

Thèse Déborah Leboullenger
Essais sur la transition énergétique :
enjeux, valorisation, financement et
risques

Résumé

1. Contexte

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC ou IPCC¹) a été créé en 1988 en vue de « fournir des évaluations détaillées de l'état des connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques sur les changements climatiques, leurs causes, leurs répercussions potentielles et les stratégies de parade »². Depuis lors, le GIEC a établi cinq rapports d'évaluation et reçu le prix Nobel de la Paix en 2007. Le 4^{ème} rapport, paru en novembre 2004, a montré que l'être humain était responsable d'un changement climatique significatif. Dix ans plus tard, dans le 5^e rapport³, il affirme que l'activité humaine émettrice de gaz à effet de serre⁴ (ou GES) et le réchauffement climatique qui en résulte, ont transformé la fréquence des événements climatiques extrêmes de manière irréversible. Il aboutit également à cinq conclusions importantes :

- 1) Les émissions anthropiques de CO₂ (dioxyde de carbone), CH₄ (méthane), N₂O (protoxyde d'azote) et F-gaz (gaz fluorés), sont à l'origine des perturbations climatiques majeures depuis l'ère industrielle et ont augmenté à partir des années 1990. En 2010, l'humanité a émis 49 Gigatonnes équivalent CO₂ de GES, avec un taux de croissance qui n'a cessé d'augmenter de 2,2 % par an depuis 2000 contre 1,3 % par an entre 1970 et 2000 (Figure 1). Sans limitations, les températures augmenteront jusqu'à 2,6° d'ici 2065 et à 4,8°⁵ d'ici 2100.
- 2) Les émissions de GES sont composées à 77% de CO₂⁶ dont 85% (65% du total) correspondent au CO₂ émis lors de la combustion d'énergies fossiles (charbon, gaz naturel et pétrole) pour la production d'énergie ou comme matière première industrielle (industrie chimique et des procédés). Alors dans une proportion équivalente à celle des émissions de CO₂ provenant de l'utilisation des sols et des forêts entre 1750 et 1970 (Figure 2), la combustion des énergies fossiles est responsable des deux tiers du stock d'émissions de GES (soit 32 Gigatonnes d'équivalent CO₂). Leur utilisation exponentielle depuis les années 1950 est dû au fait qu'elles alimentent encore 80 % du mix énergétique mondial en 2015 (World Energy Outlook, 2016) soit un rythme de production de 5,27 Gigatonnes d'équivalent

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change.

² Source : https://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml.

³ https://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml

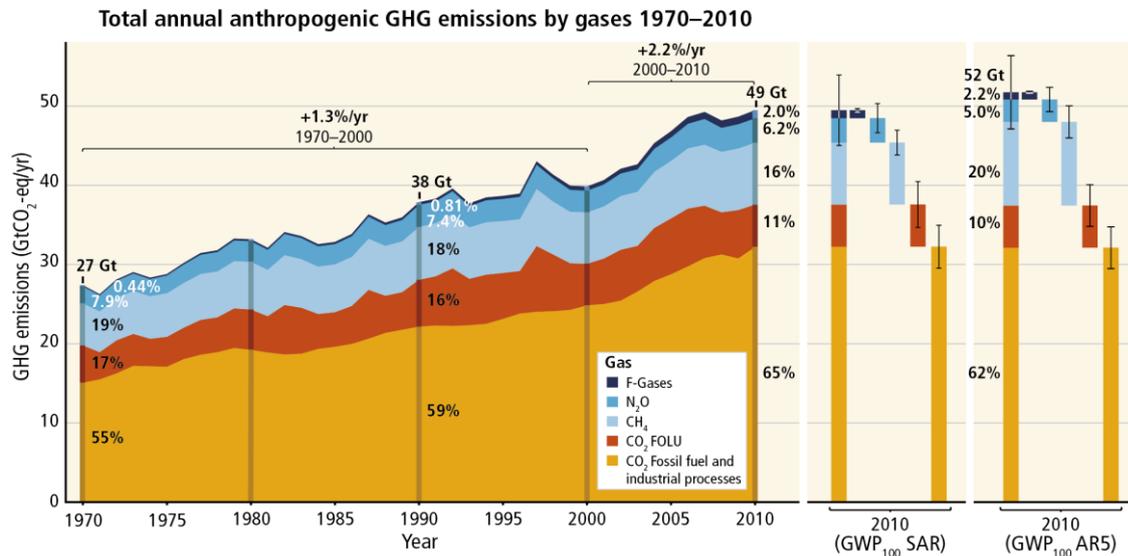
⁴ Les gaz à effet de serre (GES) sont des composants gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et contribuent à l'effet de serre. Les principaux GES présents dans l'atmosphère sont : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) et l'ozone (O₃).

⁵ Intervalle haut des plages probables (de 5% à 95%) d'augmentation des températures par rapport à la période de référence 1986-2005.

⁶ Le méthane représente 16% des émissions, les oxydes nitreux 6,2% et les gaz fluorés 2%.

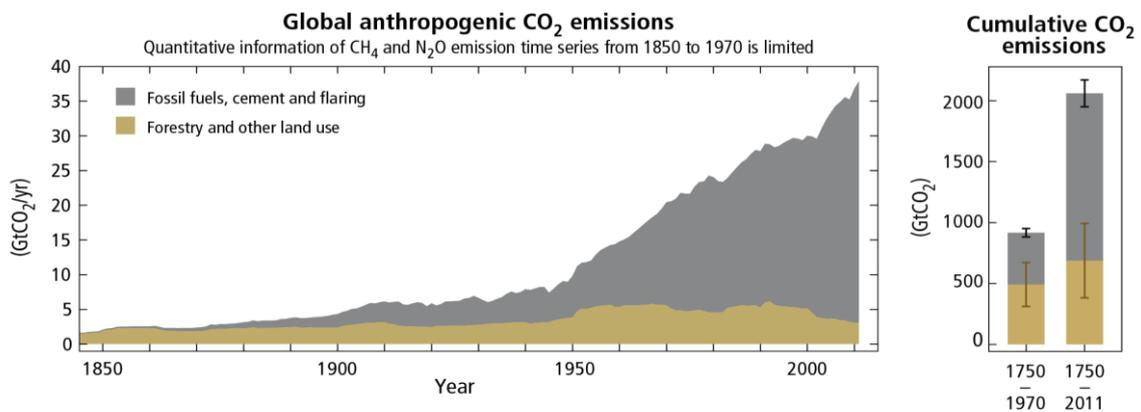
pétrole. Le charbon est la seconde énergie primaire utilisée au monde mais c'est surtout la plus polluante. Il représente 44% des émissions de CO₂, suivi par le pétrole (36%) et le gaz (20%).

FIGURE 1. EMISSIONS ANTHROPIQUES GLOBALES 1970-2010



SOURCE : IPCC (AR5, SPM)

FIGURE 2. STOCK DE GES ACCUMULE ENTRE 1750 ET 2011



SOURCE : IPCC (AR5, SPM)

- 3) Quel que soit l'objectif de limite du réchauffement climatique à ne pas dépasser, (1°, 2°, 3° ou même 4°), le flux annuel d'émission de GES devra être réduit à zéro. En effet, c'est le stock de gaz accumulé dans l'atmosphère qui détermine la capacité de celle-ci à renvoyer le rayonnement solaire et à limiter le réchauffement, et non le flux de GES émis chaque année. Chaque niveau de stock de GES détermine un degré de réchauffement. Si le stock s'accroît, le réchauffement ne s'interrompt pas. Selon l'objectif mondial assigné, il reste plus ou moins de marge de manœuvre en termes de temps

imparti et de rythme de réduction des émissions nouvelles, mais elles devront être réduites à un niveau de neutralité carbone si l'on veut stopper tout réchauffement à terme.

- 4) Pour éviter des altérations climatiques catastrophiques (réduction de la biodiversité, menace sur le littoral, inondations et sécheresses accrues, etc.) et un désastre humanitaire (menaces sur la sécurité alimentaire, explosion des réfugiés climatiques, etc.), la hausse des températures doit se stabiliser à un réchauffement en-deçà de 2°. Pour réaliser cet objectif, la planète dispose d'un « budget carbone⁷ » de 3670 Gigatonnes équivalent-CO₂ (GIEC AR5). Une large moitié de ce « budget » a été consommée entre 1870 et 2011, soit environ 1950 Gigatonnes de CO₂ sur 3670 (Figure 2). Si l'on veut respecter cette limite, le niveau d'émissions cumulées ne devra pas dépasser les 1 000 Gigatonnes sur la totalité de notre ère.

- 5) A contrainte budgétaire « 2° compatible » espérée selon les calculs du GIEC, autrement dit pour avoir une probabilité de plus de 50 % de restreindre le réchauffement climatique en deçà de 2°, une grande partie des réserves d'énergies fossiles ne peuvent pas être utilisées (rappelons que leur combustion est responsable de 35 Gigatonnes CO₂ par an et augmentent de 2,2% tous les ans). Plusieurs études scientifiques et économiques ont tenté une estimation du montant des réserves en énergies fossiles que ce budget carbone pouvait représenter (et donc du volume résiduel qui doit rester intouché ou imbrulé pour que la limite des 2° soit respectée). Ces études (Leaton, James, Ward et Bob, 2013 ; Griffin et al. 2015 ; McGlade et Ekins, 2015) estiment que 82 % des réserves mondiales (90 % des réserves de charbon ; 49 % des réserves gaz et 33 % des réserves de pétrole) doivent rester enfouies et inexploitées. De l'émergence de cette notion de « carbone imbrutable » (ou « Unburnable Carbon ») va naître une grande partie des réflexions sur les conséquences pour nos économies, non seulement des risques associés au changement climatique mais également des risques associés à la mise en route d'une transition énergétique où l'ensemble des pays parviennent à respecter le budget carbone mondial.

L'Union européenne, en particulier la France organisatrice de la COP 21 (ou 21^e Conférence des Parties⁸), fait office d'exemple dans l'édiction des contributions nationales exigées lors de la signature de l'Accord de Paris. Une année après la publication du rapport du GIEC et dans la continuité des orientations européennes, les objectifs nationaux français sont retranscrits dans la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (ci-après référée à LTECV) votée en août 2015. Les objectifs

⁷ Stock limite de gaz à effets de serre concentré dans la composition atmosphérique générant une hausse de la température de 2° du fait de l'altération de ses capacités absorbantes et réfléchissantes des rayonnements solaires.

⁸ La Conférence des Parties est un rendez-vous annuel organisé par les pays signataires de la première convention climat, tenue à Rio en 1992. La première Conférence des Parties se réunit à Berlin en mars 1995, et reconnaît la nécessité d'un renforcement des engagements des pays développés. Elle fixe par pays et par région d'une part des objectifs quantifiés de réduction ou de limitation des émissions, et d'autre part des politiques et mesures. La troisième COP se réunit à Kyoto au Japon en 1997 et débouche sur la signature du protocole de Kyoto qui marque le début du premier marché de permis de quotas carbone, l'EU ETS (*European Union Emission Trading Scheme*).

cités préfigurent l'engagement de la France dans une Stratégie Nationale Bas Carbone⁹ présentée en novembre 2015, qui représente les efforts fournis au titre de la contribution nationale pour la COP21 et figure parmi les premières politiques à utiliser le concept de budget carbone dans l'édiction de ses objectifs publics :

1) Réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % d'ici 2030 et les diviser par quatre d'ici 2050 par rapport aux niveaux de 1990 ;

2) Réduire la consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à la référence 2012, en visant un objectif intermédiaire de 20 % en 2030. Cette dynamique soutient le développement d'une économie efficace en énergie, notamment dans les secteurs du bâtiment, des transports et de l'économie circulaire, et préserve la compétitivité et le développement du secteur industriel ;

3) Réduire la consommation énergétique primaire des énergies fossiles de 30 % en 2030 par rapport à l'année de référence 2012, en modulant cet objectif par énergie fossile en fonction du facteur d'émissions de gaz à effet de serre de chacune ; sachant que le mix énergétique primaire de l'Union européenne (UE) à 28 est composé de 74 % d'énergies fossiles et celui de la France de seulement 49 %, en raison de l'importance de sa production nucléaire ;

4) Porter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32 % en 2030. A cette date, pour parvenir à cet objectif, les énergies renouvelables doivent représenter 40 % de la production d'électricité, 38 % de la consommation finale de chaleur, 15 % de la consommation finale de carburant et 10 % de la consommation de gaz ;

5) Réduire la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % à l'horizon 2025 (par rapport à un mix énergétique basé en 2015 à plus de 75% d'électricité provenant du nucléaire).

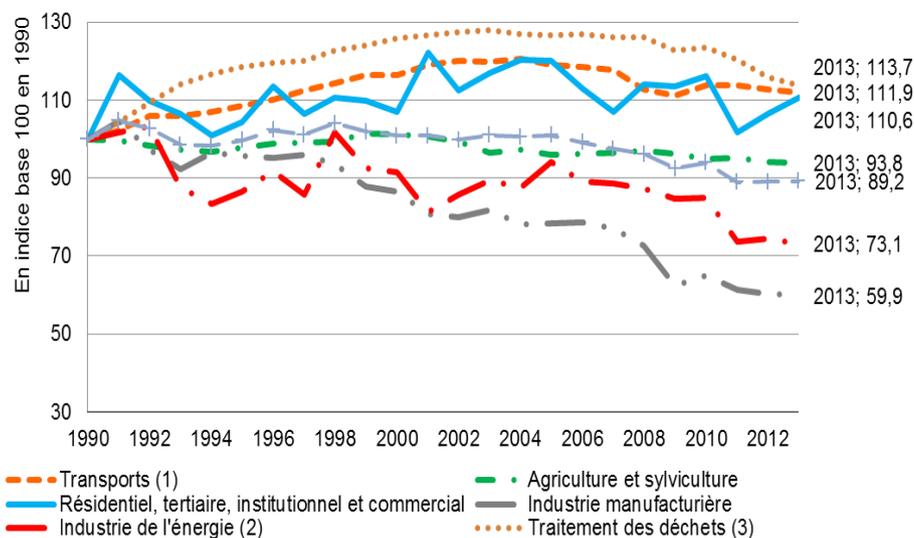
Comment atteindre les objectifs fixés à l'échelle mondiale, européenne, et nationale ? Quels sont les enjeux et les besoins pratiques d'une transition énergétique bas-carbone vertueuse ? Comment le financement de la transition énergétique peut-il s'accomplir dans la pratique ? **L'objectif de cette thèse est de comprendre les besoins et enjeux de la transition énergétique bas-carbone en France sous l'angle de sa mise en œuvre pratique et de son financement.**

Dans ce cadre, nous accordons une attention toute particulière au cas du logement, secteur clé de la transition énergétique. Le logement représente à lui seul près de 45 % de la consommation finale du pays en énergie en 2015 (chiffres SOeS). Talonné par le transport (31 %) mais loin devant l'industrie (20 %), le logement résidentiel est un secteur fortement consommateur d'énergie finale. Cette part est moindre lorsque l'on mesure l'empreinte carbone (en millions de tonnes de CO₂) de chaque secteur et non plus la consommation finale (en KWh). En effet, avec un mix énergétique de faible intensité carbone grâce à une production d'électricité majoritairement nucléaire (76,3 % en 2015), le logement

⁹ Décret N° 2015-1491 du 18 novembre 2015 relatif aux budgets carbone nationaux et à la stratégie nationale bas-carbone 2015.

est responsable de 24 % des émissions de gaz à effet de serre au niveau national (SOeS). Il est à la seconde place, derrière le transport (28 %), et talonné par l'agriculture (19 %) et l'industrie (hors énergie) (16,5 %). Ne faisant pas partie des secteurs concernés par le protocole de Kyoto et la mise en place du marché européen des quotas carbone (EU ETS), les émissions des secteurs du logement et du transport n'ont cessé d'augmenter en tendance depuis 1990 contrairement à celles de l'industrie (secteur de l'énergie et secteur manufacturier) (Figure 3). Cette différence de tendance est aussi largement expliquée par le fait que les secteurs du logement et du transport sont des secteurs de consommation de services énergétiques issus de l'expression de besoins et d'arbitrages microéconomiques émanant des ménages.

FIGURE 3. ÉVOLUTION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE PAR SECTEUR EN FRANCE



SOURCE : CITEPA, INVENTAIRE CCNUCC, FORMAT "PLAN CLIMAT »

NOTES : (1) HORS UTCF (UTILISATION DES TERRES, LEURS CHANGEMENTS ET LA FORET) ; (1) AERIEN ET MARITIME : TRAFIC DOMESTIQUE UNIQUEMENT ; (2) Y COMPRIS INCINERATION DES DECHETS AVEC RECUPERATION D'ENERGIE ; (3) HORS INCINERATION DES DECHETS AVEC RECUPERATION D'ENERGIE, ET HORS CAPTAGE DE BIOGAZ. CHAMP : FRANCE METROPOLITAINE, DEPARTEMENTS D'OUTRE-MER, SAINT MARTIN (PERIMETRE PROTOCOLE DE KYOTO).

Une fois le choix fait d'utiliser le prisme de la demande et des arbitrages microéconomiques, cette thèse limite son champ d'investigation au seul secteur du logement et ne traite pas de la question du transport, bien que les deux secteurs cristallisent des besoins en services énergétiques et des contraintes très largement communes et complémentaires : la détermination de la qualité énergétique du logement s'effectue en fonction de sa localisation et des besoins en mobilité, la vulnérabilité et la précarité énergétique dans le logement sont intimement liées aux contraintes et dépenses effectuées dans le transport. Les secteurs du transport et du logement sont conjointement associés aux problématiques d'aménagement du territoire. Les questions de l'étalement urbain, de la densité du parc

immobilier, des politiques fiscales et budgétaires spécifiques aux dépenses dans le transport et le logement tendent par nature à lier les deux sujets. Le croisement des deux champs d'investigation mériterait à lui seul un travail de recherche à part entière et il semblait bien trop ambitieux de penser traiter rigoureusement ces problématiques d'un seul tenant. L'attention s'est donc portée sur le secteur du logement car il s'agit également d'un secteur clé dans la structure des bilans du secteur bancaire où le crédit immobilier représente 85 % des financements bancaires alloués aux ménages, soit plus de 1 000 milliards d'euros d'encours de crédit bancaire en France en 2016 (chiffres Banque de France).

2. Motivations et question de recherche

Pour que les conclusions du dernier rapport du GIEC soient entendues, les représentations collectives ainsi que les choix économiques individuels doivent drastiquement changer. Pour orienter et guider des choix économiques vertueux, une nouvelle échelle des valeurs liées à la transition énergétique bas-carbone est nécessaire et doit, au besoin, être accompagnée d'un dispositif d'incitation pertinent. Les institutions et décideurs publics internationaux, régionaux et nationaux sont prêts à orchestrer une transition énergétique bas carbone aux niveaux international, régional (européen) et national.

A l'échelle internationale, la transition de l'économie mondiale vers un système énergétique et une croissance pauvre en carbone a été l'objectif officiellement reconnu lors de la COP 21. En décembre 2015, au Bourget, la COP 21 a réuni plus de 185 pays pour lutter contre le réchauffement climatique. L'Accord de Paris représente une avancée diplomatique historique en faveur du climat. Reconnaisant la responsabilité de l'ensemble des économies en matière de changement climatique dangereux pour l'écosystème global, il a mis en avant l'urgence de trouver un moyen de dissocier notre recherche de croissance et de développement des émissions anthropiques de GES, principaux facteurs de la pollution atmosphérique et des dérèglements climatiques. La mise en œuvre des ambitions prises lors de la COP 21 suppose une prise d'action rapide et chiffrée de la part de l'ensemble des clubs climatiques présents à Paris (Nordhaus, 2015). La COP 21 n'a pour autant pas permis de dégager, ni de prix universel du carbone pourtant tant demandé par certains économistes (Weitzman, 2015 ; Stiglitz, 2015 ; Gollier et Tirole, 2015 ; Cramton, Ockenfels et Stoft, 2015), ni même de dispositif de sanction ou de contrainte dans son texte d'accord final. Sa qualité majeure est qu'il a permis la sortie du cadre exclusif des acteurs publics intervenant usuellement au sein de la Convention Climat des Nations Unies. Un appel à l'inclusion des acteurs non gouvernementaux, sociaux (clubs dits portoalgériens), et économiques (clubs davosiens), dans une dynamique d'ensemble a en effet été lancé et les institutions financières ont été citées au rang d'acteurs clés (Espagne, 2015). Le tour de force majeur de l'accord est probablement entièrement contenu dans l'alinéa C de son article 2 (à voir en annexes du chapitre 3) qui stipule l'alignement des flux financiers avec les objectifs d'une transition bas-carbone et l'intégration du secteur de la finance aux forces vives de la lutte contre le changement

climatique (Dasgupta et al., 2016). **La question des financements et de la réorientation des flux financiers est l'un des enjeux majeurs de la transition énergétique et un champ d'investigation privilégié dans cette thèse.**

A l'échelle de l'Union européenne, les objectifs environnementaux sont édictés jusqu'en 2020 par l'accord interétatique du Paquet énergie-climat 20-20-20 (appelé également 3 fois20) adopté en décembre 2008 par le Parlement européen et dont les objectifs sont de diminuer de 20% les émissions de GES des pays de l'UE, d'atteindre 20 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique européen et de réaliser 20 % d'économies d'énergie. Dans la continuité des objectifs de 2020 dont l'horizon temporel est bientôt atteint, la Commission européenne vient de proposer en novembre 2016 un nouveau paquet législatif pour mettre à jour la Directive. Le paquet « hiver » ou « Winter Package » se donne comme objectif d'augmenter de 30 % d'ici à 2030 l'efficacité énergétique des systèmes des Etats membres. Les objectifs de l'Union européenne en matière énergétique sont de deux ordres. Le premier est la décarbonation du mix énergétique européen primaire et secondaire ; cela passe par la réduction de la dépendance aux énergies fossiles et la promotion des énergies décarbonées (nucléaire et renouvelables) ; le second repose sur la réduction de la demande d'énergie : cela passe par une optimisation de la demande (réduire les gaspillages, promouvoir ou inciter à la sobriété énergétique) et par la hausse de la productivité des systèmes énergétiques (efficacité énergétique). Ces enjeux environnementaux sont venus s'ajouter aux deux autres enjeux liés à l'énergie, présents depuis la création de la CECA¹⁰ en 1952 et qui sont de trois ordres. En premier lieu, la sécurité de l'approvisionnement énergétique et la recherche d'indépendance vis-à-vis des ressources énergétiques produites en dehors de l'Union européenne (c'est le cas de la très grande majorité des énergies fossiles) ; en second lieu, la compétitivité de ses industries par une énergie fiable et à bas-coûts et par l'augmentation de l'efficacité énergétique ; et enfin la réduction de son empreinte carbone et de ses émissions de GES par la promotion des énergies renouvelables comme les énergies du vent, de la mer, du soleil et de la biomasse. La recherche d'une issue à même de concilier ces trois éléments, qui chapeautent les mesures et politiques énergétiques européennes et nationales, est un enjeu clé (Criqui et Mima, 2012) car certains objectifs sont parfois faciles à articuler : la production d'une énergie locale, décarbonée et renouvelable permet à la fois de réduire son empreinte carbone et de s'assurer une meilleure indépendance aux énergies fossiles, provenant de pays en dehors de l'Union européenne (Umbach, 2010). Ils sont aussi parfois contradictoires ou difficiles à concilier comme l'illustre le dilemme posé dans l'article 194 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne qui rappelle que la politique européenne de l'énergie repose sur la création d'un marché commun de l'énergie tout en conservant la prérogative des États membres sur la détermination de leur mix énergétique, de leurs sources d'approvisionnement ainsi que dans l'exploitation de leurs ressources énergétiques.

¹⁰ Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier : une organisation internationale fondée sur le traité de Paris (1951) entrée en vigueur le 23 juillet 1952 pour une durée de 50 ans.

L'intégration des énergies renouvelables dans un mix énergétique même local crée des distorsions fiscales, et un biais de compétitivité si elles sont subventionnées et des tensions sur le réseau européen de l'électricité, mettant en balance les enjeux de sécurité et de compétitivité précédemment cités¹¹ (Chevalier et al. 2012). La recherche d'efficacité énergétique est une issue qui permet d'obtenir un double dividende satisfaisant, c'est-à-dire à la fois d'aller vers une transition énergétique bas carbone, et accroître la productivité des industries et des services tout en réduisant la dépendance de nos économies aux énergies fossiles. C'est le second enjeu majeur abordé dans cette thèse. L'efficacité énergétique *via* l'amélioration de la performance des systèmes de production, de transport et du logement, figure parmi les principaux gisements de la transition bas-carbone.

Les objectifs et engagements obtenus sont ambitieux, à la hauteur de l'enjeu. Ils révèlent, chacun à leur niveau, les besoins principaux de la réussite pratique d'une transition énergétique collégiale.

- 1) Un besoin de réalignement des flux financiers tout d'abord ; encore aujourd'hui très largement orientés vers des systèmes de production qui tirent leur puissance d'un stock d'énergies fossiles. Cela pose la question de la valorisation de la transition énergétique sur les marchés financiers et la manière dont elle est perçue par ses principaux acteurs.
- 2) Un besoin d'investissements nouveaux ensuite ; le passage d'une énergie de stock, dépendante des énergies fossiles, à une énergie de flux qui repose sur un système décarboné et renouvelable, nécessite des investissements colossaux dans des secteurs et des technologies clés. Cela requiert de s'interroger sur le problème de rentabilité de ces investissements, à l'échelle individuelle comme à l'échelle d'un marché.
- 3) Enfin, un besoin d'adhésion et de massification des efforts en matière de consommation énergétique : les gisements à même de réduire l'empreinte carbone et d'optimiser la consommation se trouvent dans les secteurs diffus du transport et du logement et passent par la recherche d'efficacité énergétique. Ils sont conditionnés par l'acceptation des acteurs finaux de ces secteurs : les ménages. Cela requiert une adéquation entre les objectifs macroéconomiques et les arbitrages microéconomiques.

Pour que ces trois besoins précédemment énoncés soient satisfaits, l'enjeu est de trouver « le juste prix » au sens de Thomas d'Aquin, un prix naturel à la nature qui reflète les réciprocitys entre la croissance de nos sociétés aujourd'hui et leur développement demain. Or l'on se heurte aux difficultés encore aujourd'hui de voir une juste valeur de ces enjeux se dessiner non seulement (i) au sein des

¹¹ Par exemple, la mise en service forcée et prioritaire des énergies renouvelables crée une distorsion compétitive sur les centrales à gaz devant assurer les pics de demande, mais aussi une distorsion temporelle et géographique entre le nord venteux et le sud ensoleillé qui vient congestionner les réseaux, en particulier les interconnexions entre l'Allemagne et ses voisins limitrophes comme la Pologne et la Suisse.

sphères politiques et intergouvernementales, mais aussi (ii) au niveau des ménages au moment de leurs arbitrages de consommation énergétique au quotidien et enfin (iii) à l'échelle des acteurs financiers, marchés et institutions, qui doivent intégrer ces enjeux dans leurs activités d'investisseurs de financeurs et de gestionnaires des risques. **La question qui structure cette recherche est donc de déterminer comment orchestrer et harmoniser une transition énergétique bas-carbone à l'échelle des acteurs qui doivent l'investir, autrement dit les ménages (chapitres 1 et 2), et ceux qui doivent la financer : les intermédiaires financiers avec une attention particulière portée sur les banques (chapitre 3).**

3. Organisation

Les deux premiers chapitres de cette thèse se concentrent avant tout sur les leviers de compréhension et de réalisation des objectifs microéconomiques des différentes parties prenantes (ménages, financeurs et investisseurs) à leur réalisation au niveau macroéconomique en particulier dans la recherche d'efficacité énergétique dans le logement.

3.1. Chapitre 1

Lorsque l'on parle de baisse de la consommation, on parle plus favorablement de gains d'efficacité énergétique mais la relation entre efficacité et efficacité environnementale est plus difficile à appréhender et peut faire l'objet de désalignement entre les outils de politiques énergétiques déployés et leur capacité à atteindre l'objectif fixé ou leur rentabilité ex-post.

Pourtant, afin que se concrétise une réduction effective de la consommation énergétique du secteur résidentiel, l'approche macroéconomique ne suffit pas. Il faut prendre en compte les usages, besoins et arbitrages microéconomiques des ménages qui habitent ces logements. Le **chapitre 1** se penche ainsi sur le point de passage entre l'approche macroéconomique et l'approche comportementale en matière de demande d'énergie dans le logement en commençant par poser la question suivante : qu'est-ce qu'un bâtiment performant ? Un bâtiment performant se caractérise-t-il par sa capacité à minimiser la consommation d'énergie ou alors par sa capacité à répondre efficacement aux besoins de ses habitants ? Les bâtiments et constructions labellisés Bâtiment basse consommation (BBC) et Bâtiments à énergie positive (BEPOS), qui sont considérés comme étant des optimums de performance technologique, sont extrêmement contraignants en termes d'usages et de modalités de fonctionnement au point que de nombreux retours d'expérience ont montré que les gains en matière de consommation énergétique étaient en deçà des gains modélisés au niveau global. Cet écart était principalement dû à une mauvaise évaluation des comportements des ménages dans ces logements et à l'incompatibilité entre le niveau d'exigence du fonctionnement optimal de ces logements et l'expression des besoins

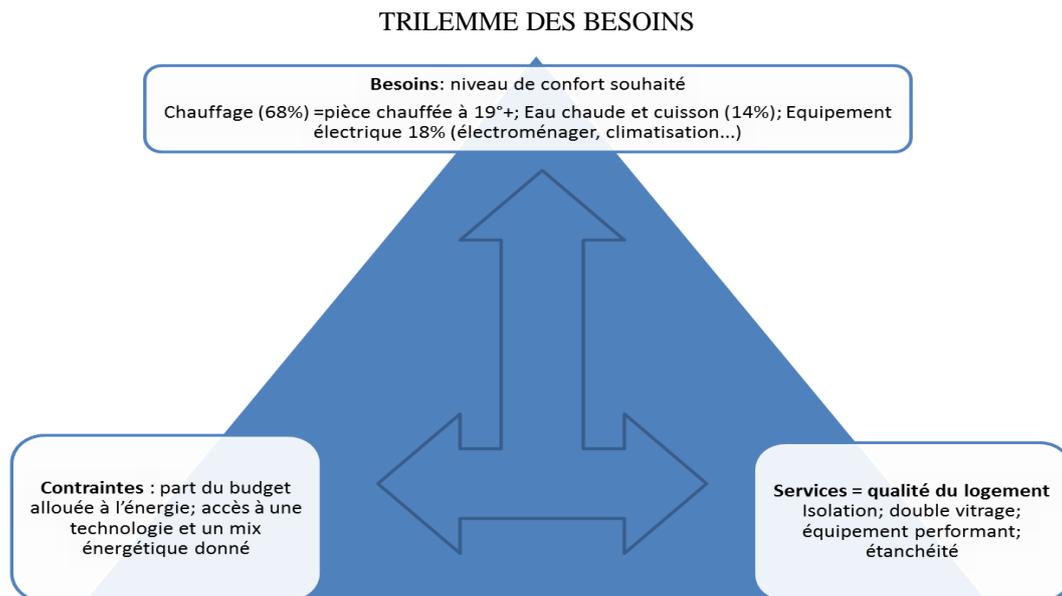
quotidiens des ménages¹². Les logiques professionnelles et individuelles doivent trouver un compromis entre un idéal technologique et une performance résiliente aux usages et aux besoins de ses habitants.

On se rend compte que de l'approche holiste, technologique et macroéconomique des enjeux de transition énergétique bas-carbone dans le logement, naît une distorsion avec l'approche comportementale liée à l'analyse du comportement et des choix des ménages dans leur logement. Dans l'expression même des objectifs en matière de consommation d'énergie on saisit l'écart et la difficile conciliation entre (i) les objectifs macroéconomiques exprimés en kWhep/m²/an sous la contrainte de l'enveloppe thermique du bâtiment (U) et (ii) les objectifs individuels exprimés en temps de vie et de confort dans le logement sous contrainte budgétaire (€). C'est ici tout l'enjeu de savoir comment consomment les ménages dans leur logement.

La relation entre performance et consommation énergétique dans le logement va être le résultat d'un arbitrage entre la qualité et le coût des services énergétiques disponibles dans les logements, une contrainte budgétaire globale (soit une part du budget des ménages allouée aux dépenses en énergie) et le niveau de service énergétique désiré par les ménages (Figure 4). Il existe deux niveaux de service énergétique dans le logement : un niveau de services dit de base commun à tous les ménages et sans lesquels le ménage tomberait dans la précarité (protection contre les intempéries et le froid, capacité à fournir l'eau courante et de cuisiner un repas chaud, etc.) et un niveau de services de confort, propre à chaque ménage car dépendant de ses caractéristiques, préférences et modes de vie (température de chauffage des pièces à vivre, fourniture d'électricité pour l'électronique et l'électroménager, service de climatisation, etc.).

¹² Une expérience test a montré que l'étanchéité des murs des logements BBC et BEPOS était compromise lorsque les ménages décidaient d'accrocher leurs tableaux au mur ou d'aérer leur pièce plus souvent que recommandé et/ou pour supplanter le système d'aération optimisé et intégré au bâti.

FIGURE 4. ARBITRAGES MICROECONOMIQUES DES MENAGES DANS LEUR LOGEMENT : LE



SOURCE : AUTEUR

On voit ainsi pourquoi il est difficile de mesurer avec précision et certitude la rentabilité ex-post en matière d'économies d'énergies d'un projet de rénovation énergétique pour le logement résidentiel. En effet, finalement les gains énergétiques dépendent avant tout du comportement des ménages dans le logement et de la satisfaction de leurs besoins en matière de service énergétique, en particulier celui du confort thermique. Si un logement mal isolé, peu performant énergétiquement est rénové, son niveau de consommation énergétique post-travaux va avant tout dépendre de la façon dont les ménages vont arbitrer les gains de performance : choisiront ils de les convertir en davantage de confort (et donc une consommation supérieure) ou bien en une économie monétaire qui viendra accroître leur pouvoir d'achat discrétionnaire ? Ce phénomène d'effet rebond est un enjeu crucial pour apprécier la réalisation d'économies d'énergie. Il est propre à chaque ménage car il résulte de leur système de préférence, mais peut être évalué par des méthodes statistiques de typologie et de segmentation. Le premier chapitre de cette thèse propose ainsi une méthode empruntée aux sciences des organisations et du marketing stratégique, et dresse une typologie des dépenses des ménages dans leur logement. Cette approche originale permet de proposer une lecture structurée des objectifs de transition énergétique dans le logement et des leviers d'action à la fois publics et privés selon la position des groupes de ménages dans un quadrant consommations énergétiques/revenus. En effet, une analyse de la typologie des ménages et de leurs dépenses d'énergie dans leur logement suggère qu'il existe des groupes de ménages plus ou moins appétant — suivant leurs revenus mais aussi leurs besoins en services énergétiques — à des mesures d'incitations qui ressortent d'outils de marché (véhicules financiers dédiés) ou encore d'avantages fiscaux, ou enfin d'une intervention publique qui peut agir sur la qualité du logement ou sur le niveau de revenu du ménage.

3.2. Chapitre 2

L'amélioration de la performance énergétique du parc de logement privé est une étape primordiale, et déjà très ambitieuse, de la transition énergétique bas-carbone en France. C'est le point de départ des recherches qui ont structuré et motivé le deuxième chapitre de cette thèse.

Pour améliorer la performance énergétique du secteur résidentiel et consommer moins d'énergie pour le même niveau de service énergétique, deux types de marchés s'offrent à nous : le marché du neuf et de la construction et le marché de l'ancien et de la rénovation. Le marché du neuf est régi par des normes de qualité, de consommation et de confort minimales. Les réglementations thermiques (ou RT) mises en place dès 1975 (RT74) à la suite du premier choc pétrolier ont progressivement évolué vers des exigences de performance de plus en plus fortes. Le niveau maximal de consommation énergétique a été divisé par près de 4 entre la RT74 et la RT2012 qui impose à toute construction réalisée à partir du 1er janvier 2013, un maximum de consommation de 50 kWh par m² et par an. Cela équivaut à l'obtention du label BBC, Bâtiment basse consommation, et à une étiquette A ou B+ après un Diagnostic de performance énergétique (DPE)¹³. La RT2020 qui lui succèdera aura une exigence encore plus forte allant jusqu'à l'objectif d'un bâtiment à consommation énergétique nette proche de zéro : ce sont les BEPOS. Si l'on considère que les constructions à partir de 2013 ont été réalisées en suivant la RT2012¹⁴, ont été construits depuis 2013 un volume total estimé à 1,372 millions de logements neufs labellisés BBC à fin 2016. Cela représente 5% du stock de 29 millions de logements. Par extrapolation, on voit que le retard de performance sera principalement localisé dans le logement individuel privé, beaucoup moins dynamique que le logement collectif en termes de construction « neuf ». A nombre de logements inchangé (ce qui est une hypothèse de départ fautive car on a vu que le nombre de logements a augmenté de 1% par an entre 2000 et 2013) il faudrait attendre 2070 pour que les nouvelles constructions BBC remplacent l'ensemble du parc existant (calculs de l'auteur).

Le marché a donc besoin de l'impulsion du marché de l'ancien et de la rénovation pour augmenter significativement la performance du stock de logements existant. Afin de répondre à cet enjeu, la France s'est donné pour objectif de rénover au moins 500 000 logements par an à partir de 2017 à raison de 380 000 logements privés, dont 50 000 logements occupés par des habitants en situation de précarité énergétique, et 120 000 logements sociaux (MEDDE). Si ce rythme est maintenu, on peut espérer un renouvellement total du parc de logement existant d'ici à 2050. Or, et c'est un phénomène constaté en France comme en Allemagne, il se révèle difficile et coûteux de stimuler et dépasser le rythme naturel de 100 000 à 200 000 rénovations fortes par an. Le DPE, lancé en 2007 et obligatoire

¹³ Par souci d'équité en matière de diversité de climat, la consommation minimale d'un bâtiment permettant d'obtenir le label BBC est pondérée en fonction de la localisation géographique (zone climatique) et de l'altitude du logement.

¹⁴ Ce qui est une hypothèse loin d'être vérifiée car l'obligation d'appliquer la réglementation aux constructions neuves à partir du 1^{er} janvier 2013 comporte des exceptions, exemptions et manquements.

pour toute transaction depuis 2011 permet de fournir une information qualitative sur la performance énergétique d'un logement grâce à une note allant de A pour les logements très performants à G pour les logements très énergivores. L'enquête Phebus (Insee et SOeS) réalisée en 2013 nous révèle qu'une grande majorité du parc (plus de 65 %) est encore classée en dessous de C (Table 1).

TABLE 1. PERFORMANCE DU PARC RESIDENTIEL EN FRANCE EN 2013

	AB 50-90 kWh¹⁵/m² /an	C 91-150 kWh¹⁵/m² /an	D 151-230 kWh¹⁵/m² /an	E 230-330 kWh¹⁵/m² /an	F 330-450 kWh¹⁵/m² /an	G >450 kWh¹⁵/m² /an
Part	1,50%	7%	15%	29,50%	20%	27%
Nombre de logements	406 956	1 899 128	4 069 561	8 003 470	5 426 081	7 325 210

SOURCE : ENQUETE PHEBUS 2013

De par les effets de renouvellement chronologique du parc, il s'avère que la performance énergétique des logements (et leur note de DPE correspondante) est mécaniquement associée à la période de construction. En effet, le progrès technique du secteur, et les réglementations thermiques successives depuis 1975 ont échelonné la performance énergétique du parc de logement. L'objectif affiché du gouvernement français est de parvenir à la rénovation complète des logements très énergivores (consommant plus de 300 kWh/tep/m²/an soit labellisés F et G au DPE) d'ici à 2025. En 2013, le parc résidentiel comporte plus de 12,5 millions de logements énergivores (F et G) dont la large majorité (près de 8 millions) est constituée des logements construits avant 1975 et de maisons individuelles. Cela représente plus de 45 % du parc de logements en France métropolitaine. Si le marché de la construction conserve son dynamisme tendanciel (soit un renouvellement de près de 1% par an), ce ne sont pas 500 000, mais 800 000 logements qui devront être rénovés d'ici à 2025 pour atteindre cet objectif (calculs de l'auteur).

Pour cela, il faut lever les barrières et les freins liés à l'investissement dans la rénovation énergétique privée¹⁶. Le **chapitre 2** se focalise ainsi sur le problème de l'investissement privé dans l'efficacité énergétique dans le logement. Après avoir identifié les principaux freins à l'investissement, qui relèvent du concept dit du paradoxe énergétique, nous allons vérifier l'hypothèse de la présence d'une valeur verte sur le marché privé du logement à travers une méthode novatrice d'évaluation des prix de l'immobilier sur un marché local (celui de la communauté urbaine de Dijon). Ce chapitre contribue à la littérature très riche des modèles de prix sur le marché de l'immobilier de par sa méthode

¹⁵. kwep: consommation annuelle en kilowatt/heure équivalent pétrole par m² et par an.

¹⁶ Le financement de la performance énergétique du parc social obéit à une dynamique et à des outils de financement très différents que pour le logement privé. Tout en prenant compte des relations en termes de prix et de performance entre les logements du parc public et du parc privé, cette thèse se penche avant tout sur le logement privé et n'aborde pas la question du logement social.

d'évaluation des prix par une fonction frontière. Ces modèles d'optimisation mathématique s'extraient du cadre de la méthode des prix hédoniques (Rosen, 1974) et des hypothèses rigides des approches paramétriques (Fuerst et al., 2015 ; (Hyland et al., 2013 ; (Cajias et Piazzolo, 2012 ; DG Energy, 2011 ; Brounen et Kok, 2011 ; Filippidou et al., 2016 ; Kahn et Kok, 2014) en proposant un modèle de formation des prix qui intègre les dynamiques d'un marché local et permettent l'évaluation monétaire de caractéristiques à la fois quantitatives, spatiales et qualitatives. Ainsi, nous avons pu évaluer les écarts de prix que peut entraîner l'attribution d'étiquettes de performance énergétique et en déduire une valeur patrimoniale à la qualité énergétique du logement. Ce chapitre comprend également une évaluation en termes de coûts/bénéfices du poids de cette valeur verte par rapport à l'investissement initial afin de lever les barrières informationnelles qui peuvent exister sur ce marché.

3.3. Chapitre 3

Comme ont pu le montrer les travaux de (Bénabou, 2009), lorsque l'acceptation de la réalité conduit à des pertes conséquentes et une destruction collective assurée¹⁷, l'individu est rationnellement poussé vers la construction d'un équilibre basé sur le déni collectif. Ce type de dynamique peut soutenir la survalorisation des actifs qui soutiennent un système productif basé sur les énergies fossiles, en contradiction avec un monde qui décide de limiter le réchauffement climatique à moins de 2°. Cette bulle carbone, mentionnée comme telle en premier lieu dans les rapports de l'initiative de Carbon Tracker (Leaton et al. 2013) peut rester vivace tant que la valeur sociale du carbone ne sera pas intégrée dans les choix de mode de production et de développement de nos sociétés et au sein même des structures de marché qui les sous-tendent : marchés productifs et marchés financiers. Pour cela, il faut que ceux-ci réalisent, s'approprient et se mobilisent dans la lutte contre le changement climatique. Les travaux menés dans ce dernier chapitre de thèse se veulent plutôt optimistes quant aux dynamiques actuelles d'élévation des consciences environnementales et la prise en compte des enjeux climatiques par les acteurs économiques et financiers. La prochaine révolution, qu'elle soit technologique, régaliennne ou organisationnelle, se fera sur le terrain de la finance. Les marchés et les entreprises intègrent peu à peu les enjeux climatiques dans leurs stratégies de développement, en dehors de toute considération altruiste ou de sensibilité environnementale, révélant peut-être la fin du déni collectif et une capacité des acteurs à apprendre des erreurs commises dans le passé.

¹⁷ Principe de MAD : « Mutually Assured Destruction »

La mobilisation du secteur financier privé pour les enjeux environnementaux et climatiques s'est matérialisée en trois événements majeurs.

Le premier fut le Sommet de l'Organisation des Nations Unies sur le climat tenu à New York en septembre 2014. Sous l'impulsion du secrétaire de l'ONU Ban Ki Moon, les acteurs internationaux publics, mais aussi et surtout des acteurs privés de la société civile et du secteur financier se sont penchés sur une phase d'action et d'accélération de l'intégration des enjeux climatiques au sein des marchés financiers. De ce sommet est né le Montreal Carbon Pledge, premier groupement d'envergure qui est parvenu à réunir plus de 120 d'investisseurs mondiaux (soit un stock d'actifs en gérance de plus de 10 000 milliards d'€) qui s'engagent à respecter des principes d'investissement responsable (*PRI-Principle for Responsible Investments*).

Le second fut le *Climate Finance Day* organisé à Paris en mai 2015, qui a vu l'implication grandissante de grands acteurs de la finance et des prises de positions fortes en matière de lutte contre le changement climatique. Un hasard du calendrier a voulu que le même jour, soit voté l'amendement à l'article 173 de la Loi de Transition Énergétique pour une Croissance Verte qui propulse la France en exemple et laboratoire réglementaire de l'intégration des enjeux climatiques au sein du secteur financier et bancaire.

Enfin, la tenue de la COP 21 à Paris en décembre 2015, dont la réussite a permis d'aboutir à l'Accord de Paris, est une confirmation de l'appropriation et de l'officialisation des questions climatiques à l'échelle mondiale et au sein de la sphère privée. C'est au moment de la COP 21 que se sont lancées diverses initiatives de grande importance : crée par le G20, le *Financial Stability Board* (FSB) sous l'impulsion de son directeur Mark Carney, fonde un groupe de travail pionnier sur la divulgation des informations financières liées aux risques climatiques : la TCFD (*Task Force on Climate Related Financial Disclosure*). Au même moment, furent inaugurés des comités d'expertise dédiés au sein des différentes institutions décisionnaires : la formation d'un comité d'experts à la Commission Européenne et de la *Green Finance Study Group* au G20. Ce dernier, depuis, forme un socle d'expertises académiques et professionnelles qui préfigure de l'importance des échanges que doivent employer ces deux mondes pour appréhender le sujet complexe des **enjeux de la transition énergétique pour le secteur financier privé. Cette question peut également se poser autrement : la valeur sociale du carbone peut-elle être générée sur les marchés financiers ?**

La création d'une valeur carbone est une étape nécessaire à l'intégration des externalités négatives contributives au changement climatique et retardant la transition énergétique. La valeur sociale du carbone peut se comprendre comme la valeur accordée en matière de « bien-être » d'une tonne de carbone non émise. C'est une valeur « internalisée » accordée à une croissance optimale qui ne peut

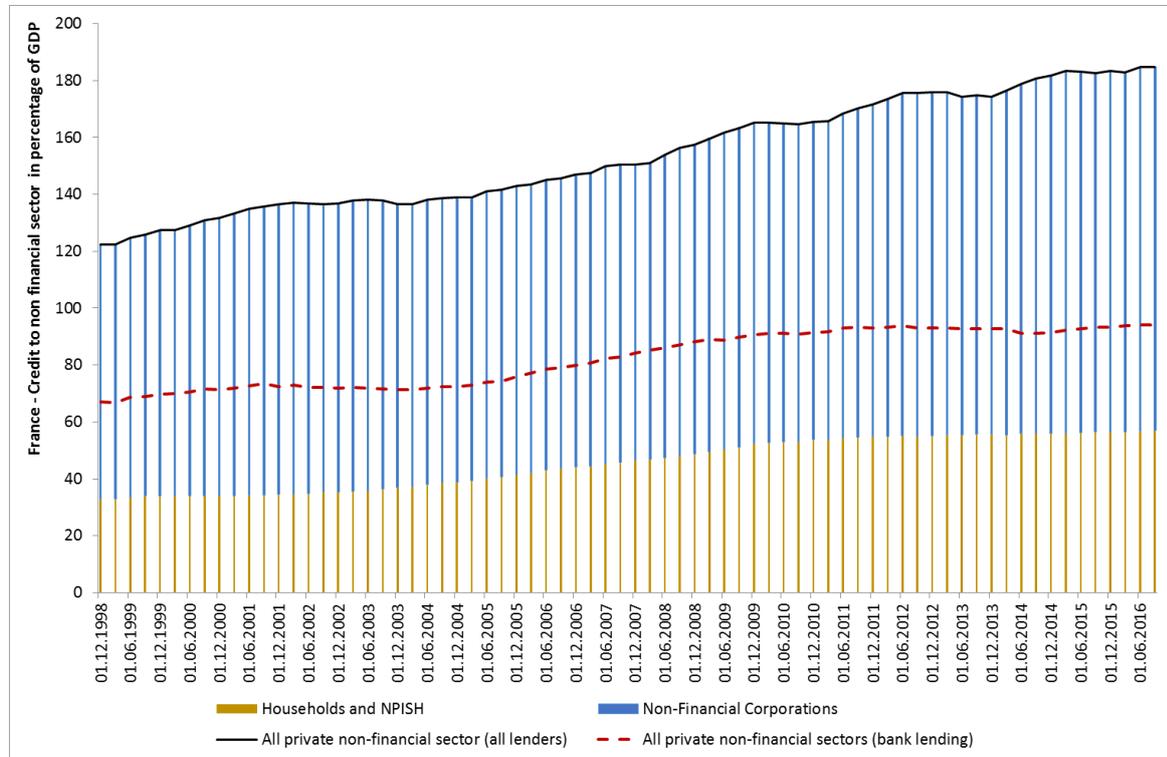
être atteinte s'il subsiste des déséquilibres liés à la dégradation du climat. Ces déséquilibres sont donc une « externalité » qu'il faut « internaliser » dans le calcul économique. En France, les premiers travaux de ce genre proviennent du « rapport Quinet » qui émet l'un des premiers appels à la création d'une valeur carbone, appelée alors « valeur tutélaire du carbone ».

Pour prendre en compte ces externalités négatives de pollution et d'émission de gaz à effet de serre, la première modalité est une intervention de la régulation et d'édition d'un prix du carbone exogène explicite (mise en place d'une taxe ou d'un marché de permis) ou implicite (établissement de normes et de standards visant à orienter le marché vers des technologies énergétiques bas-carbone). La création d'une valeur carbone par l'intégration des risques liés aux enjeux climatiques dans la formation des prix de marché par le principe de « porteur de risque payeur » semble d'avantage convenir aux enjeux pratiques et aux développements actuels de la relation entre finance et climat. Les acteurs du système financier mondial sont aujourd'hui confrontés à une nouvelle famille de risques : les risques physiques (liés à la résurgence des phénomènes climatiques extrêmes), les risques induits, dits de transition (liés à la valeur sociale du carbone et son implémentation dans les stratégies politiques et économique à venir), les risques macroéconomiques (impact de la transformation des secteurs) et les risques technologiques (liés à la forme de la trajectoire de technologies bas-carbone). L'intégration de ces risques permet d'évaluer l'empreinte carbone des activités financières et de générer un signal prix du carbone interne aux marchés des capitaux et de la dette. La valeur sociale du carbone peut donc également prendre la forme d'un prix explicite ou implicite, endogène aux marchés sous la forme d'une prime de risque. Afin que les marchés et les institutions parviennent à identifier, mesurer et intégrer ce risque dans la conduite de leurs activités d'investissement, de financement et de couverture, il est impératif que acteurs financiers (i) accèdent aux connaissances liées aux risques climatiques, (ii) mettent en œuvre des outils de mesure de leur empreinte et de leur exposition carbone, et enfin (iii) disposent de marges de manœuvre nécessaires pour implémenter une transition énergétique. Ce chapitre s'applique donc à identifier, préciser et proposer une manière de lever tout à tour ces trois verrous.

Il s'intéresse tout particulièrement au rôle du secteur bancaire dans la conduite d'une transition énergétique bas-carbone. En effet, les pays membres de l'Union européenne sont inscrits dans un cadre spécifique où ils doivent répondre de critères très exigeants à la fois sur leurs politiques budgétaires (critères de Maastricht) et sur leur politique monétaire (octroi du pouvoir de création monétaire à une autorité indépendante : la Banque centrale européenne (BCE)). Ce transfert de souveraineté, au profit de plus d'intégration, de stabilité et de convergence économique, implique que les investissements durables vont devoir tout autant provenir de la sphère privée que de la sphère publique. La massification des marchés de la transition énergétique nécessite l'intervention d'intermédiaires financiers. Ce sont eux qui, en particulier en Europe, financent la majeure partie de

l'économie réelle autrement dit les entreprises et les ménages. En France, les banques financent plus de la moitié des agents du secteur privé à hauteur d'une part équivalent au PIB (95%) (Figure 5).

FIGURE 5. POIDS DES CREDITS AU SECTEUR NON FINANCIER PRIVE AU PIB FRANÇAIS



SOURCE: DONNÉES BIS « CREDIT TO THE PRIVATE SECTOR »

NOTES: LES AIRES REPRESENTENT LE VOLUME DE PRETS ACCORDES AUX AGENTS NON-FINANCIER DE LA PART DE L'ENSEMBLE DES INSTITUTIONS FINANCIERES (BANQUES ET NON-BANQUES), LA LIGNE POINTILLEE REPRESENTE L'ENSEMBLE DES PRETS ACCORDES AUX AGENTS NON FINANCIERS PRIVES (HORS INSTITUTIONS FINANCIERES ET GOUVERNEMENT) PAR LES INTERMEDIAIRE FINANCIERES BANCAIRES.

C'est donc en majeure partie aux banques de résoudre la question de la massification de la transition énergétique bas-carbone. La résolution du troisième verrou énoncé plus haut revient ainsi, dans le cas de l'Europe et en particulier en France, à poser la question suivante : **en quoi les banques sont-elles les mieux placées pour valoriser et financer la transition énergétique, et comment susciter leur intérêt à ce sujet?**

La première section du chapitre se penche sur l'identification, la transmission et la mesure des risques climatiques au secteur financier et, en particulier, le secteur bancaire en distinguant trois types de risques climatiques : les risques physiques, les risques de transition et les risques fiduciaires et de réputation. L'attention a été portée sur la transmission de ces risques à la sphère bancaire et aux risques finaux du secteur : risques opérationnels, risques de crédit, risques de marchés. L'objectif de cette partie est ensuite d'établir un état des lieux des outils de mesure des risques climatiques ainsi que leurs limites et propose des pistes pour enrichir les pratiques actuelles. La seconde section du chapitre

se penche finalement sur le rôle des autorités de régulation du secteur financier et bancaire et de leurs pratiques d'internalisation des risques climatiques, notamment lorsqu'ils revêtent un caractère systémique. L'élaboration de ce dernier chapitre s'est réalisée dans un contexte règlementaire « brulant ». Pour répondre à ces questions, la LTECV comporte aussi un élément d'envergure mondiale en matière règlementaire contenu dans son article 173 grâce auquel la France est le premier pays à intégrer les enjeux environnementaux aussi profondément au sein du cadre règlementaire bancaire et financier. L'article amorce un changement de stratégie quant à l'intégration des risques climatiques dans l'activité même des institutions financières. La loi agit sur deux points qui se veulent performatifs : la transparence et l'internalisation des risques. Les travaux menés dans le dernier chapitre proposent également une lecture de ces deux points et de ses chances de réalisation du point de vue d'une structure bancaire.

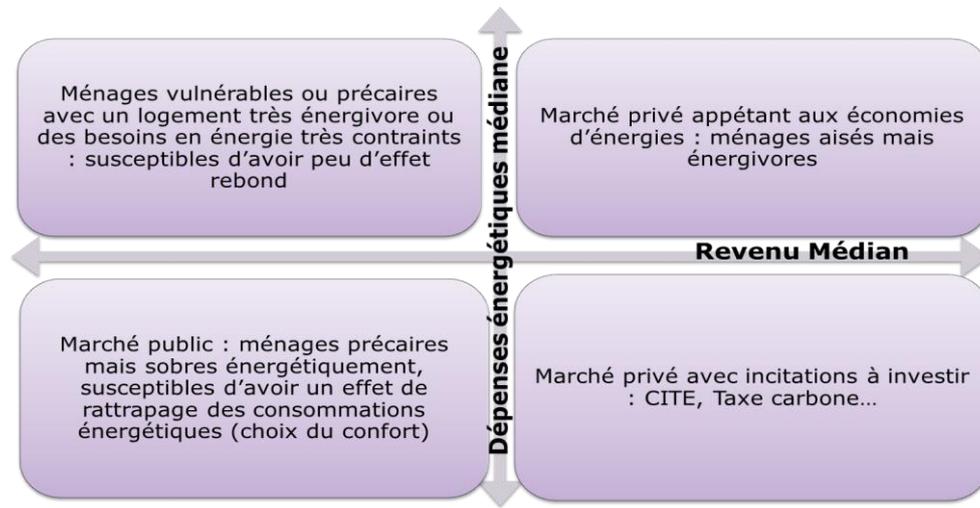
Conclusion Générale

Cette thèse se penche sur les enjeux du financement de la transition énergétique en France avec l'objectif de déterminer comment orchestrer et harmoniser une transition énergétique bas-carbone à l'échelle des acteurs qui doivent l'investir et la financer, autrement dit les ménages et les intermédiaires financiers. Les travaux se sont déclinés en trois chapitres qui sont autant d'enjeux majeurs à soulever pour permettre la massification du financement de la transition énergétique en France, mais également dans la plupart des économies modernes : la question des objectifs nationaux en matière de réduction de la consommation énergétique finale dans le logement, la question de la valorisation des investissements en efficacité énergétique et la question des risques liés au changement climatique.

Dans le premier chapitre, les travaux se sont concentrés sur la compréhension des facteurs de consommation énergétique des ménages dans leur logement. L'objectif était de déterminer si les objectifs macroéconomiques en termes de réduction de la consommation d'énergie ne pouvaient pas être améliorés par une connaissance plus fine et moins linéaire des usages énergétiques et des arbitrages microéconomiques des ménages dans leur logement. Une approche économétrique de segmentation des dépenses énergétiques des ménages en fonction des caractéristiques socioéconomiques et celles liées à leur logement ou leur localisation a permis de faire émerger des groupes de consommation homogène, répondant chacun à des usages énergétiques spécifiques. De ces groupes répartis en fonction d'un cadrant dépenses énergétiques / revenus, il a été possible de déduire un effet rebond potentiel et différencié, mesurant l'écart entre la réalisation des arbitrages microéconomiques de consommation énergétique dans le logement, et la réalisation des objectifs macroéconomiques de réduction de la demande énergétique finale des ménages.

Après la conduite d'une typologie permettant d'identifier plusieurs groupes de ménages types, deux groupes de ménages sont ressortis. Un premier groupe rassemble des ménages vulnérables, précaires et dont les dépenses énergétiques sont les plus contraintes. Le second groupe, à l'inverse, rassemble des ménages plus aisés mais dont la consommation énergétique élevée les place au premier rang de prospects d'un marché privé de la transition énergétique dans le logement (se traduisant par un potentiel d'investissement privé dans l'efficacité énergétique des logements). La segmentation du « marché » de l'efficacité et de la transition énergétique dans le logement (Figure 6) appelle donc à raisonner avec cette double logique, une logique sociale de soutien et d'aide publique et une logique de marché d'incitation à l'investissement privé. Les ménages qui n'en n'ont pas les moyens doivent bénéficier d'aides et d'un soutien des pouvoirs publics pour s'inscrire eux aussi dans une transition énergétique souhaitable pour tous. Pour ce faire, et selon la position des ménages précaires dans ce cadrant, l'Etat Providence dispose de deux leviers : un levier budgétaire énergétique, destiné à lutter contre la précarité énergétique et la dépendance des ménages aux prix de l'énergie et à la mauvaise qualité subie de leur logement ; et un levier d'aides sociales destinées à lutter contre la précarité sous toutes ses formes car nous avons vu que la précarité énergétique n'est en grande partie qu'un reflet d'une paupérisation plus généralisée. Cette logique doit être combinée avec la question du cycle de vie des ménages et de leur logement car la question du revenu, du statut d'occupation et de l'âge du logement apportent ensemble un ciblage précis et robuste des outils et mesures efficaces à déployer. La frontière horizontale du marché est poreuse car si l'on peut discriminer des mesures par des contraintes de revenus, il est impossible de les discriminer en termes d'incitations. Cela crée des effets d'aubaine et une utilisation sous-optimale de l'argent public. Les ménages solvables, quant à eux, sauraient répondre aux facteurs de décision de l'investissement privé qui appellent à des leviers différents et pas forcément tous reliés à la rentabilité intrinsèque du projet de rénovation énergétique mais aussi, voire surtout, à des questions de confort thermique et d'amélioration de la qualité du logement et de sa valeur patrimoniale globale. Les ménages aux revenus et consommations énergétiques importants (les ménages identifiés HIHC dans le premier chapitre de cette thèse) jouissent d'une rentabilité interne suffisante pour souhaiter investir dans l'efficacité énergétique dans leur logement. Pour ces ménages en revanche, c'est la question des leviers de décision et des véhicules de financement sur lesquels il va falloir agir. Ces ménages vont davantage répondre à un levier bancaire traditionnel dans la mesure où l'intermédiaire financier est lui-même au fait des enjeux en matière de transition énergétique et en matière de décision d'investissement et de rentabilité de ce type de projets. C'est à cette question primordiale que le deuxième chapitre de cette thèse a tenté de répondre.

FIGURE 6. SCHEMA DE SEGMENTATION DE LA TRANSITION ENERGETIQUE DANS LE LOGEMENT RESIDENTIEL



SOURCES : AUTEUR

NOTES : LE SCHEMA PRESENTE UNE SEGMENTATION EN QUATRE GROUPES DU « MARCHÉ » DE LA TRANSITION ENERGETIQUE DANS LE LOGEMENT. LA SEGMENTATION HORIZONTAL REPRESENTE LA DISTANCE DE CHAQUE GROUPE AU REVENU MEDIAN ET L'AXE ET L'AXE VERTICAL REPRESENTE LA DISTANCE DE CHAQUE GROUPE AU NIVEAU DE DEPENSES ENERGETIQUES MEDIANES. VOIR LE CHAPITRE 1 POUR UN SCHEMA APPLIQUE A L'ENQUETE LOGEMENT 2013 DE L'INSEE.

L'enjeu est donc de convertir le parc de logement et la consommation des ménages à la transition énergétique bas carbone en évitant deux écueils. Sur le versant public, les objectifs de réductions de consommation doivent s'effectuer dans le respect des attentes sociétales en matière d'équité sociale et d'égalité des conditions de vie. Cela implique d'intégrer dans ses objectifs de long terme un effet rebond transitoire, résultat de la convergence des niveaux de consommations énergétiques et le reflet d'un rattrapage social louable et désirable. Ce rattrapage, s'il se généralise à l'international doit bien sûr se combiner avec des efforts de réduction des consommations énergétiques au niveau agrégé. En cela, la recherche d'efficacité énergétique dans le logement est le meilleur levier d'action. Elle permet à la fois la convergence des conditions de vie de par la lutte contre la précarité énergétique et la rationalisation de la demande finale en énergie. Sur le versant privé, l'enjeu est d'inciter les ménages à repenser leurs consommations énergétiques et la qualité de leur logement tout en évitant à la fois les effets d'aubaine, capteurs à perte d'argent public, et les effets d'éviction. L'idée est ici de solutionner l'éternelle question de la rentabilité.

Au sein du marché privé, il subsiste un paradoxe énergétique résultant d'une mauvaise connaissance de la valeur de marché de la transition et de barrières informationnelles à l'entrée sous la forme d'asymétries d'information et d'un double aléa moral entre consommateur, financeur et artisan (Giraudet et Houde, 2015). **Le second chapitre de cette thèse** a tenté de lever l'une des barrières à l'investissement privé qui suppose que le marché sous-estime, par manque d'information et de transparence, la valeur patrimoniale de la transition énergétique, d'ores et déjà présente sur les

marchés. Les travaux réalisés concluent sur un constat de bon augure : la recherche de la qualité énergétique du logement privé est récompensée par une valeur patrimoniale significative associée à ce que l'on peut qualifier de valeur verte. Les logements assortis d'un label énergétique performant (une bonne note - A, B ou C lors du Diagnostic de Performance Energétique qui traduit une consommation par m² et par an maîtrisée d'un point de vue technologique) se vendent plus chers que d'autres à caractéristiques et localisation équivalentes. Cette valeur est robuste à plusieurs méthodes de modélisation et d'inférence statistique ; selon la méthode rompue des prix hédoniques extraite de la littérature et selon la nouvelle approche choisie et mise en place dans notre second chapitre. L'estimation par la méthode des fonctions frontières affecte cependant une valeur verte des logements plus faible (entre 1% et 1,5%) que celle attribuée en moyenne par les méthodes hédoniques (entre 3,5% et 4,5%). La valeur verte des logements couvrirait entre 7% et 15% des investissements nécessaires pour aboutir à un niveau satisfaisant de performance selon une estimation empirique des coûts d'investissement, qui peut probablement être améliorée par le développement d'un historique satisfaisant et intégrant les économies d'échelle encore à réaliser. Le différentiel d'estimation constaté avec la littérature économétrique hédonique peut-être notamment expliqué par le traitement des variables spatiales. Fizaine et al. (2017) montrent dans leur méta-analyse que les estimations qui prennent en compte des vecteurs de distance obtiennent les estimations les plus conservatives alors que les modèles qui intègrent des variables spatiales précises faisant état des effets de contiguïté et de voisinage obtiennent des estimations plus élevées. La suite logique du travail réalisé à partir des fonctions frontières devrait intégrer des dépendances spatiales plus fines afin de vérifier ce constat¹⁸.

Toutefois, au-delà de la question de validation de la méthode d'estimation, la validation de la présence d'une valeur verte, même selon les études les plus optimistes ne solutionne pas entièrement la question de la rentabilité des investissements privés en matière de performance énergétique du logement. La valorisation du confort et, plus généralement, de l'utilité non monétaire dans l'incitation privée à l'investissement dans l'efficacité énergétique doit être un futur champ d'investigation dans la mesure où le confort reste le déterminant principal d'une décision à l'investissement. La solution doit passer par l'action combinée des leviers bancaires privés et fiscaux. Une offre bancaire intégrée permet de lever les barrières informationnelles à la fois sur la valeur des investissements (en capitalisant sur la valeur verte des logements et sur une valorisation du confort énergétique) et sur l'alignement des incitations des différentes parties prenantes (investisseurs, artisans, financeurs, consommateurs et pouvoirs publics). Le banquier joue ici le rôle de fournisseur d'information et de conseil et peut agir sur les points focaux du cycle de vie combiné du ménage et du logement en proposant, par exemple, une offre de financement qui englobe à la fois un prêt logement traditionnel et une enveloppe de travaux énergétiques éligibles aux subventions et incitations fiscales en place. Le levier fiscal incitatif

¹⁸ A ce jour et à notre connaissance, il existe très peu d'études combinant les deux aspects, nous pouvons citer à cet égard (Fusco and Vidoli 2015) pour le développement t'outils de calcul de frontières stochastiques spatiales sous R.

et intelligent doit jouer également sur le cycle de vie des ménages et de leur logement en proposant des subventions ciblées sur les points d'achoppement : prêt à taux zéro à l'achat du bien immobilier et système de bonus-malus au moment de la transaction (mise en vente ou en location). La valorisation patrimoniale de la transition énergétique et du confort thermique (valeur verte) permet de lever les obstacles d'accès des locataires à une certaine qualité de logement. Victimes d'une double contrainte (factures plus élevées, risque de précarité accru et absence de pouvoir de décision), les locataires représentent une part de la population dont les intérêts doivent être pris en compte grâce, à nouveau, à la collaboration entre pouvoirs publics et agents privés.

Afin d'approfondir et de développer les résultats obtenus, il faut noter que les outils de politique énergétique actuels ne touchent qu'une partie du marché — logement individuels et logement social — mais en délaissent une autre : logement collectif privé et parc locatif. La rénovation énergétique des copropriétés est un champ d'investigation clé qui, parce qu'il implique tous les éléments conceptuels liés à la prise de décision collective est traitée sous l'angle sociologique (Brisepierre 2014). Ce qui a été traité par la théorie économique sous l'angle de la théorie des jeux serait peut-être adaptable à l'échelle d'un logement collectif et pourra faire l'objet de futurs travaux. La question et la situation des locataires est problématique et sort du giron d'investigation de cette thèse qui se concentrait finalement sur les interactions entre investissement dans la performance énergétique du logement et financement bancaire. Nous avons vu pourtant dans le premier chapitre que les locataires souffrent doublement d'une vulnérabilité sur leur consommation énergétique et ce point mérite de plus amples recherches.

Pour prendre en compte des externalités négatives de pollution et d'émission de gaz à effet de serre, la première modalité est une intervention de la régulation et d'édiction d'un prix du carbone exogène explicite (mise en place d'une taxe ou d'un marché de permis) ou implicite (établissement de normes et de standards visant à orienter le marché vers des technologies énergétiques bas-carbone). La création d'une valeur carbone par l'intégration des risques liés aux enjeux climatiques dans la formation des prix de marché (ou de leur pondération par leur risque associés) semble d'avantage convenir aux enjeux pratiques et aux développements actuels de la relation entre finance et climat. **Le dernier chapitre de la thèse** se penche sur l'identification, la transmission et la mesure des risques climatiques au secteur financier et, en particulier, au secteur bancaire en distinguant trois types de risques climatiques : les risques physiques, les risques de transition et les risques fiduciaires et de réputation. L'attention a été portée sur la transmission de ces risques à la sphère bancaire et aux risques finaux du secteur : risques opérationnels, risques de crédit, risques de marchés. L'objectif de ce chapitre est ensuite d'établir un état des lieux des outils de mesure des risques climatiques ainsi que leurs limites et de proposer des pistes pour enrichir les pratiques actuelles. La seconde section du chapitre se penche sur le rôle des autorités de régulation du secteur financier et bancaire et de leurs

pratiques d'internalisation des risques climatiques, notamment lorsqu'ils revêtent un caractère systémique. Si l'ensemble des institutions financières prennent en compte cette nouvelle famille de risques, une valeur sociale du carbone peut prendre la forme d'un prix explicite ou implicite, endogène aux marchés sous la forme d'une prime de risque. L'une des plus grandes innovations de rupture attendue à ce jour peut s'opérer au cœur des systèmes financiers et dans leur manière de valoriser leur empreinte climatique. Si les marchés et les institutions financières parviennent à identifier, mesurer et intégrer ce risque dans la conduite de leurs activités d'investissement, de financement et de couverture, cela favorise l'émergence d'une demande pour des projets de transition et fournit des outils de valorisation des investissements dédiés à une transition énergétique vertueuse. Pour accompagner ce changement, les Etats peuvent donner l'impulsion aux innovations radicales par des investissements massifs dans certains postes de prédilection comme la R&D et l'infrastructure de réseau afin de construire un horizon prospectif favorable à la fois dans la sphère publique et privée. Les banques centrales peuvent à leur tour repenser les outils de régulation des activités bancaires vers la promotion des investissements compatibles avec des trajectoires de réchauffement en deçà de 2°.

L'activité, le rôle et les compétences des banques peuvent retrouver tout leur sens au service du climat. La transition énergétique bas-carbone, notamment au niveau européen, a besoin des intermédiaires financiers pour le financement de son activité. Les banques, en tant qu'intermédiaires financiers privilégiés, sont au cœur de ce besoin de financement. La nécessité pour les banques d'agir dès aujourd'hui pour une transition énergétique vertueuse et la transformation douce de ses bilans vers une structure plus résiliente aux risques climatiques bénéficieraient également à l'économie réelle et contribueraient à la stabilité du système financier. En cela, les différentes fonctions de la banque, dépôts, confiance, information, risque, crédit et garanties (Pauget et Betbèze, 2008), déclinées pour satisfaire les enjeux liés au climat peuvent aboutir à une croissance soutenable pour le système économique et financier :

- 1) **Création monétaire, intermédiation et pourvoyeurs de liquidités** : La transition énergétique au niveau mondial va nécessiter des investissements titanesques : BNEF a calculé que 320 mds\$ ont été investis dans la croissance verte en 2015 mais que 12000 mds\$ sont nécessaires d'ici à 2040, soit 485 mds\$ par an. Seuls les marchés financiers sont capables de fournir une liquidité et des investissements aussi importants.
- 2) **Réducteur et gestionnaire de risques** : Les risques liés au changement climatiques sont désormais identifiés, notamment dans le discours de Mark Carney, comme la famille de risque la plus sensible et importante des prochaines décennies. Les agents financiers sont les mieux placés pour gérer ces risques croissants — environnementaux, de transition ou d'adaptation — car, en effet, il s'agit de l'une de leur fonction première et expertise majeure.

- 3) **Transformation des horizons** : Comment transformer une ressource courte en emploi long ? Cette fonction primordiale des intermédiaires financiers peut permettre aux agents économiques de dépasser les défaillances liées à la préservation du climat : la tragédie des horizons et celle du passager clandestin.

Ce rôle résonne d'autant plus lorsque l'on connaît les enjeux pratiques de la réalisation concrète d'une transition énergétique :

- Mise à disposition de liquidités pour les ménages et PME afin de massifier la transition énergétique. Cela a deux corollaires : côté demande, le financement des solutions de réduction de la consommation finale pour les ménages (notamment par la rénovation de leur logement) ; côté offre, le financement des solutions, des compétences, et des innovations afin de rendre l'offre d'énergie et de services énergétiques compatibles avec une transition bas-carbone car il n'y aura pas de succès de massification sans innovation.
- Fournir un intermédiaire de confiance pour limiter les écarts entre objectifs macroéconomiques et arbitrages microéconomiques.
- Fournir l'information et la garantie nécessaires pour assurer la rentabilité des investissements privés. Nous avons vu qu'il s'agit d'un sujet clé dans le domaine de l'efficacité énergétique dans le logement
- Prévenir les risques climatiques qui touchent les agents les plus vulnérables de l'économie réelle: les risques de fragilité du stock d'actifs existant face aux perturbations climatiques physiques, mais aussi ceux liés à un manque de résilience des agents contraints (ménages et PME) à une transition énergétique trop brutale pour leurs actifs immobilisés, inadaptables à court terme sans coût

Cela implique de définir le périmètre d'intervention et de pouvoir trouver des outils pour mesurer l'activité « verte » des activités bancaires et financières. Ce problème peut être facilement résolu lorsque l'on raisonne encore une fois sur le marché du logement qui, en effet, grâce aux stratégies bas-carbone successives mises en place dans le secteur, jouit d'une certaine visibilité quant à la compatibilité des actifs immobiliers financés à une trajectoire bas-carbone. En effet, les nouvelles constructions bénéficient d'une réglementation thermique stricte et le stock de logement existant est au cœur d'un dispositif d'amélioration de la performance énergétique, indiquée par des labels reconnus (RGE) et un outil de notation obligatoire depuis 2011 avant la mise en vente ou location : le DPE.

Pour ce faire, nous devons tendre vers la collaboration entre sphère publique et privée « à la Ostrom¹⁹ » qui pourrait prendre la forme d'une gouvernance partagée, capable de relever le défi

¹⁹ Terme qui reprend les théories d'Elinor Ostrom sur la gestion des biens communs (voir chapitre 3, section 1).

climatique. L'Etat, ou l'institution publique, sont nécessaires comme maîtres d'ouvrage. Les intermédiaires financiers ont un rôle indispensable comme artisans de la volonté et l'effort d'adaptation des agents de l'économie réelle et de leurs actifs à une transition énergétique bas-carbone. La sphère publique et régulatrice détient les droits de propriété de la transition énergétique (sous la forme de certificats qui valideraient la bonne et due forme des financements et d'accompagnement des efforts de transition par une meilleure attribution des exigences de contrepartie des risques), tout en laissant à la sphère privée l'initiative de financer et de tirer profit des investissements dans une transition énergétique bas-carbone comme elle a pu le faire pour le marché de l'éclairage des ports anglais au 17^e siècle (Coase, 1957). La mise en place au sein du Plan Juncker d'un mécanisme de *Quantitative Easing* vert est un exemple de ce type de mécanisme innovant de financements directs de projets pour les banques et compagnies d'assurances via la mise en place d'instruments de titrisation dédiés (Aglietta & Espagne, 2016).

Le secteur du logement incarne les possibilités de cette collaboration. Ce secteur est au cœur des besoins de massification de la transition énergétique et d'un besoin de couverture des risques climatiques. En poussant plus loin l'analyse, la réponse à l'enjeu de la traçabilité des financements verts est directement apportée dans le cas d'un prêt logement qui intègre des rénovations énergétiques profondes et dont la valeur verte est valorisée sur le marché immobilier mais peut l'être également sur les marchés financiers comme un véhicule de titrisation.

Les réflexions menées ici sur les enjeux de financement de la transition énergétique et les risques climatiques appellent, de par leur extrême nouveauté, à des approfondissements et la conduite de la recherche sur plusieurs sujets dont l'énumération réalisée ici est loin d'être exhaustive. D'une part, la transformation digitale de l'économie va forcément influencer sur les modalités de levier de transition énergétique à l'échelle des entreprises, des ménages et intermédiaires financiers. Elle conditionne même sa réussite en permettant la mise en place d'une grille de lecture spécifique. En effet, la valorisation de la transition énergétique passe par l'acquisition d'un système de connaissance à haute valeur ajoutée, c'est-à-dire un socle d'informations complexes, complètes et désagrégées. La convergence de la transition énergétique et de la transition numérique peut être une étape primordiale de succès et la solution de la mesure des expositions aux risques climatiques ainsi que l'éternelle question de la rentabilité. D'autre part, le déploiement d'un cadre réglementaire juste et éclairé, permet aux banques de s'approprier le sujet du changement climatique et de la transition énergétique bas-carbone dans le but d'en maîtriser les risques. Il doit également fournir la possibilité de s'en couvrir et d'en saisir les opportunités de financement. La mise en place d'un *stress test* climatique pour les banques françaises est un sujet exploratoire qui nécessite la conduite de recherches approfondies notamment sur la question de l'élaboration des scénarios, de la collecte de données et de l'effet performatif de l'exercice. Enfin, la question d'un risque climatique systémique et l'élaboration ou

l'adaptation d'instruments macroprudentiels idoines doit également faire l'objet de recherches approfondies. Le risque climatique systémique nait des interactions et du transfert de risque entre banques et assureurs et d'un effet de contagion entre le risque de crédit et la propension des agents les plus sujets aux risques climatiques, le risque de pertes pour les assureurs et le risque final de crédit bancaire. Afin de mesurer l'exposition du secteur bancaire aux risques physiques indirects (ou de second tour) il est primordial de déterminer l'impact à la fois sur la valeur du collatéral mais également sur la solvabilité des ménages d'un retrait ou d'un renchérissement de la couverture assurantielle à la fois privée et publique.