulement deux fournissent des valeurs pour le secteur tertiaire. Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) fournissent une estimation de l'élasticité-prix de la demande d'électricité des entreprises du secteur tertiaire comprise entre -2,1 et -1,1 et une estimation de l'élasticité-prix de la demande de gaz d'environ -2. Newell et Pizer (2008) estiment l'élasticité-prix pour chaque demande d'énergie et pour chaque usage. Ainsi, les valeurs de l'élasticité-prix de la demande d'électricité des établissements tertiaires sont comprises entre -0,9 et -1,7 pour l'usage « Chauffage », entre -1,2 et -1,7 pour l'usage « ECS », et autour de -1 pour l'usage « Cuisson » et pour l'usage « Autres ». De même, les valeurs de l'élasticité de la demande de gaz sont comprises entre -1,8 et -2,1 pour l'usage « Chauffage », entre -1,2 et -1,6 pour l'usage « ECS », entre -1,3 et -1,5 pour l'usage « Cuisson » et autour de -1,8 pour l'usage « Autre ». Nos estimations sont du même ordre de grandeur que celles que nous venons d'exposer. L'originalité de notre démarche réside dans l'estimation des valeurs spécifiques à chaque secteur.

L'estimation de l'élasticité-prix de la demande d'énergie soulève une question méthodologique sensible. Il s'agit de la question de l'endogénéité de la variable représentant le prix de l'énergie dans l'équation de la demande d'énergie. En effet, comme pour de nombreux biens de consommation tels que l'eau, les tickets de métro ou les télécommunications, la tarification de l'énergie peut se faire de façon non-linéaire, telle qu'illustré à la Figure 40. Dans le cas d'une discrimination du second degré (voir Encadré 3), le prix marginal dépend de la quantité achetée. L'économètre qui estime la quantité d'énergie consommée en fonction de différentes variables explicatives dont le prix de l'énergie fait face à un problème de simultanéité, car le prix conditionne la quantité consommée en même temps que la quantité consommée conditionne le prix.

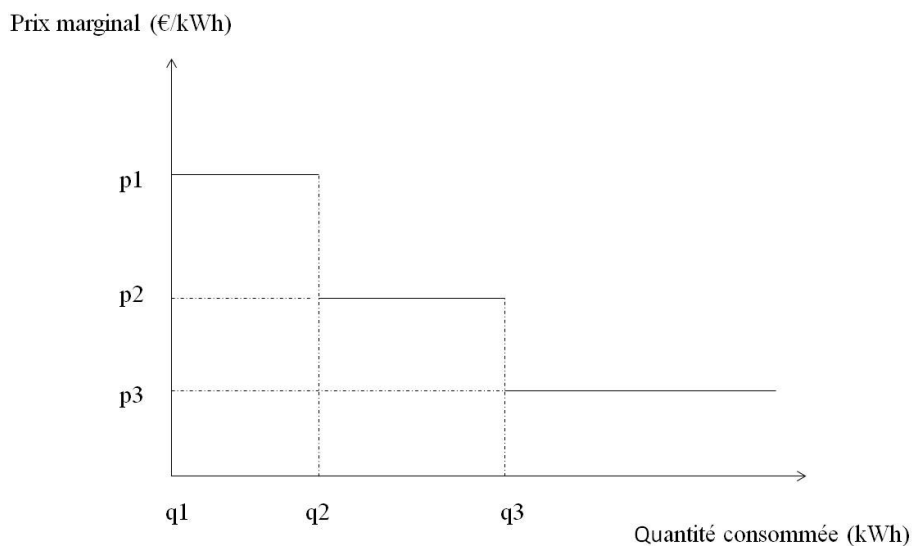


Figure 40 – Exemple de tarification décroissante par block

Encadré 3 La tarification non-linéaire

La discrimination tarifaire est une stratégie pratiquée par les producteurs qui consiste à vendre le même bien à différents prix selon la quantité achetée de ce bien. Dans le cas de la tarification non-linéaire, on parle de discrimination de second degré (lorsque le prix marginal dépend de la quantité totale achetée ; dans ce cas, ce sont les consommateurs qui sélectionnent eux-mêmes le tarif qui leur est pratiqué par le choix de la quantité qu'ils consomment) par opposition à la discrimination de troisième degré (lorsque les critères de discriminations s'appuient sur des caractéristiques observables des consommateurs, telles que la tranche d'âge ou la localisation, parce que le vendeur ne connaît pas les demandes individuelles mais les demandes totales ou moyennes par segment) et à la discrimination de premier degré ou discrimination parfaite (lorsque le vendeur connaît parfaitement la demande de chaque acheteur et peut donc lui proposer un tarif égal à son consentement à payer).

La tarification non-linéaire est possible lorsque le marché n'est pas parfaitement concurrentiel et qu'il n'existe pas de marché de revente. On trouve des stratégies de tarification non-linéaire dans le secteur de l'énergie (vente d'électricité aux ménages et aux entreprises) et des télécommunications, qui répondent à ces deux conditions.

La tarification non-linéaire répond à des impératifs d'efficacité, d'optimalité ou de préservation de la ressource, dans le cas de l'exploitation d'une ressource non renouvelable (Wilson, 1993).

Dans notre corpus de référence, peu d'études mentionnent le problème de l'endogénéité du prix de l'énergie.

Branch (1993) introduit le prix moyen de l'électricité comme variable explicative de la quantité d'électricité consommée. Il justifie ce choix du prix moyen en faisant l'hypothèse que le ménage est sensible au prix qu'il déduit de sa facture d'énergie, c'est-à-dire le prix moyen. Il fait également l'hypothèse que les ménages vivant dans la même aire géographique font face au même prix de l'énergie. Les valeurs de la variable de prix varient donc avec la zone géographique et sont fonction de l'indice des prix à la consommation. Étant donné que le prix qui est utilisé dans la régression est le prix moyen et non le prix marginal, il n'est pas fait mention d'une éventuelle grille tarifaire par block. Il n'est pas fait mention non plus d'une potentielle endogénéité du prix avec la consommation d'énergie.

Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) introduisent le prix de l'électricité, le prix du gaz et le prix du fioul dans l'équation de la demande totale d'électricité. Les auteurs précisent que le prix est relativement homogène sur l'échantillon car les individus étudiés habitent tous dans la même province et que les données étant en coupe transversale, il n'y a pas de variation dans le temps du prix des énergies. La province du Québec comprend trois zones de tarification pour le prix du gaz. Pour l'électricité, il n'y a que deux tarifs : le tarif standard et le tarif « bi-énergie ». La tarification de l'énergie n'étant pas fonction de la quantité consommée, il n'y a pas de problème d'endogénéité.

Vaage (2000) évoque explicitement le problème de l'endogénéité du prix de l'énergie. D'après l'auteur, environ 60% des individus de l'échantillon font face à un tarif par block progressif. Il rappelle que ce type de grille tarifaire introduit des problèmes lors de l'analyse des données mais ajoute qu'il a « des raisons de croire que ce problème est mineur et [qu'il]

continue comme si l'électricité était disponible à prix fixé pour chaque ménage » (traduction personnelle). Sous cette hypothèse, la différence entre les prix supportés par les individus s'explique uniquement par la localisation géographique¹¹⁹ et par le mix énergétique du ménage (pour un ménage ayant plusieurs sources d'énergie, le prix de l'énergie est défini comme la moyenne des prix des différentes énergies utilisées).

Nesbakken (2001) mentionne un article de la littérature portant sur la demande d'eau lorsque la tarification est non-linéaire, pour justifier l'utilisation de modèle de choix discret-continu, mais n'applique pas ce procédé à sa propre analyse. La variable de prix utilisée dans le modèle est le prix moyen. Le prix de l'électricité provient des informations des fournisseurs d'électricité. Les prix du fioul et du bois sont estimés à partir des données de l'enquête. Ils proviennent de sources statistiques auxiliaires. Les prix varient par zone géographique.

Levinson et Niemann (2004) introduisent le prix de l'énergie pour expliquer non pas la quantité d'énergie consommée mais la température intérieure des logements. D'après les auteurs, les différences de prix de l'énergie entre les ménages s'expliquent par les différences de localisation, et à l'intérieur des régions, par les différences de fournisseurs d'énergie. Les auteurs ne font pas mention d'une éventuelle tarification de l'énergie par tranche.

Rehdanz (2007) introduit le prix du gaz et le prix du fioul pour expliquer le montant de la facture énergétique. L'information sur le prix de l'énergie provient d'une source de données auxiliaire. L'auteur ne s'intéresse pas à la tarification de l'énergie ni à la potentielle endogénéité du prix de l'énergie.

Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) introduisent dans leur modèle économétrique les prix des différentes sources d'énergie (électricité, gaz, fioul, kérosène, GPL et réseau de chaleur). Le prix qu'ils considèrent est le prix moyen, qui est calculé par les auteurs comme le ratio du montant de la facture énergétique sur la quantité consommée. Les auteurs précisent qu'ils ont conscience qu'en utilisant le prix moyen défini comme tel, ils ignorent les coûts fixes et la tarification non-linéaire, mais affirment qu'en utilisant une spécification *log-log*, l'estimation de l'élasticité-prix est consistante, et que seule l'estimation de la constante est biaisée (Halvorsen, 1975). L'[Annexe 4G](#) reprend la démonstration de ce dernier auteur.

Newell et Pizer (2008) considèrent le prix de l'électricité, du gaz naturel, du fioul et du réseau de chaleur. Ces variables de prix sont calculées à partir des données de l'enquête, en divisant le montant des factures de chaque énergie par la quantité de cette énergie consommée. C'est donc le prix moyen qui est utilisé. Les auteurs ne mentionnent pas une éventuelle endogénéité du prix ni une tarification non-linéaire de l'énergie.

Meier et Rehdanz (2010) utilisent des données de panel. Le prix de l'énergie qui est considéré est le prix annuel, pour chaque année. Il n'y a pas de variation d'un ménage à l'autre mais uniquement d'une année à l'autre.

Chong (2012a) fait explicitement référence à une tarification par block, expliquant que les ménages qu'il considère dans son étude font face à une tarification progressive sur 5 tranches de consommation. Il explique également qu'une régression MCO serait biaisée car le prix dépend directement de la quantité consommée. Il est donc nécessaire d'utiliser les méthodes des variables instrumentales, en utilisant le prix des années passées comme instruments. De plus, l'auteur a successivement introduit dans son modèle le prix marginal et le prix moyen,

¹¹⁹ L'auteur explique cette différence géographique par les coûts de transport d'une part et, pour le cas du bois, par le fait que les habitants de zones rurales peuvent acheter du bois moins cher par relations et amis.

car d'après Ito (2014), les ménages ne sont pas sensibles au prix marginal mais au prix moyen¹²⁰.

Risch et Salmon (2013) utilisent le prix moyen de l'énergie, défini comme la moyenne pondérée des prix des différentes sources d'énergie utilisées par le ménage. La pondération dépend du mix énergétique de chaque ménage. Les données pour les prix de l'énergie proviennent du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie. Les auteures précisent qu'il n'y a pas de différences régionales pour les prix de l'énergie, mais que ceux-ci dépendent de la consommation énergétique et de la taille du logement. Elles précisent ensuite qu'elles font face à un problème d'endogénéité du prix de l'énergie. Pour résoudre ce problème, les auteures ont recours à la méthode des variables instrumentales. Étant donné qu'elles utilisent également l'approche du choix discret-continu, les auteures estiment d'abord les probabilités de chaque mix énergétique, puis estiment le choix continu de la quantité d'énergie consommée, à l'aide d'une régression des doubles moindres carrés avec les prix de l'énergie des années précédentes utilisés comme instruments pour les prix de l'énergie contemporains. Plus précisément, elles ont utilisé le prix du gaz en 1986 et en 1996 pour l'estimation sur le domaine des maisons individuelles et le prix de l'électricité en 1986 ainsi que le prix de la souscription pour l'estimation sur le domaine des appartements.

Belaïd (2016) introduit le prix de l'énergie comme variable explicative de son modèle économétrique. Il estime ensuite une élasticité-prix de l'énergie. Le prix qu'il considère est le prix moyen de l'énergie, défini comme le ratio entre le montant total de la facture d'énergie (toutes sources d'énergie confondues) et la quantité d'énergie consommée (toutes sources d'énergie confondues). Il ne fait pas mention d'une potentielle endogénéité du prix.

Ainsi, nous constatons que la plupart des études de notre corpus de référence ne traitent pas la question de la potentielle endogénéité du prix de l'énergie et, comme nous l'avons fait, introduisent le prix moyen de l'énergie, défini comme le ratio de la facture énergétique du ménage ou de l'établissement sur le volume d'énergie consommée. La pertinence de cette simplification dépend fortement du contexte national de l'étude, puisqu'elle dépend de la tarification de l'énergie pratiquée dans le pays étudié. En France, la tarification de l'énergie, pour les ménages comme pour les établissements, est non-linéaire. Les Tableau 32 et Tableau 33 présentent les tarifs du gaz et de l'électricité pour les entreprises en France en 2011, l'année sur laquelle portent les données de l'ECET¹²¹.

¹²⁰ Les modèles théoriques affirment que les consommateurs sont sensibles au prix marginal. Certaines analyses empiriques révèlent qu'au contraire les consommateurs ne sont pas sensibles au prix marginal, mais au prix moyen, notamment parce qu'ils ne comprendraient pas le concept du prix marginal ni celui de la tarification non-linéaire (Fujii et Hawley (1988), Brown, Hoffman, et Baxter (1975), Carter et Milon (2005), cités par Ito (2014)). Ito (2014) a cherché à répondre empiriquement à la question de la sensibilité des ménages au prix marginal ou au prix moyen. Ses résultats plaident fortement en faveur du prix moyen.

¹²¹ Ce sont les prix 2011 qui sont reportés car les données de l'ECET portent sur la consommation énergétique de l'année 2011.

Tranche (MWh PCI par an)	Prix ¹²² moyen (€ 2011/MWh HT)
< 250	49,2
[250 ; 2500[43,4
[2500 ; 25 000[36,6
[25 000 ; 250 000[27,8
[250 000 ; 1 000 000[28,3
Toutes tranches	37,2

Tableau 32 - Tarification du gaz pour les entreprises en France en 2011
Source : base Pegase d'après enquête Eurostat

Tranche (MWh par an)	Prix ¹²³ moyen (€ 2011/MWh HT)
<20	127,3
[20 ; 500[99,9
[500 ; 2 000[82,8
[2000 ; 20 000[72,2
[20 000 ; 70 000[68,5
[70 000 ; 150 000[59,8
Toutes tranches	87,4

Tableau 33 - Tarification de l'électricité pour les entreprises en France en 2011
Source : base Pegase d'après enquête Eurostat

Les Figure 41 et Figure 42 présentent les fonctions de répartition empiriques de la consommation de gaz et de la consommation d'électricité, ainsi que les différents seuils de la tarification non-linéaire présentés dans les Tableau 32 et Tableau 33. Pour le gaz, on constate que plus de 95% de la population des établissements consommant du gaz se situe dans la première tranche de la grille tarifaire, le restant se situant dans la deuxième tranche. Ainsi, nous pensons que nos estimations ne sont pas ou peu biaisées par la non-prise en compte de l'endogénéité du prix de l'énergie, étant donné que la quasi-totalité des établissements appartiennent à la même tranche de tarification.

En revanche, 70% de la population des établissements consommant de l'électricité se situent dans la première tranche de la grille tarifaire, et un peu moins de 30% dans la deuxième. Dans ce cas, il se peut que nos estimations soient biaisées, parce que le prix moyen de l'électricité est déterminé par la quantité consommée. Il sera nécessaire, dans un travail ultérieur, de traiter cette question de l'endogénéité de prix de l'énergie, qui nécessite de trouver les bonnes variables instrumentales.

¹²² Précisions disponibles sur la base Pegase : « Les prix du gaz naturel en France indiqués résultent de l'enquête semestrielle sur la transparence des prix prévue par le Directive 2008/92. [...] Ces prix ne sont pas directement comparables à ceux des tarifs réglementés du gaz naturel [...]. D'une part, ils tiennent compte des principaux fournisseurs, choisis de façon à représenter 95% du marché, et pas seulement les tarifs réglementés de GdF-Suez. D'autre part, on rapporte ici la facture de gaz d'un semestre donné au volume consommé pendant la même période [...]. ».

¹²³ Les précisions sont les mêmes que la note de bas de page précédente. Il faut également préciser que les prix présentés comprennent la contribution tarifaire d'acheminement (CTA), la contribution au service public de l'électricité (CSPE), les taxes locales sur la consommation d'électricité (TLCE) et la taxe intérieure finale sur la consommation d'électricité (TICFE).

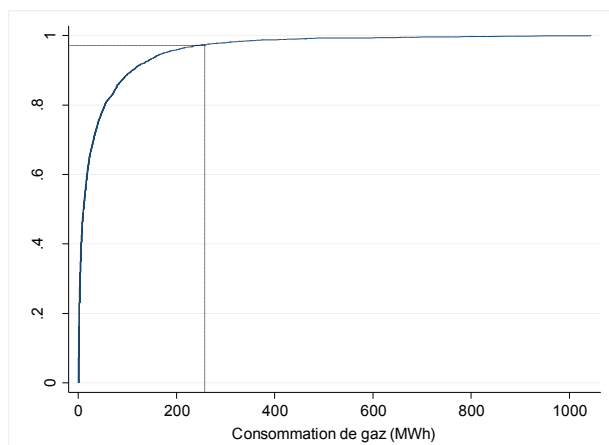


Figure 41 - Fonction de répartition empirique de la consommation de gaz de la population de l'ECET, et première tranche de tarification

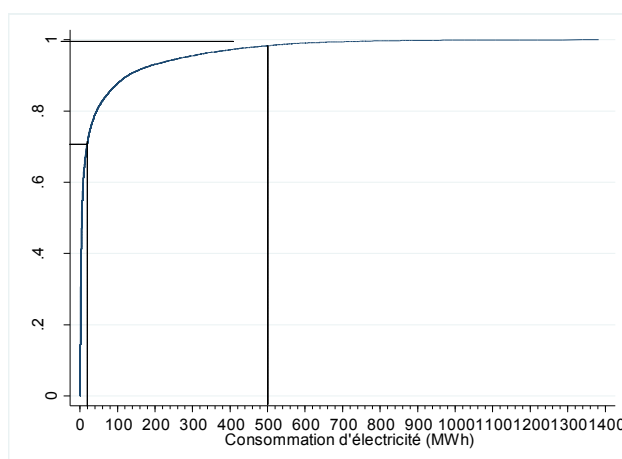


Figure 42 - Fonction de répartition empirique de la consommation d'électricité de la population de l'ECET, et premières tranches de tarification

3.6 L'activité de l'établissement

Nous avons discuté au Chapitre 3 de la nécessité de définir une nomenclature du secteur tertiaire marchand qui soit adaptée à la problématique des consommations énergétiques. Nous avons proposé notre propre nomenclature (*cf* [Annexe 3B](#)). Les statistiques descriptives fondées sur cette nomenclature montrent que les différents sous-secteurs que nous avons définis présentent des caractéristiques (consommation moyenne, proportion des établissements ayant recours à un certain usage énergétique, etc.) qui leur sont spécifiques, ce qui justifie *a posteriori* notre classification.

L'analyse des coefficients associés aux variables indicatrices des différents sous-secteurs permet de questionner plus finement notre nomenclature. En effet, supposons que deux sous-secteurs A et B, définis par notre classification, présentent des profils de consommations énergétiques différents. Nos analyses univariées réalisées au Chapitre 3 ne permettent pas

d'affirmer que ces différences sont dues à l'activité de l'établissement ou aux autres caractéristiques (surface, nombre d'occupants, etc.). En revanche, les modèles linéaires multiples que nous estimons ici offrent cette possibilité, puisqu'ils fournissent des résultats *toutes choses égales par ailleurs*.

Nous proposons ici d'examiner certains coefficients associés aux variables indicatrices des sous-secteurs, afin de renforcer ou d'amoindrir la pertinence de la nomenclature que nous avons proposée.

- « *Banque Finance Assurance* » versus « *Services immatériels* »

Lors de la création de la nomenclature, nous avons choisi de distinguer les établissements du sous-secteur « *BFA* » de ceux du sous-secteur « *Services immatériels* », parce que nous pensons d'une part que les banques et les agences des sociétés d'assurance reçoivent des clients, ce qui peut avoir un impact sur les caractéristiques énergétiques (bâtiment de haut *standing*), et d'autre part que certaines activités de ces établissements nécessitent l'usage d'informatique intensive (activité de *trading* par exemple). Le Chapitre 3 a confirmé ces deux intuitions. Alors que la part des établissements de la branche « *Services immatériels* » menant leur activité à domicile est d'environ 50%, elle n'est que de 15% pour les établissements de la branche « *BFA* » (cf Figure 19). En outre, la climatisation est présente dans 47% des établissements de la branche « *BFA* » et dans seulement 22% des établissements de la branche « *Services immatériels* ». De plus, la part des établissements de la première branche faisant usage d'informatique intensive est de 26%, et n'est que de 17% pour les « *Services immatériels* » (cf Tableau 43). Les Figure 26 et Figure 30 montrent que la consommation unitaire moyenne de la branche « *BFA* » est plus élevée que celle de la branche « *Services immatériels* ».

Le fait d'intégrer les variables indicatrices des différents sous-secteurs nous permet de comparer les consommations d'énergie de chaque sous-secteur, comparativement à la modalité de référence propre à chaque périmètre (cf Tableau 21). Les périmètres qui permettent une comparaison des branches « *BFA* » et « *Services immatériels* » (modalité de référence) sont le « *Tertiaire* » (P_1), les « *Bureaux* » (P_2), et « *BFA-Services immatériels* » (P_5), ainsi que les intersections des deux premiers périmètres avec S_1 et S_2 .

Quel que soit le périmètre (à l'exception des « *Bureaux dont la surface est inférieure à 2000 m²* », nous observons que les trois méthodes *model-based* s'accordent sur le fait que les établissements du sous-secteur « *BFA* » consomment plus d'électricité (entre 40% et 100% de plus) que ceux du sous-secteur « *Services immatériels* », lorsque le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz.

D'après les estimations effectuées sur les périmètres P_1 , $P_1 \cap S_1$, $P_1 \cap S_2$, les quatre méthodes s'accordent sur un coefficient positif significatif pour la consommation d'électricité lorsque le mix énergétique est composé d'électricité seule. De la même façon, cela signifie que les établissements de la branche « *BFA* » consomment plus d'électricité (entre 40% et 80% de plus) que les établissements de la branche « *Services immatériels* ».

En revanche, il n'y a pas de périmètre pour lequel trois ou quatre méthodes s'accordent sur un effet significatif de l'activité de l'établissement sur la consommation de gaz.

Ces résultats sont issus de régressions linéaires multiples, ce qui signifie que les deux sous-secteurs présentent des consommations d'électricité significativement différentes *toutes choses égales par ailleurs* (*toutes choses* se réfère aux variables explicatives incluses dans le modèle).

- « *Services matériels* » versus « *Services immatériels* »

Nous avons décidé de distinguer dans notre nomenclature les activités de service en deux sous-secteurs, les « *Services immatériels* », comprenant les activités « dématérialisées », telles que les activités, immobilières, juridiques, de conseil, de publicité, etc., et les « *Services matériels* », comprenant les activités variées mais non dématérialisées telles que les prestations aux bâtiments et jardins, les salons de coiffure, la réparation d'objet etc. Nous pensons que les seconds auraient des consommations d'énergie plus élevées que les premiers, parce que leur activité nécessite de l'énergie. Cependant, une première description statistique réalisée au Chapitre 3 n'a pas fait apparaître de grandes différences entre ces deux sous-secteurs. Les estimations économétriques ne font pas non plus apparaître des résultats systématiquement significatifs positifs ou négatifs. Les trois méthodes *model-based* s'accordent sur un effet significatif négatif de la modalité « *Services matériels* » comparativement à la modalité « *Services immatériels* » sur la consommation d'électricité lorsque le mix énergétique est composé d'électricité seule, tandis que les quatre méthodes s'accordent sur un effet significatif de la modalité « *Services matériels* » comparativement à la modalité « *Services immatériels* » sur la consommation d'électricité lorsque le mix énergétique est composé d'électricité et de gaz, pour les établissements dont la surface est inférieure à 2000 m². De même, il n'y a pas d'accord systématique sur l'effet de la modalité « *Services matériels* » comparativement à la modalité « *Services immatériels* » sur la consommation de gaz.

Ainsi, nous ne pouvons pas conclure qu'un des deux sous-secteurs est plus énergivore que l'autre, que ce soit par des statistiques descriptives au Chapitre 3 ou par une régression linéaire multiple. Ces deux catégories de notre nomenclature sont très vastes et très hétérogènes, et mériteraient d'être affinées.

- « *Commerces de détail alimentaires* » versus « *Commerces de détail non alimentaires* »

Ex ante, nous avons choisi de distinguer les commerces de détail dont l'activité est la vente de produits alimentaires de ceux dont l'activité est la vente de produits non alimentaires, parce que nous pensons que certains usages énergétiques, notamment la réfrigération et la cuisson, sont beaucoup plus développés chez les premiers que chez les seconds. Nos intuitions ont été confirmées par les descriptions statistiques réalisées au Chapitre 3, puisque 55% (resp. 70%)

des commerces de détail alimentaires ont un usage de cuisson (resp. de réfrigération), contre 19% (resp. 11%) des commerces de détail non alimentaires. En outre, les consommations unitaires et consommations unitaires d'électricité moyennes des commerces de détail alimentaires sont plus élevées que celles des commerces de détail non alimentaires. De plus, les systèmes de chauffage au gaz ou au fioul sont plus développés chez les commerces de détail alimentaires que chez les commerces de détail non alimentaires.

Nos estimations économétriques renforcent la pertinence de la distinction de ces deux secteurs, puisque les quatre méthodes s'accordent sur un effet significatif positif de la modalité « *Commerces de détail alimentaires* » comparativement à la modalité de référence « *Commerces de détail non alimentaires* » sur la consommation d'électricité (quel que soit le mix énergétique) et sur la consommation de gaz, ce qui signifie que les commerces de détail alimentaires sont plus énergivores que les commerces de détail non alimentaires, à caractéristiques¹²⁴ identiques. Ainsi, il est bien pertinent de distinguer ces deux branches dans une nomenclature du tertiaire qui serait adaptée à la problématique de la consommation d'énergie. La NAF ne permet pas cette distinction, et nous avons dû faire un découpage et un réassemblage minutieux pour arriver à cette séparation (cf [Annexe 3B](#)).

- « *Commerces de gros alimentaires* » versus « *Commerces de gros non alimentaires* »

De la même manière que pour les commerces de détail, nous avons choisi *ex ante* de distinguer dans notre nomenclature les commerces de gros alimentaires des commerces de gros non alimentaires. Ce choix reposait sur l'intuition que les usages liés à la conservation et à la cuisson des éléments étaient beaucoup plus développés chez les premiers que chez les seconds. Effectivement, les statistiques descriptives réalisées au Chapitre 3 montrent que 36%¹²⁵ des commerces de gros alimentaires ont un usage de réfrigération, contre 13% des commerces de gros non alimentaires. En revanche, les proportions des établissements ayant un usage de cuisson sont similaires dans les deux sous-secteurs (autour de 20%). Les Figure 26 et Figure 30 montrent que la consommation unitaire moyenne et la consommation unitaire d'électricité moyenne sont plus élevées pour les commerces de gros alimentaires que pour les commerces de gros non alimentaires.

À la lecture des résultats des estimations économétriques, on constate que les coefficients associés aux modalités de ces deux secteurs (la modalité de référence est « *Commerces de gros non alimentaires* ») ne sont que très rarement significatifs, et jamais plus de deux méthodes d'estimation s'accordent sur les effets estimés. Ce résultat remet en cause la pertinence d'une distinction entre ces deux sous-secteurs. Contrairement à l'intuition que nous avons, les commerces de gros alimentaires n'ont pas systématiquement des consommations énergétiques plus élevées que celles des commerces de gros non alimentaires. En réalité, et comme nous pouvions déjà le voir au Tableau 43, les usages liés à la conservation ou à la

¹²⁴ Sous entendu les caractéristiques introduites dans le modèle.

¹²⁵ Notons que c'est une proportion beaucoup plus faible que celle des commerces de détail alimentaires.

cuisson des aliments ne sont pas plus développés dans la branche « *Commerces de gros alimentaires* » que dans l'ensemble du tertiaire marchand.

3.7 Les résultats du modèle de choix de mix énergétique

Les derniers résultats à présenter sont ceux issus de l'estimation du modèle de choix discret. La formulation puis l'estimation d'un modèle de choix d'un mix énergétique f précèdent la formulation et l'estimation du modèle de choix de la quantité d'énergie e consommée lorsque la méthode employée est la méthode *DCC*. Le choix des différents mix énergétiques disponibles a déjà été discuté précédemment. Les possibilités retenues sont le mix énergétique composé d'électricité et de gaz, le mix énergétique composé d'électricité et de fioul, et le mix énergétique composé d'électricité seule. Les établissements de la base de données sont répartis sur ces 3 catégories disjointes. Le modèle Logit multinomial suppose que la probabilité θ_f de choisir le mix énergétique f , étant donné certaines caractéristiques $z_f = (z_{1,f}, \dots, z_{k',f})$ ¹²⁶ vaut :

$$\theta_f | z_f = \frac{\exp(z_f \gamma_f)}{\sum_j \exp(z_j \gamma_j)}$$

Après avoir expérimenté plusieurs spécifications, le modèle retenu contient les variables explicatives suivantes : la surface totale du bâtiment (log), le prix du gaz (log), le prix du fioul (log), le prix de l'électricité (log), la période de construction, le statut d'occupation, les DJU (log) et le secteur d'activité. L'option de référence est le mix composé uniquement d'électricité ($f = f_3$). Les coefficients estimés et présentés dans ces tableaux s'interprètent comme l'effet des différentes variables explicatives sur le rapport de la probabilité de choisir le mix énergétique f et de la probabilité de choisir le mix énergétique composé seulement d'électricité f_3 . En effet, supposons que nous nous intéressions à l'effet de la caractéristique $z_{i,f}$ toutes choses égales par ailleurs. Nous avons :

$$\ln\left(\frac{\theta_f | z_f}{\theta_{f_3} | z_f}\right) = z_{i,f} \gamma_f$$

Précisons que pour l'estimation du modèle Logit multinomial, il n'est pas nécessaire de comparer les méthodes, car d'une part les méthodes *Conditionnelle (Pondérée et Non pondérée)* ne modélisent pas le choix discret, et d'autre part les méthodes *DCC (DMF et DMF2)* estiment le modèle de choix discret de la même manière, et se distinguent dans l'estimation de la demande d'énergie, parce qu'elles introduisent des termes de correction du biais de sélection qui sont différents.

¹²⁶ k' est le nombre de variables explicatives introduites dans le modèle Logit multinomial.

À l'aide des résultats présentés en [Annexe 3E](#), dans les Tableau 44, Tableau 45 et Tableau 46, nous constatons sans ambiguïté que la surface totale du bâtiment influence positivement la probabilité de sélection d'un mix énergétique équipé de combustible (gaz ou fioul) comparativement à la probabilité de sélection du mix énergétique équipé seulement d'électricité, de même que les DJUs. Ce dernier point signifie que les établissements situés dans des climats plus rigoureux ont une probabilité de choisir de se chauffer à l'aide de gaz ou de fioul comparativement au choix de se chauffer seulement à l'électricité plus élevée que les établissements situés dans des climats plus doux. Le prix du gaz (resp. du fioul) joue négativement sur la probabilité de choisir un mix énergétique composé de gaz (resp. de fioul). En revanche, le prix de l'électricité n'est pas souvent significatif.

La période de construction a elle aussi un effet non ambigu, identique sur tous les périmètres considérés. Plus les bâtiments sont récents, plus la probabilité de choisir un mix énergétique composé d'un combustible (gaz ou fioul) comparativement à la probabilité de choisir un mix entièrement électrique diminue. Nous retrouvons un résultat déjà mis en évidence au Chapitre 1 par les études de notre corpus de référence et au Chapitre 3 par la description des trois périodes de construction et des parts des différents systèmes de chauffage.

Enfin, le statut d'occupation a un effet significatif univoque sur le choix du mix énergétique pour tous les périmètres à l'exception des établissements de la branche « *Hôtellerie-restauration* ». La probabilité de choisir un mix énergétique composé de combustibles (gaz ou fioul) comparativement à la probabilité de choisir un mix purement électrique est plus élevée chez les propriétaires que chez les locataires.

4. Conclusion

Après avoir présenté des statistiques descriptives au Chapitre 3, c'est-à-dire des analyses univariées des grandeurs étudiées (moyennes, totaux, proportions, etc.), nous réalisons au Chapitre 4 des analyses multivariées sous la forme d'estimations économétriques de modèles linéaires multiples. Cette démarche permet de quantifier l'amplitude et le sens d'un potentiel lien entre deux variables, l'effet des autres variables étant annihilé. Pour cela, nous avons montré aux Chapitre 1 et Chapitre 2 qu'il existe deux approches différentes.

Dans le premier cas, la démarche consiste à formuler un modèle théorique, qui relie entre elles les différentes variables étudiées. Selon cette approche, la demande énergétique des établissements résulte de la minimisation de leur fonction de coût, qui dépend des caractéristiques du bâti, des occupants, des équipements installés, du prix de l'énergie et des variables climatiques. Il s'agit dans ce cas-là d'estimer les paramètres présents dans le modèle économétrique (*cf* le Chapitre 1, qui fait le lien entre le modèle économétrique et le modèle théorique). Si le modèle théorique considère une minimisation en deux étapes, où l'établissement choisit son mix énergétique puis la quantité qu'il souhaite consommer, les deux étant liés, alors on parle de modèle de choix discret-continu, que nous désignons par le

terme *DCC*. Si le modèle théorique considère seulement la minimisation de la demande conditionnelle aux équipements, on parle de modèle de la demande conditionnelle, que nous désignons par le terme *Conditionnelle*. L'estimation d'un modèle économétrique fondé sur un modèle théorique est la démarche de l'approche *model-based*.

Dans le deuxième cas, le modèle économétrique n'est pas fondé sur un modèle théorique. La régression multiple est employée comme un moyen d'estimer les effets de chaque variable indépendante sur la variable dépendante *toutes choses égales par ailleurs* ou, pour le dire autrement, comme un moyen d'attribuer à chaque déterminant sa part dans la variabilité de la variable dépendante. L'objectif est d'estimer ces effets dans la population étudiée. Or, lorsque ces estimations s'appuient sur des données issues d'une enquête à plan de sondage complexe, il est nécessaire d'intégrer dans le calcul des estimateurs les éléments du plan de sondage et la pondération. Cette démarche est celle de l'approche *design-based*.

Nous menons dans ce chapitre nos propres estimations économétriques, afin d'étudier les déterminants de la consommation énergétique dans le secteur tertiaire marchand, à l'aide des données de l'ECET. Cependant, au lieu de choisir une seule des différentes approches et méthodes citées ci-dessus, nous les employons toutes et comparons les résultats qu'elles produisent. Se faisant, nous étudions à la fois les déterminants de la consommation énergétique des établissements tertiaires et la robustesse des résultats obtenus au changement de méthode. Pour cela, nous avons formulé un modèle économétrique pour la demande d'électricité et un modèle économétrique pour la demande de gaz, que nous avons estimés sur 20 périmètres différents et à l'aide des quatre méthodes précitées. À notre connaissance, il n'y a pas d'études qui combinent à la fois la comparaison de l'approche *Conditionnelle* et de l'approche *DCC* et la comparaison des approches *model-based* et *design-based*. Dans le corpus de référence que nous avons constitué au Chapitre 1, nous n'avons identifié qu'une seule étude qui compare l'approche *Conditionnelle* et l'approche *DCC* appliquées à la problématique de la consommation énergétique des bâtiments. Il s'agit de l'étude de Newell et Pizer (2008). Lorsqu'il s'agit de la comparaison des approches *model-based* et *design-based*, les articles sont plus nombreux. Nous pouvons citer ceux de Korn et Graubard (1995), de Johnson et Elliott (1998), de Le Guennec (2005), d'Osborne (2011), de Lewis (2013), ou l'ouvrage de Heeringa, West, et Berglund (2010), mais il s'agit toujours d'articles d'économétrie théorique ou de théorie des sondages, et jamais d'articles économétriques portant sur une question de recherche appliquée.

Nous avons étudié les effets de certaines variables sur la quantité d'énergie (significativité de l'effet, amplitude et sens) à l'aide d'une régression économétrique. Ce travail est le but poursuivi par les études économétriques traditionnelles, comme celles que nous avons présentées au Chapitre 1. Sans ambiguïté, la surface du bâtiment et le nombre de salariés ont un effet significatif positif sur les différentes consommations d'énergie (gaz ou électricité), tandis que le prix de l'énergie (du gaz et de l'électricité) a un effet significatif négatif sur la demande d'énergie (de gaz et d'électricité). Nous fournissons des estimations de l'élasticité-prix de la demande d'énergie pour les différentes branches du secteur tertiaire. En revanche, la période de construction (resp. la qualité de l'isolation) joue très peu (resp. peu) sur la consommation de gaz et pas du tout sur la consommation d'électricité, alors que nous

pouvions nous attendre à ce que les bâtiments anciens soient plus énergivores et que les bâtiments mieux isolés le soient moins. Ces deux résultats, très peu encourageants pour les politiques publiques de réglementation thermique et de rénovation des bâtiments, doivent être interprétés avec prudence car ils sont très fortement conditionnés aux variables utilisées. Or, l'ECET ne fournit que trois périodes de construction distinctes, ce qui laisse une grande hétérogénéité à l'intérieur de ces périodes, et ne fournit qu'un jugement subjectif de la qualité de l'isolation. Nous avons également observé pour certains périmètres un effet du statut d'occupation sur la consommation d'électricité et une influence du système de chauffage (collectif ou individuel) sur le volume d'énergie consommée. De plus, nous avons estimé l'augmentation de la consommation d'électricité engendrée par l'usage de climatisation, ce qui fournit un ordre de grandeur des impacts énergétiques d'un scénario de banalisation de la climatisation dans tous les secteurs (en 2011, seuls 30% des établissements utilisent la climatisation, d'après l'ECET) et d'un scénario d'un usage plus fréquent de la climatisation, justifié par l'augmentation des températures à prévoir dans les années à venir (Ouzeau et al., 2014). Enfin, nous analysons l'impact du secteur d'activité de l'établissement sur la consommation énergétique, ce qui nous permet de questionner la pertinence de la nomenclature que nous avons proposée au Chapitre 1.

Les résultats que nous avons obtenus (significativité, amplitude et sens d'un effet) sont parfois conditionnés à la méthode utilisée. Dans ce cas, nous ne considérons pas ce résultat robuste. Les différents tableaux synthétiques que nous avons présentés montrent qu'il y a un nombre non négligeable de périmètres pour lesquels une seule méthode d'estimation parvient à un résultat significatif. Ce point soulève une question méthodologique sensible. Si, comme nous l'avons avancé, certains de nos résultats dépendent de la méthode employée, alors nous devons analyser avec précaution les résultats des études analysées au Chapitre 1, qui dans la grande majorité des cas ne s'appuient que sur une seule méthode¹²⁷. En effet, quels auraient été les résultats de ces études si celles qui emploient la méthode *Conditionnelle* avaient utilisé la méthode *DCC*? De même, quels auraient été les résultats des études s'appuyant sur des données d'enquête à plan de sondage complexe si elles avaient utilisé l'approche *design-based*? À la fin du Chapitre 2, nous avons cité les recommandations de certains auteurs lorsqu'il s'agit de réaliser un modèle économétrique sur données d'enquête à plan de sondage complexe. Certains d'entre eux, notamment Binder et Roberts (2003) précisent que les estimateurs non pondérés (approche *model-based*) sont plus précis que les estimateurs pondérés (approche *design-based*), mais que ces derniers sont plus robustes à la mauvaise spécification du modèle économétrique. Or, dans le cas précis de l'étude de la demande d'énergie des ménages ou des établissements tertiaires, il est probable que le modèle soit mal spécifié, notamment à cause des variables omises. Parmi les articles analysés au Chapitre 1, nombreux sont les auteurs qui précisent ne pas avoir été en mesure d'inclure le revenu des ménages dans leur modèle par manque de données, alors que l'on peut supposer sans trop de doute qu'il s'agit d'un déterminant de la demande énergétique. Selon Binder et Roberts (2003), de tels cas justifieraient le recours aux estimateurs pondérés. Seulement, la discussion

¹²⁷ 16 études sur les 28 n'utilisent que la méthode « Conditionnelle-non pondérée », 9 n'utilisent que la méthode *DCC* et 1 seule compare les deux méthodes.

portant sur le choix de la méthode d'estimation entre approche *design-based* et approche *model-based* est absente des études économétriques étudiées. Nos résultats montrent que cette absence de considération méthodologique n'est pas justifiée, parce que de nombreux résultats dépendent de la méthode adoptée.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette thèse porte sur la consommation énergétique des bâtiments du secteur tertiaire marchand en France. Notre approche est empirique, et s'appuie sur une enquête réalisée par l'INSEE, l'Enquête sur les Consommations d'Énergie dans le Tertiaire (ECET).

Les principaux enseignements

À partir de la revue de littérature consacrée à l'étude économétrique des déterminants de la consommation énergétique des bâtiments (résidentiels ou tertiaires), nous mettons en évidence la coexistence de deux méthodes visant à estimer cette consommation d'énergie. La première méthode s'appuie sur une simple régression par les Moindres Carrés Ordinaires. La seconde méthode fait appel à des modèles de choix discret-continu, qui cherchent à prendre en compte la potentielle corrélation entre la demande d'énergie d'un ménage ou d'une entreprise et le choix en amont des équipements énergétiques utilisés.

Pour chaque déterminant de la consommation d'énergie, nous précisons les consensus ou les débats présents dans la littérature quant à l'effet de ce déterminant sur la consommation énergétique des bâtiments (significativité de l'effet, amplitude de l'effet et sens de l'effet). Ces déterminants peuvent être les caractéristiques du bâtiment (surface, période de construction, etc.), des occupants (nombre d'occupants, statut d'occupation, etc.), des équipements (présence de climatisation, qualité de l'isolation, etc.), les prix de l'énergie et les caractéristiques climatiques (zones climatiques, DJUs, pluviométrie, etc.).

Dans la mesure où les données mobilisées dans cette thèse sont issues d'une enquête à plan de sondage complexe, nous avons dû décrire les outils statistiques appropriés pour l'exploitation de ce type de données. Les données utilisées proviennent d'une enquête fondée sur un échantillonnage probabiliste d'une population. Si cela permet de garantir au producteur de l'enquête le respect d'un certain nombre de contraintes, telles que la représentativité de certaines sous-populations, la précision des estimations, le coût de l'enquête, etc., cela implique de porter une attention particulière au traitement de ces données.

Dans un premier temps, nous présentons les éléments constitutifs d'un plan de sondage (strate, *cluster*) ainsi que les facteurs introduits dans la construction de la variable de pondération (correction de l'échantillonnage, correction de la non-réponse, calage sur marge), puis nous présentons les expressions des estimateurs dans le cas d'un échantillonnage à plan de sondage complexe, qui diffèrent de celles valables dans le cas d'un échantillonnage aléatoire simple.

Dans un second temps, nous présentons l'« *éternelle question de l'économètre confronté à des données d'enquête* » (Davezies et D'Haultfoeuille, 2009), à savoir la prise en compte ou non de la pondération et des éléments du plan de sondage dans l'estimation de modèles économétriques. Nous mettons alors en évidence la coexistence de deux approches distinctes,

l'une consistant à prendre en compte ces éléments dans le calcul des estimateurs des coefficients d'un modèle économétrique, des erreurs-types et des degrés de liberté, l'autre consistant à effectuer les estimations économétriques sans prendre en compte la façon particulière dont les données ont été construites. Les écarts des résultats et de leurs interprétations soulignent l'importance de la prise en compte de la construction des données avant leur traitement.

Nous mobilisons alors notre base de données pour fournir une première description statistique des consommations énergétiques du secteur tertiaire marchand en France. Nous pouvons ainsi construire une nouvelle segmentation du tertiaire marchand en différents sous-secteurs, adaptée à l'étude des consommations énergétiques. Et à l'aide de cette nomenclature, nous proposons une description statistique des établissements tertiaires à l'échelle de ces sous-secteurs, afin de pallier le manque d'information quantitative, puis explorons certains axes particuliers. Nous présentons une lecture des statistiques par période de construction, afin de mettre en avant les évolutions des mix énergétiques, de la qualité de l'isolation, des usages énergétiques, etc. Nous proposons également d'analyser les données à travers le prisme d'un instrument de politique publique, l'obligation de rénovation des bâtiments tertiaires, qui stipule que les bâtiments dont la surface est supérieure à 2000m² doivent entreprendre des travaux de rénovation énergétique. Nous portons une attention particulière à ce segment du parc tertiaire, qui représente une faible part des établissements mais près de la moitié des consommations énergétiques.

Enfin, nous utilisons l'ensemble des méthodes et approches préalablement identifiées pour étudier les déterminants de la demande énergétique des établissements tertiaires sur la base d'une analyse économétrique des données de l'ECET. La méthode d'estimation prend alors en compte ou non la corrélation entre la demande d'énergie et le choix du mix énergétique (*cf* méthodes décrites dans le Chapitre 1) et les données étant issues d'une enquête à plan de sondage complexe sont traitées à l'aide des deux approches d'exploitation économétrique (*cf* les deux approches présentées dans le Chapitre 2). Nous utilisons systématiquement l'ensemble de ces méthodes et approches pour nos estimations, et ainsi comparons les résultats obtenus par ces différentes méthodes. Cela nous conduit à effectuer une double lecture de nos résultats, à la fois comme éléments de réponse à la question de l'impact des variables étudiées sur la demande d'énergie des établissements, et comme éléments de comparaison des différentes méthodes. Nous proposons un premier indicateur de la robustesse d'un résultat au changement de méthode d'estimation. Les valeurs de cet indicateur prises pour chaque variable indépendante étudiée montrent que certaines de ces variables (par exemple la surface du bâtiment, le nombre d'occupants, le prix de l'énergie ou l'activité de l'établissement) semblent indéniablement avoir un effet significatif sur la consommation énergétique tandis que d'autres (par exemple la période de construction ou le statut d'occupation) semblent ne pas avoir d'effet, ou avoir un effet fortement dépendant du sous-secteur tertiaire considéré ou de la méthode employée. Le fait que les résultats obtenus dépendent de la méthode utilisée doit être mis en parallèle avec les pratiques usuelles de l'analyse économétrique appliquée, telles que nous les avons observées. Très rares sont les

études de notre corpus de référence qui utilisent et comparent plusieurs méthodes d'estimation. Si certains de nos résultats sont dépendants de la méthode économétrique, nous pouvons supposer qu'il puisse en être de même pour un certain nombre d'études.

Perspectives

Ce travail de recherche s'inscrit dans un cadre particulier, qui conditionne nécessairement les résultats obtenus aux hypothèses retenues, et qui implique de réfléchir aux limites du travail effectué et aux différentes voies à explorer permettant d'élargir ou de renforcer le cadre d'analyse. Dans notre cas, ce propos est d'autant plus vrai que nous proposons une démarche nouvelle de comparaison de méthodes. La nouveauté a cela d'inévitable qu'elle présente de nombreux écueils qu'il convient d'identifier, et dans la mesure du possible, d'éviter. Si nous avons clairement identifié un certain nombre d'écueils, tous n'ont pas, encore, pu être contournés. Citons par exemple la question de l'endogénéité du prix de l'énergie dans l'estimation de la demande d'énergie. Cette question semble pertinente au vu de la tarification de l'énergie en France, qui propose différents prix marginaux en fonction de la quantité consommée. Le traitement de cette question constitue une première extension possible de notre travail.

Par ailleurs, l'utilisation de plusieurs méthodes d'estimation produit un nombre de coefficients estimés beaucoup plus élevé que lorsque l'on n'en emploie qu'une seule, ce qui nous a contraint à sélectionner les principaux résultats à présenter mais aussi à les résumer à l'aide d'un ou plusieurs indicateurs. Pour une suite, il semble souhaitable de réfléchir à une grille de présentation des résultats issus des différentes méthodes.

Enfin, la comparaison des coefficients ne se fonde pas sur des tests statistiques, mais sur une comparaison de l'ordre de grandeur des coefficients estimés et de leur significativité. L'utilisation de la statistique de test d'Hausman, qui permet de comparer les estimateurs pondérés et non pondérés mais également les estimateurs de l'approche *Conditionnelle* et ceux de l'approche *DCC*, semble être plus appropriée.

En ce qui concerne l'ensemble des descriptions et résultats produits, qu'il s'agisse de statistiques descriptives ou de résultats économétriques, ils doivent servir de base à une analyse plus explicative des tendances et résultats observés. En effet, nous avons construit et produit des informations quantitatives, là où il n'y en avait guère, mais cela ne constitue qu'une première étape pour analyser plus finement l'ensemble de ces informations et expliquer les différences observées entre les différentes branches du secteur tertiaire.

Les résultats portant sur les déterminants de la consommation énergétique des bâtiments tertiaires sont amenés à alimenter les réflexions portant sur les politiques publiques de réduction de cette consommation. Si certains déterminants identifiés sont en dehors du champ de ces politiques publiques (par exemple le nombre d'employés), d'autres nécessitent des analyses encore plus approfondies. C'est par exemple le cas du prix de l'énergie, qui comme nous l'avons évoqué plus haut, doit être traité en prenant en compte la tarification non linéaire de l'énergie, mais également de la surface du bâtiment. En effet, nos études ont confirmé le résultat intuitif d'une corrélation très forte entre la surface d'un bâtiment tertiaire et sa

consommation d'énergie. Or, comme nous l'avons évoqué en Introduction, les surfaces tertiaires vont continuer à se développer au cours du XXIème siècle, générant de nombreux dommages environnementaux et des conflits d'usage du territoire, et entraînant une augmentation des consommations énergétiques.

Le ministère de l'environnement actualise chaque mois une base de données publique nommée Sitadel, qui recense les nouvelles surfaces autorisées et commencées (sur la base de permis de construire) par type de bâtiment¹²⁸ et par département français. À notre connaissance, ces données n'ont pas encore été exploitées. Une première direction de recherche serait d'analyser le lien entre le rythme de construction neuve et des variables macroéconomiques (population, emploi tertiaire, fondamentaux du marché immobilier) et des variables locales (fiscalité du sol¹²⁹ par exemple). Une première exploration de ces données révèle une grande hétérogénéité entre les différents territoires et une grande richesse d'information, dont le traitement est complexe et outrepassé largement le travail mené dans cette thèse, mais qui semble constituer un terrain de recherche très fertile.

¹²⁸ Les types de locaux tertiaires considérés sont : hébergement hôtelier, commerces, bureaux, artisanat, bâtiments industriels, entrepôts, exploitation agricole et forestière, services publics ou d'intérêt collectif (qui comprend les transports, l'enseignement et la recherche, action sociale, ouvrage spécial, santé, culture et loisirs.

¹²⁹ De nombreuses taxes portent sur la surface des bâtiments : la taxe d'aménagement, la taxes sur les surfaces commerciales (TASCOM), la contribution économique territoriale (CET, indirectement puisque l'assiette de la CET est la valeur locative du bâtiment, qui dépend de sa surface), la taxe foncière sur les propriétés non bâties (TFPNB), la taxe annuelle sur les locaux à usage de bureaux, les locaux commerciaux et les locaux de stockage, mise en place afin d'obtenir des recettes dans le contexte du projet du Grand Paris.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEME. 2009. « Préservez et améliorez les performances de votre installation de chauffage : l'entretien des chaudières ».
- . 2011. « Chaleur et confort sans gaspillage, le chauffage, la régulation, l'eau chaude ».
- . 2013. « Les chiffres clés du bâtiment ».
- AIE, et OCDE. 2012. *Energy Technology Perspectives: Scenarios & Strategies to 2050: In Support of the G8 Plan of Action*. Paris: OECD, IEA.
- Allcott, Hunt. 2011. « Social norms and energy conservation ». *Journal of Public Economics*, Special Issue: The Role of Firms in Tax Systems, 95 (9–10): 1082-95.
- Andonov, Aleksandar, Piet Eichholtz, et Nils Kok. 2015. « Intermediated Investment Management in Private Markets: Evidence from Pension Fund Investments in Real Estate ». *Journal of Financial Markets* 22 (janvier): 73-103.
- Angrist, Joshua D., et Jörn-Steffen Pischke. 2008. *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton university press.
- Aveline-Dubach, Natacha, Natacha. 2008. *Immobilier: l'Asie, la bulle et la mondialisation*. Broché. Réseau Asie. CNRS.
- Aykut, Stefan. 2012. « Comment gouverner un “nouveau risque mondial”? La construction du changement climatique comme problème public à l'échelle global, européenne, en France et en Allemagne. » Sciences de l'environnement, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS).
- Baker, Keith J., et R. Mark Rylatt. 2008. « Improving the prediction of UK domestic energy-demand using annual consumption-data ». *Applied Energy* 85 (6): 475–482.
- Baker, Paul, et Richard Blundell. 1991. « The microeconomic approach to modelling energy demand: some results for UK households ». *Oxford Review of Economic Policy* 7 (2): 54–76.
- Barraqué, Bernard. 2011. « Is individual metering socially sustainable? The case of multifamily housing in France ». *Water Alternatives* 4 (2): 223.
- . 2013. « Le compteur d'eau: enjeux passés et actuels ». *Sciences Eaux & Territoires*, n° 1: 98–105.
- Belaïd, Fateh. 2016. « Understanding the Spectrum of Domestic Energy Consumption: Empirical Evidence from France ». *Energy Policy* 92 (mai): 220-33.
- Berkhout, Peter H. G., Ada Ferrer-i-Carbonell, et Jos C. Muskens. 2004. « The ex post impact of an energy tax on household energy demand ». *Energy Economics* 26 (3): 297-317.
- Bernard, Jean-Thomas, Denis Bolduc, et Donald Belanger. 1996a. « Quebec Residential Electricity Demand: A Microeconomic Approach ». *The Canadian Journal of Economics* 29 (1): 92.
- . 1996b. « Quebec Residential Electricity Demand: A Microeconomic Approach ». *The Canadian Journal of Economics* 29 (1): 92.
- Binder, David A., et Georgia R. Roberts. 2003. « Design-based and model-based methods for estimating model parameters ». *Analysis of survey data*, 29–48.
- Boisnier, Cyril. 2010. « Financiarisation Et Developpement Urbain Durable: Une Analyse Des Strategies Des Societes Foncieres Cotees En France ». In *ASRDLF-Identité, Qualité et Compétitivité territoriale*.
- Bonnet, Jacques, et Bruno Moriset. 2003. « L'immobilier d'entreprise ». *Géocarrefour* 78 (4): 265-68.
- Bontems, Philippe, et Gilles Rotillon. 2010. *L'économie de l'environnement*. La Découverte.

- Bouchouicha, Ranoua, et Zied Ftiti. 2012. « Real Estate Markets and the Macroeconomy: A Dynamic Coherence Framework ». *Economic Modelling* 29 (5): 1820-29.
- Bourguignon, François, Martin Fournier, et Marc Gurgand. 2007. « Selection Bias Corrections Based on the Multinomial Logit Model: Monte Carlo Comparisons ». *Journal of Economic Surveys* 21 (1): 174-205.
- Boxall, Peter C., Wiktor L. Adamowicz, Joffre Swait, Michael Williams, et Jordan Louviere. 1996. « A comparison of stated preference methods for environmental valuation ». *Ecological economics* 18 (3): 243–253.
- Branch, E. Raphael. 1993. « Short Run Income Elasticity of Demand for Residential Electricity Using Consumer Expenditure Survey Data ». *The Energy Journal* 14 (4): 111-21.
- Branger, Frédéric, Louis-Gaëtan Giraudet, Céline Guivarch, et Philippe Quirion. 2015. « Global sensitivity analysis of an energy–economy model of the residential building sector ». *Environmental Modelling & Software* 70 (août): 45-54.
- Brewer, Ken. 2014. « Trois controverses dans l’histoire de l’échantillonnage ». *Statistique Canada* 39 (2): 275-89.
- Brewer, Kenneth RW, et Robert W. Mellor. 1973. « THE EFFECT OF SAMPLE STRUCTURE ON ANALYTICAL SURVEYS1, 2 ». *Australian Journal of Statistics* 15 (3): 145–152.
- Brounen, Dirk, Nils Kok, et John M. Quigley. 2012. « Residential energy use and conservation: Economics and demographics ». *European Economic Review* 56 (5): 931–945.
- Brown, F. Lee, Lou Hoffman, et Jerry D. Baxter. 1975. « New way to measure price elasticity ». *Electrical World* 184 (12): 52–54.
- Brown, Marilyn A., et Youngsun Baek. 2010. « The Forest Products Industry at an Energy/Climate Crossroads ». *Energy Policy* 38 (12): 7665-75.
- Carson, Rachel. 1963. « Printemps silencieux ». *Paris, Plon*.
- Carter, David W., et J. Walter Milon. 2005. « Price knowledge in household demand for utility services ». *Land Economics* 81 (2): 265–283.
- Cassell, David L. 2006. « Wait Wait, Don’t Tell Me... You’re Using the Wrong Proc ». In . CGDD. 2012. « Dix ans de consommation d’énergie dans le secteur tertiaire ». *Chiffres & statistiques*, n° n°369 (novembre).
- . 2013. « La fiscalité environnementale en France : un état des lieux ». Références.
- . 2014. « Bilan énergétique de la France pour 2013 ». Références.
- . 2015. « L’énergie en 2011 dans le secteur tertiaire marchand : des usages différenciés suivant les activités ». *Le point sur*, n° n°200 (avril).
- . 2016. « Énergie, bilan 2015 : chute de la facture ».
- Chang, Andrew C., et Phillip Li. 2015. « Is Economics Research Replicable? Sixty Published Papers from Thirteen Journals Say “Usually Not” ». *Finance and Economics Discussion Series*, Board of Governors of the Federal Reserve System, 2015 (83): 1-26. doi:10.17016/FEDS.2015.083.
- Chaouch, Mohamed, et Camelia Goga. 2012. « Using complex surveys to estimate the \$L_1\$-median of a functional variable: application to electricity load curves ». *International Statistical Review* 80 (1): 40-59.
- Charlier, Dorothee. 2016. « Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions in the Service Sector: Evidence for 15 European Countries ». In . 3ème conférence annuelle de la FAERE, 08-09 Septembre 2016, Bordeaux.
- Charlier, Dorothee, et Anna Risch. 2012. « Evaluation of the impact of environmental public policy measures on energy consumption and greenhouse gas emissions in the French residential sector ». *Energy Policy* 46 (juillet): 170-84.

- Chemin, Matthieu, et Etienne Wasmer. 2009. « The employment effects of 35-hour workweek regulation in France: using Alsace-Moselle local laws to build a diff-in-diff ». *Journal of Labor Economics* 27 (4): 487–524.
- . 2016. « Réponse à “L’Alsace-Moselle peut-elle décider des 35 heures ?” ». *Version provisoire, pour discussion*, octobre.
- Chiroleu-Assouline, Mireille, et Mouez Fodha. 2006. « Double dividend hypothesis, golden rule and welfare distribution ». *Journal of Environmental Economics and Management* 51 (3): 323–335.
- Chong, Howard. 2012a. « Building Vintage and Electricity Use: Old Homes Use Less Electricity in Hot Weather ». *European Economic Review* 56 (5): 906-30.
- . 2012b. « Building vintage and electricity use: Old homes use less electricity in hot weather ». *European Economic Review, Green Building, the Economy, and Public Policy*, 56 (5): 906-30.
- Ciuch, Jean-Michel, et Evelyne Colombani. 2011. « Crise du logement: la mise en accusation de l’immobilier d’entreprise ». *Immogroup consulting*, janvier.
- Clapp, John M. 1993. *Dynamics of Office Markets: Empirical Findings and Research Issues*. The Urban Insite.
- CNIS. 2014. « Bilan Moyen-Terme 2009-2013 ». n°135.
- Cochran, William G. 1953. *Sampling techniques*. Vol. xiv. Oxford, England: John Wiley.
- . 1977. *Sampling Techniques, 3rd Edition*. John Wiley & Sons.
- Comité pour la Fiscalité Ecologique. 2013. « Travaux du comité pour la fiscalité écologique ».
- Costa, Dora L, et Matthew E Kahn. 2011. « Electricity Consumption and Durable Housing: Understanding Cohort Effects ». *American Economic Review* 101 (3): 88-92.
- Costantini, Valeria, Giorgia Sforna, et Mariangela Zoli. 2016. « Interpreting bargaining strategies of developing countries in climate negotiations. A quantitative approach ». *Ecological Economics* 121 (janvier): 128-39.
- Creti, Anna, Eileen Fumagalli, et Elena Fumagalli. 2010. « Integration of electricity markets in Europe: Relevant issues for Italy ». *Energy Policy, Energy Efficiency Policies and Strategies with regular papers.*, 38 (11): 6966-76.
- Creti, Anna, Pierre-André Jouvét, et Valérie Mignon. 2012. « Carbon price drivers: Phase I versus Phase II equilibrium? » *Energy Economics* 34 (1): 327–334.
- Creti, Anna, Bertrand Villeneuve, et others. 2004. « Long-term contracts and take-or-pay clauses in natural gas markets ». *Energy Studies Review* 13 (1): 75–94.
- Crouzet, É. 2001. « Évolution récente de la géographie des bureaux en Île-de-France//Récent évolution of real estate geography in Ile-de-France ». *Annales de Géographie* 110 (618): 151-74.
- Crouzet, Éric. 2003. « Le marché de bureau et les territoires métropolitains : vers un renforcement de la discrimination spatiale / The office space market in the metropolitan areas: toward an increasing spatial discrimination ». *Annales de Géographie* 112 (631): 260-78.
- Dahan, Amy. 2007. *Les modèles du futur*. La Découverte.
- Dahan, Amy, et Stefan Aykut. 2015. *Gouverner le climat ?, 20 ans de négociations internationales*. Presses de Sciences Po | Références.
- Dahan, Amy, et Hélène Guillemot. 2015. « Les relations entre science et politique dans le régime climatique : à la recherche d’un nouveau modèle d’expertise? » Édité par Catherine Aubertin, Michel Damian, Michel Magny, Claude Millier, Jacques Theys, et Sébastien Treyer. *Natures Sciences Sociétés* 23: S6-18.
- Dahl, Gordon B. 2002. « Mobility and the Return to Education: Testing a Roy Model with Multiple Markets ». *Econometrica* 70 (6): 2367-2420.

- Davezies, Laurent, et Xavier D'Haultfoeuille. 2009. « Faut-il pondérer?... ou l'éternelle question de l'économètre confronté à des données d'enquête ». *Documents de Travail de la DESE*.
- De Hoyos, Rafael. 2005. « SVYSELMLOG: Stata module to compute selectivity adjustment based on the multinomial logit for survey design ».
- De Hoyos, Rafael E. 2011. « Female labor participation and occupation decisions in post-NAFTA Mexico ». *Research in labor economics* 33: 85–127.
- Deaton, Angus. 1997. *The analysis of household surveys: a microeconomic approach to development policy*. World Bank Publications.
- Demeritt, David. 2001. « The construction of global warming and the politics of science ». *Annals of the association of American geographers* 91 (2): 307–337.
- Demoly, Elvire, Arnaud Fizzala, et Emmanuel Gros. 2014a. « Méthodes et pratiques des enquêtes entreprises à l'Insee ». *Journal de la Société Française de Statistique* 155 (4): 134-59.
- . 2014b. « Méthodes et pratiques des enquêtes entreprises à l'Insee ». *Journal de la Société Française de Statistique* 155 (4): 134-59.
- Devalière, Isolde. 2013. « L'inconfort thermique au cœur des inégalités entre les ménages. Appui sur l'Enquête Nationale Logement 2006 ». *Flux*, n° 89-90 (janvier): 58-66.
- Devalière, Isolde, Pierrette Briant, et Séverine Arnault. 2011. « La précarité énergétique : avoir froid ou dépenser trop pour se chauffer ». *INSEE Première*, n° 1351 (mai).
- Douarin, Elodie, Julie Litchfield, et Rachel Sabates-Wheeler. 2012. « War Legacies, Welfare and Livelihoods in Rural Areas: The Case of Kosovo ». *Journal of Agricultural Economics* 63 (1): 201-22.
- Druckman, Angela, et Tim Jackson. 2008. « Household energy consumption in the UK: A highly geographically and socio-economically disaggregated model ». *Energy Policy* 36 (8): 3177–3192.
- Dubin, Jeffrey A., et Daniel L. McFadden. 1984. « An Econometric Analysis of Residential Electric Appliance Holdings and Consumption ». *Econometrica* 52 (2): 345-62.
- Eichholtz, Piet, Nils Kok, et John M. Quigley. 2010. « Doing well by doing good? Green office buildings ». *The American Economic Review* 100 (5): 2492–2509.
- ENA. 2011. « Le bilan coûts-bénéfices des normes en matière e construction, de rénovation de logement et d'urbanisme est-il aujourd'hui positif? »
- Enerdata. 2012. « Energy Efficiency Policies in the EU: Lessons from the Odysee-Mure Project ». Benchmark.
- Estiri, Hossein. 2014. « Building and household X-factors and energy consumption at the residential sector: A structural equation analysis of the effects of household and building characteristics on the annual energy consumption of US residential buildings ». *Energy Economics* 43 (mai): 178-84.
- Fisher, Jeffrey, Dean Gatzlaff, David Geltner, et Donald Haurin. 2003. « Controlling for the impact of variable liquidity in commercial real estate price indices ». *Real Estate Economics* 31 (2): 269–303.
- Foddy, Margaret. 1999. *Resolving Social Dilemmas: Dynamics, Structural, and Intergroup Aspects*. Psychology Press.
- Fodha, Mouez, et Oussama Zaghdoud. 2010. « Economic growth and pollutant emissions in Tunisia: an empirical analysis of the environmental Kuznets curve ». *Energy Policy* 38 (2): 1150–1156.
- Fuerst, Franz, et Pat McAllister. 2011. « Eco-labeling in commercial office markets: Do LEED and Energy Star offices obtain multiple premiums? » *Ecological Economics* 70 (6): 1220–1230.

- Fujii, Edwin T., et Clifford B. Hawley. 1988. « On the accuracy of tax perceptions ». *The Review of Economics and Statistics*, 344–347.
- Getmansky, Mila, Andrew W. Lo, et Igor Makarov. 2004. « An econometric model of serial correlation and illiquidity in hedge fund returns ». *Journal of Financial Economics* 74 (3): 529–609.
- Giraudet, Louis-Gaëtan, Céline Guivarch, et Philippe Quirion. 2012. « Exploring the Potential for Energy Conservation in French Households through Hybrid Modeling ». *Energy Economics* 34 (2): 426-45.
- Godechot, Olivier. 2016. « L’Alsace-Moselle peut-elle décider des 35 heures? » *Version préliminaire du commentaire de l’étude de Chein et Wasmer (2009)*.
- Goga, C., J.-C. Deville, et A. Ruiz-Gazen. 2009. « Use of Functionals in Linearization and Composite Estimation with Application to Two-Sample Survey Data ». *Biometrika* 96 (3): 691-709.
- Granelle, Jean-Jacques. 1998. *Économie immobilière: analyses et applications*. Economica, Editions (FR).
- Greene, William H. 2003. *Econometric analysis*. 5th ed. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.
- Gubian, Alain, Stéphane Jugnot, Frédéric Lerais, et Vladimir Passeron. 2004. « Les effets de la RTT sur l’emploi: des estimations ex ante aux évaluations ex post ». *Economie et statistique* 376 (1): 25–54.
- Guillerm, Marine, et Ronan Le Saout. 2014. « Groupe de lecture “Econométrie des données d’enquête”. Compte-rendu de la première réunion, 24 novembre 2014 : objectifs et organisation ».
- Hache, Emmanuel, Déborah Leboullenger, et Valérie Mignon. 2016. « Beyond average energy consumption in the French residential housing market: A household classification approach ». University of Paris West-Nanterre la Défense, EconomiX.
- Halvorsen, Robert. 1975. « Residential Demand for Electric Energy ». *The Review of Economics and Statistics* 57 (1): 12-18.
- Hanemann, W. Michael. 1984. « Discrete/Continuous Models of Consumer Demand ». *Econometrica* 52 (3): 541.
- Hanemanna, Michael, Xavier Labandeira, José M. Labeaga, et Xiral López-Otero. 2013. « Energy Demand for Heating: Short Run and Long Run ».
- Hansen, Morris H., William N. Hurwitz, et William G. Madow. 1953. « Sample Survey Methods and Theor ».
- Harold, Jason, Seán Lyons, et John Cullinan. 2015. « The determinants of residential gas demand in Ireland ». *Energy Economics* 51: 475–483.
- He, Jie, et Johan Jacquemin. 2012. « La balance du carbone incorporé au commerce bilatéral entre la France et la Chine : transferts d’émissions ou nouvelles créations ? » *Revue économique* Prépublication (novembre): art74_I-XXXII.
- Heckman, James J. 1979. « Sample Selection Bias as a Specification Error ». *Econometrica* 47 (1): 153.
- Heeringa, Steven G., Brady T. West, et Patricia A. Berglund. 2010a. *Applied Survey Data Analysis*.
- . 2010b. *Applied Survey Data Analysis*. 1 edition. Boca Raton, FL: Chapman and Hall/CRC.
- Hoesli, Martin, Jon Lekander, et Witold Witkiewicz. 2009. « International evidence on real estate as a portfolio diversifier ». *Journal of Real Estate Research*.
- Hong, Sung H., Tadj Oreszczyn, Ian Ridley, Warm Front Study Group, et others. 2006. « The impact of energy efficient refurbishment on the space heating fuel consumption in English dwellings ». *Energy and Buildings* 38 (10): 1171–1181.

- Horvitz, D. G., et D. J. Thompson. 1952. « A Generalization of Sampling Without Replacement From a Finite Universe ». *Journal of the American Statistical Association* 47 (260): 663.
- Hourcade, Jean-Charles, Laurence Tubiana, et Hervé Le Treut. 2010. « L'affaire climatique, au-delà des contes et légendes ». *Revue Projet*, n° 316 (mai): 19-33.
- Inman, David, et Paul Jeffrey. 2006. « A review of residential water conservation tool performance and influences on implementation effectiveness ». *Urban Water Journal* 3 (3): 127-143.
- INSEE. 2006. « Des ménages toujours plus petits. Projection des ménages pour la France métropolitaine à l'horizon 2030. » *INSEE Première*, n° 1106 (octobre).
- Ito, Koichiro. 2014. « Do Consumers Respond to Marginal or Average Price? Evidence from Nonlinear Electricity Pricing[†] ». *American Economic Review* 104 (2): 537-63.
- Jaccard, Mark, Richard Loulou, Amit Kanudia, John Nyboer, Alison Bailie, et Maryse Labriet. 2003. « Methodological contrasts in costing greenhouse gas abatement policies: Optimization and simulation modeling of micro-economic effects in Canada ». *European Journal of Operational Research* 145 (1): 148-164.
- Jacobsen, Grant D., et Matthew J. Kotchen. 2013. « Are Building Codes Effective at Saving Energy? Evidence from Residential Billing Data in Florida ». *Review of Economics and Statistics* 95 (1): 34-49.
- Jasanoff, S. S. 1987. « Contested Boundaries in Policy-Relevant Science ». *Social Studies of Science* 17 (2): 195-230.
- Johnson, David R., et Lisa A. Elliott. 1998. « Sampling Design Effects: Do They Affect the Analyses of Data from the National Survey of Families and Households? » *Journal of Marriage and the Family* 60 (4): 993.
- Jouvet, Pierre-André, Philippe Michel, et Gilles Rotillon. 2005a. « Equilibrium with a market of permits ». *Research in Economics* 59 (2): 148-163.
- . 2005b. « Optimal growth with pollution: how to use pollution permits? » *Journal of Economic Dynamics and Control* 29 (9): 1597-1609.
- Kahn, Matthew E., Nils Kok, et John M. Quigley. 2014. « Carbon emissions from the commercial building sector: The role of climate, quality, and incentives ». *Journal of Public Economics* 113: 1-12.
- Keeling, Charles D. 1960. « The Concentration and Isotopic Abundances of Carbon Dioxide in the Atmosphere ». *Tellus* 12 (2): 200-203.
- Kendall, Maurice George, et William R. Buckland. 1971. *A dictionary of statistical terms*. Vol. 14. 27. University of Michigan-Dearborn.
- Kirat, Djamel, Dorothée Charlier, et Mouez Fodha. 2016. « CO2 emissions from the residential sectors in Europe: drivers and distributive consequences ». In . 3ème conférence annuelle de la FAERE, 08-09 Septembre 2016, Bordeaux.
- Kish, Leslie. 1965. *Survey Sampling*. John Wiley and Sons.
- . 1995. « The hundred years' wars of survey sampling ». *Statistics in Transition* 2 (5): 813-830.
- Kling, John L., et Thomas E. McCue. 1987. « Office building investment and the macroeconomy: empirical evidence, 1973-1985 ». *Real Estate Economics* 15 (3): 234-255.
- Korn, Edward L., et Barry I. Graubard. 1995. « Examples of Differing Weighted and Unweighted Estimates from a Sample Survey ». *The American Statistician* 49 (3): 291.
- Krumm, Peter J.M.M., et Jackie de Vries. 2003. « Value Creation through the Management of Corporate Real Estate ». *Journal of Property Investment & Finance* 21 (1): 61-72.

- La documentation française. 2015. « Rapport de la mission conjointe CGEDD-IG INSEE relative aux informations statistiques sur l'énergie ». n°009084-01.
- Laurenceau, Sylvain. 2013. « Analyse de la Valeur Verte dans l'immobilier de bureaux ». CSTB.
- Le Guennec, Josiane. 2005. « La régression sur échantillon avec SAS ». In . Paris.
- Le Kama, Alain Ayong, et Katheline Schubert. 2004. « Growth, environment and uncertain future preferences ». *Environmental and Resource Economics* 28 (1): 31–53.
- Le Kama, Alain D. Ayong. 2001. « Sustainable growth, renewable resources and pollution ». *Journal of Economic Dynamics and Control* 25 (12): 1911–1918.
- Leahy, Eimear, et Sean Lyons. 2010. « Energy use and appliance ownership in Ireland ». *Energy Policy* 38 (8): 4265–4279.
- Lee, Lung-Fei. 1983. « Generalized Econometric Models with Selectivity ». *Econometrica* 51 (2): 507.
- Lee, Ray-Shine, et Nsrvikar Singh. 1994. « Patterns in Residential Gas and Electricity Consumption: An Econometric Analysis ». *Journal of Business & Economic Statistics* 12 (2): 233-41.
- Leth-Petersen, Søren. 2002. « Micro Econometric Modelling of Household Energy Use: Testing for Dependence between Demand for Electricity and Natural Gas ». *The Energy Journal* 23 (4): 57-84.
- Levinson, Arik, et Scott Niemann. 2004. « Energy use by apartment tenants when landlords pay for utilities ». *Resource and Energy Economics* 26 (1): 51-75.
- Lewis, Taylor. 2013. « Analyzing Continuous Variables from Complex Survey Data Using PROC SURVEYMEANS ». In .
- Liao, Huei-Chu, et Tsai-Feng Chang. 2002. « Space-heating and water-heating energy demands of the aged in the US ». *Energy Economics* 24 (3): 267-84.
- Lohr, Sharon L. 2009. *Sampling: Design and Analysis*. Cengage Learning.
- Madani, Kaveh. 2013. « Modeling international climate change negotiations more responsibly: Can highly simplified game theory models provide reliable policy insights? » *Ecological Economics* 90 (juin): 68-76.
- Mairet, Nicolas, et Fabrice Decellas. 2009. « Determinants of Energy Demand in the French Service Sector: A Decomposition Analysis ». *Energy Policy* 37 (7): 2734-44.
- Mansur, Erin T., Robert Mendelsohn, et Wendy Morrison. 2008. « Climate change adaptation: A study of fuel choice and consumption in the US energy sector ». *Journal of Environmental Economics and Management* 55 (2): 175-93.
- Mansur, Erin T., Robert O. Mendelsohn, et Wendy Morrison. 2005. « A discrete-continuous choice model of climate change impacts on energy ».
- Martorell, R., F. S. Mendoza, R. O. Castillo, I. G. Pawson, et C. C. Budge. 1987. « Short and plump physique of Mexican-American children ». *American journal of physical anthropology* 73 (4): 475–487.
- Meier, Helena, et Katrin Rehdanz. 2010. « Determinants of residential space heating expenditures in Great Britain ». *Energy Economics* 32 (5): 949–959.
- Milanesi, Julien. 2007. « LA MÉTHODE D'ÉVALUATION CONTINGENTE EN QUESTION. Critique, requalification et illustration par la mesure de la demande en assainissement à Moshi (Tanzanie) ». Université de Pau et des Pays de l'Adour.
- Miller, Norm, Jay Spivey, et Andrew Florance. 2008. « Does green pay off? » *Journal of Real Estate Portfolio Management* 14 (4): 385–400.
- Morrow, W. Ross, Kelly Sims Gallagher, Gustavo Collantes, et Henry Lee. 2010. « Analysis of policies to reduce oil consumption and greenhouse-gas emissions from the US transportation sector ». *Energy Policy* 38 (3): 1305–1320.

- Mundaca, Luis, Lena Nejj, Ernst Worrell, et Michael McNeil. 2010. « Evaluating energy efficiency policies with energy-economy models ». *Annual review of environment and resources* 35: 305–344.
- Nappi-Choulet, Ingrid. 2002. « L'externalisation des patrimoines immobiliers, un phénomène structurel ? » *IEIF - Réflexions immobilières*, n° n°33 (septembre).
- . 2013a. « La financiarisation du marché immobilier français: de la crise des années 1990 à la crise des subprimes de 2008 ». *Revue d'économie financière* 110 (2): 189–206.
- . 2013b. *L'immobilier d'entreprise - Analyse économique des marchés*, 2e éd. Economica.
- Nappi-Choulet, Ingrid, Isabelle Maleyre, et Tristan-Pierre Maury. 2007. « A Hedonic Model of Office Prices in Paris and its Immediate Suburbs ». *Journal of Property Research* 24 (3): 241-63.
- Nathan, Gad. 1992. « Les effets du plan d'échantillonnage sur l'analyse des données d'enquête ». In *Actes des journées de méthodologie statistiques 1992*, 59-73. INSEE Méthodes 46-47–48. Paris.
- Neiman, Danielle, Susan King, David Swanson, Stephen Ash, Jacob Enriquez, et Joshua Rosenbaum. s. d. « Review of the 2010 Sample Redesign of the Consumer Expenditure Survey ».
- Nesbakken, Runa. 2001. « Energy Consumption for Space Heating: A Discrete-Continuous Approach ». *Scandinavian Journal of Economics* 103 (1): 165-84.
- Newell, Richard G., et William A. Pizer. 2008. « Carbon mitigation costs for the commercial building sector: Discrete–continuous choice analysis of multifuel energy demand ». *Resource and Energy Economics* 30 (4): 527–539.
- Newsham, Guy R., et Cara L. Donnelly. 2013. « A Model of Residential Energy End-Use in Canada: Using Conditional Demand Analysis to Suggest Policy Options for Community Energy Planners ». *Energy Policy* 59 (août): 133-42.
- Neyman, Jerzy. 1934. « On the two different aspects of the representative method: the method of stratified sampling and the method of purposive selection ». *Journal of the Royal Statistical Society* 97 (4): 558–625.
- Nouvelle, L'Usine. 2011. « Dégager de la trésorerie avec ses murs ». Article. usinenouvelle.com/. novembre 24.
- Olmstead, Sheila M., et Robert N. Stavins. 2009. « Comparing price and nonprice approaches to urban water conservation ». *Water Resources Research* 45 (4).
- Osborne, Jason W. 2011. « Best practices in using large, complex samples: the importance of using appropriate weights and design effect compensation ». *Pract Assess Res Evaluat* 16: 1531–7714.
- Ouzeau, G., M. Déqué, M. Jouini, S. Planton, et R. Vautard. 2014. « Le climat de la France au XXI^e siècle ». *Rapport de la Direction Générale de l'Energie et du Climat*.
- Pearce, David W., William R. Cline, Amrita N. Achanta, Samuel Fankhauser, Rajendra K. Pachauri, Richard SJ Tol, et Pier Vellinga. 1996. « The social costs of climate change: greenhouse damage and the benefits of control ». *Climate change 1995: Economic and social dimensions of climate change*, 179–224.
- Percebois, Jacques. 2008. « Electricity liberalization in the European Union: Balancing benefits and risks ». *The Energy Journal*, 1–19.
- Pestre, Dominique. 2004. « Le nouvel univers des sciences et des techniques: une proposition générale ». In *Les sciences pour la guerre. 1940-1960*, Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 11–47. Paris: Dahan, A. et Pestre, D.
- Plan Bâtiment Durable. 2013. « Baromètre Plan Bâtiment Durable - Résultats sur l'Île de France, 2011-2012 ».

- Porter, Richard. 1973. « On the use of survey sample weights in the linear model ». In *Annals of Economic and Social Measurement, Volume 2, number 2*, 141–158. NBER.
- Rehdanz, Katrin. 2007. « Determinants of residential space heating expenditures in Germany ». *Energy Economics* 29 (2): 167–182.
- Renard, Vincent. 2002. « Les dynamiques économiques des villes du XXI^e siècle: dérive des marchés immobiliers et fragmentation urbaine ». *Communication à l'Académie des Sciences Morales et Politiques*.
- . 2010. « Focus. Les risques de la titrisation ». In *Regards sur la Terre 2010*. Presses de Sciences Po (P.F.N.S.P.).
- Renauld, Vincent. 2012. « Fabrication et usage des écoquartiers français: éléments d'analyse à partir des quartiers De Bonne (Grenoble), Ginko (Bordeaux) et Bottière-Chénaie (Nantes) ». INSA de Lyon.
- Renauld-Giard, Vincent. 2015. « Les risques de contre-productivité à l'usage des innovations vertes dans le bâtiment. Le cas français des chauffe-eau solaires dans l'habitat collectif ». *Information et Débats de la Chaire Economie du Climat*, n° 39 (octobre).
- Riedinger, Nicolas, et Céline Thévenot. 2008. « Is the ISO 14001 Standard Effective? An Econometric Study of French Industry ». *Economie & Statistique*.
- Risch, Anna, et Claire Salmon. 2013. « What matters in Residential Energy Consumption? Evidence from France ». Working Paper hal-01081953. HAL.
- Rivers, Nic, et Mark Jaccard. 2005. « Combining top-down and bottom-up approaches to energy-economy modeling using discrete choice methods ». *The Energy Journal*, 83–106.
- Rosen, Kenneth T. 1984. « Toward a Model of the Office Building Sector ». *Real Estate Economics* 12 (3): 261-69.
- Rotillon, Gilles, et Tarik Tazdaït. 1996. « International bargaining in the presence of global environmental change ». *Environmental and Resource Economics* 8 (3): 293–314.
- Ryan, Alan S., Gilbert A. Martinez, Richard N. Baumgartner, Alex F. Roche, Shumei Guo, W. Cameron Chumlea, et Robert J. Kuczmarski. 1990. « Median Skinfold Thickness Distributions and Fat-Wave Patterns in Mexican-American Children from the Hispanic Health and Nutrition Examination Survey (HHANES 1982-1984) ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 51 (5): 925S-935S.
- Schleich, Joachim. 2009. « Barriers to energy efficiency: a comparison across the German commercial and services sector ». *Ecological Economics* 68 (7): 2150–2159.
- Schumacher, Ernst Friedrich. 1973. *Small is beautiful: A study of economics as if people mattered*. Blond & Briggs.
- Shackley, S., et B. Wynne. 1996. « Representing Uncertainty in Global Climate Change Science and Policy: Boundary-Ordering Devices and Authority ». *Science, Technology & Human Values* 21 (3): 275-302.
- Solon, Gary, Steven J. Haider, et Jeffrey M. Wooldridge. 2015. « What are we weighting for? ». *Journal of Human resources* 50 (2): 301–316.
- Swan, Lukas G., et V. Ismet Ugursal. 2009. « Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques ». *Renewable and sustainable energy reviews* 13 (8): 1819–1835.
- SYNASAV. 2015. « Communiqué de presse - Etude BVA pour le Synasav : 3 millions de chaudières non entretenues en France ».
- Thélot, Hélène. 2014. « Les achats d'énergie dans le secteur tertiaire marchand en 2011 ». *Insee Première* n°1490 (février).
- Theurillat, T., P. Rerat, et O. Crevoisier. 2015. « The Real Estate Markets: Players, Institutions and Territories ». *Urban Studies* 52 (8): 1414-33. doi:10.1177/0042098014536238.

- Vaage, Kjell. 2000. « Heating Technology and Energy Use: A Discrete/Continuous Choice Approach to Norwegian Household Energy Demand ». *Energy Economics* 22 (6): 649-66.
- Victor, D.G., D. Zhou, E.H.M Ahmed, P.K. Dadhich, J.G.J Olivier, H-H. Rogner, K. Sheikho, et M. Yamaguchi. 2014. « Introductory Chapter ». In *Climate Change 2014 : Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the International Panel on Climate Change*, Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Wagner, Ulrich J., Mirabelle Muûls, Ralf Martin, et Jonathan Colmer. 2014. « The Causal Effects of the European Union Emissions Trading Scheme: Evidence from French Manufacturing Plants ». In *Fifth world congress of environmental and resources economists*.
- Wheaton, William C. 1987. « The cyclic behavior of the national office market ». *Areuea Journal* 15 (4): 281–99.
- Wilkerson, Jordan T., Danny Cullenward, Danielle Davidian, et John P. Weyant. 2013. « End Use Technology Choice in the National Energy Modeling System (NEMS): An Analysis of the Residential and Commercial Building Sectors ». *Energy Economics* 40 (novembre): 773-84.
- Wilson, Robert B. 1993. *Nonlinear Pricing*. Oxford University Press.
- Winship, C., et L. Radbill. 1994. « Sampling Weights and Regression Analysis ». *Sociological Methods & Research* 23 (2): 230-57.
- Wyatt, Peter. 2013. « A dwelling-level investigation into the physical and socio-economic drivers of domestic energy consumption in England ». *Energy Policy* 60: 540–549.
- Xu, Peng, Joe Huang, Pengyuan Shen, Xiaowen Ma, Xuefei Gao, Qiaolin Xu, Han Jiang, et Yong Xiang. 2013. « Commercial building energy use in six cities in Southern China ». *Energy Policy* 53: 76–89.

ANNEXES

Annexe 0A. Les modèles NEMS et CIMS

NEMS est un modèle développé en 1993 par le *Department of Energy (DOE)* américain. C'est l'un des modèles les plus importants aux Etats-Unis (Wilkerson et al., 2013), il est utilisé par le gouvernement américain pour prévoir l'offre et la demande énergétiques, les prix de l'énergie et l'adoption de nouvelles technologies, par l'*Energy Information Administration* pour évaluer ses politiques environnementales, et dans de nombreux travaux académiques portant sur des sujets variés allant de l'évaluation des politiques visant la réduction de la consommation énergétique du secteur des transports (Morrow et al., 2010) à l'industrie forestière (Brown et Baek, 2010). Le modèle est constitué de 13 modules dont 4 modules sectoriels consommateurs d'énergie (bâtiments résidentiels, bâtiments tertiaires, industrie et transport), 4 secteurs de production d'énergie (gaz, pétrole, charbon et énergies renouvelables) et un module représentant l'activité macroéconomique (références). Le module représentant les bâtiments tertiaires (*Commercial Demand Module*, CDM) modélise 10 services énergétiques différents et 11 types de bâtiments.

CIMS est un modèle développé par le *Energy and Materials Research Group* de l'Université Simon Fraser en Colombie Britannique (Jaccard et al., 2003). Il comprend quatre secteurs consommateurs d'énergie (bâtiments résidentiels, bâtiments tertiaires, industrie et transport), des secteurs de production d'énergie, et un module macroéconomique. Dix types de bâtiments sont considérés dans le module tertiaire.

D'après les typologies de modèles existantes (Mundaca et al., 2010), ces deux modèles sont considérés comme des modèles hybrides basés sur la simulation. Les modèles de simulation tentent de reproduire le plus fidèlement possible le mécanisme de prise de décision, sans supposer que les agents sont parfaitement rationnels. Ils diffèrent en cela des modèles d'optimisation, qui cherchent à déterminer l'option qui optimise la fonction objective sous les contraintes imposées, en supposant que l'agent est parfaitement rationnel. Ces modèles sont considérés comme hybrides parce qu'ils combinent certaines forces des modèles *Top-Down* et des modèles *Bottom-Up* (Rivers et Jaccard, 2005). En effet, la description des technologies et des bâtiments est détaillée, ce qui constitue un des points forts des modèles *Bottom-Up*, et le modèle utilise des variables macroéconomiques déterminées de manière endogène par un module *ad hoc* (prix de l'énergie, PIB, etc.).

Les deux modèles représentent de la même façon le choix d'une rénovation énergétique du bâtiment. Ils considèrent des agents $i, i \in \{1, \dots, m\}$ et des options de rénovation énergétique $j, j \in \{1, \dots, n\}$. L'agent i doit choisir une option j parmi toutes celles considérées. Notons que parmi ces options figure la possibilité de ne pas rénover. Chaque option est caractérisée par différents coûts. Selon les modèles, ces coûts comprennent le coût d'investissement de

l'option j CC_j , le coût d'opération et maintenance OC_j , et éventuellement un coût intangible IC_j ¹³⁰. Le modèle construit ainsi le coût sur la durée de vie de l'option, $LCC_{i,j}$ (*Life Cycle Cost*), qui dépend des différents coûts de l'option j ainsi que du taux d'actualisation de l'agent i , r_i . L'agent i doit choisir l'une des options de rénovation. $P_{i,j}$ désigne la probabilité que l'agent i choisisse l'option j . Cette probabilité est une fonction du $LCC_{i,j}$.

$$P_{i,j} = f(LCC_{i,j})$$

	$LCC_{i,j}$	$P_{i,j}$
NEMS	$LCC_{i,j} = CC_j \cdot \frac{r_i}{1 - (1 + r_i)^{t_j}} + OC_j \cdot CF$	$f = \begin{cases} 1, & \text{if } LCC_{i,j} < LCC_{i,k} \forall k \in \{1, \dots, n\} \\ 0, & \text{else} \end{cases}$
CIMS	$LCC_{i,j} = CC_j \cdot \frac{r_i}{1 - (1 + r_i)^{t_j}} + OC_j + I_j$	$f = \frac{LCC_{i,j}^{-v}}{\sum_{j=1}^n LCC_{i,j}^{-v}}$

Tableau 34 - Éléments du critère de décision des modèles NEMS et CIMS

¹³⁰ Le coût intangible regroupe les coûts de transaction ainsi que d'autres barrières spécifiques à la question de l'investissement en efficacité énergétique. Il s'agit en général d'un terme qui permet, via sa calibration, de faire correspondre les données de choix de rénovation observées avec les sorties du modèle. D'autres modèles appliqués au secteur résidentiel, ont introduit un terme similaire (Giraudet, Guivarch, et Quirion, 2012).

Annexe 1A. Présentation des études constituant le corpus de référence

Étude	Période	Nombre d'observations	Nombre de variables explicatives	Méthode d'estimation	Variable endogène	Zone
Demande conditionnelle aux équipements						
Branch (1993)	1985	4154	29	GLS	Quantité d'électricité consommée par mois	US
Leth-Petersen (2002)	1996	2885	14 à 26	MCO /IV GMM	Consommation de gaz et consommation d'électricité	DK
Levinson et Niemann (2004)	1997	4913	17	MCO et VI	Température intérieure en hiver (°F) (considérée comme un proxy pour la consommation d'énergie)	US
Rehdanz (2007)	1998 et 2003	12 634	61	Panel corrected LS	Facture d'énergie pour le chauffage et l'ECS par m ²	DE
Baker et Rylatt (2008)	2005	142	16	MCO		UK
Leahy et Lyons (2010)	2004/2005	6884	65 et 96	MCO	Consommation d'électricité et consommation d'autres énergies.	IE
Meier et Rehdanz (2010)	1991-2005	64 000	60	MCO	Factures énergétiques pour l'ECS et le chauffage / nombre de pièces	UK
Costa et Kahn (2011)	2000					US (California)
Brounen, Kok, et Quigley (2012)	2008/2009	> 300 000	29	MCO	Consommation d'énergie par tête (électricité et gaz)	NL
Chong (2012)	1998-2009	>5 000 000	25		Consommation journalière d'électricité	US (California)
Jacobsen et Kotchen (2013)	1998-2003	2239 ¹³¹	10	MCO sur données de panel.	Consommation mensuelle de gaz ou d'électricité (deux modèles)	US (Floride)
Estiri (2014)	2009	11 590	8	WLS	Consommation totale d'énergie	US
Kahn, Kok, et Quigley (2014)	2009	3521 ¹³²	18	MCO	Consommation journalière d'électricité par m ² .	US
Harold, Lyons, et Cullinan (2015)	Décembre 2009 – Mai 2011	1181 ¹³³	66	Differences-in-differences approach	Consommation journalière de gaz	IE
Belaid (2016)	2006	43 000	20	GLS	Consommation totale d'énergie	FR
Choix discret-continu						
Lee et Singh (1994)	1986	735	16	ML, 2SLS	Consommation d'électricité et consommation de gaz	
Bernard, Bolduc, et Belanger (1996)	1989	3090	27	Choix continu : MCO, VI	Consommation d'électricité	CA (Quebec)
Vaage (2000)	1980	2289	7 à 11	ML pour le choix du mode de chauffage puis MCO pour la quantité consommée	Consommation d'énergie	NO
Nesbakken	1990	551	27	Estimation simultanément du choix	Consommation d'énergie pour l'usage chauffage	NO

¹³¹ 2 239 résidences, 64 471 observations (car factures mensuelles).

¹³² 3521 bâtiments, 38 900 factures sur 10 ans.

¹³³ 1181 ménages – 636 559 observations.

Étude	Période	Nombre d'observations	Nombre de variables explicatives	Méthode d'estimation	Variable endogène	Zone
(2001)				discret et du choix continu avec ML		
Liao et Chang (2002)	1993	6249	30	Probit multinomial puis un WLS	Consommation d'énergie pour le chauffage d'une part et pour l'ECS d'autre part	US
(Mansur, Mendelsohn, et Morrison 2008)	1992 pour les firmes et 1993 pour les ménages		24 à 31	Logit multinomial pour le choix discret et MCO pour le choix continu.	Consommation d'électricité, de gaz, de fioul, de réseau de chaleur ou de GPL/kérosène	US
Hanemanna et al. (2013)	2006-2008 On a les trois années	63 054		-Panel data multinomial probit model -GLS		ES
Risch et Salmon (2013)	2006	19 849		Logit multinomial pour le choix discret. Double least square pour l'estimation de la demande d'énergie, pour corriger l'endogénéité du prix.	Consommation d'énergie par m ²	FR
<i>Analyses univariées</i>						
Newell et Pizer (2008)	1995	5766	28	Logit multi-nomial pour le choix discret, MCO pour le choix continu		US
Hong et al. (2006)	2001	3498	5	Analyse de la variance à un facteur	Consommation pour le chauffage par m ² et par jour	UK
Druckman et Jackson (2008)	2004-2005	7000		Analyse univariée, étude de la corrélation	Consommation annuelle d'énergie (électricité et gaz)	UK
Wyatt (2013)	2004-2008	22 000		Analyse univariée		UK

Tableau 35 - Détail des articles inclus dans la revue de la littérature

Annexe 1B. Choix discret considéré, variables explicatives introduites dans la modélisation du choix discret et méthode d'estimation employée dans la littérature DCC

Article	Choix discret considéré	Variables explicatives	Méthode d'estimation
Lee et Singh (1994)	Usage du gaz ou non	Statut d'occupation Nombre de chambres Revenu Surface Isolation des murs HDDS et CDDs.	Probit Estimation en deux étapes
Bernard, Bolduc, et Belanger (1996)	Système de chauffage parmi les options suivantes : -gaz naturel -fioul -électricité -bois -bois et électricité -fioul et gaz Système de production d'ECS parmi les combinaisons suivantes : -gaz -fioul -électricité	Localisation HDDS Date de changement du système de chauffage Période de construction du bâtiment Nombre de personnes dans le ménage Surface du logement Revenu Coût d'O&M annuel Coût d'investissement annuel	Probit multinomial Logit multinomial Nested Logit multinomial Estimation en deux étapes
Vaage (2000)	Système de chauffage, parmi les options suivantes : -électricité -électricité et bois -électricité et fioul -électricité, fioul et bois	Prix de l'énergie ¹³⁴ Revenu du ménage Nombre de pièces Type de l'appartement Période de construction du bâtiment Climat	Logit multinomial Estimation en deux étapes
Nesbakken (2001)	Système de chauffage parmi les options suivantes : -électricité -électricité et fioul -électricité et bois -électricité, fioul et bois	Statut d'occupation Type de logement Taille du ménage Coûts du chauffage	. Estimation simultanée du choix discret et du choix continu
Liao et Chang (2002)	Système de chauffage parmi : -électricité -gaz -fioul) Système de production d'ECS parmi les options suivantes : -électricité -gaz -autres	Statut d'occupation Année de construction Sexe du chef de famille Age du chef de famille Taille du ménage Type de logement Surface Revenu HDDs et CDDs Statut marital Situation professionnelle(chômage /travail) Localisation (Régions)	Logit multinomial Estimation en deux étapes
Mansur et al.	Mix énergétique parmi les options : -électricité -électricité et gaz - électricité et fioul -électricité et autres pour les ménages et parmi les options : -électricité -électricité et gaz	Pour le résidentiel : Température Précipitations Prix des différentes énergies Âge du bâtiment Nombre d'étages Âge du chef de famille Surface du bâtiment	Logit multinomial Estimation en deux étapes.

¹³⁴ Dans le cas d'une combinaison de sources d'énergie, le prix considéré est la moyenne des prix des différentes sources d'énergie.

	<ul style="list-style-type: none"> -électricité et fioul -électricité et réseau de chaleur pour les entreprises 	<ul style="list-style-type: none"> Revenu Taille du ménage Type de logement Pour le tertiaire : Température Précipitation Prix des différentes énergies Âge du bâtiment Nombre d'étages Surface Bâtiment partagé par plusieurs occupants Nombre de mois d'ouverture de l'établissement dans l'année Secteur d'activité de l'établissement d'établissements dans le bâtiment 	
Risch et Salmon	<ul style="list-style-type: none"> Système de chauffage parmi : -électricité -gaz -fioul. 	<ul style="list-style-type: none"> Type de résidence Surface, Copropriété Période de construction Caractéristiques de l'isolation Zone climatique Taille du ménage Âge de la personne de référence Statut d'occupation 	

Tableau 36 - Caractéristiques du choix discret dans la littérature *DCC*

Annexe 1C. Déterminants de la consommation d'électricité

Facteurs	Impact significatif positif sur la consommation d'électricité		Impact significatif négatif sur la consommation d'électricité		Pas d'effet significatif sur la consommation d'électricité	
	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire
<i>Caractéristiques du bâti</i>						
Surface	Lee et Singh (1994) Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) Nesbakken (2001) Leth-Petersen (2002) Liao et Chang (2002) Baker et Rylatt (2008) Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) Brounen, Kok, et Quigley (2012) Wyatt (2013) Risch et Salmon (2013) ¹³⁵ Jacobsen et Kotchen (2013)	Newell et Pizer (2008) ¹³⁶ Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) Kahn, Kok, et Quigley (2014) ¹³⁷				
Nombre de pièces	Branch (1993) Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) Vaage (2000) Baker et Rylatt (2008) Leahy et Lyons (2010)		Brounen, Kok, et Quigley (2012) ¹³⁸			
Age du bâtiment : Bâtiment récent	Liao et Chang (2002) ¹³⁹ Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) ¹⁴⁰ Brounen, Kok, et Quigley (2012) ¹⁴¹	Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) Newell et Pizer (2008) ¹⁴³ Kahn, Kok, et Quigley (2014)	Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) Vaage (2000) Nesbakken (2001) Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) ¹⁴⁴	Newell et Pizer (2008) ¹⁴⁷ Costa et Kahn (2011) Jacobsen et Kotchen (2013) ¹⁴⁸	Lee et Singh (1994)	

¹³⁵ Sur la consommation totale tous usages toutes sources. Mais l'effet de la surface est négatif.

¹³⁶ Pour l'usage chauffage et pour l'usage ECS.

¹³⁷ La consommation par m² diminue avec la surface.

¹³⁸ Les auteurs expliquent le signe négatif par la corrélation entre le nombre de pièces et la surface.

¹³⁹ Pour la consommation de l'usage chauffage uniquement.

¹⁴⁰ Si les ménages consomment également un autre combustible.

¹⁴¹ Les bâtiments construits après 2000 consomment plus que les bâtiments les plus anciens

Facteurs	Impact significatif positif sur la consommation d'électricité		Impact significatif négatif sur la consommation d'électricité		Pas d'effet significatif sur la consommation d'électricité	
	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire
	Chong (2012) ¹⁴² Wyatt (2013)		Leahy et Lyons (2010) Brounen, Kok, et Quigley (2012) ^{145 146} , Risch et Salmon (2013)			
Type de logement : maison individuelle	Vaage (2000) Leth-Petersen (2002) Brounen, Kok, et Quigley (2012)					
Bâtiment rénové (Oui)		(Kahn, Kok, et Quigley 2014)				
Classe du bâtiment : classe plus élevée		(Kahn, Kok, et Quigley 2014)				
<i>Caractéristiques sociodémographiques</i>						
Nombre de personnes	Branch (1993) Lee et Singh (1994) Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) Vaage (2000) Liao et Chang (2002) Druckman et Jackson (2008) Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) Leahy et Lyons (2010) Brounen, Kok, et Quigley (2012) ¹⁴⁹				Liao et Chang (2002) ¹⁵⁰	

¹⁴³ Pour les usages 'Miscellaneous' et 'Other Electricity end-use'.

¹⁴⁴ Si l'électricité est la seule source d'énergie.

¹⁴⁷ Pour l'usage chauffage.

¹⁴⁸ Les bâtiments construits après renforcement d'une réglementation thermique consomment moins que les bâtiments construits avant.

¹⁴² Les bâtiments récents (construits après les années 1970) sont plus sensibles une augmentation de la température : l'auteur s'intéresse à l'augmentation de la consommation d'électricité consécutive à une augmentation de la température d'1°F.

¹⁴⁵ Les bâtiments construits après 2000 consomment moins que les bâtiments construits entre 1980 et 2000.

¹⁴⁶ La consommation régressée est la consommation uniquement pour le chauffage.

¹⁴⁹ L'effet est négatif dans cette étude, mais ce qui est régressé est la consommation de gaz par tête. Et non pas la consommation de gaz tout court. Ceci traduit donc des économies d'échelle.

¹⁵⁰ Pour la consommation d'électricité pour l'usage chauffage uniquement.

Facteurs	Impact significatif positif sur la consommation d'électricité		Impact significatif négatif sur la consommation d'électricité		Pas d'effet significatif sur la consommation d'électricité	
	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire
	Risch et Salmon (2013),					
Âge du chef de famille/ moyenne d'âge des adultes/ âge du plus âgé	Branch (1993) Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) Nesbakken (2001) ¹⁵¹ Risch et Salmon (2013)		Leahy et Lyons (2010)		Leth-Petersen (2002)	
Statut d'occupation : Être propriétaire	Lee et Singh (1994) Vaage (2000)		Bernard, Bolduc, et Belanger (1996)		Leahy et Lyons (2010)	Newell et Pizer (2008) ¹⁵²
Revenu	Branch (1993) Lee et Singh (1994) Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) Nesbakken (2001), Liao et Chang (2002) ¹⁵³ Leth-Petersen (2002) Druckman et Jackson (2008) ¹⁵⁴ Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) Leahy et Lyons (2010) Brounen, Kok, et Quigley (2012) Risch et Salmon (2013)				Vaage (2000)	
Part de femmes dans le foyer			Brounen, Kok, et Quigley (2012)			
Ménage d'origine étrangère			Brounen, Kok, et Quigley (2012)			
Type de contrat énergétique : Cm=0		Kahn, Kok, et Quigley (2014)				
Présence d'un manager de				Kahn, Kok, et Quigley (2014)		

¹⁵¹ Pour la consommation de chauffage uniquement.

¹⁵² Pour l'usage chauffage.

¹⁵³ Pour la consommation d'électricité pour l'usage chauffage et pour l'usage ECS.

¹⁵⁴ Analyse de la corrélation simple entre revenu et consommation d'énergie.

Facteurs	Impact significatif positif sur la consommation d'électricité		Impact significatif négatif sur la consommation d'électricité		Pas d'effet significatif sur la consommation d'électricité	
	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire
l'énergie						
<i>Équipements</i>						
Nombre de digiboxes	Baker et Rylatt (2008)					
Nombre de PCs	Baker et Rylatt (2008) Newsham et Donnelly (2013)					
Nombre de douches par semaine	Baker et Rylatt (2008)					
Nombre de TVs	Baker et Rylatt (2008) Newsham et Donnelly (2013)					
Homeworking	Baker et Rylatt (2008)					
Présence/ ou nombre de freezers	Branch (1993) Leahy et Lyons (2010) Newsham et Donnelly (2013)					
Présence de réfrigérateur	Newsham et Donnelly (2013)				Leahy et Lyons (2010)	
Présence de climatisation	Branch (1993) Lee et Singh (1994) Chong (2012)					
Système de chauffage électrique	Branch (1993) Newsham et Donnelly (2013)	Costa et Kahn (2011)				
ECS électrique	Branch (1993) Newsham et Donnelly (2013)					
Présence de machine à laver	Newsham et Donnelly (2013)				Leahy et Lyons (2010)	
Présence / nombre de cuisinières électriques	Branch (1993) Newsham et Donnelly (2013)					
Présence d'aspirateur	Leahy et Lyons (2010)					
Présence de micro-onde	Newsham et Donnelly (2013)				Branch (1993) Leahy et Lyons (2010)	
Présence de	Branch (1993)					

Facteurs	Impact significatif positif sur la consommation d'électricité		Impact significatif négatif sur la consommation d'électricité		Pas d'effet significatif sur la consommation d'électricité	
	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire
sèche-linge	Leahy et Lyons (2010)					
Présence de lave-vaisselle	Leahy et Lyons (2010) Newsham et Donnelly (2013)				Branch (1993)	
Présence d'ordinateur					Leahy et Lyons (2010)	
Présence de piscine						
Double vitrage			Risch et Salmon (2013) ¹⁵⁵		Leahy et Lyons 2010) Risch et Salmon (2013) ¹⁵⁶	
Qualité de l'isolation			Risch et Salmon (2013) ¹⁵⁷		Lee et Singh (1994) Brounen, Kok, et Quigley (2012) Risch et Salmon (2013) ¹⁵⁸	
Présence d'un thermostat			Nesbakken (2001)			
Attitude sobre en énergie (baisse de la température intérieure)					Nesbakken (2001)	
Avoir une bonne exposition			Risch et Salmon (2013)			
<i>Prix de l'énergie</i>						
Prix de l'énergie			Branch (1993) Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) ¹⁵⁹ Vaage (2000) Nesbakken (2001) Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) Chong (2012) Risch et Salmon (2013)	Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) Newell et Pizer (2008)		

¹⁵⁵ L'effet est significatif négatif pour les appartements.

¹⁵⁶ L'effet est non significatif négatif pour les maisons.

¹⁵⁷ Pour l'isolation la plus récente.

¹⁵⁸ Pour les autres modalités de la qualité d'isolation.

¹⁵⁹ L'impact du prix de l'électricité est négatif, tandis que l'impact du prix des autres énergies est positif.

Facteurs	Impact significatif positif sur la consommation d'électricité		Impact significatif négatif sur la consommation d'électricité		Pas d'effet significatif sur la consommation d'électricité	
	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire
<i>Variables climatiques</i>						
CDD	Lee et Singh (1994) Liao et Chang (2002) ¹⁶⁰ Chong (2012)	Newell et Pizer (2008) ¹⁶¹	Liao et Chang (2002) ¹⁶²			Newell et Pizer (2008) ¹⁶³
HDD	Lee et Singh (1994) Nesbakken (2001) Liao et Chang (2002) ¹⁶⁴ Chong (2012)	Newell et Pizer (2008) ¹⁶⁵				Newell et Pizer (2008) ¹⁶⁶

Tableau 37 - Déterminants de la consommation d'électricité

¹⁶⁰ Pour la consommation d'électricité pour le chauffage uniquement.

¹⁶¹ Pour la consommation d'ECS.

¹⁶² Pour l'usage ECS.

¹⁶³ Pour l'usage chauffage.

¹⁶⁴ Pour la consommation d'électricité pour le chauffage uniquement.

¹⁶⁵ Pour la consommation d'ECS.

¹⁶⁶ Pour l'usage chauffage.

Annexe 1D. Déterminants de la consommation de combustibles (principalement gaz et fioul)

Facteurs	Impact significatif positif sur la consommation d'autres fuels		Impact significatif négatif sur la consommation d'autres fuels		Pas d'effet significatif sur la consommation d'autres fuels	
	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire
Surface	Lee et Singh (1994) Nesbakken (2001) Liao et Chang (2002) Leth-Petersen (2002) Levinson et Niemann (2004) ¹⁶⁷ Rehdanz (2007) ¹⁶⁸ Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) ¹⁶⁹ K. J. Baker et Rylatt (2008) Leahy et Lyons (2010) Brounen, Kok, et Quigley (2012) Wyatt (2013) Risch et Salmon (2013) ¹⁷⁰ Jacobsen et Kotchen (2013)	Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) ¹⁷¹ Newell et Pizer (2008) ¹⁷²			Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) ¹⁷³	
Nombre de pièces	Vaage (2000) K. J. Baker et Rylatt (2008) Leahy et Lyons (2010) Meier et Rehdanz (2010) ¹⁷⁴		Brounen, Kok, et Quigley (2012)			
Age de construction : Bâtiment récent	Levinson et Niemann (2004)		Lee et Singh (1994) Vaage (2000)	Mansur, Mendelsohn, et	Lee et Singh (1994) Mansur, Mendelsohn, et	Mansur, Mendelsohn, et

¹⁶⁷ La variable régressée pour cette étude n'est pas la consommation d'énergie mais la température à l'intérieur du logement.

¹⁶⁸ La variable dépendante est la facture par m², et le coefficient estimé est négatif : cela traduit des rendements d'échelle.

¹⁶⁹ Sur la consommation de gaz, de fioul.

¹⁷⁰ Sur la consommation totale tous usages toutes sources. Mais l'effet de la surface est négatif.

¹⁷¹ Gaz, fioul et réseau de chaleur.

¹⁷² Pour l'usage chauffage et pour l'usage ECS.

¹⁷³ Sur la consommation de GPL/kerosène.

¹⁷⁴ Mais la facture divisée par le nombre de pièces diminue avec le nombre de pièces → rendements d'échelle.

Facteurs	Impact significatif positif sur la consommation d'autres fuels		Impact significatif négatif sur la consommation d'autres fuels		Pas d'effet significatif sur la consommation d'autres fuels	
	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire
			Nesbakken (2001) Liao et Chang (2002) ¹⁷⁵ Hong et al. (2006) ¹⁷⁶ Rehdanz (2007) Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) ¹⁷⁷ Leahy et Lyons (2010) Brounen, Kok, et Quigley (2012) ¹⁷⁸ Jacobsen et Kotchen (2013) ¹⁷⁹ Risch et Salmon (2013) Harold, Lyons, et Cullinan (2015)	Morrison (2008) ¹⁸⁰ Newell et Pizer (2008) ¹⁸¹	Morrison (2008) ¹⁸²	Morrison (2008) ¹⁸³
Type de logement : maison individuelle	Vaage (2000) Leth-Petersen (2002) Rehdanz (2007) Meier et Rehdanz (2010) Brounen, Kok, et Quigley (2012) Harold, Lyons, et Cullinan (2015)					
<i>Caractéristiques sociodémographiques</i>						
Nombre de personnes	Lee et Singh (1994) Vaage (2000) Liao et Chang		Hong et al. (2006) ¹⁸⁷		Liao et Chang (2002) ¹⁸⁸ Mansur, Mendelsohn, et	

¹⁷⁵ Pour la consommation de chauffage.

¹⁷⁶ Analyse univariée.

¹⁷⁷ Sur le gaz.

¹⁷⁸ Ceci est vrai à partir de 1970, et de manière très forte, mais ce n'est pas observable avant 1970. On observe même l'inverse : les bâtiments très vieux consomment moins. On dirait que les réglementations thermiques ont marché.

¹⁷⁹ Les bâtiments construits après le renforcement de la réglementation thermique (2001 en Floride) consomment moins.

¹⁸⁰ Pour le fioul.

¹⁸¹ Pour l'usage chauffage.

¹⁸² Sur le fioul.

¹⁸³ Pour le gaz et le réseau de chaleur.

Facteurs	Impact significatif positif sur la consommation d'autres fuels		Impact significatif négatif sur la consommation d'autres fuels		Pas d'effet significatif sur la consommation d'autres fuels	
	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire
	(2002) ¹⁸⁴ Levinson et Niemann (2004) Rehdanz (2007) Druckman et Jackson (2008) Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) ¹⁸⁵ Leahy et Lyons (2010) Meier et Rehdanz (2010) Brounen, Kok, et Quigley (2012) ¹⁸⁶ Risch et Salmon (2013) Harold, Lyons, et Cullinan (2015)				Morrison (2008) ¹⁸⁹	
Âge du chef de famille, ou âge moyen du ménage hors enfants	Nesbakken (2001) ¹⁹⁰ Liao et Chang (2002) ¹⁹¹ Rehdanz (2007) Meier et Rehdanz (2010) Brounen, Kok, et Quigley (2012) Risch et Salmon (2013) Belaïd (2016)					
Statut d'occupation : Être propriétaire	P. Baker et Blundell (1991) Lee et Singh (1994) Vaage (2000) Meier et Rehdanz (2010)		Rehdanz (2007) Leahy et Lyons (2010)		Lee et Singh (1994) Liao et Chang (2002)	Newell et Pizer (2008) ¹⁹³

¹⁸⁷ Analyse univariée.

¹⁸⁸ Pour la consommation de fioul pour l'usage chauffage uniquement.

¹⁸⁴ Pour la consommation de gaz pour l'usage chauffage et pour l'usage ECS.

¹⁸⁵ Sur la consommation de gaz.

¹⁸⁶ L'effet est négatif dans cette étude, mais ce qui est régressé est la consommation de gaz par tête. Et non pas la consommation de gaz tout court. Ceci traduit donc des économies d'échelle.

¹⁸⁹ Sur la consommation de GPL/kerosène ou de fioul.

¹⁹⁰ Consommation de chauffage uniquement.

¹⁹¹ Pour l'usage chauffage uniquement.

Facteurs	Impact significatif positif sur la consommation d'autres fuels		Impact significatif négatif sur la consommation d'autres fuels		Pas d'effet significatif sur la consommation d'autres fuels	
	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire
	Harold, Lyons, et Cullinan 2015) ¹⁹² Belaïd (2016)					
Charges énergétiques incluses dans le loyer	Levinson et Niemann (2004)					
Revenu	Lee et Singh (1994) Bernard, Bolduc, et Belanger (1996) Nesbakken (2001) Leth-Petersen (2002) Liao et Chang (2002) ¹⁹⁴ Levinson et Niemann (2004) Rehdanz (2007) Druckman et Jackson (2008) ¹⁹⁵ Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) ¹⁹⁶ Meier et Rehdanz (2010) Brounen, Kok, et Quigley (2012) Risch et Salmon (2013) Belaïd (2016)		Belaïd (2016) ¹⁹⁷		Lee et Singh (1994) Vaage (2000) Liao et Chang (2002) ¹⁹⁸ Levinson et Niemann (2004), Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008) ¹⁹⁹ Leahy et Lyons (2010)	
Part des femmes dans le ménage	Brounen, Kok, et Quigley (2012)					

¹⁹³ Pour l'usage chauffage.

¹⁹² Cela peut être du ici à un effet revenu.

¹⁹⁴ Pour la consommation de gaz pour l'usage chauffage et l'usage ECS.

¹⁹⁵ Analyse de la corrélation simple entre revenu et consommation.

¹⁹⁶ Pour la quantité de gaz.

¹⁹⁷ Pour les immeubles.

¹⁹⁸ Pour la consommation de fioul pour l'usage chauffage uniquement.

¹⁹⁹ Pour la consommation de fioul et de GPL/kerosène.

Facteurs	Impact significatif positif sur la consommation d'autres fuels		Impact significatif négatif sur la consommation d'autres fuels		Pas d'effet significatif sur la consommation d'autres fuels	
	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire
Ménage d'origine étrangère			Brounen, Kok, et Quigley (2012)			
<i>Équipements</i>						
Double vitrage	Belaïd (2016) ²⁰⁰		Leahy et Lyons (2010) Belaïd (2016) ²⁰¹		Harold, Lyons, et Cullinan (2015) Belaïd (2016) ²⁰²	
Qualité de l'isolation (la qualité augmente)			Lee et Singh (1994) Levinson et Niemann (2004) ²⁰³ Hong et al. (2006) Brounen, Kok, et Quigley (2012) Risch et Salmon (2013) ²⁰⁴ Harold, Lyons, et Cullinan (2015)		Risch et Salmon (2013) ²⁰⁵	
Type de chauffage : Fioul	Risch et Salmon (2013) ²⁰⁶		Rehdanz (2007) ²⁰⁷			
Type de chauffage : charbon			Rehdanz (2007) ²⁰⁸			
Type de chauffage : gaz	Risch et Salmon (2013) ²⁰⁹		Meier et Rehdanz (2010) ²¹⁰			
Présence du chauffage central	Rehdanz (2007)					
Chauffage collectif	Risch et Salmon (2013)					

²⁰⁰ Pour les immeubles.

²⁰¹ Pour les maisons en milieu rural.

²⁰² Pour l'échantillon total.

²⁰³ Si l'isolation est bonne, la température intérieure sera plus faible. Le coefficient est significatif lorsque les locataires paient leur facture énergétique, n'est pas significatif sinon.

²⁰⁴ Pour l'isolation la plus récente.

²⁰⁵ Pour les autres modalités de la qualité d'isolation.

²⁰⁶ La consommation énergétique d'un ménage chauffant au fioul est plus élevée que la consommation énergétique d'un chauffage chauffant à l'électricité.

²⁰⁷ L'impact n'est pas sur la consommation d'énergie mais sur la facture énergétique.

²⁰⁸ L'impact n'est pas sur la consommation d'énergie mais sur la facture énergétique.

²⁰⁹ La consommation énergétique d'un ménage chauffant au gaz est plus élevée que la consommation énergétique d'un chauffage chauffant à l'électricité.

²¹⁰ Comparativement au fioul. La variable à expliquer est la facture énergétique.

Facteurs	Impact significatif positif sur la consommation d'autres fuels		Impact significatif négatif sur la consommation d'autres fuels		Pas d'effet significatif sur la consommation d'autres fuels	
	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel	Tertiaire
Présence d'un nouveau système de chauffage			Rehdanz (2007)		Hong et al. (2006)	
Présence d'un thermostat			Nesbakken (2001)			
Présence de nouvelles fenêtres					(Rehdanz 2007)	
Cuisinière à gaz	Newsham et Donnelly (2013)					
Avoir une bonne exposition			Risch et Salmon (2013)			
Présence de la climatisation			Belaïd (2016)			
<i>Prix de l'énergie</i>						
Prix de l'énergie			Vaage (2000) Nesbakken (2001) Levinson et Niemann (2004) Meier et Rehdanz (2010) ²¹¹ Risch et Salmon (2013) Belaïd (2016)	Mansur, Mendelsohn, et Morrison 2008) Newell et Pizer 2008)		
HDD	Lee et Singh (1994) Nesbakken (2001) Liao et Chang (2002) ²¹² Meier et Rehdanz (2010) Harold, Lyons, et Cullinan (2015)	Newell et Pizer (2008) ²¹³	Levinson et Niemann (2004)		Lee et Singh (1994)	
CDD	Liao et Chang (2002) ²¹⁴			Newell et Pizer (2008) ²¹⁵	Lee et Singh (1994)	

Tableau 38 - Déterminants de la consommation de combustibles (gaz, fioul, GPL, etc.)

²¹¹ Le prix de l'énergie a un impact positif sur la facture énergétique dans cette étude, mais étant donné le coefficient cela sous-entend un impact négatif sur la consommation.

²¹² Pour la consommation de gaz ou de fioul pour l'usage chauffage uniquement.

²¹³ Pour l'usage chauffage et pour l'usage ECS.

²¹⁴ Pour la consommation de gaz ou de fioul pour l'usage chauffage uniquement.

²¹⁵ Pour l'usage chauffage.

Annexe 2A. Utilisation d'un plan de sondage ou de la pondération dans les enquêtes réalisées par l'INSEE

Enquête	Utilisation d'un plan de sondage complexe
Accès au financement des PME employant au moins 10 personnes	Oui
Activité des filiales étrangères des groupes français	Oui
Activité des grandes surfaces alimentaires	Oui
Activité et les conditions d'emploi de la main d'œuvre	Oui
Aéronautique et Spatiale dans le Grand Sud-Ouest	.
Aéronautique - Espace auprès des établissements sous-traitants, fournisseurs et prestataires de services du secteur aéronautique et spatial implantés en Aquitaine et en Midi-Pyrénées	Oui (pas d'échantillonnage car recensement mais repondération des non-réponses)
Budget des familles	Oui
Chaînes d'activité mondiales	Oui
Enquête annuelle d'entreprise dans le commerce	Oui
Comparaison spatiale des niveaux de prix à la consommation entre territoires	Oui
Compétitivité de "l'Entreprise-France" et des entreprises françaises dans la mondialisation en 2008	Oui
Dispositif d'enquêtes permanentes des Conditions de vie	Oui
Conjoncture auprès des ménages	Oui (car pondération)
Conjoncture dans l'artisanat du bâtiment	Oui
Conjoncture dans l'industrie	Oui
Conjoncture dans l'industrie du bâtiment	Oui
Conjoncture dans la promotion immobilière	Oui
Conjoncture dans le commerce de détail et le commerce et la réparation automobiles	Oui
Conjoncture dans le commerce de gros	Oui
Conjoncture dans les services	Oui
Conjoncture dans les travaux publics	Oui
Consommations d'énergie dans l'industrie	Oui
Consommation d'énergie dans le tertiaire	Oui
Consommation d'énergie et les investissements antipollution dans les petits établissements de moins de 20 salariés	Oui
Contours des réseaux du commerce de détail et des services	.
Coût de la main-d'œuvre et la structure des salaires	Oui
Crédit-bail	Non (car exhaustivité)
Production de déchets non dangereux dans le commerce en 2012	Oui
Déchets non dangereux des grands établissements commerciaux en 2006	Oui
Production de déchets non dangereux dans l'industrie	Oui
Développement durable et responsabilité sociétale des entreprises	Oui
Emploi	Oui
Emploi du temps 2009-2010	.
Enquête auprès des salariés de l'État	Non (EAS)
Capacités, Aides et Ressources des seniors en Ménages	Oui
Entrée dans la vie adulte	Non
Famille et les Logements	Oui
Filière automobile du Nord-Pas-de-Calais	Non (car exhaustivité)

Flux touristiques à la Réunion	Oui
Flux touristique à Mayotte	Oui
Flux touristiques en Guadeloupe	Oui
Flux touristiques en Guyane	Oui
Formation des adultes	Non
Enquête Formation et Qualification professionnelle 2003	Oui (repondération)
Fréquentation dans l'hôtellerie	Oui
Fréquentation dans l'hôtellerie de plein air	Oui
Fréquentation dans les autres hébergements collectifs touristiques	Oui
Handicap-santé	Oui
Histoire de vie en 2003	Oui
Information et Vie Quotidienne en 2004	.
Enquête communautaire sur l'innovation (2014)	Oui
Investissements dans l'industrie	Oui
Investissements dans l'industrie pour protéger l'environnement	Oui
Liaisons financières entre sociétés	Non (car exhaustivité)
Logement en 2013	Oui
Loyers auprès des bailleurs sociaux	Oui
Loyers et charges	Oui
Marges commerciales	Oui
Participation électorale	Oui
Patrimoine	Oui
Personnels de collectivités locales et des établissements publics locaux	.
Personnes fréquentant les lieux d'hébergement ou de restauration gratuite	Oui
Points de vente du commerce de détail	Oui
Production (EAP)	Oui
Relations familiales et intergénérationnelles	.
Répertoire des entreprises contrôlées majoritairement par l'État	Non
Réseaux dans les services	Non (exhaustivité)
Réseaux du commerce de détail	Non (exhaustivité)
Ressources des jeunes	.
Revenus fiscaux	Oui
Revenus fiscaux et sociaux	Oui
Santé	Oui
Santé et Itinéraire Professionnel	Oui
Santé, le vieillissement et la retraite en Europe	.
Sectorielle annuelle	Oui
Services (EAE)	.
Situation de trésorerie dans l'industrie	Oui
Technologies de l'information et de la communication (auprès des entreprises)	Oui
Technologies de l'information et de la communication (auprès des ménages)	.
Usage de l'informatique et des technologies de la communication dans les entreprises de moins de 10 personnes	Oui
Télécommunications	Non
Trajectoires et Origines	Oui
Transports et Déplacements	.
Usage de l'information par les adultes	Oui

Vacances	Oui
Victimation - Cadre de vie et sécurité	.
Vie quotidienne et Santé	Oui
Villes	.

Tableau 39 - Utilisation d'un plan de sondage complexe dans les enquêtes réalisées par l'INSEE

Annexe 3A. Revue des différentes nomenclatures du tertiaire identifiées dans la littérature

Source	Nomenclature
CEREN	Bureaux Commerces Enseignement Santé Cafés-Hôtels-restaurants Sport-loisirs-culture Hébergement collectif Transport
(CGDD 2015)	Artisanat alimentaire Commerce et réparation automobile Commerces de gros alimentaires Commerce de gros non alimentaires Commerces de détail alimentaires, Commerces de détail non alimentaires Hébergement Restauration Recherche et développement scientifique Services domestiques Autres services
Nomenclature Eurostat ²¹⁶ Enerdata (2012)	Bureaux (privés et publics) Santé Education Hôtels et restaurants Commerce de gros et de détail Autres types de bâtiments
Section de la NAF	Commerce Hébergement et restauration Information & communication Activités financières et d'assurance Activités immobilières Activités spécialisées, scientifiques et techniques Activités de services administratifs et de soutien, Autres activités de services
Division de la NAF	Voir Figure 12
APET	240 catégories
NEMS	Bâtiments institutionnels Enseignement Commerces alimentaires Restauration Santé Hébergement Petits bureaux Grands Bureaux Services et commerces Entrepôts Autres
CIMS	Commerces de gros Commerces de détail Transport et entreposage Information et culture Bureaux Enseignement Santé, arts et loisirs, Hébergement et restauration Autres services

²¹⁶ Correspond au périmètre suivant : NACE Divisions 1,50,51,52,55,63,64,65,66,67,70,71,72,73,74,75,80,85,90,91,92,93 and 99.

Schleich (2009)	Boulangerie Boucherie Réparation de véhicules Construction Blanchisserie et laverie automatique Industrie de la métallurgie Commerces de détail Commerces de gros Travail du bois Banque et assurance Restauration Hôtellerie ONG Administration publique Services (avocats, architectes, services médicaux privés de petite taille, agence privée, etc.
Kahn, Kok, et Quigley (2014)	Bureaux purs Bureaux «multi-usages» ²¹⁷ Bâtiments industriels Commerces
Newell et Pizer (2008)	Restaurants Entrepôts Hôpitaux Bâtiments publics Hébergement Commerces Autres
Xu et al. (2013)	Bâtiments de l'Etat Bureaux Hôtels, Centres commerciaux + bureaux Centres commerciaux Bâtiments d'enseignement Hôpitaux Supermarchés Bâtiments multifonctions Terminaux d'aéroports Bibliothèques Stades

Tableau 40 - Différentes nomenclatures du secteur tertiaire

²¹⁷ Qui mélange plusieurs usages : bureaux, R&D, vente, etc. Au moins la moitié de la surface doit être utilisée en bureau.

Annexe 3B. Présentation de la nomenclature du tertiaire marchand utilisée dans ce chapitre et de ses liens avec la NAF

Sous-secteurs de la nouvelle classification	Comprend (Nom et APET)	Section d'origine	Division d'origine
Commerce et réparation de véhicules	Commerce de véhicules (45.1)	Section G : Commerce	DIV 45 : Commerce Réparation de véhicules
	Réparation de véhicules (45.2)		
	Commerce et réparation de motocycles (45.4)		
	Contrôle technique (71.20A)	Section M : Activités spécialisées, scientifiques et techniques	DIV 71 : Activités d'architecture et d'ingénierie, activités de contrôle et analyses techniques
Commerces de gros non alimentaires	Équipement automobile (45.31)	Section G : Commerce	DIV 46 : Commerce de gros à l'exception des automobiles et motocycles
	Produits agricoles et animaux (46.21Z, 46.22Z, 46.23Z, 46.24Z)		
	Biens domestiques et matériels informatiques (46.41Z, 46.42Z, 46.43Z, 46.44Z, 46.45Z, 46.46Z, 46.47Z, 46.48Z, 46.49Z, 46.51Z, 46.52Z, 46.65Z, 46.66Z)		
	Grosses machines et gros équipements (46.61Z, 46.62Z, 46.63Z, 46.64Z, 46.69A, 46.69B, 46.69C)		
	Combustibles (46.71Z)		
	Minerais et métaux (46.72Z)		
	Bois, matériaux de construction et appareils sanitaires (46.73A, 46.73B)		
	Quincaillerie, fourniture de plomberie et de chauffage (46.74A, 46.74B)		
	Produits chimiques (46.75Z)		
	Autres produits intermédiaires (46.76Z)		
	Déchets et débris (46.77Z)		
	Commerces de gros non spécialisés (46.90Z)		
Commerces de gros alimentaires	Fruits et légumes (46.31Z)		
	Viandes et produits à base de viande (46.322 46.32B, 46.32C)		
	Produits laitiers, œufs, huiles et matières grasses (46.33Z)		
	Boissons (46.34Z)		
	Produits à base de tabac (46.35Z)		
	Sucre, chocolat et confiserie (46.36Z)		
	Café, thé cacao et épices (46.37Z)		
	Autres (y compris poissons, crustacés et mollusques) (46.38A ; 46.38B, 46.39A, 46.39B)		
Commerces de détail non alimentaires	Equipements automobiles (45.32)		DIV 45 : Commerce et réparation d'automobiles
	Grands magasins (47.19A)		
	Autres commerces de détail non spécialisés (47.19B)		
	Magasins spécialisés produits non alimentaires (47.30Z, 47.41Z, 47.42Z, 47.43Z, 47.51Z, 47.52A, 47.52B, 47.53Z, 47.54Z, 47.59A, 47.59B, 47.61Z, 47.62Z, 47.63Z, 47.64Z, 47.65Z, 47.71Z, 47.72A, 47.72B, 47.73Z, 47.74Z, 47.75Z, 47.76Z, 47.77Z, 47.78A, 47.78B, 47.78C, 47.79Z)	Section N : Services administratifs et de soutien	DIV 77 : Activité de location
	Vente de détail à distance (47.91A, 47.91B)		
	Location de véhicules (77.11A, 77.11B, 77.12Z)		
	Location articles de sport et nautiques (77.21Z)		
Location matériel domestique et machines professionnelles (77.22Z, 77.29Z)	Section G : Commerce	DIV 47 : Commerce de	
Commerces de détail			Commerce de détail de surgelés (47.11A)

alimentaires	Commerce alimentation générale (47.11B)	Section C Industrie manufacturière	détail	
	Supérettes (47.11C)			
	Supermarchés (47.11D)			
	Magasins multi-commerces (47.11E)			
	Hypermarchés (47.11F)			
	Magasins spécialisés détail denrées alimentaires (47.21Z, 47.22Z, 47.23Z, 47.24Z, 47.25Z, 47.26Z, 47.29Z)			
	Industries alimentaires (boulangerie et charcuterie) (10.13B, 10.71B, 10.71C, 10.71D)			DIV 10 : Industrie alimentaire
Hébergement	Hôtel ou centre de vacances (55.10Z)	Section I Hébergement et restauration	DIV 55 : Hébergement	
	Hébergement touristique (55.20Z)			
	Camping et caravane (55.30Z)			
	Autres hébergements (résidence étudiante, etc.) (55.90Z)			
Restauration	Restauration traditionnelle (56.10A)		DIV 56 : Restauration	
	Cafétéria et autres libres services (56.10B)			
	Restauration rapide (56.10C)			
	Service de traiteur (56.21Z)			
	Restauration collective (56.29A)			
	Débit de boisson (56.30Z)			
Banque-finance- assurance-caisse retraite de	Activité de banque centrale (64.11Z)	Section K : Activités financières et d'assurance	DIV 64 : Activité de services financiers, hors assurance et caisse de retraite	
	Banques, caisses d'épargne et crédit mutuel (64.19Z)			
	Sociétés de holding (64.20Z)			
	Fonds de placement et assimilés (64.30Z)			
	Crédit-bail (64.91Z)			
	Autre distribution de crédit (64.92Z)			
	Autres services financiers hors assurance et retraite (64.99Z, 66.19B)			
	Assurance et réassurance (65.11Z, 65.12Z, 65.20Z)			DIV 65 : Assurance
	Caisse de retraite (65.30Z)			
	Administration de marchés financiers (66.11Z)			
	Courtage (66.12Z)		DIV 66 : Activités auxiliaires de services financiers et assurance	
	Services auxiliaires assurances et caisses de retraite (66.21Z, 66.22Z)			
	Gestion de fonds (66.30Z)			
Services 'immatériels'	Intermédiaire de commerce (46.11Z, 46.13Z, 46.14Z, 46.16Z, 46.17A, 46.17B, 46.18Z, 46.19A, 46.19B)	Section G : Commerce	DIV 46 : Commerce de gros	
	Support juridique et gestion de patrimoine immobilier (66.19A)	Section K : Activités financières et d'assurance	DIV 66 : Activités auxiliaires de services	
	Activités immobilières (68.10Z, 68.20A, 68.20B, 68.31Z, 68.32A, 68.32B)	Section L : Activités immobilières	DIV 68 : Activités immobilières	
	Activités juridiques et comptables (69.10Z, 69.20Z)	Section M : Activités spécialisées; scientifiques et techniques	DIV 69 : Activités juridiques et comptables	
	Activités de sièges sociaux (70.10Z)		DIV 70 : Activité des sièges sociaux et conseils	
	Conseil (70.21Z, 70.22Z)		DIV 71 : Activités d'architecture et d'ingénierie	
	Architecture (71.11Z)		DIV 73 : Publicité et études de marché	
	Publicité (73.11Z, 73.12Z)		DIV 74 : Autres activités spécialisées	
	Études de marchés et de sondage (73.20Z)		DIV 77 : Activité de location	
	Traduction et interprétation (74.30Z)		DIV 78 : Agence d'emplois	
	Location de propriété intellectuelle (77.40Z)	Section N : Services administratifs et de soutien		
	Agence d'emploi (78.10Z, 78.20Z, 78.30Z)			

	Agence de voyage et assimilés (79.11Z, 79.12Z)		DIV 79 : Activités des agences de voyage
	Autres services de réservation (79.90Z)		
	Services sécurité privée et assurance (80.10Z, 80.20Z)		DIV 80 : Enquête et sécurité
	Activité d'enquête (80.30Z)		
	Services administratifs et financiers (82.11Z, 82.91Z, 82.99Z)		DIV 82 : Activités administratives et de soutien
	Activité des centres d'appel (82.20Z)		
	Organisation d'événements (82.30Z)		
Activités scientifiques	Recherche-développement en sciences (72.11Z, 72.19Z)	Section M : Activités spécialisées; scientifiques et techniques	DIV 72 : Recherche-développement scientifique
	Recherche-développement en sciences sociales (72.20Z)		
	Activité ingénierie (72.12A, 71.12B)		
Services 'matériels'	Analyse technique (71.20B)		DIV 71 : Activités d'architecture et d'ingénierie
	Prestation aux bâtiments et jardins (81.10Z, 81.21Z, 81.22Z, 81.29A, 81.30Z)	Section N : Services administratifs et de soutien	DIV 81 : Services relatifs aux bâtiments
	Activités de conditionnement (82.92Z)		DIV 82 : Activités administratives et de soutien
	Photocopie et préparation de documents (82.19Z)		
	Design photo (74.10Z, 74.20Z)	Section M : Activités spécialisées; scientifiques et techniques	DIV 74 : Autres activités spécialisées
	Autres activités spécialisées (74.90A, 74.90B)		
	Vétérinaires (75.00Z)		DIV 75 : Activités vétérinaires
	Réparations d'objets (95.11Z, 95.12Z, 95.21Z, 95.22Z, 95.23Z, 95.24Z, 95.25Z, 95.29Z)	Section S : Autres activités de services	DIV 95 : Réparation d'ordinateurs et de biens personnels domestiques
	Blanchisserie (96.01A, 96.01B)		DIV 96 : Autres services personnels
	Coiffure et autres soins de beauté (96.02A, 96.02B, 96.04Z)		
Autres services à la personne (96.03Z, 96.09Z)			
Information & communication	Edition papier (58.11Z, 58.12Z, 58.13Z, 58.14Z, 58.19Z)	Section J : Information & communication	DIV 58 : Edition
	Edition logiciel (58.21Z, 58.29A, 58.29B, 58.29C)		
	Production de cinéma (59.11A, 59.11B, 59.11C)		DIV 59 : Production de films, de vidéos et de programmes de télévision, enregistrement sonore et édition musicale
	Post-production cinéma (59.12Z, 59.13A, 59.13B)		
	Projection films (59.14Z)		
	Enregistrement et édition musicale (59.20Z)		
	Programmation émissions radio télé (60.10Z, 60.20A, 60.20B)		DIV 60 : Programmation et diffusion
	Télécommunications (61.10Z, 61.20Z, 61.30Z, 61.90Z)		DIV 61 : Télécommunications
	Programmation et conseil informatique (62.01Z, 62.02A, 62.02B, 62.03Z, 62.09Z)		DIV 62 : Programmation, conseil et autres activités informatiques
	Services informatiques (63.11Z, 63.12Z, 63.91Z, 63.99Z,		

Tableau 41 - Correspondance entre les différentes nomenclatures

Annexe 3C. Présentation des variables disponibles dans la base de données de l'ECET

Variable	Nom de la variable	Description
Données générales		
N°SIRET de l'établissement	Identifiant	Identifiant de l'établissement permettant de le retrouver dans le répertoire SIREN
Section	Section	Permet de caractériser l'activité de l'établissement. 1er niveau de la NAF. Il y a 8 modalités présentes
Division	DIV	Permet de caractériser l'activité de l'établissement. 2 ^{ème} niveau de la NAF. Il y a 31 modalités présentes
Code APE	APE	Permet de caractériser l'activité de l'établissement. 3 ^{ème} niveau de la NAF. Il y a 255 modalités présentes
Effectif salarié	Effectif	Variable continue Nombre de salariés au 31/12
Poids	Poids	Variable de pondération, permettant de tenir compte du plan de sondage et de la non-réponse.
Région d'implantation	Région	
Département d'implantation	Dep	
Structure de l'établissement		
Bureau à domicile	Domicile	Variable binaire « Oui » ou « Non »
Factures séparées domicile-activité		Variable binaire « Oui » ou « Non »
Autres occupants dans le bâtiment	Occupants	Variable binaire « Oui » ou « Non »
Présence d'un entrepôt rattaché	Entrepôt	Variable binaire « Oui » ou « Non »
Présence d'un entrepôt frigorifique	Entrepôt frigo	Variable binaire « Oui » ou « Non »
Volume des entrepôts	Vol	Variable continue (m ³)
Caractéristiques du bâtiment principal (BP)		
Statut d'occupation	Statut	Deux modalités : propriétaire ou locataire
Période de construction	Age	Trois modalités : avant 1975, entre 1975 et 2000, après 2000
Qualité globale de l'isolation		Quatre modalités : Très bonne, bonne, mauvaise ou très mauvaise
Surface du bâtiment principal	Surface_BP	Variable continue (m ²)
Présence de chauffage dans le bâtiment principal		Variable binaire « Oui » ou « Non »
Type de chauffage du bâtiment principal		Deux modalités : Individuel ou Collectif
Surface chauffée du bâtiment principal		Variable continue (m ²)
Présence de climatisation		Variable binaire « Oui » ou « Non »
Type de climatisation du bâtiment principal		Deux modalités : Individuel ou Collectif
Surface climatisée du bâtiment principal		Variable continue en m ²
Autres dépenses d'énergie en collectif		Deux modalités : Individuel ou Collectif
Caractéristiques de l'entrepôt		
Statut d'occupation	Statut	Deux modalités : propriétaire ou locataire
Période de construction	Age	Trois modalités : avant 1975, entre 1975 et 2000, après 2000
Qualité globale l'isolation		Quatre modalités : Très bonne, bonne, mauvaise ou très mauvaise
Surface du bâtiment principal	Surface_BP	Variable continue (m ²)
Présence de chauffage dans le bâtiment principal		Variable binaire « Oui » ou « Non »
Type de chauffage du bâtiment principal		Deux modalités : Individuel ou Collectif
Surface chauffée du bâtiment principal		Variable continue (m ²)
Présence de climatisation		Variable binaire « Oui » ou « Non »
Type de climatisation du bâtiment principal		Deux modalités : Individuel ou Collectif
Surface climatisée du bâtiment principal		Variable continue en m ²
Autres dépenses d'énergie en collectif		Deux modalités : Individuel ou Collectif
Données qualitatives sur l'énergie		
Achat de l'énergie <i>i</i> pour l'usage <i>j</i> <i>i</i> ∈ {fioul, gaz, chaleur, froid, électricité, butane/propane, bûches, autres bois, autres énergies} <i>j</i> ∈ {chauffage, climatisation/ventilation, éclairage/bureautique, ECS, cuisson, informatique intensive, blanchisserie, réfrigération, autres usages}		Vaut 1 si l'établissement utilise l'énergie <i>i</i> pour l'usage <i>j</i> , 0 sinon
Données quantitatives sur l'énergie		
Quantité achetée en unité propre		9 variables continues Pour le fioul (en L), le gaz de réseau (en MWh), la chaleur (kWh), le froid (kWh), l'électricité (kWh), le butane-propane (tonne), le bois-bûche (en stère), les autres bois énergies (tonne), les autres énergies

Quantité achetée en tep		9 variable continues Pour le fioul, le gaz de réseau, la chaleur, le froid, l'électricité, le butane-propane, le bois-bûche, les autres bois énergies, les autres énergies
Facture		Variables continues (en €) Pour chaque type d'énergie
Prix de l'énergie		En €/unité propre. Défini comme le ratio de la facture sur la quantité achetée en unité propre Pour le fioul (€/L), le gaz de réseau (€/MWh), la chaleur (€/kWh), le froid (€/kWh), l'électricité (€/kWh), le butane-propane (€/tonne), le bois-bûche (€/stère), les autres bois énergies (€/tonne), les autres énergies
Part des quantités achetées utilisée pour les usages chauffage, climatisation, ventilation, éclairage		Variables continues (en %) Pour chaque énergie
Part des quantités achetées utilisée pour les spécifiques		Variables continues (en %) Pour chaque énergie
Quantité totale achetée en tep	Qtep	Somme des quantités achetées en tep pour chaque énergie
Facture totale en €	Facture	Somme des factures pour chaque énergie
Quantité hors électricité en tep	Qtep_hors_elec	Somme des quantités achetées en tep, pour chaque énergie sauf l'électricité
Facture hors électricité en €	Facture hors elec	Somme des factures, pour chaque énergie sauf l'électricité
Énergies renouvelables		
Présence de panneaux solaires photovoltaïques		Variable binaire « Oui » ou « Non »
Date d'installation des panneaux solaires photovoltaïques		Variable discrète : année de l'installation
Surface des capteurs photovoltaïques		Variable continue (m ²)
Puissance électrique des panneaux photovoltaïques		Variable continue (W)
Présence de panneaux solaires thermiques		Variable binaire « Oui » ou « Non »
Date d'installation des panneaux solaires thermiques		Variable discrète : année de l'installation
Surface des capteurs thermiques		Variable continue (m ²)
Puissance thermique des panneaux solaires thermiques		Variable continue (W)
Présence de pompe à chaleur		Variable binaire « Oui » ou « Non »
Date d'installation de la pompe à chaleur		Variable discrète : année de l'installation
Puissance électrique de la pompe à chaleur		Variable continue (W)
Présence d'appareil utilisant la biomasse		Variable binaire « Oui » ou « Non »
Puissance électrique de l'appareil à biomasse		Variable continue (W)
Puissance thermique de l'appareil à biomasse		Variable continue (W)
Puissance totale de l'appareil à biomasse		Variable continue (W)
Type de la pompe à chaleur		Trois modalités : Aérothermique air-air, aérothermique air-eau, géothermique
Type d'énergie nécessaire au fonctionnement de la pompe à chaleur		Trois modalités : Electricité, gaz, autres
Utilisation de la pompe à chaleur		Trois modalités : chauffage, climatisation, production d'eau glacée pour un process
La PAC constitue-t-elle le principal équipement pour la climatisation		Variable binaire « Oui » ou « Non »
Consommation de bois non acheté		Variable binaire « Oui » ou « Non »
Quantité de bois non acheté		Variable continue

Tableau 42- Variables présentes dans l'ECET

Annexe 3D. Part des établissements ayant recours à un usage énergétique donné

	Chauffage	ECS	Cuisson	Climatisation	Informatique intensive	Blanchisserie	Réfrigération
Banque-finance-assurance	83%	64%	26%	47%	26%	7%	15%
Activités scientifiques	93%	63%	33%	30%	17%	12%	15%
Services matériels	85%	64%	29%	24%	12%	15%	22%
Commerces de détail alimentaires	63%	68%	55%	31%	15%	10%	70%
Commerces de détail non alimentaires	81%	66%	19%	44%	15%	3%	12%
Commerces de gros alimentaires	72%	55%	20%	48%	15%	0%	36%
Commerces de gros non alimentaires	87%	46%	17%	32%	20%	2%	13%
Commerce et réparation de véhicules	83%	60%	11%	20%	14%	31%	9%
Hébergement	93%	55%	62%	35%	14%	9%	45%
Information & Communication	94%	86%	36%	0%	28%	31%	19%
Restauration	80%	67%	76%	30%	12%	10%	70%
Services immatériels	90%	79%	34%	22%	17%	9%	21%
Tertiaire	84%	64%	34%	29%	16%	9%	26%

Tableau 43 - Part des établissements ayant recours à un usage énergétique donné
Données : ECET

Annexe 4A. Zones climatiques

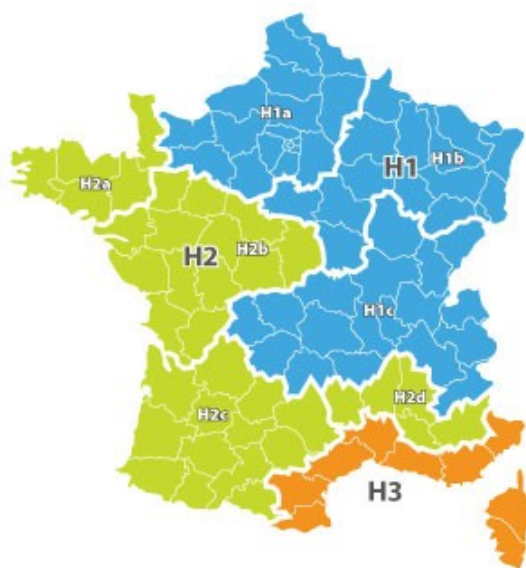


Figure 43 - Zones climatiques en France métropolitaine
Source : www.habitat-plus.com

Annexe 4B. Résultats des estimations économétriques, par régression effectuée

Tableau 44 - Modèle de sélection du mix énergétique Le choix de référence est « uniquement de l'électricité »

Tableau 45 - Modèle de sélection du mix énergétique Le choix de référence est « uniquement de l'électricité »

Tableau 46 - Modèle de sélection du mix énergétique Le choix de référence est « uniquement de l'électricité »

Tableau 47 - Consommation d'électricité
Périmètre : Tertiaire

Tableau 48 - Consommation d'électricité
Périmètre : Bureaux

Tableau 49- Consommation d'électricité
Périmètre : Commerces

Tableau 50 - Consommation d'électricité
Périmètre : Hôtellerie-Restaurant

Tableau 51 - Consommation d'électricité
Périmètre : BFA et Services immatériels

Tableau 52 - Consommation d'électricité
Périmètre : Services matériels

Tableau 53 - Consommation d'électricité
Périmètre : Information & Communication

Tableau 54 - Consommation d'électricité
Périmètre : Commerce détail

Tableau 55 - Consommation d'électricité
Périmètre : Commerces détail alimentaire

Tableau 56 Consommation d'électricité
Périmètre : Commerces de détail non alimentaires

Tableau 57 - Consommation d'électricité -
Périmètre : Commerce de gros

Tableau 58 - Consommation d'électricité
Périmètre : Commerces gros alimentaire

Tableau 59 - Consommation d'électricité
Périmètre : Commerces gros non alimentaire

Tableau 60 - Consommation de gaz
Périmètre : Tertiaire

Tableau 61 - Consommation de gaz

Périmètre : Bureaux

Tableau 62 – Consommation de gaz

Périmètre : Commerces

Tableau 63 - Consommation de gaz

Périmètre : Hôtellerie-Restauration

Tableau 64 - Consommation de gaz

Périmètre : BFA-Services immatériels

Tableau 65 - Consommation de gaz

Périmètre : Services matériels

Tableau 66 - Consommation de gaz

Périmètre : Information & Communication

Tableau 67 - Consommation de gaz

Périmètre : Commerces de détail

Tableau 68 - Consommation de gaz

Périmètre : Commerces de détail alimentaires

Tableau 69 – Consommation de gaz Périmètre :

Commerces de détail non alimentaires

Tableau 70 - Consommation de gaz

Périmètre : Commerces de gros

Tableau 71 – Consommation de gaz

Périmètre : Commerces de gros alimentaires

Tableau 72 - Consommation de gaz

Périmètre : Commerces de gros non alimentaire

Périmètre	Tertiaire		Bureaux		Commerce		Hôtellerie	Restauration
	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul
Mix énergétique								
Surface totale (log)	0.359*** (0.0156)	0.131*** (0.0246)	0.287*** (0.0209)	0.0797** (0.0342)	0.443*** (0.0276)	0.191*** (0.0415)	0.386*** (0.0702)	-0.0168 (0.164)
Prix électricité (log)	-0.0365 (0.0523)	-0.0435 (0.0846)	-0.166** (0.0719)	-0.0248 (0.119)	0.277*** (0.0978)	-0.0937 (0.144)	-0.0827 (0.165)	-0.0610 (0.424)
Prix gaz (log)	-1.235*** (0.0885)	-0.0880 (0.149)	-1.554*** (0.139)	-0.274 (0.233)	-1.195*** (0.148)	-0.00718 (0.248)	-0.535** (0.226)	0.0408 (0.547)
Prix fioul (log)	0.630* (0.358)	-6.162*** (0.479)	0.549 (0.487)	-4.134*** (0.691)	0.943 (0.681)	-10.27*** (0.874)	0.804 (1.738)	-6.528*** (2.203)
Période de construction								
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.847*** (0.0564)	-1.128*** (0.0904)	-1.186*** (0.0783)	-1.231*** (0.130)	-0.359*** (0.103)	-0.745*** (0.154)	-1.201*** (0.180)	-1.276*** (0.457)
<i>Après 2000</i>	-1.063*** (0.0704)	-1.609*** (0.133)	-1.450*** (0.102)	-1.657*** (0.194)	-0.661*** (0.124)	-1.258*** (0.215)	-0.915*** (0.226)	-2.240** (1.041)
Statut d'occupation								
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.719*** (0.0541)	0.826*** (0.0842)	0.887*** (0.0743)	0.867*** (0.119)	0.653*** (0.0962)	0.719*** (0.146)	0.0795 (0.191)	0.444 (0.422)
DJU (log)	1.647*** (0.126)	1.147*** (0.199)	1.506*** (0.186)	1.213*** (0.298)	2.418*** (0.228)	0.943*** (0.325)	0.310 (0.344)	1.170 (0.940)
Secteur d'activité								
<i>BFA</i>	-0.500*** (0.100)	-0.535*** (0.180)	-0.468*** (0.104)	-0.476*** (0.183)				
<i>Activités scientifiques</i>	-0.144 (0.126)	-0.0497 (0.226)	-0.0330 (0.129)	0.0194 (0.227)				
<i>Commerces de détail alimentaires</i>	0.601*** (0.0947)	0.561*** (0.157)			0.662*** (0.117)	-0.0312 (0.186)		
<i>Commerces de détail non alimentaires</i>	-0.325*** (0.0874)	-0.0203 (0.140)			-0.259** (0.111)	-0.474*** (0.174)		
<i>Commerces de gros alimentaires</i>	-0.650*** (0.194)	0.649*** (0.245)			-0.737*** (0.205)	-0.0282 (0.268)		
<i>Commerces de gros non alimentaires</i>	0.0908 (0.0988)	0.634*** (0.155)			<i>Réf</i>	<i>Réf</i>		
<i>Commerce et réparation de véhicules</i>	1.052*** (0.126)	1.890*** (0.166)						
<i>Hébergement</i>	0.699*** (0.176)	0.124 (0.335)					<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Information & Communication</i>	-0.307*** (0.102)	-0.0431 (0.173)	-0.184* (0.105)	0.0754 (0.174)				
<i>Restauration</i>	1.453*** (0.104)	-0.161 (0.252)					0.629*** (0.223)	-0.632 (0.492)
<i>Services matériels</i>	-0.204** (0.0914)	0.0343 (0.144)	-0.237** (0.0939)	0.0245 (0.145)				
<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>				
Constante	-12.91*** (1.945)	17.03*** (2.745)	-9.037*** (2.708)	8.381** (4.026)	-22.69*** (3.675)	36.93*** (4.861)	-5.226 (8.273)	19.39 (12.70)
Observations		10,032		5,354		3,281		814
Pseudo R ²		0.16		0.12		0.19		0.08
Log vraisemblance		-7534		-3844		-2443		-607
LR chi2		2774.4		1073		1166		109.3

Tableau 44 - Modèle de sélection du mix énergétique Le choix de référence est « uniquement de l'électricité »

Périmètre	BFA-Services immatériels		Services matériels		Information & Communication	
	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul
Mix énergétique						
Surface totale (log)	0.219*** (0.0262)	0.00910 (0.0458)	0.449*** (0.0578)	0.120 (0.0828)	0.349*** (0.0562)	0.236*** (0.0871)
Prix électricité (log)	-0.169* (0.0994)	-0.204 (0.167)	0.150 (0.158)	0.404* (0.227)	-0.416** (0.185)	-0.0450 (0.304)
Prix gaz (log)	-1.007*** (0.166)	-0.129 (0.296)	-2.046*** (0.269)	-0.376 (0.443)	-2.215*** (0.482)	-0.436 (0.807)
Prix fioul (log)	0.294 (0.696)	-4.190*** (1.009)	0.370 (1.054)	-3.950*** (1.251)	1.505 (1.022)	-5.129*** (1.559)
Période de construction						
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-1.144*** (0.102)	-1.361*** (0.187)	-1.066*** (0.181)	-0.540** (0.252)	-1.701*** (0.214)	-1.814*** (0.349)
<i>Après 2000</i>	-1.612*** (0.143)	-1.847*** (0.294)	-1.023*** (0.222)	-0.741** (0.337)	-1.935*** (0.270)	-2.071*** (0.480)
Statut d'occupation						
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.861*** (0.0961)	0.884*** (0.165)	0.812*** (0.169)	0.687*** (0.240)	1.016*** (0.226)	0.969*** (0.339)
DJU (log)	1.675*** (0.248)	1.536*** (0.423)	1.416*** (0.412)	1.048* (0.558)	0.791 (0.524)	0.117 (0.786)
Secteur d'activité						
<i>BFA</i>	-0.410*** (0.104)	-0.434** (0.188)				
<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>				
Constante	-10.91*** (3.793)	6.866 (5.824)	-8.318 (5.779)	6.689 (7.174)	40.37*** (6.196)	
Observations	2,882		1,208		815	
Pseudo R ²	0.11		0.11		0.17	
Log vraisemblance	-2113		-839.4		-549.8	
LR chi2	544.5		217.9		231.3	

Tableau 45 - Modèle de sélection du mix énergétique Le choix de référence est « uniquement de l'électricité »

Périmètre	Commerces de détail		Commerces détail alimentaires		Commerces de détail non alimentaires		Commerces de gros		Commerces de gros alimentaires		Commerces gros non alimentaires	
	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul	Électricité et Gaz	Électricité et Fioul
Mix énergétique												
Surface totale (log)	0.446*** (0.0323)	0.218*** (0.0511)	0.335*** (0.0472)	0.105 (0.0863)	0.539*** (0.0458)	0.295*** (0.0677)	0.458*** (0.0568)	0.105 (0.0714)	0.389*** (0.132)	-0.0173 (0.130)	0.480*** (0.0637)	0.154* (0.0853)
Prix électricité (log)	0.380*** (0.120)	-0.106 (0.185)	0.351* (0.209)	0.146 (0.388)	0.326** (0.153)	-0.129 (0.212)	-0.0418 (0.176)	-0.0160 (0.244)	0.128 (0.484)	-0.0375 (0.471)	-0.0385 (0.194)	0.0184 (0.282)
Prix gaz (log)	-0.838*** (0.165)	0.00915 (0.287)	-1.169*** (0.254)	0.169 (0.517)	-0.712*** (0.229)	-0.163 (0.370)	-2.885*** (0.408)	-0.0298 (0.638)	-1.346* (0.783)	-0.0244 (1.044)	-3.314*** (0.484)	0.0362 (0.763)
Prix fioul (log)	0.940 (0.892)	-11.00*** (1.162)	0.750 (1.521)	-16.35*** (2.024)	0.372 (1.131)	-6.745*** (1.526)	0.551 (1.058)	-8.850*** (1.306)	0.583 (2.257)	-5.985*** (2.278)	0.433 (1.190)	-9.956*** (1.570)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.539*** (0.125)	-0.716*** (0.197)	-0.177 (0.181)	-0.331 (0.323)	-0.832*** (0.177)	-0.918*** (0.259)	0.0860 (0.195)	-0.816*** (0.246)	-0.611 (0.468)	-1.078** (0.508)	0.223 (0.215)	-0.739*** (0.284)
<i>Après 2000</i>	-0.580*** (0.152)	-1.118*** (0.280)	-0.120 (0.236)	-0.820* (0.494)	-0.857*** (0.204)	-1.300*** (0.350)	-0.665*** (0.228)	-1.483*** (0.335)	-0.923* (0.521)	-1.976*** (0.715)	-0.618** (0.255)	-1.353*** (0.382)
Statut d'occupation												
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.670*** (0.116)	0.715*** (0.184)	0.280* (0.168)	0.776*** (0.300)	1.014*** (0.162)	0.760*** (0.244)	0.583*** (0.177)	0.718*** (0.240)	0.0975 (0.422)	0.776 (0.496)	0.694*** (0.200)	0.745*** (0.277)
DJU (log)	2.325*** (0.259)	0.833** (0.387)	2.193*** (0.361)	-0.0333 (0.595)	2.435*** (0.378)	1.758*** (0.554)	2.719*** (0.495)	1.261** (0.604)	2.111** (1.064)	1.056 (1.216)	2.839*** (0.563)	1.283* (0.699)
Secteur d'activité												
<i>Commerces de détail alimentaires</i>	0.972*** (0.109)	0.399** (0.180)										
<i>Commerces de détail non alimentaires</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>										
<i>Commerces de gros alimentaires</i>							-0.757*** (0.215)	0.0389 (0.268)				
<i>Commerce de gros non alimentaires</i>							<i>Réf</i>	<i>Réf</i>				
Constante	-19.18** (7.560)	70.05*** (10.39)	-23.19*** (6.101)	14.63* (8.530)	-15.37** (6.486)	28.49*** (8.187)	-17.40 (13.94)	18.36 (14.87)	-14.34* (7.375)	32.46*** (9.779)		
Observations	2259		938		1,319		1,024		200		824	
Pseudo R ²	0.20		0.18		0.16		0.21		0.13		0.23	
Log vraisemblance	-1640		-711		-901.7		-777		-158.3		-611.8	
LR chi2	800.5		311.7				408.2		49.1		346.2	

Tableau 46 - Modèle de sélection du mix énergétique Le choix de référence est « uniquement de l'électricité »

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC	
	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF
Surface totale (log)	0.667*** (0.0305)	0.437*** (0.0725)	0.641*** (0.0259)	0.647*** (0.0263)	0.554*** (0.0576)	0.293*** (0.0678)	0.555*** (0.0819)	0.582*** (0.0999)	0.686*** (0.0195)	0.507*** (0.0411)	0.572*** (0.0621)	0.625*** (0.0485)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.0522 (0.0537)	0.0888 (0.152)	0.0134 (0.111)	-0.00312 (0.108)	-0.0203 (0.104)	0.109 (0.219)	-0.0280 (0.210)	-0.0845 (0.254)	-0.0917** (0.0418)	-0.0381 (0.0947)	0.0654 (0.181)	-0.161* (0.0827)
<i>Après 2000</i>	0.0929 (0.0677)	-0.110 (0.192)	0.0340 (0.151)	0.0140 (0.144)	0.163 (0.203)	0.352 (0.323)	0.169 (0.288)	0.0862 (0.345)	-0.0478 (0.0499)	-0.0477 (0.115)	0.150 (0.233)	-0.149 (0.103)
Secteur d'activité												
<i>BFA</i>	0.636*** (0.0906)	0.445 (0.304)	0.660*** (0.103)	0.648*** (0.103)	0.760*** (0.208)	1.396*** (0.261)	0.825*** (0.242)	0.792*** (0.257)	0.426*** (0.0644)	0.625*** (0.157)	0.557*** (0.112)	0.449*** (0.0796)
<i>Activité scientifique</i>	0.260** (0.129)	-0.153 (0.283)	0.292** (0.115)	0.290** (0.115)	0.363 (0.260)	0.712* (0.408)	0.420 (0.280)	0.421 (0.281)	0.0931 (0.0809)	-0.102 (0.258)	0.153* (0.0884)	0.133 (0.0874)
<i>Services matériels</i>	0.0188 (0.118)	0.531** (0.207)	0.0677 (0.0893)	0.0666 (0.0893)	-0.127 (0.228)	0.314 (0.326)	-0.0335 (0.182)	-0.0525 (0.185)	-0.216*** (0.0684)	0.161 (0.144)	-0.117* (0.0699)	-0.137** (0.0695)
<i>Commerces détail alimentaires</i>	1.349*** (0.0939)	1.319*** (0.249)	1.372*** (0.0999)	1.393*** (0.102)	1.448*** (0.194)	1.976*** (0.331)	1.548*** (0.249)	1.583*** (0.265)	1.084*** (0.0856)	1.140*** (0.187)	0.934*** (0.143)	1.063*** (0.110)
<i>Commerces détail non alimentaires</i>	0.344*** (0.0939)	0.548** (0.252)	0.418*** (0.0870)	0.412*** (0.0869)	0.683*** (0.166)	1.234*** (0.252)	0.746*** (0.190)	0.719*** (0.198)	0.390*** (0.0561)	0.412*** (0.127)	0.511*** (0.0800)	0.474*** (0.0761)
<i>Commerces gros alimentaires</i>	0.449* (0.234)	-0.0417 (0.588)	0.654*** (0.205)	0.641*** (0.201)	0.367 (0.344)	1.105** (0.502)	0.464 (0.293)	0.394 (0.303)	0.426*** (0.122)	0.466 (0.292)	0.754*** (0.188)	0.773*** (0.209)
<i>Commerces gros non alimentaires</i>	0.0639 (0.0912)	0.282 (0.275)	0.137 (0.108)	0.141 (0.105)	0.290 (0.190)	1.005*** (0.266)	0.362* (0.193)	0.364* (0.193)	-0.127 (0.0790)	0.118 (0.206)	-0.0786 (0.104)	0.0106 (0.0934)
<i>Commerce réparation véhicules</i>	0.421*** (0.0965)	0.940*** (0.241)	0.569*** (0.220)	0.593*** (0.210)	0.771*** (0.175)	1.563*** (0.281)	0.871*** (0.302)	0.928*** (0.350)	-0.163 (0.109)	0.150 (0.173)	-0.191 (0.316)	0.169 (0.192)
<i>Hébergement</i>	0.984*** (0.130)	1.853*** (0.205)	0.936*** (0.140)	0.961*** (0.140)	1.257*** (0.379)	1.511*** (0.447)	1.329*** (0.430)	1.380*** (0.443)	0.748*** (0.148)	0.788*** (0.250)	0.494** (0.209)	0.588*** (0.201)
<i>Information & Communication</i>	0.461*** (0.102)	-0.250 (0.238)	0.527*** (0.0966)	0.518*** (0.0966)	0.234 (0.278)	0.243 (0.385)	0.325 (0.222)	0.300 (0.226)	0.162** (0.0706)	-0.0556 (0.167)	0.283*** (0.0860)	0.243*** (0.0818)
<i>Restauration</i>	1.249*** (0.101)	1.416*** (0.179)	1.103*** (0.105)	1.139*** (0.104)	1.602*** (0.216)	2.307*** (0.355)	1.732*** (0.445)	1.812*** (0.502)	0.967*** (0.102)	1.140*** (0.194)	0.430 (0.275)	0.581** (0.265)

<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Nombre de salariés												
0	-1.605*** (0.136)	1.776*** (0.202)	-1.587*** (0.110)	-1.577*** (0.110)	-1.136*** (0.260)	-2.152*** (0.447)	-1.144*** (0.224)	-1.139*** (0.224)	-0.919*** (0.0981)	-0.870*** (0.217)	-0.932*** (0.0843)	-0.927*** (0.0843)
1 à 5	-0.631*** (0.0927)	1.013*** (0.172)	-0.627*** (0.0862)	-0.623*** (0.0860)	-0.806*** (0.199)	-1.904*** (0.425)	-0.806*** (0.182)	-0.797*** (0.181)	-0.412*** (0.0671)	-0.454** (0.199)	-0.399*** (0.0666)	-0.396*** (0.0666)
6 à 9	-0.377*** (0.0870)	0.570*** (0.139)	-0.383*** (0.0898)	-0.380*** (0.0898)	-0.681*** (0.215)	-1.499*** (0.427)	-0.679*** (0.201)	-0.669*** (0.200)	-0.263*** (0.0680)	-0.0119 (0.192)	-0.254*** (0.0727)	-0.255*** (0.0727)
10 à 19	-0.351*** (0.0758)	0.409*** (0.126)	-0.354*** (0.0811)	-0.354*** (0.0811)	-0.380** (0.193)	-1.253*** (0.407)	-0.374** (0.182)	-0.376** (0.181)	-0.145** (0.0621)	0.230 (0.186)	-0.142** (0.0697)	-0.143** (0.0697)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.156* (0.0798)	0.537*** (0.120)	0.136 (0.0837)	0.141* (0.0836)	0.301 (0.250)	-0.184 (0.453)	0.298 (0.235)	0.298 (0.235)	0.132* (0.0716)	0.464** (0.213)	0.132* (0.0771)	0.133* (0.0771)
100 à 249	0.255*** (0.0835)	0.658*** (0.142)	0.232*** (0.0839)	0.238*** (0.0837)	0.881*** (0.222)	0.511 (0.454)	0.877*** (0.209)	0.872*** (0.209)	0.185** (0.0740)	1.135*** (0.261)	0.181** (0.0757)	0.181** (0.0757)
250 à 500	0.482*** (0.103)	1.169*** (0.186)	0.448*** (0.0938)	0.458*** (0.0935)	0.874*** (0.241)	0.757 (0.467)	0.708*** (0.231)	0.703*** (0.231)	0.309*** (0.0826)	0.874*** (0.193)	0.288*** (0.0792)	0.286*** (0.0792)
500 ou plus	0.212 (0.194)	1.952*** (0.331)	0.189 (0.138)	0.200 (0.137)	1.623*** (0.293)	1.800*** (0.536)	1.613*** (0.423)	1.598*** (0.422)	0.239* (0.142)	0.864*** (0.231)	0.221** (0.111)	0.227** (0.111)
Statut d'occupation												
Locataire	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Propriétaire	-0.200*** (0.0476)	0.457*** (0.125)	-0.176** (0.0895)	-0.159* (0.0880)	-0.0764 (0.0951)	-0.222 (0.151)	-0.0460 (0.183)	-0.00222 (0.218)	-0.162*** (0.0452)	-0.440*** (0.105)	-0.319** (0.148)	-0.146* (0.0790)
Chauffage à l'électricité	0.231*** (0.0806)	0.108 (0.168)	0.232** (0.0910)	0.228** (0.0909)	-0.160 (0.201)	-0.693 (0.493)	-0.114 (0.216)	-0.125 (0.216)				
Chauffage électrique collectif	-0.0138 (0.238)	-0.904* (0.541)	-0.0337 (0.229)	-0.0305 (0.229)	-0.511 (0.472)	0.147 (1.343)	-0.554 (0.467)	-0.550 (0.467)	-0.107** (0.0483)	0.0899 (0.154)	-0.107** (0.0449)	-0.106** (0.0449)
Cuisson à l'électricité	0.0904 (0.0552)	-0.0882 (0.169)	0.0835 (0.0554)	0.0826 (0.0554)	-0.186 (0.118)	-0.427* (0.219)	-0.131 (0.132)	-0.130 (0.132)	-0.0418 (0.0463)	-0.402*** (0.134)	-0.0343 (0.0488)	-0.0322 (0.0488)
ECS à l'électricité	0.108** (0.0439)	0.418*** (0.111)	0.104** (0.0448)	0.102** (0.0447)	0.0147 (0.0978)	-0.0134 (0.150)	0.0188 (0.0994)	0.0197 (0.0994)	0.109*** (0.0417)	0.268*** (0.0947)	0.112*** (0.0400)	0.110*** (0.0400)
Informatique intensive	0.154*** (0.0479)	0.302** (0.134)	0.167*** (0.0481)	0.168*** (0.0481)	0.161 (0.113)	0.502** (0.208)	0.169 (0.116)	0.162 (0.116)	0.0431 (0.0418)	-0.0914 (0.115)	0.0458 (0.0413)	0.0451 (0.0413)
Blanchisserie	-0.114	-0.352	-0.102	-0.100	0.0469	0.232	-0.133	-0.132	0.183*	0.372*	0.169*	0.173*

	(0.107)	(0.260)	(0.0994)	(0.0994)	(0.223)	(0.291)	(0.263)	(0.263)	(0.100)	(0.191)	(0.0987)	(0.0987)
Climatisation à l'électricité	0.171*** (0.0479)	0.612*** (0.109)	0.181*** (0.0474)	0.180*** (0.0474)	0.582*** (0.110)	1.030*** (0.182)	0.573*** (0.111)	0.572*** (0.111)	0.319*** (0.0405)	0.431*** (0.103)	0.323*** (0.0407)	0.324*** (0.0407)
Réfrigération à l'électricité	0.0853 (0.0624)	-0.0883 (0.156)	0.0847 (0.0582)	0.0852 (0.0582)	0.102 (0.132)	-0.258 (0.229)	0.0763 (0.146)	0.0854 (0.145)	0.137*** (0.0521)	0.0301 (0.131)	0.147*** (0.0525)	0.146*** (0.0525)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.257*** (0.0593)	0.176 (0.237)	0.250*** (0.0606)	0.252*** (0.0606)	0.490*** (0.132)	0.213 (0.203)	0.505*** (0.146)	0.507*** (0.146)	0.197*** (0.0662)	0.262 (0.165)	0.194*** (0.0671)	0.192*** (0.0671)
Qualité de l'isolation												
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.0411 (0.0478)	-0.210 (0.136)	0.0478 (0.0470)	0.0463 (0.0470)	-0.0777 (0.0991)	-0.0212 (0.180)	-0.0441 (0.102)	-0.0463 (0.102)	0.00330 (0.0404)	-0.0278 (0.0865)	-0.000864 (0.0402)	-0.000482 (0.0402)
Prix électricité (log)	-1.250*** (0.0601)	-0.953*** (0.160)	-1.228*** (0.0484)	-1.233*** (0.0483)	-1.174*** (0.142)	-0.704*** (0.184)	-1.174*** (0.115)	-1.182*** (0.115)	-1.093*** (0.0573)	-0.981*** (0.0853)	-1.074*** (0.0353)	-1.083*** (0.0347)
DJU (log)	0.198 (0.188)	0.642 (0.473)	0.0732 (0.216)	0.105 (0.217)	0.0731 (0.426)	-0.141 (0.784)	0.0801 (0.517)	0.182 (0.579)	0.0132 (0.155)	0.543 (0.334)	-0.416 (0.313)	-0.120 (0.221)
Zone climatique												
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.0122 (0.0625)	0.133 (0.157)	-0.00479 (0.0628)	-0.00549 (0.0628)	-0.00131 (0.125)	-0.0418 (0.224)	-0.0241 (0.132)	-0.0235 (0.132)	-0.140*** (0.0535)	0.0507 (0.119)	-0.145*** (0.0505)	-0.147*** (0.0505)
<i>H3</i>	0.108 (0.148)	0.415 (0.320)	0.0799 (0.139)	0.0824 (0.139)	-0.0141 (0.261)	0.115 (0.500)	-0.0163 (0.285)	-0.0250 (0.285)	-0.118 (0.0972)	0.0982 (0.211)	-0.110 (0.0962)	-0.109 (0.0962)
_m1			-0.298 (0.429)	-0.445 (0.458)			-0.385 (0.826)	-0.294 (0.860)			-0.409 (0.276)	
_m2			-0.320** (0.129)				-0.203 (0.884)	0.290 (0.838)			-2.672** (1.070)	-1.403** (0.680)
_m3			0.992 (0.932)	0.675 (0.517)			-0.0559 (0.123)				0.607 (1.187)	1.638** (0.709)
Constant	10.43*** (1.480)	6.999** (3.527)	11.66*** (1.764)	11.25*** (1.812)	11.43*** (3.414)	12.67** (6.414)	10.32** (5.026)	14.41*** (2.241)	11.37*** (1.220)	7.387*** (2.701)	12.46*** (1.712)	
Observations	3,285	3,285	3313	3313	790	790	798	798	5,735	5,735	5799	5799
R ²	0.774	0.631	0,77	0,77	0.750	0.560	0,74	0,74	0.652	0.421	0,65	0,65

Tableau 47 - Consommation d'électricité
Périmètre : Tertiaire

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC	
	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF
Surface totale (log)	0.791*** (0.0468)	0.424*** (0.102)	0.796*** (0.0364)	0.798*** (0.0364)	0.649*** (0.0861)	0.316*** (0.0979)	0.732*** (0.154)	0.849*** (0.206)	0.767*** (0.0258)	0.550*** (0.0575)	0.566*** (0.0834)	0.629*** (0.0676)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.0508 (0.0871)	0.272 (0.178)	-0.363 (0.238)	-0.246 (0.173)	-0.0613 (0.188)	0.308 (0.380)	-0.457 (0.668)	-0.975 (0.917)	-0.173*** (0.0566)	-0.157 (0.132)	0.343 (0.390)	-0.151 (0.168)
<i>Après 2000</i>	0.142 (0.116)	-0.0298 (0.313)	-0.254 (0.309)	-0.109 (0.227)	0.0243 (0.322)	0.129 (0.388)	-0.384 (0.816)	-1.051 (1.113)	-0.0873 (0.0653)	-0.0580 (0.167)	0.543 (0.481)	-0.0795 (0.199)
Nombre de salariés												
0	-1.175*** (0.177)	1.779*** (0.292)	-1.170*** (0.166)	-1.165*** (0.166)	-0.751** (0.361)	-1.446*** (0.390)	-0.765** (0.341)	-0.763** (0.341)	-0.598*** (0.125)	-0.257 (0.275)	-0.593*** (0.111)	-0.581*** (0.111)
1 à 5	-0.0770 (0.154)	0.836*** (0.274)	-0.0827 (0.152)	-0.0704 (0.152)	-0.303 (0.320)	-1.221*** (0.383)	-0.333 (0.301)	-0.323 (0.300)	-0.0927 (0.0861)	0.102 (0.257)	-0.0938 (0.0897)	-0.0851 (0.0895)
6 à 9	0.0355 (0.157)	-0.232 (0.238)	0.0363 (0.169)	0.0395 (0.169)	-0.585 (0.366)	-0.705* (0.390)	-0.612* (0.358)	-0.589* (0.354)	-0.0117 (0.0922)	0.428 (0.261)	-0.0165 (0.103)	-0.0136 (0.103)
10 à 19	-0.102 (0.136)	-0.220 (0.242)	-0.109 (0.153)	-0.105 (0.153)	-0.240 (0.343)	-0.485 (0.372)	-0.248 (0.341)	-0.232 (0.341)	-0.0222 (0.0849)	0.598** (0.247)	-0.0233 (0.0977)	-0.0220 (0.0977)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.290** (0.138)	0.527*** (0.199)	0.291* (0.158)	0.290* (0.158)	0.200 (0.400)	0.493 (0.441)	0.170 (0.377)	0.190 (0.374)	0.0190 (0.0932)	0.475 (0.296)	0.0250 (0.101)	0.0253 (0.101)
100 à 249	0.341** (0.136)	0.595*** (0.195)	0.344** (0.143)	0.348** (0.143)	0.747** (0.352)	1.032** (0.407)	0.742** (0.365)	0.730** (0.364)	0.155* (0.0899)	1.378*** (0.297)	0.159* (0.0967)	0.158 (0.0967)
250 à 500	0.523*** (0.156)	1.139*** (0.232)	0.532*** (0.152)	0.534*** (0.152)	0.878** (0.357)	1.341*** (0.434)	0.866** (0.372)	0.884** (0.371)	0.233** (0.0994)	1.083*** (0.251)	0.234** (0.0978)	0.234** (0.0978)
500 ou plus	0.0428 (0.252)	0.854** (0.334)	0.0502 (0.193)	0.0617 (0.193)	1.393*** (0.432)	2.528*** (0.770)	1.391** (0.622)	1.414** (0.621)	0.0778 (0.157)	1.038*** (0.291)	0.0626 (0.131)	0.0714 (0.131)
Statut d'occupation												
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.184** (0.0771)	-0.388** (0.174)	0.0485 (0.181)	-0.0361 (0.138)	-0.295 (0.191)	-0.493* (0.267)	0.0201 (0.499)	0.399 (0.698)	-0.194*** (0.0602)	-0.497*** (0.138)	-0.606** (0.283)	-0.264* (0.139)
Chauffage à l'électricité	0.455* (0.250)	0.406 (0.474)	0.441 (0.269)	0.449* (0.269)	-0.0446 (0.286)	-1.229 (1.074)	0.0478 (0.423)	0.0297 (0.420)				

Chauffage électrique collectif	0.152 (0.435)	-1.679** (0.703)	0.165 (0.518)	0.162 (0.518)	-1.202 (0.921)	-3.285* (1.826)	-1.264 (0.867)	-1.248 (0.865)	-0.0785 (0.0573)	0.0631 (0.186)	-0.0750 (0.0552)	-0.0736 (0.0552)
Cuisson à l'électricité	-0.120 (0.101)	-0.250 (0.239)	-0.111 (0.0967)	-0.119 (0.0964)	-0.361* (0.193)	-0.541 (0.335)	-0.376 (0.237)	-0.366 (0.236)	-0.160*** (0.0604)	-0.634*** (0.170)	-0.163** (0.0661)	-0.160** (0.0661)
ECS à l'électricité	0.119* (0.0719)	0.484*** (0.171)	0.119 (0.0760)	0.117 (0.0760)	-0.0459 (0.169)	-0.0445 (0.247)	-0.0388 (0.172)	-0.0470 (0.171)	0.142** (0.0561)	0.286** (0.132)	0.146*** (0.0532)	0.144*** (0.0532)
Informatique intensive	0.201** (0.0789)	0.266 (0.198)	0.199** (0.0794)	0.200** (0.0794)	0.183 (0.185)	0.239 (0.275)	0.197 (0.197)	0.193 (0.196)	0.114** (0.0550)	0.0307 (0.145)	0.111** (0.0542)	0.112** (0.0542)
Blanchisserie	-0.0439 (0.187)	0.0241 (0.304)	-0.0427 (0.184)	-0.0449 (0.184)	0.333 (0.338)	0.582 (0.386)	0.318 (0.416)	0.328 (0.416)	0.288** (0.130)	0.548** (0.218)	0.292** (0.129)	0.294** (0.129)
Climatisation à l'électricité	0.373*** (0.0851)	0.706*** (0.174)	0.371*** (0.0827)	0.371*** (0.0827)	0.786*** (0.188)	1.252*** (0.311)	0.781*** (0.197)	0.775*** (0.197)	0.413*** (0.0548)	0.652*** (0.153)	0.412*** (0.0553)	0.413*** (0.0553)
Réfrigération à l'électricité	-0.0179 (0.108)	-0.332 (0.222)	-0.0178 (0.0993)	-0.0158 (0.0993)	0.0336 (0.210)	-0.295 (0.350)	0.0345 (0.255)	0.0414 (0.255)	-0.0801 (0.0715)	-0.177 (0.191)	-0.0786 (0.0744)	-0.0814 (0.0744)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.327*** (0.124)	0.659** (0.303)	0.332*** (0.123)	0.339*** (0.122)	1.209*** (0.297)	1.231** (0.580)	1.219*** (0.325)	1.210*** (0.324)	0.337*** (0.113)	0.398 (0.257)	0.335*** (0.114)	0.335*** (0.114)
Qualité de l'isolation												
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.00257 (0.0781)	-0.365* (0.187)	-7.78e-05 (0.0768)	-0.00235 (0.0768)	-0.168 (0.173)	0.232 (0.271)	-0.172 (0.177)	-0.172 (0.176)	-0.0229 (0.0559)	-0.238* (0.123)	-0.0198 (0.0552)	-0.0210 (0.0552)
Prix électricité (log)	-1.176*** (0.0923)	-0.901*** (0.221)	-1.165*** (0.0784)	-1.168*** (0.0784)	-1.274*** (0.248)	-0.430 (0.275)	-1.311*** (0.220)	-1.386*** (0.233)	-1.167*** (0.0719)	-1.020*** (0.114)	-1.040*** (0.0665)	-1.073*** (0.0616)
DJU (log)	0.0335 (0.296)	1.024 (0.638)	0.334 (0.376)	0.224 (0.341)	-0.293 (0.784)	-0.512 (1.220)	0.183 (1.038)	0.791 (1.287)	0.194 (0.212)	0.535 (0.473)	-0.561 (0.474)	-0.0665 (0.295)
Zone climatique												
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	-0.0616 (0.104)	0.0373 (0.233)	-0.0525 (0.103)	-0.0572 (0.103)	0.147 (0.197)	-0.168 (0.354)	0.145 (0.218)	0.126 (0.217)	-0.111 (0.0726)	-0.00565 (0.169)	-0.0995 (0.0685)	-0.104 (0.0684)
<i>H3</i>	0.101 (0.212)	0.566 (0.420)	0.134 (0.231)	0.125 (0.230)	-0.0967 (0.482)	0.259 (0.733)	-0.0739 (0.488)	-0.0966 (0.486)	-0.117 (0.131)	-0.108 (0.315)	-0.108 (0.131)	-0.108 (0.131)
Secteur d'activité												
<i>BFA</i>	0.522*** (0.0943)	0.299 (0.297)	0.408*** (0.134)	0.449*** (0.120)	0.681*** (0.225)	1.376*** (0.299)	0.534 (0.350)	0.331 (0.430)	0.340*** (0.0664)	0.518*** (0.159)	0.571*** (0.158)	0.394*** (0.0928)
<i>Activités scientifiques</i>	0.158 (0.132)	-0.269 (0.283)	0.161 (0.129)	0.162 (0.129)	0.284 (0.280)	0.577 (0.465)	0.283 (0.325)	0.283 (0.324)	0.0853 (0.0825)	-0.0917 (0.259)	0.127 (0.0903)	0.129 (0.0906)
<i>Services matériels</i>	0.0283	0.457**	0.0541	0.0401	-0.114	0.268	-0.173	-0.263	-0.161**	0.109	0.0414	0.0123

	(0.123)	(0.208)	(0.104)	(0.102)	(0.239)	(0.324)	(0.234)	(0.257)	(0.0696)	(0.144)	(0.0956)	(0.0954)
<i>Information & Communication</i>	0.361***	-0.238	0.402***	0.379***	0.0586	0.257	0.00190	-0.0736	0.127*	-0.0935	0.297***	0.286***
	(0.108)	(0.246)	(0.114)	(0.111)	(0.303)	(0.340)	(0.278)	(0.289)	(0.0705)	(0.169)	(0.0928)	(0.0958)
<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
_m1			-1.087	-0.950			-1.618	-2.359		7.166*	-1.550**	
			(0.716)	(0.724)			(1.577)	(2.271)		(3.766)	(0.620)	
_m2			-0.143				0.864	2.311		3,498	-6.380***	-3.411***
			(0.176)				(2.409)	(2.203)		0.390	(2.241)	(1.287)
_m3			2.905	1.088			-0.0258				1.763	4.006***
			(2.147)	(0.832)			(0.324)				(2.398)	(1.430)
Constant	10.36***	3.909	7.943***	8.575***	14.09**	13.37	9.665	4.699	9.781***	7.166*	14.40***	11.53***
	(2.319)	(4.792)	(2.951)	(2.785)	(6.348)	(10.03)	(8.498)	(10.96)	(1.665)	(3.766)	(3.027)	(2.119)
Observations	1,468	1,468	1468	1468	363	363	363	363	3,498	3,498	3498	3498
R ²	0.766	0.506	0,76	0,76	0.718	0.427	0,72	0,72	0.635	0.390	0,64	0,64

Tableau 48 - Consommation d'électricité
Périmètre : Bureaux

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC	
	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF
Surface totale (log)	0.543*** (0.0426)	0.490*** (0.124)	0.424*** (0.0518)	0.404*** (0.0531)	0.421*** (0.0907)	0.192** (0.0931)	0.310*** (0.101)	0.326*** (0.120)	0.541*** (0.0362)	0.487*** (0.0663)	0.657*** (0.0864)	0.588*** (0.0654)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.0922 (0.0850)	-0.294 (0.316)	0.180 (0.140)	0.289** (0.132)	0.0377 (0.179)	0.269 (0.208)	0.118 (0.167)	0.101 (0.174)	0.0494 (0.0652)	0.179 (0.148)	-0.143 (0.170)	0.0343 (0.102)
<i>Après 2000</i>	0.0969 (0.110)	-0.408 (0.333)	0.223 (0.207)	0.395** (0.193)	0.192 (0.274)	0.0142 (0.271)	0.356 (0.275)	0.324 (0.293)	0.0233 (0.0859)	-0.0943 (0.176)	-0.297 (0.262)	-0.0126 (0.139)
Nombre de salariés												
<i>0</i>	-1.981*** (0.350)	-1.876*** (0.431)	-2.042*** (0.243)	-1.995*** (0.242)	-1.034** (0.512)	-2.083*** (0.436)	-1.097** (0.477)	-1.014** (0.474)	-1.557*** (0.196)	-1.568*** (0.310)	-1.552*** (0.152)	-1.550*** (0.152)
<i>1 à 5</i>	-1.050*** (0.157)	-1.142*** (0.317)	-1.050*** (0.152)	-1.037*** (0.152)	-1.394*** (0.314)	-2.104*** (0.376)	-1.361*** (0.274)	-1.383*** (0.274)	-1.009*** (0.124)	-1.127*** (0.230)	-1.011*** (0.110)	-1.008*** (0.110)
<i>6 à 9</i>	-0.575*** (0.145)	-0.561** (0.239)	-0.597*** (0.142)	-0.592*** (0.141)	-0.759** (0.335)	-1.629*** (0.398)	-0.735*** (0.284)	-0.754*** (0.284)	-0.696*** (0.116)	-0.700*** (0.176)	-0.702*** (0.110)	-0.699*** (0.110)
<i>10 à 19</i>	-0.522*** (0.130)	-0.532*** (0.187)	-0.502*** (0.129)	-0.501*** (0.129)	-0.595** (0.281)	-1.340*** (0.387)	-0.570** (0.243)	-0.577** (0.243)	-0.393*** (0.104)	-0.455*** (0.132)	-0.394*** (0.105)	-0.393*** (0.105)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	0.148 (0.118)	0.366* (0.201)	0.132 (0.116)	0.139 (0.117)	0.546* (0.311)	0.0169 (0.478)	0.621* (0.343)	0.590* (0.343)	0.429*** (0.115)	0.499*** (0.133)	0.432*** (0.131)	0.436*** (0.131)
<i>100 à 249</i>	0.365*** (0.119)	0.620** (0.241)	0.394*** (0.125)	0.415*** (0.124)	1.029*** (0.304)	0.845* (0.443)	1.051*** (0.262)	1.050*** (0.263)	0.451*** (0.139)	0.454*** (0.162)	0.457*** (0.130)	0.463*** (0.130)
<i>250 à 500</i>	0.633*** (0.136)	1.008*** (0.353)	0.664*** (0.150)	0.701*** (0.149)	1.088*** (0.351)	1.300*** (0.477)	1.116*** (0.341)	1.121*** (0.343)	0.865*** (0.154)	0.989*** (0.232)	0.857*** (0.173)	0.894*** (0.171)
<i>500 ou plus</i>	0.738*** (0.271)	1.121** (0.453)	0.752*** (0.257)	0.791*** (0.256)	1.795*** (0.357)	1.967*** (0.544)	1.850*** (0.613)	1.862*** (0.613)	0.869** (0.395)	0.972** (0.393)	0.859*** (0.273)	0.897*** (0.272)
Statut d'occupation												
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.239*** (0.0704)	-0.649** (0.256)	-0.391*** (0.130)	-0.470*** (0.130)	0.0502 (0.137)	-0.104 (0.158)	-0.136 (0.196)	-0.0916 (0.219)	-0.169** (0.0696)	-0.295* (0.174)	0.0838 (0.190)	-0.106 (0.106)
Chauffage à l'électricité	0.137 (0.119)	0.0613 (0.320)	0.107 (0.135)	0.103 (0.135)	-0.255 (0.382)	-0.658 (0.555)	-0.278 (0.301)	-0.276 (0.302)				
Chauffage électrique collectif	0.113 (0.297)	0.285 (0.555)	0.0903 (0.363)	0.0876 (0.364)	0.0701 (0.407)	1.046 (0.661)	0.000714 (0.542)	0.00545 (0.544)	-0.237** (0.0984)	0.124 (0.310)	-0.236*** (0.0837)	-0.239*** (0.0837)
Cuisson à l'électricité	0.188** (0.0732)	-0.158 (0.276)	0.166** (0.0796)	0.174** (0.0795)	-0.0944 (0.196)	0.246 (0.216)	-0.112 (0.180)	-0.107 (0.180)	0.161** (0.0780)	0.0753 (0.279)	0.163** (0.0784)	0.165** (0.0784)
ECS à l'électricité	0.0587 (0.0665)	0.491*** (0.187)	0.0791 (0.0667)	0.0713 (0.0666)	0.253* (0.142)	0.253 (0.166)	0.249* (0.142)	0.245* (0.142)	0.0563 (0.0647)	0.266* (0.138)	0.0515 (0.0638)	0.0515 (0.0638)
Informatique intensive	0.140* (0.0738)	0.524** (0.252)	0.129* (0.0729)	0.137* (0.0730)	0.0358 (0.171)	0.524*** (0.183)	0.0556 (0.167)	0.0576 (0.167)	-0.138** (0.0701)	-0.312 (0.211)	-0.140** (0.0685)	-0.137** (0.0684)
Blanchisserie	-0.184 (0.451)	-0.802 (0.891)	-0.197 (0.267)	-0.209 (0.268)	-0.110 (0.530)	-0.685** (0.327)	-0.138 (0.446)	-0.157 (0.446)	-0.215 (0.234)	-0.398 (0.705)	-0.209 (0.220)	-0.217 (0.220)

Climatisation à l'électricité	-0.0986 (0.0699)	0.476** (0.196)	-0.0757 (0.0717)	-0.0748 (0.0718)	0.233 (0.162)	0.477** (0.212)	0.215 (0.156)	0.232 (0.155)	0.100 (0.0654)	0.222 (0.153)	0.0974 (0.0634)	0.101 (0.0634)
Réfrigération à l'électricité	0.211** (0.0859)	0.0628 (0.280)	0.205** (0.0887)	0.205** (0.0889)	0.270 (0.186)	-0.123 (0.220)	0.289 (0.191)	0.273 (0.191)	0.381*** (0.0807)	0.247 (0.187)	0.383*** (0.0782)	0.380*** (0.0782)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.233*** (0.0802)	-0.425 (0.437)	0.211*** (0.0816)	0.214*** (0.0817)	0.250 (0.174)	0.150 (0.220)	0.277 (0.178)	0.266 (0.178)	-0.0220 (0.0960)	-0.0312 (0.280)	-0.0205 (0.0891)	-0.0218 (0.0891)
Qualité de l'isolation												
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.112 (0.0749)	-0.0566 (0.278)	0.109 (0.0731)	0.110 (0.0731)	-0.123 (0.140)	-0.251 (0.163)	-0.120 (0.144)	-0.125 (0.144)	-0.00211 (0.0620)	0.0965 (0.138)	-0.00133 (0.0610)	-0.00149 (0.0610)
Prix électricité (log)	-1.434*** (0.0949)	-1.213*** (0.282)	-1.412*** (0.0741)	-1.411*** (0.0746)	-1.226*** (0.196)	-1.119*** (0.194)	-1.297*** (0.161)	-1.284*** (0.166)	-0.895*** (0.104)	-0.908*** (0.151)	-0.856*** (0.0799)	-0.858*** (0.0867)
DJU (log)	0.466 (0.318)	-0.673 (1.059)	-0.182 (0.363)	-0.257 (0.372)	0.606 (0.629)	2.178*** (0.692)	0.127 (0.701)	0.177 (0.779)	-0.200 (0.256)	0.538 (0.536)	0.392 (0.484)	0.0479 (0.396)
Zone climatique												
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.182* (0.0942)	0.303 (0.271)	0.169* (0.0999)	0.171* (0.100)	-0.124 (0.190)	0.251 (0.200)	-0.0875 (0.192)	-0.101 (0.192)	-0.198** (0.0892)	-0.0117 (0.197)	-0.201** (0.0809)	-0.200** (0.0809)
<i>H3</i>	0.350 (0.251)	0.198 (0.698)	0.302 (0.233)	0.313 (0.233)	0.395 (0.392)	1.079** (0.494)	0.505 (0.417)	0.463 (0.416)	-0.194 (0.165)	0.154 (0.326)	-0.184 (0.153)	-0.188 (0.153)
Secteur d'activité												
<i>Commerces détail alimentaires</i>	1.148*** (0.103)	1.072*** (0.330)	1.015*** (0.109)	1.048*** (0.107)	1.061*** (0.193)	0.507* (0.301)	0.876*** (0.255)	0.916*** (0.272)	1.013*** (0.113)	0.890*** (0.258)	1.133*** (0.159)	1.106*** (0.170)
<i>Commerces détail non alimentaires</i>	0.320*** (0.0949)	0.328 (0.326)	0.427*** (0.116)	0.489*** (0.113)	0.428** (0.174)	0.0361 (0.200)	0.528*** (0.189)	0.497*** (0.192)	0.568*** (0.0794)	0.369* (0.205)	0.438*** (0.123)	0.555*** (0.0816)
<i>Commerces gros alimentaires</i>	0.338 (0.233)	-0.319 (0.597)	0.597*** (0.183)	0.570*** (0.183)	0.108 (0.323)	0.531 (0.343)	0.231 (0.271)	0.243 (0.281)	0.444*** (0.128)	0.210 (0.349)	0.302* (0.180)	0.353* (0.185)
<i>Commerces gros non alimentaires</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>_m1</i>			0.984 (0.700)	1.108 (0.756)			1.357* (0.824)	0.836 (0.848)			-0.318 (0.438)	
<i>_m2</i>			-0.375* (0.212)				-1.062 (0.924)	-0.845 (0.828)			1.139 (1.247)	0.423 (0.928)
<i>_m3</i>			0.376 (1.570)	-0.854 (0.849)			0.0390 (0.137)				1.790 (1.989)	-0.292 (1.051)
Constant	10.33*** (2.500)	18.53** (7.836)	16.84*** (3.011)	17.43*** (3.155)	8.922* (5.041)	-1.564 (5.534)	13.86** (6.001)	13.21* (6.885)	13.23*** (2.015)	7.843* (4.391)	8.728** (3.850)	11.07*** (3.436)
Observations	1,147	1,147	1,147	1,147	294	294	294	294	1,783	1,783	1,783	1,783
R ²	0.797	0.667	0,8	0,8	0.806	0.671	0,8	0,8	0.715	0.433	0,71	0,71

Tableau 49- Consommation d'électricité
Périmètre : Commerces

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC	
	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF
Surface totale (log)	0.524*** (0.0707)	0.453*** (0.105)	0.556*** (0.0921)	0.590*** (0.0898)	-0.542 (0.401)	-0.474*** (0.142)	-5.833*** (0.949)	-0.287 (1.349)	0.468*** (0.0900)	0.393*** (0.138)	2.306*** (0.863)	0.869 (0.576)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.0507 (0.133)	0.108 (0.188)	-0.123 (0.426)	0.0726 (0.444)	0.0468 (0.722)	0.225 (0.269)	19.24*** (3.593)	-1.121 (5.753)	-0.0833 (0.166)	-0.171 (0.270)	-6.166** (2.786)	-1.421 (1.603)
<i>Après 2000</i>	0.00392 (0.154)	0.228 (0.199)	-0.0928 (0.477)	0.209 (0.501)	1.031 (1.373)	0.141 (0.808)	14.60*** (2.687)	0.0520 (5.023)	-0.195 (0.216)	0.465 (0.298)	-4.967** (2.182)	-1.268 (1.180)
Nombre de salariés												
<i>0</i>	-1.289*** (0.342)	-1.177*** (0.318)	-1.320*** (0.323)	-1.342*** (0.323)	-3.675* (1.647)	-1.830* (1.050)	-0.801 (0.938)	-3.852* (2.245)	-1.717*** (0.308)	-1.895*** (0.332)	-1.714*** (0.338)	-1.710*** (0.340)
<i>1 à 5</i>	-1.150*** (0.193)	-0.944*** (0.210)	-1.157*** (0.179)	-1.188*** (0.178)	-2.117 (1.662)	-0.430 (1.166)	-0.768 (0.905)	-2.350 (2.460)	-1.303*** (0.300)	-1.711*** (0.405)	-1.329*** (0.278)	-1.296*** (0.279)
<i>6 à 9</i>	-0.845*** (0.198)	-0.814*** (0.217)	-0.845*** (0.185)	-0.866*** (0.185)	-0.0534 (1.485)	1.173 (0.902)	2.417** (1.002)	-0.287 (2.403)	-0.638** (0.275)	-0.467 (0.305)	-0.678** (0.284)	-0.641** (0.285)
<i>10 à 19</i>	-0.553*** (0.157)	-0.420** (0.189)	-0.543*** (0.163)	-0.552*** (0.163)	2.183 (1.341)	3.019*** (0.717)	3.076*** (0.946)	1.996 (2.537)	-0.589** (0.236)	-0.504* (0.270)	-0.604** (0.261)	-0.598** (0.262)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	0.431** (0.216)	0.844*** (0.279)	0.423** (0.207)	0.428** (0.207)	2.724 (1.760)	3.684*** (0.522)	7.207*** (1.227)	2.514 (2.668)	0.416* (0.224)	0.327 (0.259)	0.417 (0.290)	0.433 (0.292)
<i>100 à 249</i>	-0.627 (0.405)	-0.531 (0.491)	-0.609* (0.355)	-0.617* (0.355)	4.316*** (1.123)	6.202*** (1.929)	6.949*** (0.919)	4.155* (2.130)	-0.0944 (0.524)	0.142 (0.599)	-0.125 (0.422)	0.0264 (0.417)
<i>250 à 500</i>	0.555 (0.714)	0.988 (0.788)	0.477 (0.463)	0.514 (0.462)			0 (0)	0 (0)	-0.218 (0.730)	0.498 (0.817)	-0.197 (0.537)	-0.0529 (0.534)
<i>500 ou plus</i>			0 (0)	0 (0)			0 (0)	0 (0)	0.434 (1.203)	1.728 (1.482)	0.574 (0.933)	0.469 (0.936)
Statut d'occupation												
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.130 (0.123)	-0.358** (0.177)	-0.111 (0.165)	-0.206 (0.162)	-1.775** (0.656)	-2.013*** (0.276)	-4.330*** (0.546)	-1.662* (0.937)	-0.0817 (0.222)	-0.347 (0.386)	0.414 (0.313)	0.0269 (0.232)
Chauffage à l'électricité	0.276** (0.129)	0.261 (0.182)	0.260* (0.137)	0.260* (0.137)	1.815 (1.515)	0.980 (0.654)	-23.61*** (4.317)	2.475 (3.615)				
Chauffage électrique collectif	-0.371 (0.461)	-0.0340 (0.261)	-0.366 (0.336)	-0.345 (0.336)			0 (0)	0 (0)	-0.183 (0.261)	-0.827** (0.357)	-0.0832 (0.248)	-0.151 (0.247)
Cuisson à l'électricité	0.333** (0.145)	0.434* (0.254)	0.352** (0.146)	0.329** (0.145)	2.040* (0.976)	1.908*** (0.415)	-0.463 (0.556)	1.965* (1.134)	0.168 (0.213)	-0.122 (0.277)	0.154 (0.195)	0.152 (0.196)
ECS à l'électricité	0.0925 (0.130)	0.219 (0.159)	0.111 (0.125)	0.110 (0.125)	-1.646** (0.656)	-1.647*** (0.214)	-0.980*** (0.309)	-1.634** (0.802)	0.00936 (0.218)	0.379 (0.412)	0.0293 (0.201)	0.0154 (0.202)
Informatique intensive	0.301** (0.120)	0.319** (0.157)	0.268** (0.132)	0.286** (0.131)	0.367 (0.937)	-0.685 (0.676)	-0.646 (0.583)	0.455 (1.454)	-0.0487 (0.166)	-0.0827 (0.184)	-0.0233 (0.189)	-0.0356 (0.190)
Blanchisserie	-0.0348 (0.125)	-0.211 (0.155)	-0.0346 (0.133)	-0.0359 (0.134)	0.689 (0.770)	1.292*** (0.305)	2.997*** (0.567)	0.667 (1.133)	0.0718 (0.181)	0.491* (0.251)	0.0830 (0.239)	0.0575 (0.240)

Climatisation à l'électricité	0.244** (0.122)	0.310** (0.153)	0.231** (0.113)	0.237** (0.113)	0.353 (1.493)	0.883 (0.588)	-3.484*** (0.894)	0.212 (1.989)	0.277* (0.160)	0.0314 (0.189)	0.285 (0.175)	0.268 (0.175)
Réfrigération à l'électricité	0.152 (0.144)	-0.0434 (0.180)	0.188 (0.130)	0.179 (0.130)	-0.925 (0.819)	-1.210*** (0.308)	0.205 (0.408)	-0.872 (1.043)	0.553** (0.223)	0.453 (0.356)	0.547*** (0.195)	0.554*** (0.196)
Equipement gros consommateur d'électricité	-0.0482 (0.165)	0.0762 (0.205)	-0.0733 (0.157)	-0.0693 (0.157)	0.344 (1.670)	0.813 (0.666)	25.72*** (4.475)	-0.511 (4.601)	0.380* (0.197)	0.519** (0.229)	0.372* (0.199)	0.401** (0.199)
Qualité de l'isolation												
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.0602 (0.118)	-0.0647 (0.148)	-0.0550 (0.117)	-0.0612 (0.117)	-0.201 (0.564)	-0.378 (0.230)	1.560*** (0.382)	-0.163 (0.748)	-0.0863 (0.180)	0.149 (0.182)	-0.0632 (0.183)	-0.0779 (0.184)
Prix électricité (log)	-0.803*** (0.134)	-0.562*** (0.169)	-0.813*** (0.127)	-0.804*** (0.127)	-1.287* (0.563)	-1.253*** (0.258)	-1.163*** (0.268)	-1.397* (0.837)	-1.141*** (0.162)	-0.998*** (0.128)	-1.561*** (0.238)	-1.229*** (0.182)
DJU (log)	0.138 (0.401)	-0.221 (0.483)	0.134 (0.492)	-0.0710 (0.495)	9.500* (4.609)	8.080*** (2.326)	-9.125*** (3.436)	9.512* (4.893)	0.289 (0.562)	0.625 (0.569)	1.990** (0.999)	0.622 (0.687)
Zone climatique												
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	-0.0438 (0.131)	-0.281* (0.163)	-0.0461 (0.150)	-0.0405 (0.150)	3.642** (1.526)	3.088*** (0.719)	-0.632 (0.916)	3.577** (1.746)	0.125 (0.198)	0.257 (0.305)	0.139 (0.208)	0.124 (0.208)
<i>H3</i>	-0.0667 (0.360)	-0.325 (0.331)	-0.160 (0.290)	-0.119 (0.289)	5.805* (2.680)	5.568*** (1.157)	2.606** (1.265)	5.767* (3.198)	0.493 (0.374)	0.808* (0.445)	0.535 (0.379)	0.504 (0.380)
Secteur d'activité												
<i>Restauration</i>	-0.0323 (0.199)	-0.483** (0.217)	0.0489 (0.249)	0.233 (0.226)	-0.548 (0.880)	-1.086** (0.441)	-9.462*** (1.555)	-0.195 (1.909)	-0.199 (0.244)	0.303 (0.400)	2.669* (1.409)	0.403 (1.046)
<i>Hôtellerie</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>_m1</i>			2.994 (2.501)	1.282 (1.874)	-		64.40*** (10.99)	-2.357 (11.81)			-8.367** (3.806)	
<i>_m2</i>			2.434** (1.203)				-30.72*** (6.501)	2.230 (11.28)			11.83* (6.518)	1.518 (3.815)
<i>_m3</i>			1.707 (4.005)	-2.182 (2.289)			-2.707*** (0.650)				1.519 (4.429)	0.0125 (2.975)
Constant	11.08*** (3.127)	13.42*** (3.735)	11.33*** (4.011)	12.05*** (4.180)	-53.70 (39.12)	-43.88** (19.31)	134.8*** (32.95)	-54.47 (38.54)	11.81** (4.562)	8.511** (4.285)	4.103 (5.870)	10.15** (5.013)
Observations	468	468	468	468	33	33	33	33	308	308	308	308
R ²	0.640	0.561	0,64	0,64	0.949	0.927	0,99	0,99	0.634	0.533	0,64	0,64

Tableau 50 - Consommation d'électricité
Périmètre : Hôtellerie-Restauration

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC	
	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF
Surface totale (log)	0.758*** (0.0661)	0.503*** (0.128)	0.727*** (0.0470)	0.734*** (0.0466)	0.619*** (0.109)	0.277** (0.115)	0.437* (0.247)	0.409 (0.353)	0.707*** (0.0346)	0.665*** (0.0726)	0.553*** (0.0873)	0.560*** (0.0820)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.114 (0.112)	0.343 (0.243)	-0.707** (0.352)	-0.566** (0.261)	0.224 (0.267)	0.0646 (0.485)	1.223 (1.357)	1.390 (1.990)	-0.0963 (0.0737)	-0.120 (0.177)	0.122 (0.481)	-0.129 (0.224)
<i>Après 2000</i>	0.0877 (0.168)	0.0659 (0.371)	-0.643 (0.476)	-0.460 (0.351)	-0.353 (0.494)	0.411 (0.391)	0.950 (1.811)	1.234 (2.729)	-0.0854 (0.0873)	0.0489 (0.242)	0.330 (0.654)	-0.00170 (0.310)
Secteur d'activité												
<i>BFA</i>	0.556*** (0.0987)	0.238 (0.286)	0.381*** (0.148)	0.422*** (0.129)	0.793*** (0.225)	1.471*** (0.282)	1.150** (0.541)	1.208 (0.750)	0.394*** (0.0701)	0.497*** (0.166)	0.530*** (0.170)	0.457*** (0.103)
<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Nombre de salariés												
<i>0</i>	-1.322*** (0.238)	-1.597*** (0.382)	-1.340*** (0.203)	-1.335*** (0.203)	-0.974* (0.516)	-1.720*** (0.504)	-0.971** (0.428)	-0.966** (0.427)	-0.799*** (0.172)	-0.200 (0.314)	-0.784*** (0.147)	-0.777*** (0.146)
<i>1 à 5</i>	-0.182 (0.200)	-0.623* (0.334)	-0.205 (0.182)	-0.197 (0.182)	-0.556 (0.451)	-1.565*** (0.491)	-0.550 (0.377)	-0.549 (0.376)	-0.319*** (0.113)	0.132 (0.271)	-0.302*** (0.116)	-0.298** (0.116)
<i>6 à 9</i>	0.155 (0.186)	-0.127 (0.280)	0.161 (0.193)	0.160 (0.193)	-0.422 (0.395)	-0.869* (0.446)	-0.397 (0.412)	-0.407 (0.407)	-0.159 (0.121)	0.244 (0.263)	-0.165 (0.131)	-0.162 (0.131)
<i>10 à 19</i>	-0.0793 (0.163)	-0.188 (0.250)	-0.108 (0.182)	-0.103 (0.182)	-0.649 (0.404)	-0.660 (0.500)	-0.640 (0.437)	-0.653 (0.434)	-0.0285 (0.108)	0.546** (0.244)	-0.0331 (0.124)	-0.0315 (0.124)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	0.189 (0.192)	0.214 (0.288)	0.151 (0.200)	0.151 (0.200)	-0.617 (0.555)	-0.400 (0.708)	-0.600 (0.482)	-0.616 (0.477)	-0.0642 (0.126)	0.422* (0.250)	-0.0583 (0.132)	-0.0567 (0.132)
<i>100 à 249</i>	0.518*** (0.186)	0.575** (0.262)	0.515*** (0.179)	0.520*** (0.179)	1.140** (0.481)	1.049** (0.493)	1.193** (0.492)	1.187** (0.491)	0.286** (0.118)	1.309*** (0.298)	0.298** (0.127)	0.298** (0.127)
<i>250 à 500</i>	0.751*** (0.230)	1.200*** (0.304)	0.741*** (0.196)	0.742*** (0.196)	0.928* (0.546)	1.281** (0.612)	0.940* (0.560)	0.916 (0.558)	0.434*** (0.149)	0.986*** (0.280)	0.449*** (0.135)	0.451*** (0.134)
<i>500 ou plus</i>	0.490 (0.358)	1.109** (0.483)	0.517** (0.259)	0.536** (0.259)	1.157 (0.701)	1.539*** (0.525)	1.159 (1.098)	1.150 (1.095)	0.627*** (0.141)	1.122*** (0.304)	0.621*** (0.182)	0.626*** (0.182)
Statut d'occupation												
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Propriétaire	-0.221** (0.0980)	-0.630*** (0.193)	0.178 (0.245)	0.0867 (0.195)	-0.611** (0.243)	-0.503 (0.310)	-1.384 (1.033)	-1.496 (1.498)	-0.171** (0.0801)	-0.601*** (0.187)	-0.418 (0.343)	-0.263 (0.192)
Chauffage à l'électricité	0.882*** (0.250)	0.845 (0.736)	0.847** (0.420)	0.856** (0.420)	-0.379 (0.334)	-0.454 (0.642)	-0.445 (0.739)	-0.434 (0.734)				
Chauffage électrique collectif	-0.108 (0.323)	-0.748 (0.878)	-0.0311 (0.761)	-0.0633 (0.760)	-		0 (0)	0 (0)	0.00667 (0.0704)	0.0949 (0.250)	0.0153 (0.0702)	0.0161 (0.0702)
Cuisson à l'électricité	-0.00106 (0.121)	-0.0292 (0.285)	0.0263 (0.118)	0.0114 (0.118)	-0.462* (0.264)	-0.761 (0.475)	-0.467 (0.304)	-0.472 (0.302)	-0.0855 (0.0808)	-0.479** (0.204)	-0.0878 (0.0863)	-0.0852 (0.0862)
ECS à l'électricité	0.186** (0.0893)	0.516*** (0.198)	0.182* (0.0957)	0.181* (0.0957)	-0.306 (0.241)	-0.170 (0.288)	-0.310 (0.231)	-0.302 (0.230)	0.130* (0.0756)	0.00784 (0.181)	0.130* (0.0699)	0.129* (0.0699)

Informatique intensive	0.318*** (0.0945)	0.295 (0.231)	0.315*** (0.0979)	0.315*** (0.0979)	0.629*** (0.222)	0.681** (0.300)	0.629** (0.248)	0.632*** (0.245)	0.124* (0.0703)	0.0555 (0.186)	0.121* (0.0684)	0.121* (0.0684)
Blanchisserie	-0.105 (0.305)	0.0378 (0.440)	-0.0851 (0.269)	-0.0862 (0.269)	-0.344 (0.470)	0.113 (0.776)	-0.323 (0.622)	-0.332 (0.620)	0.174 (0.283)	0.775* (0.411)	0.195 (0.262)	0.199 (0.261)
Climatisation à l'électricité	0.181* (0.106)	0.552** (0.245)	0.173* (0.103)	0.178* (0.103)	0.777*** (0.229)	1.347*** (0.441)	0.786*** (0.254)	0.790*** (0.253)	0.388*** (0.0792)	0.698*** (0.244)	0.389*** (0.0741)	0.388*** (0.0741)
Réfrigération à l'électricité	-0.0805 (0.135)	-0.167 (0.266)	-0.0899 (0.129)	-0.0892 (0.129)	0.154 (0.280)	-0.169 (0.585)	0.121 (0.334)	0.124 (0.334)	-0.121 (0.0999)	-0.115 (0.231)	-0.121 (0.101)	-0.122 (0.101)
Equipement gros consommateur d'électricité	-0.303 (0.249)	0.617 (0.481)	-0.281 (0.198)	-0.281 (0.198)	1.274** (0.595)	1.150 (1.047)	1.283** (0.540)	1.277** (0.538)	-0.117 (0.177)	-0.00888 (0.383)	-0.111 (0.154)	-0.112 (0.154)
Qualité de l'isolation												
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.113 (0.0951)	-0.469** (0.226)	-0.0976 (0.0958)	-0.105 (0.0956)	-0.145 (0.235)	0.304 (0.391)	-0.123 (0.228)	-0.129 (0.227)	-0.110 (0.0757)	-0.259* (0.156)	-0.103 (0.0739)	-0.103 (0.0739)
Prix électricité (log)	-1.090*** (0.117)	-0.611** (0.304)	-1.163*** (0.114)	-1.135*** (0.105)	-0.780*** (0.258)	-0.552*** (0.203)	-0.626* (0.341)	-0.601 (0.405)	-1.135*** (0.102)	-1.037*** (0.150)	-1.092*** (0.0933)	-1.128*** (0.0694)
DJU (log)	-0.228 (0.370)	1.433 (0.874)	0.434 (0.545)	0.272 (0.475)	0.597 (0.843)	-0.766 (1.528)	-0.748 (2.065)	-1.018 (2.928)	0.312 (0.283)	0.947 (0.629)	-0.209 (0.668)	0.0533 (0.427)
Zone climatique												
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	-0.191 (0.128)	0.00386 (0.304)	-0.170 (0.128)	-0.175 (0.128)	0.215 (0.257)	-0.431 (0.459)	0.252 (0.270)	0.246 (0.269)	-0.197** (0.0960)	-0.0764 (0.217)	-0.182** (0.0885)	-0.184** (0.0884)
<i>H3</i>	-0.0645 (0.288)	0.855 (0.600)	0.00993 (0.288)	0.00135 (0.287)	0.633 (0.615)	0.105 (1.004)	0.673 (0.658)	0.664 (0.656)	-0.0148 (0.174)	0.00650 (0.423)	0.00854 (0.170)	0.00782 (0.170)
_m1			-2.169** (0.901)	-2.169** (1.002)			3.031 (3.869)	3.051 (5.018)			-1.493** (0.722)	
_m2			-0.413 (0.294)				-2.928 (3.996)	-3.026 (4.910)			-5.657** (2.801)	-3.736** (1.601)
_m3			5.095* (2.837)	2.572** (1.140)			-0.0298 (0.400)				3.478 (2.836)	4.377*** (1.674)
Constant	12.32*** (2.947)	-1.010 (6.535)	7.709* (4.042)	8.377** (3.818)	5.208 (6.852)	16.43 (12.08)	16.23 (16.84)	18.38 (23.94)	9.133*** (2.190)	3.713 (4.953)	12.61*** (4.161)	11.23*** (3.049)
Observations	844	844	844	844	193	193	193	193	1,836	1,836	1836	1836
R ²	0.776	0.554	0,78	0,78	0.732	0.520	0,73	0,73	0.681	0.455	0,68	0,68

Tableau 51 - Consommation d'électricité
Périmètre : BFA et Services immatériels

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Conditionnelle				Conditionnelle				Conditionnelle			
	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF
Surface totale (log)	0.739*** (0.102)	0.135 (0.195)	0.807*** (0.0949)	0.731*** (0.0914)	0.464*** (0.172)	0.484* (0.249)	0.437 (0.550)	0.128 (0.509)	0.601*** (0.0634)	0.372*** (0.126)	0.599** (0.288)	0.523*** (0.197)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.229 (0.246)	0.147 (0.473)	-0.976** (0.421)	-0.119 (0.274)	0.364 (0.475)	1.481** (0.590)	0.466 (1.440)	1.267 (1.250)	-0.129 (0.128)	-0.289 (0.271)	-0.395 (0.755)	-0.195 (0.362)
<i>Après 2000</i>	-0.178 (0.270)	-1.018 (0.686)	-1.125** (0.536)	-0.00749 (0.353)	0.575 (0.648)	1.009 (0.693)	0.687 (1.376)	1.531 (1.171)	-0.188 (0.152)	-0.109 (0.316)	-0.649 (0.815)	-0.450 (0.343)
Nombre de salariés												
<i>0</i>	-0.859** (0.388)	-1.648*** (0.468)	-0.826* (0.448)	-0.894** (0.451)	-0.508 (0.689)	-0.453 (1.019)	-0.826 (0.810)	-0.706 (0.795)	-0.681** (0.274)	-0.794** (0.325)	-0.687*** (0.252)	-0.688*** (0.252)
<i>1 à 5</i>	-0.0234 (0.320)	-0.758 (0.460)	-0.0542 (0.405)	-0.0659 (0.409)	-0.263 (0.586)	-0.0368 (0.877)	-0.378 (0.714)	-0.373 (0.712)	-0.00449 (0.213)	-0.246 (0.268)	-0.0129 (0.215)	-0.0137 (0.215)
<i>6 à 9</i>	-0.210 (0.497)	0.366 (0.876)	-0.157 (0.557)	-0.212 (0.562)	-2.504* (1.297)	-2.122* (1.138)	-2.898*** (1.030)	-2.957*** (1.024)	0.115 (0.225)	0.473 (0.404)	0.108 (0.265)	0.108 (0.264)
<i>10 à 19</i>	-0.268 (0.349)	-0.622 (0.543)	-0.291 (0.445)	-0.267 (0.449)	0.378 (1.138)	0.353 (1.174)	-0.0360 (0.897)	0.0565 (0.887)	-0.137 (0.259)	-0.254 (0.345)	-0.154 (0.261)	-0.155 (0.261)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	-0.126 (0.427)	0.713 (0.446)	-0.0542 (0.480)	-0.201 (0.482)	1.329* (0.764)	0.929 (1.092)	1.220 (1.044)	1.131 (1.033)	-0.115 (0.222)	-0.176 (0.283)	-0.120 (0.262)	-0.118 (0.262)
<i>100 à 249</i>	-0.292 (0.344)	0.140 (0.404)	-0.305 (0.404)	-0.329 (0.408)	-0.414 (0.813)	-0.557 (1.010)	-0.655 (0.918)	-0.541 (0.901)	-0.239 (0.240)	-0.0791 (0.263)	-0.247 (0.247)	-0.251 (0.246)
<i>250 à 500</i>	-0.379 (0.396)	-0.0115 (0.457)	-0.359 (0.425)	-0.411 (0.428)	0.742 (0.748)	1.051 (1.151)	0.552 (0.796)	0.582 (0.793)	0.0347 (0.217)	0.296 (0.253)	0.0209 (0.226)	0.0187 (0.226)
<i>500 ou plus</i>	-0.968 (0.650)	-0.527 (0.863)	-1.077* (0.553)	-0.979* (0.557)	0.916 (0.957)	-0.201 (1.341)	0.622 (1.752)	0.647 (1.753)	-1.043** (0.474)	-0.942* (0.511)	-1.064*** (0.314)	-1.065*** (0.314)
Statut d'occupation												
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.148 (0.224)	0.154 (0.430)	0.973* (0.568)	-0.332 (0.291)	-0.242 (0.442)	-0.0788 (0.396)	-0.283 (1.126)	-0.902 (1.032)	-0.133 (0.126)	-0.378 (0.243)	0.388 (0.712)	0.220 (0.307)
Chauffage à l'électricité	0.741** (0.309)	0.115 (0.479)	0.595 (0.533)	0.732 (0.536)	-1.479** (0.631)	-1.227** (0.551)	-1.387* (0.809)	-1.317* (0.787)				
Chauffage électrique collectif	-0.668 (0.703)	-1.059 (0.804)	-0.449 (0.912)	-0.623 (0.918)			0 (0)	0 (0)	-0.203 (0.180)	0.286 (0.341)	-0.199 (0.157)	-0.198 (0.157)
Cuisson à l'électricité	-0.387 (0.322)	-0.800 (0.557)	-0.362 (0.305)	-0.389 (0.308)	0.592 (0.465)	0.740* (0.408)	0.516 (0.643)	0.449 (0.634)	-0.316** (0.131)	-1.095*** (0.306)	-0.310** (0.148)	-0.310** (0.148)
ECS à l'électricité	-0.0580 (0.219)	0.687* (0.378)	-0.00509 (0.227)	-0.0561 (0.228)	-0.204 (0.429)	-0.233 (0.452)	-0.362 (0.413)	-0.286 (0.400)	0.289** (0.126)	0.706*** (0.261)	0.284** (0.118)	0.283** (0.118)
Informatique intensive	-0.160 (0.308)	0.00307 (0.509)	-0.163 (0.272)	-0.151 (0.274)	-0.823 (0.621)	-0.228 (0.663)	-0.858 (0.539)	-0.877 (0.536)	0.0424 (0.166)	0.354 (0.376)	0.0375 (0.147)	0.0351 (0.147)
Blanchisserie	-0.165 (0.267)	-0.144 (0.522)	-0.191 (0.334)	-0.170 (0.338)	0.379 (0.491)	0.358 (0.325)	0.437 (0.615)	0.429 (0.615)	0.328** (0.161)	0.567** (0.265)	0.322* (0.185)	0.321* (0.185)

Climatisation à l'électricité	0.634*** (0.203)	1.051*** (0.346)	0.713*** (0.225)	0.648*** (0.226)	1.274** (0.521)	0.973 (0.689)	1.403*** (0.464)	1.367*** (0.462)	0.475*** (0.111)	0.472** (0.206)	0.473*** (0.116)	0.474*** (0.116)
Réfrigération à l'électricité	0.0948 (0.282)	-0.361 (0.470)	0.0686 (0.298)	0.109 (0.301)	-0.952 (0.600)	-1.470** (0.631)	-0.846 (0.663)	-0.869 (0.653)	-0.163 (0.154)	-0.323 (0.325)	-0.168 (0.163)	-0.163 (0.162)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.904*** (0.275)	1.475** (0.691)	0.804** (0.341)	0.847** (0.345)	1.927*** (0.621)	1.848* (0.960)	1.600* (0.929)	1.777** (0.888)	0.869*** (0.192)	1.011** (0.429)	0.869*** (0.278)	0.871*** (0.278)
Qualité de l'isolation												
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.401* (0.234)	-0.441 (0.551)	0.290 (0.227)	0.392* (0.225)	-0.280 (0.323)	-0.106 (0.422)	-0.236 (0.439)	-0.209 (0.434)	0.230* (0.123)	-0.126 (0.210)	0.237* (0.121)	0.236* (0.121)
Prix électricité (log)	-1.267*** (0.202)	-1.392*** (0.369)	-0.510 (0.416)	-1.411*** (0.255)	-1.751*** (0.476)	-0.746 (0.657)	-1.754*** (0.547)	-1.897*** (0.513)	-0.803*** (0.102)	-0.973*** (0.212)	-0.433 (0.326)	-0.476** (0.241)
DJU (log)	1.228 (0.848)	0.386 (1.269)	2.696** (1.196)	0.924 (1.014)	1.305 (1.764)	4.339* (2.180)	1.626 (2.438)	0.656 (2.285)	-0.352 (0.442)	-0.518 (0.843)	0.300 (1.193)	0.0200 (0.600)
Zone climatique												
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	-0.0933 (0.353)	-0.0384 (0.543)	-0.111 (0.318)	-0.105 (0.321)	0.390 (0.433)	0.290 (0.671)	0.645 (0.567)	0.640 (0.564)	-0.0238 (0.158)	0.0907 (0.322)	-0.0325 (0.153)	-0.0329 (0.153)
<i>H3</i>	0.433 (0.566)	0.403 (0.706)	0.448 (0.711)	0.351 (0.716)	0.476 (1.095)	1.389 (1.136)	0.597 (1.085)	0.682 (1.067)	-0.449 (0.274)	-0.581 (0.558)	-0.426 (0.294)	-0.431 (0.293)
_m1			-3.455 (2.651)	1.732 (1.760)			3.816 (3.824)	2.824 (3.982)			-3.079 (2.693)	
_m2			-0.0207 (0.449)				1.840 (8.397)	-2.554 (3.996)			-3.763 (6.622)	-3.618 (3.300)
_m3			18.47** (8.48)	-2.017 (2.02)			-0.228 (0.829)				7.965 (7.907)	5.676 (4.292)
Constant	1.975 (6.511)	12.71 (10.02)	-12.72 (10.57)	5.521 (8.422)	4.878 (14.68)	-24.04 (19.30)	5.982 (21.05)	13.97 (21.63)	12.72*** (3.470)	16.06** (6.732)	6.941 (9.442)	9.223* (4.843)
Observations	266	266	266	266	89	89	89	89	843	843	843	843
R ²	0.602	0.419	0,61	0,61	0.683	0.550	0,7	0,7	0.335	0.318	0,34	0,34

Tableau 52 - Consommation d'électricité
Périmètre : Services matériels

	(0.149)	(0.454)	(0.161)	(0.161)	(0.692)	(0.832)	(0.666)	(0.659)	(0.131)	(0.271)	(0.138)	(0.137)
Informatique intensive	0.0985	0.261	0.0721	0.0780	0.473	0.778	0.0699	0.224	0.159	-0.149	0.155	0.154
	(0.138)	(0.307)	(0.152)	(0.151)	(0.640)	(0.586)	(0.696)	(0.677)	(0.114)	(0.258)	(0.126)	(0.126)
Blanchisserie	0.171	1.422	0.293	0.283			0	0	-0.0888	0.345	-0.101	-0.0952
	(0.382)	(1.052)	(1.086)	(1.085)			(0)	(0)	(0.358)	(0.458)	(0.472)	(0.472)
Climatisation à l'électricité	0.357*	0.964**	0.341*	0.352*	-0.00146	3.147***	-0.0648	0.0790	0.368***	0.848***	0.373**	0.373**
	(0.189)	(0.457)	(0.192)	(0.191)	(0.706)	(0.762)	(0.763)	(0.697)	(0.132)	(0.261)	(0.150)	(0.149)
Réfrigération à l'électricité	-0.695***	-1.827***	-0.704***	-0.697***	0.784	3.185***	0.181	0.333	0.0229	0.0384	0.0161	0.0146
	(0.200)	(0.266)	(0.206)	(0.205)	(0.679)	(0.640)	(0.907)	(0.879)	(0.196)	(0.541)	(0.188)	(0.188)
Équipement gros consommateur d'électricité	0.718***	0.141	0.703***	0.713***	0.278	-0.0469	0.412	0.328	0.466*	0.925*	0.493**	0.491**
	(0.149)	(0.504)	(0.183)	(0.183)	(0.746)	(0.662)	(0.786)	(0.770)	(0.249)	(0.538)	(0.246)	(0.246)
Qualité de l'isolation												
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.0578	-0.167	-0.0544	-0.0521	-0.0457	-0.672	0.166	0.310	-0.0503	0.0883	-0.0452	-0.0428
	(0.142)	(0.258)	(0.159)	(0.159)	(0.471)	(0.412)	(0.591)	(0.581)	(0.125)	(0.279)	(0.139)	(0.139)
Prix électricité (log)	-1.061***	-1.884***	-1.072***	-1.091***	-2.081	1.072**	-2.967***	-3.650***	-1.617***	-1.102***	-1.872***	-1.896***
	(0.187)	(0.315)	(0.158)	(0.153)	(1.448)	(0.488)	(1.058)	(1.099)	(0.185)	(0.283)	(0.255)	(0.270)
DJU (log)	-0.0217	0.103	-0.0528	-0.0149	-3.058	-7.692***	-1.499	-0.997	1.137*	2.131*	1.640**	1.685**
	(0.589)	(1.117)	(0.633)	(0.628)	(2.649)	(1.841)	(2.412)	(2.452)	(0.598)	(1.267)	(0.715)	(0.734)
Zone climatique												
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.173	0.345	0.179	0.173	-0.945	-3.633***	-0.860	-1.304	0.0725	-0.0464	0.0933	0.0931
	(0.178)	(0.311)	(0.197)	(0.197)	(0.762)	(0.592)	(0.893)	(0.841)	(0.191)	(0.455)	(0.183)	(0.183)
<i>H3</i>	-0.286	-0.231	-0.349	-0.329	-1.899	-10.29***	-2.073	-2.500	0.432	1.163	0.456	0.456
	(0.432)	(0.549)	(0.472)	(0.471)	(2.003)	(1.581)	(1.647)	(1.587)	(0.337)	(0.707)	(0.359)	(0.358)
_m1			0.151	-0.314			-13.25**	-16.25**			-0.544	
			(1.079)	(1.344)			(5.598)	(6.970)			(1.348)	
_m2			0.280				11.01	15.18**			3.661	3.190
			(0.279)				(7.740)	(6.482)			(4.728)	(3.457)
_m3			1.184	0.236			1.594				-2.042	-2.694
			(3.096)	(1.522)			(1.311)				(8.633)	(3.843)
Constant	10.22**	12.61	10.34**	9.842**	33.56	52.73***	17.61	11.77	3.991	-4.564	1.675	1.398
	(4.470)	(9.146)	(4.966)	(4.946)	(22.96)	(18.25)	(20.13)	(20.63)	(4.679)	(9.872)	(4.914)	(5.009)
Observations	222	222			55	55			533	533		
R ²	0.885	0.868	.	.	0.867	0.808	.	.	0.733	0.475	.	.

Tableau 53 - Consommation d'électricité
Périmètre : Information & Communication

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Conditionnelle				Conditionnelle				Conditionnelle			
	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF
Surface totale (log)	0.509*** (0.0529)	0.612*** (0.157)	0.333*** (0.0696)	0.271*** (0.0772)	0.526*** (0.0930)	0.426*** (0.0878)	0.499*** (0.133)	0.485*** (0.144)	0.547*** (0.0357)	0.433*** (0.0685)	0.605*** (0.0986)	0.573*** (0.0749)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.0832 (0.103)	-0.571 (0.385)	0.194 (0.161)	0.479*** (0.173)	-0.0898 (0.191)	-0.127 (0.214)	-0.0460 (0.211)	-0.0404 (0.216)	0.123* (0.0704)	0.219 (0.159)	0.00445 (0.202)	0.104 (0.0960)
<i>Après 2000</i>	0.117 (0.126)	-0.907** (0.370)	0.132 (0.227)	0.587** (0.232)	-0.0946 (0.271)	0.0455 (0.316)	-0.0886 (0.316)	-0.0725 (0.321)	0.0135 (0.0966)	-0.0952 (0.193)	-0.141 (0.276)	0.000253 (0.135)
Nombre de salariés												
<i>0</i>	-2.003*** (0.409)	-1.514*** (0.418)	-2.157*** (0.280)	-2.056*** (0.280)	-1.577*** (0.561)	-2.183*** (0.584)	-1.538*** (0.539)	-1.512*** (0.537)	-1.462*** (0.212)	-1.779*** (0.328)	-1.457*** (0.172)	-1.458*** (0.172)
<i>1 à 5</i>	-0.971*** (0.180)	-0.853** (0.339)	-1.016*** (0.179)	-0.976*** (0.179)	-1.775*** (0.371)	-2.287*** (0.468)	-1.732*** (0.355)	-1.748*** (0.354)	-0.936*** (0.136)	-1.361*** (0.212)	-0.937*** (0.132)	-0.936*** (0.132)
<i>6 à 9</i>	-0.587*** (0.171)	-0.346 (0.291)	-0.651*** (0.175)	-0.620*** (0.176)	-1.044** (0.413)	-1.891*** (0.503)	-1.015*** (0.349)	-1.046*** (0.346)	-0.548*** (0.138)	-0.751*** (0.203)	-0.551*** (0.132)	-0.550*** (0.132)
<i>10 à 19</i>	-0.535*** (0.183)	-0.351 (0.260)	-0.554*** (0.167)	-0.548*** (0.169)	-0.738** (0.367)	-1.591*** (0.537)	-0.712** (0.352)	-0.710** (0.351)	-0.292** (0.138)	-0.540*** (0.177)	-0.293** (0.132)	-0.293** (0.132)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	0.340** (0.147)	0.589** (0.257)	0.304** (0.144)	0.309** (0.146)	0.458 (0.486)	0.211 (0.771)	0.477 (0.446)	0.468 (0.445)	0.308* (0.159)	0.400** (0.180)	0.313* (0.163)	0.311* (0.163)
<i>100 à 249</i>	0.532*** (0.153)	0.697** (0.302)	0.523*** (0.162)	0.572*** (0.163)	0.686*** (0.234)	0.285 (0.420)	0.683** (0.308)	0.695** (0.307)	0.538*** (0.162)	0.675*** (0.197)	0.539*** (0.162)	0.545*** (0.162)
<i>250 à 500</i>	0.708*** (0.177)	0.909** (0.405)	0.698*** (0.190)	0.788*** (0.190)	0.774*** (0.294)	0.304 (0.498)	0.795** (0.373)	0.785** (0.372)	0.865*** (0.196)	1.167*** (0.294)	0.858*** (0.205)	0.880*** (0.203)
<i>500 ou plus</i>	0.877** (0.340)	0.815** (0.376)	0.825*** (0.314)	0.931*** (0.315)	1.083*** (0.331)	1.046** (0.460)	1.006 (0.669)	1.108* (0.658)	1.149*** (0.310)	1.238*** (0.396)	1.133*** (0.343)	1.164*** (0.340)
Statut d'occupation												
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.377*** (0.0845)	-0.704** (0.275)	-0.549*** (0.155)	-0.792*** (0.174)	-0.101 (0.151)	0.00108 (0.171)	-0.135 (0.234)	-0.159 (0.246)	-0.159** (0.0769)	-0.323* (0.192)	-0.0259 (0.220)	-0.127 (0.114)
Chauffage à l'électricité	0.0746 (0.128)	0.0240 (0.303)	0.0487 (0.140)	0.0469 (0.141)	-0.222 (0.343)	-0.194 (0.587)	-0.295 (0.335)	-0.265 (0.331)				
Chauffage électrique collectif	0.341 (0.214)	0.885** (0.426)	0.328 (0.420)	0.316 (0.423)	0.237 (0.410)	-0.274 (0.710)	0.312 (0.563)	0.231 (0.552)	-0.293** (0.119)	0.108 (0.395)	-0.292*** (0.105)	-0.295*** (0.104)
Cuisson à l'électricité	0.218** (0.0888)	0.0783 (0.315)	0.182* (0.0932)	0.198** (0.0938)	-0.0499 (0.247)	0.283 (0.217)	-0.0556 (0.192)	-0.0498 (0.191)	0.325*** (0.0943)	0.118 (0.340)	0.326*** (0.0883)	0.326*** (0.0882)
ECS à l'électricité	0.121 (0.0777)	0.656*** (0.185)	0.153* (0.0791)	0.128 (0.0792)	0.258 (0.166)	0.409** (0.176)	0.233 (0.166)	0.229 (0.166)	0.0726 (0.0726)	0.221 (0.148)	0.0711 (0.0716)	0.0690 (0.0716)
Informatique intensive	0.263*** (0.0899)	0.638*** (0.236)	0.223** (0.0872)	0.241*** (0.0878)	0.0578 (0.192)	0.827** (0.326)	0.0794 (0.214)	0.103 (0.212)	-0.171** (0.0868)	-0.423* (0.242)	-0.171** (0.0800)	-0.170** (0.0800)
Blanchisserie	-0.0864 (0.450)	-0.671 (1.025)	-0.103 (0.273)	-0.113 (0.275)	-0.439 (0.304)	-0.247 (0.423)	-0.580 (0.542)	-0.592 (0.541)	-0.315 (0.295)	-0.625 (0.785)	-0.310 (0.239)	-0.314 (0.239)

Climatisation à l'électricité	-0.0671 (0.0822)	0.301 (0.204)	-0.0115 (0.0870)	-0.0168 (0.0877)	0.131 (0.167)	0.101 (0.211)	0.131 (0.188)	0.135 (0.187)	0.246*** (0.0746)	0.362** (0.175)	0.245*** (0.0720)	0.246*** (0.0720)
Réfrigération à l'électricité	0.0713 (0.0958)	0.194 (0.276)	0.0486 (0.105)	0.0668 (0.105)	0.0240 (0.220)	-0.161 (0.282)	0.0102 (0.235)	0.00521 (0.234)	0.255*** (0.0973)	0.163 (0.225)	0.256*** (0.0888)	0.255*** (0.0888)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.142 (0.0986)	-0.818** (0.413)	0.113 (0.0965)	0.119 (0.0972)	-0.166 (0.178)	0.376 (0.283)	-0.179 (0.203)	-0.168 (0.202)	-0.0385 (0.105)	0.192 (0.249)	-0.0372 (0.101)	-0.0392 (0.101)
Qualité de l'isolation												
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.153* (0.0889)	0.0448 (0.296)	0.136 (0.0843)	0.139 (0.0849)	-0.365** (0.149)	-0.229 (0.161)	-0.368** (0.159)	-0.368** (0.158)	-0.0405 (0.0663)	0.0513 (0.146)	-0.0392 (0.0670)	-0.0400 (0.0670)
Prix électricité (log)	-1.438*** (0.114)	-0.952*** (0.310)	-1.483*** (0.0839)	-1.458*** (0.0854)	-1.226*** (0.212)	-1.102*** (0.222)	-1.266*** (0.185)	-1.280*** (0.189)	-0.784*** (0.0914)	-0.741*** (0.164)	-0.766*** (0.106)	-0.756*** (0.119)
DJU (log)	0.355 (0.354)	-1.060 (1.161)	-0.657 (0.432)	-0.805* (0.465)	0.577 (0.611)	2.591*** (0.562)	0.482 (0.774)	0.421 (0.823)	-0.184 (0.267)	0.890 (0.591)	0.0760 (0.504)	-0.0538 (0.442)
Zone climatique												
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.0825 (0.111)	0.0366 (0.307)	0.0542 (0.115)	0.0596 (0.116)	0.0594 (0.201)	0.283 (0.218)	0.0625 (0.221)	0.0705 (0.220)	-0.118 (0.0914)	0.234 (0.201)	-0.122 (0.0906)	-0.120 (0.0905)
<i>H3</i>	0.167 (0.266)	0.00845 (0.698)	0.105 (0.261)	0.117 (0.263)	0.486 (0.384)	1.515*** (0.494)	0.558 (0.463)	0.561 (0.461)	-0.120 (0.166)	0.451 (0.345)	-0.118 (0.168)	-0.119 (0.168)
Secteur d'activité												
<i>Commerces de détail alimentaires</i>	0.932*** (0.0990)	0.696** (0.280)	0.536*** (0.144)	0.463*** (0.161)	0.798*** (0.196)	0.204 (0.307)	0.764** (0.318)	0.720** (0.337)	0.505*** (0.110)	0.604*** (0.216)	0.628*** (0.223)	0.567*** (0.188)
<i>Commerces détail non alimentaires</i>	<i>Réf</i>		<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>		<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>		<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>_m1</i>			1.339 (0.877)	2.028* (1.053)			0.768 (1.045)	0.410 (0.894)			-0.199 (0.514)	
<i>_m2</i>			-0.603** (0.275)				0.0295 (1.016)	-0.452 (0.870)			0.461 (1.319)	0.252 (1.083)
<i>_m3</i>			2.773 (2.002)	-1.647 (1.160)			0.179 (0.152)				1.195 (2.621)	-0.193 (1.218)
Constant	11.70*** (2.759)	19.82** (8.562)	22.60*** (3.750)	23.86*** (4.180)	9.484** (4.723)	-5.761 (4.575)	10.71 (6.876)	11.17 (7.437)	12.91*** (2.116)	5.040 (4.887)	10.88*** (4.144)	11.73*** (3.918)
Observations	802	802	802	802	177	177	117	117	1,242	1,242	1242	1242
R ²	0.823	0.689	0,83	0,83	0.892	0.780	0,89	0,89	0.754	0.440	0,75	0,75

Tableau 54 - Consommation d'électricité
Périmètre : Commerce détail

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité et gaz			
	Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC	
	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF
Surface totale (log)	0.456*** (0.0739)	0.685*** (0.178)	0.425*** (0.0853)	0.422*** (0.0852)	0.280* (0.148)	0.531*** (0.191)	0.229 (0.186)	0.199 (0.191)	0.478*** (0.0701)	0.506*** (0.142)	-0.750* (0.401)	0.0109 (0.242)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.173 (0.150)	-0.901*** (0.291)	0.230* (0.140)	0.236* (0.137)	0.151 (0.172)	0.313 (0.277)	0.214 (0.231)	0.204 (0.218)	0.229* (0.128)	0.413 (0.311)	0.903*** (0.273)	0.404** (0.163)
<i>Après 2000</i>	0.229 (0.178)	-0.666** (0.294)	0.335 (0.214)	0.346* (0.198)	0.132 (0.303)	0.990** (0.463)	0.0882 (0.366)	0.105 (0.359)	-0.264 (0.244)	-0.600 (0.429)	0.159 (0.326)	-0.313 (0.255)
Nombre de salariés												
<i>0</i>	-2.322*** (0.659)	-1.838*** (0.536)	-2.333*** (0.429)	-2.338*** (0.427)	-2.963*** (0.702)	-2.386*** (0.662)	-3.361*** (0.872)	-3.411*** (0.859)	-1.294*** (0.345)	-1.065** (0.499)	-1.318*** (0.331)	-1.322*** (0.334)
<i>Entre 1 et 5</i>	-1.526*** (0.274)	-1.305*** (0.455)	-1.536*** (0.257)	-1.537*** (0.256)	-2.962*** (0.532)	-1.243* (0.700)	-2.809*** (0.608)	-2.836*** (0.589)	-1.485*** (0.243)	-1.577*** (0.326)	-1.475*** (0.256)	-1.489*** (0.258)
<i>Entre 6 et 9</i>	-0.828*** (0.245)	-0.310 (0.449)	-0.840*** (0.245)	-0.843*** (0.244)	-1.114* (0.618)	-0.0553 (0.433)	-0.893 (0.564)	-0.854 (0.555)	-0.776*** (0.247)	-0.934*** (0.324)	-0.764*** (0.251)	-0.778*** (0.253)
<i>Entre 10 et 19</i>	-0.904*** (0.245)	-0.585 (0.391)	-0.909*** (0.226)	-0.910*** (0.225)	-1.382*** (0.502)	-1.316 (0.845)	-0.996 (1.006)	-1.047 (0.979)	-0.588** (0.234)	-0.770** (0.347)	-0.614** (0.242)	-0.591** (0.244)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 50 et 99</i>	0.289* (0.166)	0.389 (0.248)	0.280* (0.168)	0.279* (0.168)	0.971** (0.383)	2.223*** (0.759)	0.970** (0.486)	0.988** (0.477)	0.185 (0.226)	0.189 (0.330)	0.228 (0.263)	0.196 (0.265)
<i>Entre 100 et 249</i>	0.576*** (0.189)	0.603* (0.363)	0.566*** (0.213)	0.564*** (0.213)	0.899*** (0.276)	1.020 (0.709)	0.915** (0.386)	0.956** (0.379)	0.468* (0.249)	0.492 (0.354)	0.477* (0.259)	0.453* (0.261)
<i>Entre 250 et 499</i>	0.864*** (0.236)	0.839* (0.489)	0.851*** (0.251)	0.846*** (0.251)	1.264*** (0.394)	1.277* (0.645)	1.322*** (0.470)	1.363*** (0.464)	0.633** (0.264)	0.371 (0.438)	0.677** (0.299)	0.557* (0.298)
<i>500 et plus</i>	1.174*** (0.369)	1.130* (0.641)	1.151*** (0.399)	1.147*** (0.398)	1.485*** (0.459)	1.256 (0.960)	1.472** (0.692)	1.524** (0.659)	1.275*** (0.334)	0.901 (0.594)	1.551*** (0.564)	1.152** (0.547)
Statut d'occupation												
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.291*** (0.106)	-0.250 (0.214)	-0.410** (0.181)	-0.421** (0.167)	-0.158 (0.199)	0.164 (0.299)	-0.241 (0.233)	-0.264 (0.233)	-0.160 (0.143)	-0.552** (0.268)	-1.204*** (0.436)	-0.368 (0.228)
Chauffage à l'électricité	-0.00891 (0.159)	0.0206 (0.248)	-0.0249 (0.151)	-0.0267 (0.151)	-0.397 (0.387)	-1.029 (0.640)	-0.399 (0.345)	-0.394 (0.327)				
Chauffage électrique collectif	0.275* (0.164)	1.199*** (0.421)	0.290 (0.463)	0.293 (0.463)	0.400 (0.447)	0.256 (1.002)	0.570 (0.600)	0.558 (0.571)	-0.121 (0.174)	0.403 (0.322)	-0.0237 (0.229)	-0.0602 (0.231)
Cuisson à l'électricité	0.151 (0.107)	0.262 (0.320)	0.148 (0.111)	0.147 (0.111)	0.182 (0.273)	0.695*** (0.188)	0.196 (0.245)	0.194 (0.239)	0.488*** (0.134)	0.850*** (0.277)	0.482*** (0.125)	0.502*** (0.126)
ECS à l'électricité	0.213** (0.102)	1.030*** (0.191)	0.214** (0.0949)	0.214** (0.0948)	0.437 (0.304)	1.102*** (0.293)	0.564** (0.261)	0.569** (0.256)	0.319* (0.164)	0.549 (0.340)	0.354** (0.145)	0.326** (0.146)

Informatique intensive	0.127 (0.116)	0.242 (0.213)	0.120 (0.106)	0.121 (0.106)	0.00931 (0.283)	1.067* (0.599)	0.0116 (0.343)	0.0257 (0.325)	-0.0447 (0.146)	-0.351 (0.253)	-0.0575 (0.144)	-0.0531 (0.145)
Blanchisserie	-0.130 (0.341)	0.666* (0.396)	-0.133 (0.309)	-0.134 (0.308)	-0.886** (0.422)	1.100 (0.682)	-0.365 (0.663)	-0.259 (0.650)	-0.128 (0.275)	-0.422 (0.341)	-0.193 (0.325)	-0.162 (0.328)
Climatisation à l'électricité	-0.208* (0.108)	-0.0875 (0.240)	-0.207* (0.110)	-0.208* (0.109)	-0.0855 (0.274)	-0.731* (0.375)	-0.186 (0.265)	-0.194 (0.260)	0.125 (0.124)	0.267 (0.288)	0.113 (0.125)	0.123 (0.126)
Réfrigération à l'électricité	-0.0193 (0.121)	-0.215 (0.279)	-0.0193 (0.128)	-0.0190 (0.127)	-0.170 (0.290)	-0.634* (0.359)	-0.233 (0.316)	-0.243 (0.311)	0.495*** (0.169)	0.286 (0.328)	0.542*** (0.148)	0.521*** (0.149)
Équipement gros consommateur d'électricité	0.101 (0.123)	-0.946*** (0.365)	0.0981 (0.108)	0.0979 (0.107)	-0.0848 (0.215)	0.0545 (0.390)	-0.186 (0.257)	-0.168 (0.250)	0.0257 (0.149)	0.648** (0.330)	-0.00133 (0.141)	0.0382 (0.141)
Qualité de l'isolation												
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.0859 (0.112)	-0.131 (0.251)	0.0814 (0.108)	0.0819 (0.107)	-0.293 (0.223)	-0.750*** (0.265)	-0.340 (0.229)	-0.338 (0.223)	0.0190 (0.136)	0.308 (0.302)	-0.00434 (0.123)	0.0253 (0.124)
Prix électricité (log)	-1.000*** (0.175)	-0.807*** (0.300)	-1.039*** (0.134)	-1.042*** (0.131)	-1.073*** (0.368)	-1.528*** (0.421)	-1.107*** (0.272)	-1.120*** (0.261)	-0.918*** (0.222)	-0.459 (0.316)	-2.173*** (0.438)	-1.379*** (0.281)
DJU (log)	0.565 (0.430)	-0.00526 (0.906)	0.460 (0.503)	0.445 (0.504)	0.619 (0.937)	4.896*** (1.575)	0.570 (0.942)	0.502 (0.952)	-0.389 (0.544)	0.590 (1.204)	-8.046*** (2.519)	-3.474** (1.661)
Zone climatique												
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.101 (0.133)	0.353 (0.281)	0.104 (0.141)	0.105 (0.140)	0.168 (0.245)	1.355*** (0.395)	0.128 (0.316)	0.131 (0.308)	-0.0137 (0.168)	0.324 (0.407)	0.0403 (0.166)	0.0195 (0.167)
<i>H3</i>	0.149 (0.329)	0.0605 (0.486)	0.135 (0.317)	0.132 (0.316)	0.586 (0.536)	2.973*** (0.985)	0.637 (0.561)	0.642 (0.549)	-0.144 (0.358)	0.906 (0.702)	-0.0946 (0.301)	-0.117 (0.303)
_m1			1.176 (1.375)	1.075 (1.122)			0.504 (1.517)	0.747 (1.232)			4.937*** (1.611)	
_m2			0.222 (0.594)				-0.557 (1.367)	-0.630 (1.197)			-12.33*** (4.749)	-3.679 (2.364)
_m3			-1.554 (2.662)	-1.218 (1.311)			-0.250 (0.227)				-1.118 (3.528)	2.238 (2.162)
Constant	9.696*** (3.284)	11.88* (6.741)	11.16*** (4.222)	11.40*** (4.272)	11.14* (6.615)	-23.14* (12.73)	12.26 (8.092)	13.06 (8.200)	15.71*** (4.333)	5.261 (9.635)	78.09*** (20.37)	41.13*** (13.57)
Observations	476	476	476	476	80	80	80	80	358	358	358	358
R ²	0.810	0.730	0,81	0,81	0.946	0.934	0,94	0,94	0.811	0.505	0,8	0,8

Tableau 55 - Consommation d'électricité
Périmètre : Commerces détail alimentaires

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC	
	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF
Surface totale (log)	0.589*** (0.0702)	0.590*** (0.167)	0.192* (0.113)	-0.0352 (0.134)	0.595*** (0.126)	0.587*** (0.102)	0.690*** (0.258)	0.578* (0.336)	0.551*** (0.0415)	0.421*** (0.0737)	0.591*** (0.116)	0.549*** (0.0918)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.0749 (0.161)	-0.403 (0.391)	0.296 (0.285)	1.409*** (0.320)	-0.303 (0.337)	-0.527** (0.218)	-0.366 (0.494)	-0.186 (0.602)	0.0884 (0.0841)	0.243 (0.149)	-0.116 (0.247)	0.000278 (0.128)
<i>Après 2000</i>	0.0637 (0.194)	-0.791 (0.513)	0.158 (0.404)	1.795*** (0.385)	-0.267 (0.718)	-0.240 (0.681)	-0.365 (0.730)	-0.165 (0.839)	0.104 (0.0995)	-0.0356 (0.208)	-0.193 (0.322)	-0.0457 (0.182)
Nombre de salariés												
<i>0</i>	-1.693*** (0.543)	-1.243** (0.527)	-1.928*** (0.387)	-1.853*** (0.394)	-0.728 (0.728)	-0.333 (0.677)	-0.644 (0.740)	-0.697 (0.731)	-1.507*** (0.258)	-1.888*** (0.394)	-1.490*** (0.201)	-1.494*** (0.201)
<i>1 à 5</i>	-0.472* (0.252)	-0.541 (0.432)	-0.614** (0.264)	-0.565** (0.268)	-1.178** (0.531)	-0.838 (0.590)	-1.084** (0.530)	-1.090** (0.524)	-0.776*** (0.167)	-1.235*** (0.246)	-0.768*** (0.154)	-0.767*** (0.154)
<i>6 à 9</i>	-0.437* (0.248)	-0.463 (0.351)	-0.453* (0.265)	-0.461* (0.270)	-0.889 (0.555)	-0.759 (0.572)	-0.909* (0.513)	-0.888* (0.510)	-0.427** (0.167)	-0.669*** (0.246)	-0.422*** (0.154)	-0.422*** (0.154)
<i>10 à 19</i>	-0.202 (0.269)	-0.223 (0.302)	-0.250 (0.254)	-0.258 (0.259)	-0.163 (0.536)	0.228 (0.621)	-0.136 (0.501)	-0.169 (0.496)	-0.181 (0.171)	-0.479** (0.209)	-0.178 (0.154)	-0.179 (0.154)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	0.344 (0.266)	0.374 (0.412)	0.123 (0.268)	0.211 (0.270)	-0.977 (0.601)	-1.082** (0.514)	-1.209 (1.155)	-1.142 (1.149)	0.310 (0.207)	0.352 (0.232)	0.322 (0.212)	0.327 (0.212)
<i>100 à 249</i>	0.763*** (0.252)	0.822* (0.444)	0.725*** (0.268)	0.842*** (0.269)	0.606 (0.405)	0.878 (0.620)	0.604 (0.557)	0.622 (0.550)	0.567*** (0.212)	0.645** (0.265)	0.551** (0.214)	0.558*** (0.214)
<i>250 à 500</i>	0.777** (0.336)	0.844 (0.516)	0.742** (0.323)	0.858*** (0.324)	0.417 (0.593)	0.331 (0.686)	0.418 (0.958)	0.410 (0.954)	1.170*** (0.375)	1.681*** (0.515)	1.179*** (0.335)	1.188*** (0.335)
<i>500 ou plus</i>	0.884 (0.754)	0.923 (0.653)	0.455 (0.560)	0.656 (0.566)			0 (0)	0 (0)	1.030** (0.492)	0.961 (0.670)	1.000** (0.446)	1.027** (0.444)
Statut d'occupation												
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.463*** (0.155)	-0.916** (0.366)	-1.049*** (0.236)	-1.805*** (0.284)	-0.0512 (0.249)	0.373** (0.166)	0.223 (0.561)	-0.0213 (0.687)	-0.130 (0.0925)	-0.142 (0.218)	0.0175 (0.250)	-0.0837 (0.169)
Chauffage à l'électricité	0.298 (0.260)	-0.248 (0.609)	-0.0902 (0.356)	0.0342 (0.354)	1.340** (0.604)	0.352 (0.812)	0.763 (1.061)	0.683 (1.076)				
Chauffage électrique collectif	0.202 (0.601)	0.638 (0.750)	0.827 (0.891)	0.518 (0.891)	-0.847 (0.533)	-0.0491 (0.673)	-0.584 (1.388)	-0.462 (1.379)	-0.351** (0.145)	0.00867 (0.454)	-0.336*** (0.118)	-0.342*** (0.118)
Cuisson à l'électricité	0.0536 (0.216)	-0.308 (0.443)	0.131 (0.188)	0.0617 (0.190)	-0.275 (0.462)	-0.102 (0.314)	-0.177 (0.328)	-0.192 (0.324)	0.0773 (0.133)	-0.483 (0.493)	0.0677 (0.124)	0.0722 (0.124)

ECS à l'électricité	-0.120 (0.133)	-0.138 (0.254)	-0.0248 (0.141)	-0.0675 (0.142)	0.238 (0.227)	0.222 (0.203)	0.171 (0.252)	0.188 (0.250)	-0.0288 (0.0806)	0.148 (0.136)	-0.0257 (0.0824)	-0.0267 (0.0824)
Informatique intensive	0.331** (0.158)	0.466 (0.357)	0.201 (0.157)	0.241 (0.160)	-0.0175 (0.365)	0.617** (0.296)	0.141 (0.376)	0.147 (0.374)	-0.193* (0.109)	-0.518* (0.296)	-0.195** (0.0970)	-0.199** (0.0967)
Blanchisserie	0.497 (1.214)	-1.055 (1.381)	0.310 (0.532)	0.310 (0.541)	0.630 (0.980)	1.167 (0.709)	0.526 (1.505)	0.766 (1.447)	-0.506 (0.535)	-1.312 (1.279)	-0.488 (0.359)	-0.503 (0.358)
Climatisation à l'électricité	0.288** (0.135)	0.758** (0.294)	0.369*** (0.143)	0.366** (0.145)	0.461* (0.232)	0.653*** (0.211)	0.493* (0.294)	0.460 (0.291)	0.330*** (0.0916)	0.496** (0.193)	0.326*** (0.0880)	0.327*** (0.0879)
Réfrigération à l'électricité	0.0936 (0.176)	0.165 (0.400)	0.0444 (0.188)	0.0955 (0.191)	0.0700 (0.298)	0.128 (0.227)	-0.0766 (0.389)	-0.0342 (0.386)	0.0955 (0.112)	-0.000109 (0.266)	0.100 (0.112)	0.0983 (0.112)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.252 (0.190)	0.299 (0.530)	0.0845 (0.202)	0.118 (0.205)	-0.829** (0.321)	-0.830** (0.347)	-0.850** (0.400)	-0.886** (0.388)	-0.0841 (0.148)	0.0240 (0.311)	-0.0902 (0.148)	-0.0890 (0.148)
Qualité de l'isolation <i>Très mauvaise ou mauvaise</i> <i>Très bonne ou bonne</i>	<i>Réf</i> 0.269* (0.144)	<i>Réf</i> 0.170 (0.435)	<i>Réf</i> 0.211 (0.133)	<i>Réf</i> 0.225* (0.135)	<i>Réf</i> -0.334 (0.231)	<i>Réf</i> -0.0561 (0.163)	<i>Réf</i> -0.393* (0.233)	<i>Réf</i> -0.372 (0.231)	<i>Réf</i> -0.0864 (0.0736)	<i>Réf</i> -0.00730 (0.148)	<i>Réf</i> -0.0879 (0.0795)	<i>Réf</i> -0.0873 (0.0794)
Prix électricité (log)	-1.704*** (0.156)	-1.091*** (0.356)	-1.859*** (0.132)	-1.563*** (0.131)	-1.247*** (0.259)	-0.998*** (0.204)	-1.210*** (0.268)	-1.257*** (0.285)	-0.736*** (0.0964)	-0.702*** (0.173)	-0.812*** (0.129)	-0.802*** (0.142)
DJU (log)	0.181 (0.601)	-1.131 (1.401)	-1.384* (0.757)	-3.090*** (0.844)	0.711 (0.935)	2.052*** (0.609)	1.366 (1.291)	0.980 (1.588)	-0.190 (0.306)	0.578 (0.695)	0.0840 (0.589)	-0.152 (0.408)
Zone climatique												
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.155 (0.183)	-0.216 (0.444)	0.0529 (0.195)	0.0801 (0.198)	0.0902 (0.285)	0.242 (0.203)	0.128 (0.325)	0.136 (0.321)	-0.183* (0.108)	0.0383 (0.216)	-0.190* (0.107)	-0.186* (0.107)
<i>H3</i>	0.464 (0.497)	0.170 (1.272)	0.100 (0.462)	0.112 (0.468)	0.487 (0.865)	0.736 (0.546)	0.478 (1.006)	0.429 (0.993)	-0.192 (0.181)	0.142 (0.402)	-0.193 (0.200)	-0.192 (0.200)
_m1			2.508*** (0.666)	6.158*** (1.332)			-0.835 (1.918)	0.270 (2.069)			-0.630 (0.728)	
_m2			-1.509*** (0.405)				0.0350 (2.133)	-0.411 (2.037)			-0.870 (2.047)	-0.908 (1.517)
_m3			6.467* (3.67)	-5.869*** (1.424)			0.291 (0.275)				2.973 (3.095)	1.304 (1.79)
Constant	13.36*** (4.816)	20.99* (10.75)	32.66*** (6.436)	45.22*** (7.556)	7.776 (7.528)	-4.484 (4.842)	1.035 (11.68)	5.467 (14.96)	12.72*** (2.437)	7.441 (5.876)	11.16** (4.673)	12.85*** (3.666)
Observations	326	326	326	326	97	97	97	97	884	884	884	884
R ²	0.778	0.712	0,8	0,8	0.819	0.754	0,83	0,83	0.673	0.470	0,67	0,67

Tableau 56 Consommation d'électricité
Périmètre : Commerces de détail non alimentaires

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC	
	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF
Surface totale (log)	0.566*** (0.0726)	0.489*** (0.107)	0.585*** (0.0777)	0.568*** (0.0749)	0.248* (0.147)	0.0507 (0.110)	0.0481 (0.187)	0.0530 (0.226)	0.529*** (0.0703)	0.588*** (0.109)	0.850*** (0.168)	0.830*** (0.112)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.171 (0.164)	0.752*** (0.282)	-0.0240 (0.267)	0.120 (0.203)	0.0273 (0.319)	-0.112 (0.256)	-0.0527 (0.323)	-0.0275 (0.316)	-0.114 (0.148)	0.118 (0.318)	0.278 (0.477)	0.506 (0.427)
<i>Après 2000</i>	0.137 (0.224)	1.186*** (0.391)	-0.179 (0.407)	0.0558 (0.294)	0.804 (0.558)	0.187 (0.502)	1.158** (0.559)	1.155* (0.603)	0.0659 (0.168)	0.0415 (0.425)	-0.0240 (0.784)	0.358 (0.514)
Nombre de salariés												
<i>0</i>	-2.030*** (0.659)	-2.663*** (0.700)	-1.983*** (0.523)	-1.977*** (0.521)	-0.219 (1.646)	-0.337 (0.724)	-0.573 (1.208)	-0.267 (1.144)	-1.603*** (0.428)	-1.014** (0.490)	-1.653*** (0.334)	-1.634*** (0.332)
<i>1 à 5</i>	-1.338*** (0.436)	-1.513*** (0.519)	-1.336*** (0.339)	-1.322*** (0.338)	-1.191** (0.495)	-1.577*** (0.390)	-1.152** (0.455)	-1.196*** (0.452)	-1.122*** (0.261)	-0.629 (0.463)	-1.149*** (0.214)	-1.139*** (0.213)
<i>6 à 9</i>	-0.479* (0.278)	-0.647** (0.320)	-0.483** (0.245)	-0.481** (0.244)	-0.780 (0.541)	-1.233*** (0.455)	-0.720 (0.521)	-0.752 (0.518)	-0.988*** (0.228)	-0.770** (0.344)	-1.017*** (0.211)	-1.006*** (0.210)
<i>10 à 19</i>	-0.515*** (0.198)	-0.755*** (0.244)	-0.533*** (0.204)	-0.514** (0.203)	-0.607 (0.399)	-0.876** (0.380)	-0.536 (0.386)	-0.570 (0.383)	-0.542*** (0.154)	-0.477** (0.200)	-0.556*** (0.181)	-0.548*** (0.180)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	-0.132 (0.200)	0.250 (0.270)	-0.142 (0.204)	-0.128 (0.203)	0.524 (0.464)	0.888 (0.631)	0.676 (0.562)	0.651 (0.565)	0.531*** (0.166)	0.550** (0.240)	0.577** (0.226)	0.589*** (0.225)
<i>100 à 249</i>	0.188 (0.194)	0.247 (0.290)	0.170 (0.205)	0.189 (0.204)	1.099* (0.587)	1.397** (0.670)	1.030** (0.511)	1.074** (0.503)	0.281 (0.239)	0.106 (0.303)	0.373* (0.223)	0.374* (0.223)
<i>250 à 500</i>	0.871*** (0.211)	1.134*** (0.336)	0.842*** (0.273)	0.871*** (0.270)	0.827 (0.718)	1.165 (1.081)	0.956 (0.994)	0.934 (0.992)	0.784*** (0.254)	0.511 (0.407)	0.922*** (0.333)	0.927*** (0.332)
<i>500 ou plus</i>	0.827** (0.420)	0.642 (0.692)	0.802* (0.475)	0.829* (0.473)	1.898* (1.098)	3.711*** (0.986)	1.865 (1.576)	1.853 (1.573)	0.290 (0.835)	-0.00555 (0.798)	0.530 (0.474)	0.546 (0.473)
Statut d'occupation												
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.0511 (0.129)	0.172 (0.354)	0.192 (0.210)	0.0894 (0.171)	0.240 (0.287)	-0.393 (0.262)	-0.0846 (0.390)	-0.0534 (0.423)	-0.155 (0.159)	-0.204 (0.345)	0.153 (0.433)	-0.0137 (0.278)
Chauffage à l'électricité	0.316 (0.396)	0.554 (0.381)	0.315 (0.457)	0.314 (0.457)	-0.532 (0.998)	-0.135 (0.612)	-0.530 (0.686)	-0.526 (0.685)				
Chauffage électrique collectif	-0.253 (0.746)	-0.0685 (0.589)	-0.249 (0.774)	-0.266 (0.774)	0.836 (1.233)	0.977 (1.028)	0.428 (1.652)	0.392 (1.680)	-0.192 (0.173)	-0.0323 (0.438)	-0.201 (0.145)	-0.197 (0.145)
Cuisson à l'électricité	0.127 (0.141)	-0.240 (0.271)	0.117 (0.158)	0.124 (0.157)	-0.0223 (0.357)	-0.197 (0.394)	0.00358 (0.390)	-0.0235 (0.387)	-0.189 (0.126)	-0.288 (0.349)	-0.127 (0.163)	-0.124 (0.162)
ECS à l'électricité	-0.0673 (0.131)	-0.492* (0.269)	-0.0670 (0.127)	-0.0668 (0.127)	0.394 (0.269)	0.185 (0.219)	0.379 (0.271)	0.380 (0.266)	0.0431 (0.138)	0.449 (0.356)	0.0574 (0.134)	0.0646 (0.134)
Informatique intensive	-0.0642 (0.125)	-0.459* (0.243)	-0.0690 (0.137)	-0.0612 (0.136)	-0.128 (0.285)	0.0430 (0.218)	-0.0893 (0.295)	-0.105 (0.290)	-0.0167 (0.119)	0.542* (0.291)	-0.0341 (0.131)	-0.0343 (0.131)
Blanchisserie	-2.043***	-0.231	-1.992*	-2.043*	-0.108	-1.601***	-0.0362	-0.0532	0.0515	-0.120	0.00638	0.0114

	(0.439)	(0.523)	(1.147)	(1.145)	(1.309)	(0.513)	(0.854)	(0.852)	(0.310)	(0.719)	(0.486)	(0.486)
Climatisation à l'électricité	-0.130	0.305	-0.131	-0.131	0.237	0.312	0.243	0.239	-0.182	-0.371	-0.172	-0.173
	(0.142)	(0.361)	(0.134)	(0.134)	(0.278)	(0.260)	(0.294)	(0.293)	(0.129)	(0.286)	(0.129)	(0.129)
Réfrigération à l'électricité	0.505***	-0.728**	0.513***	0.506***	0.558	0.265	0.611*	0.614*	0.591***	0.427	0.578***	0.573***
	(0.171)	(0.305)	(0.170)	(0.169)	(0.402)	(0.297)	(0.357)	(0.358)	(0.147)	(0.313)	(0.158)	(0.158)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.431***	0.141	0.434***	0.433***	0.854**	0.165	0.906**	0.899***	-0.0674	-1.109	-0.0457	-0.0451
	(0.140)	(0.395)	(0.156)	(0.156)	(0.421)	(0.313)	(0.357)	(0.348)	(0.198)	(0.862)	(0.183)	(0.183)
Qualité de l'isolation												
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.0293	-0.528*	-0.0286	-0.0317	0.0876	0.104	0.132	0.118	0.0614	-0.0312	0.0781	0.0807
	(0.135)	(0.271)	(0.144)	(0.144)	(0.268)	(0.273)	(0.301)	(0.299)	(0.133)	(0.287)	(0.133)	(0.133)
Prix électricité (log)	-1.348***	-2.114***	-1.348***	-1.346***	-0.856**	-0.658***	-0.863***	-0.845***	-1.110***	-1.534***	-1.107***	-1.108***
	(0.166)	(0.225)	(0.163)	(0.162)	(0.341)	(0.246)	(0.311)	(0.313)	(0.232)	(0.242)	(0.108)	(0.108)
DJU (log)	0.544	-0.00975	0.775	0.604	1.971	2.789**	0.904	0.998	-0.270	-0.606	1.573	1.296*
	(0.730)	(1.375)	(0.726)	(0.699)	(1.430)	(1.163)	(1.573)	(1.671)	(0.599)	(0.893)	(1.220)	(0.760)
Zone climatique												
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.388**	0.834**	0.372*	0.382*	-0.323	0.245	-0.305	-0.272	-0.373*	-0.886**	-0.361**	-0.361**
	(0.181)	(0.378)	(0.199)	(0.199)	(0.432)	(0.324)	(0.371)	(0.372)	(0.206)	(0.392)	(0.169)	(0.169)
<i>H3</i>	0.559	1.554	0.536	0.553	0.820	0.496	0.950	0.954	-0.455	-0.699	-0.386	-0.380
	(0.601)	(1.010)	(0.506)	(0.505)	(0.930)	(0.752)	(0.914)	(0.923)	(0.391)	(0.721)	(0.339)	(0.338)
Secteur d'activité												
<i>Commerces gros alimentaires</i>	0.197	-0.172	0.226	0.221	0.0476	-0.407	0.353	0.305	0.285*	0.143	-0.341	-0.364
	(0.244)	(0.367)	(0.209)	(0.210)	(0.323)	(0.302)	(0.405)	(0.406)	(0.151)	(0.330)	(0.292)	(0.272)
<i>Commerces gros non alimentaires</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>_m1</i>			-0.652	-0.305			1.979	1.778			0.0976	
			(0.976)	(0.812)			(1.653)	(1.770)			(1.312)	
<i>_m2</i>			0.00443				-2.682	-1.782			5.262	3.751**
			(0.303)				(2.196)	(1.769)			(3.396)	(1.639)
<i>_m3</i>			2.163	0.366			-0.0811				-1.867	-3.545*
			(2.415)	(0.925)			(0.320)				(4.287)	(2.145)
Constant	9.224	17.84	7.444	8.727	-2.566	-7.787	7.156	6.464	15.23***	19.23***	0.318	1.894
	(5.972)	(11.16)	(5.854)	(5.683)	(11.27)	(9.159)	(12.98)	(14.10)	(4.743)	(7.010)	(8.890)	(6.077)
Observations	345	345	345	345	117	117	117	117	541	541	541	541
R ²	0.716	0.802	0,72	0,72	0.617	0.509	0,62	0,62	0.650	0.525	0,66	0,66

Tableau 57 - Consommation d'électricité -
Périmètre : Commerce de gros

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC	
	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF
Surface totale (log)	0.683** (0.247)	0.470** (0.175)	0.745** (0.325)	0.710** (0.312)	0.0237 (0.478)	0.100 (0.171)	-1.254** (0.632)	-1.926*** (0.567)	0.361*** (0.111)	0.649*** (0.103)	0.913** (0.429)	0.879*** (0.279)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.515 (0.309)	0.610** (0.299)	1.424 (2.541)	2.000 (2.443)	2.537 (2.399)	3.456*** (1.099)	1.988 (3.138)	2.759 (1.856)	-0.487 (0.327)	-1.308** (0.544)	-0.940 (1.598)	-0.732 (1.106)
<i>Après 2000</i>	0.760 (0.548)	0.806** (0.326)	2.168 (4.066)	3.246 (3.972)	8.590 (5.540)	12.13*** (1.453)	12.15** (5.108)	15.18*** (3.361)	-0.108 (0.370)	0.236 (0.459)	-0.774 (2.573)	-0.349 (1.678)
Nombre de salariés												
<i>0</i>			0 (0)	0 (0)	-4.496 (3.625)	-5.122* (2.538)	-4.732 (3.513)	-1.819 (2.330)	-2.113** (0.894)	-0.764 (0.630)	-2.147*** (0.602)	-2.128*** (0.597)
<i>1 à 5</i>	-3.028*** (0.888)	-3.342*** (0.708)	-4.593* (2.437)	-4.149** (2.002)	-1.990 (1.920)	-2.072*** (0.641)	-3.982* (2.214)	-3.760*** (1.042)	-1.866*** (0.603)	-0.858 (0.539)	-1.881*** (0.430)	-1.892*** (0.428)
<i>6 à 9</i>	1.109 (0.718)	0.544 (0.494)	0.976 (1.165)	1.076 (1.141)	-3.850 (2.316)	-3.409*** (1.017)	-6.460*** (2.470)	-6.099*** (1.462)	-1.534*** (0.502)	-0.572 (0.549)	-1.483*** (0.560)	-1.458*** (0.557)
<i>10 à 19</i>	0.415 (0.802)	-0.0937 (0.507)	0.245 (0.817)	0.264 (0.804)	-0.0143 (2.024)	-0.454 (0.734)	1.145 (1.898)	1.955 (1.373)	-1.217*** (0.267)	-0.900* (0.463)	-1.331*** (0.338)	-1.332*** (0.337)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	-1.545** (0.730)	-1.047** (0.411)	-1.554** (0.635)	-1.575** (0.625)	0.766 (3.151)	0.448 (2.090)	4.680 (3.467)	5.985** (2.591)	0.284 (0.224)	-0.0715 (0.448)	0.356 (0.364)	0.364 (0.360)
<i>100 à 249</i>	-0.408 (0.897)	-0.0448 (0.631)	-0.562 (0.823)	-0.416 (0.796)	2.729 (2.826)	5.117*** (1.363)	1.087 (1.888)	1.260 (1.263)	0.458 (0.360)	0.336 (0.493)	0.499 (0.339)	0.496 (0.337)
<i>250 à 500</i>	-0.828 (0.745)	-0.413 (0.655)	-0.940 (0.796)	-0.845 (0.779)	6.498 (3.272)	8.064*** (0.941)	6.202** (2.907)	7.284*** (1.872)	0.635 (0.571)	0.0336 (0.726)	0.729 (0.544)	0.714 (0.535)
<i>500 ou plus</i>			0 (0)	0 (0)			0 (0)	0 (0)	(0.494)	0.274 (1.267)	1.360 (1.211)	1.339 (1.198)
Statut d'occupation												
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.0277 (0.444)	-0.429 (0.305)	-0.533 (1.597)	-0.986 (1.559)	-1.453 (3.235)	-3.635*** (0.835)	-1.477 (2.695)	-2.641 (1.647)	-0.230 (0.246)	-0.256 (0.362)	-0.385 (0.850)	-0.528 (0.700)
Chauffage à l'électricité	0.239 (0.824)	0.211 (0.650)	0.429 (0.845)	0.310 (0.816)	-1.002 (3.096)	1.151 (1.051)	1.604 (3.728)	2.342 (2.466)				
Chauffage électrique collectif	0.434 (1.579)	-0.136 (0.903)	0.324 (1.830)	0.132 (1.824)	-		0 (0)	0 (0)	-0.194 (0.393)	-0.223 (0.916)	-0.290 (0.311)	-0.285 (0.309)
Cuisson à l'électricité	1.064* (0.535)	0.476 (0.455)	1.023* (0.579)	1.087* (0.565)	2.310 (2.488)	1.249 (0.896)	4.601* (2.368)	4.817*** (1.447)	0.0492 (0.238)	-0.346 (0.464)	0.112 (0.292)	0.0971 (0.290)
ECS à l'électricité	1.032**	0.996***	1.140**	1.065**	0.224	-0.213	1.143	0.752	0.245	0.354	0.275	0.291

	(0.460)	(0.295)	(0.554)	(0.533)	(1.918)	(0.681)	(1.366)	(0.848)	(0.286)	(0.495)	(0.284)	(0.281)
Informatique intensive	1.147** (0.551)	0.387 (0.330)	1.099* (0.569)	1.149** (0.555)	-4.244 (3.087)	-7.039*** (0.905)	-3.057 (2.724)	-2.764 (1.765)	-0.242 (0.192)	0.481 (0.475)	-0.307 (0.233)	-0.298 (0.232)
Blanchisserie			0 (0)	0 (0)	-2.123 (5.279)	-4.203** (1.942)	-4.459 (5.551)	-4.765 (3.533)	0.567 (0.428)	-0.838 (0.709)	0.778 (1.217)	0.757 (1.213)
Climatisation à l'électricité	-2.517*** (0.774)	-2.677*** (0.527)	-2.509*** (0.687)	-2.491*** (0.674)	-0.792 (2.494)	1.473*** (0.464)	-3.106 (2.303)	-3.279** (1.422)	-0.00107 (0.275)	0.252 (0.259)	-0.0199 (0.273)	-0.0298 (0.270)
Réfrigération à l'électricité	1.357*** (0.371)	1.634*** (0.259)	1.387*** (0.433)	1.427*** (0.424)	0.751 (1.446)	0.0501 (0.532)	0.177 (1.196)	0.392 (0.735)	0.883*** (0.219)	1.008** (0.480)	0.903*** (0.236)	0.902*** (0.235)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.886* (0.483)	1.533*** (0.355)	0.906 (0.574)	0.944* (0.561)	0.779 (2.184)	-1.226** (0.523)	2.270 (1.451)	1.670** (0.771)	0.330 (0.225)	0.620 (0.501)	0.387 (0.281)	0.390 (0.279)
Qualité de l'isolation <i>Très mauvaise ou mauvaise</i> <i>Très bonne ou bonne</i>	<i>Réf</i> 1.814*** (0.568)	<i>Réf</i> 2.216*** (0.206)	<i>Réf</i> 1.669** (0.668)	<i>Réf</i> 1.707*** (0.656)	<i>Réf</i> 0.931 (1.752)	<i>Réf</i> 2.514*** (0.741)	<i>Réf</i> 0.0617 (2.408)	<i>Réf</i> 0.157 (1.438)	<i>Réf</i> 0.115 (0.315)	<i>Réf</i> -0.408 (0.526)	<i>Réf</i> 0.0969 (0.296)	<i>Réf</i> 0.0967 (0.293)
Prix électricité (log)	-3.542*** (0.813)	-3.301*** (0.520)	-3.502*** (0.777)	-3.399*** (0.770)	1.548 (2.595)	3.317*** (0.744)	0.399 (1.931)	-0.211 (1.212)	-0.762** (0.301)	-0.756*** (0.261)	-0.619** (0.248)	-0.611** (0.242)
DJU (log)	-7.923** (3.100)	-9.295*** (1.790)	-8.720* (4.535)	-9.148** (4.453)	-6.170 (10.09)	2.234 (4.428)	-19.71** (9.430)	-24.22*** (6.028)	0.720 (0.759)	2.655* (1.483)	3.445 (3.040)	3.044* (1.608)
Zone climatique												
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	-1.014 (0.752)	-1.230* (0.703)	-0.977 (1.069)	-0.923 (1.055)	-3.290 (1.906)	-3.162** (1.303)	-3.568** (1.566)	-2.960*** (1.074)	0.143 (0.342)	-0.258 (0.622)	0.217 (0.324)	0.217 (0.321)
<i>H3</i>	-4.458** (1.894)	-4.015*** (1.443)	-4.472** (1.965)	-4.417** (1.945)	-6.818 (5.006)	-6.013** (2.444)	-8.447* (4.922)	-8.028** (3.389)	0.577 (0.568)	0.0736 (1.056)	0.454 (0.612)	0.454 (0.604)
_m1			7.417 (9.517)	5.594 (8.530)			16.53*** (6.143)	22.00*** (5.514)			-0.534 (5.825)	
_m2			1.900 (1.759)				-13.20 (12.33)	-21.93*** (5.615)			9.202 (13.43)	5.391* (3.158)
_m3			-2.933 (13.55)	-6.281 (9.230)			0.422 (2.884)				-1.474 (12.22)	-3.693 (4.034)
Constant	82.68*** (27.03)	93.71*** (16.22)	89.70** (37.49)	91.77** (37.15)	51.91 (87.58)	-21.82 (36.91)	174.8** (80.23)	218.1*** (52.68)	7.329 (6.263)	-9.329 (11.51)	-14.97 (21.19)	-12.61 (12.58)
Observations	45	45	45	45	29	29	29	29	124	124	124	124
R ²	0.915	0.976	0.92	0.92	0.898	0.943	0.99	0.99	0.752	0.795	0.76	0.76

Tableau 58 - Consommation d'électricité
Périmètre : Commerces gros alimentaire

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC		Conditionnelle		DCC	
	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF 2	DMF
Surface totale (log)	0.519*** (0.0790)	0.380*** (0.109)	0.509*** (0.0817)	0.516*** (0.0785)	0.208 (0.184)	0.301** (0.120)	0.461* (0.246)	0.479* (0.277)	0.602*** (0.0869)	0.592*** (0.134)	1.078*** (0.208)	1.075*** (0.134)
Période de construction	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Avant 1975</i>	0.139 (0.170)	0.750*** (0.279)	0.0922 (0.249)	0.0644 (0.194)	-0.452 (0.307)	-0.436 (0.286)	-0.283 (0.313)	-0.279 (0.307)	-0.0125 (0.171)	0.555* (0.325)	0.951* (0.493)	1.229*** (0.465)
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.192 (0.227)	1.281*** (0.388)	0.135 (0.374)	0.0837 (0.280)	-0.0299 (0.603)	-0.904* (0.483)	-0.368 (0.634)	-0.434 (0.677)	0.0775 (0.187)	-0.0649 (0.465)	0.233 (0.793)	0.621 (0.496)
Nombre de salariés												
<i>0</i>	-2.012*** (0.671)	-2.547*** (0.707)	-1.893*** (0.524)	-1.869*** (0.515)			0 (0)	0 (0)	-1.317*** (0.506)	-0.832 (0.514)	-1.418*** (0.399)	-1.404*** (0.395)
<i>1 à 5</i>	-1.169*** (0.438)	-1.257** (0.505)	-1.140*** (0.339)	-1.139*** (0.334)	-1.390** (0.543)	-0.944** (0.384)	-1.340*** (0.471)	-1.317*** (0.469)	-0.822*** (0.294)	-0.539 (0.460)	-0.859*** (0.250)	-0.849*** (0.249)
<i>6 à 9</i>	-0.506* (0.290)	-0.560 (0.349)	-0.511** (0.243)	-0.512** (0.242)	-1.596*** (0.600)	-1.504*** (0.463)	-1.656*** (0.536)	-1.613*** (0.530)	-0.799*** (0.258)	-0.737** (0.327)	-0.841*** (0.236)	-0.828*** (0.233)
<i>10 à 19</i>	-0.481** (0.204)	-0.602** (0.258)	-0.474** (0.206)	-0.478** (0.204)	-1.058*** (0.397)	-0.894** (0.340)	-1.079*** (0.376)	-1.047*** (0.372)	-0.337* (0.192)	-0.415* (0.242)	-0.353* (0.212)	-0.344 (0.211)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	0.0560 (0.163)	0.524** (0.263)	0.0627 (0.211)	0.0638 (0.209)	-0.247 (0.486)	-0.144 (0.412)	-0.459 (0.612)	-0.414 (0.600)	0.651*** (0.225)	0.683** (0.334)	0.746*** (0.276)	0.758*** (0.275)
<i>100 à 249</i>	0.284 (0.212)	0.460 (0.310)	0.293 (0.210)	0.288 (0.207)	1.200* (0.635)	1.262 (0.858)	1.261** (0.589)	1.248** (0.573)	0.178 (0.294)	0.0160 (0.401)	0.386 (0.282)	0.389 (0.281)
<i>250 à 500</i>	1.071*** (0.230)	1.330*** (0.377)	1.068*** (0.292)	1.062*** (0.287)	0.0284 (0.675)	-0.162 (0.596)	-0.149 (1.124)	-0.142 (1.114)	0.968*** (0.287)	0.844* (0.481)	1.275*** (0.421)	1.293*** (0.420)
<i>500 ou plus</i>	1.035** (0.431)	0.996 (0.741)	1.040** (0.456)	1.035** (0.454)	1.230* (0.669)	2.260*** (0.757)	1.123 (1.446)	1.220 (1.430)	0.116 (0.968)	0.104 (0.942)	0.538 (0.527)	0.555 (0.526)
Statut d'occupation												
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.0627 (0.136)	0.159 (0.336)	0.0866 (0.209)	0.114 (0.173)	0.131 (0.272)	-0.166 (0.245)	0.471 (0.434)	0.460 (0.456)	-0.157 (0.197)	0.0804 (0.371)	0.299 (0.523)	0.136 (0.324)
Chauffage à l'électricité	1.037* (0.556)	0.708 (0.541)	1.008 (0.783)	1.047 (0.783)	0.819 (0.633)	1.273** (0.593)	0.780 (0.941)	0.798 (0.922)				
Chauffage électrique collectif	-0.147 (0.720)	0.00692 (0.818)	-0.143 (1.075)	-0.185 (1.076)	0.339 (1.011)	0.0581 (0.815)	1.061 (1.711)	1.148 (1.654)	-0.193 (0.177)	-0.243 (0.377)	-0.220 (0.166)	-0.214 (0.165)
Cuisson à l'électricité	0.127 (0.141)	-0.222 (0.256)	0.126 (0.164)	0.121 (0.163)	-0.269 (0.325)	-0.133 (0.269)	-0.200 (0.392)	-0.197 (0.390)	-0.180 (0.143)	-0.396 (0.273)	-0.0786 (0.196)	-0.0721 (0.195)
ECS à l'électricité	0.0101 (0.133)	-0.192 (0.254)	0.00679 (0.130)	0.00550 (0.130)	0.404 (0.299)	0.490** (0.218)	0.390 (0.260)	0.384 (0.255)	-0.0951 (0.164)	0.362 (0.349)	-0.0631 (0.154)	-0.0569 (0.154)
Informatique intensive	-0.0133 (0.130)	-0.314 (0.251)	-0.00384 (0.139)	-0.00342 (0.138)	0.0794 (0.278)	0.109 (0.258)	0.0843 (0.261)	0.0832 (0.256)	0.134 (0.151)	0.587** (0.273)	0.134 (0.157)	0.132 (0.156)
Blanchisserie	-1.824***	0.249	-1.807*	-1.809*	-1.808**	-1.379***	-1.740**	-1.774**	0.283	0.630	0.249	0.261

	(0.445)	(0.515)	(1.098)	(1.094)	(0.738)	(0.459)	(0.834)	(0.825)	(0.358)	(0.586)	(0.542)	(0.541)
Climatisation à l'électricité	-0.0744	0.583	-0.0825	-0.0826	0.117	0.274	0.0984	0.0993	-0.219	-0.253	-0.212	-0.212
	(0.143)	(0.361)	(0.136)	(0.135)	(0.268)	(0.242)	(0.270)	(0.267)	(0.144)	(0.291)	(0.149)	(0.148)
Réfrigération à l'électricité	0.268	-1.105***	0.274	0.278	0.280	-0.401	0.205	0.214	0.266	-0.451	0.198	0.196
	(0.186)	(0.328)	(0.188)	(0.187)	(0.416)	(0.270)	(0.385)	(0.381)	(0.208)	(0.341)	(0.218)	(0.217)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.389**	-0.114	0.398**	0.402**	0.666	0.833**	0.601	0.612*	-0.438	-1.650*	-0.361	-0.363
	(0.153)	(0.408)	(0.162)	(0.161)	(0.412)	(0.328)	(0.372)	(0.368)	(0.289)	(0.925)	(0.236)	(0.235)
Qualité de l'isolation												
Très mauvaise ou mauvaise	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Très bonne ou bonne	-0.149	-0.643**	-0.151	-0.153	0.428*	0.470*	0.431	0.448	0.00429	0.0576	0.0565	0.0618
	(0.134)	(0.277)	(0.146)	(0.146)	(0.251)	(0.272)	(0.284)	(0.281)	(0.147)	(0.284)	(0.150)	(0.150)
Prix électricité (log)	-1.276***	-2.072***	-1.260***	-1.259***	-0.884***	-0.823***	-0.961***	-0.998***	-1.164***	-1.706***	-1.152***	-1.166***
	(0.173)	(0.195)	(0.164)	(0.163)	(0.310)	(0.223)	(0.295)	(0.299)	(0.254)	(0.231)	(0.126)	(0.125)
DJU (log)	1.104	0.384	1.116	1.175*	3.219**	3.292**	4.283***	4.367**	-0.782	-0.622	2.073	1.939**
	(0.773)	(1.384)	(0.735)	(0.713)	(1.550)	(1.292)	(1.627)	(1.755)	(0.767)	(1.093)	(1.475)	(0.957)
Zone climatique												
H1	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
H2	0.500***	0.897**	0.505**	0.501**	-0.193	0.106	-0.259	-0.260	-0.549**	-0.801*	-0.538***	-0.538***
	(0.182)	(0.361)	(0.199)	(0.198)	(0.411)	(0.286)	(0.351)	(0.345)	(0.249)	(0.430)	(0.199)	(0.198)
H3	0.913	1.824*	0.913	0.917	1.371	1.306	1.344	1.294	-0.939*	-0.882	-0.690*	-0.692*
	(0.695)	(1.026)	(0.578)	(0.577)	(0.965)	(0.857)	(0.863)	(0.857)	(0.498)	(0.778)	(0.415)	(0.413)
_m1			-0.420	-0.488			-2.214	-2.002			0.424	
			(1.030)	(0.850)			(1.974)	(1.880)			(1.350)	
_m2			-0.230				2.384	2.063			8.165**	6.487***
			(0.326)				(2.198)	(1.887)			(3.637)	(1.906)
_m3			0.487	0.640			-0.112				-5.030	-6.461***
			(2.502)	(0.975)			(0.274)				(4.787)	(2.401)
Constant	4.863	15.00	4.807	4.280	-11.37	-13.04	-21.13	-21.80	19.00***	19.93**	-4.752	-4.229
	(6.313)	(11.18)	(5.956)	(5.808)	(12.91)	(10.23)	(13.67)	(14.96)	(5.981)	(8.669)	(11.13)	(7.747)
Observations	300	300	300	300	88	88	88	88	417	417	417	417
R ²	0.717	0.816	0,72	0,72	0.688	0.684	0,7	0,7	0.623	0.539	0,64	0,64

Tableau 59 - Consommation d'électricité
Périmètre : Commerces gros non alimentaires

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.484*** (0.0276)	0.478*** (0.0628)	0.290*** (0.0518)	0.472*** (0.0496)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.0913* (0.0491)	0.158 (0.120)	-0.0920 (0.128)	-0.266 (0.175)
<i>Après 2000</i>	-0.149** (0.0702)	-0.406** (0.185)	-0.200 (0.169)	-0.388* (0.233)
Secteur d'activité				
<i>BFA</i>	0.227** (0.0894)	-0.0617 (0.273)	0.325*** (0.112)	0.180 (0.127)
<i>Activité scientifique</i>	0.316*** (0.103)	0.0600 (0.194)	0.420*** (0.116)	0.341*** (0.116)
<i>Services matériels</i>	0.0961 (0.113)	0.474*** (0.170)	0.302*** (0.0942)	0.162* (0.0908)
<i>Commerces détail alimentaires</i>	0.494*** (0.0832)	0.185 (0.228)	0.370*** (0.117)	0.607*** (0.132)
<i>Commerces détail non alimentaires</i>	-0.190* (0.0987)	0.149 (0.175)	0.0748 (0.0981)	-0.116 (0.0938)
<i>Commerces gros alimentaires</i>	0.0616 (0.181)	-0.364 (0.485)	0.974*** (0.240)	0.353* (0.203)
<i>Commerces gros non alimentaires</i>	0.163* (0.0846)	-0.00705 (0.161)	0.453*** (0.108)	0.329*** (0.113)
<i>Commerce réparation véhicules</i>	0.482*** (0.0978)	0.248 (0.293)	0.903*** (0.221)	0.909*** (0.290)
<i>Hébergement</i>	1.007*** (0.133)	1.293*** (0.332)	0.562*** (0.171)	0.996*** (0.158)
<i>Information & Communication</i>	-0.0109 (0.105)	-0.539** (0.271)	0.225** (0.105)	0.0421 (0.101)
<i>Restauration</i>	0.832*** (0.0883)	0.928*** (0.165)	-0.204 (0.237)	0.715*** (0.181)
<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Nombre de salariés				
<i>0</i>	-1.681*** (0.131)	-1.638*** (0.202)	-1.661*** (0.111)	-1.640*** (0.112)
<i>1 à 5</i>	-0.666*** (0.0902)	-0.795*** (0.160)	-0.678*** (0.0855)	-0.662*** (0.0857)
<i>6 à 9</i>	-0.428*** (0.0882)	-0.537*** (0.147)	-0.437*** (0.0888)	-0.434*** (0.0890)
<i>10 à 19</i>	-0.175** (0.0786)	-0.198 (0.131)	-0.173** (0.0804)	-0.177** (0.0806)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	0.311*** (0.0804)	0.353*** (0.121)	0.289*** (0.0824)	0.310*** (0.0826)
<i>100 à 249</i>	0.558*** (0.0840)	0.660*** (0.146)	0.531*** (0.0831)	0.552*** (0.0833)
<i>250 à 499</i>	0.674*** (0.102)	0.854*** (0.181)	0.644*** (0.0934)	0.674*** (0.0935)
<i>500 ou plus</i>	0.658*** (0.146)	0.358 (0.256)	0.638*** (0.137)	0.665*** (0.138)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.0261 (0.0472)	-0.247** (0.112)	-0.0923 (0.110)	0.107 (0.143)
Chauffage au gaz	0.204** (0.0814)	0.291* (0.156)	0.173** (0.0767)	0.199*** (0.0768)
Chauffage au gaz collectif	-0.0725 (0.0571)	-0.476*** (0.150)	-0.0509 (0.0524)	-0.0438 (0.0526)
Cuisson au gaz	0.0266 (0.0644)	-0.141 (0.135)	0.0177 (0.0624)	0.0235 (0.0626)
ECS au gaz	0.0517	-0.261**	0.0543	0.0586

	(0.0447)	(0.111)	(0.0448)	(0.0450)
Equipement gros consommateur de gaz	0.194***	0.126	0.193***	0.197***
	(0.0553)	(0.152)	(0.0576)	(0.0578)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.126***	-0.276**	-0.131***	-0.127***
	(0.0474)	(0.110)	(0.0466)	(0.0467)
Prix du gaz (log)	-1.195***	-0.949***	-0.361**	-1.086***
	(0.0662)	(0.120)	(0.177)	(0.134)
DJU (log)	0.687***	0.705	0.0406	0.705**
	(0.179)	(0.449)	(0.280)	(0.307)
Zone climatique				
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.0743	0.209	0.0571	0.0600
	(0.0612)	(0.141)	(0.0624)	(0.0626)
<i>H3</i>	0.347**	0.614*	0.321**	0.330**
	(0.146)	(0.349)	(0.137)	(0.138)
_m1			0.207	-1.077*
			(0.532)	(0.653)
_m2			-1.346***	
			(0.266)	
_m3			5.040***	1.419**
			(1.008)	(0.634)
Constant	7.277***	6.558*	12.07***	6.710***
	(1.403)	(3.587)	(2.214)	(2.496)
Observations	3,359	3,359	3387	3387
R ²	0.662	0.578	0.668	0.666

Tableau 60 - Consommation de gaz
Périmètre : Tertiaire

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.576*** (0.0434)	0.476*** (0.0952)	0.363*** (0.0576)	0.495*** (0.0638)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.0606 (0.0798)	0.331* (0.174)	-0.424 (0.259)	0.174 (0.372)
<i>Après 2000</i>	-0.155 (0.127)	-0.336 (0.313)	-0.688** (0.328)	0.134 (0.471)
Nombre de salariés				
0	-1.422*** (0.194)	-1.785*** (0.341)	-1.405*** (0.165)	-1.417*** (0.167)
1 à 5	-0.441*** (0.157)	-0.901*** (0.311)	-0.472*** (0.146)	-0.433*** (0.148)
6 à 9	-0.333** (0.153)	-0.666** (0.297)	-0.334** (0.164)	-0.323* (0.166)
10 à 19	-0.0867 (0.142)	-0.317 (0.305)	-0.104 (0.148)	-0.0949 (0.150)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.354** (0.141)	0.257 (0.259)	0.325** (0.151)	0.340** (0.153)
100 à 249	0.519*** (0.133)	0.444 (0.273)	0.531*** (0.138)	0.527*** (0.140)
250 à 499	0.601*** (0.152)	0.605** (0.302)	0.585*** (0.147)	0.604*** (0.149)
500 ou plus	0.636*** (0.188)	0.674** (0.339)	0.616*** (0.185)	0.656*** (0.188)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.0995 (0.0757)	-0.358** (0.163)	0.135 (0.199)	-0.271 (0.281)
Chauffage au gaz	0.321 (0.266)	0.669* (0.394)	0.357* (0.190)	0.318* (0.193)
Chauffage au gaz collectif	-0.132* (0.0762)	-0.376** (0.186)	-0.148** (0.0744)	-0.127* (0.0752)
Cuisson au gaz	-0.141 (0.135)	-0.148 (0.207)	-0.129 (0.116)	-0.123 (0.118)
ECS au gaz	0.0210 (0.0701)	-0.306* (0.161)	0.00254 (0.0712)	0.0210 (0.0720)
Equipement gros consommateur de gaz	0.137 (0.108)	0.0383 (0.282)	0.102 (0.115)	0.151 (0.116)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.227*** (0.0748)	-0.561*** (0.172)	-0.210*** (0.0741)	-0.224*** (0.0750)
Prix du gaz (log)	-1.080*** (0.107)	-0.887*** (0.166)	0.102 (0.251)	-0.700*** (0.265)
DJU (log)	0.902*** (0.281)	1.100* (0.646)	0.947** (0.403)	0.565 (0.508)
Zone climatique				
H1	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
H2	0.174* (0.0957)	0.272 (0.210)	0.186* (0.0993)	0.170* (0.101)
H3	0.479** (0.227)	0.867* (0.496)	0.475** (0.222)	0.491** (0.224)
Secteur d'activité				
<i>BFA</i>	0.157* (0.0922)	-0.0743 (0.282)	0.0320 (0.136)	0.251 (0.172)
<i>Activité scientifique</i>	0.256** (0.105)	0.0887 (0.196)	0.305** (0.125)	0.269** (0.126)
<i>Services matériels</i>	0.123 (0.118)	0.480*** (0.176)	0.435*** (0.109)	0.190* (0.103)
<i>Information & Communication</i>	-0.0730 (0.108)	-0.562** (0.259)	0.224** (0.114)	-0.0222 (0.108)
<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
m1			-1.166 (0.744)	0.0399 (1.181)
m2			-1.709*** (0.348)	
m3			12.58*** (2.164)	0.385 (1.162)
Constant	4.530** (2.173)	3.270 (5.136)	3.338 (3.037)	6.652* (3.874)
Observations	1.478	1.478	1478	1478
R ²	0.673	0.481	0.682	0.674

Tableau 61 - Consommation de gaz
Périmètre : Bureaux

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.391*** (0.0444)	0.461*** (0.0621)	0.573*** (0.0846)	0.741*** (0.0983)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.0929 (0.0831)	-0.115 (0.178)	-0.362** (0.152)	-0.722*** (0.184)
<i>Après 2000</i>	-0.111 (0.108)	-0.572** (0.232)	-0.568** (0.226)	-1.163*** (0.291)
Nombre de salariés				
0	-1.936*** (0.295)	-1.722*** (0.270)	-1.945*** (0.262)	-1.951*** (0.260)
1 à 5	-0.920*** (0.169)	-0.893*** (0.215)	-0.951*** (0.164)	-0.958*** (0.163)
6 à 9	-0.666*** (0.157)	-0.658*** (0.195)	-0.697*** (0.153)	-0.705*** (0.153)
10 à 19	-0.287** (0.145)	-0.337* (0.172)	-0.322** (0.138)	-0.324** (0.137)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.300** (0.128)	0.353** (0.159)	0.307** (0.126)	0.312** (0.125)
100 à 249	0.557*** (0.134)	0.734*** (0.181)	0.535*** (0.134)	0.521*** (0.134)
250 à 499	0.672*** (0.159)	1.041*** (0.244)	0.609*** (0.163)	0.583*** (0.163)
500 ou plus	0.409 (0.274)	-0.116 (0.292)	0.337 (0.281)	0.296 (0.280)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.0513 (0.0738)	-0.222 (0.158)	0.417*** (0.154)	0.824*** (0.209)
Chauffage au gaz	0.228* (0.128)	0.197 (0.252)	0.221* (0.124)	0.213* (0.123)
Chauffage au gaz collectif	-0.0308 (0.114)	-1.401*** (0.282)	-0.0454 (0.101)	-0.0575 (0.101)
Cuisson au gaz	0.0470 (0.0914)	0.0270 (0.231)	0.0570 (0.0994)	0.0584 (0.0990)
ECS au gaz	0.119 (0.0768)	-0.405** (0.162)	0.0981 (0.0760)	0.0924 (0.0756)
Équipement gros consommateur de gaz	0.215** (0.0845)	0.197 (0.246)	0.222*** (0.0846)	0.222*** (0.0842)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.00590 (0.0791)	0.00323 (0.161)	0.00828 (0.0787)	0.00874 (0.0783)
Prix du gaz (log)	-1.420*** (0.0993)	-0.904*** (0.118)	-1.798*** (0.224)	-2.052*** (0.185)
DJU (log)	0.959*** (0.329)	-0.0948 (0.714)	1.898*** (0.514)	2.756*** (0.570)
Zone climatique				
H1	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
H2	0.0546 (0.105)	0.0301 (0.197)	0.0419 (0.108)	0.0330 (0.108)
H3	0.540* (0.288)	0.144 (0.574)	0.529** (0.251)	0.511** (0.250)
Secteur d'activité				
<i>Commerces détail alimentaires</i>	0.339*** (0.0940)	0.107 (0.229)	0.517*** (0.155)	0.639*** (0.130)
<i>Commerces détail non alimentaires</i>	-0.307*** (0.104)	0.149 (0.174)	-0.496*** (0.127)	-0.726*** (0.145)
<i>Commerces gros alimentaires</i>	-0.106 (0.185)	-0.239 (0.408)	-0.360 (0.244)	-0.508** (0.223)
<i>Commerces gros non alimentaires</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
m1			-1.885** (0.838)	-4.231*** (1.124)
m2			0.562 (0.373)	
_m3			2.137 (1.879)	3.900*** (1.117)
Constant	6.804*** (2.558)	12.90** (5.613)	-1.169 (4.181)	-8.946* (4.791)
Observations	1178	1178	1178	1178
R ²	0.659	0.662	0.661	0.664

Tableau 62 – Consommation de gaz
Périmètre : Commerces

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.367*** (0.0580)	0.513*** (0.0971)	0.00948 (0.308)	0.589*** (0.186)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.208* (0.112)	-0.0419 (0.161)	0.521 (0.954)	-1.049 (0.760)
<i>Après 2000</i>	-0.138 (0.171)	-0.468** (0.224)	0.241 (0.767)	-0.838 (0.715)
Nombre de salariés				
0	-1.195*** (0.313)	-0.920*** (0.320)	-1.146*** (0.298)	-1.200*** (0.298)
1 à 5	-0.858*** (0.156)	-0.604*** (0.198)	-0.809*** (0.163)	-0.859*** (0.162)
6 à 9	-0.430** (0.185)	-0.313* (0.174)	-0.382** (0.170)	-0.427** (0.169)
10 à 19	-0.0652 (0.143)	-0.0347 (0.174)	-0.0411 (0.149)	-0.0643 (0.149)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.446** (0.190)	0.424* (0.220)	0.440** (0.190)	0.442** (0.190)
100 à 249	0.922*** (0.337)	1.025** (0.456)	0.962*** (0.328)	0.910*** (0.328)
250 à 499	1.580*** (0.355)	1.272*** (0.475)	1.566*** (0.404)	1.494*** (0.403)
500 ou plus			0 (0)	0 (0)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.0487 (0.117)	-0.103 (0.163)	0.0136 (0.156)	0.0463 (0.167)
Chauffage au gaz	0.151 (0.116)	0.224 (0.164)	0.150 (0.122)	0.167 (0.122)
Chauffage au gaz collectif	0.278* (0.147)	0.145 (0.232)	0.244* (0.146)	0.263* (0.146)
Cuisson au gaz	0.186* (0.105)	0.161 (0.177)	0.151 (0.113)	0.176 (0.112)
ECS au gaz	0.133 (0.104)	0.0293 (0.164)	0.147 (0.108)	0.137 (0.108)
Équipement gros consommateur de gaz	0.0528 (0.146)	-0.343 (0.230)	0.0475 (0.138)	0.0477 (0.139)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.0913 (0.100)	0.0942 (0.156)	-0.0887 (0.107)	-0.0908 (0.108)
Prix du gaz (log)	-1.184*** (0.107)	-1.157*** (0.0987)	-0.683 (0.441)	-1.499*** (0.272)
DJU (log)	-0.413 (0.362)	-0.993** (0.403)	-0.388 (0.484)	-0.146 (0.506)
Zone climatique				
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	-0.132 (0.131)	-0.358** (0.158)	-0.139 (0.138)	-0.126 (0.138)
<i>H3</i>	-0.184 (0.260)	-0.457 (0.290)	-0.252 (0.269)	-0.222 (0.269)
Secteur d'activité				
<i>Restauration</i>	-0.257 (0.163)	-0.279 (0.322)	-1.000* (0.565)	0.0613 (0.308)
<i>Hôtellerie</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
_m1			6.022 (4.389)	-1.940 (2.322)
_m2			1.177 (1.157)	
_m3			7.095* (3.983)	1.178 (2.341)
Constant	17.32*** (2.764)	20.74*** (3.192)	20.16*** (4.909)	13.95*** (4.622)
Observations	473	473	473	473
R ²	0.604	0.566	0.609	0.605

Tableau 63 - Consommation de gaz
Périmètre : Hôtellerie-Restauration

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.576*** (0.0588)	0.525*** (0.114)	0.399*** (0.102)	0.584*** (0.0751)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.155 (0.0996)	0.421* (0.239)	-0.380 (0.408)	-0.490 (0.498)
<i>Après 2000</i>	-0.206 (0.171)	-0.331 (0.434)	-0.429 (0.565)	-0.634 (0.685)
Secteur d'activité				
<i>BFA</i>	0.163* (0.0955)	-0.185 (0.277)	0.120 (0.164)	0.0592 (0.189)
<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Nombre de salariés				
0	-1.480*** (0.251)	-1.683*** (0.421)	-1.456*** (0.200)	-1.481*** (0.201)
1 à 5	-0.363* (0.194)	-0.717* (0.368)	-0.370** (0.174)	-0.365** (0.174)
6 à 9	-0.101 (0.174)	-0.476 (0.354)	-0.0958 (0.186)	-0.0978 (0.187)
10 à 19	0.0500 (0.157)	-0.362 (0.346)	0.0427 (0.176)	0.0432 (0.176)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.446*** (0.166)	0.115 (0.346)	0.413** (0.192)	0.434** (0.192)
100 à 249	0.776*** (0.159)	0.511 (0.358)	0.778*** (0.172)	0.777*** (0.172)
250 à 499	0.694*** (0.200)	0.490 (0.415)	0.690*** (0.188)	0.692*** (0.188)
500 ou plus	0.702*** (0.254)	0.598 (0.471)	0.707*** (0.246)	0.724*** (0.247)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.202** (0.0949)	-0.592*** (0.221)	-0.128 (0.308)	0.0302 (0.360)
Chauffage au gaz	0.515 (0.369)	-0.0927 (0.644)	0.498* (0.292)	0.508* (0.294)
Chauffage au gaz collectif	-0.0970 (0.0930)	-0.319 (0.247)	-0.108 (0.0902)	-0.0904 (0.0901)
Cuisson au gaz	0.100 (0.153)	0.0148 (0.291)	0.0975 (0.146)	0.103 (0.146)
ECS au gaz	0.0525 (0.0857)	-0.338 (0.211)	0.0520 (0.0877)	0.0566 (0.0880)
Equipement gros consommateur de gaz	-0.232 (0.148)	0.0834 (0.332)	-0.224 (0.183)	-0.222 (0.184)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.260*** (0.0930)	-0.568** (0.244)	-0.246*** (0.0916)	-0.258*** (0.0919)
Prix du gaz (log)	-1.058*** (0.0932)	-0.828*** (0.173)	-0.366 (0.402)	-1.132*** (0.288)
DJU (log)	1.019*** (0.355)	1.417 (0.967)	1.030 (0.664)	1.423* (0.742)
Zone climatique				
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.145 (0.115)	0.404 (0.292)	0.173 (0.123)	0.154 (0.123)
<i>H3</i>	0.202 (0.293)	0.730 (0.693)	0.221 (0.274)	0.233 (0.275)
_m1			-0.395 (1.050)	-1.283 (1.357)
_m2			-1.309* (0.778)	
_m3			8.716*** (2.811)	1.387 (1.285)
Constant	3.352 (2.746)	1.090 (7.630)	3.723 (5.168)	0.0633 (5.821)
Observations	847	847	847	847
R ²	0.704	0.490	0.708	0.705

Tableau 64 - Consommation de gaz
Périmètre : BFA-Services immatériels

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.400*** (0.0887)	0.315** (0.129)	0.220 (0.322)	0.739*** (0.239)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.00987 (0.231)	0.281 (0.313)	0.0271 (0.728)	-0.968 (0.672)
<i>Après 2000</i>	0.0569 (0.306)	-0.686 (0.541)	-0.103 (0.671)	-0.905 (0.686)
Nombre de salariés				
<i>0</i>	-1.331*** (0.471)	-1.309*** (0.420)	-1.363*** (0.477)	-1.373*** (0.479)
<i>1 à 5</i>	-0.701* (0.417)	-0.590 (0.418)	-0.705* (0.412)	-0.717* (0.413)
<i>6 à 9</i>	-1.365** (0.539)	-0.852 (0.685)	-1.380** (0.576)	-1.416** (0.577)
<i>10 à 19</i>	-0.190 (0.408)	0.0383 (0.596)	-0.236 (0.456)	-0.231 (0.459)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	0.117 (0.495)	0.723* (0.396)	0.186 (0.473)	0.130 (0.475)
<i>100 à 249</i>	0.141 (0.424)	0.430 (0.416)	0.178 (0.417)	0.157 (0.419)
<i>250 à 499</i>	0.159 (0.488)	0.695 (0.550)	0.199 (0.441)	0.186 (0.443)
<i>500 ou plus</i>	-0.298 (0.567)	-0.122 (0.606)	-0.418 (0.569)	-0.427 (0.572)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.0262 (0.214)	0.0806 (0.255)	0.310 (0.531)	0.807 (0.580)
Chauffage au gaz	0.213 (0.500)	0.646 (0.507)	0.270 (0.384)	0.243 (0.386)
Chauffage au gaz collectif	-0.534** (0.252)	-0.395 (0.316)	-0.548** (0.252)	-0.546** (0.253)
Cuisson au gaz	-0.414 (0.368)	-0.325 (0.306)	-0.347 (0.349)	-0.350 (0.351)
ECS au gaz	-0.0599 (0.214)	-0.505* (0.282)	-0.105 (0.212)	-0.0976 (0.213)
Equipement gros consommateur de gaz	0.738** (0.308)	0.109 (0.353)	0.665** (0.326)	0.712** (0.326)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.0424 (0.230)	-0.517* (0.281)	-0.137 (0.231)	-0.0958 (0.231)
Prix du gaz (log)	-1.422*** (0.200)	-1.204*** (0.333)	-0.432 (1.472)	-2.923*** (1.009)
DJU (log)	1.279 (0.898)	0.340 (0.891)	1.664 (1.311)	2.716** (1.323)
Zone climatique				
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.214 (0.363)	-0.204 (0.371)	0.222 (0.326)	0.201 (0.327)
<i>H3</i>	1.346** (0.637)	1.386* (0.719)	1.415** (0.707)	1.386* (0.709)
<i>_m1</i>			-1.287 (1.972)	-3.302 (2.312)
<i>_m2</i>			-1.018 (1.535)	
<i>_m3</i>			11.39** (4.959)	2.671 (2.144)
Constant	4.254 (6.901)	11.21* (6.346)	0.185 (9.202)	-5.330 (9.650)
Observations	271	271	271	271
R ²	0.531	0.517	0.542	0.536

Tableau 65 - Consommation de gaz
Périmètre : Services matériels

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.801*** (0.110)	0.897*** (0.223)	0.638*** (0.126)	0.592*** (0.137)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.116 (0.192)	0.128 (0.589)	0.661 (0.539)	1.187* (0.648)
<i>Après 2000</i>	-0.211 (0.367)	-0.644 (0.851)	0.515 (0.654)	1.093 (0.773)
Nombre de salariés				
0	-1.243** (0.599)	-0.518 (0.615)	-1.260*** (0.477)	-1.243*** (0.476)
1 à 5	-0.748 (0.657)	-0.823 (0.690)	-0.741 (0.522)	-0.690 (0.518)
6 à 9	-0.772 (0.557)	-0.0940 (0.649)	-0.700 (0.556)	-0.675 (0.554)
10 à 19	-0.0690 (0.541)	0.974 (0.641)	-0.0860 (0.445)	-0.104 (0.444)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.292 (0.355)	0.595* (0.337)	0.281 (0.351)	0.289 (0.350)
100 à 249	0.267 (0.362)	0.363 (0.424)	0.268 (0.343)	0.271 (0.342)
250 à 499	0.363 (0.368)	0.374 (0.500)	0.292 (0.378)	0.273 (0.378)
500 ou plus	0.541 (0.433)	0.396 (0.542)	0.415 (0.467)	0.411 (0.466)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.0561 (0.212)	-0.587 (0.468)	-0.348 (0.376)	-0.654 (0.439)
Chauffage au gaz	0.519 (0.620)	2.580*** (0.773)	0.580 (0.493)	0.598 (0.491)
Chauffage au gaz collectif	-0.181 (0.206)	0.396 (0.548)	-0.137 (0.189)	-0.136 (0.188)
Cuisson au gaz	-0.642* (0.336)	-0.0656 (0.504)	-0.453* (0.275)	-0.448 (0.274)
ECS au gaz	-0.0547 (0.176)	-0.716** (0.324)	-0.0564 (0.185)	-0.0409 (0.185)
Equipement gros consommateur de gaz	-0.329* (0.172)	-1.119** (0.563)	-0.291 (0.213)	-0.276 (0.212)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.195 (0.142)	-0.530 (0.455)	-0.183 (0.179)	-0.179 (0.179)
Prix du gaz (log)	-0.342 (0.369)	-0.863 (0.566)	0.520 (0.360)	0.495 (0.343)
DJU (log)	-0.365 (0.713)	0.278 (1.253)	-0.677 (0.746)	-0.588 (0.730)
Zone climatique				
H1	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
H2	0.145 (0.249)	0.805 (0.522)	0.0401 (0.232)	0.0596 (0.230)
H3	-0.743 (0.484)	-1.300 (1.104)	-0.700 (0.552)	-0.652 (0.548)
_m1			0.471 (1.250)	1.917 (1.747)
_m2			-1.218*** (0.448)	
_m3			1.415 (3.658)	-1.401 (1.891)
Constant	9.734* (5.374)	4.540 (8.868)	11.07* (5.705)	10.76* (5.631)
Observations	223	223	223	223
R ²	0.762	0.690	0.772	0.772

Tableau 66 - Consommation de gaz
Périmètre : Information & Communication

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.410*** (0.0591)	0.443*** (0.0890)	0.700*** (0.0977)	0.893*** (0.124)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.0391 (0.105)	-0.138 (0.215)	-0.418** (0.186)	-0.835*** (0.246)
<i>Après 2000</i>	0.00284 (0.135)	-0.681** (0.281)	-0.444* (0.259)	-1.000*** (0.326)
Secteur d'activité				
<i>Commerces détail alimentaires</i>	0.638*** (0.113)	0.0115 (0.195)	1.206*** (0.198)	1.589*** (0.245)
<i>Commerces détail non alimentaires</i>				
Nombre de salariés				
0	-1.929*** (0.363)	-1.521*** (0.312)	-1.968*** (0.315)	-1.959*** (0.312)
1 à 5	-0.804*** (0.212)	-0.732*** (0.279)	-0.828*** (0.202)	-0.825*** (0.200)
6 à 9	-0.725*** (0.204)	-0.641** (0.266)	-0.728*** (0.198)	-0.722*** (0.196)
10 à 19	-0.247 (0.214)	-0.164 (0.261)	-0.272 (0.187)	-0.257 (0.186)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.272 (0.168)	0.497** (0.223)	0.274* (0.165)	0.293* (0.164)
100 à 249	0.485*** (0.185)	0.927*** (0.254)	0.414** (0.184)	0.429** (0.183)
250 à 499	0.578*** (0.214)	1.287*** (0.312)	0.403* (0.216)	0.414* (0.215)
500 ou plus	0.211 (0.389)	-0.0385 (0.347)	0.00834 (0.360)	0.000314 (0.358)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.00788 (0.0929)	-0.304* (0.182)	0.459** (0.188)	0.907*** (0.261)
Chauffage au gaz	0.182 (0.144)	0.310 (0.259)	0.185 (0.138)	0.184 (0.138)
Chauffage au gaz collectif	-0.140 (0.155)	-1.639*** (0.357)	-0.187 (0.135)	-0.201 (0.135)
Cuisson au gaz	0.0491 (0.0987)	0.0759 (0.251)	0.0617 (0.110)	0.0644 (0.110)
ECS au gaz	0.177** (0.0899)	-0.441** (0.182)	0.122 (0.0931)	0.112 (0.0923)
Équipement gros consommateur de gaz	0.215** (0.107)	0.134 (0.309)	0.217** (0.105)	0.218** (0.104)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.0540 (0.0980)	0.0999 (0.184)	0.0658 (0.0952)	0.0658 (0.0947)
Prix du gaz (log)	-1.529*** (0.121)	-0.910*** (0.136)	-1.949*** (0.169)	-2.136*** (0.153)
DJU (log)	0.946** (0.389)	-0.612 (0.854)	2.363*** (0.573)	3.262*** (0.662)
Zone climatique				
H1	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
H2	0.120 (0.126)	-0.0497 (0.242)	0.119 (0.132)	0.113 (0.131)
H3	0.602* (0.330)	-0.292 (0.623)	0.577* (0.296)	0.574* (0.294)
_m1			-1.178 (1.046)	-4.350*** (1.475)
_m2			1.516*** (0.415)	
_m3			1.622 (2.444)	3.538** (1.499)
Constant	6.839** (3.029)	16.94** (6.651)	-6.019 (4.906)	-15.06** (5.965)
Observations	824	824	824	824
R ²	0.679	0.633	0.686	0.688

Tableau 67 - Consommation de gaz
Périmètre : Commerces de détail

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.331*** (0.0782)	0.429*** (0.147)	0.332** (0.132)	0.325*** (0.119)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.0196 (0.121)	0.414 (0.305)	0.0687 (0.146)	0.0850 (0.150)
<i>Après 2000</i>	0.00749 (0.162)	-0.190 (0.331)	0.118 (0.214)	0.154 (0.208)
Nombre de salariés				
0	-2.599*** (0.553)	-1.776*** (0.451)	-2.615*** (0.441)	-2.616*** (0.440)
1 à 5	-1.346*** (0.276)	-0.742* (0.429)	-1.395*** (0.263)	-1.392*** (0.261)
6 à 9	-0.758*** (0.264)	-0.317 (0.434)	-0.770*** (0.245)	-0.773*** (0.245)
10 à 19	-0.202 (0.229)	0.221 (0.350)	-0.219 (0.227)	-0.223 (0.227)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.372** (0.158)	0.466* (0.240)	0.363** (0.176)	0.361** (0.175)
100 à 249	0.643*** (0.184)	1.046*** (0.355)	0.622*** (0.216)	0.625*** (0.216)
250 à 499	0.878*** (0.227)	1.427*** (0.449)	0.841*** (0.257)	0.845*** (0.256)
500 ou plus	0.618** (0.303)	0.931 (0.596)	0.572 (0.417)	0.575 (0.412)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.146 (0.0998)	0.0629 (0.188)	0.0369 (0.181)	0.00460 (0.188)
Chauffage au gaz	0.261* (0.153)	0.514** (0.255)	0.295** (0.139)	0.293** (0.139)
Chauffage au gaz collectif	-0.159 (0.193)	-2.163*** (0.463)	-0.159 (0.146)	-0.157 (0.145)
Cuisson au gaz	0.123 (0.100)	0.0647 (0.238)	0.121 (0.106)	0.121 (0.106)
ECS au gaz	0.0563 (0.107)	-0.500** (0.252)	0.0498 (0.101)	0.0520 (0.101)
Équipement gros consommateur de gaz	0.00269 (0.110)	0.136 (0.264)	-0.00572 (0.107)	-0.00573 (0.107)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.0130 (0.108)	-0.349 (0.272)	0.0139 (0.110)	0.0123 (0.110)
Prix du gaz (log)	-0.966*** (0.101)	-0.786*** (0.155)	-1.043*** (0.385)	-1.042*** (0.277)
DJU (log)	0.731 (0.481)	-0.298 (1.074)	0.872 (0.834)	0.850 (0.710)
Zone climatique				
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.120 (0.146)	0.156 (0.340)	0.132 (0.148)	0.130 (0.148)
<i>H3</i>	0.321 (0.360)	0.403 (0.727)	0.283 (0.324)	0.285 (0.324)
_m1			1.658 (1.803)	1.243 (1.310)
_m2			0.818 (0.656)	
_m3			-1.524 (2.879)	-1.644 (1.348)
Constant	7.493* (3.818)	13.96* (8.039)	6.862 (6.546)	7.095 (5.682)
Observations	493	493	493	493
R ²	0.714	0.693	0.715	0.715

Tableau 68 - Consommation de gaz
Périmètre : Commerces de détail alimentaires

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.469*** (0.0840)	0.434*** (0.0848)	1.122*** (0.178)	1.639*** (0.292)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.222 (0.175)	-0.380 (0.264)	-0.911** (0.365)	-2.213*** (0.615)
<i>Après 2000</i>	-0.125 (0.230)	-0.957*** (0.267)	-0.768 (0.486)	-2.419*** (0.748)
Nombre de salariés				
0	-1.352*** (0.479)	-1.255*** (0.385)	-1.486*** (0.459)	-1.461*** (0.455)
1 à 5	-0.439 (0.322)	-0.648* (0.342)	-0.472 (0.319)	-0.497 (0.315)
6 à 9	-0.518 (0.315)	-0.890** (0.369)	-0.603* (0.324)	-0.612* (0.320)
10 à 19	-0.315 (0.377)	-0.525 (0.403)	-0.414 (0.308)	-0.416 (0.305)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.115 (0.363)	0.132 (0.432)	-0.132 (0.323)	-0.117 (0.319)
100 à 249	0.595* (0.336)	0.563 (0.393)	0.379 (0.325)	0.346 (0.318)
250 à 499	0.416 (0.405)	0.396 (0.469)	0.0930 (0.389)	0.0835 (0.384)
500 ou plus	-0.000505 (1.126)	-0.216 (0.437)	-0.212 (0.671)	-0.197 (0.663)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.0943 (0.170)	-0.530** (0.239)	1.031*** (0.359)	2.239*** (0.634)
Chauffage au gaz	0.115 (0.411)	-0.381 (0.755)	0.257 (0.366)	0.250 (0.360)
Chauffage au gaz collectif	-0.230 (0.248)	-1.183*** (0.350)	-0.181 (0.255)	-0.203 (0.252)
Cuisson au gaz	-0.483 (0.315)	0.0413 (0.380)	-0.435 (0.295)	-0.401 (0.292)
ECS au gaz	0.332* (0.174)	-0.205 (0.206)	0.309* (0.174)	0.248 (0.174)
Équipement gros consommateur de gaz	0.549** (0.248)	0.357 (0.360)	0.484** (0.229)	0.481** (0.227)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.0930 (0.169)	0.269 (0.201)	0.115 (0.161)	0.121 (0.160)
Prix du gaz (log)	-1.925*** (0.183)	-1.039*** (0.194)	-2.636*** (0.215)	-3.070*** (0.296)
DJU (log)	1.008* (0.596)	-0.731 (0.990)	3.582*** (0.993)	6.334*** (1.532)
Zone climatique				
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.0176 (0.218)	-0.193 (0.264)	0.0422 (0.234)	0.0187 (0.233)
<i>H3</i>	1.073 (0.676)	-0.982 (0.987)	0.993* (0.559)	1.090** (0.553)
_m1			0.285 (0.865)	-6.385** (2.489)
_m2			3.438*** (0.715)	
_m3			-2.321 (4.044)	4.382* (2.345)
Constant	7.534 (4.711)	18.96** (7.991)	-17.12** (8.475)	-42.50*** (13.89)
Observations	331	331	331	331
R ²	0.620	0.663	0.649	0.653

Tableau 69 – Consommation de gaz Périmètre :
Commerces de détail non alimentaires

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.337*** (0.0772)	0.478*** (0.0736)	0.389*** (0.0939)	0.372*** (0.106)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.309** (0.139)	0.0285 (0.176)	-0.549** (0.247)	-0.513** (0.222)
<i>Après 2000</i>	-0.441** (0.183)	-0.280 (0.234)	-0.879** (0.387)	-0.809** (0.404)
Nombre de salariés				
0	-1.887*** (0.476)	-1.450*** (0.431)	-1.684*** (0.506)	-1.725*** (0.504)
1 à 5	-1.536*** (0.317)	-0.912*** (0.268)	-1.484*** (0.319)	-1.489*** (0.318)
6 à 9	-0.418 (0.270)	-0.295 (0.279)	-0.429* (0.236)	-0.421* (0.236)
10 à 19	-0.330* (0.185)	-0.251 (0.199)	-0.342* (0.193)	-0.333* (0.192)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.301 (0.187)	0.257 (0.213)	0.308 (0.192)	0.310 (0.191)
100 à 249	0.742*** (0.189)	0.637*** (0.236)	0.738*** (0.193)	0.739*** (0.191)
250 à 499	1.022*** (0.273)	0.909*** (0.308)	1.000*** (0.260)	1.007*** (0.260)
500 ou plus	0.937*** (0.325)	0.911*** (0.312)	0.926** (0.456)	0.928** (0.455)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.162 (0.120)	0.259 (0.200)	0.394* (0.212)	0.346 (0.237)
Chauffage au gaz	0.491* (0.264)	-0.0179 (0.328)	0.511 (0.325)	0.508 (0.325)
Chauffage au gaz collectif	0.0624 (0.164)	-0.590** (0.255)	0.0606 (0.148)	0.0596 (0.148)
Cuisson au gaz	0.0487 (0.259)	-0.276 (0.529)	0.112 (0.261)	0.0861 (0.260)
ECS au gaz	-0.0101 (0.149)	-0.335* (0.175)	-0.00118 (0.133)	-0.000670 (0.134)
Équipement gros consommateur de gaz	0.258* (0.145)	0.412** (0.189)	0.272* (0.143)	0.265* (0.143)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.235* (0.129)	-0.637*** (0.188)	-0.235* (0.137)	-0.239* (0.137)
Prix du gaz (log)	-1.086*** (0.130)	-1.221*** (0.188)	-1.293*** (0.368)	-1.213*** (0.382)
DJU (log)	1.219** (0.590)	2.480*** (0.747)	1.749** (0.764)	1.608* (0.833)
Zone climatique				
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	-0.158 (0.182)	0.580** (0.225)	-0.176 (0.185)	-0.177 (0.185)
<i>H3</i>	0.341 (0.609)	2.153*** (0.557)	0.323 (0.479)	0.326 (0.479)
Secteur d'activité				
<i>Commerces gros alimentaires</i>	-0.0663 (0.202)	-0.198 (0.327)	-0.0494 (0.214)	-0.0338 (0.214)
<i>Commerces de gros non alimentaires</i>				
_m1			-1.973* (1.142)	-1.337 (1.254)
_m2			-0.242 (0.324)	
_m3			2.269 (2.269)	1.486 (1.252)
Constant	3.992 (4.582)	-5.789 (5.658)	0.00181 (5.766)	0.976 (6.263)
Observations	354	354	354	354
R ²	0.626	0.830	0.63	0.629

Tableau 70 - Consommation de gaz
Périmètre : Commerces de gros

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.380 (0.363)	0.755** (0.322)	0.823 (1.479)	-1.748 (1.098)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.659 (0.715)	-1.186** (0.515)	0.707 (3.545)	5.948** (3.026)
<i>Après 2000</i>	-0.567 (0.714)	-1.783*** (0.416)	1.789 (5.722)	10.19** (4.861)
Nombre de salariés				
0			0 (0)	0 (0)
1 à 5	-2.660 (2.290)	-1.991 (1.519)	-1.974 (2.602)	-2.943 (2.326)
6 à 9	-2.535** (1.016)	-2.641** (1.035)	-2.464** (1.121)	-2.576** (1.149)
10 à 19	0.0176 (1.143)	0.623 (0.785)	0.0662 (0.819)	0.138 (0.835)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.590 (0.548)	0.185 (0.705)	0.530 (0.585)	0.580 (0.605)
100 à 249	0.747 (0.549)	0.482 (0.690)	0.841 (0.661)	1.200* (0.656)
250 à 499	1.530** (0.689)	1.104 (0.894)	1.705** (0.732)	1.916** (0.755)
500 ou plus			0 (0)	0 (0)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.447 (0.488)	0.512 (0.592)	-0.786 (1.612)	-2.250 (1.567)
Chauffage au gaz	0.554 (0.541)	0.638 (0.421)	0.747 (0.666)	0.883 (0.682)
Chauffage au gaz collectif	0.875* (0.495)	1.125 (0.695)	1.126** (0.570)	1.137* (0.584)
Cuisson au gaz	-0.221 (0.662)	0.0816 (0.720)	-0.459 (1.020)	-0.908 (1.038)
ECS au gaz	0.916** (0.357)	0.735* (0.395)	1.049** (0.525)	1.244** (0.534)
Équipement gros consommateur de gaz	-0.264 (0.501)	-1.344** (0.555)	-0.0667 (0.532)	-0.244 (0.535)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.575 (0.497)	1.226** (0.574)	0.508 (0.623)	0.658 (0.613)
Prix du gaz (log)	-1.443*** (0.441)	-1.872*** (0.535)	-3.732 (5.271)	5.633 (3.668)
DJU (log)	4.790 (3.264)	11.48*** (2.355)	5.333 (7.465)	-7.860 (6.265)
Zone climatique				
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.750 (0.780)	2.390** (1.018)	0.651 (1.056)	1.386 (0.979)
<i>H3</i>	1.920 (1.622)	6.556*** (1.563)	1.788 (1.813)	2.716 (1.685)
_m1			-5.934 (11.98)	21.55** (10.06)
_m2			0.332 (8.008)	
_m3			-17.17 (13.93)	-16.20* (9.476)
Constant	-23.82 (25.94)	-76.82*** (17.02)	-30.55 (56.64)	74.87 (48.73)
Observations	45	45	45	45
R ²	0.776	0.927	0.84	0.82

Tableau 71 – Consommation de gaz
Périmètre : Commerces de gros alimentaires

VARIABLES	Conditionnelle		DCC	
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.340*** (0.0786)	0.474*** (0.0770)	0.371*** (0.0943)	0.383*** (0.106)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.302** (0.144)	-0.0313 (0.169)	-0.459* (0.236)	-0.391* (0.202)
<i>Après 2000</i>	-0.490** (0.193)	-0.261 (0.239)	-0.756** (0.359)	-0.687* (0.360)
Nombre de salariés				
0	-1.763*** (0.482)	-1.379*** (0.421)	-1.749*** (0.532)	-1.702*** (0.520)
1 à 5	-1.325*** (0.300)	-0.845*** (0.267)	-1.358*** (0.330)	-1.325*** (0.326)
6 à 9	-0.260 (0.290)	-0.143 (0.301)	-0.272 (0.244)	-0.267 (0.243)
10 à 19	-0.322* (0.180)	-0.310 (0.199)	-0.344* (0.201)	-0.332* (0.200)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.275 (0.202)	0.207 (0.227)	0.261 (0.206)	0.273 (0.204)
100 à 249	0.754*** (0.204)	0.602** (0.238)	0.730*** (0.205)	0.745*** (0.203)
250 à 499	0.921*** (0.319)	0.664** (0.304)	0.882*** (0.288)	0.896*** (0.287)
500 ou plus	0.957*** (0.337)	0.824*** (0.302)	0.921** (0.454)	0.941** (0.452)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.150 (0.123)	0.339* (0.182)	0.292 (0.218)	0.276 (0.240)
Chauffage au gaz	0.615* (0.340)	-0.0127 (0.453)	0.564 (0.451)	0.581 (0.449)
Chauffage au gaz collectif	0.0493 (0.175)	-0.381 (0.257)	0.0491 (0.157)	0.0461 (0.156)
Cuissone au gaz	0.309 (0.226)	0.585* (0.316)	0.304 (0.289)	0.310 (0.289)
ECS au gaz	-0.189 (0.159)	-0.533*** (0.178)	-0.177 (0.143)	-0.180 (0.143)
Équipement gros consommateur de gaz	0.242 (0.156)	0.327* (0.188)	0.249 (0.154)	0.254* (0.153)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.297** (0.133)	-0.667*** (0.191)	-0.296** (0.143)	-0.298** (0.143)
Prix du gaz (log)	-1.056*** (0.133)	-1.205*** (0.171)	-1.082*** (0.350)	-1.212*** (0.359)
DJU (log)	1.476** (0.643)	2.032*** (0.761)	1.731** (0.774)	1.780** (0.827)
Zone climatique				
H1	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
H2	-0.134 (0.191)	0.532** (0.223)	-0.153 (0.192)	-0.143 (0.190)
H3	0.379 (0.846)	1.630*** (0.524)	0.387 (0.575)	0.391 (0.574)
_m1			-0.743 (1.196)	-0.817 (1.245)
_m2			0.0184 (0.332)	
_m3			2.082 (2.435)	0.851 (1.283)
Constant	1.811 (4.974)	-2.359 (5.861)	-0.197 (5.894)	-0.439 (6.272)
Observations	309	309	309	309
R ²	0.631	0.844	0.632	0.632

Tableau 72 - Consommation de gaz
Périmètre : Commerces de gros non alimentaires

Annexe 4C. Résultats des estimations par taille d'établissement : pour les établissements dont la surface est supérieure à 2000 m² et inférieure à 2000 m²

Tableau 73 - Consommation d'électricité

Périmètre : Tertiaire $\cap S_1$

Tableau 74 - Consommation d'électricité

Périmètre : Bureaux $\cap S_1$

Tableau 75 - Consommation d'électricité

Périmètre : Commerce $\cap S_1$

Tableau 76 - Consommation d'électricité

Périmètre : Tertiaire $\cap S_2$

Tableau 77 - Consommation d'électricité

Périmètre : Bureaux $\cap S_2$

Tableau 78 - Consommation d'électricité

Périmètre : Commerces $\cap S_2$

Tableau 79 - Consommation d'électricité

Périmètre : Hôtellerie-Restauration $\cap S_2$

Tableau 80 - Consommation de gaz

Périmètre : Tertiaire $\cap S_1$ et Tertiaire $\cap S_2$

Tableau 81 - Consommation de gaz

Périmètre : Bureaux $\cap S_1$ et Bureaux $\cap S_2$

Tableau 82 - Consommation de gaz

Périmètre : Commerces $\cap S_1$ et Commerces $\cap S_2$

Tableau 83 - Consommation de gaz

Périmètre : Hôtellerie-restauration $\cap S_1$ et Hôtellerie-restauration $\cap S_2$

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Surface totale (log)	-0.511*** (0.0635)	-0.592*** (0.0819)	0.456*** (0.0592)	0.462*** (0.0610)	-0.979*** (0.197)	-1.221*** (0.201)	0.101 (0.180)	0.124 (0.180)	-0.436*** (0.0696)	-1.125*** (0.120)	0.610** (0.287)	0.639*** (0.247)
Période de construction												
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.0669 (0.0833)	-0.00477 (0.125)	-0.117 (0.134)	-0.116 (0.139)	-0.105 (0.152)	0.0457 (0.238)	0.0421 (0.245)	-0.0106 (0.233)	-0.0833 (0.117)	-0.638*** (0.137)	-0.433 (0.419)	-0.439** (0.210)
<i>Après 2000</i>	0.207** (0.0995)	0.0254 (0.175)	-0.000694 (0.180)	-0.00410 (0.188)	-0.0339 (0.347)	-0.634** (0.308)	0.159 (0.380)	0.102 (0.371)	0.121 (0.123)	-0.281** (0.139)	-0.283 (0.646)	-0.308 (0.351)
Secteur d'activité												
<i>BFA</i>	0.699*** (0.155)	0.393 (0.267)	0.664*** (0.136)	0.662*** (0.137)	0.111 (0.523)	0.708* (0.388)	0.281 (0.478)	0.312 (0.473)	0.485*** (0.124)	0.622*** (0.154)	0.466*** (0.144)	0.461*** (0.138)
<i>Activité scientifique</i>	0.511** (0.214)	0.465* (0.244)	0.469*** (0.169)	0.475*** (0.170)	0.136 (0.587)	-0.0704 (0.361)	0.190 (0.676)	0.283 (0.665)	0.144 (0.164)	-0.209* (0.125)	0.180 (0.421)	0.218 (0.357)
<i>Services matériel</i>	-0.219 (0.317)	-0.292 (0.277)	-0.239 (0.222)	-0.234 (0.226)	0.392 (0.907)	2.056*** (0.295)	0.567 (0.715)	0.709 (0.695)	-0.523 (0.577)	0.959*** (0.173)	-0.381 (0.881)	-0.298 (0.752)
<i>Commerces détail alimentaires</i>	1.116*** (0.170)	0.961*** (0.265)	1.238*** (0.180)	1.246*** (0.188)	0.985** (0.447)	1.936*** (0.310)	1.183** (0.525)	1.304*** (0.496)	0.806*** (0.178)	0.729*** (0.199)	1.160* (0.679)	1.210** (0.473)
<i>Commerces détail non alimentaires</i>	0.273 (0.166)	0.104 (0.219)	0.404** (0.169)	0.407** (0.172)	0.173 (0.547)	1.174** (0.451)	0.274 (0.482)	0.372 (0.457)	0.337** (0.166)	0.826*** (0.166)	0.538 (0.509)	0.574* (0.347)
<i>Commerces gros alimentaires</i>	0.389 (0.292)	0.256 (0.398)	0.797*** (0.246)	0.799*** (0.249)	-0.0518 (0.657)	-0.137 (0.338)	0.0792 (0.522)	0.157 (0.507)	0.182 (0.187)	0.149 (0.163)	0.502 (0.312)	0.473* (0.272)
<i>Commerces gros non alimentaires</i>	-0.0437 (0.161)	0.0433 (0.241)	0.0531 (0.175)	0.0577 (0.179)	-0.547 (0.568)	0.285 (0.329)	-0.297 (0.447)	-0.219 (0.433)	-0.181 (0.173)	-0.0667 (0.200)	0.0715 (0.521)	0.0994 (0.319)
<i>Commerce réparation véhicules</i>	0.136 (0.157)	-0.0391 (0.209)	0.350 (0.326)	0.384 (0.362)	0.197 (0.571)	0.309 (0.315)	0.276 (0.754)	0.524 (0.737)	-0.169 (0.263)	-0.210 (0.318)	0.912 (1.849)	1.093 (1.380)
<i>Hébergement</i>	0.842*** (0.216)	0.513* (0.287)	0.714*** (0.223)	0.722*** (0.224)	0.536 (0.574)	0.821** (0.360)	0.730 (0.823)	0.824 (0.824)	0.888*** (0.247)	1.007*** (0.232)	1.010 (0.856)	1.087 (0.783)
<i>Information & Communication</i>	0.569*** (0.155)	0.666*** (0.206)	0.688*** (0.151)	0.688*** (0.152)	0.0781 (0.493)	1.285*** (0.377)	0.303 (0.432)	0.366 (0.422)	0.433*** (0.139)	0.178 (0.144)	0.554** (0.236)	0.563*** (0.155)
<i>Restauration</i>	0.687** (0.342)	0.138 (0.514)	0.461* (0.257)	0.457* (0.256)	0.0724 (0.544)	0.495 (0.568)	0.347 (1.285)	0.449 (1.275)	-0.146 (0.545)	-0.965*** (0.366)	-0.261 (0.783)	-0.190 (0.763)
<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Nombre de salariés												
0	-0.726*** (0.176)	-0.748*** (0.148)	-0.804 (0.627)	-0.791 (0.626)			0 (0)	0 (0)	0.835*** (0.209)	1.287*** (0.192)	0.747 (1.218)	0.749 (1.218)
1 à 5	-0.474 (0.328)	-0.577*** (0.178)	-0.455 (0.334)	-0.457 (0.334)	-1.370** (0.689)	-0.953*** (0.362)	-0.904 (0.768)	-0.955 (0.762)	-0.207 (0.779)	-0.553*** (0.202)	-0.101 (0.480)	-0.113 (0.480)
6 à 9	-0.226	-0.243	-0.190	-0.188	-0.732**	-1.447***	-0.628	-0.644	-0.711**	-1.044***	-0.652**	-0.658**

	(0.235)	(0.204)	(0.244)	(0.244)	(0.332)	(0.332)	(0.733)	(0.730)	(0.328)	(0.260)	(0.314)	(0.314)
10 à 19	-0.511**	-0.674***	-0.487***	-0.481***	-0.556	-0.564*	-0.439	-0.435	-0.273	-0.474***	-0.228	-0.230
	(0.201)	(0.186)	(0.171)	(0.171)	(0.363)	(0.293)	(0.355)	(0.354)	(0.180)	(0.158)	(0.202)	(0.201)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.0981	0.181	0.101	0.103	-0.119	0.0638	-0.0803	-0.109	0.200	0.248*	0.237	0.240
	(0.107)	(0.112)	(0.106)	(0.105)	(0.387)	(0.283)	(0.369)	(0.366)	(0.168)	(0.139)	(0.156)	(0.156)
100 à 249	0.377***	0.509***	0.414***	0.417***	0.953***	1.088***	0.931***	0.922***	0.523***	1.058***	0.542***	0.544***
	(0.110)	(0.110)	(0.108)	(0.108)	(0.317)	(0.296)	(0.288)	(0.286)	(0.150)	(0.130)	(0.141)	(0.141)
250 à 499	0.687***	0.862***	0.718***	0.719***	1.323***	1.744***	1.122***	1.104***	0.664***	1.217***	0.696***	0.697***
	(0.138)	(0.152)	(0.123)	(0.123)	(0.443)	(0.383)	(0.341)	(0.340)	(0.165)	(0.164)	(0.151)	(0.151)
500 ou plus	0.418*	1.740***	0.438***	0.440***	1.811***	2.046***	1.674***	1.668***	0.735***	1.659***	0.752***	0.750***
	(0.230)	(0.214)	(0.162)	(0.162)	(0.501)	(0.483)	(0.475)	(0.474)	(0.216)	(0.205)	(0.182)	(0.182)
Statut d'occupation												
Locataire	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Propriétaire	-0.170***	-0.122	-0.175*	-0.167	0.0465	-0.191	0.0278	0.0877	-0.108	-0.178	0.0659	0.125
	(0.0601)	(0.0985)	(0.103)	(0.110)	(0.151)	(0.174)	(0.295)	(0.296)	(0.103)	(0.117)	(0.624)	(0.498)
Chauffage à l'électricité	0.260*	0.238	0.234	0.234	-0.159	-0.102	-0.260	-0.242				
	(0.133)	(0.219)	(0.162)	(0.162)	(0.322)	(0.466)	(0.319)	(0.317)				
Chauffage électrique collectif	0.130	0.611*	0.0981	0.100	-0.187	-0.549	-0.304	-0.333	-0.0516	0.349***	-0.0442	-0.0441
	(0.260)	(0.350)	(0.319)	(0.319)	(0.380)	(0.509)	(0.483)	(0.482)	(0.0848)	(0.119)	(0.0862)	(0.0862)
Cuisson à l'électricité	0.128*	0.230***	0.123	0.122	0.0229	0.582**	0.0176	0.0144	0.128	0.226*	0.113	0.112
	(0.0722)	(0.0874)	(0.0748)	(0.0748)	(0.221)	(0.273)	(0.246)	(0.246)	(0.0926)	(0.129)	(0.102)	(0.101)
ECS à l'électricité	0.0118	-0.0844	0.0340	0.0325	0.0893	0.302	0.229	0.225	0.163	0.191	0.161	0.161
	(0.0645)	(0.0903)	(0.0636)	(0.0634)	(0.178)	(0.220)	(0.213)	(0.212)	(0.111)	(0.160)	(0.105)	(0.105)
Informatique intensive	0.0661	-0.134	0.0581	0.0586	-0.389*	-0.555***	-0.463**	-0.445**	0.0181	-0.136	0.0266	0.0274
	(0.0645)	(0.111)	(0.0642)	(0.0642)	(0.198)	(0.211)	(0.212)	(0.209)	(0.0890)	(0.0863)	(0.0841)	(0.0841)
Blanchisserie	-0.109	-0.105	-0.104	-0.0993	-0.669	-0.179	-0.738	-0.757	-0.198	-0.00638	-0.178	-0.182
	(0.145)	(0.209)	(0.220)	(0.220)	(0.451)	(0.537)	(0.740)	(0.737)	(0.217)	(0.282)	(0.303)	(0.303)
Climatisation à l'électricité	-0.0804	-0.183**	-0.0593	-0.0620	0.309	0.348	0.472**	0.466**	0.193	-0.0284	0.192*	0.190*
	(0.0775)	(0.0900)	(0.0707)	(0.0705)	(0.229)	(0.274)	(0.230)	(0.229)	(0.117)	(0.113)	(0.115)	(0.115)
Réfrigération	0.138	0.426**	0.127	0.127	0.248	-0.235	0.181	0.186	0.426***	1.111***	0.429***	0.429***
	(0.0896)	(0.186)	(0.0817)	(0.0817)	(0.202)	(0.275)	(0.250)	(0.250)	(0.109)	(0.127)	(0.117)	(0.117)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.201***	0.301***	0.209***	0.209***	0.291	0.122	0.288	0.274	0.123	0.489***	0.110	0.111
	(0.0705)	(0.0929)	(0.0715)	(0.0714)	(0.178)	(0.242)	(0.216)	(0.213)	(0.0996)	(0.120)	(0.110)	(0.110)
Qualité de l'isolation												
Très mauvaise ou mauvaise	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Très bonne ou bonne	0.0285	-0.0235	0.0364	0.0362	-0.0521	0.176	0.0826	0.0788	-0.155	-0.219*	-0.180*	-0.180*
	(0.0717)	(0.117)	(0.0670)	(0.0670)	(0.161)	(0.229)	(0.208)	(0.209)	(0.0948)	(0.125)	(0.0952)	(0.0952)
Prix électricité (log)	-1.551***	-1.184***	-1.468***	-1.472***	-1.513***	-1.042***	-1.735***	-1.735***	-1.408***	-1.277***	-1.442***	-1.432***
	(0.103)	(0.119)	(0.0746)	(0.0747)	(0.333)	(0.347)	(0.270)	(0.270)	(0.189)	(0.147)	(0.0937)	(0.101)
DJU (log)	-0.122	-0.0483	-0.461	-0.437	-1.067	-1.811*	-1.204	-1.050	-0.196	0.194	-0.141	-0.0217
	(0.314)	(0.388)	(0.315)	(0.315)	(0.727)	(0.922)	(0.939)	(0.920)	(0.420)	(0.455)	(1.125)	(1.042)

Zone climatique	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H1</i>												
<i>H2</i>	-0.115 (0.0941)	0.0653 (0.127)	-0.129 (0.0924)	-0.129 (0.0924)	0.174 (0.273)	0.242 (0.310)	-0.0232 (0.286)	-0.00164 (0.283)	-0.279** (0.134)	-0.101 (0.164)	-0.266** (0.121)	-0.266** (0.121)
<i>H3</i>	-0.0825 (0.199)	0.0598 (0.263)	-0.0870 (0.211)	-0.0837 (0.210)	-0.260 (0.450)	-0.531 (0.577)	-0.343 (0.556)	-0.348 (0.554)	-0.0889 (0.252)	0.344 (0.270)	-0.0450 (0.247)	-0.0510 (0.246)
_m1			-1.717** (0.804)	-1.238* (0.664)			0.596 (1.300)	-0.0415 (0.835)			-1.232 (0.916)	
_m2			-1.231*** (0.329)				0.150 (0.888)	0.0120 (0.810)			-2.082 (1.947)	-1.247 (1.791)
_m3			2.644** (1.242)	1.989** (0.808)			0.132 (0.147)				2.935 (2.783)	1.996 (1.571)
Constant	16.13*** (2.482)	14.72*** (3.029)	18.81*** (2.633)	18.56*** (2.650)	27.08*** (5.892)	31.87*** (7.186)	28.17*** (7.845)	26.54*** (7.602)	15.35*** (3.428)	17.49*** (3.569)	14.78 (9.897)	13.66 (9.265)
Observations	1,305	1,305	1305	1308	184	184	185	185	1,029	1,029	1032	1032
R ²	0.466	0.585	0.593	0.593	0.672	0.781	0.701	0.700	0.397	0.655	0.517	0.517

Tableau 73 - Consommation d'électricité
Périmètre : Tertiaire $\cap S_1$

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité seule			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF >2000m ²	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.674** (0.112)	0.913*** (0.104)	0.541*** (0.133)	0.618*** (0.132)	0.675*** (0.110)	0.517*** (0.185)	0.602 (0.400)	1.146*** (0.359)
Période de construction								
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.147 (0.146)	-0.274 (0.180)	0.447* (0.269)	0.211 (0.235)	-0.185 (0.179)	-0.978*** (0.164)	0.0956 (0.736)	-0.957* (0.548)
<i>Après 2000</i>	0.512 (0.167)	-0.279 (0.224)	0.951*** (0.352)	0.664** (0.319)	-0.0357 (0.177)	-0.563*** (0.176)	0.314 (1.004)	-1.128 (0.789)
Nombre de salariés								
0	0.101 (0.470)	-0.314 (0.429)	-0.115 (1.273)	-0.114 (1.275)	0.891*** (0.330)	1.529*** (0.276)	0.881 (1.257)	0.888 (1.258)
1 à 5	0.751 (0.923)	0.830* (0.431)	0.869 (0.759)	0.881 (0.760)	-1.084 (1.491)	-1.155*** (0.356)	-0.844 (0.774)	-0.953 (0.770)
6 à 9	0.615 (0.722)	0.724 (0.466)	1.051 (0.923)	0.974 (0.923)	-0.517 (0.597)	-0.672** (0.292)	-0.533 (0.680)	-0.551 (0.680)
10 à 19	1.402** (0.622)	0.964*** (0.163)	1.512** (0.756)	1.524** (0.756)	-0.558 (0.477)	-0.961*** (0.252)	-0.591 (0.471)	-0.576 (0.471)
20 à 49		<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.488 (0.364)	0.951*** (0.284)	0.531* (0.306)	0.534* (0.306)	-0.115 (0.383)	-0.0899 (0.281)	-0.0725 (0.297)	-0.0930 (0.297)
100 à 249	0.668 (0.345)	0.951*** (0.259)	0.744*** (0.275)	0.740*** (0.275)	0.497 (0.317)	0.908*** (0.208)	0.544** (0.261)	0.525** (0.261)
250 à 499	0.907** (0.359)	1.143*** (0.282)	0.928*** (0.275)	0.948*** (0.274)	0.530 (0.325)	0.781*** (0.242)	0.577** (0.261)	0.552** (0.261)
500 ou plus	0.428 (0.436)	0.636 (0.433)	0.469 (0.300)	0.481 (0.300)	0.537 (0.357)	0.954*** (0.273)	0.547* (0.285)	0.538* (0.285)
Statut d'occupation								
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.16 (0.111)	-0.276 (0.203)	-0.474** (0.193)	-0.373* (0.196)	-0.0893 (0.170)	-0.209* (0.110)	0.0125 (0.884)	1.078 (0.908)
Chauffage à l'électricité	0.915*** (0.304)	0.658** (0.289)	0.917* (0.478)	0.890* (0.478)				
Chauffage électrique collectif	-0.21 (0.395)	0.377 (0.476)	-0.361 (0.862)	-0.352 (0.863)	-0.156 (0.0981)	0.133 (0.0961)	-0.142 (0.108)	-0.141 (0.108)
Cuisson à l'électricité	0.041 (0.161)	-0.0779 (0.226)	0.0846 (0.150)	0.0813 (0.150)	0.117 (0.117)	0.298** (0.151)	0.0992 (0.139)	0.112 (0.138)
ECS à l'électricité	0.033 (0.009)	0.0571 (0.134)	0.0329 (0.120)	0.0470 (0.120)	0.227 (0.161)	0.721*** (0.213)	0.224 (0.143)	0.218 (0.143)
Informatique intensive	0.092 (0.124)	0.227 (0.156)	0.0830 (0.122)	0.0789 (0.122)	0.0927 (0.121)	0.0475 (0.118)	0.118 (0.114)	0.111 (0.114)
Blanchisserie	0.286 (0.36)	0.541* (0.297)	0.371 (0.634)	0.338 (0.634)	0.0528 (0.345)	0.817** (0.374)	0.0756 (0.576)	0.0880 (0.576)
Climatisation à	0.027	0.199*	0.0262	0.0580	0.280	0.327**	0.259	0.263

l'électricité								
Réfrigération	(0.178) -0.039 (0.171)	(0.115) -0.237 (0.401)	(0.149) -0.0437 (0.149)	(0.148) -0.0416 (0.149)	(0.182) 0.156 (0.159)	(0.154) 0.764*** (0.187)	(0.166) 0.167 (0.170)	(0.166) 0.158 (0.170)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.135 (0.157)	0.387** (0.185)	0.193 (0.147)	0.184 (0.147)	0.159 (0.184)	0.123 (0.201)	0.156 (0.182)	0.166 (0.182)
Qualité de l'isolation <i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i> -0.005 (0.126)	<i>Réf</i> 0.250 (0.167)	<i>Réf</i> 0.0288 (0.123)	<i>Réf</i> 0.0182 (0.123)	<i>Réf</i> -0.0543 (0.136)	<i>Réf</i> 0.0762 (0.141)	<i>Réf</i> -0.0807 (0.135)	<i>Réf</i> -0.0754 (0.135)
<i>Très bonne ou bonne</i>								
Prix électricité (log)	-1.45*** (0.167)	-0.764*** (0.108)	-1.291*** (0.139)	-1.344*** (0.137)	-1.894*** (0.169)	-1.919*** (0.125)	-1.761*** (0.165)	-1.960*** (0.111)
DJU (log)	-1.101* (0.573)	0.188 (0.636)	-1.354** (0.556)	-1.350** (0.557)	0.374 (0.611)	1.340** (0.637)	0.476 (1.013)	1.511 (1.050)
Zone climatique								
<i>H1</i>	<i>Réf</i> -0.382** (0.17)	<i>Réf</i> -0.127 (0.214)	<i>Réf</i> -0.405** (0.177)	<i>Réf</i> -0.405** (0.177)	<i>Réf</i> -0.251 (0.202)	<i>Réf</i> 0.103 (0.223)	<i>Réf</i> -0.258 (0.172)	<i>Réf</i> -0.249 (0.172)
<i>H2</i>								
<i>H3</i>	-0.592* (0.337)	0.275 (0.463)	-0.579 (0.392)	-0.579 (0.393)	0.200 (0.363)	0.881** (0.367)	0.161 (0.358)	0.196 (0.357)
Secteur d'activité								
<i>BFA</i>	0.675*** (0.159)	0.511** (0.203)	0.714*** (0.166)	0.687*** (0.167)	0.434*** (0.128)	0.487*** (0.129)	0.488** (0.205)	0.263 (0.194)
<i>Activité scientifique</i>	0.475** (0.215)	0.756*** (0.249)	0.332* (0.200)	0.364* (0.205)	0.206 (0.165)	0.0811 (0.150)	0.181 (0.448)	0.713 (0.442)
<i>Services matériels</i>	-0.302 (0.352)	0.183 (0.327)	-0.621** (0.291)	-0.477* (0.288)	-0.462 (0.601)	1.075*** (0.148)	-0.287 (0.998)	0.856 (1.039)
<i>Information & Communication</i>	0.573*** (0.166)	0.862*** (0.200)	0.421** (0.208)	0.561*** (0.190)	0.441*** (0.135)	0.491*** (0.140)	0.241 (0.266)	0.591*** (0.164)
<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
m1			-0.354 (0.931)	-0.293 (0.927)			-0.900 (0.824)	
m2			-0.974*** (0.322)				-0.680 (3.041)	2.819 (2.904)
m3			-2.005 (2.562)	0.815 (1.115)			-7.656 (5.306)	-2.030 (2.696)
Constant	21.31*** (4.756)	5.797 (4.718)	23.84*** (4.607)	23.54*** (4.656)	12.33** (5.215)	5.859 (5.607)	10.84 (8.813)	1.929 (9.119)
Observations	487	487	487	487	591	591	591	591
R ²	0.47	0.616	0.486	0.482	0.522	0.732	0.525	0.524

Tableau 74 - Consommation d'électricité
Périmètre : Bureaux \cap S₁

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz					Mix énergétique : électricité seule			DMF
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	
Surface totale (log)	0.411*** (0.0775)	0.288** (0.136)	0.309*** (0.0824)	0.307*** (0.0831)	0.481*** (0.0914)	-0.177 (0.155)	0.677* (0.354)	0.680** (0.308)	
Période de construction									
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.0448 (0.122)	0.000192 (0.252)	-0.270 (0.192)	-0.134 (0.173)	-0.145 (0.154)	-0.571** (0.261)	-0.100 (0.359)	-0.0344 (0.373)	
<i>Après 2000</i>	0.117 (0.148)	-0.00963 (0.283)	-0.249 (0.273)	-0.0541 (0.248)	0.0860 (0.172)	-0.317 (0.251)	-0.0610 (0.584)	0.0256 (0.314)	
Nombre de salariés									
<i>0</i>	-0.707*** (0.205)	-0.694 (0.490)	-0.812 (1.016)	-0.754 (1.015)			0 (0)	0 (0)	
<i>1 à 5</i>	-1.184*** (0.178)	-1.061*** (0.212)	-1.142 (0.720)	-1.164 (0.720)	0.326 (0.740)	0.0895 (0.462)	0.377 (0.652)	0.354 (0.643)	
<i>6 à 9</i>	-0.0457 (0.386)	-0.0751 (0.373)	-0.0680 (0.319)	-0.0707 (0.320)	-1.010** (0.438)	-1.126*** (0.361)	-0.991*** (0.341)	-0.997*** (0.340)	
<i>10 à 19</i>	-0.531* (0.298)	-0.755*** (0.290)	-0.516** (0.217)	-0.470** (0.214)	-0.329 (0.216)	-0.440** (0.209)	-0.318 (0.216)	-0.319 (0.216)	
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	
<i>50 à 99</i>	0.0777 (0.147)	0.101 (0.155)	0.112 (0.132)	0.110 (0.132)	0.482*** (0.174)	0.502*** (0.185)	0.490*** (0.176)	0.487*** (0.175)	
<i>100 à 249</i>	0.440*** (0.127)	0.567*** (0.183)	0.501*** (0.142)	0.507*** (0.142)	0.672*** (0.193)	0.798*** (0.205)	0.660*** (0.172)	0.659*** (0.172)	
<i>250 à 499</i>	0.790*** (0.164)	0.980*** (0.270)	0.870*** (0.176)	0.880*** (0.176)	0.943*** (0.210)	1.244*** (0.274)	0.936*** (0.211)	0.938*** (0.211)	
<i>500 ou plus</i>	0.997*** (0.276)	1.797*** (0.410)	1.050*** (0.273)	1.052*** (0.273)	1.018** (0.463)	1.732*** (0.475)	1.002*** (0.311)	1.018*** (0.308)	
Statut d'occupation									
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	
<i>Propriétaire</i>	-0.222*** (0.0837)	-0.275 (0.206)	-0.183 (0.147)	-0.258* (0.144)	-0.240** (0.121)	-0.188 (0.148)	0.0904 (0.630)	0.0639 (0.413)	
Chauffage à l'électricité	0.208 (0.167)	0.272 (0.341)	0.159 (0.189)	0.159 (0.189)					
Chauffage électrique collectif	-0.0768 (0.376)	0.0899 (0.575)	-0.125 (0.399)	-0.121 (0.399)	0.0999 (0.132)	0.356 (0.278)	0.0958 (0.144)	0.0957 (0.144)	
Cuisson à l'électricité	0.194** (0.0888)	0.0405 (0.127)	0.155 (0.0962)	0.159* (0.0963)	0.237* (0.137)	0.261 (0.180)	0.226 (0.144)	0.223 (0.144)	
ECS à l'électricité	0.0194 (0.0888)	-0.176 (0.145)	0.0459 (0.0837)	0.0401 (0.0836)	0.0969 (0.151)	-0.0548 (0.233)	0.102 (0.147)	0.101 (0.146)	
Informatique intensive	0.0615 (0.0875)	-0.0532 (0.143)	0.0543 (0.0870)	0.0551 (0.0870)	-0.0538 (0.115)	-0.102 (0.162)	-0.0466 (0.121)	-0.0455 (0.121)	

Blanchisserie	-0.295 (0.231)	0.00974 (0.272)	-0.306 (0.509)	-0.282 (0.509)	-0.346 (0.371)	-0.929** (0.406)	-0.321 (0.448)	-0.320 (0.447)
Climatisation à l'électricité	-0.179* (0.0972)	-0.267 (0.167)	-0.152 (0.0926)	-0.151 (0.0926)	0.0142 (0.158)	0.221 (0.172)	0.0137 (0.158)	0.0151 (0.158)
Réfrigération	0.300*** (0.102)	0.517*** (0.166)	0.283*** (0.116)	0.278*** (0.116)	0.817*** (0.139)	1.112*** (0.176)	0.822*** (0.157)	0.822*** (0.157)
Équipement gros consommateur d'électricité	0.241*** (0.0865)	0.381** (0.155)	0.223** (0.0931)	0.218** (0.0932)	0.00330 (0.114)	0.214 (0.134)	0.00836 (0.130)	0.00887 (0.130)
Qualité de l'isolation								
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.0197 (0.103)	-0.118 (0.268)	0.0183 (0.0951)	0.00729 (0.0946)	-0.109 (0.116)	-0.312* (0.163)	-0.106 (0.128)	-0.111 (0.127)
Prix électricité (log)	-1.675*** (0.139)	-1.389*** (0.274)	-1.571*** (0.104)	-1.594*** (0.103)	-0.459*** (0.160)	-0.767*** (0.186)	-0.253 (0.384)	-0.249 (0.334)
DJU (log)	0.769* (0.449)	-0.215 (0.754)	0.0315 (0.479)	0.0850 (0.478)	-0.396 (0.527)	0.633 (0.599)	0.718 (2.006)	0.760 (1.846)
Zone climatique								
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.212* (0.127)	0.194 (0.174)	0.188 (0.128)	0.190 (0.128)	-0.0978 (0.164)	-0.113 (0.203)	-0.117 (0.172)	-0.118 (0.171)
<i>H3</i>	0.376 (0.302)	0.00266 (0.463)	0.391 (0.298)	0.416 (0.298)	-0.0356 (0.316)	0.411 (0.410)	-0.0301 (0.332)	-0.0329 (0.331)
Secteur d'activité								
<i>Commerces détail alimentaires</i>	0.976*** (0.127)	0.806*** (0.236)	1.007*** (0.144)	0.984*** (0.145)	1.005*** (0.189)	1.022*** (0.250)	1.231*** (0.437)	1.227*** (0.351)
<i>Commerces détail non alimentaires</i>	0.332*** (0.124)	0.0102 (0.267)	0.333*** (0.118)	0.351*** (0.118)	0.701*** (0.154)	0.975*** (0.259)	0.724*** (0.165)	0.738*** (0.172)
<i>Commerces gros alimentaires</i>	0.391 (0.266)	0.160 (0.382)	0.721*** (0.220)	0.760*** (0.218)	0.289 (0.177)	0.469** (0.238)	-0.0296 (0.602)	-0.0343 (0.546)
<i>Commerces gros non alimentaires</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>_m1</i>			-1.368 (1.398)	-0.767 (1.121)			-0.851 (1.450)	
<i>_m2</i>			-1.005* (0.583)				0.899 (2.610)	1.083 (2.438)
<i>_m3</i>			4.240* (2.394)	1.544 (1.356)			-0.179 (4.012)	-0.632 (2.326)
Constant	10.43*** (3.617)	18.22*** (5.896)	17.07*** (4.046)	16.63*** (4.057)	12.97*** (4.203)	12.09** (5.247)	2.801 (17.84)	2.361 (16.78)
Observations	647	647	647	647	396	396	396	396
R ²	0.671	0.775	0.681	0.680	0.636	0.598	0.636	0.636

Tableau 75 - Consommation d'électricité
Périmètre : Commerce $\cap S_1$

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité et fioul				Mix énergétique : électricité seule			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF <2000m ²	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Surface totale (log)	-0.403*** (0.0457)	-0.607*** (0.0849)	0.618*** (0.0383)	0.610*** (0.0369)	-0.497*** (0.0713)	-0.712*** (0.0715)	0.514*** (0.109)	0.543*** (0.147)	-0.374*** (0.0249)	-0.517*** (0.0433)	0.645*** (0.0649)	0.661*** (0.0439)
Période de construction												
Avant 1975	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Entre 1975 et 2000	0.0486 (0.0723)	0.0785 (0.161)	-0.141 (0.150)	-0.0922 (0.139)	-0.0200 (0.128)	0.112 (0.225)	-0.0814 (0.360)	-0.180 (0.505)	-0.0748* (0.0450)	-0.0309 (0.0957)	-0.120 (0.239)	-0.182 (0.115)
Après 2000	0.0400 (0.0915)	-0.0764 (0.208)	-0.216 (0.203)	-0.146 (0.187)	0.170 (0.241)	0.357 (0.326)	0.116 (0.427)	0.00495 (0.583)	-0.0864 (0.0553)	-0.0494 (0.117)	-0.123 (0.280)	-0.193 (0.128)
Secteur d'activité												
BFA	0.459*** (0.123)	0.376 (0.331)	0.383*** (0.143)	0.408*** (0.140)	0.890*** (0.231)	1.412*** (0.264)	0.891*** (0.308)	0.836** (0.367)	0.346*** (0.0771)	0.633*** (0.159)	0.327** (0.144)	0.295*** (0.0956)
Activité scientifique	-0.0705 (0.146)	-0.158 (0.286)	-0.0757 (0.162)	-0.0709 (0.162)	0.397 (0.290)	0.727* (0.419)	0.392 (0.341)	0.353 (0.371)	0.0847 (0.0923)	-0.0777 (0.261)	0.0682 (0.127)	0.0461 (0.111)
Services matériels	0.230* (0.128)	0.520** (0.209)	0.235** (0.105)	0.240** (0.104)	-0.108 (0.235)	0.307 (0.328)	-0.0878 (0.237)	-0.134 (0.284)	-0.143** (0.0694)	0.168 (0.145)	-0.158 (0.117)	-0.184* (0.0966)
Commerces détail alimentaires	1.503*** (0.124)	1.300*** (0.251)	1.540*** (0.127)	1.546*** (0.127)	1.311*** (0.274)	1.968*** (0.335)	1.375*** (0.339)	1.426*** (0.384)	1.106*** (0.101)	1.157*** (0.188)	1.143*** (0.158)	1.172*** (0.135)
Commerces détail non alimentaires	0.401*** (0.121)	0.530** (0.266)	0.386*** (0.121)	0.397*** (0.120)	0.770*** (0.175)	1.232*** (0.254)	0.749** (0.316)	0.671 (0.415)	0.410*** (0.0598)	0.425*** (0.128)	0.372** (0.171)	0.329*** (0.126)
Commerces gros alimentaires	0.168 (0.493)	-0.475 (0.710)	0.334 (0.387)	0.307 (0.391)	0.517 (0.429)	1.136** (0.531)	0.502 (0.437)	0.409 (0.515)	0.621*** (0.166)	0.425 (0.328)	0.542* (0.285)	0.494 (0.303)
Commerces gros non alimentaires	0.174 (0.120)	0.284 (0.300)	0.298** (0.150)	0.266* (0.146)	0.438** (0.201)	1.018*** (0.276)	0.453** (0.226)	0.439* (0.227)	-0.0793 (0.0904)	0.148 (0.214)	-0.101 (0.115)	-0.103 (0.124)
Commerce réparation véhicules	0.652*** (0.131)	1.031*** (0.266)	1.023*** (0.297)	0.922*** (0.275)	0.832*** (0.188)	1.583*** (0.285)	0.901*** (0.323)	0.963** (0.406)	-0.109 (0.115)	0.181 (0.174)	-0.0993 (0.296)	-0.0469 (0.228)
Hébergement	1.102*** (0.181)	1.900*** (0.194)	1.095*** (0.192)	1.129*** (0.191)	1.220** (0.505)	1.483*** (0.475)	1.302** (0.548)	1.369** (0.597)	0.782*** (0.188)	0.673*** (0.255)	0.854*** (0.247)	0.889*** (0.234)
Information & Communication	0.162 (0.151)	-0.255 (0.243)	0.135 (0.141)	0.146 (0.140)	0.0593 (0.399)	0.249 (0.387)	0.0745 (0.313)	0.0312 (0.348)	0.0285 (0.0816)	-0.0377 (0.168)	0.0120 (0.126)	-0.0137 (0.0983)
Restauration	1.358*** (0.109)	1.414*** (0.183)	1.341*** (0.127)	1.388*** (0.122)	1.693*** (0.235)	2.328*** (0.357)	1.865*** (0.620)	2.016** (0.821)	1.072*** (0.103)	1.167*** (0.194)	1.211*** (0.342)	1.286*** (0.315)
Services immatériels	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Nombre de salariés												
0	-1.682*** (0.157)	-1.759*** (0.216)	-1.693*** (0.131)	-1.691*** (0.131)	-1.212*** (0.288)	-2.304*** (0.506)	-1.242*** (0.248)	-1.240*** (0.248)	-1.090*** (0.103)	-0.843*** (0.224)	-1.098*** (0.0893)	-1.097*** (0.0893)
1 à 5	-0.737*** (0.112)	-0.977*** (0.173)	-0.756*** (0.103)	-0.754*** (0.103)	-0.879*** (0.230)	-2.056*** (0.489)	-0.894*** (0.206)	-0.893*** (0.206)	-0.560*** (0.0715)	-0.416** (0.208)	-0.549*** (0.0714)	-0.549*** (0.0714)
6 à 9	-0.451*** (0.102)	-0.503*** (0.143)	-0.468*** (0.105)	-0.464*** (0.105)	-0.762*** (0.244)	-1.629*** (0.492)	-0.768*** (0.221)	-0.767*** (0.221)	-0.331*** (0.0703)	0.0507 (0.204)	-0.326*** (0.0767)	-0.326*** (0.0766)
10 à 19	-0.353*** (0.0889)	-0.299** (0.142)	-0.359*** (0.0969)	-0.357*** (0.0969)	-0.457** (0.221)	-1.549*** (0.481)	-0.459** (0.215)	-0.458** (0.214)	-0.172*** (0.0657)	0.248 (0.195)	-0.172** (0.0745)	-0.172** (0.0745)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.314** (0.123)	0.630*** (0.161)	0.316** (0.132)	0.318** (0.132)	0.274 (0.331)	-0.431 (0.539)	0.272 (0.310)	0.271 (0.310)	0.120 (0.0811)	0.419* (0.226)	0.114 (0.0883)	0.114 (0.0883)
100 à 249	-0.00324 (0.187)	-0.0151 (0.229)	-0.0226 (0.153)	-0.0249 (0.153)	0.377 (0.393)	-0.614 (0.540)	0.389 (0.341)	0.389 (0.341)	-0.0451 (0.0976)	0.285 (0.205)	-0.0400 (0.0959)	-0.0402 (0.0959)
250 à 499	-0.549* (0.316)	-0.712** (0.307)	-0.552*** (0.205)	-0.552*** (0.205)	0.258 (0.343)	-0.287 (0.667)	0.115 (0.350)	0.117 (0.349)	-0.0800 (0.116)	0.211 (0.213)	-0.117 (0.105)	-0.117 (0.105)

500 ou plus	-0.979*	-0.881	-0.987***	-0.984***	0.936***	-0.710	0.898	0.891	-0.531*	-0.308	-0.507***	-0.507***
	(0.507)	(0.560)	(0.368)	(0.368)	(0.315)	(0.603)	(1.337)	(1.336)	(0.271)	(0.337)	(0.171)	(0.171)
Statut d'occupation												
Locataire												
Propriétaire	-0.215***	-0.465***	-0.0704	-0.109	-0.0610	-0.219	-0.0318	0.0216	-0.182***	-0.450***	-0.164	-0.128
	(0.0694)	(0.130)	(0.126)	(0.118)	(0.118)	(0.154)	(0.224)	(0.301)	(0.0509)	(0.107)	(0.150)	(0.0803)
Chauffage à l'électricité	0.170*	0.117	0.180	0.172	0.122	-0.696	0.162	0.163				
	(0.0975)	(0.173)	(0.110)	(0.110)	(0.274)	(0.521)	(0.299)	(0.298)				
Chauffage électrique collectif	-0.225	-0.973*	-0.228	-0.230	-4.347***	-5.519***	-4.370***	-4.381***	-0.135**	0.0833	-0.137***	-0.137***
	(0.382)	(0.559)	(0.318)	(0.318)	(0.532)	(0.841)	(1.391)	(1.384)	(0.0579)	(0.158)	(0.0519)	(0.0519)
Cuisson à l'électricité	0.107	-0.102	0.0940	0.0933	-0.190	-0.443**	-0.138	-0.139	-0.0988*	-0.405***	-0.0829	-0.0828
	(0.0801)	(0.178)	(0.0778)	(0.0778)	(0.137)	(0.223)	(0.156)	(0.156)	(0.0534)	(0.136)	(0.0552)	(0.0552)
ECS à l'électricité	0.139**	0.418***	0.134**	0.136**	-0.0403	-0.00561	-0.0500	-0.0504	0.127***	0.274***	0.128***	0.127***
	(0.0591)	(0.116)	(0.0613)	(0.0613)	(0.111)	(0.154)	(0.114)	(0.114)	(0.0447)	(0.0958)	(0.0432)	(0.0432)
Informatique intensive	0.250***	0.309**	0.263***	0.263***	0.325**	0.525**	0.342**	0.341**	0.0192	-0.0997	0.0259	0.0259
	(0.0672)	(0.147)	(0.0678)	(0.0678)	(0.136)	(0.214)	(0.140)	(0.140)	(0.0482)	(0.117)	(0.0470)	(0.0470)
Blanchisserie	-0.130	-0.331	-0.117	-0.114	0.0657	0.233	-0.123	-0.122	0.238**	0.373*	0.217**	0.217**
	(0.125)	(0.274)	(0.114)	(0.114)	(0.248)	(0.294)	(0.290)	(0.290)	(0.105)	(0.192)	(0.104)	(0.104)
Climatisation à l'électricité	0.282***	0.656***	0.284***	0.282***	0.660***	1.045***	0.620***	0.620***	0.333***	0.431***	0.339***	0.339***
	(0.0608)	(0.116)	(0.0625)	(0.0625)	(0.126)	(0.187)	(0.129)	(0.129)	(0.0430)	(0.104)	(0.0434)	(0.0434)
Réfrigération	0.00188	-0.0903	0.00629	0.00532	0.0608	-0.257	0.0412	0.0427	0.0744	0.0183	0.0859	0.0858
	(0.0851)	(0.162)	(0.0797)	(0.0797)	(0.159)	(0.234)	(0.178)	(0.178)	(0.0583)	(0.133)	(0.0582)	(0.0582)
Equipement gros consommateur	0.334***	0.102	0.328***	0.328***	0.545***	0.164	0.573***	0.574***	0.179**	0.222	0.183**	0.183**
	(0.0994)	(0.264)	(0.101)	(0.101)	(0.186)	(0.220)	(0.193)	(0.193)	(0.0883)	(0.170)	(0.0838)	(0.0837)
Qualité de l'isolation												
Très mauvaise ou mauvaise	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf
Très bonne ou bonne	0.0321	-0.233	0.0318	0.0306	-0.101	-0.0201	-0.0751	-0.0752	0.0323	-0.0291	0.0310	0.0310
	(0.0632)	(0.145)	(0.0630)	(0.0630)	(0.120)	(0.184)	(0.119)	(0.119)	(0.0444)	(0.0874)	(0.0440)	(0.0440)
Prix électricité (log)	-1.076***	-0.933***	-1.074***	-1.077***	-0.980***	-0.686***	-0.946***	-0.953***	-1.002***	-0.979***	-0.998***	-1.001***
	(0.0730)	(0.168)	(0.0630)	(0.0630)	(0.152)	(0.189)	(0.131)	(0.132)	(0.0570)	(0.0856)	(0.0408)	(0.0408)
DJU (log)	0.293	0.720	0.470	0.420	0.272	-0.134	0.387	0.556	0.0525	0.602*	0.150	0.251
	(0.233)	(0.490)	(0.291)	(0.284)	(0.502)	(0.797)	(0.730)	(0.949)	(0.166)	(0.337)	(0.402)	(0.252)
Zone climatique												
H1	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf	Réf
H2	0.0504	0.157	0.0423	0.0418	-0.0184	-0.0462	-0.00873	-0.00966	-0.111*	0.0657	-0.121**	-0.122**
	(0.0818)	(0.166)	(0.0828)	(0.0828)	(0.144)	(0.227)	(0.151)	(0.151)	(0.0580)	(0.120)	(0.0552)	(0.0551)
H3	0.0506	0.458	0.0597	0.0589	0.0489	0.115	0.0800	0.0765	-0.129	0.133	-0.123	-0.123
	(0.203)	(0.331)	(0.179)	(0.178)	(0.330)	(0.508)	(0.335)	(0.334)	(0.105)	(0.212)	(0.104)	(0.104)
m1			-0.284	-0.610			-0.335	-0.588			-0.319	
			(0.522)	(0.586)			(1.265)	(1.669)			(0.402)	
m2			0.0683				0.258	0.605			0.0227	0.403
			(0.174)				(1.594)	(1.654)			(1.571)	(0.773)
m3			1.654	0.669			-0.0389				-0.487	-0.201
			(1.214)	(0.659)			(0.181)				(1.311)	(0.764)
Constant	9.228***	6.473*	7.801***	7.993***	9.249**	12.70*	8.087	6.651	11.03***	6.985**	10.23***	9.596***
	(1.818)	(3.663)	(2.367)	(2.399)	(3.985)	(6.549)	(6.113)	(8.162)	(1.291)	(2.728)	(2.703)	(1.819)
Observations	1.980	1.980	2005	2005	606	606	613	613	4.706	4.706	4767	4767
R ²	0.398	0.434	0.630	0.630	0.333	0.457	0.557	0.557	0.259	0.270	0.506	0.506

Tableau 76 - Consommation d'électricité
Périmètre : Tertiaire \cap S₂

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité seule			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DM	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.694*** (0.0676)	0.395** (0.108)	0.732*** (0.0498)	0.719*** (0.0490)	0.692*** (0.0319)	0.528*** (0.0594)	0.703*** (0.0852)	0.97*** (0.0635)
Période de construction								
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.117 (0.109)	0.261 (0.182)	-0.805** (0.321)	-0.408* (0.218)	-0.161*** (0.0598)	-0.151 (0.133)	-0.394 (0.583)	-0.385 (0.249)
<i>Après 2000</i>	-0.0293 (0.150)	-0.0109 (0.318)	-0.903** (0.419)	-0.393 (0.290)	-0.109 (0.0717)	-0.0457 (0.168)	-0.397 (0.668)	-0.397 (0.253)
Nombre de salariés								
0	-1.409*** (0.202)	-1.728*** (0.272)	-1.421*** (0.184)	-1.407*** (0.184)	-0.740*** (0.130)	-0.259 (0.278)	-0.732*** (0.117)	-0.732*** (0.117)
1 à 5	-0.323* (0.175)	-0.776*** (0.248)	-0.336** (0.166)	-0.318* (0.166)	-0.209** (0.0895)	0.120 (0.260)	-0.202** (0.0942)	-0.201** (0.0941)
6 à 9	-0.110 (0.167)	-0.156 (0.227)	-0.119 (0.178)	-0.111 (0.178)	-0.0602 (0.0937)	0.462* (0.264)	-0.0609 (0.105)	-0.0609 (0.105)
10 à 19	-0.247* (0.142)	-0.123 (0.237)	-0.241 (0.162)	-0.228 (0.162)	-0.0167 (0.0860)	0.654*** (0.251)	-0.0157 (0.100)	-0.0156 (0.100)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.227 (0.167)	0.456* (0.243)	0.249 (0.197)	0.252 (0.197)	0.0508 (0.0962)	0.466 (0.299)	0.0541 (0.108)	0.0544 (0.108)
100 à 249	0.0965 (0.198)	0.0217 (0.255)	0.106 (0.199)	0.108 (0.199)	-0.00407 (0.107)	0.584** (0.248)	-0.00124 (0.112)	-0.000928 (0.112)
250 à 499	-0.301 (0.311)	-0.605* (0.322)	-0.285 (0.256)	-0.289 (0.257)	0.0130 (0.123)	0.581** (0.257)	0.0116 (0.119)	0.0118 (0.119)
500 ou plus	-0.890 (0.541)	-0.888 (0.622)	-0.897** (0.425)	-0.877** (0.425)	-0.501* (0.284)	0.00143 (0.377)	-0.499*** (0.190)	-0.499*** (0.189)
Statut d'occupation								
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.183* (0.100)	-0.384** (0.179)	0.341 (0.263)	0.0220 (0.186)	-0.226*** (0.0656)	-0.512*** (0.140)	-0.0511 (0.342)	-0.0486 (0.136)
Chauffage à l'électricité	0.302 (0.314)	0.442 (0.487)	0.308 (0.323)	0.319 (0.323)				
Chauffage électrique	0.0193 (0.615)	-1.711** (0.713)	0.0588 (0.636)	0.0512 (0.636)	-0.0462 (0.0674)	0.0517 (0.189)	-0.0450 (0.0631)	-0.0451 (0.0631)
Cuisson à l'électricité	-0.126 (0.127)	-0.247 (0.244)	-0.110 (0.124)	-0.128 (0.124)	-0.232*** (0.0690)	-0.632*** (0.171)	-0.228*** (0.0740)	-0.228*** (0.0740)
ECS à l'électricité	0.181** (0.0898)	0.482*** (0.175)	0.192** (0.0969)	0.193** (0.0969)	0.146** (0.0590)	0.281** (0.133)	0.144** (0.0572)	0.143** (0.0572)
Informatique intensive	0.241** (0.101)	0.256 (0.204)	0.237** (0.102)	0.237** (0.103)	0.112* (0.0624)	0.0325 (0.147)	0.111* (0.0609)	0.111* (0.0609)
Blanchisserie	-0.125 (0.195)	0.0426 (0.308)	-0.121 (0.199)	-0.131 (0.199)	0.318** (0.133)	0.563** (0.219)	0.320** (0.133)	0.320** (0.133)
Climatisation à	0.473***	0.712***	0.462***	0.469***	0.429***	0.630***	0.429***	0.429***

Réfrigération	(0.0952) -0.0729 (0.138)	(0.179) -0.349 (0.225)	(0.0996) -0.0661 (0.135)	(0.0996) -0.0674 (0.135)	(0.0573) -0.115 (0.0781)	(0.154) -0.179 (0.192)	(0.0586) -0.117 (0.0816)	(0.0585) -0.117 (0.0815)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.745*** (0.183)	0.493 (0.327)	0.762*** (0.220)	0.762*** (0.220)	0.302** (0.146)	0.396 (0.258)	0.304** (0.141)	0.304** (0.141)
Qualité de l'isolation <i>Très mauvaise ou mauvaise</i>								
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.0238 (0.0977)	-0.377** (0.190)	-0.0263 (0.0974)	-0.0319 (0.0974)	-0.000903 (0.0604)	-0.242* (0.125)	0.000489 (0.0600)	0.000483 (0.0600)
Prix électricité (log)	-1.033*** (0.106)	-0.899*** (0.227)	-0.987*** (0.102)	-1.021*** (0.102)	-0.996*** (0.0729)	-1.014*** (0.115)	-0.974*** (0.0779)	-0.966*** (0.0831)
DJU (log)	0.314 (0.351)	1.001 (0.643)	1.171** (0.504)	0.722* (0.431)	0.154 (0.223)	0.527 (0.476)	0.377 (0.746)	0.358 (0.401)
Zone climatique								
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	-0.0342 (0.130)	0.0256 (0.236)	-0.0184 (0.127)	-0.0288 (0.127)	-0.102 (0.0773)	0.000458 (0.170)	-0.0991 (0.0741)	-0.0988 (0.0739)
<i>H3</i>	0.152 (0.278)	0.564 (0.424)	0.215 (0.283)	0.189 (0.282)	-0.157 (0.138)	-0.0972 (0.317)	-0.145 (0.140)	-0.144 (0.140)
Secteur d'activité								
<i>BFA</i>	0.387*** (0.128)	0.244 (0.316)	0.0719 (0.195)	0.246 (0.166)	0.273*** (0.0791)	0.529*** (0.161)	0.190 (0.248)	0.193 (0.125)
<i>Activité scientifique</i>	-0.105 (0.154)	-0.275 (0.289)	-0.173 (0.177)	-0.149 (0.176)	0.0930 (0.0939)	-0.0735 (0.263)	0.0840 (0.151)	0.0910 (0.128)
<i>Services matériels</i>	0.196 (0.131)	0.452** (0.209)	0.150 (0.117)	0.157 (0.117)	-0.114 (0.0703)	0.118 (0.145)	-0.121 (0.193)	-0.107 (0.158)
<i>Information & Communication</i>	0.163 (0.153)	-0.243 (0.250)	0.0475 (0.154)	0.0901 (0.153)	0.00316 (0.0822)	-0.0795 (0.171)	-0.0261 (0.165)	-0.0197 (0.120)
<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
m1			-1.354 (0.909)	-1.046 (1.010)			-1.015 (1.171)	
m2			0.273 (0.232)				-0.934 (3.707)	-0.795 (1.686)
m3			5.411* (2.905)	1.010 (1.151)			1.557 (3.563)	1.474 (1.758)
Constant	8.208*** (2.729)	4.160 (4.850)	1.127 (3.989)	4.370 (3.621)	9.715*** (1.734)	7.284* (3.782)	8.186* (4.537)	8.306*** (2.636)
Observations	981	981	981	981	2,907	2,907	2907	2907
R ²	0.591	0.460	0.594	0.592	0.472	0.361	0.472	0.472

Tableau 77 - Consommation d'électricité
Périmètre : Bureaux \cap S₂

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité seule			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.499*** (0.0687)	0.417*** (0.157)	0.418*** (0.0957)	0.392*** (0.0848)	0.541*** (0.0455)	0.480*** (0.0727)	0.878*** (0.116)	0.576*** (0.0654)
Période de construction								
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.142 (0.138)	-0.339 (0.349)	0.322 (0.252)	0.389* (0.213)	0.0903 (0.0731)	0.200 (0.152)	-0.498** (0.234)	0.128 (0.123)
<i>Après 2000</i>	0.0409 (0.180)	-0.395 (0.368)	0.256 (0.388)	0.378 (0.313)	-0.0686 (0.101)	-0.0886 (0.181)	-0.883** (0.344)	0.0454 (0.186)
Nombre de salariés								
<i>0</i>	-1.971*** (0.392)	-1.838*** (0.509)	-1.995*** (0.313)	-2.007*** (0.313)	-1.642*** (0.210)	-1.626*** (0.292)	-1.616*** (0.163)	-1.641*** (0.164)
<i>1 à 5</i>	-0.974*** (0.191)	-0.998*** (0.322)	-0.957*** (0.200)	-0.971*** (0.200)	-1.107*** (0.136)	-1.189*** (0.215)	-1.097*** (0.124)	-1.110*** (0.124)
<i>6 à 9</i>	-0.547*** (0.171)	-0.474* (0.257)	-0.566*** (0.187)	-0.575*** (0.187)	-0.768*** (0.124)	-0.746*** (0.166)	-0.762*** (0.124)	-0.769*** (0.125)
<i>10 à 19</i>	-0.432*** (0.159)	-0.274 (0.240)	-0.414** (0.179)	-0.425** (0.179)	-0.458*** (0.116)	-0.518*** (0.139)	-0.448*** (0.123)	-0.459*** (0.123)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	0.450** (0.184)	0.929*** (0.327)	0.400 (0.254)	0.408 (0.254)	0.430** (0.181)	0.367** (0.180)	0.428** (0.199)	0.437** (0.199)
<i>100 à 249</i>	0.456 (0.806)	0.660 (0.968)	0.411 (0.460)	0.407 (0.461)	0.164 (0.297)	-0.0462 (0.303)	0.174 (0.244)	0.165 (0.245)
<i>250 à 499</i>			0 (0)	0 (0)	-0.570 (0.473)	-0.369 (0.729)	-0.667 (0.668)	-0.606 (0.670)
<i>500 ou plus</i>	-0.961*** (0.223)	-1.507*** (0.517)	-0.930 (1.168)	-0.941 (1.170)	0.723 (1.195)	0.624 (1.972)	0.691 (0.814)	0.729 (0.816)
Statut d'occupation								
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.285** (0.135)	-0.668** (0.279)	-0.480* (0.263)	-0.532** (0.234)	-0.138* (0.0829)	-0.306* (0.181)	0.424* (0.245)	-0.202 (0.145)
Chauffage à l'électricité	0.0128 (0.176)	0.0700 (0.327)	-0.00317 (0.200)	-0.00617 (0.200)				
Chauffage électrique collectif	0.493 (0.320)	0.642 (0.768)	0.476 (0.853)	0.480 (0.854)	-0.392*** (0.128)	0.123 (0.318)	-0.389*** (0.102)	-0.393*** (0.102)
Cuisson à l'électricité	0.191 (0.137)	-0.206 (0.286)	0.175 (0.142)	0.185 (0.140)	0.112 (0.0942)	0.0785 (0.289)	0.0972 (0.0938)	0.115 (0.0939)
ECS à l'électricité	0.101 (0.106)	0.540*** (0.191)	0.111 (0.114)	0.115 (0.114)	0.0923 (0.0724)	0.280** (0.141)	0.0874 (0.0710)	0.0910 (0.0712)
Informatique intensive	0.241* (0.127)	0.515* (0.274)	0.223* (0.130)	0.233* (0.130)	-0.192** (0.0861)	-0.307 (0.219)	-0.192** (0.0819)	-0.191** (0.0822)

Blanchisserie	-0.226 (0.576)	-0.779 (0.884)	-0.219 (0.335)	-0.240 (0.335)	-0.142 (0.281)	-0.397 (0.712)	-0.102 (0.250)	-0.134 (0.250)
Climatisation à l'électricité	-0.0177 (0.110)	0.494** (0.216)	0.00871 (0.116)	0.00403 (0.116)	0.113 (0.0706)	0.228 (0.157)	0.118* (0.0695)	0.115* (0.0697)
Réfrigération	0.126 (0.146)	0.0310 (0.290)	0.133 (0.142)	0.137 (0.143)	0.225** (0.0955)	0.218 (0.193)	0.231** (0.0897)	0.224** (0.0900)
Equipement gros consommateur d'électricité	0.159 (0.174)	-0.562 (0.488)	0.130 (0.163)	0.137 (0.164)	-0.0598 (0.145)	-0.0639 (0.294)	-0.0472 (0.121)	-0.0620 (0.121)
Qualité de l'isolation								
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.209* (0.116)	-0.0971 (0.299)	0.209* (0.117)	0.213* (0.117)	0.0206 (0.0709)	0.104 (0.140)	0.00812 (0.0692)	0.0213 (0.0692)
Prix électricité (log)	-1.204*** (0.130)	-1.233*** (0.298)	-1.192*** (0.120)	-1.180*** (0.121)	-0.985*** (0.111)	-0.905*** (0.153)	-0.921*** (0.0754)	-0.935*** (0.0786)
DJU (log)	0.184 (0.425)	-0.682 (1.109)	-0.317 (0.623)	-0.426 (0.573)	-0.136 (0.284)	0.541 (0.546)	1.854*** (0.703)	0.0812 (0.427)
Zone climatique								
<i>H1</i>								
<i>H2</i>	0.163 (0.137)	0.298 (0.291)	0.164 (0.161)	0.162 (0.161)	-0.201** (0.101)	-0.0102 (0.200)	-0.232** (0.0923)	-0.204** (0.0921)
<i>H3</i>	0.226 (0.469)	0.230 (0.747)	0.126 (0.393)	0.162 (0.393)	-0.233 (0.186)	0.143 (0.331)	-0.263 (0.173)	-0.233 (0.173)
Secteur d'activité								
<i>Commerces détail alimentaires</i>	1.302*** (0.171)	1.067*** (0.358)	1.218*** (0.195)	1.250*** (0.185)	1.035*** (0.134)	0.900*** (0.264)	1.676*** (0.276)	1.283*** (0.268)
<i>Commerces détail non alimentaires</i>	0.301* (0.156)	0.320 (0.367)	0.453** (0.227)	0.505*** (0.195)	0.564*** (0.0902)	0.363* (0.212)	0.0786 (0.196)	0.590*** (0.110)
<i>Commerces gros alimentaires</i>	-0.0531 (0.477)	-0.817 (0.749)	0.0403 (0.368)	0.0510 (0.375)	0.588*** (0.174)	0.146 (0.386)	-0.138 (0.297)	0.353 (0.271)
<i>Commerces gros non alimentaires</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>_m1</i>			1.287 (0.841)	1.118 (1.119)	13.29*** (2.218)	7.889* (4.449)	2.414*** (0.911)	
<i>_m2</i>			-0.183 (0.320)				9.032*** (2.760)	1.277 (1.147)
<i>_m3</i>			-0.584 (2.601)	-0.987 (1.242)	0.561	0.401	4.238* (2.378)	-1.463 (1.281)
Constant	11.46*** (3.257)	19.00** (8.160)	16.47*** (5.045)	17.29*** (4.817)			-1.073 (5.144)	11.28*** (3.416)
Observations	500	500	500	500	1387	1387	1387	1387
R ²	0.652	0.568	0.658	0.658	0.561	0.401	0.564	0.561

Tableau 78 - Consommation d'électricité
Périmètre : Commerces \cap S₂

VARIABLES	Mix énergétique : électricité et gaz				Mix énergétique : électricité seule			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.371*** (0.0973)	0.317** (0.147)	0.395*** (0.136)	0.407*** (0.136)	0.484*** (0.100)	0.345** (0.143)	1.332 (0.859)	1.165** (0.578)
Période de construction								
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	0.201 (0.151)	0.123 (0.208)	0.283 (0.436)	0.353 (0.443)	-0.0802 (0.171)	-0.154 (0.270)	-1.909 (2.246)	-1.409 (1.289)
<i>Après 2000</i>	0.0882 (0.173)	0.345 (0.236)	0.299 (0.485)	0.439 (0.500)	-0.0961 (0.203)	0.404 (0.324)	-1.243 (1.734)	-0.821 (0.923)
Nombre de salariés								
<i>0</i>	-1.418*** (0.385)	-1.352*** (0.374)	-1.433*** (0.344)	-1.447*** (0.343)	-1.668*** (0.320)	-1.866*** (0.353)	-1.653*** (0.351)	-1.644*** (0.349)
<i>1 à 5</i>	-1.203*** (0.231)	-1.087*** (0.233)	-1.206*** (0.200)	-1.221*** (0.198)	-1.285*** (0.305)	-1.679*** (0.405)	-1.278*** (0.293)	-1.260*** (0.289)
<i>6 à 9</i>	-0.870*** (0.233)	-0.892*** (0.231)	-0.870*** (0.204)	-0.878*** (0.204)	-0.574* (0.292)	-0.418 (0.331)	-0.577* (0.301)	-0.557* (0.297)
<i>10 à 19</i>	-0.426** (0.181)	-0.407** (0.202)	-0.422** (0.183)	-0.425** (0.183)	-0.628** (0.255)	-0.685** (0.288)	-0.602** (0.276)	-0.601** (0.276)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	0.489* (0.265)	0.731** (0.313)	0.491* (0.260)	0.494* (0.260)	0.484** (0.243)	0.423 (0.267)	0.454 (0.300)	0.453 (0.300)
<i>100 à 249</i>	-0.808 (0.643)	-0.810 (0.675)	-0.787* (0.468)	-0.788* (0.468)	0.448 (0.567)	0.533 (0.646)	0.370 (0.516)	0.464 (0.487)
<i>250 à 499</i>	-3.460*** (0.287)	-2.961*** (0.368)	-3.420*** (1.112)	-3.440*** (1.109)	-0.511 (1.302)	-0.119 (0.377)	-0.498 (0.963)	-0.374 (0.929)
<i>500 ou plus</i>							-0.547 (1.276)	-0.551 (1.276)
Statut d'occupation								
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.215 (0.145)	-0.452** (0.183)	-0.302 (0.195)	-0.360* (0.184)	-0.164 (0.241)	-0.299 (0.407)	-0.484* (0.293)	-0.484 (0.317)
Chauffage à l'électricité	0.262* (0.141)	0.252 (0.188)	0.259* (0.144)	0.257* (0.144)				
Chauffage électrique collectif	-0.527 (0.636)	0.0378 (0.275)	-0.506 (0.404)	-0.493 (0.403)	-0.579** (0.268)	-0.855** (0.375)	-0.549* (0.281)	-0.551** (0.281)
Cuisson à l'électricité	0.440*** (0.161)	0.490* (0.292)	0.459*** (0.162)	0.447*** (0.160)	0.201 (0.216)	-0.122 (0.286)	0.197 (0.198)	0.196 (0.198)
ECS à l'électricité	0.0636 (0.143)	0.171 (0.166)	0.0769 (0.132)	0.0786 (0.132)	0.0351 (0.237)	0.372 (0.418)	0.0433 (0.211)	0.0423 (0.210)
Informatique intensive	0.412*** (0.131)	0.417** (0.163)	0.398*** (0.149)	0.405*** (0.148)	-0.0416 (0.168)	-0.158 (0.200)	-0.0230 (0.207)	-0.0368 (0.205)

Blanchisserie	-0.0801 (0.141)	-0.210 (0.167)	-0.0819 (0.151)	-0.0817 (0.151)	0.137 (0.202)	0.481* (0.253)	0.0874 (0.256)	0.0893 (0.256)
Climatisation à l'électricité	0.339** (0.138)	0.372** (0.160)	0.335*** (0.126)	0.336*** (0.125)	0.263 (0.170)	0.0801 (0.187)	0.277 (0.181)	0.271 (0.180)
Réfrigération	0.142 (0.159)	-0.0145 (0.183)	0.167 (0.143)	0.164 (0.142)	0.602** (0.238)	0.485 (0.356)	0.627*** (0.209)	0.630*** (0.208)
Équipement gros consommateur d'électricité	-0.0353 (0.200)	0.0583 (0.207)	-0.0570 (0.182)	-0.0581 (0.182)	0.280 (0.211)	0.462* (0.250)	0.275 (0.211)	0.281 (0.210)
Qualité de l'isolation								
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.127 (0.131)	-0.0773 (0.160)	-0.128 (0.130)	-0.130 (0.130)	0.0531 (0.182)	0.141 (0.184)	0.0588 (0.191)	0.0635 (0.191)
Prix électricité (log)	-0.782*** (0.152)	-0.471*** (0.181)	-0.824*** (0.154)	-0.857*** (0.151)	-0.941*** (0.127)	-0.997*** (0.128)	-1.024*** (0.165)	-1.036*** (0.165)
DJU (log)	0.451 (0.434)	-0.0315 (0.533)	0.169 (0.634)	0.00264 (0.626)	0.470 (0.566)	0.817 (0.568)	0.700 (1.118)	0.442 (0.732)
H2	0.0676 (0.144)	-0.174 (0.199)	0.0596 (0.167)	0.0616 (0.167)	0.204 (0.205)	0.287 (0.308)	0.197 (0.210)	0.194 (0.209)
H3	-0.0171 (0.396)	-0.288 (0.356)	-0.0970 (0.316)	-0.0839 (0.314)	0.546 (0.387)	0.893** (0.439)	0.551 (0.386)	0.536 (0.384)
Secteur d'activité								
<i>Restauration</i>	-0.0373 (0.241)	-0.555** (0.242)	0.119 (0.290)	0.193 (0.279)	-0.183 (0.254)	0.358 (0.407)	1.321 (1.364)	1.083 (1.030)
<i>Hébergement</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
_m1			2.903 (2.460)		-0.572 (0.409)	0.392 (0.432)	-2.050 (2.677)	4.499 (3.377)
_m2			1.650 (1.250)	1.819 (1.886)	9.187** (4.425)	7.153* (4.271)	5.562 (6.303)	-3.641 (2.848)
_m3			-1.413 (4.103)	-2.581 (2.278)			-4.709 (4.292)	9.320 (5.741)
Constant	9.350*** (3.363)	12.34*** (4.117)	11.83** (5.441)	12.97** (5.626)			7.160 (8.053)	9.320 (5.741)
Observations	391	391	391	391	275	275	275	275
R ²	0.553	0.459	0.556	0.556	0.613	0.478	0.618	0.616

Tableau 79 - Consommation d'électricité
Périmètre : Hôtellerie-Restauration $\cap S_2$

VARIABLES	>2000m ²				<2000m ²			
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.443*** (0.0586)	0.549*** (0.110)	0.159* (0.0880)	0.358*** (0.0758)	0.437*** (0.0424)	0.451*** (0.0733)	0.387*** (0.0729)	0.424*** (0.0795)
Période de construction								
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.157** (0.0774)	-0.170 (0.167)	-0.339** (0.137)	-0.238 (0.154)	-0.0227 (0.0647)	0.198 (0.126)	-0.0358 (0.240)	-0.179 (0.312)
<i>Après 2000</i>	-0.0289 (0.103)	-0.349** (0.167)	-0.0737 (0.191)	-0.0693 (0.218)	-0.244** (0.0992)	-0.355* (0.200)	-0.308 (0.279)	-0.474 (0.380)
Secteur d'activité								
<i>BFA</i>	0.262* (0.140)	-0.445 (0.367)	0.218 (0.147)	0.207 (0.148)	0.183 (0.123)	-0.110 (0.290)	0.233 (0.175)	0.155 (0.204)
<i>Activité scientifique</i>	0.503*** (0.156)	0.190 (0.202)	0.121 (0.198)	0.363* (0.194)	0.152 (0.137)	0.0514 (0.194)	0.257 (0.182)	0.204 (0.183)
<i>Services matériels</i>	-0.0675 (0.319)	-1.206*** (0.179)	-0.834*** (0.292)	-0.328 (0.274)	0.208* (0.118)	0.484*** (0.172)	0.360** (0.147)	0.303** (0.142)
<i>Commerces détail alimentaires</i>	0.363*** (0.138)	0.283** (0.143)	0.0933 (0.210)	0.282 (0.226)	0.599*** (0.115)	0.154 (0.232)	0.561*** (0.170)	0.635*** (0.166)
<i>Commerces détail non alimentaires</i>	-0.251 (0.174)	-0.0801 (0.178)	-0.415** (0.191)	-0.302 (0.203)	-0.0799 (0.115)	0.142 (0.181)	0.124 (0.205)	0.0276 (0.207)
<i>Commerces gros alimentaires</i>	-0.0116 (0.203)	-0.455 (0.279)	0.660** (0.274)	0.289 (0.268)	0.210 (0.407)	-0.448 (0.640)	0.751 (0.464)	0.662 (0.408)
<i>Commerces gros non alimentaires</i>	0.0243 (0.141)	-0.293** (0.138)	-0.0908 (0.191)	-0.0264 (0.207)	0.299*** (0.111)	-0.0292 (0.169)	0.511*** (0.154)	0.507*** (0.144)
<i>Commerce & réparation véhicules</i>	0.445*** (0.158)	0.267 (0.212)	-0.428 (0.424)	0.287 (0.441)	0.488*** (0.134)	0.196 (0.320)	0.872*** (0.295)	0.974** (0.386)
<i>Hébergement</i>	0.717*** (0.209)	0.478** (0.233)	-0.308 (0.308)	0.358 (0.265)	1.180*** (0.177)	1.186*** (0.422)	1.086*** (0.239)	1.177*** (0.218)
<i>Information & Communication</i>	0.277* (0.151)	0.0485 (0.125)	0.408** (0.162)	0.305* (0.167)	-0.291* (0.157)	-0.543** (0.274)	-0.193 (0.166)	-0.251 (0.173)
<i>Restauration</i>	0.573** (0.222)	0.538** (0.248)	-0.566 (0.344)	0.148 (0.294)	0.947*** (0.103)	0.911*** (0.169)	0.665* (0.356)	0.852*** (0.293)
<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Nombre de salariés								
<i>0</i>	-0.414 (0.573)	-0.177 (0.162)	-0.450 (0.677)	-0.415 (0.681)	-1.645*** (0.153)	-1.605*** (0.204)	-1.649*** (0.129)	-1.648*** (0.128)
<i>1 à 5</i>	-0.525 (0.389)	-0.605* (0.322)	-0.522 (0.333)	-0.541 (0.335)	-0.686*** (0.108)	-0.746*** (0.151)	-0.709*** (0.0995)	-0.710*** (0.0994)
<i>6 à 9</i>	-0.288 (0.199)	-0.716*** (0.210)	-0.283 (0.261)	-0.248 (0.262)	-0.422*** (0.103)	-0.394*** (0.137)	-0.439*** (0.101)	-0.440*** (0.101)
<i>10 à 19</i>	-0.409** (0.204)	-0.354** (0.176)	-0.390** (0.180)	-0.368** (0.181)	-0.105 (0.0910)	-0.0901 (0.132)	-0.117 (0.0939)	-0.117 (0.0939)

20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.239** (0.114)	0.235** (0.110)	0.255** (0.111)	0.254** (0.112)	0.405*** (0.117)	0.453*** (0.142)	0.399*** (0.128)	0.402*** (0.128)
100 à 249	0.470*** (0.109)	0.414*** (0.118)	0.488*** (0.114)	0.498*** (0.114)	0.602*** (0.169)	0.611*** (0.216)	0.566*** (0.150)	0.563*** (0.150)
250 à 499	0.536*** (0.133)	0.359** (0.157)	0.554*** (0.131)	0.556*** (0.132)	0.573* (0.303)	0.451 (0.356)	0.449** (0.201)	0.447** (0.201)
500 ou plus	0.550*** (0.179)	0.709** (0.348)	0.539*** (0.173)	0.559*** (0.174)	-0.00600 (0.396)	-0.191 (0.405)	-0.0216 (0.360)	-0.0248 (0.360)
Statut d'occupation								
Locataire	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Propriétaire	0.112* (0.0664)	0.210* (0.117)	-0.404** (0.164)	-0.0376 (0.148)	-0.117* (0.0651)	-0.278** (0.116)	-0.0430 (0.155)	0.0383 (0.208)
Chauffage au gaz	0.147 (0.157)	0.577*** (0.201)	0.147 (0.145)	0.147 (0.146)	0.266*** (0.0948)	0.296* (0.159)	0.254*** (0.0922)	0.260*** (0.0918)
Chauffage au gaz collectif	0.0298 (0.0803)	-0.109 (0.146)	0.0270 (0.0776)	0.0451 (0.0780)	-0.171** (0.0813)	-0.547*** (0.156)	-0.140* (0.0716)	-0.139* (0.0716)
Cuisson au gaz	0.174* (0.0899)	0.229 (0.219)	0.187** (0.0923)	0.180* (0.0929)	-0.127 (0.0909)	-0.158 (0.141)	-0.133 (0.0844)	-0.134 (0.0845)
ECS au gaz	0.271*** (0.0703)	0.424*** (0.144)	0.264*** (0.0727)	0.271*** (0.0731)	-0.0780 (0.0574)	-0.289** (0.114)	-0.0726 (0.0572)	-0.0723 (0.0572)
Equipement gros consommateur de gaz	0.126* (0.0706)	-0.0592 (0.148)	0.137* (0.0735)	0.143* (0.0739)	0.255*** (0.0875)	0.126 (0.167)	0.246*** (0.0924)	0.246*** (0.0924)
Qualité de l'isolation								
Très mauvaise ou mauvaise	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Très bonne ou bonne	-0.0661 (0.0747)	0.00623 (0.157)	-0.0741 (0.0711)	-0.0720 (0.0715)	-0.154** (0.0603)	-0.293*** (0.112)	-0.151** (0.0611)	-0.150** (0.0611)
Prix gaz (log)	-1.411*** (0.155)	-1.124*** (0.203)	-0.284 (0.232)	-1.026*** (0.140)	-1.058*** (0.0644)	-0.934*** (0.123)	-0.798*** (0.284)	-0.954*** (0.252)
DJU (log)	1.105*** (0.280)	0.0463 (0.417)	-0.383 (0.440)	0.626* (0.365)	0.439* (0.227)	0.750 (0.467)	0.236 (0.452)	0.476 (0.525)
Zone climatique								
H1	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
H2	-0.00400 (0.0935)	-0.397*** (0.124)	-0.0294 (0.0990)	-0.0151 (0.0995)	0.0960 (0.0806)	0.264* (0.147)	0.0859 (0.0805)	0.0852 (0.0805)
H3	0.344 (0.224)	0.0148 (0.287)	0.364 (0.224)	0.364 (0.225)	0.330* (0.189)	0.651* (0.358)	0.319* (0.173)	0.318* (0.173)
m1			0.943 (1.030)	-0.720 (0.739)			-0.670 (0.731)	-1.027 (0.961)
m2			-1.507*** (0.371)				-0.681 (0.480)	
m3			7.463*** (1.685)	1.585* (0.860)			1.606 (1.180)	1.336 (0.845)
Constant	5.269** (2.323)	11.38*** (3.666)	17.16*** (3.632)	8.751*** (3.030)	8.917*** (1.769)	6.261* (3.745)	10.13*** (3.448)	8.215** (4.134)
Observations	1345	1345	1348	1348	2014	2014	2039	2039
R ²	0.43	0.562	0.429	0.437	0.537	0.524	0.542	0.543

Tableau 80 - Consommation de gaz
Périmètre : Tertiaire \cap S₁ et Tertiaire \cap S₂

VARIABLES	>2000m ²				<2000m ²			
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.639*** (0.104)	1.076*** (0.127)	0.342** (0.135)	0.165 (0.158)	0.513*** (0.0627)	0.488*** (0.104)	0.501*** (0.0724)	0.504*** (0.0867)
Période de construction								
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.168 (0.130)	-0.206 (0.172)	0.0956 (0.243)	0.744*** (0.285)	0.0696 (0.103)	0.377** (0.178)	-0.198 (0.427)	-0.0916 (0.636)
<i>Après 2000</i>	0.146 (0.176)	-0.252 (0.228)	0.689** (0.327)	1.409*** (0.387)	-0.292* (0.172)	-0.345 (0.319)	-0.655 (0.503)	-0.519 (0.752)
Nombre de salariés								
0	-1.930*** (0.336)	-1.739*** (0.401)	-2.230* (1.219)	-2.090* (1.238)	-1.307*** (0.230)	-1.352*** (0.287)	-1.311*** (0.189)	-1.305*** (0.189)
1 à 5	-1.405 (0.878)	-1.204** (0.590)	-1.370** (0.642)	-1.407** (0.651)	-0.449** (0.180)	-0.501** (0.235)	-0.459*** (0.163)	-0.450*** (0.162)
6 à 9	0.378 (0.238)	0.197 (0.267)	0.443 (0.889)	0.663 (0.900)	-0.317* (0.167)	-0.285 (0.222)	-0.319* (0.176)	-0.315* (0.176)
10 à 19	-0.654 (0.530)	-0.520*** (0.160)	-0.490 (0.724)	-0.560 (0.734)	-0.0239 (0.153)	0.0558 (0.231)	-0.0331 (0.159)	-0.0280 (0.159)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.153 (0.247)	0.580*** (0.206)	0.156 (0.289)	0.137 (0.293)	0.391** (0.169)	0.461** (0.186)	0.386** (0.193)	0.389** (0.192)
100 à 249	0.126 (0.204)	0.349** (0.172)	0.207 (0.262)	0.157 (0.265)	0.662*** (0.210)	0.653*** (0.250)	0.656*** (0.194)	0.656*** (0.194)
250 à 499	0.134 (0.201)	0.0909 (0.147)	0.137 (0.263)	0.0884 (0.267)	0.525* (0.318)	0.448 (0.389)	0.530** (0.252)	0.528** (0.252)
500 ou plus	0.199 (0.223)	-0.0568 (0.192)	0.169 (0.286)	0.148 (0.290)	0.0361 (0.434)	-0.144 (0.485)	0.0317 (0.417)	0.0400 (0.416)
Statut d'occupation								
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.0873 (0.114)	0.0907 (0.141)	-0.977*** (0.234)	-0.883*** (0.257)	-0.174* (0.0953)	-0.363** (0.167)	0.0799 (0.291)	-0.0185 (0.418)
Chauffage au gaz	0.0420 (0.599)	0.0190 (0.758)	0.0768 (0.345)	0.0602 (0.350)	0.434 (0.280)	0.673* (0.401)	0.443* (0.228)	0.440* (0.228)
Chauffage au gaz collectif	0.0259 (0.116)	-0.207 (0.191)	0.0421 (0.120)	0.0637 (0.121)	-0.216** (0.102)	-0.354* (0.191)	-0.217** (0.0957)	-0.218** (0.0955)
Cuisson au gaz	0.0177 (0.163)	0.265 (0.199)	0.137 (0.168)	0.117 (0.171)	-0.449** (0.192)	-0.189 (0.212)	-0.449*** (0.160)	-0.451*** (0.160)
ECS au gaz	0.326*** (0.104)	0.133 (0.168)	0.284** (0.126)	0.302** (0.128)	-0.133 (0.0864)	-0.331** (0.164)	-0.133 (0.0866)	-0.131 (0.0866)
Equipement gros consommateur de gaz	-0.0163 (0.127)	-0.683*** (0.168)	0.00126 (0.138)	0.00821 (0.139)	0.394** (0.173)	0.263 (0.248)	0.393* (0.206)	0.393* (0.205)
Qualité de l'isolation								

<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>								
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.153 (0.121)	0.518* (0.268)	-0.153 (0.116)	-0.123 (0.118)	-0.305*** (0.0913)	-0.583*** (0.173)	-0.292*** (0.0957)	-0.295*** (0.0957)
<i>Prix gaz (log)</i>	-1.378*** (0.364)	-1.145*** (0.341)	0.387 (0.312)	-0.419* (0.234)	-0.928*** (0.0902)	-0.882*** (0.164)	-0.838** (0.391)	-0.880* (0.467)
<i>DJU (log)</i>	1.096*** (0.400)	0.335 (0.531)	-0.429 (0.585)	0.186 (0.571)	0.796** (0.355)	1.121* (0.653)	1.102* (0.635)	0.983 (0.879)
<i>Zone climatique</i>								
<i>H1</i>								
<i>H2</i>	0.124 (0.150)	-0.105 (0.193)	-0.00850 (0.170)	0.0614 (0.172)	0.129 (0.120)	0.293 (0.213)	0.147 (0.124)	0.142 (0.124)
<i>H3</i>	0.451 (0.294)	0.219 (0.390)	0.317 (0.372)	0.365 (0.377)	0.371 (0.306)	0.842* (0.499)	0.440 (0.277)	0.419 (0.276)
<i>Secteur d'activité</i>								
<i>BFA</i>	0.191 (0.149)	-0.198* (0.118)	0.299* (0.158)	0.355** (0.164)	0.147 (0.124)	-0.113 (0.292)	0.0249 (0.223)	0.0712 (0.304)
<i>Activité scientifique</i>	0.438*** (0.163)	0.298 (0.201)	-0.0120 (0.200)	0.00270 (0.212)	0.129 (0.138)	0.0867 (0.203)	0.120 (0.189)	0.121 (0.202)
<i>Services matériels</i>	-0.141 (0.331)	0.137 (0.263)	-1.117*** (0.298)	-1.144*** (0.329)	0.237** (0.119)	0.495*** (0.180)	0.270 (0.167)	0.258 (0.185)
<i>Information & Communication</i>	0.258 (0.160)	0.281* (0.158)	0.448** (0.202)	-0.119 (0.199)	-0.304* (0.155)	-0.567** (0.261)	-0.318* (0.173)	-0.313 (0.199)
<i>Services immatériels</i>								
<i>_m1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
			1.646* (0.923)	2.619** (1.026)			-1.400 (1.027)	-1.124 (1.824)
<i>_m2</i>			-2.000*** (0.402)				-0.368 (0.575)	
<i>_m3</i>			10.17*** (2.860)	-2.037* (1.151)			3.216 (2.699)	1.356 (1.679)
<i>Constant</i>	4.001 (3.295)	5.161 (3.940)	14.52*** (4.609)	13.03*** (4.762)	5.132* (2.758)	2.654 (5.193)	2.504 (4.586)	3.333 (6.488)
Observations	493	493	493	493	985	985	985	985
R ²	0.371	0.727	0.419	0.40	0.536	0.454	0.538	0.537

Tableau 81 - Consommation de gaz
Périmètre : Bureaux $\cap S_1$ et Bureaux $\cap S_2$

VARIABLES	>2000m ²				<2000m ²			
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.330*** (0.0870)	0.266 (0.177)	0.755*** (0.126)	0.765*** (0.114)	0.342*** (0.0724)	0.434*** (0.0797)	0.0921 (0.159)	0.229 (0.224)
Période de construction								
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.178 (0.122)	0.125 (0.239)	-0.753*** (0.230)	-0.910*** (0.185)	-0.0363 (0.118)	-0.126 (0.198)	0.348 (0.296)	0.0480 (0.470)
<i>Après 2000</i>	-0.0491 (0.152)	0.248 (0.271)	-1.348*** (0.296)	-1.584*** (0.281)	-0.288* (0.170)	-0.606** (0.257)	0.178 (0.417)	-0.256 (0.677)
Nombre de salariés								
0	0.313 (0.228)	0.0294 (0.282)	0.207 (1.158)	0.237 (1.155)	-2.059*** (0.320)	-1.814*** (0.340)	-2.061*** (0.302)	-2.070*** (0.301)
1 à 5	0.518 (0.502)	0.355 (0.269)	0.408 (0.821)	0.443 (0.819)	-0.916*** (0.200)	-0.943*** (0.263)	-0.931*** (0.195)	-0.950*** (0.194)
6 à 9	-0.262 (0.288)	-0.560 (0.365)	-0.215 (0.363)	-0.212 (0.363)	-0.649*** (0.185)	-0.673*** (0.243)	-0.648*** (0.184)	-0.668*** (0.183)
10 à 19	-0.570* (0.328)	-0.563** (0.282)	-0.618*** (0.239)	-0.650*** (0.237)	-0.206 (0.161)	-0.214 (0.227)	-0.199 (0.173)	-0.215 (0.173)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.258 (0.159)	0.208 (0.157)	0.305** (0.148)	0.295** (0.148)	0.549** (0.224)	0.723** (0.294)	0.558** (0.249)	0.557** (0.248)
100 à 249	0.605*** (0.159)	0.560*** (0.195)	0.560*** (0.158)	0.548*** (0.158)	0.0914 (0.333)	0.0139 (0.365)	0.0536 (0.454)	0.0540 (0.453)
250 à 499	0.690*** (0.192)	0.645** (0.282)	0.626*** (0.196)	0.614*** (0.195)			0 (0)	0 (0)
500 ou plus	0.512* (0.308)	1.743*** (0.488)	0.415 (0.308)	0.401 (0.308)	-0.323 (0.201)	-0.815** (0.337)	-0.295 (1.164)	-0.309 (1.161)
Statut d'occupation								
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	0.169* (0.0940)	0.429*** (0.154)	1.261*** (0.195)	1.362*** (0.203)	-0.141 (0.125)	-0.264 (0.174)	-0.430 (0.287)	-0.128 (0.465)
Chauffage au gaz	0.114 (0.174)	0.200 (0.245)	0.0772 (0.185)	0.0750 (0.185)	0.336* (0.183)	0.232 (0.261)	0.320* (0.170)	0.321* (0.169)
Chauffage au gaz collectif	0.0668 (0.138)	-0.249 (0.232)	0.0591 (0.123)	0.0510 (0.122)	-0.267 (0.206)	-1.470*** (0.293)	-0.275 (0.171)	-0.271 (0.171)
Cuisson au gaz	0.210* (0.110)	0.151 (0.138)	0.259** (0.127)	0.259** (0.126)	-0.216 (0.168)	0.0687 (0.237)	-0.263* (0.160)	-0.261 (0.159)
ECS au gaz	0.204* (0.111)	0.180 (0.172)	0.206** (0.102)	0.205** (0.102)	0.0232 (0.110)	-0.437** (0.174)	0.0154 (0.111)	0.00694 (0.111)
Equipement gros consommateur de gaz	0.136 (0.101)	0.362** (0.156)	0.157 (0.101)	0.156 (0.101)	0.327** (0.152)	0.107 (0.283)	0.340** (0.149)	0.342** (0.149)
Qualité de l'isolation								

<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.0164 (0.106)	-0.166 (0.170)	0.0254 (0.106)	0.0257 (0.106)	-0.0150 (0.115)	-0.0137 (0.182)	-0.0256 (0.115)	-0.0190 (0.114)
Prix gaz (log)	-1.541*** (0.141)	-0.821*** (0.295)	-2.359*** (0.268)	-2.332*** (0.204)	-1.280*** (0.135)	-0.915*** (0.127)	-0.422 (0.571)	-0.809 (0.586)
DJU (log)	1.204** (0.480)	0.283 (0.709)	3.332*** (0.756)	3.326*** (0.650)	0.781* (0.439)	-0.00611 (0.771)	-0.707 (0.998)	0.138 (1.361)
Zone climatique								
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	-0.0777 (0.143)	-0.521** (0.261)	-0.133 (0.145)	-0.125 (0.145)	0.215 (0.159)	0.0675 (0.213)	0.198 (0.158)	0.192 (0.158)
<i>H3</i>	0.272 (0.394)	-0.184 (0.514)	0.214 (0.338)	0.221 (0.337)	1.116*** (0.405)	0.207 (0.625)	1.111*** (0.372)	1.132*** (0.371)
Secteur d'activité								
<i>Commerces détail alimentaires</i>	0.331*** (0.128)	0.573*** (0.160)	0.828*** (0.151)	0.867*** (0.151)	0.303** (0.144)	0.0661 (0.257)	-0.187 (0.392)	-0.00922 (0.312)
<i>Commerces détail non alimentaires</i>	-0.231 (0.154)	-0.00294 (0.220)	-0.278** (0.136)	-0.313** (0.133)	-0.370*** (0.141)	0.152 (0.192)	-0.0612 (0.257)	-0.296 (0.380)
<i>Commerces gros alimentaires</i>	-0.0305 (0.195)	-0.244 (0.305)	-0.690** (0.291)	-0.723** (0.282)	-0.235 (0.408)	-0.366 (0.523)	0.465 (0.541)	0.271 (0.520)
<i>Commerces gros non alimentaires</i>								
_m1			-9.907*** (1.690)	-8.381*** (1.312)			-0.00613 (1.003)	-0.657 (2.055)
_m2			-0.968 (0.668)				-1.778* (0.919)	
_m3			8.551*** (2.907)	8.595*** (1.482)			-0.0338 (2.642)	1.328 (1.761)
Constant	5.942 (3.827)	10.56** (5.121)	-13.33** (6.311)	-13.55** (5.395)	7.966** (3.388)	12.47** (6.015)	19.04** (7.628)	12.45 (10.90)
Observations	663	663	663	663	515	515	515	515
R ²	0.489	0.505	0.521	0.522	0.559	0.588	0.564	0.564

Tableau 82 - Consommation de gaz
Périmètre : Commerces $\cap S_1$ et Commerces $\cap S_2$

VARIABLES	<2000m ²			
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Surface totale (log)	0.309*** (0.0840)	0.347*** (0.121)	-1.170 (0.808)	0.870** (0.359)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.163 (0.128)	0.0904 (0.159)	3.260 (2.035)	-1.784* (1.019)
<i>Après 2000</i>	-0.129 (0.201)	-0.274 (0.306)	2.160 (1.492)	-1.447* (0.860)
Nombre de salariés				
0	-1.423*** (0.319)	-1.404*** (0.329)	-1.347*** (0.313)	-1.387*** (0.314)
1 à 5	-0.997*** (0.177)	-0.963*** (0.208)	-0.927*** (0.180)	-0.959*** (0.181)
6 à 9	-0.511** (0.209)	-0.457** (0.213)	-0.448** (0.186)	-0.470** (0.187)
10 à 19	-0.145 (0.157)	-0.240 (0.197)	-0.115 (0.165)	-0.126 (0.166)
20 à 49	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
50 à 99	0.283 (0.227)	0.218 (0.303)	0.284 (0.236)	0.258 (0.237)
100 à 249	0.965* (0.549)	1.292* (0.755)	0.981** (0.437)	0.997** (0.439)
250 à 499	3.073*** (0.310)	3.154*** (0.372)	3.030*** (1.025)	3.129*** (1.031)
500 ou plus			0 (0)	0 (0)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.0793 (0.136)	-0.238 (0.150)	0.399 (0.243)	-0.0859 (0.159)
Chauffage au gaz	0.148 (0.124)	0.264* (0.154)	0.106 (0.131)	0.162 (0.130)
Chauffage au gaz collectif	0.154 (0.175)	-0.233 (0.209)	0.131 (0.190)	0.0990 (0.191)
Cuisson au gaz	0.178 (0.118)	0.0142 (0.159)	0.126 (0.125)	0.152 (0.126)
ECS au gaz	0.0262 (0.109)	0.0342 (0.163)	0.0541 (0.114)	0.0331 (0.114)
Équipement gros consommateur de gaz	-0.0430 (0.177)	-0.331 (0.224)	-0.0283 (0.160)	-0.0440 (0.161)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>				
<i>Très bonne ou bonne</i>	0.0142 (0.109)	0.190 (0.131)	0.0185 (0.117)	0.0194 (0.117)
Prix gaz (log)	-1.109*** (0.106)	-1.104*** (0.105)	0.435 (0.830)	-1.661*** (0.362)
DJU (log)	-0.657* (0.391)	-1.013** (0.431)	-1.362* (0.825)	0.130 (0.697)
Zone climatique				
<i>H1</i>				
<i>H2</i>	-0.155 (0.145)	-0.253 (0.173)	-0.167 (0.151)	-0.161 (0.152)
<i>H3</i>	-0.364 (0.277)	-0.520* (0.308)	-0.421 (0.290)	-0.412 (0.291)
Secteur d'activité				
<i>Restauration</i>	-0.330 (0.212)	-0.315 (0.395)	-2.866** (1.330)	0.486 (0.562)
<i>Hôtellerie</i>				
m1			14.41** (7.017)	-3.664 (2.544)
m2			-1.139 (1.937)	
m3			8.713** (3.624)	2.274 (2.177)
Constant	19.39*** (2.976)	21.88*** (3.367)	35.04*** (10.82)	9.841 (7.035)
Observations	394	394	394	394
R ²	0.483	0.478	0.495	0.486

Tableau 83 - Consommation de gaz
Périmètre : Hôtellerie-restauration $\cap S_1$ et Hôtellerie-restauration $\cap S_2$

Annexe 4D. Résultats classés par variable explicative. Présentation des coefficients obtenus selon le périmètre, l'énergie et la méthode

Tableau 84 - Coefficients de la variable "Surface totale"

Tableau 85 - Coefficients de la variable "Période de construction : "Entre 1975 et 2000"

Tableau 86 - Coefficients de la variable « Période de construction : Après 2000

Tableau 87 - Coefficients de la variable "Période de construction : "Entre 1975 et 2000", par catégorie de surface

Tableau 88 - Coefficients de la variable "Période de construction : Après 2000", par catégorie de surface

Tableau 89 - Coefficients de la variable "Nombre de salariés : 0"

Tableau 90 - Coefficients de la variable "Nombre de salariés : 1 à 5"

Tableau 91 – Coefficients de la variable « Nombre de salariés : 6 à 9 »

Tableau 92 - Coefficients de la variable : "Nombre de salariés : 10 à 19"

Tableau 93 - Coefficients de la variable explicative "Nombre de salariés : 100 à 249"

Tableau 94 - Coefficients de la variable explicative "Nombre de salariés : Entre 250 et 499"

Tableau 95 – Coefficients de la variable explicative « Nombre de salariés : 500 ou plus »

Tableau 96 - Coefficients de la variable "Statut d'occupation : Propriétaire"

Tableau 97 - Coefficients de la variable "Statut d'occupation : Propriétaire", par catégorie de surface

Tableau 98 - Coefficients de la variable : "Chauffage collectif"

Tableau 99 - Coefficients de la variable "Chauffage collectif", par catégorie de surface

Tableau 100 - Coefficients pour la variable "Usage de climatisation à l'électricité"

Tableau 101 - Coefficients pour la variable "Usage de la climatisation à l'électricité", par catégorie de surface

Tableau 102 - Coefficients de la variable "Qualité de l'isolation : Très bonne ou bonne"

Tableau 103 - Coefficients de la variable "Qualité de l'isolation : Très bonne ou bonne", par catégorie de surface

Tableau 104 - Coefficients de la variable "Log(prix moyen de l'énergie)" (respectivement électricité et gaz)

Tableau 105 - Coefficients de la variable "Log(Prix moyen de l'énergie)", respectivement électricité et gaz, par catégorie de surface

Tableau 106 - Coefficients de la variable « Log(DJU)

Tableau 107 - Coefficients de la variable "Log(DJU)", par catégorie de surface

Note de lecture des Tableau 84 à Tableau 107

Les coefficients en gras sont significatifs (p -value inférieure à 1% (***) , 5% (**) ou 10% (*))

Les coefficients en italique sont obtenus sur des périmètres avec un nombre faible d'observations (>200 et <500)

Les coefficients marron sont obtenus sur des périmètres avec un nombre très faible d'observations (<200)

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz											
	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.667***	0.437***	0.641***	0.647***	0.686***	0.507***	0.572***	0.625***	0.484***	0.478***	0.290***	0.472***
Bureaux	0.791***	0.424***	0.796***	0.798***	0.767***	0.550***	0.566***	0.629***	0.576***	0.476***	0.363***	0.495***
Commerces	0.543***	0.490***	0.424***	0.404***	0.541***	0.487***	0.657***	0.588***	0.391***	0.461***	0.573***	0.741***
Hôtellerie-restauration	<i>0.524***</i>	<i>0.453***</i>	<i>0.556***</i>	<i>0.590***</i>	<i>0.468***</i>	<i>0.393***</i>	<i>2.306***</i>	<i>0.869</i>	0.367***	0.513***	0.00948	0.589***
BFA-Services immatériels	0.758***	0.503***	0.727***	0.734***	0.707***	0.665***	0.553***	0.560***	0.576***	0.525***	0.399***	0.584***
Services matériels	<i>0.739***</i>	<i>0.135</i>	<i>0.807***</i>	<i>0.731***</i>	0.601***	0.372***	0.599**	0.523***	<i>0.400***</i>	<i>0.315**</i>	<i>0.220</i>	<i>0.739***</i>
Information & Communication	<i>0.817***</i>	<i>0.750***</i>	<i>0.856***</i>	<i>0.856***</i>	0.922***	0.427***	1.121***	1.115***	<i>0.801***</i>	<i>0.897***</i>	<i>0.638***</i>	<i>0.592***</i>
Commerces de détail	0.509***	0.612***	0.333***	0.271***	0.547***	0.433***	0.605***	0.573***	0.410***	0.443***	0.700***	0.893***
Commerces de détail alimentaires	<i>0.456***</i>	<i>0.685***</i>	<i>0.425***</i>	<i>0.422***</i>	<i>0.478***</i>	<i>0.506***</i>	<i>-0.750*</i>	<i>0.0109</i>	<i>0.331***</i>	<i>0.429***</i>	<i>0.332**</i>	<i>0.325***</i>
Commerces de détail non alimentaires	<i>0.589***</i>	<i>0.590***</i>	<i>0.192*</i>	<i>-0.0352</i>	0.551***	0.421***	0.591***	0.549***	0.469***	0.434***	1.122***	1.639***
Commerces de gros	<i>0.566***</i>	<i>0.489***</i>	<i>0.585***</i>	<i>0.568***</i>	0.529***	0.588***	0.850***	0.830***	0.337***	0.478***	0.389***	0.372***
Commerces de gros non alimentaires	<i>0.519***</i>	<i>0.380***</i>	<i>0.509***</i>	<i>0.516***</i>	0.602***	0.592***	1.078***	1.075***	0.340***	0.474***	0.371***	0.383***

Tableau 84 - Coefficients de la variable "Surface totale"

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
	Tertiaire	0.0522	0.0888	0.0134	-0.00312	-0.0917**	-0.0381	0.0654	-0.161*	-0.0913*	0.158	-0.0920
Bureaux	-0.0508	0.272	-0.363	-0.246	-0.173***	-0.157	0.343	-0.151	-0.0606	0.331*	-0.424	0.174
Commerces	0.0922	-0.294	0.180	0.289**	0.0494	0.179	-0.143	0.0343	-0.0929	-0.115	-0.362**	-0.722***
Hôtellerie-restauration	0.0507	0.108	-0.123	0.0726	-0.0833	-0.171	-6.166**	-1.421	-0.208*	-0.0419	0.521	-1.049
BFA-Services immatériels	-0.114	0.343	-0.707**	-0.566**	-0.0963	-0.120	0.122	-0.129	-0.155	0.421*	-0.380	-0.490
Services matériels	-0.229	0.147	-0.976**	-0.119	-0.129	-0.289	-0.395	-0.195	0.00987	0.281	0.0271	-0.968
Information & Communication	0.0239	0.0451	-0.181	-0.135	-0.509***	-0.407	-1.392	-1.258**	0.116	0.128	0.661	1.187*
Commerces de détail	0.0832	-0.571	0.194	0.479***	0.123*	0.219	0.00445	0.104	-0.0391	-0.138	-0.418**	-0.835***
Commerces de détail alimentaires	0.173	-0.901***	0.230*	0.236*	0.229*	0.413	0.903***	0.404**	0.0196	0.414	0.0687	0.0850
Commerces de détail non alimentaires	-0.0749	-0.403	0.296	1.409***	0.0884	0.243	-0.116	0.000278	-0.222	-0.380	-0.911**	-2.213***
Commerces de gros	0.171	0.752***	-0.0240	0.120	-0.114	0.118	0.278	0.506	-0.309**	0.0285	-0.549**	-0.513**
Commerces de gros non alimentaires	0.139	0.750***	0.0922	0.0644	-0.0125	0.555*	0.951*	1.229***	-0.302**	-0.0313	-0.459*	-0.391*

Tableau 85 - Coefficients de la variable "Période de construction : "Entre 1975 et 2000"

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
	Tertiaire	0.0929	-0.110	0.0340	0.0140	-0.0478	-0.0477	0.150	-0.149	-0.149**	-0.406**	-0.200
Bureaux	0.142	-0.0298	-0.254	-0.109	-0.0873	-0.0580	0.543	-0.0795	-0.155	-0.336	-0.688**	0.134
Commerces	0.0969	-0.408	0.223	0.395**	0.0233	-0.0943	-0.297	-0.0126	-0.111	-0.572**	-0.568**	-1.163***
Hôtellerie-restauration	0.00392	0.228	-0.0928	0.209	-0.195	0.465	-4.967**	-1.268	-0.138	-0.468**	0.241	-0.838
BFA-Services immatériels	0.0877	0.0659	-0.643	-0.460	-0.0854	0.0489	0.330	-0.00170	-0.206	-0.331	-0.429	-0.634
Services matériels	-0.178	-1.018	-1.125**	-0.00749	-0.188	-0.109	-0.649	-0.450	0.0569	-0.686	-0.103	-0.905
Information & Communication	0.375	1.761***	0.121	0.172	-0.246	-0.706*	-1.258	-1.111*	-0.211	-0.644	0.515	1.093
Commerces de détail	0.117	-0.907**	0.132	0.587**	0.0135	-0.0952	-0.141	0.000253	0.00284	-0.681**	-0.444*	-1.000***
Commerces de détail alimentaires	0.229	-0.666**	0.335	0.346*	-0.264	-0.600	0.159	-0.313	0.00749	-0.190	0.118	0.154
Commerces de détail non alimentaires	0.0637	-0.791	0.158	1.795***	0.104	-0.0356	-0.193	-0.0457	-0.125	-0.957***	-0.768	-2.419***
Commerces de gros	0.137	1.186***	-0.179	0.0558	0.0659	0.0415	-0.0240	0.358	-0.441**	-0.280	-0.879**	-0.809**
Commerces de gros non alimentaires	0.192	1.281***	0.135	0.0837	0.0775	-0.0649	0.233	0.621	-0.490**	-0.261	-0.756**	-0.687*

Tableau 86 - Coefficients de la variable « Période de construction : Après 2000 »

Électricité mix énergétique : électricité et gaz								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Tertiaire	0.0669	-0.00477	-0.117	-0.116	0.0486	0.0785	-0.141	-0.0922
Bureaux	0.147	-0.274	0.447*	0.211	-0.117	0.261	-0.805**	-0.408*
Commerces	0.117	-0.00963	-0.270	-0.134	0.0409	-0.395	0.322	0.389*
Hôtellerie-restauration	<i>-0.521</i>	<i>-0.520**</i>	<i>0</i>	<i>-0.644</i>	0.201	0.123	0.283	0.353

Électricité mix énergétique : électricité seule								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.0833	-0.638***	-0.433	-0.439**	-0.0748*	-0.0309	-0.120	-0.182
Bureaux	-0.185	-0.978***	0.0956	-0.957*	-0.161***	-0.151	-0.394	-0.385
Commerces	0.0860	-0.317	-0.100	-0.0344	-0.0686	-0.0886	-0.498**	0.128
Hôtellerie-restauration	<i>-2.246***</i>	<i>-2.455***</i>	<i>0</i>	<i>-8.156</i>	-0.0802	-0.154	-1.909	-1.409

Gaz								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF	Non pondéré	Pondéré	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.157**	-0.170	-0.339**	-0.238	-0.0227	0.198	-0.0358	-0.179
Bureaux	-0.168	-0.206	0.0956	0.744***	0.0696	0.377**	-0.198	-0.0916
Commerces	-0.178	0.125	-0.753***	-0.910***	-0.0363	-0.126	0.348	0.0480
Hôtellerie-restauration	<i>-0.383</i>	<i>-0.430*</i>	<i>0</i>	<i>-0.556</i>	-0.163	0.0904	3.260	-1.784*

Tableau 87 - Coefficients de la variable "Période de construction : "Entre 1975 et 2000", par catégorie de surface

Électricité mix énergétique : électricité et gaz								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.207**	0.0254	-0.000694	-0.00410	0.0400	-0.0764	-0.216	-0.146
Bureaux	0.512	-0.279	0.951***	0.664**	-0.0293	-0.0109	-0.903**	-0.393
Commerces	0.117	-0.00963	-0.249	-0.0541	0.0409	-0.395	0.256	0.378
Hôtellerie-restauration	<i>-0.180</i>	<i>0.0495</i>	<i>0</i>	<i>-0.198</i>	0.0882	0.345	0.299	0.439

Électricité mix énergétique : électricité seule								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.121	-0.281**	-0.283	-0.308	-0.0864	-0.0494	-0.123	-0.193
Bureaux	-0.0357	-0.563***	0.314	-1.128	-0.109	-0.0457	-0.397	-0.397
Commerces	0.0860	-0.317	-0.0610	0.0256	-0.0686	-0.0886	-0.883**	0.0454
Hôtellerie-restauration	<i>-2.650***</i>	<i>-2.520***</i>	<i>-1.808</i>	<i>-8.967</i>	-0.0961	0.404	-1.243	-0.821

Gaz								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.0289	-0.349**	-0.0737	-0.0693	-0.244**	-0.355*	-0.308	-0.474
Bureaux	0.146	-0.252	0.689**	1.409***	-0.292*	-0.345	-0.655	-0.519
Commerces	-0.0491	0.248	-1.348***	-1.584***	-0.288*	-0.606**	0.178	-0.256
Hôtellerie-restauration	<i>-0.351</i>	<i>-0.390*</i>	<i>0</i>	<i>-0.446</i>	-0.129	-0.274	2.160	-1.447*

Tableau 88 - Coefficients de la variable "Période de construction : Après 2000", par catégorie de surface

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-1.605***	-1.776***	-1.587***	-1.577***	-0.919***	-0.870***	-0.932***	-0.927***	-1.673***	-1.572***	-1.655***	-1.635***
Bureaux	-1.175***	-1.779***	-1.170***	-1.165***	-0.598***	-0.257	-0.593***	-0.581***	-1.399***	-1.734***	-1.379***	-1.394***
Commerces	-1.981***	-1.876***	-2.042***	-1.995***	-1.557***	-1.568***	-1.552***	-1.550***	-1.935***	-1.683***	-1.941***	-1.947***
Hôtellerie-restauration	-1.289***	-1.177***	-1.320***	-1.342***	-1.717***	-1.895***	-1.714***	-1.710***	-1.162***	-0.933***	-1.119***	-1.173***
BFA-Services immatériels	-1.322***	-1.597***	-1.340***	-1.335***	-0.799***	-0.200	-0.784***	-0.777***	-1.459***	-1.621***	-1.434***	-1.461***
Services matériels	-0.859**	-1.648***	-0.826*	-0.894**	-0.681**	-0.794**	-0.687***	-0.688***	-1.282***	-1.287***	-1.319***	-1.328***
Information & Communication	-1.486***	-0.678	-1.542***	-1.508***	-0.431	-0.0510	-0.421	-0.420	-1.188**	-0.685	-1.217**	-1.200**
Commerces de détail	-2.003***	-1.514***	-2.157***	-2.056***	-1.462***	-1.779***	-1.457***	-1.458***	-1.937***	-1.663***	-1.976***	-1.969***
Commerces de détail alimentaires	-2.322***	-1.838***	-2.333***	-2.338***	-1.294***	-1.065**	-1.318***	-1.322***	-2.633***	-1.985***	-2.651***	-2.652***
Commerces de détail non alimentaires	-1.693***	-1.243**	-1.928***	-1.853***	-1.507***	-1.888***	-1.490***	-1.494***	-1.348***	-1.262***	-1.482***	-1.457***
Commerces de gros	-2.030***	-2.663***	-1.983***	-1.977***	-1.603***	-1.014**	-1.653***	-1.634***	-1.917***	-1.006**	-1.713***	-1.753***
Commerces de gros non alimentaires	-2.012***	-2.547***	-1.893***	-1.869***	-1.317***	-0.832	-1.418***	-1.404***	-1.784***	-1.101**	-1.767***	-1.720***

Tableau 89 - Coefficients de la variable "Nombre de salariés : 0"

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.631***	-1.013***	-0.627***	-0.623***	-0.412***	-0.454**	-0.399***	-0.396***	-0.664***	-0.750***	-0.677***	-0.661***
Bureaux	-0.0770	-0.836***	-0.0827	-0.0704	-0.0927	0.102	-0.0938	-0.0851	-0.435***	-0.872***	-0.464***	-0.427***
Commerces	-1.050***	-1.142***	-1.050***	-1.037***	-1.009***	-1.127***	-1.011***	-1.008***	-0.919***	-0.860***	-0.949***	-0.956***
Hôtellerie-restauration	-1.150***	-0.944***	-1.157***	-1.188***	-1.303***	-1.711***	-1.329***	-1.296***	-0.841***	-0.620***	-0.794***	-0.846***
BFA-Services immatériels	-0.182	-0.623*	-0.205	-0.197	-0.319***	0.132	-0.302***	-0.298**	-0.352*	-0.661*	-0.358**	-0.355**
Services matériels	-0.0234	-0.758	-0.0542	-0.0659	-0.00449	-0.246	-0.0129	-0.0137	-0.707*	-0.602	-0.716*	-0.729*
Information & Communication	-0.290	0.603	-0.353	-0.311	-0.123	0.00436	-0.0857	-0.0926	-0.756	-0.867	-0.741	-0.691
Commerces de détail	-0.971***	-0.853**	-1.016***	-0.976***	-0.936***	-1.361***	-0.937***	-0.936***	-0.807***	-0.783***	-0.830***	-0.828***
Commerces de détail alimentaires	-1.526***	-1.305***	-1.536***	-1.537***	-1.485***	-1.577***	-1.475***	-1.489***	-1.355***	-0.799*	-1.405***	-1.403***
Commerces de détail non alimentaires	-0.472*	-0.541	-0.614**	-0.565**	-0.776***	-1.235***	-0.768***	-0.767***	-0.431	-0.572	-0.465	-0.490
Commerces de gros	-1.338***	-1.513***	-1.336***	-1.322***	-1.122***	-0.629	-1.149***	-1.139***	-1.548***	-0.725***	-1.496***	-1.501***
Commerces de gros non alimentaires	-1.169***	-1.257**	-1.140***	-1.139***	-0.822***	-0.539	-0.859***	-0.849***	-1.333***	-0.732***	-1.365***	-1.333***

Tableau 90 - Coefficients de la variable "Nombre de salariés : 1 à 5"

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.377***	-0.570***	-0.383***	-0.380***	-0.263***	-0.0119	-0.254***	-0.255***	-0.425***	-0.475***	-0.435***	-0.432***
Bureaux	0.0355	-0.232	0.0363	0.0395	-0.0117	0.428	-0.0165	-0.0136	-0.314**	-0.603**	-0.311*	-0.304*
Commerces	-0.575***	-0.561**	-0.597***	-0.592***	-0.696***	-0.700***	-0.702***	-0.699***	-0.664***	-0.532***	-0.693***	-0.701***
Hôtellerie-restauration	-0.845***	-0.814***	-0.845***	-0.866***	-0.638**	-0.467	-0.678**	-0.641**	-0.386**	-0.330*	-0.341**	-0.387**
BFA-Services immatériels	0.155	-0.127	0.161	0.160	-0.159	0.244	-0.165	-0.162	-0.0829	-0.395	-0.0761	-0.0810
Services matériels	-0.210	0.366	-0.157	-0.212	0.115	0.473	0.108	0.108	-1.310**	-0.758	-1.321**	-1.357**
Information & Communication	-0.788**	-0.445	-0.830*	-0.805	0.226	0.707	0.238	0.237	-0.739	-0.182	-0.672	-0.648
Commerces de détail	-0.587***	-0.346	-0.651***	-0.620***	-0.548***	-0.751***	-0.551***	-0.550***	-0.722***	-0.606**	-0.724***	-0.719***
Commerces de détail alimentaires	-0.828***	-0.310	-0.840***	-0.843***	-0.776***	-0.934***	-0.764***	-0.778***	-0.754***	-0.0724	-0.769***	-0.772***
Commerces de détail non alimentaires	-0.437*	-0.463	-0.453*	-0.461*	-0.427**	-0.669***	-0.422***	-0.422***	-0.519*	-0.877**	-0.604*	-0.613*
Commerces de gros	-0.479*	-0.647**	-0.483**	-0.481**	-0.988***	-0.770**	-1.017***	-1.006***	-0.427	-0.135	-0.438*	-0.429*
Commerces de gros non alimentaires	-0.506*	-0.560	-0.511**	-0.512**	-0.799***	-0.737**	-0.841***	-0.828***	-0.268	-0.0359	-0.280	-0.274

Tableau 91 – Coefficients de la variable « Nombre de salariés : 6 à 9 »

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.351***	-0.409***	-0.354***	-0.354***	-0.145**	0.230	-0.142**	-0.143**	-0.171**	-0.153	-0.171**	-0.175**
Bureaux	-0.102	-0.220	-0.109	-0.105	-0.0222	0.598**	-0.0233	-0.0220	-0.0736	-0.260	-0.0897	-0.0825
Commerces	-0.522***	-0.532***	-0.502***	-0.501***	-0.393***	-0.455***	-0.394***	-0.393***	-0.287**	-0.284*	-0.321**	-0.322**
Hôtellerie-restauration	-0.553***	-0.420**	-0.543***	-0.552***	-0.589**	-0.504**	-0.604**	-0.598**	-0.0662	-0.0522	-0.0410	-0.0657
BFA-Services immatériels	-0.0793	-0.188	-0.108	-0.103	-0.0285	0.546**	-0.0331	-0.0315	0.0678	-0.284	0.0616	0.0594
Services matériels	-0.268	-0.622	-0.291	-0.267	-0.137	-0.254	-0.154	-0.155	-0.208	0.0537	-0.252	-0.246
Information & Communication	0.208	1.331***	0.221	0.227	0.202	0.968*	0.195	0.192	-0.0703	0.812	-0.0877	-0.106
Commerces de détail	-0.535***	-0.351	-0.554***	-0.548***	-0.292**	-0.540***	-0.293**	-0.293**	-0.252	-0.210	-0.279	-0.265
Commerces de détail alimentaires	-0.904***	-0.585	-0.909***	-0.910***	-0.588**	-0.770**	-0.614**	-0.591**	-0.211	0.234	-0.230	-0.234
Commerces de détail non alimentaires	-0.202	-0.223	-0.250	-0.258	-0.181	-0.479**	-0.178	-0.179	-0.316	-0.492	-0.416	-0.417
Commerces de gros	-0.515***	-0.755***	-0.533***	-0.514**	-0.542***	-0.477**	-0.556***	-0.548***	-0.339*	-0.126	-0.351*	-0.341*
Commerces de gros non alimentaires	-0.481**	-0.602**	-0.474**	-0.478**	-0.337*	-0.415*	-0.353*	-0.344	-0.327*	-0.251	-0.349*	-0.337*

Tableau 92 - Coefficients de la variable : "Nombre de salariés : 10 à 19"

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.255***	0.658***	0.232***	0.238***	0.185**	1.135***	0.181**	0.181**	0.551***	0.617***	0.527***	0.548***
Bureaux	0.341**	0.595***	0.344**	0.348**	0.155*	1.378***	0.159*	0.158	0.510***	0.401	0.521***	0.519***
Commerces	0.365***	0.620**	0.394***	0.415***	0.451***	0.454***	0.457***	0.463***	0.552***	0.527***	0.530***	0.513***
Hôtellerie-restauration	-0.627	-0.531	-0.609*	-0.617*	-0.0944	0.142	-0.125	0.0264	0.988***	1.042**	1.019***	0.968***
BFA-Services immatériels	0.518***	0.575**	0.515***	0.520***	0.286**	1.309***	0.298**	0.298**	0.765***	0.458	0.766***	0.767***
Services matériels	-0.292	0.140	-0.305	-0.329	-0.239	-0.0791	-0.247	-0.251	0.201	0.491	0.233	0.211
Information & Communication	0.500*	0.758*	0.482	0.500*	0.292	1.931***	0.286	0.290	0.254	0.461	0.260	0.262
Commerces de détail	0.532***	0.697**	0.523***	0.572***	0.538***	0.675***	0.539***	0.545***	0.465**	0.696***	0.390**	0.402**
Commerces de détail alimentaires	0.576***	0.603*	0.566***	0.564***	0.468*	0.492	0.477*	0.453*	0.626***	0.482	0.607***	0.610***
Commerces de détail non alimentaires	0.763***	0.822*	0.725***	0.842***	0.567***	0.645**	0.551**	0.558***	0.554*	0.471	0.349	0.309
Commerces de gros	0.188	0.247	0.170	0.189	0.281	0.106	0.373*	0.374*	0.749***	0.475**	0.745***	0.746***
Commerces de gros non alimentaire	0.284	0.460	0.293	0.288	0.178	0.0160	0.386	0.389	0.758***	0.496**	0.735***	0.750***

Tableau 93 - Coefficients de la variable explicative "Nombre de salariés : 100 à 249"

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.482***	1.169***	0.448***	0.458***	0.309***	0.874***	0.288***	0.286***	0.665***	0.794***	0.639***	0.669***
Bureaux	0.523***	1.139***	0.532***	0.534***	0.233**	1.083***	0.234**	0.234**	0.591***	0.546*	0.575***	0.595***
Commerces	0.633***	1.008***	0.664***	0.701***	0.865***	0.989***	0.857***	0.894***	0.665***	0.776***	0.601***	0.572***
Hôtellerie-restauration	0.555	0.988	0.477	0.514	-0.218	0.498	-0.197	-0.0529	1.543***	1.213**	1.526***	1.447***
BFA-Services immatériels	0.751***	1.200***	0.741***	0.742***	0.434***	0.986***	0.449***	0.451***	0.677***	0.401	0.672***	0.676***
Services matériels	-0.379	-0.0115	-0.359	-0.411	0.0347	0.296	0.0209	0.0187	0.238	0.779	0.272	0.259
Information & Communication	0.690**	1.100**	0.681**	0.688**	0.312	2.398***	0.305	0.311	0.352	0.512	0.286	0.268
Commerces de détail	0.708***	0.909**	0.698***	0.788***	0.865***	1.167***	0.858***	0.880***	0.545**	0.919***	0.365*	0.372*
Commerces de détail alimentaires	0.864***	0.839*	0.851***	0.846***	0.633**	0.371	0.677**	0.557*	0.847***	0.567	0.812***	0.817***
Commerces de détail non alimentaires	0.777**	0.844	0.742**	0.858***	1.170***	1.681***	1.179***	1.188***	0.371	0.292	0.0579	0.0423
Commerces de gros	0.871***	1.134***	0.842***	0.871***	0.784***	0.511	0.922***	0.927***	1.029***	0.739**	1.006***	1.013***
Commerces de gros non alimentaire	1.071***	1.330***	1.068***	1.062***	0.968***	0.844*	1.275***	1.293***	0.924***	0.572*	0.885***	0.898***

Tableau 94 - Coefficients de la variable explicative "Nombre de salariés : Entre 250 et 499"

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.212	1.952***	0.189	0.200	0.239*	0.864***	0.221**	0.227**	0.650***	0.371	0.633***	0.661***
Bureaux	0.0428	0.854**	0.0502	0.0617	0.0778	1.038***	0.0626	0.0714	0.622***	0.601*	0.602***	0.643***
Commerces	0.738***	1.121**	0.752***	0.791***	0.869**	0.972**	0.859***	0.897***	0.405	-0.184	0.332	0.290
Hôtellerie-restauration		0	0	0.434	1.728	0.574	0.469	0	0	0	0	
BFA-Services immatériels	0.490	1.109**	0.517**	0.536**	0.627***	1.122***	0.621***	0.626***	0.680***	0.492	0.686***	0.705***
Services matériels	-0.968	-0.527	-1.077*	-0.979*	-1.043**	-0.942*	-1.064***	-1.065***	-0.258	-0.0859	-0.374	-0.381
Information & Communication	0.511	0.457	0.504	0.503	-0.0110	2.209***	-0.000742	0.00521	0.548	0.533	0.421	0.417
Commerces de détail	0.877**	0.815**	0.825***	0.931***	1.149***	1.238***	1.133***	1.164***	0.185	-0.0974	-0.0195	-0.0305
Commerces de détail alimentaires	1.174***	1.130*	1.151***	1.147***	1.275***	0.901	1.551***	1.152**	0.601*	0.0895	0.559	0.563
Commerces de détail non alimentaires	0.884	0.923	0.455	0.656	1.030**	0.961	1.000**	1.027**	-0.0526	-0.174	-0.250	-0.244
Commerces de gros	0.827**	0.642	0.802*	0.829*	0.290	-0.00555	0.530	0.546	0.934***	0.855***	0.923**	0.925**
Commerces de gros non alimentaires	1.035**	0.996	1.040**	1.035**	0.116	0.104	0.538	0.555	0.954***	0.779***	0.919**	0.939**

Tableau 95 – Coefficients de la variable explicative « Nombre de salariés : 500 ou plus »

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.200***	-0.457***	-0.176**	-0.159*	-0.162***	-0.440***	-0.319**	-0.146*	-0.0261	-0.247**	-0.0923	0.107
Bureaux	-0.184**	-0.388**	0.0485	-0.0361	-0.194***	-0.497***	-0.606**	-0.264*	-0.0995	-0.358**	0.135	-0.271
Commerces	-0.239***	-0.649**	-0.391***	-0.470***	-0.169**	-0.295*	0.0838	-0.106	0.0513	-0.222	0.417***	0.824***
Hôtellerie-restauration	<i>-0.130</i>	-0.358**	<i>-0.111</i>	<i>-0.206</i>	<i>-0.0817</i>	<i>-0.347</i>	<i>0.414</i>	<i>0.0269</i>	<i>-0.0487</i>	<i>-0.103</i>	<i>0.0136</i>	<i>0.0463</i>
BFA-Services immatériels	-0.221**	-0.630***	0.178	0.0867	-0.171**	-0.601***	-0.418	-0.263	-0.202**	-0.592***	-0.128	0.0302
Services matériels	<i>-0.148</i>	<i>0.154</i>	0.973*	<i>-0.332</i>	-0.133	-0.378	0.388	0.220	<i>-0.0262</i>	<i>0.0806</i>	<i>0.310</i>	<i>0.807</i>
Information & Communication	<i>-0.201</i>	<i>-0.259</i>	<i>-0.0808</i>	<i>-0.0959</i>	-0.0839	-0.577	0.455	0.398	<i>0.0561</i>	<i>-0.587</i>	<i>-0.348</i>	<i>-0.654</i>
Commerces de détail	-0.377***	-0.704**	-0.549***	-0.792***	-0.159**	-0.323*	-0.0259	-0.127	0.00788	-0.304*	0.459**	0.907***
Commerces de détail alimentaires	-0.291***	<i>-0.250</i>	-0.410**	-0.421**	<i>-0.160</i>	-0.552**	-1.204***	<i>-0.368</i>	<i>0.146</i>	<i>0.0629</i>	<i>0.0369</i>	<i>0.00460</i>
Commerces de détail non alimentaires	-0.463***	-0.916**	-1.049***	-1.805***	-0.130	-0.142	0.0175	-0.0837	<i>-0.0943</i>	-0.530**	1.031***	2.239***
Commerces de gros	<i>0.0511</i>	<i>0.172</i>	<i>0.192</i>	<i>0.0894</i>	-0.155	-0.204	0.153	-0.0137	<i>0.162</i>	<i>0.259</i>	0.394*	<i>0.346</i>
Commerces de gros non alimentaires	<i>0.0627</i>	<i>0.159</i>	<i>0.0866</i>	<i>0.114</i>	<i>-0.157</i>	<i>0.0804</i>	<i>0.299</i>	<i>0.136</i>	<i>0.150</i>	0.339*	<i>0.292</i>	<i>0.276</i>

Tableau 96 - Coefficients de la variable "Statut d'occupation : Propriétaire"

Électricité mix énergétique : électricité et gaz								
	>2000				<2000			
Périmètre	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.170***	-0.122	-0.175*	-0.167	-0.215***	-0.465***	-0.0704	-0.109
Bureaux	-0.16	-0.276	-0.474**	-0.373*	-0.183*	-0.384**	0.341	0.0220
Commerces	-0.222***	-0.275	-0.183	-0.258*	-0.285**	-0.668**	-0.480*	-0.532**
Hôtellerie-restauration	<i>0.132</i>	<i>0.158</i>	<i>0.422</i>	<i>0.190</i>	-0.215	-0.452**	-0.302	-0.360*

Électricité mix énergétique : électricité seule								
	>2000				<2000			
Périmètre	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.108	-0.178	0.0659	0.125	-0.182***	-0.450***	-0.164	-0.128
Bureaux	-0.0893	-0.209*	0.0125	1.078	-0.226***	-0.512***	-0.0511	-0.0486
Commerces	-0.240**	-0.188	0.0904	0.0639	-0.138*	-0.306*	0.424*	-0.202
Hôtellerie-restauration	<i>-0.401</i>	<i>-0.445</i>	<i>0</i>	<i>5.562</i>	-0.164	-0.299	-0.484*	-0.484

Gaz								
	>2000				<2000			
Périmètre	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.112*	0.210*	-0.404**	-0.0376	-0.117*	-0.278**	-0.0430	0.0383
Bureaux	0.0873	0.0907	-0.977***	-0.883***	-0.174*	-0.363**	0.0799	-0.0185
Commerces	0.169*	0.429***	1.261***	1.362***	-0.141	-0.264	-0.430	-0.128
Hôtellerie-restauration	<i>0.150</i>	<i>0.0749</i>	<i>1.600</i>	<i>0.254</i>	-0.0793	-0.238	0.399	-0.0859

Tableau 97 - Coefficients de la variable "Statut d'occupation : Propriétaire", par catégorie de surface

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.0138	-0.904*	-0.0337	-0.0305	-0.107**	0.0899	-0.107**	-0.106**	-0.0725	-0.476***	-0.0509	-0.0438
Bureaux	0.152	-1.679**	0.165	0.162	-0.0785	0.0631	-0.0750	-0.0736	-0.132*	-0.376**	-0.148**	-0.127*
Commerces	0.113	0.285	0.0903	0.0876	-0.237**	0.124	-0.236***	-0.239***	-0.0308	-1.401***	-0.0454	-0.0575
Hôtellerie-restauration	-0.371	-0.0340	-0.366	-0.345	-0.183	-0.827**	-0.0832	-0.151	0.278*	0.145	0.244*	0.263*
BFA-Services immatériels	-0.108	-0.748	-0.0311	-0.0633	0.00667	0.0949	0.0153	0.0161	-0.0970	-0.319	-0.108	-0.0904
Services matériels	-0.668	-1.059	-0.449	-0.623	-0.203	0.286	-0.199	-0.198	-0.534**	-0.395	-0.548**	-0.546**
Information & Communication	-		0	0	-0.242**	0.292	-0.240*	-0.240*	-0.181	0.396	-0.137	-0.136
Commerces de détail	0.341	0.885**	0.328	0.316	-0.293**	0.108	-0.292***	-0.295***	-0.140	-1.639***	-0.187	-0.201
Commerces de détail alimentaires	0.275*	1.199***	0.290	0.293	-0.121	0.403	-0.0237	-0.0602	-0.159	-2.163***	-0.159	-0.157
Commerces de détail non alimentaires	0.202	0.638	0.827	0.518	-0.351**	0.00867	-0.336***	-0.342***	-0.230	-1.183***	-0.181	-0.203
Commerces de gros	-0.253	-0.0685	-0.249	-0.266	-0.192	-0.0323	-0.201	-0.197	0.0624	-0.590**	0.0606	0.0596
Commerces de gros non alimentaires	-0.147	0.00692	-0.143	-0.185	-0.193	-0.243	-0.220	-0.214	0.0493	-0.381	0.0491	0.0461

Tableau 98 - Coefficients de la variable : "Chauffage collectif"

Electricité mix énergétique : électricité et gaz								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.130	0.611*	0.0981	0.100	-0.225	-0.973*	-0.228	-0.230
Bureaux	-0.21	0.377	-0.361	-0.352	0.0193	-1.711**	0.0588	0.0512
Commerces	-0.0768	0.0899	-0.125	-0.121	0.493	0.642	0.476	0.480
Hôtellerie-restauration	<i>0.0650</i>	<i>0.441</i>	<i>0</i>	<i>0.0603</i>	-0.527	0.0378	-0.506	-0.493

Electricité mix énergétique : électricité seule								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.0516	0.349***	-0.0442	-0.0441	-0.135**	0.0833	-0.137***	-0.137***
Bureaux	-0.156	0.133	-0.142	-0.141	-0.0462	0.0517	-0.0450	-0.0451
Commerces	0.0999	0.356	0.0958	0.0957	-0.392***	0.123	-0.389***	-0.393***
Hôtellerie-restauration	<i>2.076**</i>	<i>2.021***</i>	<i>0</i>	<i>-0.244</i>	-0.579**	-0.855**	-0.549*	-0.551**

Gaz								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.0298	-0.109	0.0270	0.0451	-0.171**	-0.547***	-0.140*	-0.139*
Bureaux	0.0259	-0.207	0.0421	0.0637	-0.216**	-0.354*	-0.217**	-0.218**
Commerces	0.0668	-0.249	0.0591	0.0510	-0.267	-1.470***	-0.275	-0.271
Hôtellerie-restauration	<i>0.225</i>	<i>0.244</i>	<i>-1.635</i>	<i>0.197</i>	0.154	-0.233	0.131	0.0990

Tableau 99 - Coefficients de la variable "Chauffage collectif", par catégorie de surface

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.171***	0.612***	0.181***	0.180***	0.319***	0.431***	0.323***	0.324***
Bureaux	0.373***	0.706***	0.371***	0.371***	0.413***	0.652***	0.412***	0.413***
Commerces	-0.0986	0.476**	-0.0757	-0.0748	0.100	0.222	0.0974	0.101
Hôtellerie-restauration	0.244**	0.310**	0.231**	0.237**	0.277*	<i>0.0314</i>	<i>0.285</i>	<i>0.268</i>
BFA-Services immatériels	0.181*	0.552**	0.173*	0.178*	0.388***	0.698***	0.389***	0.388***
Services matériels	0.634***	1.051***	0.713***	0.648***	0.475***	0.472**	0.473***	0.474***
Information & Communication	0.357*	0.964**	0.341*	0.352*	0.368***	0.848***	0.373**	0.373**
Commerces de détail	-0.0671	0.301	-0.0115	-0.0168	0.246***	0.362**	0.245***	0.246***
Commerces de détail alimentaires	-0.208*	<i>-0.0875</i>	-0.207*	-0.208*	<i>0.125</i>	<i>0.267</i>	<i>0.113</i>	<i>0.123</i>
Commerces de détail non alimentaires	0.288**	0.758**	0.369***	0.366**	0.330***	0.496**	0.326***	0.327***
Commerces de gros	<i>-0.130</i>	<i>0.305</i>	<i>-0.131</i>	<i>-0.131</i>	-0.182	-0.371	-0.172	-0.173
Commerces de gros non alimentaires	<i>-0.0744</i>	<i>0.583</i>	<i>-0.0825</i>	<i>-0.0826</i>	<i>-0.219</i>	<i>-0.253</i>	<i>-0.212</i>	<i>-0.212</i>

Tableau 100 - Coefficients pour la variable "Usage de climatisation à l'électricité"

Electricité mix énergétique : électricité et gaz								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.0804	-0.183**	-0.0593	-0.0620	0.282***	0.656***	0.284***	0.282***
Bureaux		0.199*	0.0262	0.0580	0.473***	0.712***	0.462***	0.469***
Commerces	-0.179*	-0.267	-0.152	-0.151	-0.0177	0.494**	0.00871	0.00403
Hôtellerie-restauration	<i>-0.240</i>	<i>-0.0490</i>	<i>0</i>	<i>-0.201</i>	0.339**	0.372**	0.335***	0.336***

Electricité Mix énergétique : électricité seule								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.193	-0.0284	0.192*	0.190*	0.333***	0.431***	0.339***	0.339***
Bureaux	0.280	0.327**	0.259	0.263	0.429***	0.630***	0.429***	0.429***
Commerces	0.0142	0.221	0.0137	0.0151	0.113	0.228	0.118*	0.115*
Hôtellerie-restauration	<i>-0.944</i>	<i>-1.075***</i>	<i>0</i>	<i>-0.810</i>	0.263	0.0801	0.277	0.271

Tableau 101 - Coefficients pour la variable "Usage de la climatisation à l'électricité", par catégorie de surface

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.0411	-0.210	0.0478	0.0463	0.00330	-0.0278	-0.000864	-0.000482	-0.126***	-0.276**	-0.131***	-0.127***
Bureaux	-0.00257	-0.365*	-7.78e-05	-0.00235	-0.0229	-0.238*	-0.0198	-0.0210	-0.227***	-0.561***	-0.210***	-0.224***
Commerces	0.112	-0.0566	0.109	0.110	-0.00211	0.0965	-0.00133	-0.00149	-0.00590	0.00323	0.00828	0.00874
Hôtellerie-restauration	-0.0602	-0.0647	-0.0550	-0.0612	-0.0863	0.149	-0.0632	-0.0779	-0.0913	0.0942	-0.0887	-0.0908
BFA-Services immatériels	-0.113	-0.469**	-0.0976	-0.105	-0.110	-0.259*	-0.103	-0.103	-0.260***	-0.568**	-0.246***	-0.258***
Services matériels	0.401*	-0.441	0.290	0.392*	0.230*	-0.126	0.237*	0.236*	-0.0424	-0.517*	-0.137	-0.0958
Information & Communication	-0.0578	-0.167	-0.0544	-0.0521	-0.0503	0.0883	-0.0452	-0.0428	-0.195	-0.530	-0.183	-0.179
Commerces de détail	0.153*	0.0448	0.136	0.139	-0.0405	0.0513	-0.0392	-0.0400	0.0540	0.0999	0.0658	0.0658
Commerces de détail alimentaires	0.0859	-0.131	0.0814	0.0819	0.0190	0.308	-0.00434	0.0253	0.0130	-0.349	0.0139	0.0123
Commerces de détail non alimentaires	0.269*	0.170	0.211	0.225*	-0.0864	-0.00730	-0.0879	-0.0873	0.0930	0.269	0.115	0.121
Commerces de gros	-0.0293	-0.528*	-0.0286	-0.0317	0.0614	-0.0312	0.0781	0.0807	-0.235*	-0.637***	-0.235*	-0.239*
Commerces de gros non alimentaires	-0.149	-0.643**	-0.151	-0.153	0.00429	0.0576	0.0565	0.0618	-0.297**	-0.667***	-0.296**	-0.298**

Tableau 102 - Coefficients de la variable "Qualité de l'isolation : Très bonne ou bonne"

Électricité mix énergétique : électricité et gaz								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.0285	-0.0235	0.0364	0.0362	0.0321	-0.233	0.0318	0.0306
Bureaux	-0.005	0.250	0.0288	0.0182	-0.0238	-0.377**	-0.0263	-0.0319
Commerces	0.0197	-0.118	0.0183	0.00729	0.209*	-0.0971	0.209*	0.213*
Hôtellerie-restauration	<i>0.352</i>	<i>0.489*</i>	<i>0</i>	<i>0.364</i>	-0.127	-0.0773	-0.128	-0.130

Électricité mix énergétique : électricité seule								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.155	-0.219*	-0.180*	-0.180*	0.0323	-0.0291	0.0310	0.0310
Bureaux	-0.0543	0.0762	-0.0807	-0.0754	-0.000903	-0.242*	0.000489	0.000483
Commerces	-0.109	-0.312*	-0.106	-0.111	0.0206	0.104	0.00812	0.0213
Hôtellerie-restauration	<i>0.776</i>	<i>0.538***</i>	<i>0</i>	<i>-0.406</i>	0.0531	0.141	0.0588	0.0635

Gaz								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.0661	0.00623	-0.0741	-0.0720	-0.154**	-0.293***	-0.151**	-0.150**
Bureaux	-0.153	0.518*	-0.153	-0.123	-0.305***	-0.583***	-0.292***	-0.295***
Commerces	0.0164	-0.166	0.0254	0.0257	-0.0150	-0.0137	-0.0256	-0.0190
Hôtellerie-restauration	<i>-0.489*</i>	<i>-0.495***</i>	<i>0</i>	<i>-0.500</i>	0.0142	0.190	0.0185	0.0194

Tableau 103 - Coefficients de la variable "Qualité de l'isolation : Très bonne ou bonne", par catégorie de surface

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-1.250***	-0.953***	-1.228***	-1.233***	-1.093***	-0.981***	-1.074***	-1.083***	-1.195***	-0.949***	-0.361**	-1.086***
Bureaux	-1.176***	-0.901***	-1.165***	-1.168***	-1.167***	-1.020***	-1.040***	-1.073***	-1.080***	-0.887***	0.102	-0.700***
Commerces	-1.434***	-1.213***	-1.412***	-1.411***	-0.895***	-0.908***	-0.856***	-0.858***	-1.420***	-0.904***	-1.798***	-2.052***
Hôtellerie-restauration	-0.803***	-0.562***	-0.813***	-0.804***	-1.141***	-0.998***	-1.561***	-1.229***	-1.184***	-1.157***	-0.683	-1.499***
BFA-Services immatériels	-1.090***	-0.611**	-1.163***	-1.135***	-1.135***	-1.037***	-1.092***	-1.128***	-1.058***	-0.828***	-0.366	-1.132***
Services matériels	-1.267***	-1.392***	-0.510	-1.411***	-0.803***	-0.973***	-0.433	-0.476**	-1.422***	-1.204***	-0.432	-2.923***
Information & Communication	-1.061***	-1.884***	-1.072***	-1.091***	-1.617***	-1.102***	-1.872***	-1.896***	-0.342	-0.863	0.520	0.495
Commerces de détail	-1.438***	-0.952***	-1.483***	-1.458***	-0.784***	-0.741***	-0.766***	-0.756***	-1.529***	-0.910***	-1.949***	-2.136***
Commerces de détail alimentaires	-1.000***	-0.807***	-1.039***	-1.042***	-0.918***	-0.459	-2.173***	-1.379***	-0.966***	-0.786***	-1.043***	-1.042***
Commerces de détail non alimentaires	-1.704***	-1.091***	-1.859***	-1.563***	-0.736***	-0.702***	-0.812***	-0.802***	-1.925***	-1.039***	-2.636***	-3.070***
Commerces de gros	-1.348***	-2.114***	-1.348***	-1.346***	-1.110***	-1.534***	-1.107***	-1.108***	-1.086***	-1.221***	-1.293***	-1.213***
Commerces de gros non alimentaires	-1.276***	-2.072***	-1.260***	-1.259***	-1.164***	-1.706***	-1.152***	-1.166***	-1.056***	-1.205***	-1.082***	-1.212***

Tableau 104 - Coefficients de la variable "Log(prix moyen de l'énergie)" (respectivement électricité et gaz)

Electricité mix énergétique : électricité et gaz								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-1.551***	-1.184***	-1.408***	-1.277***	-1.076***	-0.933***	-1.002***	-0.979***
Bureaux	-1.45***	-0.764***	-1.894***	-1.919***	-1.033***	-0.899***	-0.996***	-1.014***
Commerces	-1.675***	-1.389***	-0.459***	-0.767***	-1.204***	-1.233***	-0.985***	-0.905***
Hôtellerie-restauration	-0.839**	-0.645***	-2.154***	-1.714***	-0.782***	-0.471***	-0.941***	-0.997***
Electricité mix énergétique : électricité seule								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-1.468***	-1.472***	-1.442***	-1.432***	-1.074***	-1.077***	-0.998***	-1.001***
Bureaux	-1.291***	-1.344***	-1.761***	-1.960***	-0.987***	-1.021***	-0.974***	-0.966***
Commerces	-1.571***	-1.594***	-0.253	-0.249	-1.192***	-1.180***	-0.921***	-0.935***
Hôtellerie-restauration	-	-0.781**	0	-3.121**	-0.824***	-0.857***	-1.024***	-1.036***
Gaz								
Périmètre	>2000				<2000			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-1.411***	-1.124***	-0.284	-1.026***	-1.058***	-0.934***	-0.798***	-0.954***
Bureaux	-1.378***	-1.145***	0.387	-0.419*	-0.928***	-0.882***	-0.838**	-0.880*
Commerces	-1.541***	-0.821***	-2.359***	-2.332***	-1.280***	-0.915***	-0.422	-0.809
Hôtellerie-restauration	-1.755***	-2.066***	0	-1.879**	-1.109***	-1.104***	0.435	-1.661***

Tableau 105 - Coefficients de la variable "Log(Prix moyen de l'énergie)", respectivement électricité et gaz, par catégorie de surface

Périmètre	Électricité mix énergétique : électricité et gaz				Électricité mix énergétique : électricité seule				Gaz			
	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	0.198	0.642	0.0732	0.105	0.0132	0.543	-0.416	-0.120	0.687***	0.705	0.0406	0.705**
Bureaux	0.0335	1.024	0.334	0.224	0.194	0.535	-0.561	-0.0665	0.902***	1.100*	0.947**	0.565
Commerces	0.466	-0.673	-0.182	-0.257	-0.200	0.538	0.392	0.0479	0.959***	-0.0948	1.898***	2.756***
Hôtellerie-restauration	<i>0.138</i>	<i>-0.221</i>	<i>0.134</i>	<i>-0.0710</i>	<i>0.289</i>	<i>0.625</i>	1.990**	<i>0.622</i>	<i>-0.413</i>	-0.993**	<i>-0.388</i>	<i>-0.146</i>
BFA-Services immatériels	-0.228	1.433	0.434	0.272	0.312	0.947	-0.209	0.0533	1.019***	1.417	1.030	1.423*
Services matériels	<i>1.228</i>	<i>0.386</i>	2.696**	<i>0.924</i>	-0.352	-0.518	0.300	0.0200	<i>1.279</i>	<i>0.340</i>	<i>1.664</i>	2.716**
Information & Communication	<i>-0.0217</i>	<i>0.103</i>	<i>-0.0528</i>	<i>-0.0149</i>	1.137*	2.131*	1.640**	1.685**	<i>-0.365</i>	<i>0.278</i>	<i>-0.677</i>	<i>-0.588</i>
Commerces de détail	0.355	-1.060	-0.657	-0.805*	-0.184	0.890	0.0760	-0.0538	0.946**	-0.612	2.363***	3.262***
Commerces de détail alimentaires	<i>0.565</i>	<i>-0.00526</i>	<i>0.460</i>	<i>0.445</i>	<i>-0.389</i>	<i>0.590</i>	-8.046***	-3.474**	<i>0.731</i>	<i>-0.298</i>	<i>0.872</i>	<i>0.850</i>
Commerces de détail non alimentaires	<i>0.181</i>	<i>-1.131</i>	-1.384*	-3.090***	-0.190	0.578	0.0840	-0.152	1.008*	<i>-0.731</i>	3.582***	6.334***
Commerces de gros	<i>0.544</i>	<i>-0.00975</i>	<i>0.775</i>	<i>0.604</i>	-0.270	-0.606	1.573	1.296*	1.219**	2.480***	1.749**	1.608*
Commerces de gros non alimentaires	<i>1.104</i>	<i>0.384</i>	<i>1.116</i>	1.175*	<i>-0.782</i>	<i>-0.622</i>	<i>2.073</i>	1.939**	1.476**	2.032***	1.731**	1.780**

Tableau 106 - Coefficients de la variable « Log(DJU) »

Electricité mix énergétique : électricité et gaz								
>2000					<2000			
Périmètre	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.122	-0.0483	-0.461	-0.437	0.293	0.720	0.470	0.420
Bureaux	-1.101*	0.188	-1.354**	-1.350**	0.314	1.001	1.171**	0.722*
Commerces	0.769*	-0.215	0.0315	0.0850	0.184	-0.682	-0.317	-0.426
Hôtellerie-restauration	<i>-0.818</i>	<i>0.304</i>	<i>0</i>	<i>-0.582</i>	0.451	-0.0315	0.169	0.00264

Electricité mix énergétique : électricité seule								
>2000					<2000			
Périmètre	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	-0.196	0.194	-0.141	-0.0217	0.0525	0.602*	0.150	0.251
Bureaux	0.374	1.340**	0.476	1.511	0.154	0.527	0.377	0.358
Commerces	-0.396	0.633	0.718	0.760	-0.136	0.541	1.854***	0.0812
Hôtellerie-restauration	<i>-2.719</i>	<i>-4.134***</i>	<i>0</i>	<i>-11.07</i>	0.470	0.817	0.700	0.442

Gaz								
>2000					<2000			
Périmètre	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF	Non pondérée	Pondérée	DMF2	DMF
Tertiaire	1.105***	0.0463	-0.383	0.626*	0.439*	0.750	0.236	0.476
Bureaux	1.096***	0.335	-0.429	0.186	0.796**	1.121*	1.102*	0.983
Commerces	1.204**	0.283	3.332***	3.326***	0.781*	-0.00611	-0.707	0.138
Hôtellerie-restauration	<i>0.160</i>	<i>-0.493</i>	<i>0</i>	<i>0.189</i>	-0.657*	-1.013**	-1.362*	0.130

Tableau 107 - Coefficients de la variable "Log(DJU)", par catégorie de surface

Annexe 4E. Preuve de l'égalité des coefficients des régressions de la consommation totale et de la consommation unitaire

Supposons pour simplifier la démonstration que le modèle que l'on souhaite estimer soit le suivant :

$$\ln(Qf)_i = \alpha + \beta \ln(S)_i + \gamma D_i + u_i$$

Cela signifie que la quantité totale d'énergie Qf consommée ne dépend que de la surface S du bâtiment et d'un variable indicatrice D , ne prenant que les valeurs 0 ou 1.

Supposons que l'on souhaite estimer également le modèle suivant :

$$\ln(Cf)_i = \alpha' + \beta' \ln(S)_i + \gamma' D_i + u'_i$$

Où $Cf = \frac{Qf}{S}$ est la consommation unitaire d'énergie f .

Nous souhaitons montrer qu'étant la spécification *log-log* adoptée, l'estimation de la consommation totale conduit à la même valeur pour le coefficient de la variable D que l'estimation de la consommation unitaire, autrement dit que $\gamma = \gamma'$.

Démonstration :

$$\ln(Qf)_i = \alpha + \beta \ln(S)_i + \gamma D_i + u_i$$

$$\Rightarrow E[\ln(Qf) | \ln(S), D = 1] = E[\ln(Qf) | \ln(S), D = 0] + \gamma$$

$$\Rightarrow E[\ln(Cf * S) | \ln(S), D = 1] = E[\ln(Cf * S) | \ln(S), D = 0] + \gamma$$

$$\Rightarrow E[\ln(Cf) + \ln(S) | \ln(S), D = 1] = E[\ln(Cf) + \ln(S) | \ln(S), D = 0] + \gamma$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow E[\ln(Cf) | \ln(S), D = 1] + E[\ln(S) | \ln(S), D = 1] &= E[\ln(Cf) | \ln(S), D = 1] + E[\ln(S) | \ln(S), D \\ &= 0] + \gamma \end{aligned}$$

Or, nous sommes toutes choses égales par ailleurs, donc :

$$E[\ln(S) | \ln(S), D = 1] = E[\ln(S) | \ln(S), D = 0]$$

Donc,

$$E[(Cf) | \ln(S), D = 1] = E[(Cf) | \ln(S), D = 0] + \gamma$$

Ce qui implique que :

$$\ln(Cf)_i = \alpha' + \beta' \ln(S)_i + \gamma D_i + u'_i$$

Annexe 4F. Présentation des résultats pour l'estimation de la consommation totale de gaz et pour la consommation unitaire de gaz, par les méthodes *Conditionnelle* et *Pondérée*, pour le périmètre « Tertiaire »

VARIABLES	Consommation totale de gaz Conditionnelle		Consommation unitaire de gaz Conditionnelle	
	Non pondéré	Pondéré	Non pondéré	Pondéré
Surface totale (log)	0.484*** (0.0276)	0.478*** (0.0628)	-0.516*** (0.0276)	-0.522*** (0.0628)
Période de construction				
<i>Avant 1975</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Entre 1975 et 2000</i>	-0.0913* (0.0491)	0.158 (0.120)	-0.0913* (0.0491)	0.158 (0.120)
<i>Après 2000</i>	-0.149** (0.0702)	-0.406** (0.185)	-0.149** (0.0702)	-0.406** (0.185)
Secteur d'activité				
<i>BFA</i>	0.227** (0.0894)	-0.0617 (0.273)	0.227** (0.0894)	-0.0617 (0.273)
<i>Activité scientifique</i>	0.316*** (0.103)	0.0600 (0.194)	0.316*** (0.103)	0.0600 (0.194)
<i>Services matériels</i>	0.0961 (0.113)	0.474*** (0.170)	0.0961 (0.113)	0.474*** (0.170)
<i>Commerces détail alimentaires</i>	0.494*** (0.0832)	0.185 (0.228)	0.494*** (0.0832)	0.185 (0.228)
<i>Commerces détail non alimentaires</i>	-0.190* (0.0987)	0.149 (0.175)	-0.190* (0.0987)	0.149 (0.175)
<i>Commerces gros alimentaires</i>	0.0616 (0.181)	-0.364 (0.485)	0.0616 (0.181)	-0.364 (0.485)
<i>Commerces gros non alimentaires</i>	0.163* (0.0846)	-0.00705 (0.161)	0.163* (0.0846)	-0.00705 (0.161)
<i>Commerce réparation véhicules</i>	0.482*** (0.0978)	0.248 (0.293)	0.482*** (0.0978)	0.248 (0.293)
<i>Hébergement</i>	1.007*** (0.133)	1.293*** (0.332)	1.007*** (0.133)	1.293*** (0.332)
<i>Information & Communication</i>	-0.0109 (0.105)	-0.539** (0.271)	-0.0109 (0.105)	-0.539** (0.271)
<i>Restauration</i>	0.832*** (0.0883)	0.928*** (0.165)	0.832*** (0.0883)	0.928*** (0.165)
<i>Services immatériels</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
Nombre de salariés				
<i>0</i>	-1.681*** (0.131)	-1.638*** (0.202)	-1.681*** (0.131)	-1.638*** (0.202)
<i>1 à 5</i>	-0.666*** (0.0902)	-0.795*** (0.160)	-0.666*** (0.0902)	-0.795*** (0.160)
<i>6 à 9</i>	-0.428*** (0.0882)	-0.537*** (0.147)	-0.428*** (0.0882)	-0.537*** (0.147)
<i>10 à 19</i>	-0.175** (0.0786)	-0.198 (0.131)	-0.175** (0.0786)	-0.198 (0.131)
<i>20 à 49</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>50 à 99</i>	0.311*** (0.0804)	0.353*** (0.121)	0.311*** (0.0804)	0.353*** (0.121)
<i>100 à 249</i>	0.558*** (0.0840)	0.660*** (0.146)	0.558*** (0.0840)	0.660*** (0.146)
<i>250 à 499</i>	0.674*** (0.102)	0.854*** (0.181)	0.674*** (0.102)	0.854*** (0.181)
<i>500 ou plus</i>	0.658*** (0.146)	0.358 (0.256)	0.658*** (0.146)	0.358 (0.256)
Statut d'occupation				
<i>Locataire</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Propriétaire</i>	-0.0261 (0.0472)	-0.247** (0.112)	-0.0261 (0.0472)	-0.247** (0.112)
Chauffage au gaz	0.204** (0.0814)	0.291* (0.156)	0.204** (0.0814)	0.291* (0.156)
Chauffage au gaz collectif	-0.0725	-0.476***	-0.0725	-0.476***

	(0.0571)	(0.150)	(0.0571)	(0.150)
Cuisson au gaz	0.0266	-0.141	0.0266	-0.141
	(0.0644)	(0.135)	(0.0644)	(0.135)
ECS au gaz	0.0517	-0.261**	0.0517	-0.261**
	(0.0447)	(0.111)	(0.0447)	(0.111)
Equipement gros consommateur de gaz	0.194***	0.126	0.194***	0.126
	(0.0553)	(0.152)	(0.0553)	(0.152)
Qualité de l'isolation				
<i>Très mauvaise ou mauvaise</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>Très bonne ou bonne</i>	-0.126***	-0.276**	-0.126***	-0.276**
	(0.0474)	(0.110)	(0.0474)	(0.110)
Prix du gaz (log)	-1.195***	-0.949***	-1.195***	-0.949***
	(0.0662)	(0.120)	(0.0662)	(0.120)
DJU (log)	0.687***	0.705	0.687***	0.705
	(0.179)	(0.449)	(0.179)	(0.449)
Zone climatique				
<i>H1</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>	<i>Réf</i>
<i>H2</i>	0.0743	0.209	0.0743	0.209
	(0.0612)	(0.141)	(0.0612)	(0.141)
<i>H3</i>	0.347**	0.614*	0.347**	0.614*
	(0.146)	(0.349)	(0.146)	(0.349)
Constant	7.277***	6.558*	7.277***	6.558*
	(1.403)	(3.587)	(1.403)	(3.587)
Observations	3,359	3,359	3,359	3,359
R ²	0.662	0.578	0.377	0.389

Tableau 108 - Comparaison des résultats des estimations de la consommation totale de gaz et de la consommation unitaire de gaz, pour les méthodes Conditionnelle et Pondérée, pour le périmètre : Tertiaire

Annexe 4G. Démonstration de l'énoncé de Halvorsen (1975) repris par Mansur, Mendelsohn, et Morrison (2008)

Énoncé : lorsque le modèle économétrique est spécifié de telle sorte que la variable endogène est le logarithme de la consommation d'énergie, et que l'une des variables exogènes est le logarithme du prix de l'énergie, alors l'estimation de l'élasticité-prix de la consommation d'énergie est la même, que l'on utilise le prix marginal ou le prix moyen. Seule l'estimée de la constante varie d'un modèle à l'autre.

Preuve :

Soit le modèle économétrique *log-log* suivant :

$$\ln(Q) = a_0 + a_1 \ln(Pm) + \sum_{i=2}^p a_i W_i + u$$

Où Q est la quantité d'énergie consommée, Pm est le prix marginal, $[W_2, \dots, W_p]$ sont les autres variables explicatives, qui peuvent être discrètes ou continues, et u est le terme d'erreur. On s'intéresse particulièrement à l'estimation de a_1 .

En prenant l'exponentielle de l'équation (1), on a :

$$Q = \exp(a_0) Pm^{a_1} \prod_{i=2}^p \exp(a_i W_i) \exp(u)$$

On peut également écrire la relation (1) de la façon suivante :

$$\ln(Pm) = b_0 + b_1 \ln(Q) + \sum_{i=2}^p b_i Z_i + v$$

Ce qui équivaut à :

$$Pm = \exp(b_0) Q^{b_1} \prod_{i=2}^p \exp(a_i Z_i) \exp(v)$$

Par ailleurs, la relation entre le prix marginal Pm et le prix moyen \bar{P} est :

$$\bar{P}Q = \int_{q=0}^Q Pm dq$$

Ce qui donne :

$$\bar{P}Q = \int_{q=0}^Q \exp(b_0) q^{b_1} \prod_{i=2}^p \exp(a_i Z_i) \exp(v) dq$$

$$\bar{P}Q = \exp(b_0) \prod_{i=2}^p \exp(a_i Z_i) \exp(v) \int_{q=0}^Q q^{b_1} dq$$

$$\bar{P}Q = \exp(b_0) \prod_{i=2}^p \exp(a_i Z_i) \exp(v) \frac{Q^{b_1+1}}{b_1 + 1}$$

$$\bar{P}Q = \frac{PmQ}{b_1 + 1}$$

$$\bar{P} = \frac{Pm}{b_1 + 1}$$

En utilisant cette dernière équation dans (1), on constate qu'en estimant cette équation au lieu de l'autre, on estime correctement a_1 , mais a_0 est biaisé.

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ADEME Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

AIE Agence Internationale de l'Énergie

APE Activité Principale de l'Établissement

BBC Bâtiment Basse Consommation

BFA Banque-Finance-Assurance

CDD Cooling Degree Day

CDM Commercial Demand Module

CEREN Centre d'Études et de Recherches Économiques sur l'Énergie

CGEDD Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable

CIMS Canadian Integrated Modeling System

CITEPA Centre Interprofessionnel Technique d'Études sur la Pollution Atmosphérique

CCNUCC Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique

DCC Discrete Continuous Choice

DJU Degré Jour Unifié

DMF Dubin-Mc Fadden

DPE Diagnostic de Performance Energétique

EACEI Enquête Annuelle sur la Consommation d'Énergie dans l'Industrie

EAS Échantillonnage Aléatoire Simple

EC Échantillonnage Complexe

ECET Enquête sur la Consommation d'Énergie dans le Tertiaire

ECS Eau Chaude Sanitaire

ESANE Élaboration des Statistiques Annuelles d'Entreprises

GES Gaz à Effet de Serre

GIEC Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat

HDD Heating Degree Day

IEIF Institut d'Épargne Immobilière et Foncière

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques

MCO Moindres Carrés Ordinaires

NAF Nomenclature d'Activités Françaises

NEMS National Energy Modeling System

OCDE Organisation de Coopération et de Développement Économique

RDM Residential Demand Module

RT Réglementation Thermique

SECTEN Secteurs économiques et énergie

SIIC Société d'Investissement Immobilier Cotée

SIRET Système d'identification du Répertoire des établissements

SOeS Service de l'Observation et des Statistiques

TSL Taylor Series Linearization

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Nombre de publications sur Sciencedirect appartenant au champ disciplinaire « Economics, econometrics and finance », contenant les mots clés « <i>climate change</i> » ou « <i>energy consumption</i> » ainsi que le mot clé correspond au secteur étudié.....	4
Figure 2 - Aperçu des différentes analyses économiques du bâtiment tertiaire.....	11
Figure 3 - Déterminants des choix discrets et continus.....	24
Figure 4 - Classement des déterminants de la consommation d'un bâtiment selon Estiri (2014)	29
Figure 5 - Illustration d'un EAS	67
Figure 6 - Illustration d'un sondage stratifié simple.....	70
Figure 7 - Illustration d'un <i>clustering</i>	72
Figure 8 - Illustration de la différence entre stratification et différents types de clustering	73
Figure 9- Schéma de la stratification de la population de l'ECET (Lecture : les strates jaunes sont sondées exhaustivement)	77
Figure 10 - Histogramme des poids	78
Figure 11 – Évolution de la consommation énergétique des différents secteurs, base 100 en 2001, non corrigée des variations climatiques.	106
Figure 12 - Nomenclature de la NAF : Section et Division Périmètre de l'ECET.....	111
Figure 13 - Questions portant sur l'accès au détail de la facture énergétique	113
Figure 14 - Consommation énergétique et surface totales de chaque sous-secteur	124
Figure 15 - Distribution de la consommation unitaire (kWh/m ²) au sein de chaque branche	126
Figure 16 - Répartition des établissements par tranche d'effectif salarié.....	127
Figure 17 - Répartition des établissements par tranche d'effectif salarié, en part de la surface totale.....	127
Figure 18 - Part des établissements propriétaires de leurs bâtiments.....	129
Figure 19 - Part des établissements menant leur activité à domicile	130
Figure 20 - Histogrammes de la surface totale de l'établissement (m ²) par sous-secteur	131
Figure 21 - Part des établissements propriétaires de leur bâtiment, pour les établissements dont la surface du bâtiment est supérieure à 2000 m ²	133
Figure 22 - Répartition des établissements par génération de bâtiments	134
Figure 23 - Répartition des énergies de chauffage par génération de bâtiments et par branche	135
Figure 24 - Part du chauffage collectif par génération de bâtiments et par branche.....	136
Figure 25 - Part des établissements disposant de la climatisation par génération de bâtiments et par sous-secteur	137
Figure 26 - Consommation unitaire moyenne (kWh/m ²) par période de construction et par sous-secteur	138
Figure 27 - Consommation unitaire moyenne par période de construction et par sous-secteur, pour les bâtiments dont la surface totale est supérieure à 2000 m ²	139

Figure 28 - Consommation d'électricité des bâtiments en Europe	140
Figure 29 - Évolution de la consommation d'énergie par employé en Europe	140
Figure 30 - Consommation unitaire d'électricité moyenne (kWh/m ²) par génération de bâtiments et par branche Données : ECET.....	141
Figure 31 - Consommation unitaire moyenne d'électricité par période de construction et par sous-secteur, pour les bâtiments dont la surface totale est supérieure à 2000 m ²	142
Figure 32 - Perception de la qualité de l'isolation par génération de bâtiment et par sous-secteur Données : ECET	143
Figure 33 - Représentation des différents périmètres.....	158
Figure 34 - Histogramme de répartition de la valeur du coefficient estimé associé à la variable "Présence de climatisation"	177
Figure 35 - Histogramme du prix moyen de l'électricité dans la population de l'ECET (€/MWh).....	182
Figure 36 - Histogramme du prix moyen du gaz dans la population de l'ECET (€/MWh) ...	182
Figure 37 - Élasticité de la demande d'Électricité Mix énergétique : Électricité et gaz.....	185
Figure 38 - Élasticité de la demande d'Électricité Mix énergétique : Électricité seule	186
Figure 39 - Élasticité de la demande de gaz.....	187
Figure 40 – Exemple de tarification décroissante par block	188
Figure 41 - Fonction de répartition empirique de la consommation de gaz de la population de l'ECET, et première tranche de tarification	193
Figure 42 - Fonction de répartition empirique de la consommation d'électricité de la population de l'ECET, et premières tranches de tarification	193
Figure 43 - Zones climatiques en France métropolitaine Source : www.habitat-plus.com ...	249

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Classement des études selon le type de données et le type d'approche utilisée	21
Tableau 2 - Illustration du dilemme propriétaire-locataire	41
Tableau 3 - Revue des valeurs des élasticités-prix de la consommation énergétique des ménages et/ou des entreprises	57
Tableau 4 - Principaux paramètres d'intérêt dans une population.....	81
Tableau 5 - Estimateurs des principaux paramètres d'intérêt à l'aide des données de l'échantillon dans le cas d'un EAS	83
Tableau 6- Variance estimée dans le cas d'un EAS	84
Tableau 7 - Estimateurs des principaux paramètres d'intérêt à l'aide des données de l'échantillon dans le cas d'un échantillonnage à plan de sondage complexe	87
Tableau 8 - Démarche adaptée à l'analyse de données issues d'un échantillonnage complexe	91
Tableau 9 - Résultats des différentes estimations d'une moyenne : Surface moyenne d'un bâtiment tertiaire en France (m ²) Données : ECET.....	92
Tableau 10 - Résultats des différentes estimations des coefficients d'une régression linéaire multiple : Consommation de gaz (log) Source : Données ECET.....	95
Tableau 11 – Base de données contenant des informations quantitatives sur la consommation énergétique du secteur tertiaire	108
Tableau 12 – Tableau à remplir dans l'ECET – Achat d'énergie par source et par usage.....	114
Tableau 13 – Tableau à remplir dans l'ECET - Quantité d'énergie consommée par source.	115
Tableau 14- Principales limites des données de l'ECET	115
Tableau 15 - Comparaison des statistiques de l'ECET avec d'autres sources de données	120
Tableau 16 - Part des établissements ayant recours à un usage énergétique donné.....	125
Tableau 17 - Comparaison des établissements sous le périmètre du "décret tertiaire" et de l'ensemble du tertiaire marchand.....	132
Tableau 18 - Synthèse des différentes approches utilisées	153
Tableau 19 - Statistiques descriptives	157
Tableau 20 - Nombre d'observations par périmètre et par mix énergétique	158
Tableau 21 - Présentation des périmètres utilisés et des variables indicatrices du sous-secteur introduites selon le périmètre	159
Tableau 22 – Synthèse des $Nk/4e$ pour la variable « Surface totale ».....	162
Tableau 23 - Synthèse des $Nk/4e$ pour la modalité « Période de construction : Entre 1975 et 2000».....	164
Tableau 24 - Synthèse des $Nk/4e$ pour la modalité « Période de construction : Après 2000»	165
Tableau 25- Synthèse des $Nk/4e$ pour la variable « Statut d'occupation : Propriétaire».....	170
Tableau 26 - Synthèse des $Nk/4e$ pour la variable « Chauffage : collectif»	174
Tableau 27 - Synthèse des $Nk/4e$ pour la variable « Climatisation à l'électricité».....	177
Tableau 28 - Synthèse des $Nk/4e$ pour la variable « Qualité de l'isolation : bonne ou très bonne»	180
Tableau 29 - Synthèse des $Nk/4e$ pour la variable « Prix de l'énergie e ».....	183

Tableau 30 - Élasticité-prix estimées	184
Tableau 31 - Valeurs estimées de l'élasticité selon la surface du bâtiment.....	187
Tableau 32 - Tarification du gaz pour les entreprises en France en 2011	192
Tableau 33 - Tarification de l'électricité pour les entreprises en France en 2011	192
Tableau 34 - Éléments du critère de décision des modèles NEMS et CIMS	218
Tableau 35 - Détail des articles inclus dans la revue de la littérature	221
Tableau 36 - Caractéristiques du choix discret dans la littérature <i>DCC</i>	223
Tableau 37 - Déterminants de la consommation d'électricité	229
Tableau 38 - Déterminants de la consommation de combustibles (gaz, fioul, GPL, etc.)	235
Tableau 39 - Utilisation d'un plan de sondage complexe dans les enquêtes réalisées par l'INSEE.....	238
Tableau 40 - Différentes nomenclatures du secteur tertiaire.....	241
Tableau 41 - Correspondance entre les différentes nomenclatures	244
Tableau 42- Variables présentes dans l'ECET	247
Tableau 43 - Part des établissements ayant recours à un usage énergétique donné Données : ECET	248
Tableau 44 - Modèle de sélection du mix énergétique Le choix de référence est « uniquement de l'électricité ».....	252
Tableau 45 - Modèle de sélection du mix énergétique Le choix de référence est « uniquement de l'électricité ».....	253
Tableau 46 - Modèle de sélection du mix énergétique Le choix de référence est « uniquement de l'électricité ».....	254
Tableau 47 - Consommation d'électricité Périmètre : Tertiaire	258
Tableau 48 - Consommation d'électricité Périmètre : Bureaux.....	262
Tableau 49- Consommation d'électricité Périmètre : Commerces	265
Tableau 50 - Consommation d'électricité Périmètre : Hôtellerie-Restaurant.....	267
Tableau 51 - Consommation d'électricité Périmètre : BFA et Services immatériels	269
Tableau 52 - Consommation d'électricité Périmètre : Services matériels	271
Tableau 53 - Consommation d'électricité Périmètre : Information & Communication	273
Tableau 54 - Consommation d'électricité Périmètre : Commerce détail.....	275
Tableau 55 - Consommation d'électricité Périmètre : Commerces détail alimentaires.....	277
Tableau 56 Consommation d'électricité Périmètre : Commerces de détail non alimentaires	279
Tableau 57 - Consommation d'électricité - Périmètre : Commerce de gros.....	281
Tableau 58 - Consommation d'électricité Périmètre : Commerces gros alimentaire	283
Tableau 59 - Consommation d'électricité Périmètre : Commerces gros non alimentaires....	285
Tableau 60 - Consommation de gaz Périmètre : Tertiaire	287
Tableau 61 - Consommation de gaz Périmètre : Bureaux.....	288
Tableau 62 – Consommation de gaz Périmètre : Commerces	289
Tableau 63 - Consommation de gaz Périmètre : Hôtellerie-Restaurant.....	290
Tableau 64 - Consommation de gaz Périmètre : BFA-Services immatériels.....	291
Tableau 65 - Consommation de gaz Périmètre : Services matériels	292
Tableau 66 - Consommation de gaz Périmètre : Information & Communication	293
Tableau 67 - Consommation de gaz Périmètre : Commerces de détail	294
Tableau 68 - Consommation de gaz Périmètre : Commerces de détail alimentaires.....	295

Tableau 69 – Consommation de gaz Périmètre : Commerces de détail non alimentaires	296
Tableau 70 - Consommation de gaz Périmètre : Commerces de gros	297
Tableau 71 – Consommation de gaz Périmètre : Commerces de gros alimentaires	298
Tableau 72 - Consommation de gaz Périmètre : Commerces de gros non alimentaires	299
Tableau 73 - Consommation d'électricité Périmètre : Tertiaire \cap S1	304
Tableau 74 - Consommation d'électricité Périmètre : Bureaux \cap S1.....	307
Tableau 75 - Consommation d'électricité Périmètre : Commerce \cap S1.....	309
Tableau 76 - Consommation d'électricité Périmètre : Tertiaire \cap S2	311
Tableau 77 - Consommation d'électricité Périmètre : Bureaux \cap S2.....	313
Tableau 78 - Consommation d'électricité Périmètre : Commerces \cap S2	315
Tableau 79 - Consommation d'électricité Périmètre : Hôtellerie-Restauration \cap S2.....	317
Tableau 80 - Consommation de gaz Périmètre : Tertiaire \cap S1 et Tertiaire \cap S2.....	319
Tableau 81 - Consommation de gaz Périmètre : Bureaux \cap S1 et Bureaux \cap S2	321
Tableau 82 - Consommation de gaz Périmètre : Commerces \cap S1 et Commerces \cap S2	323
Tableau 83 - Consommation de gaz Périmètre : Hôtellerie-restauration \cap S1 et Hôtellerie-restauration \cap S2	324
Tableau 84 - Coefficients de la variable "Surface totale"	327
Tableau 85 - Coefficients de la variable "Période de construction : "Entre 1975 et 2000" ...	328
Tableau 86 - Coefficients de la variable « Période de construction : Après 2000 »	328
Tableau 87 - Coefficients de la variable "Période de construction : "Entre 1975 et 2000", par catégorie de surface	329
Tableau 88 - Coefficients de la variable "Période de construction : Après 2000", par catégorie de surface.....	329
Tableau 89 - Coefficients de la variable "Nombre de salariés : 0"	330
Tableau 90 - Coefficients de la variable "Nombre de salariés : 1 à 5"	330
Tableau 91 – Coefficients de la variable « Nombre de salariés : 6 à 9 »	331
Tableau 92 - Coefficients de la variable : "Nombre de salariés : 10 à 19"	331
Tableau 93 - Coefficients de la variable explicative "Nombre de salariés : 100 à 249"	332
Tableau 94 - Coefficients de la variable explicative "Nombre de salariés : Entre 250 et 499"	332
Tableau 95 – Coefficients de la variable explicative « Nombre de salariés : 500 ou plus »..	333
Tableau 96 - Coefficients de la variable "Statut d'occupation : Propriétaire".....	334
Tableau 97 - Coefficients de la variable "Statut d'occupation : Propriétaire", par catégorie de surface	335
Tableau 98 - Coefficients de la variable : "Chauffage collectif"	336
Tableau 99 - Coefficients de la variable "Chauffage collectif", par catégorie de surface	337
Tableau 100 - Coefficients pour la variable "Usage de climatisation à l'électricité"	338
Tableau 101 - Coefficients pour la variable "Usage de la climatisation à l'électricité", par catégorie de surface.....	339
Tableau 102 - Coefficients de la variable "Qualité de l'isolation : Très bonne ou bonne"	340
Tableau 103 - Coefficients de la variable "Qualité de l'isolation : Très bonne ou bonne", par catégorie de surface.....	341
Tableau 104 - Coefficients de la variable "Log(prix moyen de l'énergie)" (respectivement électricité et gaz)	342

Tableau 105 - Coefficients de la variable "Log(Prix moyen de l'énergie)", respectivement électricité et gaz, par catégorie de surface.....	343
Tableau 106 - Coefficients de la variable « Log(DJU) »	344
Tableau 107 - Coefficients de la variable "Log(DJU)", par catégorie de surface.....	345
Tableau 108 - Comparaison des résultats des estimations de la consommation totale de gaz et de la consommation unitaire de gaz, pour les méthodes Conditionnelle et Pondérée, pour le périmètre : Tertiaire.....	349

