

Paris,
Juillet 2021

L'intégration des facteurs de risque de transition au niveau sectoriel

Nouvelles perspectives pour
les stress-tests et autres outils
de gestion du risque climatique

Auteurs : Clara **Galipel** | Anuschka **Hilke** | Charlotte **Vailles**



Avec la contribution
du programme LIFE
de l'Union Européenne

.....

L'Institut de l'économie pour le climat (**I4CE** – Institute for climate economics) est une association experte de l'économie et de la finance dont la mission est de faire avancer l'action contre les changements climatiques. Grâce à ses recherches appliquées, l'Institut contribue au débat sur les politiques liées au climat. Il rend aussi publiques des analyses pour appuyer la réflexion des institutions financières, des entreprises ou encore des territoires et les aider à intégrer concrètement les enjeux climatiques dans leurs activités. **I4CE** est une association d'intérêt général, à but non lucratif, fondée par la Caisse des Dépôts et l'Agence Française de Développement.



www.i4ce.org

.....

Ce rapport s'inscrit dans le cadre du projet Finance ClimAct et a été réalisé avec la contribution du programme LIFE de l'Union européenne.

Ce rapport ne reflète que la vision d'I4CE. Les autres membres du consortium Finance ClimAct, ainsi que la Commission Européenne, ne peuvent être tenus responsables de l'utilisation des informations qu'il contient.

A PROPOS DE FINANCE CLIMACT

Le projet Finance ClimAct contribue à la mise en œuvre de la Stratégie Nationale Bas-Carbone de la France et du Plan d'action finance durable de l'Union Européenne. Il vise à développer les outils, méthodes et connaissances nouvelles permettant (1) aux épargnants d'intégrer les objectifs environnementaux dans leurs choix de placements, et (2) aux institutions financières et à leurs superviseurs d'intégrer les questions climatiques dans leurs processus de décision et d'aligner les flux financiers sur les objectifs énergie-climat.

Le consortium coordonné par l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie, comprend également le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, l'Autorité des marchés financiers, l'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution, 2° Investing Initiative, Institut de l'Economie pour le Climat, Finance for Tomorrow et GreenFlex.

Finance ClimAct est un programme inédit d'un budget total de 18 millions d'euros et doté de 10 millions de financement par la Commission Européenne.

Durée : 2019-2024.



Avec la contribution du programme LIFE de l'Union Européenne

.....

Sommaire

RÉSUMÉ TECHNIQUE	2	PARTIE 2. ÉTUDE DE CAS SUR LE SECTEUR DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE	26
INTRODUCTION	4		
PARTIE 1. ÉTUDE DE CAS SUR LE SECTEUR DE L'IMMOBILIER RÉSIDENTIEL PRIVÉ	9		
Partie 1.1. Choix du périmètre du secteur immobilier et du périmètre d'exposition au risque de transition	9	Partie 2.1. Définition du périmètre d'étude et de son exposition aux risques de transition	26
1.1.1. <i>Le crédit immobilier aux ménages : une exposition forte des banques françaises aux enjeux de la transition</i>	9	2.1.1. <i>Le secteur du ciment, un secteur aux forts enjeux de décarbonation</i>	26
1.1.2. <i>L'exploration des caractéristiques des ménages et des logements conditionne le risque</i>	9	2.1.2. <i>Le secteur du ciment est exposé aux enjeux de la transition sur toute sa chaîne de valeur</i>	27
1.1.3. <i>La phase d'occupation du bâtiment est clé pour explorer l'exposition des ménages aux risques de transition</i>	9	2.1.3. <i>L'exploration des caractéristiques du secteur et des enjeux de la transition conditionne le risque</i>	27
Partie 1.2. Caractéristiques clés du secteur de l'immobilier résidentiel en France face à une transition vers une économie bas-carbone	10	Partie 2.2. Les caractéristiques de l'industrie cimentière face à une transition vers une économie bas-carbone	28
1.2.1. <i>Un parc de logements privés en France marqué par son stock existant</i>	10	2.2.1. <i>Une industrie capitaliste aux longs cycles d'investissements ne permettant pas aux entreprises cimentières de s'adapter sur le court-terme</i>	28
1.2.2. <i>Les ménages consomment des énergies fossiles à travers leur consommation en chauffage</i>	10	2.2.2. <i>Une performance globale moyenne des installations françaises par rapport aux standards de performance actuels bien qu'un renouvellement des installations soit observé ces dernières années</i>	28
1.2.3. <i>Un parc de logements privés constitué de nombreuses passoires énergétiques</i>	11	2.2.3. <i>Les coûts élevés du transport du ciment contribuent à une implantation régionale forte</i>	28
1.2.4. <i>Un rythme de décarbonation insuffisant pour le secteur résidentiel</i>	13	2.2.4. <i>Une industrie intensive en énergie thermique représentant une part significative des coûts d'exploitation</i>	29
1.2.5. <i>Des investissements immobiliers fortement financés par emprunt bancaire à l'achat mais pas pour la rénovation</i>	14	2.2.5. <i>Des émissions de gaz à effet de serre issues en grande partie du processus de production et difficilement compressibles</i>	29
1.2.6. <i>Le cadre environnant du logement : un critère de choix pour les ménages</i>	15	2.2.6. <i>Une demande fortement dépendante de la demande du béton, tirée par la construction de logements neufs, en baisse depuis 2008</i>	29
Partie 1.3. Les évolutions incertaines du secteur de l'immobilier résidentiel pouvant présenter des risques de transition	16	Partie 2.3. Les évolutions du secteur du ciment dans un contexte de transition bas-carbone : entre risques et opportunités	30
1.3.1. <i>Le calendrier des politiques climatiques pourrait toucher les ménages aux logements peu performants et consommateurs d'énergies fossiles</i>	16	2.3.1. <i>Des solutions de décarbonation du secteur aux différents niveaux de maturité et fortement dépendantes de la disponibilité des matières premières</i>	30
1.3.2. <i>Des nombreux freins à la rénovation énergétique peuvent aggraver la situation financière des ménages dans un contexte de transition</i>	17	2.3.2. <i>Des politiques de soutien à la décarbonation du secteur jusque-là peu incitatives bien qu'une évolution plus stricte soit possible dans les années à venir</i>	34
1.3.3. <i>La non-adaptation du parc de logement au changement climatique pourrait affecter les comportements des ménages dans la demande de logements</i>	18	2.3.3. <i>Une évolution à la baisse de la demande pourrait fragiliser les acteurs du secteur</i>	35
Partie 1.4. Identification de facteurs de risque pertinents pour le secteur de l'immobilier résidentiel	19	Partie 2.4. Identification de facteurs de risque de transition pertinents dans l'industrie cimentière en France	36
1.4.1. <i>Un facteur de risque portant sur une augmentation des prix du carbone, aligné sur les recommandations du NGFS</i>	19	2.4.1. <i>Un facteur de risque portant sur une augmentation des prix du carbone, issu des recommandations du NGFS</i>	36
1.4.2. <i>Un facteur de risque portant sur une obligation de rénovation drastique et non anticipée</i>	21	2.4.2. <i>Un facteur de risque portant sur des chocs d'innovation sur les ciments verts</i>	37
1.4.3. <i>Un facteur de risque portant sur une obligation de rénovation dans un contexte BTP dégradé</i>	23	2.4.3. <i>Un facteur de risque portant sur une baisse de la demande</i>	39
1.4.4. <i>Un facteur de risque portant sur l'anticipation des risques physiques et des risques de marché</i>	24	2.4.4. <i>Un facteur de risque portant sur un choc d'innovation sur les technologies de capture et de stockage du carbone</i>	40
Partie 1.5. Conclusion de l'étude de cas	25	Partie 2.5. Conclusion de l'étude de cas	41
		CONCLUSION GÉNÉRALE	42
		ANNEXES	44
		BIBLIOGRAPHIE	47

Résumé technique

L'intégration des risques climatiques au sein des exercices de stress-tests chez les institutions financières est encore au stade exploratoire. Sous l'impulsion du NGFS, plusieurs banques centrales et superviseurs ont entrepris de réaliser des premiers exercices pilotes de stress-tests climatiques. L'objectif de ces exercices est davantage de sensibiliser les banques aux risques climatiques et de développer de nouvelles méthodologies d'analyse des risques liés au climat, que de renforcer les exigences en fonds propres, comme cela peut être le cas dans le cadre d'un stress-test classique. Le NGFS a développé en juin 2020 un premier guide d'analyse des scénarios climatiques pouvant servir de base à la réalisation des premiers stress-tests climatiques. Ce guide analytique a été repris en France par l'ACPR et la Banque de France dans le cadre de leur exercice pilote climatique dont les résultats ont été publiés en 2021.

Une opportunité de compléter le premier cadre d'analyse des scénarios climatiques développé par le NGFS à travers une approche sectorielle

Ce rapport s'inscrit dans un travail de recherche dont l'objectif est d'apporter de nouvelles réflexions au travail d'analyse sur les scénarios climatiques effectué par le NGFS. Ces travaux cherchent ainsi à identifier des pistes permettant d'affiner les scénarios, améliorer leur pertinence mais sans les complexifier. Les résultats de l'analyse permettraient par la suite de valider s'il est pertinent d'effectuer des recherches méthodologiques plus approfondies sur les scénarios climatiques. Il s'agit d'un rapport intermédiaire, s'inscrivant dans un projet de recherche plus large d'analyse des risques sectoriels liés au changement climatique.

Dans son premier guide d'analyse des scénarios climatiques, le NGFS a principalement fait le choix de se focaliser dans ses scénarios de référence sur deux types de facteurs de risque de transition (les mesures de politiques publiques, capturées par un prix des émissions, et la disponibilité technologique, notamment des technologies de capture du carbone), non différenciés par secteur. Les compléments apportés par l'exercice Banque de France/ACPR ont permis de suppléer en partie à ce manque, en permettant une analyse par secteur, qui ne suffit cependant pas à capturer les transformations au sein même des secteurs. Si une approche agrégée est usuelle dans le cadre d'un stress-test classique, ce cadre d'analyse pourrait, au vu de la complexité des enjeux climatiques, générer des résultats significativement différents d'une analyse plus complète des facteurs de risque de transition.

Afin de vérifier ces réflexions exploratoires, deux études de cas sectorielles ont été réalisées, une portant sur le secteur de l'immobilier résidentiel et l'autre sur l'industrie cimentière en France.

Ces deux secteurs ont été sélectionnés par rapport au niveau des enjeux auxquels ils doivent faire face dans un contexte de transition. Pour le secteur de l'immobilier, un autre critère de sélection déterminant a été le poids qu'il représente en France au sein des portefeuilles bancaires. Le choix du secteur ciment a été quant à lui influencé par la disponibilité d'un Plan de Transition Sectoriel détaillé. Son élaboration a été menée par l'ADEME¹ dans le cadre du Projet Finance ClimAct. Ces plans de transitions sectoriels (d'autres secteurs seront couverts au cours des prochaines années), détaillent des scénarios de décarbonation visant à atteindre les objectifs fixés par la Stratégie Nationale Bas Carbone pour le secteur, les enjeux ainsi que les leviers du secteur. Ils présentent donc un support idéal pour ce type d'exercice.

Un regard intra-sectoriel permet de mieux cerner l'ensemble des facteurs de risques de transition et leurs potentielles interactions

Les facteurs de risque de transition sont multiples, différents selon les secteurs et peuvent se superposer

Les deux études de cas ont permis de démontrer que les risques de transition proviennent de facteurs de risque et de chaînes d'impacts très variés et différents selon les secteurs économiques. Une analyse détaillée de ces deux secteurs et de leurs enjeux de transition spécifiques a permis d'identifier plusieurs facteurs de risques de transition pour chaque secteur, à travers l'élaboration de scénarios de transition volontairement adverses (figure 1).

Pour chacun des deux secteurs, les différents facteurs de risque identifiés pourraient augmenter la vulnérabilité des acteurs, et ainsi augmenter les risques financiers pour les institutions financières.

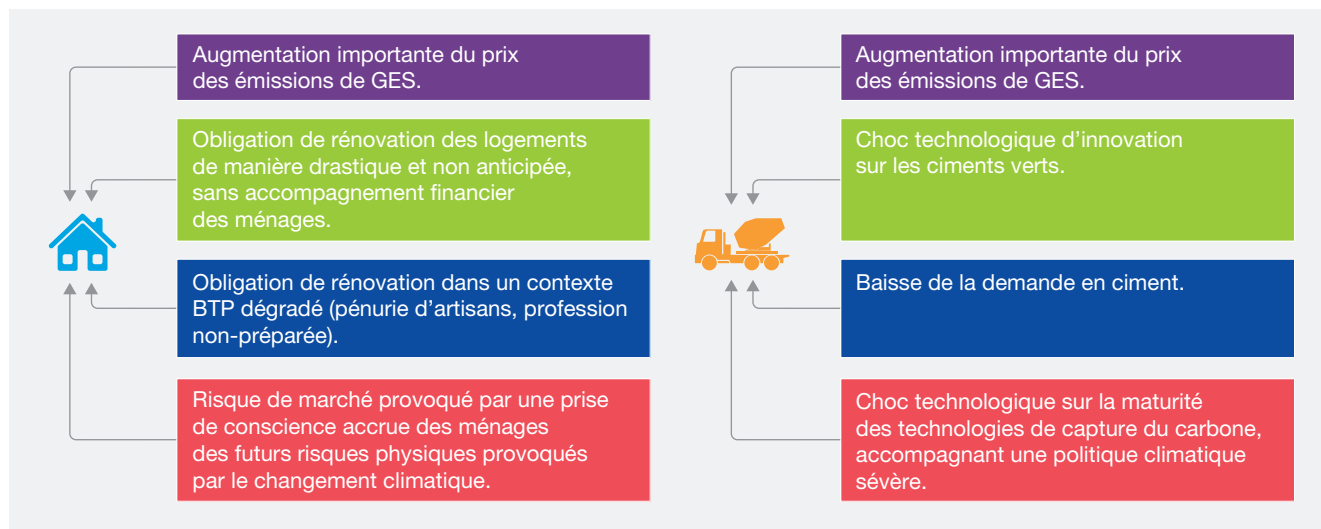
L'analyse de ces facteurs de risque a pu mettre en évidence la plausibilité de leur superposition. En se manifestant de manière simultanée, ces facteurs de risque pourraient multiplier leurs effets, aggravant les risques finaux. Pour le secteur du ciment par exemple, une augmentation importante du prix des émissions de gaz à effet de serre cumulée avec un choc d'innovation sur les technologies de ciment verts pourrait affaiblir les entreprises du secteur n'ayant pas investi ou ne pouvant investir dans ces nouvelles technologies.

Tous les acteurs au sein d'un même secteur ne disposent pas des mêmes leviers face aux risques de transition

Les études de cas ont également permis de démontrer que les facteurs de risques se manifestaient de manière

¹ Pour en savoir plus : <https://finance-climact.fr/actualite/plans-de-transitions-sectoriels/>

FIGURE 1 : LES DIFFÉRENTS FACTEURS DE RISQUES IDENTIFIÉS PAR SECTEUR POUR LES DEUX ÉTUDES DE CAS



Source : I4CE

différenciée au sein d'un même secteur et que différents indicateurs clés permettaient de mieux juger la vulnérabilité des agents économiques (ménages ou entreprises) aux différents risques.

Par exemple, pour le secteur de l'immobilier, on constate que le niveau de performance énergétique des bâtiments est un des indicateurs clés permettant de mieux identifier les contreparties potentiellement vulnérables au regard d'un facteur de risque d'augmentation du prix des émissions ou d'obligation de rénovation. Cependant, c'est plutôt une géolocalisation fine qui permettrait d'évaluer un facteur de risque de marché lié à un changement de demande des ménages suite à une prise de conscience des menaces de risques physiques.

Une analyse intra-sectorielle permet alors d'évaluer la vulnérabilité des différents agents économiques aux différents facteurs de risque. Ces recherches sont également essentielles pour déterminer dans quelle mesure une superposition de ces facteurs de risque pourrait générer des impacts multipliés, puisque la population des contreparties potentiellement concernées augmente (ex. maisons peu performantes énergiquement et maisons en zones géographiques spécifiques).

L'analyse intra-sectorielle des facteurs de risque de transition permettrait d'enrichir les outils de gestion du risque

Un enrichissement des scénarios de stress-tests climatiques à travers une quantification des ordres de grandeurs des différents facteurs de risques

Si une analyse sectorielle a permis d'établir que les facteurs de risques pouvaient différer selon les secteurs, il conviendra de déterminer dans un second temps si les facteurs de risque identifiés pour chaque secteur économique et pris

de manière individuelle pourraient générer des risques financiers plus élevés que ceux déjà couverts par le cadre d'analyse du NGFS. Si tel n'était pas le cas, alors les facteurs de risque couverts par l'analyse du NGFS pourraient être suffisants pour couvrir l'ensemble des risques propres à chaque secteur.

En revanche, la superposition de ces facteurs de risque pourrait aggraver les résultats. Une quantification de ces facteurs pourrait se révéler pertinente afin de confirmer cette hypothèse. Elle permettrait de déterminer les ordres de grandeurs relatifs à chaque facteur de risque. Cette quantification pourrait être effectuée grâce aux différents indicateurs de vulnérabilité des acteurs économiques (entreprises, ménages) face aux facteurs de risque identifiés précédemment.

Au-delà des stress-tests, les analyses de facteurs de risque viendraient enrichir d'autres outils de gestion du risque

Ces recherches pourraient également donner potentiellement de précieuses clés d'analyse pour l'amélioration des outils de gestion des risques de transition internes aux institutions financières. En effet, cette analyse permettrait une compréhension fine des risques de transition à des niveaux sous-sectoriels, et pourrait présenter ainsi un intérêt non seulement pour la communauté d'experts des stress-tests climatiques mais également pour les équipes de gestion des risques au sein des institutions financières, ainsi que pour les fournisseurs de service qui cherchent à optimiser leurs outils d'analyse des risques pour la gestion des risques de transition liés au climat.

Introduction

1. Depuis 2015, une prise de conscience progressive des risques climatiques dans le secteur financier

Le 29 septembre 2015, le gouverneur de la Banque d'Angleterre, Mark Carney prononce un discours historique alertant pour la première fois sur le risque que pouvait représenter le changement climatique sur la stabilité financière. Les chocs climatiques pourraient avoir une ampleur mondiale, présentant d'importants risques de dépréciations des actifs et affectant la stabilité économique. Il théorise la « tragédie de l'horizon », soulignant la différence de temporalité entre la matérialisation sur le moyen et long terme des coûts générés par le changement climatique et les décisions des investisseurs prises sur un horizon court terme.

L'intégration des risques climatiques dans les pratiques de gestion financière n'est pas une chose facile. En effet, les caractéristiques intrinsèques des risques climatiques, par leur caractère incertain, inédit et de long-terme, sont difficilement compatibles avec les processus de gestion des risques classiques utilisés par les institutions financières, basés la plupart du temps sur des probabilités de pertes établies à partir de l'historique des événements de défaut. La disponibilité des données est également un enjeu majeur dans le développement de l'analyse des risques climatiques.

Dans cette lignée et afin de répondre à ces problématiques, huit banques centrales et superviseurs bancaires, ont créé en 2017 le NGFS, le Réseau pour le verdissement du système financier. Aujourd'hui, 90 banques centrales et superviseurs au niveau mondial sont membres du réseau. L'objectif du NGFS est de contribuer au développement de la gestion des risques liés au climat dans le secteur financier et de mobiliser les institutions financières en faveur de la transition vers une économie durable. C'est dans ce contexte que le NGFS recommande aux institutions financières d'utiliser des outils et méthodes permettant d'évaluer les risques financiers liés au climat, à l'image des stress-tests climatiques.

2. Le stress-test climatique : un nouvel outil d'intégration du risque climatique dans le secteur financier

Les stress-tests sont des outils de gestion du risque utilisés par les superviseurs et établissements financiers. Ils sont destinés à mesurer la sensibilité des institutions financières par rapport à des scénarios simulant des conditions macro-

économiques et financières extrêmes mais plausibles. Quand ils sont réalisés à l'initiative des superviseurs, les résultats de ces exercices peuvent déterminer les exigences de fonds propres nécessaires aux institutions financières pour faire face à ces différents chocs. Les stress-tests sont apparus à la fin des années 1990 à la suite de la crise financière asiatique et se sont largement développés après la crise financière de 2008.

Utiliser ce type d'exercice pour mesurer l'impact des risques climatiques sur les institutions financières est encore un exercice inédit mais plusieurs autorités de supervision ont commencé à travailler sur ou ont réalisé ce type d'exercice, comme par exemple la Banque des Pays-Bas (Vermeulen *et al.*, 2018), la Banque d'Angleterre (Bank of England, 2019) ou encore la Banque de France et l'ACPR (ACPR, 2021). Ces différents exercices n'ont pour l'instant pas pour objectif de chercher à imposer aux institutions une exigence en capital supplémentaire ou des modèles internes de gestion du risque, mais plutôt de les sensibiliser aux différents risques climatiques et de développer les méthodologies d'intégration des risques climatiques dans ce secteur. Il s'agit d'un exercice très spécifique, car si un stress-test classique évalue l'effet de chocs macro-économiques sur le temps court (2 ou 3 ans), les effets du changement climatique et de la transition sont sur le temps long et la temporalité et la manifestation exacte de leur matérialisation est incertaine.

Trois niveaux successifs de matérialisation et de transmission du risque au sein du système financier peuvent être définis (Jacquetin, 2021).

Le premier niveau est l'élément déclencheur de risque, ici le risque climatique, qu'il soit physique ou de transition.

Les risques physiques sont les impacts financiers résultant des effets du changement climatique. Ces risques peuvent être liés à des événements extrêmes (vagues de chaleur, inondations, feux de forêts, tempêtes) ou chroniques (modification des températures moyennes, élévation du niveau de la mer).

Les risques de transition sont les impacts financiers résultant de la mise en place d'une transition vers une économie bas-carbone. Ces risques peuvent être liés à la mise en place de politiques climatiques, à l'image par exemple d'une taxation carbone, à des changements technologiques comme le développement des énergies renouvelables ou des technologies de capture du carbone, à l'évolution des marchés à travers des changements de comportements des consommateurs ou de disponibilités des produits, ou peuvent être de nature réputationnelle (TCFD, 2017).

Le deuxième niveau de matérialisation du risque correspond à la transmission de ces risques climatiques en effets

économiques, pouvant être liés à des chocs sur des paramètres macroéconomiques (inflation, taux de chômage, etc), mais incluent également des canaux de transmission à des niveaux plus fins (par exemple, dommage sur le capital physique).

Le troisième niveau de matérialisation du risque correspond à l'impact de ces différents chocs en risques financiers pour les institutions financières à travers différentes catégories de risques (risque de crédit, risque de marché, risque opérationnel...).

La nature prospective des risques liés au climat et l'incertitude inhérente des événements futurs rendent difficile l'analyse des risques climatiques dans des modélisations standards. Afin de répondre à cette problématique, le NGFS a proposé en 2020, un premier cadre analytique d'analyse des risques climatiques par scénarios à destination des banques centrales et des superviseurs.

3. Un guide d'analyse des scénarios climatiques développé par le NGFS

Ce premier guide d'analyse des scénarios climatiques, développé par le NGFS, a pour objectif d'être intégré dans les différents outils de gestion du risque utilisés par les banques centrales et les superviseurs, et peut servir de base à la réalisation des premiers stress-tests climatiques.

Le guide d'analyse par scénarios développé par le NGFS propose quatre familles de scénarios, reposant sur l'atteinte ou non des objectifs climatiques et sur la façon selon laquelle la transition (ordonnée ou désordonnée) se matérialise. Cet ensemble de scénarios comprend un certain nombre de risques de transition, de risques physiques et de variables macroéconomiques. Ces scénarios s'inspirent principalement des trajectoires d'atténuation et d'adaptation définies par le GIEC. Plusieurs hypothèses d'évolution des émissions de gaz à effet de serre, socioéconomiques, de politiques climatiques, technologiques et de préférences des consommateurs ont été réalisées afin de construire les différents scénarios.

ENCADRÉ 1 : LES FAMILLES DE SCÉNARIOS DU NGFS ET LEURS SCÉNARIOS REPRÉSENTATIFS

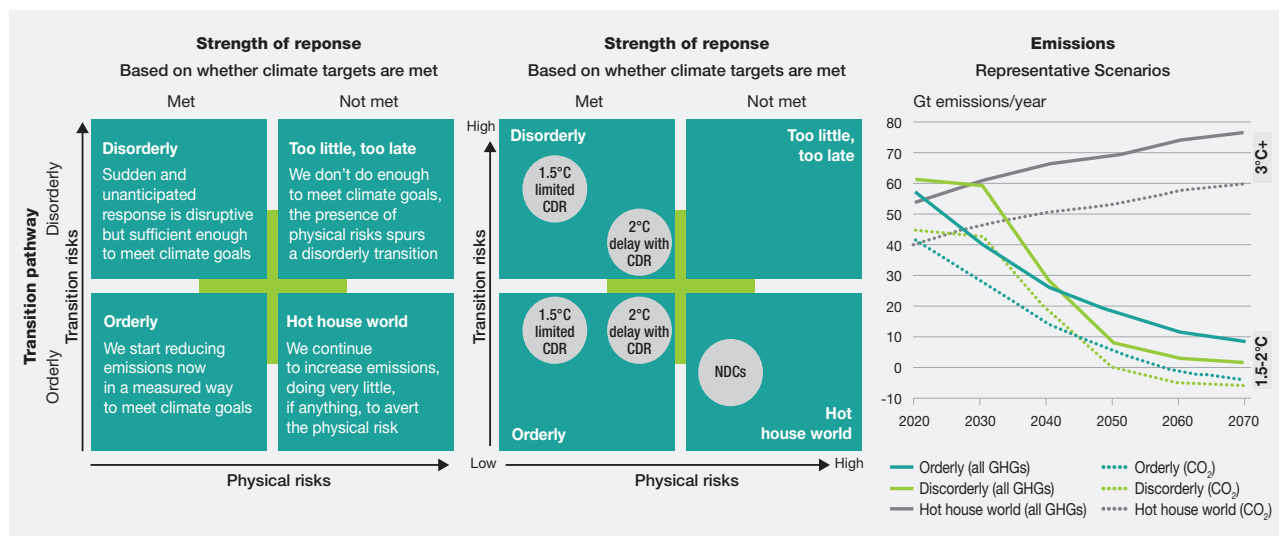
Les scénarios de transition « ordonnée » correspondent à la mise en place d'une transition rapide, ambitieuse et anticipée permettant l'atteinte des objectifs climatiques. Ces scénarios aboutissent à des risques physiques et de transition faibles.

Les scénarios de transition « désordonnée » correspondent à la mise en place d'une transition tardive, disruptive, soudaine ou non anticipée mais permettant également l'atteinte des objectifs climatiques. Ces scénarios aboutissent à des risques physiques faibles mais à des risques de transition élevés.

Les scénarios de risques physiques ou « hot house world » correspondent à des scénarios où aucune mesure de transition n'est mise en place afin de limiter le réchauffement climatique, conduisant à une augmentation constante des émissions de gaz à effet de serre et à des risques physiques élevés.

La dernière famille de scénario « too little too late », présentant à la fois des risques physiques et des risques de transition élevés, n'a pas été retenue dans l'analyse du NGFS.

FIGURE 2 : LES SCÉNARIOS CLIMATIQUES DU NGFS ET LES TRAJECTOIRES D'ÉMISSIONS ASSOCIÉES



Source : NGFS, Guide to climate scenario analysis for central banks and supervisors, 2020

Parmi les trois familles de scénarios citées ci-dessus, le NGFS a proposé trois scénarios représentatifs et plusieurs scénarios alternatifs.

Le scénario représentatif pour une transition ordonnée fait l'hypothèse d'une introduction immédiate et une augmentation progressive d'un prix des émissions optimal jusqu'en 2050, et d'une disponibilité complète des technologies de capture du carbone.

Le scénario représentatif pour une transition désordonnée suppose la mise en place d'un prix des émissions à partir de 2030, avec une augmentation plus rapide afin de compenser le retard. Ce scénario suppose une disponibilité limitée des technologies de capture du carbone.

D'autres scénarios alternatifs de transition désordonnée ont également été sélectionnés supposant par exemple, la mise place de politiques de taxation des émissions plus précoces et plus disruptives et sans disponibilité des technologies de captation du carbone.

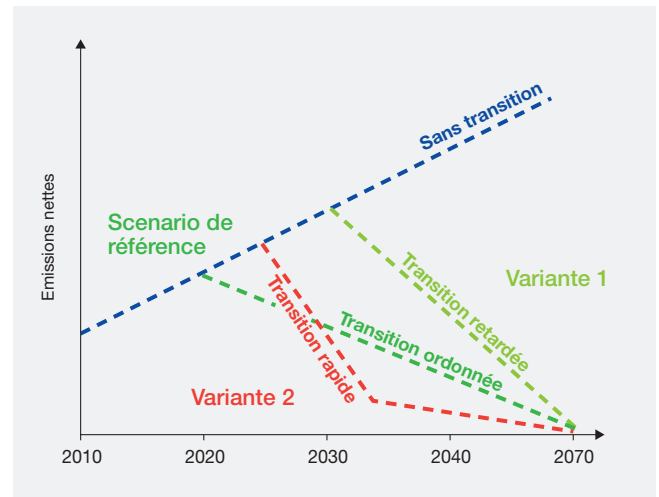
Enfin le scénario représentatif des scénarios de risques physiques suppose que seules les politiques actuelles continuent d'être mises en œuvre.

4. Un premier exercice pilote mené par l'ACPR basé sur le cadre analytique du NGFS et intégrant une dimension sectorielle

En 2020, l'ACPR a entrepris de mener son premier exercice pilote climatique afin de venir évaluer les vulnérabilités du secteur financier français (banques et assurances) face aux risques climatiques. L'exercice a été réalisé de manière « bottom-up » où les différents scénarios ont été soumis par l'ACPR aux banques et assurances participant à l'exercice afin qu'elles puissent réaliser elles-mêmes une analyse qualitative et quantitative de l'impact de ces scénarios sur leurs portefeuilles. Ces résultats individuels ont été ensuite agrégés par l'ACPR.

L'ACPR a développé un cadre analytique avec les équipes de la Banque de France (Allen *et al.*, 2020), s'appuyant sur les travaux du NGFS, afin de proposer des scénarios plus détaillés aux institutions financières. Ces scénarios combinent des hypothèses de politiques publiques, et d'évolutions technologiques et socio-économiques. Le scénario de référence choisi par l'ACPR est un scénario de transition ordonnée, supposant une augmentation significative du prix des émissions dès 2020 de manière annoncée et anticipée. Deux autres scénarios sont des scénarios de transition désordonnée, adverses par rapport au premier scénario. La première variante implique une réponse politique tardive, avec la mise en place d'une introduction de prix du carbone en 2030, exactement aligné sur le scénario sous-jacent du NGFS. La deuxième variante, plus adverse que les scénarios proposés par le NGFS, décrit un scénario de transition soudaine et non anticipée, avec la mise en place d'un prix du carbone dès 2025, complétée par des chocs de productivité négatifs par rapport au scénario de référence, dus à une immaturité des technologies de production d'énergies renouvelables. Le dernier scénario, utilisé pour déterminer les risques physiques, implique le maintien des politiques actuelles, et ainsi d'une trajectoire sans transition.

FIGURE 3 : REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DES SCÉNARIOS DE TRANSITION INCLUS DANS L'EXERCICE PILOTE DE L'ACPR



Source : ACPR *et al.*, Présentation des hypothèses provisoires pour l'exercice pilote climatique, 2020

L'exercice pilote développé par l'ACPR présente plusieurs spécificités. L'exercice est réalisé sur une période de 30 ans, jusqu'en 2050, avec une exposition sur 4 zones géographiques (la France, le reste de l'UE, les États-Unis, et le reste du monde). Il comporte une dimension sectorielle, incluant 55 secteurs d'activité, afin d'augmenter la granularité de l'analyse et mesurer la sensibilité de certains secteurs aux différents scénarios. Le cadre analytique propose également un bilan statique jusqu'en 2025, puis dynamique jusqu'en 2050, afin de permettre aux institutions financières d'ajuster leurs portefeuilles en fonction des différentes dynamiques de transition à l'œuvre.

5. L'objectif de ce rapport : contribuer au développement du cadre méthodologique des stress-tests climatiques

Le présent rapport s'inscrit dans le projet Finance ClimAct et a pour objectif d'apporter des nouvelles réflexions au travail d'analyse sur les scénarios climatiques effectué par le NGFS. Ces travaux cherchent à identifier des pistes permettant d'affiner les scénarios, afin d'améliorer leur pertinence, et sans complexifier l'exercice. Les résultats de l'analyse permettraient par la suite de valider s'il est pertinent d'effectuer des recherches méthodologiques plus approfondies sur les scénarios climatiques. Il s'agit d'un rapport intermédiaire, s'inscrivant dans un projet de recherche plus large d'analyse des risques sectoriels liés au changement climatique.

Le projet Finance ClimAct a pour ambition de contribuer à la mise en œuvre de la Stratégie Nationale Bas Carbone de la France et du Plan d'action finance durable de l'Union Européenne. L'objectif de ce projet est notamment de développer des outils, des méthodes et des connaissances nouvelles afin de permettre aux institutions financières et aux superviseurs de prendre en compte le changement climatique dans leur pilotage financier et leur processus de décision. A ce titre, le projet contribue à développer la capacité de ces acteurs à réaliser des stress-tests climatiques, à travers la réalisation de guidelines, d'outils et de métriques appropriés, et ainsi les amener à mieux appréhender les risques financiers liés au changement climatique.

Si le cadre analytique proposé par le NGFS pose les jalons d'une première méthodologie d'analyse des risques climatiques pour les institutions financières, il pourrait amener à une analyse partielle des risques de transition. En effet, le NGFS a fait le choix, dans sa première édition de ses scénarios de référence, de focaliser les risques de transition sur les retards en termes de mise en place des politiques climatiques (avec une augmentation significative du prix du carbone en 2030) et la disponibilité des technologies de capture du carbone. Bien qu'ils reposent sur une modélisation complexe des transformations sectorielles, notamment dans le secteur énergétique, les scénarios du NGFS ne proposent pas d'analyse granulaire par secteur. Les compléments apportés par l'exercice Banque de France/ACPR ont permis de suppléer en partie à ce manque en permettant une analyse plus fine par secteur, qui ne suffit cependant pas à capturer les transformations au sein même des secteurs. Si une approche agrégée est usuelle dans le cadre d'un stress-test classique, ce cadre d'analyse pourrait, au vu de la complexité des enjeux climatiques, générer des résultats significativement différents d'une analyse plus complète des facteurs de risque de transition.

Le présent rapport entreprend donc un premier travail d'exploration à travers deux études de cas sectorielles pour démontrer dans quelle mesure l'analyse de la dimension intra-sectorielle pourrait apporter des informations nouvelles et significatives.

6. Les hypothèses de départ : de multiples facteurs de risque de transition différenciés par secteurs et par agents économiques

Le cadre analytique actuel des stress-tests climatiques peut faire l'objet de plusieurs pistes d'approfondissement. Plusieurs hypothèses peuvent venir étayer cette réflexion. La première hypothèse s'appuie sur le fait qu'il existe de multiples sources potentielles de risques de transition et qu'elles peuvent différer selon les secteurs. Ces risques peuvent être dus à la mise en place d'une réglementation imposant un prix du carbone élevé, mais également à d'autres types de réglementation multiples, des chocs technologiques, rapides et disruptifs ou des risques de marché comme des changements de demande de la part des agents économiques. Or, la combinaison de ces différents risques pourrait générer des risques financiers significatifs. Les analyses de risque actuelles pourraient donner une idée très partielle des risques et pourraient, par conséquent, les sous-estimer.

La seconde hypothèse s'appuie sur le fait que tous les acteurs au sein d'un même secteur ne disposent pas des mêmes leviers pour faire face aux facteurs de risque de transition ainsi identifiés. Ils ne disposent pas nécessairement des mêmes capacités à s'adapter, à transférer ou éviter le risque, ou à absorber des chocs financiers. Les analyses de risque qui ne prennent pas en compte ces facteurs spécifiques à chaque acteur peuvent potentiellement faire ressortir des risques qui ne se matérialisent pas dans la réalité, qui n'affectent pas les acteurs financiers, ou au contraire peuvent potentiellement ne pas prendre en compte certains risques spécifiques à une partie des acteurs du secteur.

Le cadre analytique actuel proposé par le NGFS propose principalement des risques de transition basés sur la mise en place de politiques climatiques aboutissant à une augmentation du prix des émissions de gaz à effet de serre et sur la disponibilité de certaines technologies et notamment les technologies de capture du carbone. Il ne présente pas d'hypothèses de scénarios différenciés selon les secteurs, et l'analyse ne permet pas de différencier l'impact des différents chocs à l'intérieur d'un même secteur. Le cadre analytique proposé par le NGFS pourrait alors ne donner qu'une vision partielle des risques de transition pouvant affecter les institutions financières.

7. Une approche méthodologique basée sur le développement de deux études de cas sectorielles : l'immobilier et le ciment

Le présent rapport a choisi de vérifier ces différentes hypothèses de départ à travers une approche sectorielle. Deux secteurs ont été sélectionnés afin de réaliser cette étude : le secteur du ciment et le secteur de l'immobilier résidentiel privé. Ces deux secteurs ont été sélectionnés par

INTRODUCTION

rapport au niveau des enjeux auxquels ils doivent faire face dans un contexte de transition, parce que la littérature est abondante à ce sujet et, pour le secteur de l'immobilier, par rapport aux poids qu'il représente au sein des portefeuilles bancaires.

Les travaux de recherche effectués pour ce rapport ont été établis à partir de la littérature et de discussions avec les experts sectoriels de l'ADEME, afin d'obtenir des informations techniques sur les différents secteurs. Pour le secteur de l'immobilier, ces recherches ont été confrontées avec la vision plus financière des experts de la Banque de France, afin d'identifier des scénarios de transition pouvant représenter des risques financiers. Ces scénarios sont volontairement conçus pour venir stresser les bilans bancaires à différents risques de transition. Ils ne constituent en rien des prévisions et n'indiquent, ni ce qu'il est souhaitable ou probable qu'il advienne. Ils ne peuvent être utilisés pour juger du bienfondé de la transition.

Si l'analyse méthodologique de ce rapport s'est appuyée sur l'exemple de la France avec ses spécificités, elle peut également s'inscrire dans un cadre plus large et s'appliquer aux autres exercices de stress-tests climatiques menés par les régulateurs et superviseurs financiers dans le monde.

Le rapport s'appuiera sur la méthodologie proposée par Vaillès *et al.* (2020) sur la mise en place d'une analyse par scénario des enjeux liés à la transition. Pour chacune des études de cas, il conviendra de définir dans une première partie l'objectif, les enjeux et le périmètre de l'étude. Dans une seconde partie, les enjeux clefs du secteur étudié dans un contexte de transition bas carbone seront explorés. Dans une troisième partie, il conviendra d'identifier les évolutions futures incertaines pouvant être problématiques dans le cadre de cette transition, mais également les opportunités. Enfin, dans une dernière partie, il conviendra de déterminer les différents facteurs de risque de transition pertinents pour chacun des secteurs, de déterminer les dynamiques de transmission du risque et d'identifier les données à obtenir afin de quantifier des scénarios modélisant ces facteurs de risque.

Partie 1. Étude de cas sur le secteur de l'immobilier résidentiel privé

Partie 1.1. Choix du périmètre du secteur immobilier et du périmètre d'exposition au risque de transition

1.1.1. Le crédit immobilier aux ménages : une exposition forte des banques françaises aux enjeux de la transition

L'immobilier et les bâtiments sont au cœur des enjeux de transition vers une économie bas carbone et d'adaptation au changement climatique. En effet, le secteur résidentiel représente 11 % des émissions nationales en France (Citepa, 2020) et en Europe (AIE, 2020). Bien que les émissions de gaz à effet de serre générées par le secteur soient en baisse depuis les années 1990 (-1,0 % par an), la France a pris du retard par rapport à ses objectifs de réduction des émissions, avec un dépassement des parts annuelles indicatives du budget carbone de 2015 à 2018, risquant ainsi de ne pas atteindre les objectifs européens de réduction des émissions à 2030.

Les banques françaises sont particulièrement exposées à ces différents enjeux de transition à travers leur forte exposition au secteur de l'immobilier. En effet, l'ensemble des crédits immobiliers (hors secteur public) représente au total 26 % des encours de crédits des banques françaises, et 21 % sont destinés aux ménages (Banque de France, 2020)² (figure 4). Les risques de transition du secteur pourraient donc in fine représenter également des risques pour les banques.

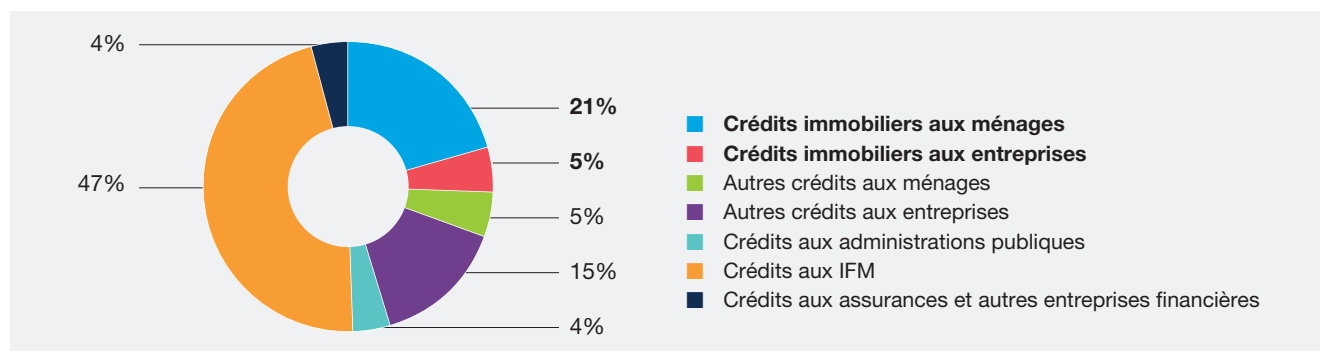
Au vu du poids que représentent les crédits immobiliers accordés aux ménages dans les portefeuilles bancaires, et pour des questions de granularité de l'information, notre périmètre d'analyse portera ainsi sur le secteur de l'immobilier résidentiel privé.

1.1.2. L'exploration des caractéristiques des ménages et des logements conditionne le risque

Cette étude a pour objectif de dégager les caractéristiques et les évolutions possibles du secteur de l'immobilier résidentiel au vu des enjeux de la transition bas-carbone et du changement climatique, afin d'identifier facteurs de risques de transition pour le secteur. Ces risques de transition, peuvent être par exemple provoqués par la mise en place d'une réglementation visant à réduire l'impact du secteur sur le changement climatique, ou bien par un changement de comportement des ménages.

Les scénarios modélisant ces différents facteurs de risque peuvent avoir des conséquences sur les bilans bancaires, à travers différentes typologies de risques (risque de crédit, risque de marché). Notre périmètre portant spécifiquement sur le secteur de l'immobilier résidentiel privé, les risques de transition pour le secteur de l'immobilier résidentiel se manifestent pour les banques à travers les prêts immobiliers contractés par les ménages et destinés à financer les opérations d'achat d'un bien immobilier à usage d'habitation. Les logements concernés par notre analyse sont donc les logements échangés sur le marché de l'immobilier et financés par emprunt bancaire. Les ménages étudiés sont les ménages propriétaires de leur logement ou propriétaires bailleurs.

FIGURE 4 : RÉPARTITION DE L'ENSEMBLE DES ENCOURS DE CRÉDITS DES BANQUES FRANÇAISES AUX RÉSIDENTS FRANÇAIS EN 2020



Source : IACE, d'après les données de la Banque de France, 2020

² Il convient de noter que ces résultats peuvent être différents selon les banques, qui ne présentent pas la même exposition au secteur immobilier

Les scénarios de transition peuvent impliquer différentes dynamiques d'endettement des ménages et de trajectoires de prix immobiliers, plus ou moins porteuses de risques pour les établissements de crédit. Les banques peuvent être exposées au risque de crédit, à travers une insolvabilité financière des ménages, pouvant être aggravée par la perte de valeur du bien.

L'exploration des caractéristiques des ménages et des logements adossés aux prêts immobiliers est donc clé pour déterminer les zones de risques dans un contexte de transition.

1.1.3. La phase d'occupation du bâtiment est clé pour explorer l'exposition des ménages aux risques de transition

Le cycle de vie d'un logement se décompose en plusieurs phases (ADEME *et al.*, 2011) : (i) la conception et la construction (gros-œuvre, second-œuvre et équipements) de l'ouvrage, (ii) l'exploitation (fonctionnement, entretien/maintenance), et enfin (iii) sa démolition ou remise en état de service (figure 5).

Le scope de l'étude porte principalement sur la phase d'occupation du logement par le ménage. En effet, les enjeux de la transition bas carbone pouvant peser sur les ménages, et donc leur capacité à rembourser un crédit, sont essentiellement associés à cette phase. Les charges associées au transport des occupants du logement sont également prises en compte dans l'analyse car elles sont essentiellement liées à l'emplacement du logement.

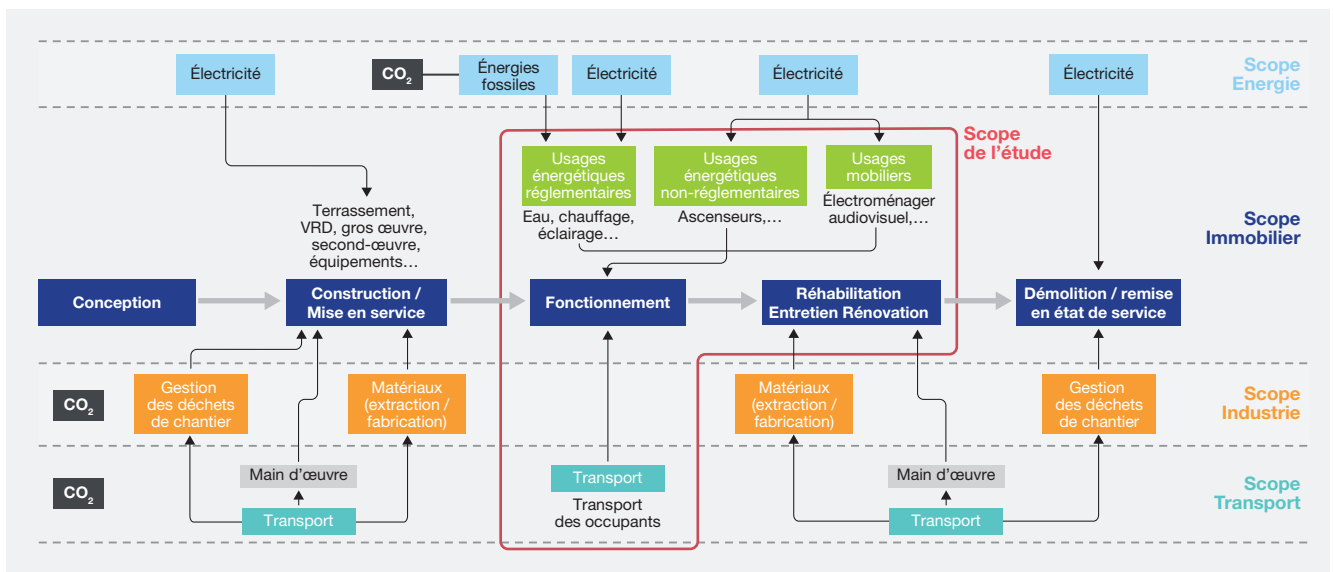
Les phases liées à la construction du bâtiment et à sa démolition ne sont, quant à elles, pas prises en compte dans le périmètre d'analyse, les enjeux de la transition liés à ces phases pesant principalement sur les industriels et les constructeurs.

Partie 1.2. Caractéristiques clés du secteur de l'immobilier résidentiel en France face à une transition vers une économie bas-carbone

1.2.1. Un parc de logements privés en France marqué par son stock existant

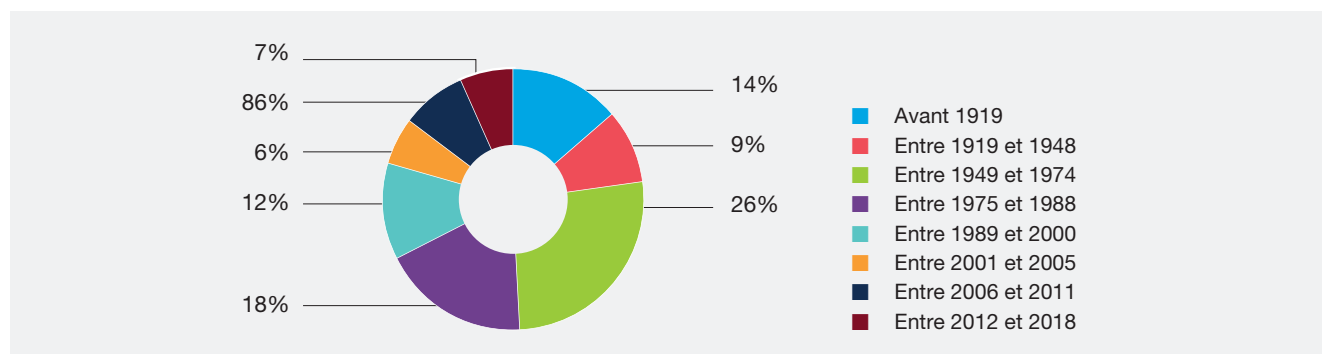
Au 1^{er} janvier 2018, la France comptait 36,3 millions de logements dont 29,7 millions de résidences principales, 3,5 millions de résidences secondaires et 3 millions de logements vacants. 57 % des résidences principales étaient des logements individuels contre 43 % de logements collectifs (Insee, 2018). Près de la moitié des résidences principales ont été construites avant 1975 (figure 6), soit avant la mise en place de la première réglementation thermique (CGDD, 2020). Depuis le début des années 1980, le parc de logement en France s'est accru en moyenne de 1,1 % par an (entre environ 300 000 et 400 000 logements par an) (Insee, 2018). Ce contexte rend ainsi d'autant plus importante la place de la rénovation énergétique dans le cadre d'une transition vers une économie bas carbone et l'objectif français d'arriver à un parc de bâtiments basse consommation ou équivalent en moyenne d'ici 2050 (SNBC, 2020). Cela pourrait pousser des réglementations davantage tournées vers la rénovation que la construction dans le but d'atteindre un parc performant.

FIGURE 5 : CYCLE DE VIE D'UN BÂTIMENT



Source : I4CE, d'après Ademe *et al.*, Bilan Carbone® appliqué aux bâtiments, 2011

FIGURE 6 : STRUCTURE DU PARC DE RÉSIDENCES PRINCIPALES PAR PÉRIODE DE CONSTRUCTION AU 1^{ER} JANVIER 2018



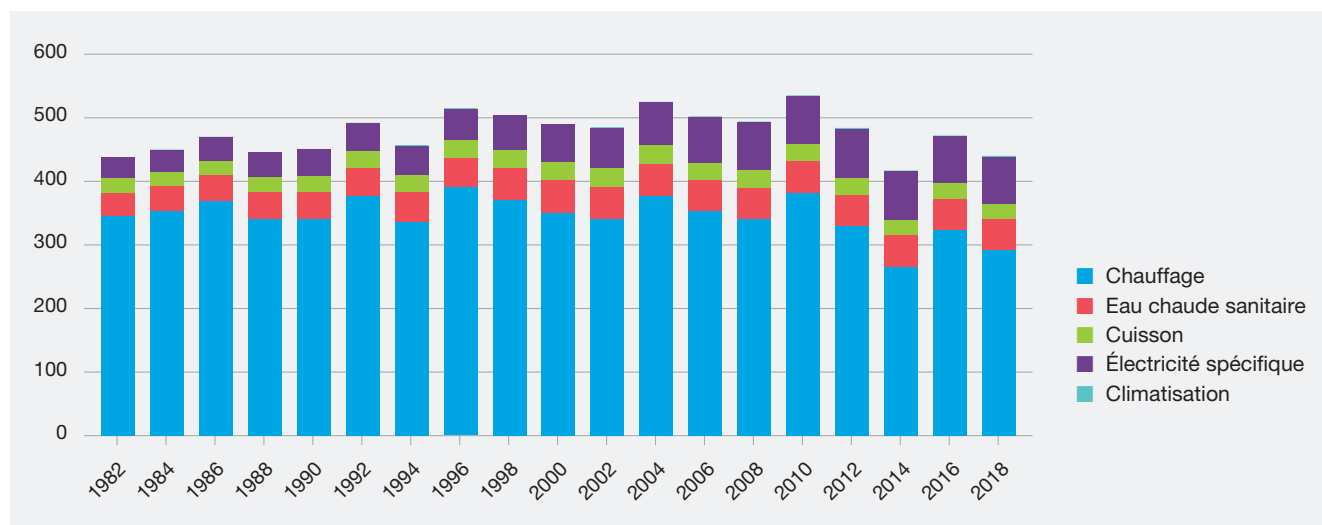
Source : IACE, d'après CGDD, Le parc de logements par classe de consommation énergétique, 2020

1.2.2. Les ménages consomment des énergies fossiles à travers leur consommation en chauffage

La consommation énergétique des bâtiments résidentiels s'élevait à 439 TWh en 2018 (Ceren, 2019). Le principal poste de consommation énergétique des logements était le chauffage (66 % de la consommation totale), suivi de

l'électricité à usage spécifique (hors chauffage, ECS et cuisson) (17 %), de l'eau chaude sanitaire (11 %) et de la cuisson (5 %). La consommation énergétique des bâtiments résidentiels est globalement en baisse sur la dernière décennie (environ -2 % par an en moyenne), principalement due à une légère baisse de la consommation de chauffage (figure 7).

FIGURE 7 : ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DES LOGEMENTS PAR USAGE (EN TWH)



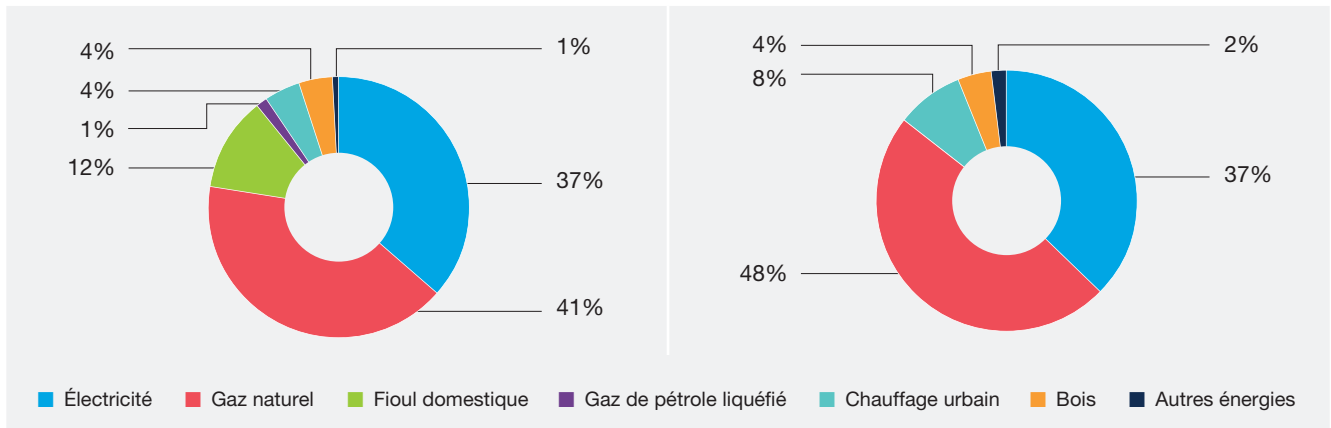
Source : IACE, d'après Ceren, Consommation énergétique du secteur résidentiel en 2018, 2019

PARTIE 1. ÉTUDE DE CAS SUR LE SECTEUR DE L'IMMOBILIER RÉSIDENTIEL PRIVÉ

Partie 1.2. Caractéristiques clés du secteur de l'immobilier résidentiel en France face à une transition vers une économie bas-carbone

Le gaz naturel reste aujourd'hui la principale source de chauffage dans les résidences principales (41 % en 2018), suivi de l'électricité (37 %). L'électricité produite en France étant en grande partie décarbonée³ (RTE, 2020), c'est au total, plus de la moitié du parc de résidences principales en France qui utilise une source de chauffage d'origine fossile (figure 8).

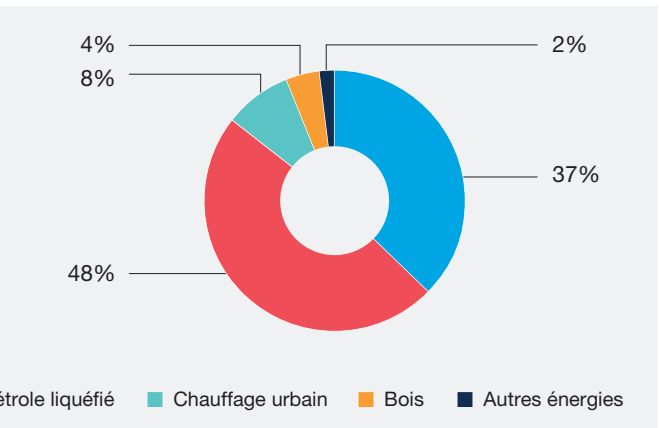
FIGURE 8 : SOURCE D'ÉNERGIE DE CHAUFFAGE DANS LES RÉSIDENCES PRINCIPALES EN 2018



Source : I4CE, d'après Ceren, Consommation énergétique du secteur résidentiel en 2018, 2019

La place de l'énergie fossile dans les sources d'énergie de chauffage reste prépondérante dans les constructions neuves puisque le gaz naturel représentait environ 48 % des sources principales d'énergie en 2018. On notera toutefois que le fioul domestique ainsi que le gaz de pétrole liquéfié ont pratiquement disparu des principales sources d'énergies des constructions neuves (figure 9) (Ceren, 2018).

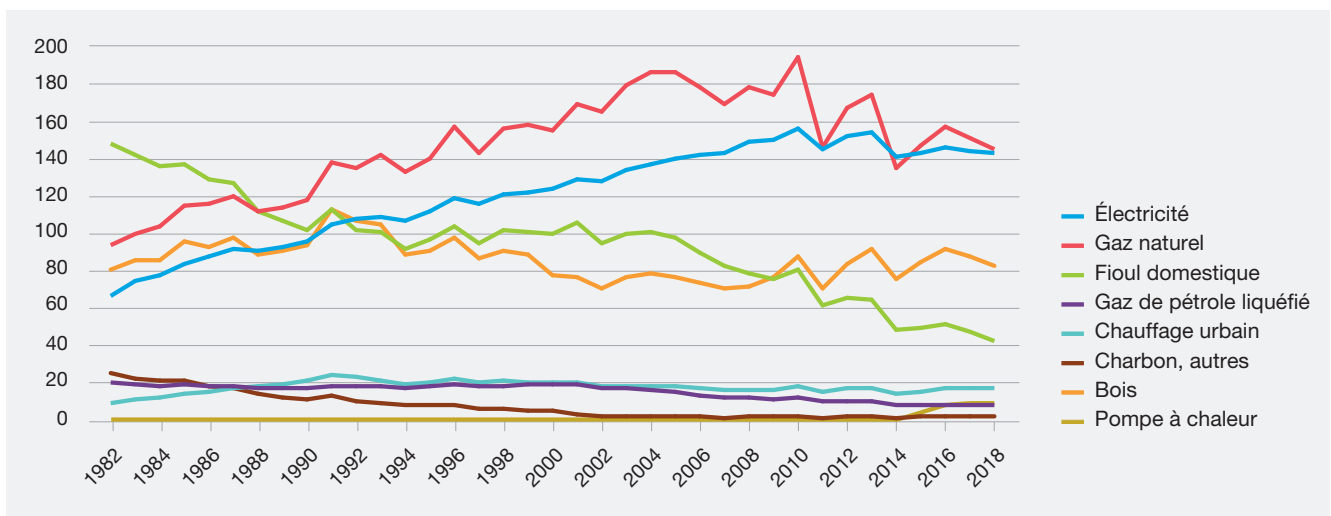
FIGURE 9 : SOURCE D'ÉNERGIE PRINCIPALE DE CHAUFFAGE POUR LES CONSTRUCTION NEUVES EN 2018



La consommation de fioul domestique dans les logements est en nette baisse depuis le début des années 1980 (-3 % par an), comme celle du charbon (-5 % par an) et du GPL (-2 % par an), remplacés au profit de l'électricité (+2 % par an) et du gaz naturel (+2 % par an). Les pompes à chaleur ne présentent encore qu'une part faible du mix énergétique (2 % du total) (figure 10).

Cette prédominance de la consommation d'énergies fossiles dans les logements en France, ainsi que la dépendance aux véhicules automobiles, peuvent rendre vulnérables un certain nombre de ménages au risque de transition vers une économie bas carbone, et notamment l'augmentation d'une taxe carbone.

FIGURE 10 : ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DES LOGEMENTS SELON LE MIX ÉNERGÉTIQUE (EN TWH)



Source : I4CE, d'après Ceren, Consommation énergétique du secteur résidentiel en 2018, 2019

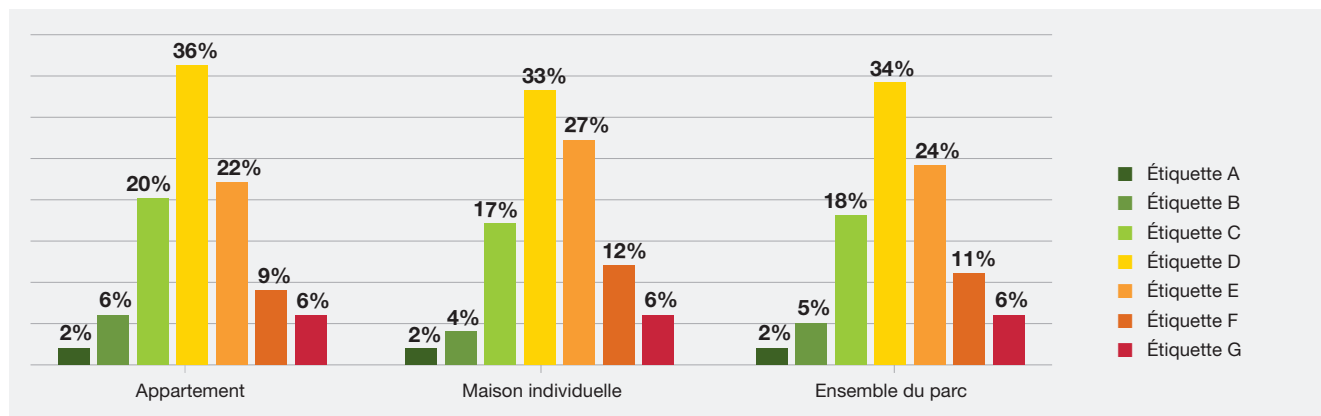
³ En 2020, 67% de l'électricité était d'origine nucléaire et 23% d'origine renouvelable (RTE, 2020)

1.2.3. Un parc de logements privés constitué de nombreuses passoires énergétiques

Selon l'étude publiée par le Service des données et des études statistiques du Ministère de la transition écologique (2020),

au 1^{er} janvier 2018, 1,9 million de résidences principales, soit 6,6 % du parc étaient peu énergivores (étiquette A et B du diagnostic de performance énergétique) alors que 4,8 millions, soit 16,6 % du parc étaient des passoires énergétiques (étiquette F et G du DPE) (figure 11).

FIGURE 11 : RÉPARTITION DES LOGEMENTS SELON LEUR CLASSE ÉNERGÉTIQUE

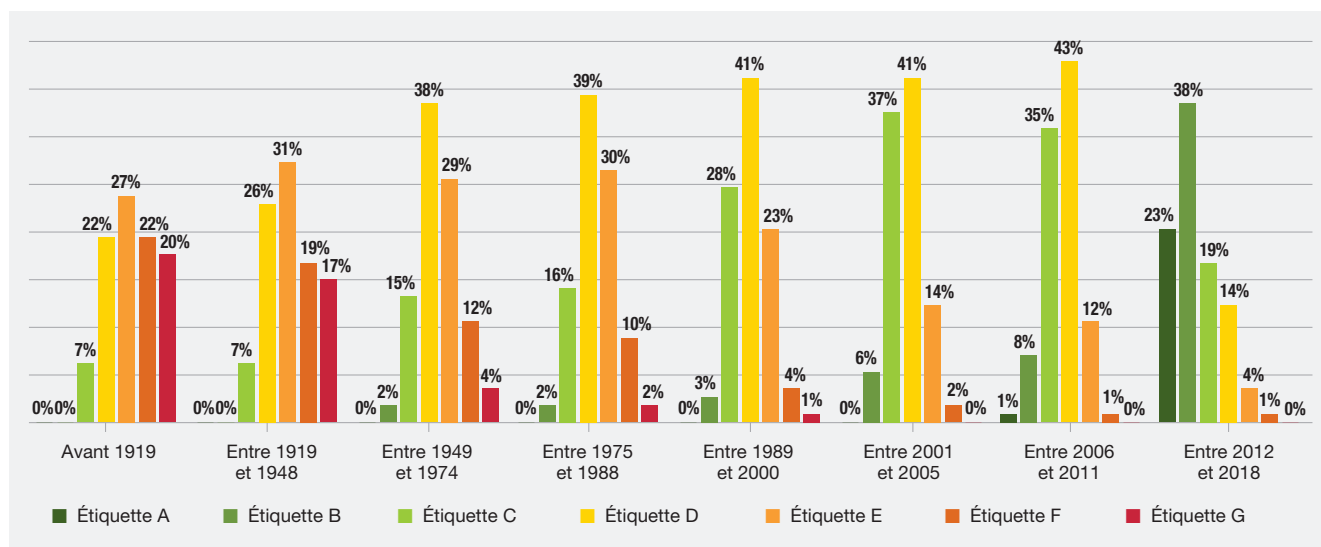


Source : IACE, d'après CGDD, Le parc de logements par classe de consommation énergétique, 2020

L'étude montre également que plus l'année de construction du logement est ancienne, plus la performance énergétique du logement est faible. Environ 40 % des logements construits avant 1948 étaient très énergivores contre seulement 1 % ou 2 % des logements construits depuis les années 2000.

La réglementation thermique de 2012 a eu un effet important sur la performance énergétique des bâtiments neufs puisque plus de 60 % des logements construits après 2012 sont très performants (figure 12).

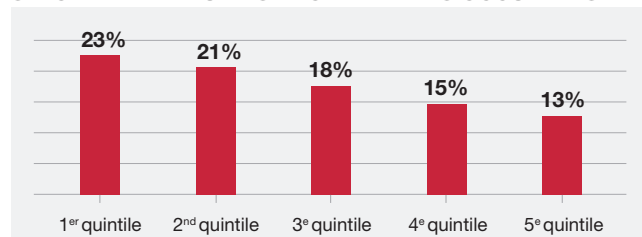
FIGURE 12 : RÉPARTITION DES LOGEMENTS PAR ANNÉE DE CONSTRUCTION SELON LEUR CLASSE ÉNERGÉTIQUE



Source : IACE, d'après CGDD, Le parc de logements par classe de consommation énergétique, 2020

Enfin, une analyse plus fine de la répartition des logements en fonction des revenus des propriétaires occupants montre que près d'un quart des ménages modestes propriétaires possèdent un logement énergivore (figure 13), ce qui les rend d'autant plus vulnérables au risque de transition. Le cumul de ces deux facteurs présente un risque dans le cadre de réglementations accrues dans l'objectif d'atteindre un parc neutre en carbone d'ici 2050.

FIGURE 13 : PART DES LOGEMENTS ÉNERGIVORES SELON LE REVENU DES PROPRIÉTAIRES OCCUPANTS



Source : IACE, d'après CGDD, Le parc de logements par classe de consommation énergétique, 2020

PARTIE 1. ÉTUDE DE CAS SUR LE SECTEUR DE L'IMMOBILIER RÉSIDENTIEL PRIVÉ

Partie 1.2. Caractéristiques clés du secteur de l'immobilier résidentiel en France face à une transition vers une économie bas-carbone

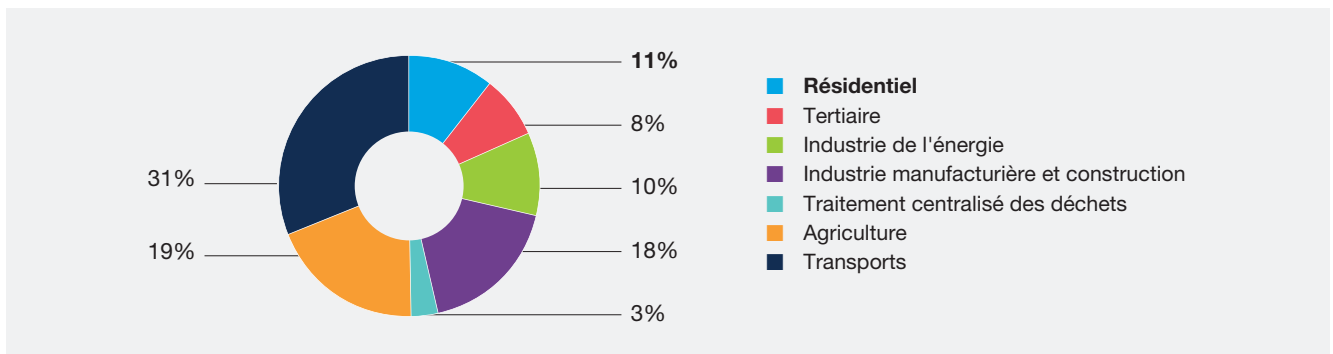
1.2.4. Un rythme de décarbonation insuffisant pour le secteur résidentiel

Les émissions de gaz à effet de serre issues du secteur du bâtiment résidentiel ont représenté 48 MtCO₂eq en 2018, soit 11 % des émissions nationales (Citepa, 2020). Ces émissions, telles que comptabilisées par le Citepa, sont générées par les activités domestiques des ménages (phases « fonctionnement » du cycle de vie), et plus précisément par la combustion d'énergies fossiles dans l'utilisation des appareils de chauffage.

Ces émissions sont globalement en baisse depuis 1992 (-1,0 % par an). Cette baisse s'explique principalement par

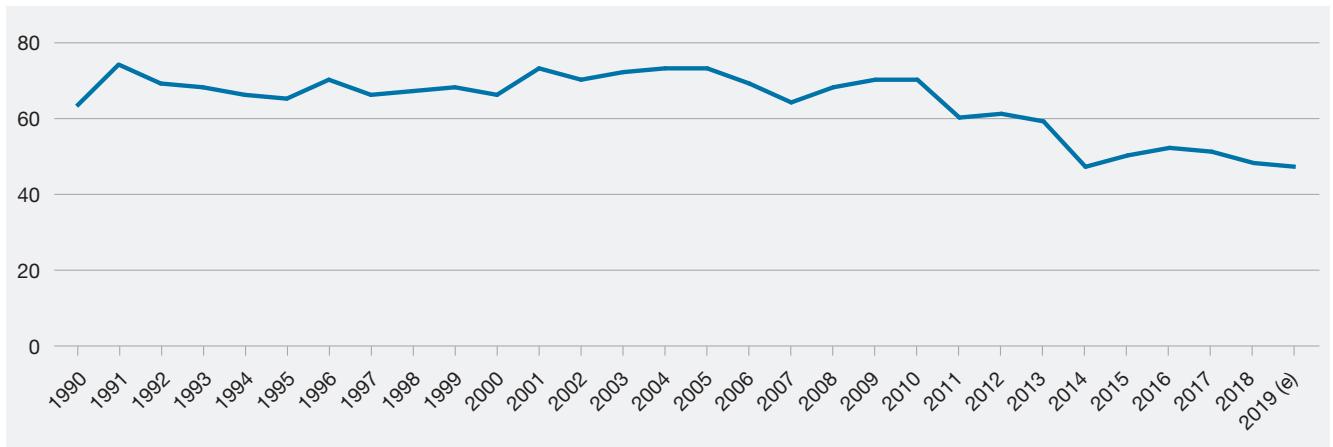
l'évolution des types de combustibles utilisés. Le chauffage au fioul en France a en effet été peu à peu remplacé par le chauffage électrique et le chauffage au gaz, moins émetteurs de gaz à effets de serre (voir partie 1.2.2.). Toutefois, la baisse des émissions de gaz à effet de serre des logements sur les dernières décennies n'est pour l'instant pas suffisante pour atteindre l'objectif de réduction d'au moins 49 % d'ici à 2030 par rapport à 2015 (SNBC, 2020). Ces émissions rendent sensibles les occupants des logements aux risques de transition vers une économie bas-carbone, et notamment une augmentation de la taxe carbone.

FIGURE 14 : RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE GES EN FRANCE EN 2018



Source : I4CE, d'après Citepa, rapport Secten, 2020

FIGURE 15 : ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE GES RELATIVES AU SECTEUR RÉSIDENTIEL EN FRANCE (EN MT CO₂eq)

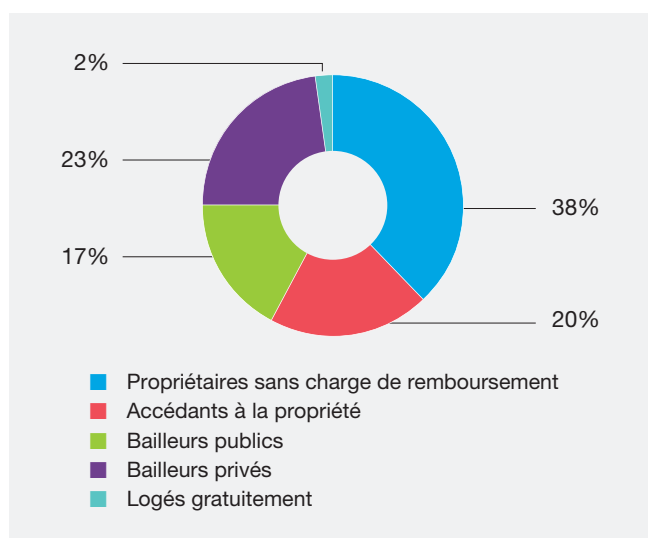


Source : I4CE, d'après Citepa, rapport Secten, 2020

1.2.5. Des investissements immobiliers fortement financés par emprunt bancaire à l'achat mais pas pour la rénovation

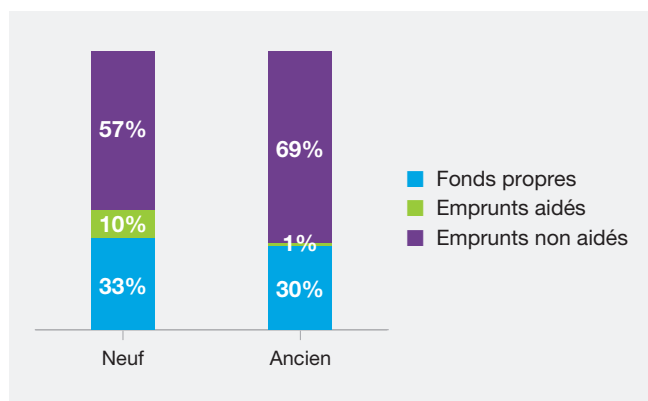
Au 1^{er} juillet 2019, 58 % des ménages étaient propriétaires en France de leur résidence principale, et 35 % des propriétaires occupants avaient un crédit immobilier en cours (figure 16). La part moyenne financée par emprunt bancaire pour l'acquisition d'un logement pour les propriétaires accédants représente environ 70 % de l'investissement total (CGDD, 2020) (figure 17). L'endettement des ménages pour l'achat de leur bien immobilier pourrait être un facteur aggravant de risque dans le cadre de scénarios de transition provoquant des baisses des revenus.

FIGURE 16 : RÉPARTITION DES RÉSIDENCES PRINCIPALES EN FRANCE SELON LE STATUT D'OCCUPATION AU 1^{ER} JANVIER 2020



Source : Insee, CGDD, estimations annuelles du parc de logements au 1^{er} janvier 2020

FIGURE 17 : FINANCEMENT DES ACQUISITIONS DE LOGEMENTS POUR LES PROPRIÉTAIRES ACCÉDANTS AU 1^{ER} JUILLET 2019



Source : I4CE, d'après CGDD, Compte du logement 2019, 2020

Pour réaliser leurs travaux de rénovation énergétique, les ménages ont davantage tendance à financer leur investissement sur leurs fonds propres que par emprunt bancaire. Selon l'enquête TREMI (Ademe *et al.*, 2018), 32 % des ménages interrogés ont eu recours à un prêt bancaire pour financer leurs travaux de rénovation. Ce financement des travaux de rénovation sur fonds propres peut s'expliquer principalement par le fait que les travaux de rénovations sont majoritairement réalisés par gestes, et que l'offre de financement par emprunt bancaire est aujourd'hui peu adaptée à des montants de rénovation importants (voir partie 1.3.2) et dépend des caractéristiques des emprunteurs.

1.2.6. Le cadre environnant du logement : un critère de choix pour les ménages

La demande de logements en France est principalement tirée par la croissance démographique, l'évolution des modes de cohabitation (nombre de personnes par foyer) et la localisation du bien (en fonction des différentes zones tendues ou non tendues).

Pour un ménage, le choix du logement et le prix qu'il voudra y accorder peuvent dépendre de différents aspects, comme le confort du logement, sa surface, ses caractéristiques et sa localisation. Si l'ensemble de ces critères sont importants dans le choix des ménages, et implicitement dans la détermination des prix, la localisation présente une place prépondérante.

Le choix de la localisation est principalement tiré par l'accessibilité aux emplois et aux services, à l'environnement et à la qualité sociale du voisinage. Sur les trente dernières années, la tendance a été davantage à l'éloignement des centres-villes, avec une préférence marquée pour la maison individuelle (périurbanisation), notamment chez les ménages modestes qui se sont tournés vers l'accession à la propriété de maisons plus éloignées du centre (Insee, 2017).

On observe toutefois depuis quelques années un changement de comportement des ménages. La tendance est de plus en plus à l'augmentation de la concentration de la population et la densification de plusieurs métropoles, pouvant s'expliquer par la concentration des activités dans ces zones pour des raisons de gains de productivité, ou par l'augmentation des coûts environnementaux du transport automobile, et provoquant un repli de constructions de maisons individuelles au profit d'appartements collectifs (Insee, 2017).

Ainsi la valeur des biens immobiliers est étroitement liée avec la localisation du bien. Un changement des modes de vie (et notamment des pratiques de cohabitation), de répartition de l'activité sur le territoire, ou de l'environnement des logements pourrait à l'avenir également provoquer un changement dans la demande de logements, rendant sensibles certains ménages possédant des logements concernés par une baisse de demande dans les décennies à venir.

Partie 1.3. Les évolutions incertaines du secteur de l'immobilier résidentiel pouvant présenter des risques de transition

1.3.1. Le calendrier des politiques climatiques pourrait toucher les ménages aux logements peu performants et consommateurs d'énergies fossiles

1.3.1.1. Une fiscalité carbone imposée aux ménages à travers leur consommation de produits énergétiques

La fiscalité carbone a été instaurée en 2014 à travers la mise en place d'une composante carbone, introduite dans le calcul des taxes intérieures de consommation et proportionnelle au contenu en CO₂ des produits énergétiques. Elle est passée de 7€ la tonne de CO₂ en 2014 à 44,6€ la tonne de CO₂ en 2018. Sans la crise des gilets jaunes, elle aurait été réévaluée à 55€ la tonne de CO₂ en 2019 pour atteindre 86,20€ la tonne de CO₂ en 2022 (PLF 2018)⁴.

Une augmentation de la taxe carbone peut affecter les ménages à travers leur facture énergétique, notamment liée à leur consommation de chauffage, et au carburant qu'ils utilisent dans le cadre de leurs déplacements.

Le modèle Prometheus, développé par le CGDD (2016), a analysé l'impact de l'instauration de la composante carbone sur les factures énergétiques des ménages liées à leur logement et a mis en lumière différents critères pouvant diminuer ou accentuer cet impact (figure 18) :

- les revenus disponibles des ménages : le surcoût lié à l'instauration de la composante carbone pèserait davantage dans la facture énergétique des ménages les plus modestes (0,35 % de leur revenu disponible) que dans celles des plus aisés (0,06 % de leur revenu disponible) ;

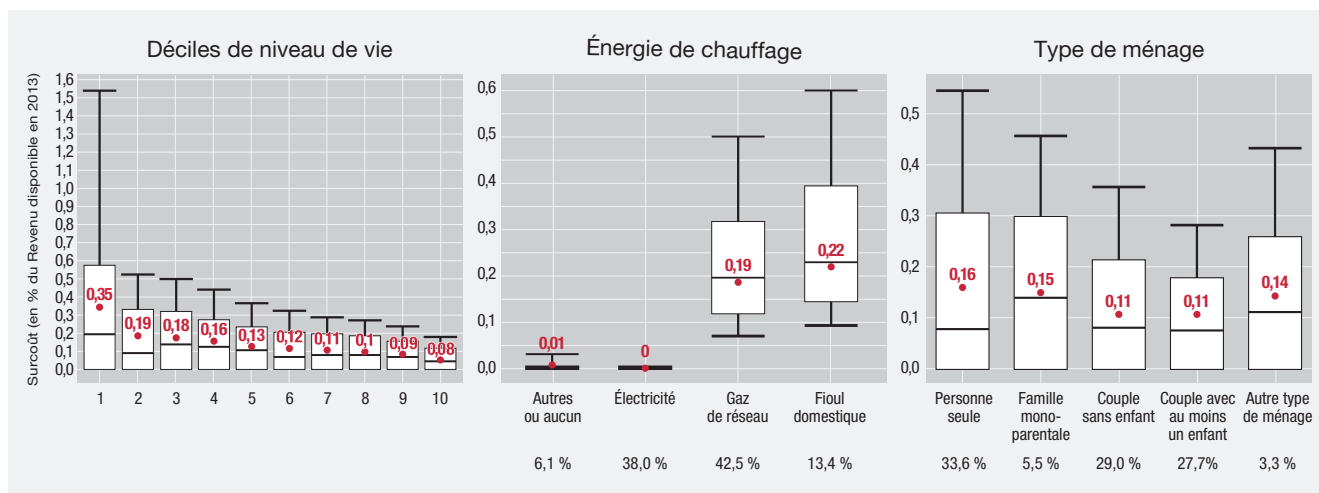
- le type d'énergie utilisée pour le chauffage : le surcoût serait plus important chez les ménages chauffés au fioul (0,22 % du revenu disponible) et au gaz (0,19 % du revenu disponible) que pour ceux chauffés à l'électricité (0 %) ;
- le nombre de personnes par foyer : le surcoût serait plus important chez les familles monoparentales ou personnes seules (0,15 % - 0,16 % du revenu disponible) que les couples sans enfants ou avec au moins un enfant (0,10 % - 0,11 % du revenu disponible) ;
- la situation géographique du logement, la surface d'habitation moyenne étant plus importante en zone rurale.

Une augmentation de la taxe carbone pourrait donc avoir des conséquences différentes au sein du budget des ménages, en fonction de leurs caractéristiques propres. Une augmentation de la taxe carbone pourrait ainsi avoir un impact financier plus lourd chez les ménages les plus modestes.

1.3.1.2. Des politiques d'obligation de rénovation de passoires énergétiques pouvant entraver la capacité des ménages à user de leur bien

L'obligation de rénovation énergétique des logements est un des points centraux des objectifs climatiques de la France. En effet, si la France veut respecter ses engagements climatiques, une rénovation thermique massive du secteur, alliant à la fois efficacité énergétique des systèmes de chauffage et isolation des logements, mais également décarbonation des systèmes énergétiques est primordiale. Dans sa Stratégie Nationale Bas Carbone, la France prévoit ainsi d'arriver à un parc de logements BBC⁵ d'ici 2050 à travers des objectifs de 500 000 à 700 000 rénovations par an.

FIGURE 18 : SURCÔÛT LIÉ À L'INSTAURATION DE LA COMPOSANTE CARBONE EN 2016 DANS LA FACTURE ÉNERGÉTIQUE DU LOGEMENT CHEZ LES MÉNAGES (EN % DES REVENUS DISPONIBLES)



Source : CGDD, modèle Prometheus 2016

4 Assemblée nationale 2017 – Projet de loi de finances pour 2018

5 Label BBC Effinergie® par l'arrêté du 29 septembre 2009 (80 kWhep.m².an)

Le projet de loi Climat et Résilience⁶, issu des propositions de la Convention Citoyenne, prévoit une obligation de rénovation des logements classés G dès 2025, des logements classés F dès 2028, et des logements classés E dès 2034, sous peine d'être considérés comme non décentes, et donc impossibles à louer.

L'obligation de rénovation était un des points centraux de la Convention Citoyenne pour le Climat (2020) qui prévoyait initialement de contraindre les propriétaires occupants et bailleurs à rénover leur bien de manière globale afin d'atteindre un niveau de performance énergétique de niveau A ou B (ou C pour certains logements qui ne pourraient pas atteindre un niveau BBC). La Convention proposait notamment de rendre obligatoires les rénovations globales des biens au moment de leur transmission (vente, héritage, transmission), et d'interdire progressivement les logements non performants à la location.

Les obligations de rénovation peuvent aussi porter sur le changement des appareils de chauffage. Le conseil de défense écologique du 27 juillet 2020 prévoit une éradication des chaudières au fioul et au charbon d'ici à 2030 en interdisant dès 2022, l'installation ou le remplacement de nouvelles chaudières.

1.3.2. Des nombreux freins à la rénovation énergétique peuvent aggraver la situation financière des ménages dans un contexte de transition

1.3.2.1. Des travaux de rénovation globale et performante complexes dans leurs mises en œuvre et pourtant essentiels à l'atteinte des objectifs de rénovation thermique des bâtiments

La massification des travaux de rénovation énergétique est essentielle afin de réaliser les objectifs de la SNBC d'atteindre un parc de logements BBC d'ici 2050. Or, la majorité des rénovations actuelles ne permettent pas l'atteinte de ces objectifs. En effet, selon l'enquête TREMI (Ademe *et al.*, 2018), sur les 1,3 million de ménages interrogés, seulement 25 % des travaux de rénovation ont permis aux logements des ménages (maisons individuelles) de changer de classe DPE et seules 5 % des rénovations ont eu un impact énergétique important (saut de 2 classes DPE ou plus).

La faible atteinte de performance de la part des travaux de rénovation énergétique s'explique en grande partie par le fait que les pratiques de rénovation énergétique des logements « par gestes » (1 à 2 postes de travaux en général), sont aujourd'hui majoritaires. Ces pratiques sont la plupart du temps réalisées sans réflexion globale et cohérente.

Les rénovations visant à atteindre un niveau BBC ou équivalent restent donc marginales. A ce jour, seules 3780 rénovations BBC ou équivalent ont été réalisées en une seule fois et quelques centaines de rénovations « BBC par gestes » ont été initiées mais sans aboutissement (Ademe *et al.*, 2021).

Une rénovation performante (atteignant un niveau BBC ou équivalent), qu'elle soit réalisée en une ou plusieurs étapes, doit respecter un certain nombre de paramètres (Ademe *et al.*, 2021). Elle doit notamment disposer d'une vision globale de ce que sera le parcours de rénovation performante par étapes et anticiper le traitement des interfaces entre postes de travaux.

Aujourd'hui, ces interfaces entre postes de travaux sont souvent traitées en maison individuelle par des professionnels différents, expliquant cette tendance de rénovation « par gestes ». La plupart des entreprises artisanales maîtrisent rarement l'ensemble des corps de métiers nécessaires pour la réalisation d'une rénovation performante, d'autant plus que la profession doit faire face à un déficit d'artisans. Selon l'Association Negawatt (2019), l'offre d'artisans en France n'est pas suffisante pour répondre aux besoins de rénovations BBC, et la plupart des artisans aujourd'hui préfèrent privilégier des rénovations par gestes, moins complexes et souvent plus rentables.

L'atteinte d'un parc BBC d'ici 2050 ne pourra donc se faire sans une approche globale des rénovations, et une coordination des différents corps de métiers. La difficulté pour une rénovation d'atteindre un niveau performant peut présenter une source de risque pour les ménages, notamment dans le cadre de politiques publiques d'atténuation (taxe carbone, obligation de rénovation) accrues.

1.3.2.2. Des dispositifs d'aides et incitations à la rénovation variés mais inadaptés à un financement de travaux de rénovation globale

Afin de permettre aux ménages de réaliser ces travaux, un certain nombre de dispositifs d'aides et incitations financières ont été mis en place, à l'image de MaPrimeRénov', née de la fusion au 1^{er} janvier 2020, du CITE et du programme « Habiter Mieux Agilité » de l'ANAH (Agence Nationale de rénovation et de l'Habitat), accordant des primes à la rénovation énergétique. Cette prime peut être cumulable avec d'autres types d'aides publiques, comme les Certificats d'économies d'énergie (CEE), ou d'autres programmes d'aides publiques mis en place par l'ANAH. Des dispositifs d'incitations financières ont été également mis en place comme la création de l'écoPTZ, un éco-prêt à taux 0 ouvert à tous les ménages permettant de financer la rénovation énergétique de logements anciens.

Toutefois, ces aides et dispositifs instaurés par l'État sont insuffisants et inadaptés pour permettre aux ménages de réaliser des rénovations énergétiques performantes.

Les rénovations performantes nécessaires pour arriver à un parc BBC d'ici 2050 nécessitent des investissements, qui sont, à l'heure actuelle, en grande partie à la charge des ménages.

Selon un rapport d'Enertech remis à l'Ademe (2016), le coût moyen d'une rénovation BBC pour une maison individuelle varierait entre 30 000 et 70 000 € HT. Dans son rapport

6 Assemblée Nationale, 2021 - Projet de loi n°3875 portant sur la lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets

«Rénover Mieux, Leçons d'Europe» (2020), le Haut Conseil pour le Climat met en lumière l'inadaptation des dispositifs d'aides et incitations mis en place par l'État pour permettre aux ménages de financer leurs travaux de rénovation sans apport personnel. En effet, les aides cumulées de MaPrimeRénov et des CEE vont de 11 000€ à 15 000€ pour les ménages les plus modestes, et l'écoPTZ, d'un montant moyen de 13 342€ pour un montant maximal de 30 000€ sont parfois insuffisants pour combler le reste à charge des ménages, notamment les plus modestes.

La durée maximale de 15 ans de l'écoPTZ est également inadaptée, les économies d'énergie réalisées ne venant pas compenser les mensualités de remboursement élevées du prêt. En outre, l'écoPTZ n'est pas forcément accessible à tous les ménages puisqu'un ménage peut se voir refuser le prêt par sa banque si cette dernière ne le juge pas assez solvable. Les écoPTZ «Habiter mieux» mis en place pour les ménages bénéficiant du programme «Habiter mieux» de l'Anah pour combler cette difficulté sont restés anecdotiques puisqu'en 2019 uniquement 3 écoPTZ «Habiter mieux» ont été émis.

Ainsi, sans une transformation du dispositif d'aides et incitations, le reste à charge pourrait être un point bloquant pour les ménages souhaitant réaliser une rénovation globale et performante, et pourrait les mettre en difficulté financière s'ils devaient réaliser ces travaux.

1.3.2.3. Un manque certain d'accompagnement dans la réalisation de travaux de rénovation pour des ménages qui ne perçoivent pas forcément l'intérêt de rénover leur logement

La réalisation de travaux de rénovation énergétique des logements est complexe et peut se révéler anxiogène pour les ménages, d'autant que près de la moitié d'entre eux estiment que la rénovation énergétique de leur logement n'est pas nécessaire (OpinionWay, 2017). La complexité et la durée des travaux peut être un frein à leur réalisation de la part des ménages, surtout s'ils n'en estiment pas ou peu le besoin.

Ces sentiments sont souvent accentués par le fait que les ménages peuvent ressentir un manque d'accompagnement dans la réalisation de leurs travaux de rénovation. Toujours selon l'enquête TREMI (Ademe *et al.*, 2018), 29 % des ménages estiment avoir manqué d'accompagnement dans la réalisation de leurs travaux de rénovation, et notamment d'accompagnement administratif et financier dans la connaissance des aides financières et sur le montage du dossier financier, d'accompagnement technique sur les travaux et notamment les matériaux à utiliser et le type de travaux à réaliser et enfin d'accompagnement dans la maîtrise d'œuvre.

Ce sentiment de manque d'accompagnement est renforcé pour les ménages en copropriétés qui font face à de nombreux freins administratifs, techniques et d'informations contribuant à ralentir la mise en place de travaux de rénovations massives dans les logements collectifs (HCC, 2020).

Le manque d'accompagnement des ménages dans la réalisation de leurs travaux les rend plus vulnérables à la réalisation de travaux de rénovation non performants.

1.3.3. La non-adaptation du parc de logement au changement climatique pourrait affecter les comportements des ménages dans la demande de logements

1.3.3.1. Des logements qui seront de plus en plus touchés par des risques physiques

Le réchauffement climatique peut exposer de nombreux bâtiments à certaines vulnérabilités. Ces vulnérabilités peuvent être de nature ponctuelle, liées à des événements météorologiques extrêmes de type ouragans, cyclones ou inondations, mais peuvent être également chroniques, comme l'élévation du niveau de la mer ou des vagues de chaleur prolongées. La fréquence des aléas climatiques pourrait se multiplier au cours du 21^{ème} siècle. Par conséquent, certaines zones aujourd'hui peu affectées par les risques d'aléas climatiques risquent d'être de plus en plus touchées dans les décennies à venir. Six Français sur dix pourraient être concernés (CGDD, 2020).

1.3.3.2. Une prise de conscience progressive des risques climatiques par les ménages

Aujourd'hui, le réchauffement climatique est un sujet de plus en plus médiatisé, et au cœur du débat public. Les ménages commencent peu à peu à comprendre les futures dynamiques de risques liées au changement climatique mais les informations précises à ce sujet restent encore mal connues.

Selon le baromètre des représentations sociales du changement climatique réalisé par l'ADEME en 2020, les Français placent l'environnement en 2^{ème} position des questions les plus importantes pour la France, et 33 % d'entre eux pensent que le réchauffement climatique est l'enjeu environnemental le plus préoccupant. Une enquête menée par Harris interactive Enedis en 2018, montre que bien que 60 % des Français se sentent inquiets à propos des risques d'aléas climatiques qui pourraient avoir lieu près de leur domicile, 54 % d'entre eux se disent mal informés à propos de ces mêmes risques.

1.3.3.3. L'anticipation des risques physiques peut modifier les dynamiques de demande dans le secteur résidentiel

Le cabinet de conseil McKinsey (2020) dans un rapport sur l'effet du réchauffement climatique sur le marché de l'immobilier en Floride, souligne l'importance des comportements des consommateurs sur la valeur des biens immobiliers. La dépréciation de la valeur des biens immobiliers en Floride ne viendrait pas uniquement d'une exposition présente à un risque climatique. La perspective des risques d'aléas futurs pourrait influencer les futurs acheteurs. Selon le cabinet, dès que les futurs acheteurs auront pris conscience des risques futurs, et qu'ils en auront fixé le prix, la valeur des biens immobiliers

pourrait s'ajuster bien avant que les dégâts liés aux aléas climatiques ne surgissent. Par exemple, des propriétés se trouvant à proximité de zones inondables pourraient voir leur valeur baisser au fur et à mesure que les futurs acheteurs s'inquiètent des potentiels risques de la zone. Pour ces différentes raisons, McKinsey a estimé que les logements situés en zone inondable en Floride devraient perdre de 15 à 35 % de leur valeur d'ici 2050.

La perspective de la non-assurabilité des biens ou de l'augmentation des primes d'assurance des biens en zone à risque pourraient également être une source d'inquiétude pour les ménages cherchant à acquérir un logement. En Californie, suite aux nombreux incendies qui ont ravagé l'État en 2018, c'est près de 350 000 californiens qui auraient perdu leur assurance logement (the Conversation, 2019).

La perspective des risques physiques pourrait ainsi provoquer des dynamiques de changements de demande de la part des ménages, pour des logements considérés comme non-adaptés au phénomène (présents ou futurs) de changement climatique.

Partie 1.4. Identification de facteurs de risque pertinents pour le secteur de l'immobilier résidentiel

A partir des enjeux clés et incertitudes majeures identifiés dans les deux premiers chapitres dans un contexte de transition bas carbone et de changement climatique, cette partie a pour objectif d'esquisser plusieurs facteurs de risque de transition plausibles dans ce secteur, d'en déterminer les paramètres ainsi que les données nécessaires à la quantification des scénarios intégrant ces facteurs de risque. Ces facteurs de risque sont volontairement conçus pour venir stresser les bilans bancaires à différents risques de transition. Un des facteurs de risque identifiés est inclus dans les scénarios retenus dans le cadre de l'exercice pilote mené par l'ACPR.

Les différents facteurs de risque proposés ci-dessous sont conçus pour des besoins de stabilité financière. Ils consistent en une sélection de risques provoquant des scénarios de transition *désordonnée*⁷ et qui visent à tester la résistance des institutions financières et du système financier à des chocs. Ils sont donc hypothétiques et volontairement adverses ; ils ne constituent en rien des prévisions et n'indiquent ni ce qu'il est souhaitable ou probable qu'il advienne. Ils ne peuvent être utilisés pour juger du bienfondé de la transition.

1.4.1. Un facteur de risque portant sur une augmentation des prix du carbone, aligné sur les recommandations du NGFS

TABLEAU 1 : FACTEUR DE RISQUE PORTANT SUR UNE AUGMENTATION DES PRIX DU CARBONE POUR LE SECTEUR DE L'IMMOBILIER RÉSIDENTIEL

Augmentation des prix du carbone	
Risque de transition	Risque réglementaire.
Facteur de risque	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation importante des prix du carbone, de manière rapide et non anticipée.
Ménages à risque	<ul style="list-style-type: none"> • Ménages chauffés aux énergies fossiles, notamment s'ils sont logés dans une passoire énergétique ; • Propriétaires occupants à faibles revenus ; • Facteur aggravant : longs trajets domicile-travail en voiture (éloignement des transports en commun).
Risque encouru	<ul style="list-style-type: none"> • Une hausse des factures énergétiques (chauffage + carburant voiture) pourrait entraîner un risque de défaut de paiement sur les factures énergétiques pouvant entraîner un défait de paiement sur le prêt immobilier de la part des ménages ; • Risque de décote sur la valeur du bien ; • Risques macroéconomiques sur l'activité des entreprises et le chômage.

Dans le cadre de son exercice pilote, l'ACPR s'est appuyé sur les recommandations du NGFS pour sélectionner ses scénarios de transition. Ces scénarios incluent des facteurs de risque basés sur des hypothèses d'augmentation du prix des émissions de gaz à effet de serre et de productivité, introduites avec différentes temporalités selon les différents scénarios (transition ordonnée, transition accélérée, transition retardée) (figure 19). L'augmentation du prix des émissions conduit à l'augmentation de différentes taxes, déterminées en fonction des émissions de gaz à effet de serre de chaque secteur d'activité⁸.

Dans le cadre de cet exercice, seront analysés uniquement les facteurs de risques provoquant des scénarios de transition désordonnée, imposants des révisions brutales ou soudaines du prix des émissions pour atteindre les engagements de la France, sans effet redistributif particulier, ni organisation de la transition. Le retard dans l'atteinte des engagements de la France, et ainsi la nécessaire mise en place de mesures publiques particulièrement fortes, pourraient se traduire par des changements abrupts des comportements des agents économiques, avec des effets récessifs sur la macroéconomie et des risques financiers. Ces scénarios d'augmentation désordonnée des prix des émissions représentent un risque de transition pour les ménages à travers leur consommation énergétique, aussi bien pour le chauffage domestique que pour leurs déplacements, aboutissant in fine à une baisse de leur pouvoir d'achat.

7 Voir définition en introduction

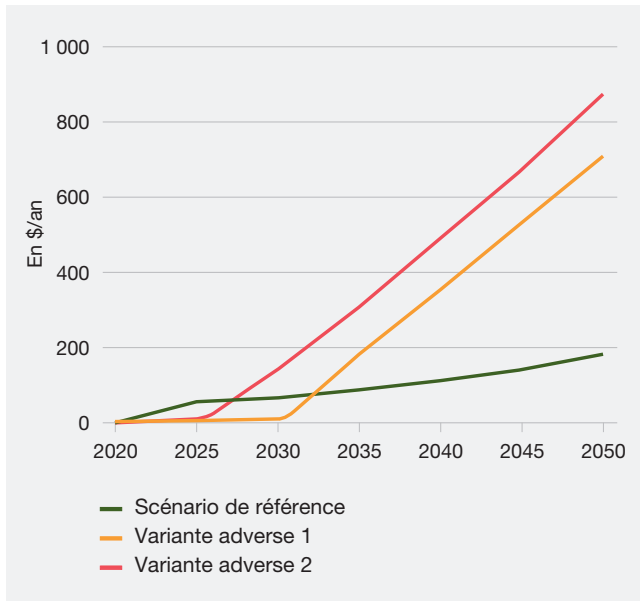
8 Le travail de la Banque de France/ACPR repose sur une division sectorielle incluant 55 secteurs d'activité

PARTIE 1. ÉTUDE DE CAS SUR LE SECTEUR DE L'IMMOBILIER RÉSIDENTIEL PRIVÉ

Partie 1.4. Identification de facteurs de risque pertinents pour le secteur de l'immobilier résidentiel

Dans le cadre de l'exercice pilote de l'ACPR, la projection des pertes pour les ménages a été réalisée par les établissements sur la base d'hypothèses macroéconomiques et financières correspondant aux scénarios retenus, mais n'est pas rentrée dans une analyse fine du risque de crédit sur les ménages (ACPR *et al.*, 2020).

FIGURE 19 : TRAJECTOIRES DE PRIX DES ÉMISSIONS SELON LES TROIS SCÉNARIOS DE TRANSITION PROPOSÉS PAR L'ACPR



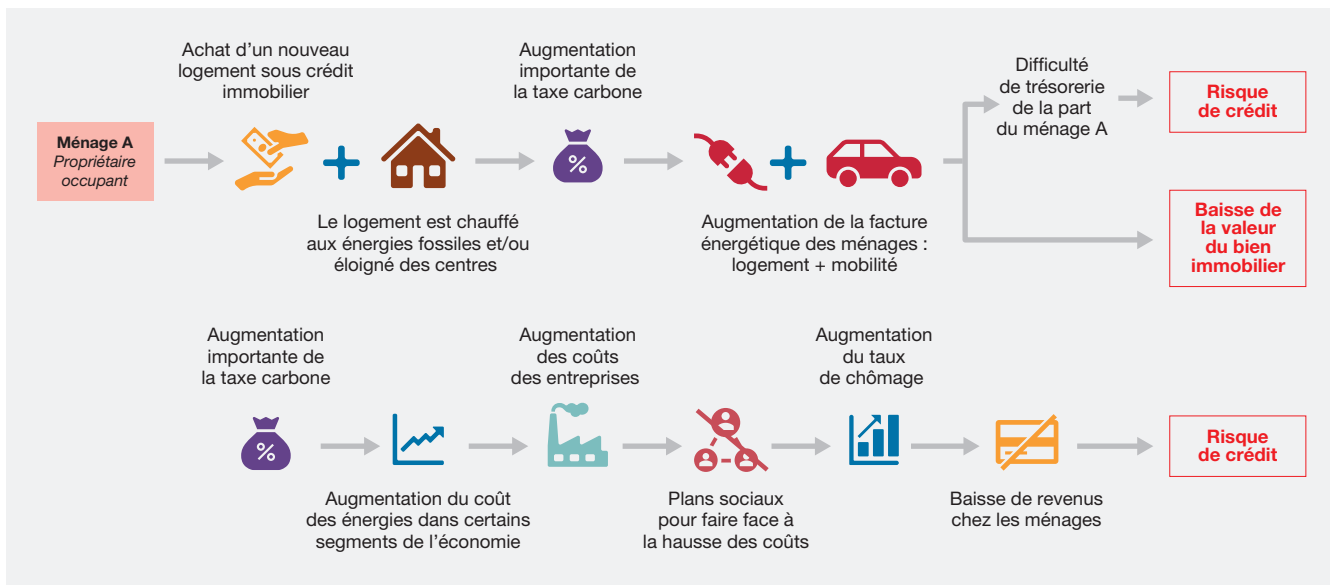
Source : ACPR *et al.*, *Présentation des hypothèses provisoires pour l'exercice pilote climatique*, 2020

Ainsi, étant donné l'importance déjà aujourd'hui de l'énergie dans le budget d'un ménage (9 % des revenus disponibles dont 3 % pour le logement) (CGDD, 2020) et la part importante des énergies fossiles comme énergie de chauffage (voir **partie 1.2.2**), une forte augmentation de la composante carbone, qui ne serait pas accompagnée de mesures appropriées de redistribution, pourrait rapidement devenir une charge importante dans les factures énergétiques des logements des ménages (voir **annexe n°1**).

Il convient de prendre en compte les effets plus larges d'une taxation carbone sur l'ensemble du budget des ménages, en particulier sur leurs capacités de déplacement et de mobilité, qui pourraient avoir des effets amplificateurs aussi bien sur l'endettement que sur la valeur des actifs immobiliers. Si en France, les ménages sont redevables de leur dette immobilière sur la base du coût historique de leur logement, la baisse de la valeur du bien immobilier pourrait affecter la trésorerie des ménages dans le cas où il pourrait se retrouver dans l'obligation de vendre leurs biens pour des raisons diverses. Il convient également de retenir les hypothèses plausibles mais plus adverses que l'augmentation du prix des émissions pourrait avoir sur la macroéconomie, en particulier sur les prix de l'énergie et leurs conséquences sur l'activité des entreprises et le chômage (**figure 20**).

L'implémentation d'une taxe carbone dans le cadre d'une transition ordonnée pourrait en revanche avoir des effets bénéfiques sur la macroéconomie. Selon un rapport de l'Ademe (Callonnec *et al.*, 2019), si l'augmentation de la taxe carbone se traduit par une redistribution complète des recettes générées, le revenu des ménages pourrait augmenter de +0,7 % sous la hausse de créations d'emplois (notamment dans le secteur du BTP, des services), la hausse des salaires réels (sous l'effet d'une baisse du taux de chômage) et de la baisse des consommations d'énergie.

FIGURE 20 : EXEMPLE DE TRANSMISSION DÉSORDONNÉE D'UNE POLITIQUE DE PRIX CARBONE




Source : I4CE

Afin d'estimer précisément le nombre de ménages concernés et l'augmentation du risque encouru de défaut de paiement sur les prêts immobiliers et ses impacts sur les marchés immobiliers pour ce facteur de risque, il conviendrait d'estimer les données combinées suivantes pour l'ensemble du périmètre :

- le type de logement (maison individuelle, logement collectif) ;
- Le statut de l'occupant (propriétaires occupants, propriétaires bailleurs, locataires) ;
- le nombre de personnes par foyer ;
- la taille du logement ou à minima la situation géographique du logement (au moins : rural vs urbain et la région) ;
- le type de chauffage ;
- le niveau de consommation énergétique du logement ou la performance énergétique du logement ;
- le niveau de revenus disponibles des ménages propriétaires, leur niveau d'endettement, et leur budget moyen.

1.4.2. Un facteur de risque portant sur une obligation de rénovation drastique et non anticipée

TABLEAU 2 : FACTEUR DE RISQUE PORTANT SUR UNE OBLIGATION DE RÉNOVATION DÉSORDONNÉE POUR LE SECTEUR DE L'IMMOBILIER RÉSIDENTIEL

 Obligation de rénovation drastique et non anticipée	
Risque de transition	Risque réglementaire.
Facteur de risque	<ul style="list-style-type: none"> • Passage obligatoire à un niveau A ou B ; • Nouvelles normes rendant caduques les précédentes rénovations ou constructions récentes ; • Aides financières non suffisantes / non adaptées pour permettre aux ménages de réaliser des travaux de rénovation permettant d'atteindre un niveau BBC ; • Interdiction de louer, vendre ou transmettre le logement concerné.
Ménages à risque	<ul style="list-style-type: none"> • Propriétaires occupants et propriétaires bailleurs, dont le logement est ciblé par la réglementation.
Risque encouru	<ul style="list-style-type: none"> • Impossibilité de payer des travaux de rénovation globale conduirait à une impossibilité pour les ménages de louer, vendre ou céder le logement pouvant conduire à une perte de revenus ; • Pertes de revenus pouvant entraîner un risque de défaut de paiement de la part des ménages ; • Risque de décote sur la valeur du bien.

Une augmentation brutale de politiques de taxation carbone n'est pas la seule politique publique possible pouvant engendrer un risque de transition dans le secteur de l'immobilier résidentiel. Un autre facteur de risque, concernant cette fois-ci la mise en place d'une réglementation portant sur une obligation de rénovation des logements, pourrait également être envisagé.

Une obligation de rénovation « désordonnée », porterait sur une obligation de rénovation mise en place de manière soudaine, non anticipée pour les ménages, portant sur un passage obligatoire de rénovation des logements à un niveau de haute performance énergétique, par exemple un niveau A ou B du DPE. De nouvelles normes de performance rendraient caduques de précédentes rénovations ou constructions récentes. Les aides financières seraient non suffisantes et/ou non adaptées pour permettre aux ménages de réaliser des travaux de rénovation permettant d'atteindre un niveau BBC pour leur logement. Cette obligation de rénovation se manifesterait par une interdiction de louer, vendre ou transmettre le logement non rénové selon les nouvelles normes, et une augmentation de la taxe foncière pourrait être envisagée.

Une obligation de rénovation « adverse » pourrait mettre un certain nombre de ménages en difficultés financières. Ce facteur de risque toucherait tout d'abord, tout ménage dont le logement serait concerné par les nouvelles normes et souhaitant vendre ou louer son logement. Comme indiqué dans la **partie 1.2.3**, près de 94 % des logements pourraient se retrouver concernés par cette nouvelle réglementation.

Le montant des travaux de rénovation performante estimé à l'heure actuelle étant important (voir **partie 1.3.2**), ce facteur de risque concernait ainsi tous les ménages n'ayant pas les moyens de financer par leurs fonds propres la partie des travaux non couvertes par les aides.

Ce facteur de risque, s'il est accompagné de conditions économiques défavorables, pourrait provoquer un surendettement de la part des ménages devant emprunter pour financer leurs travaux de rénovation. En effet, s'il est raisonnable de penser que les conditions d'octroi des prêts de financement des travaux de rénovation tiendraient compte de la solvabilité initiale du ménage, des conditions économiques défavorables (augmentation de la taxe carbone, de la taxe foncière, une baisse de revenus, etc.) pourraient aggraver la situation financière du ménage déjà endetté.

Ce facteur de risque pourrait également provoquer des phénomènes de vente à perte dans le cas où le ménage se retrouverait dans l'obligation de vendre son logement sans avoir les moyens de le rénover. La vente du logement, dont la valeur aurait au moins baissé du montant des travaux à effectuer, ne lui permettrait pas de solder l'emprunt initialement réalisé pour acheter son bien.

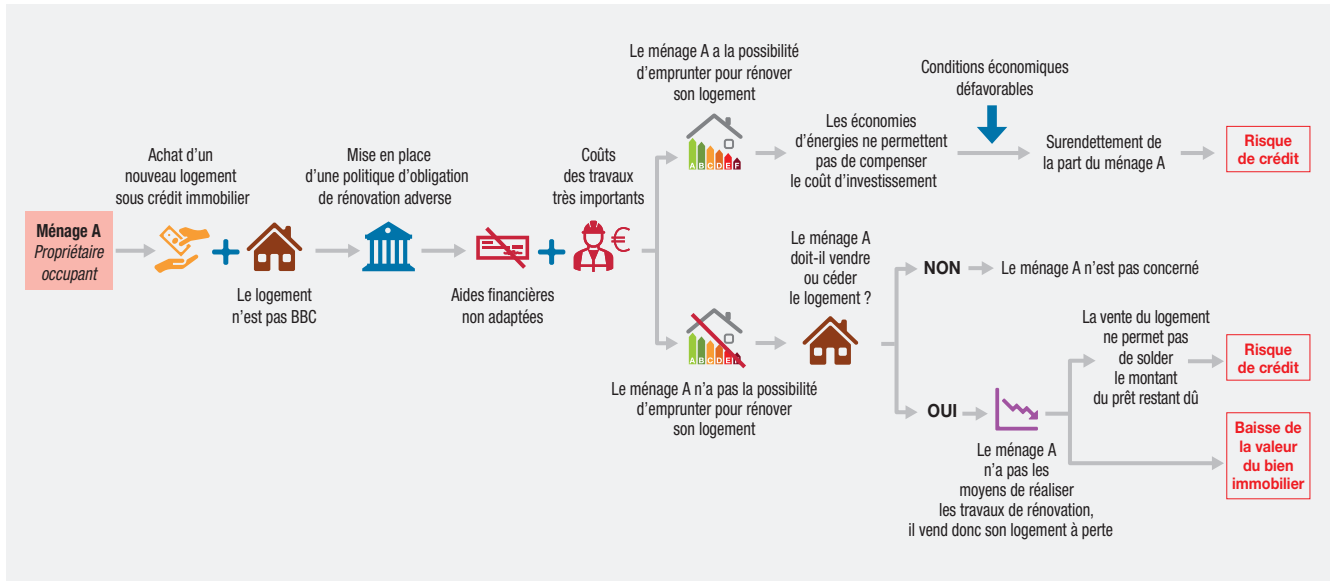
Enfin, ce facteur pourrait provoquer une perte importante de revenus pour les propriétaires bailleurs qui ne pourraient plus louer leurs logements s'ils n'ont pas les moyens de les rénover.

PARTIE 1. ÉTUDE DE CAS SUR LE SECTEUR DE L'IMMOBILIER RÉSIDENTIEL PRIVÉ

Partie 1.4. Identification de facteurs de risque pertinents pour le secteur de l'immobilier résidentiel

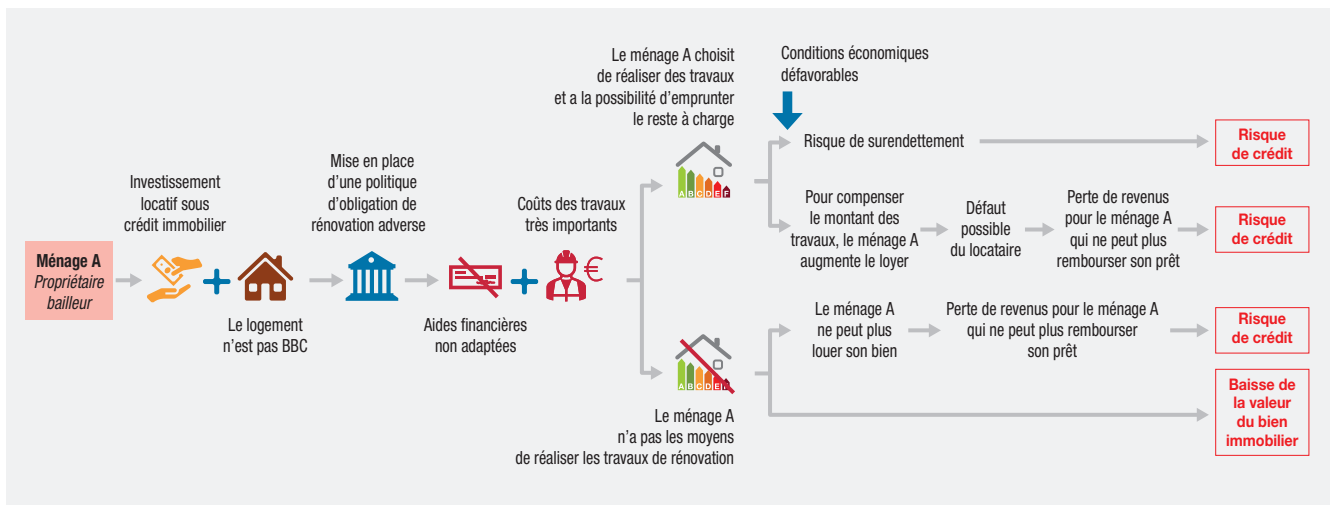
Ces phénomènes pourraient conduire à des risques de crédit des ménages (figure 21 et figure 22).

FIGURE 21 : EXEMPLE DE TRANSMISSION DU RISQUE D'UNE OBLIGATION DE RÉNOVATION « DÉSORDONNÉE » CHEZ LES MÉNAGES PROPRIÉTAIRES OCCUPANTS LEUR LOGEMENT



Source : I4CE

FIGURE 22 : EXEMPLE DE TRANSMISSION DU RISQUE D'UNE OBLIGATION DE RÉNOVATION « DÉSORDONNÉE » CHEZ LES PROPRIÉTAIRES BAILLEURS



Source : I4CE

Cette transition adverse s'oppose à une transition « ordonnée », où la réglementation d'obligation de rénovation est annoncée, progressive, et anticipée par les ménages, qui pourraient bénéficier d'aides ou moyens de financement adaptés à leurs travaux de rénovation. Une transition ordonnée pourrait donner des effets macroéconomiques positifs, le nombre de rénovations à effectuer pourrait être en effet générateur d'un certain nombre d'emplois (HCC, 2020).

Les indicateurs nécessaires à la quantification d'un scénario portant sur une obligation de rénovation adverse sont les suivants :

- le type de logement (maison individuelle, logement collectif) ;

- le statut de l'occupant (propriétaires occupants, propriétaires bailleurs, locataires) ;
- la taille du logement ou à minima la situation géographique du logement (au moins : rural vs urbain et la région) ;
- le niveau de performance énergétique du logement ;
- le niveau de revenus disponibles des ménages propriétaires, leur niveau d'endettement, et leur budget moyen ;
- le montant moyen des travaux à réaliser au m² en fonction du type de logement pour arriver à un niveau BCC.

1.4.3. Un facteur de risque portant sur une obligation de rénovation dans un contexte BTP dégradé

TABLEAU 3 : FACTEUR DE RISQUE PORTANT SUR UNE OBLIGATION DE RÉNOVATION DÉSORDONNÉE SUIVI D'UN RISQUE TECHNOLOGIQUE POUR LE SECTEUR DE L'IMMOBILIER RÉSIDENTIEL

Obligation de rénovation dans un contexte BTP dégradé	
Risque de transition	Risque réglementaire + risque technologique.
Facteur de risque	<ul style="list-style-type: none"> Obligation de rénovation mise en place ; Pénurie d'artisans capables de réaliser/superviser des rénovations performantes ; Difficulté de réaliser des rénovations performantes peut amener à un certains nombres rénovations défectueuses ; Profession non préparée à réaliser des rénovations globales ; Non-accompagnement des ménages dans la réalisation de leurs travaux de rénovation.
Ménages à risque	<ul style="list-style-type: none"> Propriétaires occupants et propriétaires bailleurs, dont le logement est ciblé par la réglementation.
Risque encouru	<ul style="list-style-type: none"> Ne pouvant atteindre un niveau BBC, les ménages se retrouveraient dans l'incapacité de vendre ou louer leur logement alors qu'ils auraient investi dans ce but.

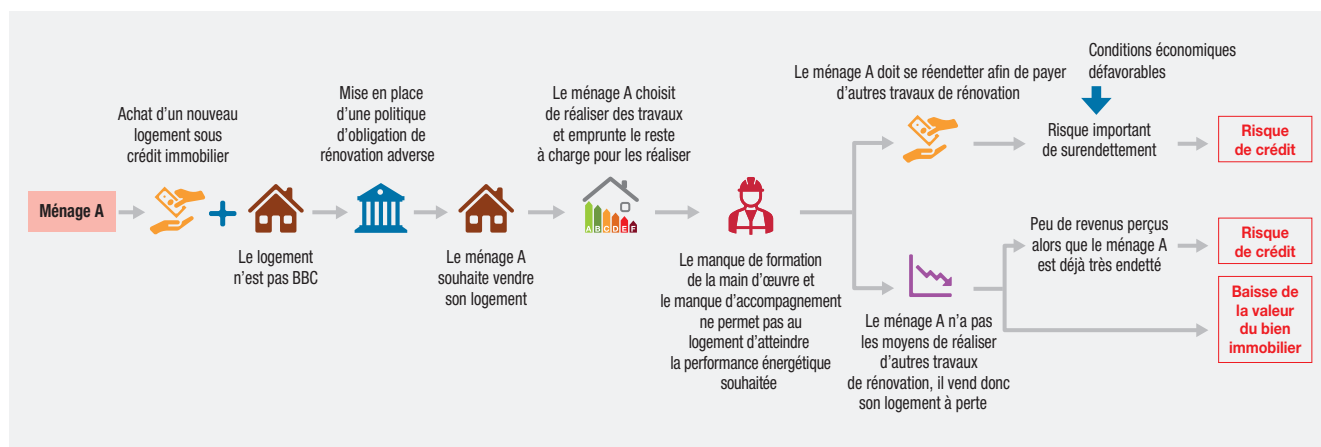
Un troisième facteur de risque portant sur une obligation de rénovation adverse pourrait être envisagé, où cette fois-ci le risque réglementaire serait accompagné d'un risque technique.

Un certain nombre de freins techniques liés à la complexité des rénovations complètes et performantes ont été identifiés dans la partie 1.3.2. La difficulté de réaliser ce type de rénovation, la non-préparation de la profession, et le manque d'accompagnement des ménages dans la réalisation de ses travaux de rénovation, pourraient venir rajouter des difficultés supplémentaires aux ménages souhaitant/devant rénover leur logement.

A l'heure actuelle, les pratiques de rénovation énergétique des logements « par gestes » sont majoritaires. Si ces rénovations par gestes ne sont pas réalisées de manière optimale, un niveau de performance énergétique ne pourrait être atteint sans provoquer un surcoût économique important (« casser pour refaire »). L'investissement réalisé serait ici « échoué », c'est-à-dire que la valeur de l'actif associé serait dévaluée du fait de ces nouvelles contraintes réglementaires et techniques, le rendant obsolète bien avant son amortissement complet.

Le risque pour les ménages serait d'engager des frais importants de rénovation sans pouvoir parvenir à un niveau BBC. La rénovation ne permettrait pas de respecter l'obligation de rénovation, les ménages ne pouvant atteindre un niveau BBC de leur logement se retrouveraient dans l'incapacité de vendre ou louer leur logement alors qu'ils auraient investi dans ce but. Ici, le risque technologique viendrait aggraver les résultats du risque réglementaire (figure 23).

FIGURE 23 : EXEMPLE DE TRANSMISSION DU RISQUE D'UNE OBLIGATION DE RÉNOVATION « DÉSORDONNÉE » DANS UN CONTEXTE DE DIFFICULTÉ À OBTENIR DES RÉNOVATIONS EFFICIENTES




Source : IACE

Les indicateurs nécessaires à la quantification d'un scénario modélisant ce facteur de risque sont les suivants :

- le type de logement (maison individuelle, logement collectif) ;
- le statut de l'occupant (propriétaires occupants, propriétaires bailleurs, locataires) ;
- la taille du logement ou à minima la situation géographique du logement (au moins : rural vs urbain et la région) ;
- le niveau de performance énergétique du logement ;
- le niveau de revenus disponibles des ménages propriétaires, leur niveau d'endettement, et leur budget moyen ;
- le coût des différents postes de travaux de rénovation ;
- une cartographie des chemins de rénovations non efficaces.

1.4.4. Un facteur de risque portant sur l'anticipation des risques physiques et des risques de marché

TABLEAU 4 : FACTEUR DE RISQUE PORTANT SUR UNE ANTICIPATION DES RISQUES PHYSIQUES SUR LES LOGEMENTS POUR LE SECTEUR DE L'IMMOBILIER RÉSIDENTIEL

 Anticipation des risques physiques sur les logements	
Risque de transition	Risque de marché.
Facteur de risque	<ul style="list-style-type: none"> • Changement de comportement des individus suite à une prise de conscience accrue des risques futurs liés au changement climatique ; • Ex. : zones littorales, zones où le prix de l'immobilier est aujourd'hui élevé, pourraient être délaissées à cause de la perspective de la montée des eaux ; • Risque aujourd'hui qui n'est pas reflété dans les prix de l'immobilier.
Ménages à risque	<ul style="list-style-type: none"> • Ménages propriétaires de logements situés dans une future zone à risque.
Risque encouru	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de décote sur la valeur du bien immobilier voire impossibilité de revendre le bien.

Les risques de transition, tels que définis par la TCFD (2017), peuvent également concerner des risques de marché. Dans le cadre du secteur de l'immobilier résidentiel, nous avons vu précédemment que ces risques de marché peuvent être liés à un changement de demande provoqué par une prise en compte accrue des risques physiques liés au changement climatique (voir **partie 1.3.3**). En effet, si les logements sont aujourd'hui concernés par un certain nombre de risques physiques, ces derniers pourraient fortement s'accroître

dans les prochaines décennies à cause du changement climatique.

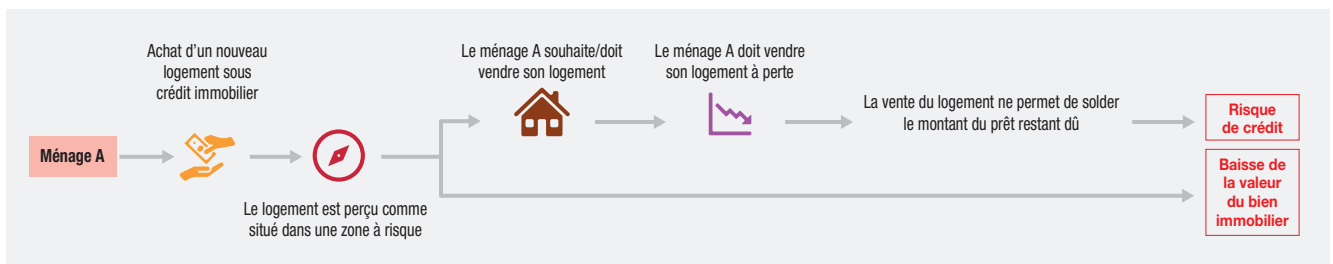
La non-adaptation des villes et des bâtiments au changement climatique ou à des facteurs d'obsolescence géographique, par exemple dans une zone du littoral menacée par la montée des eaux, un logement en station de sport d'hiver, le confort thermique en saison chaude dans un contexte d'augmentation de la fréquence des vagues de chaleur, ainsi qu'une connaissance accrue de ces risques pourraient amener les ménages à changer leur comportement, modifiant ainsi les dynamiques de la demande. Comme vu dans la **partie 1.3.3**, la perspective de risques futurs peut amener certains logements à perdre de la valeur.

Des informations concernant les risques physiques futurs que pourraient provoquer le changement climatique ne sont aujourd'hui par exemple pas indiquées lors de la vente d'un logement, où seul un état des risques actuels est précisé. Aujourd'hui, la plupart de ces risques futurs ne sont pas reflétés dans les prix de l'immobilier (voir **Annexe n°2**), et sont généralement peu encore pris en compte dans les analyses du secteur.

Si les risques physiques futurs commencent à être analysés par les institutions financières, le comportement des individus vis-à-vis de ces risques n'en reste pas moins important. Les risques liés à un changement de comportement des individus pourraient surgir bien avant que le risque physique futur se réalise.

Le risque pour les ménages ayant acheté un bien dans de futures zones à risques serait de voir leur bien fortement dévalué, suite à la prise de conscience par les acheteurs sur les risques futurs du logement. Une grande incertitude de ce facteur de risque réside dans la temporalité de ce changement de comportement de la part de la population. La localisation du bien ici peut avoir une incidence importante sur le risque de dévaluation qu'il peut encourir (**figure 24**).

FIGURE 24 : EXEMPLE DE TRANSMISSION DU RISQUE D'UN CHANGEMENT DE LA DEMANDE



Source : I4CE

Des études comportementales pourraient être effectuées afin de venir étudier l'impact du changement climatique et la connaissance des risques physiques futurs sur le comportement des ménages.

Afin de déterminer la part du parc à risque, il serait notamment nécessaire d'éclaircir certaines données et d'obtenir les données combinées suivantes :

- quels sont les types de comportements des ménages vis-à-vis des risques d'un logement ;

- le type de logement ;
- le statut de l'occupant ;
- la situation géographique du logement ;
- le type de risque auquel il est exposé et des projections d'évolution de ce risque ;
- une estimation de la valorisation/dévalorisation de ces biens immobiliers ;
- la tranche de revenu de l'occupant.

Partie 1.5. Conclusion de l'étude de cas

Le secteur de l'immobilier résidentiel présente de nombreux enjeux dans un contexte de transition bas carbone et de changement climatique. Le parc de logements français est encore trop peu performant énergétiquement et évolue lentement, rendant sa rénovation énergétique un enjeu crucial dans les prochaines décennies. Le réchauffement climatique et ses conséquences pourraient également amener les ménages à changer de comportement vis-à-vis de leur demande en logements. Ces enjeux importants peuvent provoquer des risques de transition.

Les facteurs de risque de transition retenus par le NGFS envisageant des augmentations de prix du carbone sont bien des facteurs pertinents pour le secteur en France, mais ce ne sont pas les seuls. D'autres types de réglementations peuvent être envisagées, à l'image d'une réglementation imposant une obligation de rénovation soudaine, non anticipée, et sans dispositifs d'accompagnement financier des ménages. Un troisième facteur de risque technologique pourrait se coupler avec une obligation de rénovation, aggravant les résultats. En effet, une pénurie d'artisans et le manque d'accompagnement

technique des ménages aboutiraient à des rénovations non efficaces et ne permettraient pas aux ménages d'obtenir la rénovation souhaitée. Un quatrième facteur de risque, portant sur le changement de comportement des ménages dans leur demande de logement suite à leur connaissance des risques climatiques futurs, pourrait également être envisagé.

Il convient également de noter que chacun de ces facteurs de risque portant sur des risques de transition différents, sont superposables. Une superposition de ces facteurs de risque pourrait venir aggraver le risque sur les ménages.

Chacun de ces facteurs de risque peuvent être sources de risque pour les ménages, à travers des risques de défaut de paiement lié au surendettement ou à une perte de revenus disponibles, la perte de la valeur de leur bien immobilier, ou à travers des risques macroéconomiques plus larges. Les banques étant fortement exposées au secteur de l'immobilier, ces facteurs de risque pourraient ainsi être sources de risques financiers pour elles.

Une quantification des scénarios portant sur ces facteurs de risque, ainsi qu'une quantification de ces risques pour les institutions bancaires seraient une prochaine étape afin de déterminer l'impact de ces facteurs de risque au sein des portefeuilles bancaires.

Partie 2. Étude de cas sur le secteur de l'industrie cimentière

Partie 2.1. Définition du périmètre d'étude et de son exposition aux risques de transition

Note : Cette étude se base amplement sur les travaux de recherche effectués par l'Ademe dans le cadre de son Plan

de Transition Sectoriel (PTS) pour le secteur du ciment, détaillant des scénarios de décarbonation visant à atteindre les objectifs de neutralité carbone de la France à horizon 2050 pour le secteur (voir encadré 2), ainsi que sur des discussions avec leurs experts du secteur. La version définitive du PTS⁹ pour le ciment devrait être publiée courant 2021.

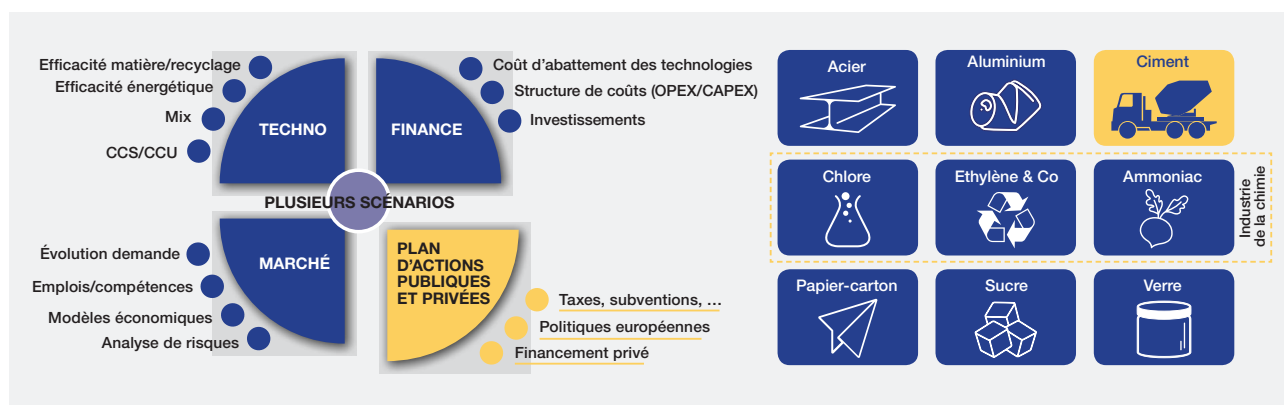
ENCADRÉ 2 : LES PLANS DE TRANSITION SECTORIELS DE L'ADEME

Dans le cadre du projet Finance ClimAct, l'ADEME co-construit des Plans de Transition Sectoriels¹⁰ avec les acteurs de l'industrie écono-intensive, couvrant 2/3 des émissions de GES de l'industrie en France

Objectif : Favoriser l'investissement dans la transition de l'industrie écono-intensive française pour viser sa décarbonation à horizon 2050, en tenant compte des spécificités de chaque filière

Le Plan de Transition Sectoriel (PTS) est un travail d'élaboration d'outils d'accompagnement au dialogue prospectif dans 9 filières industrielles, en concertation avec les acteurs des secteurs (industriels et fédérations). Réalisé sur une durée de 12 mois, un PTS construit des scénarios de décarbonation visant à atteindre les objectifs énergie-climat de la France à horizon 2050 (-81 % des émissions par rapport à 2015 pour l'industrie), quantifie les impacts sur les coûts de production, évalue les besoins d'investissements climat et analyse les mutations en emplois. Enfin, le Plan de Transition Sectoriel propose des actions publiques et privées qui permettent de mettre en place les conditions socio-économiques nécessaires à la décarbonation du secteur.

LA VISION 360° POUR ÉCLAIRER LA TRANSITION DE 9 SECTEURS VERS LA NEUTRALITÉ CARBONE



2.1.1. Le secteur du ciment, un secteur aux forts enjeux de décarbonation

Le secteur cimentier présente des enjeux importants de transition bas-carbone par son caractère intensif en énergie et fortement émetteur d'émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, il fait partie des secteurs industriels directement concernés par les objectifs de réduction des émissions

de gaz à effet de la France pour le secteur industriel. La SNBC vise notamment une réduction des émissions du secteur de 35 % d'ici 2030 par rapport à 2015 et de 81 % à horizon 2050. L'industrie cimentière représente 3 % des émissions de CO₂ françaises et 15 % des émissions de CO₂ issues du secteur de l'industrie manufacturière et de la construction (Infociments, 2020 et Citepa, 2020).

9 Premiers résultats économiques du Plan de transition sectoriel de l'industrie cimentière : <https://bibliothèque.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4406-ciment-premiers-resultats-technico-economiques-9791029717161.html>

10 Pour en savoir plus : <https://finance-climact.fr/actualite/plans-de-transitions-sectoriels/>

Cette étude a pour objectif de dégager les caractéristiques et les évolutions possibles de l'industrie cimentière au vu des enjeux de la transition bas-carbone, afin d'identifier différents facteurs de risque de transition pour le secteur cimentier.

2.1.2. Le secteur du ciment est exposé aux enjeux de la transition sur toute sa chaîne de valeur

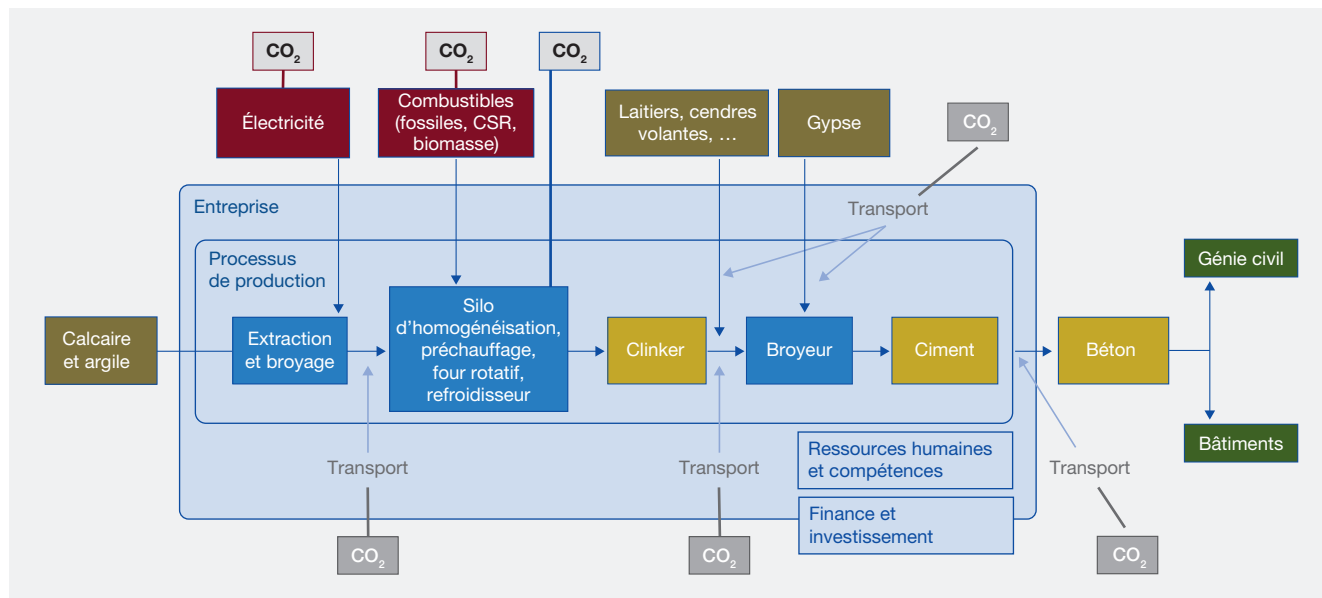
Le secteur du ciment est exposé aux enjeux de la transition bas carbone tout au long de sa chaîne de valeur, du processus de fabrication du clinker¹¹, principal constituant du ciment, jusqu'à ses débouchés, fortement liés au secteur de la construction.

Le ciment est un liant hydraulique principalement utilisé dans la fabrication du béton. La chaîne de valeur du processus de production du ciment couvre de l'extraction des matières premières à la vente du ciment dans sa forme finale (figure 25).

La production du clinker est fortement émettrice de CO₂ (voir partie 2.2.5), rendant sensible le secteur aux évolutions de la transition. La teneur en clinker au sein du ciment varie en fonction des différents types de ciment. Les ciments les plus utilisés actuellement en France et en Europe sont les ciments de Portland – 80 % des ciments en France (infociments, 2020) – contiennent entre 65 % et 95 % de clinker (infociments, 2018). Le territoire français compte 41 cimenteries dont 26 productrices de clinker. Les autres cimenteries fabriquent le ciment à partir de clinker directement acheminé sur site (Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021).

Les débouchés du béton, et donc implicitement du ciment, sont principalement tirés par la construction, que ce soit la construction de bâtiment ou le génie civil. Les évolutions du secteur de la construction dans le cadre de la transition seront également des enjeux importants du secteur à l'avenir.

FIGURE 25 : CARTOGRAPHIE DES ÉLÉMENTS CLÉS DU PROCESSUS DE PRODUCTION DU CIMENT ET DU BÉTON



Source : I4CE, d'après Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021

2.1.3. L'exploration des caractéristiques du secteur et des enjeux de la transition conditionne le risque

Les différents enjeux de la transition auxquels est exposé le secteur du ciment peuvent générer des risques de transition pour le secteur. Ces risques de transition peuvent être par exemple provoqués par la mise en place d'une réglementation visant à atténuer les effets du changement climatique comme un renforcement du dispositif EU ETS, par des chocs technologiques ou par une baisse de la demande. Ces risques peuvent avoir des conséquences sur les bilans bancaires, à travers différents types de risques, que ce soient des risques de crédit à travers les emprunts bancaires

effectués par les entreprises du secteur ou des risques de marché, à travers la valeur des actifs du secteur détenus par les banques (actions, obligations, etc.).

Les risques de transition peuvent notamment générer différentes dynamiques d'endettement des entreprises, des pertes importantes de revenus ou une forte augmentation des coûts de production. Ces dynamiques de risques peuvent varier d'une entreprise à l'autre.

L'étude des caractéristiques du secteur et des entreprises est donc clé pour déterminer les zones de risques dans un contexte de transition.

11 Le ciment est fabriqué à partir de clinker, résultat de la cuisson composé d'un mélange de calcaire et d'argile à très haute température (voir annexe n°3).

Partie 2.2. Les caractéristiques de l'industrie cimentière face à une transition vers une économie bas-carbone

2.2.1. Une industrie capitalistique aux longs cycles d'investissements ne permettant pas aux entreprises cimentières de s'adapter sur le court-terme

L'industrie cimentière est une industrie particulièrement capitalistique aux coûts d'investissements élevés, ce qui l'oblige à investir sur le long-terme. La plupart des équipements de l'industrie cimentière ont une durée de vie qui varie entre 20 ans et 50 ans. Les coûts fixes d'installation des cimenteries françaises sont compris entre 100 et 200 millions d'euros (Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021). Cette intensité capitalistique explique la concentration du secteur entre quelques grandes entreprises au sein de l'Union Européenne (Material Economics, 2019). En France, cinq entreprises représentent environ 95 % de la production de ciment (INSEE, 2018).

Ainsi une entreprise cimentière ayant récemment investi dans de nouveaux équipements sera moins à même de réinvestir rapidement dans de nouveaux investissements bas-carbones si elle n'a pas déjà fait ce choix précédemment. Ces caractéristiques rendent difficile la possibilité pour l'entreprise cimentière d'adapter ses installations sur le court-terme.

2.2.2. Une performance globale moyenne des installations françaises par rapport aux standards de performance actuels bien qu'un renouvellement des installations soit observé ces dernières années

Bien que les indicateurs de performance des installations soient difficiles à obtenir, la performance globale des installations françaises est plutôt moyenne par rapport aux standards de performance actuels.

La plupart des installations cimentières françaises sont anciennes (elles ont été construites il y a en moyenne 80 ans, et aucune n'a moins de 30 ans), il n'est cependant pas forcément évident d'établir un lien entre la performance actuelle d'une installation et son année de construction, la plupart d'entre elles ayant reçu des opérations de maintenance et d'amélioration constantes. On observe toutefois un renouvellement de l'appareil productif des cimenteries depuis les années 2010 puisque le ratio de vétusté des installations (immobilisations corporelles nettes sur immobilisations corporelles brutes) moyen du secteur est passé en France de 32 % en 2009 à 69 % en 2019 (Insee, 2019).

L'efficacité thermique du processus de production des cimenteries est également un indicateur de performance pertinent mais les données sur les cimenteries françaises peuvent être difficiles à obtenir. Selon les estimations internes de l'ADEME, l'intensité thermique des installations

françaises se situe entre 3,5 et 4 GJ par tonne de clinker. A titre de comparaison, les standards des meilleures techniques disponibles (MTD) sont actuellement proches de 3 GJ par tonne de clinker. Cette performance moyenne de l'efficacité thermique du processus de production des cimenteries françaises peut les rendre sensibles aux risques de transition, et notamment à une augmentation du prix des énergies.

2.2.3. Les coûts élevés du transport du ciment contribuent à une implantation régionale forte

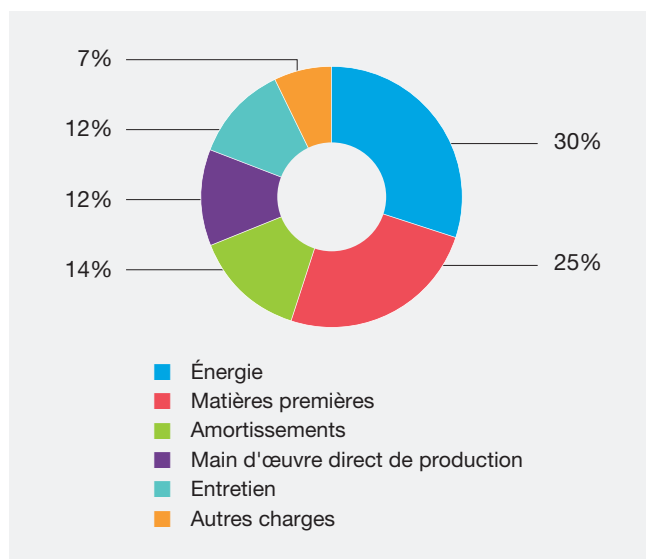
Les coûts élevés du transport du ciment obligent les entreprises cimentières à implanter leur lieu de production du ciment à proximité des matières premières et à desservir un marché essentiellement local. En effet, le faible ratio poids/valeur rend le transport longue distance du ciment peu rentable. Transporter du ciment coûte environ 10-15 euros tous les 100 km pour des prix de vente pouvant varier entre 60 et 80 euros la tonne (Material Economics, 2019). Environ 95 % du ciment produit est consommé dans le pays de production et en moyenne dans un rayon de 200 à 300 km du lieu de production. Au-delà de cette distance, le coût du transport est trop élevé pour être rentable (Cembureau, 2021). Cela rend les possibilités d'exportation du ciment plus difficiles dans les perspectives de baisse de la demande sur le territoire.

Les importations de clinker restent marginales aujourd'hui bien qu'une hausse des importations en provenance de pays en voie de développement soit observée ces dernières années. En effet, les importations nettes de clinker représenteraient environ seulement 5 % du clinker total utilisé en France (Infociments, 2020). Cependant, on commence à observer depuis 2015, l'émergence d'importations de clinker en provenance d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. En seulement trois ans, la Turquie, le Maroc, l'Arabie Saoudite et l'Algérie ont capté environ 14 % du marché des importations, et les importations sont globalement en hausse (calculs internes de l'ADEME basés sur les statistiques douanières). La hausse récente de ces importations peut s'expliquer par un coût de production moins important du clinker dans ces pays-là. Ainsi, certains industriels ont fait le choix de créer des stations de broyage en zone portuaire et d'importer du clinker afin de le limiter leurs coûts fixes et leur sensibilité aux prix du carbone (Plan de Transition Sectoriel de l'industrie cimentière en France, premiers résultats technico-économique, ADEME, 2021). L'importation de clinker en provenance des pays émergents pourrait faire baisser la compétitivité du clinker français et européen dans le cadre d'une augmentation des prix du carbone.

2.2.4. Une industrie intensive en énergie thermique représentant une part significative des coûts d'exploitation

Le secteur cimentier appartient à la catégorie des secteurs industriels intensifs en énergie en raison du poids de l'énergie dans les coûts de production (Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021). Le processus de production de ciment est très énergivore. En effet, la production d'une tonne de clinker consomme environ 3,7 GJ d'énergie (Material Economics, 2019). Afin de déclencher le processus de décarbonation du clinker, il est nécessaire de faire chauffer les fours à très haute température (1500°C). L'énergie thermique permettant d'atteindre ces températures représente 90 % des besoins énergétiques de la cimenterie. Les coûts relatifs à l'énergie représentent environ 30 % des dépenses d'exploitation (figure 26). Cette part importante de l'énergie dans les coûts d'exploitation rend les entreprises du secteur sensibles à une augmentation des prix de l'énergie.

FIGURE 26 : DÉTAIL DES COÛTS DE PRODUCTION D'UNE INDUSTRIE CIMENTIÈRE



Source : Pipame et al., 2016

2.2.5. Des émissions de gaz à effet de serre issues en grande partie du processus de production et difficilement compressibles

Sur le périmètre d'une usine, les émissions de gaz à effet de serre générées par le secteur du ciment sont liées aux deux tiers au processus de fabrication du ciment, et plus particulièrement au processus de décarbonation du clinker, le tiers restant est imputable aux combustibles fossiles utilisés pour alimenter le four (SFIC, 2015).

Les émissions issues de la décarbonation du clinker sont liées à la calcination du calcaire qui, en libérant du dioxyde de carbone à très haute température, se transforme en oxyde de calcium, un ingrédient clé du ciment. Ce processus de production du ciment libère en moyenne des émissions

de CO₂ à hauteur 0,525 tonne de CO₂ par tonne de clinker (Ademe, 2019). Les émissions issues des autres étapes de production sont marginales. Ces émissions ne peuvent être réduites par un changement de combustible ou des mesures d'efficacité énergétique (voir partie 2.3.1) (Material Economics, 2019).

Pour permettre le processus de décarbonation du clinker, l'énergie permettant au four d'atteindre une température nécessaire de 1500 degrés ne peut aujourd'hui être fournie par de l'électricité mais uniquement par de l'énergie thermique, notamment composée de combustibles fossiles.

En 2016, les émissions liées à la production d'une tonne de ciment étaient d'environ de 656 kg de CO₂ en raison d'un ratio moyen de 78 % de clinker dans une tonne de ciment (Infociments, 2020).

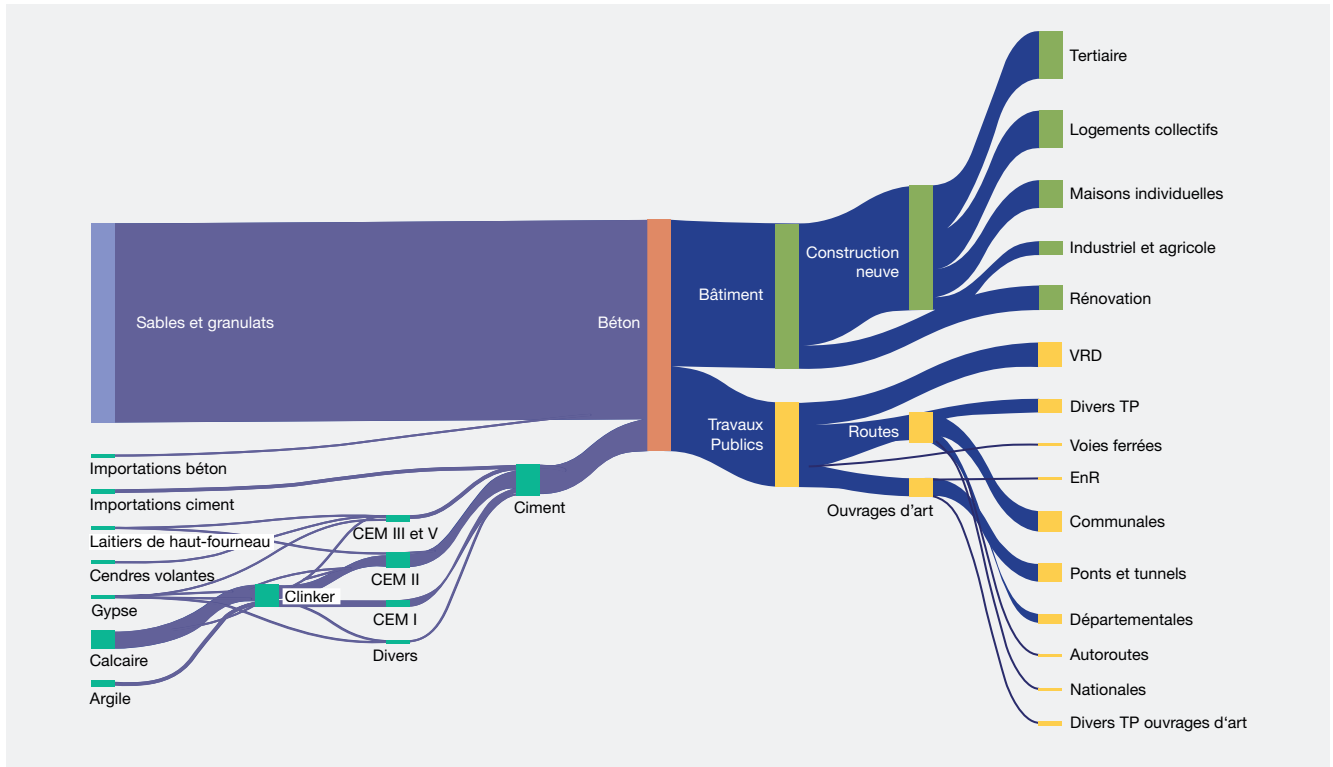
2.2.6. Une demande fortement dépendante de la demande du béton, tirée par la construction de logements neufs, en baisse depuis 2008

Le ciment est l'un des principaux composants de la fabrication de béton, un des matériaux de construction les plus utilisés en Europe. En 2015, l'Union Européenne a consommé plus d'un milliard de tonnes. L'acier arrive loin derrière en deuxième position, avec 66 millions de tonnes consommées cette même année (Material Economics, 2019).

En France, la demande de béton est principalement tirée par deux types de marchés. Deux tiers de la demande proviennent du secteur de la construction. Le dernier tiers provient du génie civil, et notamment de la construction et de l'entretien des routes et des infrastructures de réseau (figure 27). Les résultats de la modélisation du modèle Pepito de l'ADEME (2020) sur l'élasticité de la demande de clinker en France confirment que les nouvelles constructions de logements individuels et collectifs ainsi que les travaux d'entretien des routes régionales et communales sont les moteurs les plus importants de la demande en ciment. Cette répartition est assez similaire dans le reste de l'Europe (Material Economics, 2019).

La demande de ciment est en baisse en France depuis 2008, notamment à cause de la crise économique et financière, qui a durement touché le secteur de la construction (Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021), même si une reprise de l'activité est observée depuis 2016.

FIGURE 27 : LES SECTEURS DÉBOUCHÉS DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE EN FRANCE EN 2014



Source : Ademe, plan de transition sectoriel de l'industrie cimentière en France, premiers résultats technico-économiques, 2021

Partie 2.3. Les évolutions du secteur du ciment dans un contexte de transition bas-carbone : entre risques et opportunités

2.3.1. Des solutions de décarbonation du secteur aux différents niveaux de maturité et fortement dépendantes de la disponibilité des matières premières

Comme vu précédemment, la décarbonation du secteur du ciment passe à la fois par la décarbonation des

émissions liées au type d'énergie utilisée mais également par la réduction des émissions générées directement par le processus de production du ciment. Différentes options existent afin de réduire ces deux types d'émissions (tableau 5). La plupart de ces solutions sont aujourd'hui en cours de développement, disposent de niveau de maturité divers et sont fortement dépendantes à la disponibilité des matières premières permettant leur déploiement. Ces solutions passent par plusieurs leviers : une réduction du recours à l'énergie thermique, une réduction du taux de clinker dans la fabrication du ciment et un usage accru des technologies de capture et séquestration carbone (CSC).

TABLEAU 5 : RÉCAPITULATIF DES LEVIERS DE DÉCARBONATION LES PLUS COURANTS (NON EXHAUSTIFS)

Technologies / leviers de décarbonation	Réduction des émissions	Coût d'invest.	Maturité de la technologie	Dépendance aux matières premières
Précalcinateur par voie sèche	Modérée	De 100 à 200 M€	Disponible	Accès aux matières premières sèches
Substitution des énergies fossiles par des combustibles alternatifs	Modérée	De 2,5 à 7,5 M€	Disponible	Dépendance au CSR et à la biomasse (compétition avec d'autres industries) Importance de la teneur en biomasse des CSR
Utilisation de laitier des hauts-fourneaux	Importante	De 5 à 10 M€	Disponible	Dépend de la production d'acier de haut fourneau en France et à l'étranger
Utilisation des cendres volantes	Modérée	De 8 à 12 M€	Disponible	Dépend de la production d'électricité à partir des centrales à charbon
Utilisation des pouzzolanes naturelles	Modérée	De 8 à 12 M€	Disponible	Dépend des conditions géologiques locales

TABLEAU 5 : RÉCAPITULATIF DES LEVIERS DE DÉCARBONATION LES PLUS COURANTS (NON EXHAUSTIFS) suite

Technologies / leviers de décarbonation	Réduction des émissions	Coût d'invest.	Maturité de la technologie	Dépendance aux matières premières
Utilisation des argiles calcinées	Modérée	De 8 à 12 M€	Disponible mais peu développé	Bonne disponibilité des matières premières
Ciment à fort teneur en bélite	Faible	Jusqu'à 12 M€	Disponible mais peu développé en Europe	Bonne disponibilité des matières premières
CSC oxyfuel	Importante	Entre 300 et 380 M€	Phase R&D	Stockage du carbone va dépendre de la géologie locale, des conditions d'acceptabilité sociale, du déploiement d'infrastructures
CSC post combustion (solvant MEA)	Importante	Entre 100 et 300 M€	Phase R&D et phase de test	Stockage du carbone va dépendre de la géologie locale, des conditions d'acceptabilité sociale, du déploiement d'infrastructures
CSC post combustion (boucle de calcium)	Importante	Environ 200 M€	Stade préliminaire de développement	Stockage du carbone va dépendre de la géologie locale, des conditions d'acceptabilité sociale, du déploiement d'infrastructures

Source : ECRA 2017, Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021, Material Economics 2019

2.3.1.1. Des leviers de décarbonation par la réduction des émissions liées à l'utilisation de l'énergie

Le premier levier de réduction de l'utilisation d'énergie thermique dans la production du ciment passe tout d'abord par une amélioration de l'efficacité énergétique des installations. L'introduction de précalcinateurs par voie sèche dans les usines de production de clinker est considérée comme une des meilleures solutions technologiques actuellement disponibles pour accroître l'efficacité énergétique du processus de production. Elle permet de réduire la consommation d'énergie à 3,15 GJ par tonne de clinker (par rapport à une moyenne de 3,7 GJ actuellement). Cependant, de tels changements s'accompagnent de coûts financiers importants. En effet, le coût d'investissement de l'installation d'un précalcinateur par voie sèche pourrait être de l'ordre de 100 à 200 millions d'euros (Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021).

Le deuxième levier de réduction de l'utilisation d'énergie thermique passe par un remplacement des combustibles fossiles dans l'alimentation des besoins énergétiques de la cimenterie. Ces différents combustibles alternatifs peuvent être des combustibles solides de récupération¹² (CSR), d'autres déchets (huiles usagées, solvants, etc., déchets bois, déchets issus de l'agriculture), ou de la biomasse.

Le taux des combustibles alternatifs possibles dans le mix énergétique d'une cimenterie dépend fortement des équipements installés. Une substitution maximale de 90 % est techniquement possible en théorie si un précalcinateur est installé (Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021). Cependant, l'effet sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre peut être limité, si le contenu carbone fossile des déchets est élevé. Par exemple, dans le cas de CSR, environ 50 % de déchets proviennent de sources fossiles,

le reste étant basé sur la biomasse (ex : part de caoutchouc naturel dans les pneus de voiture).

D'importantes dépenses d'investissements pourraient être nécessaires pour permettre des taux de substitution conséquents, entre 2,5 millions d'euros à 7,5 millions d'euros par installation (Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021). Etant donné que les combustibles alternatifs sont principalement issus des déchets, les producteurs de ciment pourraient être en mesure de s'en procurer localement à coût réduit.

2.3.1.2. Des alternatives au ciment de Portland : des solutions de substitution à l'utilisation du clinker

Le premier levier permettant de faire diminuer les émissions directement liées au processus de production de ciment est de faire diminuer la proportion de clinker au sein du ciment grâce à l'utilisation de substituts. Etant donné qu'une majeure partie des émissions de CO₂ liées au processus de fabrication du ciment sont en réalité liées à la production de clinker, la réduction du taux de clinker dans le ciment pourrait être une solution cruciale de décarbonation du secteur.

Plusieurs substituts au clinker existent déjà actuellement, à l'image des composés cimentaires comme le calcaire, les cendres volantes, le laitier de haut-fourneau ou les pouzzolanes. Ces composés cimentaires ont uniquement besoin d'être broyés et ne nécessitent pas d'être chauffés à très haute température. Ces composés représentent aujourd'hui 26 % du ciment produit en Europe. Depuis les années 1980, ces composés ont permis une réduction des émissions de CO₂ du secteur du ciment de 20 % à 30 % au sein de l'Union Européenne (Material Economics, 2019).

Toutefois, ces substituts sont fortement dépendants de la disponibilité des matières premières. Ainsi par exemple, les pouzzolanes sont issues des cendres volcaniques et sont

¹² Les CSR sont des combustibles solides préparés à partir de déchets non dangereux et dont le pouvoir calorifique est suffisamment élevé pour présenter un intérêt de valorisation par combustion.

PARTIE 2. ÉTUDE DE CAS SUR LE SECTEUR DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE

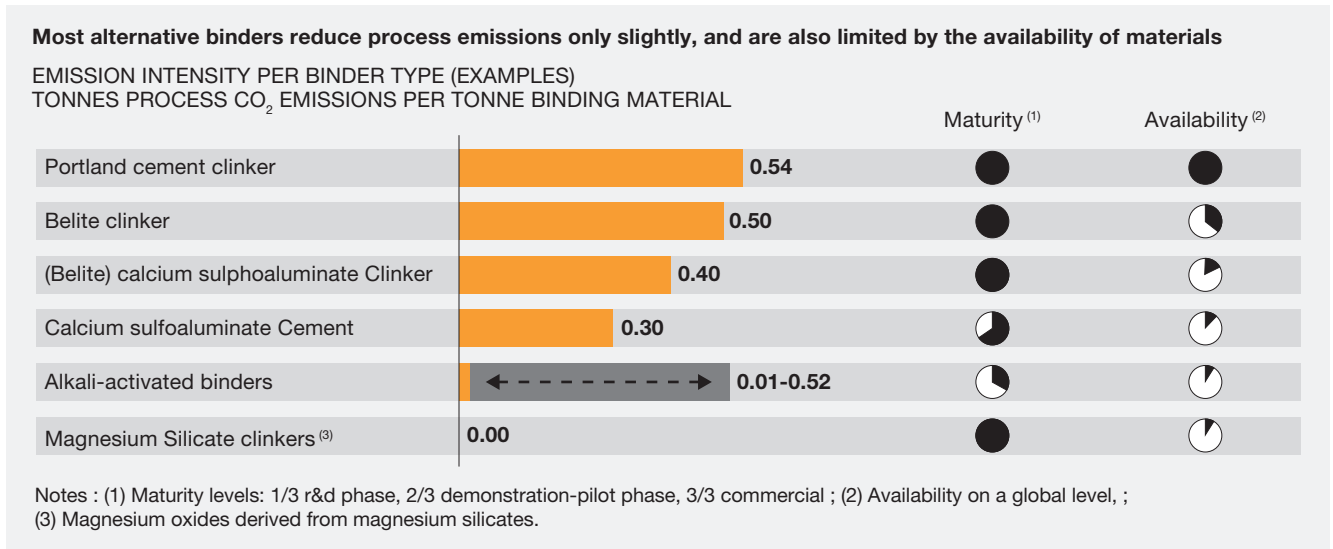
Partie 2.3. Les évolutions du secteur du ciment dans un contexte de transition bas-carbone : entre risques et opportunités

principalement disponibles en Europe en Italie et en Grèce. D'autres part, certains de ces substituts ont un potentiel limité dans le cadre d'une transition bas carbone comme les cendres volantes, issues de la combustion du charbon, ou le laitier de haut-fourneau, issu de la production d'acier (Material Economics, 2019). Le développement d'installations pouvant faire baisser la part de clinker dans la production de ciment pour une cimenterie dépendra en grande partie de sa capacité d'accès à ces différentes matières premières.

Différents types de nouveaux liants sont en cours de recherche et de développement afin de venir remplacer le ciment ordinaire de Portland. L'objectif serait ainsi de diminuer la

part de calcaire, dont la calcination est la principale émettrice de CO₂, dans le mix de départ. Cependant, dans la mesure où le ciment est consommé en grande quantité, il est nécessaire que les matières de substitution restent aussi accessibles et peu chères que le calcaire et l'argile pour être abordables dans tous les pays. La plupart des liants qui sont les moins émetteurs de CO₂ sont aussi ceux dont la recherche est la moins avancée ou dont les matières premières sont les moins disponibles (figure 28) (Material Economics, 2019). Là encore, l'accès aux matières premières pourrait être cruciale pour une cimenterie afin de développer ces nouveaux types de ciment.

FIGURE 28 : LIANTS ALTERNATIFS ET LEURS CARACTÉRISTIQUES



Source : Industrial Transformation 2050, Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry, Material Economics, 2019

Enfin, l'utilisation de fines de béton recyclé au sein du ciment pourrait également permettre de remplacer le clinker dans la fabrication du ciment en se substituant au calcaire et à l'argile dont la calcination est fortement émettrice de CO₂. En outre, le broyage des fines nécessite d'être effectué à moyenne température et non à très haute température ; les émissions liées à l'utilisation énergétique des fours pourraient ainsi être également réduites (Material Economics, 2019). Toutefois, l'utilisation des fines de béton recyclé en substitution du clinker est encore au stade exploratoire, les études n'ont pas encore démontré que son utilisation n'affecterait pas les propriétés du ciment et sa rentabilité n'a pas encore été démontrée.

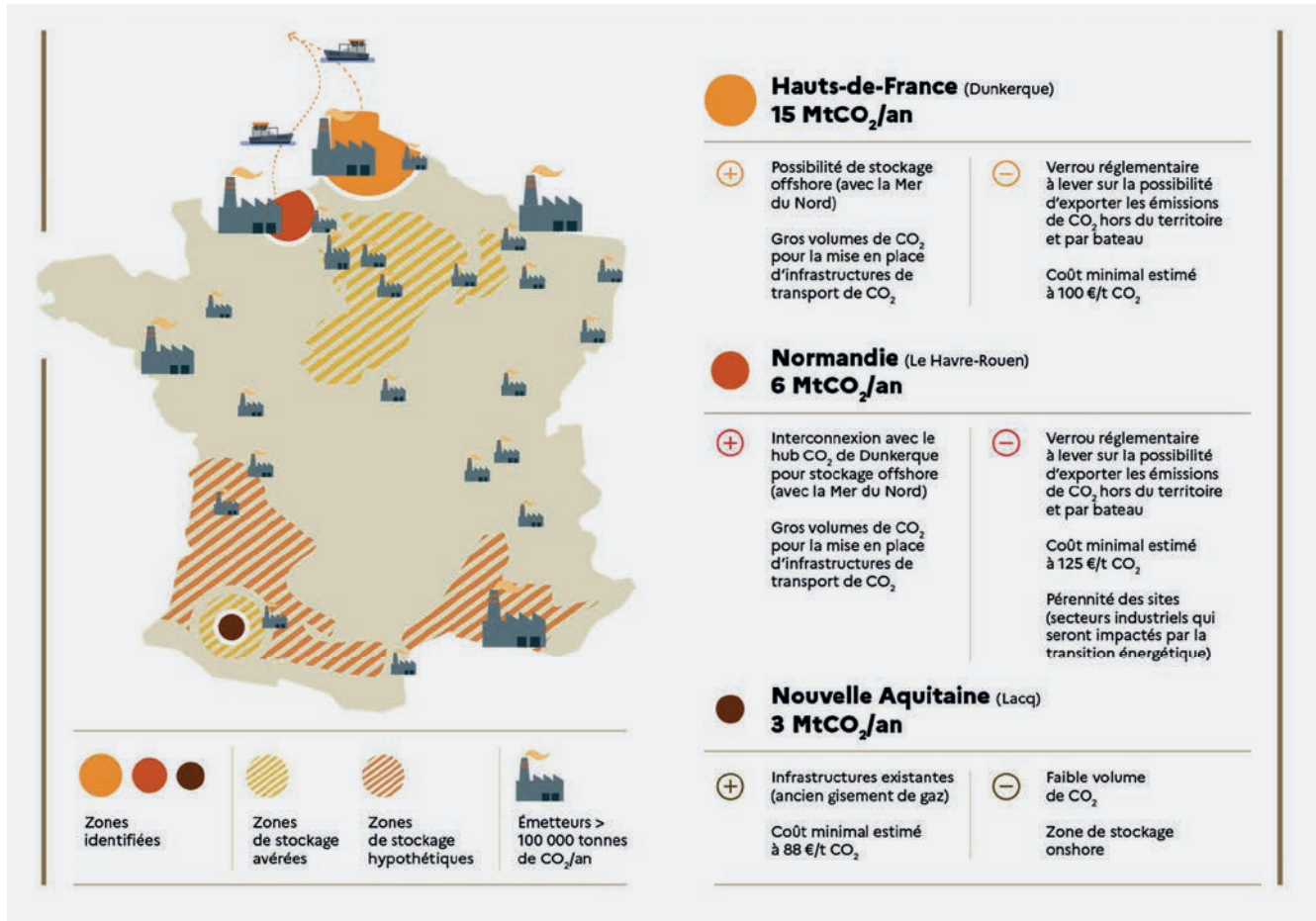
2.3.1.3. Un recours aux technologies CSC permettant de capturer les émissions liées au processus de production du ciment

Les technologies CSC peuvent être une solution pour faire diminuer les émissions de CO₂ générées par la production du ciment. Il existe plusieurs catégories de CSC : les processus de précombustion, les processus de postcombustion et

l'oxycombustion. Quelques essais de CSC pour le secteur du ciment ont été réalisés à ce jour. Selon les experts du secteur, l'oxycombustion est la technologie la plus à même d'être développée, et pourrait permettre de capturer jusqu'à 95 % des émissions de CO₂ (Material Economics, 2019).

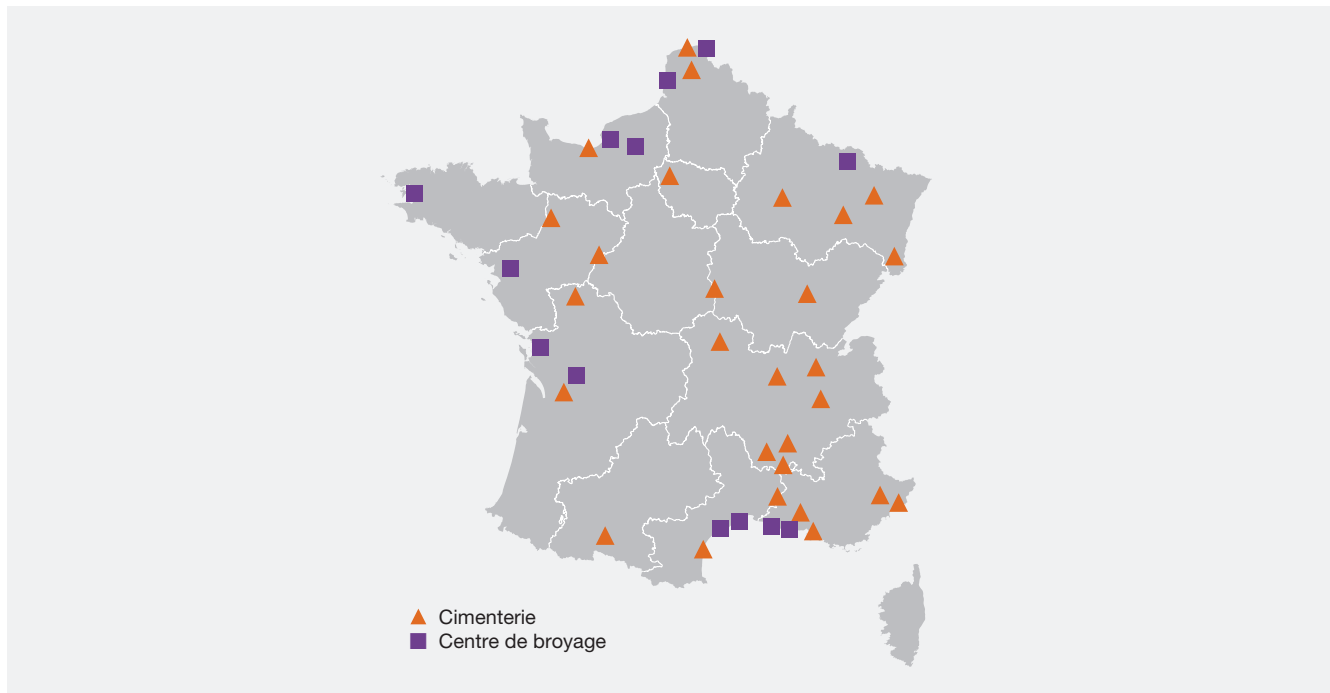
Toutefois, le développement des technologies CSC présente de nombreux obstacles. En effet, il existe peu de lieux de stockage envisageables en France. Compte tenu des coûts de transports, seuls les sites situés près des ports ou des zones de stockage onshore pourraient être éligibles au développement de ces technologies. En France, deux zones de stockage onshore ont été identifiées dans le Bassin parisien et en Nouvelle Aquitaine (Ademe, 2020). La majeure partie des cimenteries françaises ne sont pas à proximité de ces zones de stockage (figure 29 et 30).

FIGURE 29 : POTENTIEL POUR LA MISE EN ŒUVRE DE CSC EN FRANCE (TOUTES INDUSTRIES CONFONDUES)



Source : Ademe, Le captage et stockage géologique de CO₂ (CSC) en France : un potentiel limité pour réduire les émissions industrielles, 2020

FIGURE 30 : RÉPARTITION DES CIMENTERIES ET CENTRES DE BROYAGES EN FRANCE (ADHÉRENTS AU SFIC)



Source : infociments, chiffres clés 2019, 2020

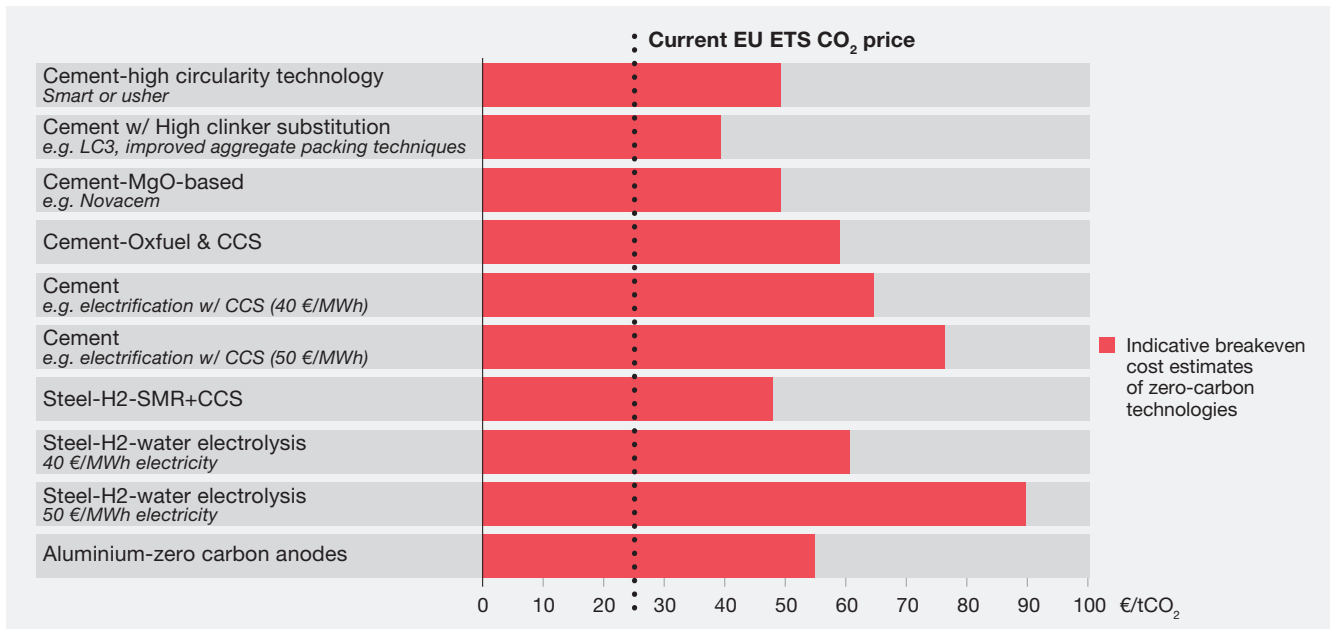
PARTIE 2. ÉTUDE DE CAS SUR LE SECTEUR DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE

Partie 2.3. Les évolutions du secteur du ciment dans un contexte de transition bas-carbone : entre risques et opportunités

Les coûts de captage du CO₂ peuvent également être importants (entre 40 et 80 euros la tonne de CO₂) (IEAGHG, 2018). L'IDDRI (2019) a calculé que le seuil de rentabilité du développement de technologies CSC pour le

ciment pourrait être atteint avec un prix du carbone entre 60 et 80 euros la tonne de CO₂ (figure 31). Le déploiement de ces technologies est donc encore très incertain.

FIGURE 31 : ESTIMATION DU COÛT DU CARBONE MINIMUM PERMETTANT LE DÉPLOIEMENT DES TECHNOLOGIES BAS-CARBONES POUR LE CIMENT, L'ACIER ET L'ALUMINIUM EN 2019



N.B. : This graphic is simply illustrative and not intended to be an exhaustive list of technologies, not to reflect precise breakeven cost conditions at all specific site locations.

Source : IDDRI, *Decarbonising basic materials in Europe: How Carbon Contracts-for-Difference could help bring breakthrough technologies to market, 2019*

2.3.2. Des politiques de soutien à la décarbonation du secteur jusque-là peu incitatives bien qu'une évolution plus stricte soit possible dans les années à venir

2.3.2.1. Un mécanisme de l'EU ETS jusque-là peu contributeur à la décarbonation du secteur

La production de clinker et de ciment est couverte par l'EU ETS, le système européen d'échange de quotas d'émissions, qui fixe un plafond pour les émissions de gaz à effet de serre (GES) des centrales électriques et des industries énergivores. Le plafond de l'EU ETS diminue annuellement : sur la période 2013 – 2020, ce plafond a diminué de 38 millions de quotas chaque année, ce qui a permis une réduction de 35 % des émissions couvertes entre 2005 et 2019 (Commission Européenne, 2020).

Comme d'autres industries, les entreprises cimentières reçoivent une partie de leurs quotas gratuitement. La proportion de quotas reçue gratuitement est d'autant plus élevée que la production de ciment est considérée comme exposée à un risque de fuites de carbone. La quantité de quotas reçue est calculée en fonction de niveaux d'activité historiques et de référentiels d'intensité carbone par produit, appelés benchmarks. Lors de la phase 3 (2013-2020), le benchmark du clinker gris était de 0,766 quota par tonne de clinker (UE, 2018).

Jusque-là, l'EU ETS ne représentait pas vraiment une incitation à décarboner pour le secteur cimentier. Le prix du quota d'émissions, avant de franchir la barre symbolique de 50 euros la tonne de CO₂eq en mai 2021, plafonnait à un niveau de 20-25 euros la tonne depuis 2018 (Sandbag, 2021) et n'était pas à un niveau suffisant pour permettre le déploiement de solutions bas-carbone dans le secteur du ciment. En effet, le secteur du ciment, dans son ensemble, possède un surplus de quotas gratuits à peu près équivalent à 2,5 ans d'émissions. Ce phénomène s'explique tout d'abord par le fait que les allocations de quotas historiques sont basées sur les niveaux de production historiques déterminés au début de chaque phase et ne sont ajustés que si la production chute de plus de 50 %. Ainsi, les quotas d'émissions des entreprises cimentières pour la phase 3 de l'EU ETS avaient été déterminés avant 2013, et ont été ensuite très peu ajustés malgré la baisse d'activité du secteur. D'autre part, le volume de quotas que les entreprises du secteur reçoivent gratuitement est disproportionné par rapport à leur exposition au risque de fuites de carbone. Le secteur respecte en effet les critères minimaux d'intensité du coût du carbone mais pas d'intensité commerciale comme le prévoit les règles de l'EU ETS (Sandbag, 2016).

A partir de 2021, les règles de l'EU ETS seront modifiées. Le plafond de l'EU ETS va diminuer plus rapidement, à 48 millions de quotas par an, de manière à atteindre en 2030 une réduction des émissions de 43 % par rapport à 2005.

L'allocation gratuite va se poursuivre sur le même principe général pour les secteurs les plus exposés, mais certains paramètres vont être modifiés : les benchmarks ont été recalculés à partir de données d'amélioration de l'intensité carbone et les niveaux d'activité vont être actualisés. Le nouveau benchmark pour le secteur du clinker gris est désormais de 0,693 (Commission Européenne, 2021). Les nouvelles règles d'allocation seront également plus dynamiques : l'allocation reflètera les changements d'activité à partir d'un seuil de 15 %.

La réserve de stabilité (MSR pour Market Stability Reserve) est entrée en opérations en janvier 2019 pour réguler le surplus de quotas, mais ses paramètres actuels ne seront pas suffisants pour résorber un nouveau surplus de quotas (Vailles *et al.*, 2020), alors que le surplus historique s'élevait encore à 1,4 milliard de quotas en 2019 (Commission Européenne, 2020).

2.3.2.2. Une fin des quotas gratuits et l'instauration d'un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières annoncées

Dans le cadre du Green Deal, la Commission Européenne proposera, en juin 2021, un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) de l'Union Européenne. Le but de ce mécanisme serait de tarifier les émissions associées aux produits importés depuis des pays hors de l'UE au même niveau que les produits issus de l'Union Européenne (Trésor Eco, 2021). L'objectif de ce mécanisme serait de maintenir la compétitivité des industries européennes vis-à-vis d'industries étrangères moins performantes sur le niveau environnemental et permettrait ainsi de pouvoir augmenter le prix du carbone sur le marché européen sans créer de concurrence déloyale avec les entreprises n'étant pas soumises au même niveau de taxation. Il s'agit ainsi davantage d'un levier de maîtrise du risque de transition.

Le texte devrait prévoir également la suppression rapide de l'allocation de quotas gratuits pour plusieurs secteurs, dont ferait probablement partie le ciment. En effet, au vu de ses caractéristiques (intensité carbone élevée, peu d'échanges internationaux), le ciment est très souvent considéré dans les propositions de mise en œuvre de mécanisme d'inclusion carbone (CEDD, 2019).

2.3.2.3. Une possible augmentation du prix carbone pourrait affecter les entreprises cimentières à moyen-terme

D'autres évolutions de l'EU ETS sont envisageables à moyen-terme. Premièrement, une révision de la MSR est planifiée pour 2021. Un renforcement de la MSR pourrait contribuer à une augmentation des prix au-delà des niveaux actuels. Dans le prolongement du Green Deal, l'Union Européenne a entériné en décembre 2020, son objectif de neutralité carbone à horizon 2050, avec pour objectif de réduire ses émissions d'au moins 55 % d'ici 2030 par rapport à 1990. Cette augmentation de l'objectif de 2030 nécessitera d'augmenter le rythme de réduction du plafond de l'EU ETS. Cette diminution plus rapide du plafond pourra contribuer à un renforcement du signal prix de l'EU ETS.

2.3.3. Une évolution à la baisse de la demande pourrait fragiliser les acteurs du secteur

Les évolutions liées à la transition bas-carbone dans le secteur du ciment, que ce soient des incitations réglementaires multiples, des évolutions dans les pratiques ou comportements, ou des innovations technologiques, pourraient venir affecter la demande en ciment dans les prochaines décennies.

2.3.3.1. Une baisse de la demande dans la construction affecterait la demande en béton et donc la demande en ciment

Il est possible d'envisager dans les décennies à venir une baisse de la demande dans la construction, ce qui affecterait directement la demande en béton, et donc la demande en ciment. En effet, la SNBC (2020) prévoit par exemple une baisse des constructions de logements neufs de près de 40 % en 2050.

Il est possible d'imaginer que des politiques d'urbanisme pourraient provoquer une baisse importante de la construction neuve, notamment des maisons individuelles. Ces politiques pourraient chercher à redynamiser les centres-villes en privilégiant davantage les logements collectifs, pourraient choisir de mettre davantage l'accent sur la rénovation des logements et pourraient rendre les permis de construire plus difficiles à obtenir. Ces politiques pourraient également décider de mettre en place des stratégies d'optimisation du parc existant pour limiter la vacance de bâtiments et limiter l'achat de résidences secondaires.

Une baisse de demande dans les travaux publics pourrait également être attendue, notamment par des décisions d'arrêts de construction d'autoroutes et de routes nationales au profit du développement du transport ferroviaire.

L'ensemble de ces facteurs de baisse de demande pourrait provoquer une baisse de la demande supérieure à 50 % à horizon 2050 (Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021).

2.3.3.2. La substitution du béton avec d'autres matériaux de construction, à l'image du bois pourrait également faire baisser la demande en ciment

Une substitution du béton avec des matériaux bas-carbone, comme le bois, pourrait être envisagée dans la construction, provoquant ainsi une baisse de la demande en ciment. En effet, les émissions au mètre carré des produits de construction en bois sont bien inférieures à ceux constitués de béton. Le bois lui-même peut être une source de stockage de CO₂ sur une utilisation long-terme. Le potentiel de la construction en bois est relativement élevé pour la construction de maisons individuelles, alors qu'elle représente moins de 10 % du parc aujourd'hui. Toutefois, la disponibilité de cette ressource pourrait être une source de frein à la construction dans les années à venir (Material Economics, 2019).

2.3.3.3. Un moindre besoin du ciment dans le béton ferait également baisser la demande en ciment

Bien que le ciment soit un constituant principal du béton, de nombreuses études et expériences pratiques montrent qu'aujourd'hui il est possible d'obtenir du béton de même qualité avec des taux de ciment bien moindre. Cette baisse du taux de ciment dans le béton pourrait être provoquée par le fait qu'il existe aujourd'hui une surutilisation du ciment dans le béton, ce dernier étant souvent surspécifié par rapport aux besoins réels des travaux dans lesquels il est utilisé. D'autre part, il est également possible de modifier la production du béton tout en gardant le même niveau de résistance avec une teneur en ciment beaucoup plus faible. Certaines études indiquent qu'il serait même possible de réduire cette part de 50 % sans affecter l'efficacité de résistance du béton. Toutefois, des investissements seraient nécessaires pour utiliser ces nouvelles techniques et modifier les processus de production (Material Economics, 2019). Différents obstacles devraient être levés pour provoquer une baisse significative de la demande en ciment au sein du béton.

Partie 2.4. Identification de facteurs de risque de transition pertinents dans l'industrie cimentière en France

A partir des enjeux clés identifiés dans les deux premiers chapitres dans un contexte de transition bas-carbone, cette partie a pour objectif d'identifier plusieurs facteurs de risque de transition plausibles dans ce secteur, d'en déterminer les paramètres et les données nécessaires à la quantification de scénarios intégrant ces facteurs de risque. Ces facteurs de risque sont volontairement conçus pour venir stresser les bilans bancaires à différents risques de transition.

Dans le cadre de notre analyse, nous avons identifié quatre facteurs de risque pertinents au regard de la transition bas carbone. Un des facteurs de risque identifiés est inclus dans les scénarios retenus dans le cadre de l'exercice pilote mené par l'ACPR.


Si l'ACPR et le NGFS ont retenu des facteurs de risques portant principalement sur des risques liés à l'implémentation de politiques publiques, d'autres aspects de la transition peuvent également représenter un risque pour les entreprises du secteur, qu'ils soient technologiques ou de marché.

Les différents facteurs de risque proposés ci-dessous sont conçus pour des besoins de stabilité financière. Ils consistent en une sélection de risques de transition *désordonnée*¹³ qui visent à tester la résistance des institutions financières et du système financier à des chocs. Ils sont donc hypothétiques et volontairement adverses ; ils ne constituent en rien des prévisions et n'indiquent ni ce qu'il est souhaitable ou probable qu'il advienne. Ils ne peuvent être utilisés pour juger du bienfondé de la transition.

¹³ Voir définition en introduction

2.4.1. Un facteur de risque portant sur une augmentation des prix du carbone, issu des recommandations du NGFS

TABLEAU 6 : FACTEUR DE RISQUE PORTANT SUR UNE AUGMENTATION DES PRIX DU CARBONE POUR LE SECTEUR DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE

 Augmentation des prix du carbone	
Risque de transition	Risque réglementaire.
Facteur de risque	Renforcement assez strict des règles de l'EU ETS : <ul style="list-style-type: none"> • Hausse du prix des quotas ; • Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (activé ou non) ; • Fin des allocations de quotas gratuits dans le secteur.
Risque encouru	<ul style="list-style-type: none"> • Hausse importante des charges d'exploitation ; • Baisse de la demande en ciment ; • Baisse de la valeur des actifs ; • Surendettement.
Indicateurs clés à déterminer	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité des coûts à l'augmentation du prix du quota ETS ; • Possibilité pour une entreprise d'importer du clinker ; • Distance au bassin d'utilisation du ciment.

Dans le cadre de son exercice pilote, l'ACPR s'est appuyé sur les recommandations du NGFS pour sélectionner ses scénarios de transition. Ces scénarios incluent des facteurs de risque basés sur des hypothèses d'augmentation du prix des émissions de gaz à effet de serre et de productivité, introduites avec différentes temporalités selon les différents scénarios (transition ordonnée, transition accélérée, transition retardée).

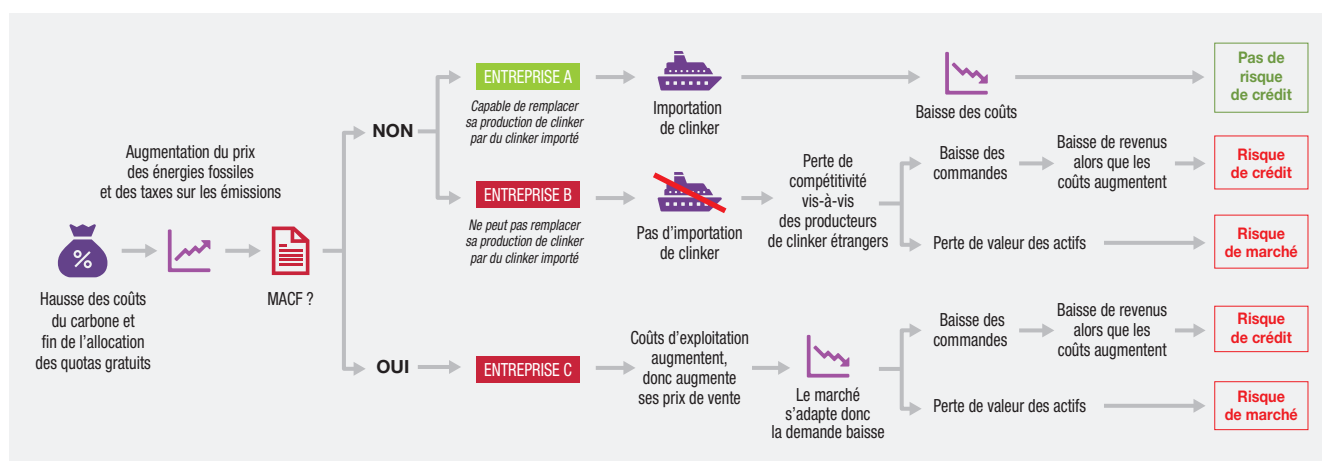
Pour le secteur du ciment, une hausse des prix du carbone en France et en Europe passerait par un renforcement assez strict des règles de l'EU ETS. Ce renforcement provoquerait une hausse du prix des quotas (notamment grâce à une révision de la MSR en 2021 et une augmentation du rythme de réduction du plafond d'émissions). Un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières pourrait être mis en place ou non au niveau européen. La mise en place d'un MACF serait plutôt un atténuateur de risque face à l'augmentation des prix du carbone, bien qu'il n'exclût pas toute forme de risque (**figure 32**). La fin de l'allocation des quotas gratuits pour les entreprises du secteur pourrait également être envisagée. Une hausse des coûts du carbone s'appliquerait à la fois sur les émissions liées à l'utilisation des énergies fossiles, ainsi que sur les émissions directement liées au processus de production du clinker.

Face à une augmentation des prix de l'énergie, plusieurs possibilités peuvent s'offrir à une entreprise cimentière. La production de clinker étant la principale cause des émissions

du ciment, elle pourrait décider, dans l'hypothèse où il n'y aurait pas de mise en place de mécanisme d'inclusion carbone, d'importer davantage de clinker hors des frontières de l'Union Européenne. Cette possibilité est envisageable si l'entreprise a la capacité de baisser sa production existante de clinker afin d'en importer, mais pourrait signifier la mise hors-circuit d'installations de production de clinker n'ayant pas encore atteint leur fin de vie. Les entreprises non productrices de clinker pourraient être par exemple avantagées car elles disposent de plus de flexibilité.

Si l'augmentation du prix du carbone est importante, les technologies actuelles pourraient ne pas être suffisantes pour permettre aux entreprises de réellement baisser leurs coûts des émissions. Il semble également possible que le marché s'adapte à une augmentation des prix du ciment, faisant baisser la demande. Cette baisse de la demande pourrait être provoquée par une baisse de la demande en bâtiments, devenant trop chers pour le consommateur, ou par une plus forte substitution avec des matériaux plus compétitifs, à l'image du bois (figure 32).

FIGURE 32 : EXEMPLE DE TRANSMISSION DÉSORDONNÉE D'UNE POLITIQUE DE HAUSSE DES COÛTS DU CARBONE



Source : IACE

Plusieurs indicateurs pourraient permettre de déterminer la capacité des entreprises à supporter une augmentation des coûts du carbone. Il convient tout d'abord de calculer la sensibilité des coûts à l'augmentation du prix du quota ETS, afin de déterminer les seuils à partir desquels une usine devient non rentable en fonction des types de technologies installées. L'élasticité prix de la demande, permettant de mesurer la sensibilité de la demande par rapport à une augmentation des prix du ciment, permettra également de quantifier ce facteur de risque. La capacité d'une entreprise à importer du clinker de l'étranger pourrait également être un indicateur pertinent, ainsi que le positionnement de son parc sur le cycle d'investissement. Enfin, le bassin d'utilisation du ciment peut également avoir son importance. En effet, plus il est éloigné de la cimenterie, plus le coût lié au transport sera important.

2.4.2. Un facteur de risque portant sur des chocs d'innovation sur les ciments verts

TABLEAU 7 : FACTEUR DE RISQUE PORTANT SUR UN CHOC D'INNOVATION SUR LES CIMENTS VERT POUR LE SECTEUR DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE

Choc technologique d'innovation sur les ciments verts	
Risque de transition	Risque réglementaire.
Facteur de risque	<ul style="list-style-type: none"> Développement d'innovations permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre du secteur : <ul style="list-style-type: none"> nouveaux substituts au clinker ; nouveaux liants ; utilisation de béton recyclé. Le développement de ces nouvelles innovations pousserait la création de nouveaux labels et de critères verts, notamment dans la commande publique.
Risque encouru	<ul style="list-style-type: none"> Pertes de part de marché provoquant des baisses de revenus ; Surendettement ; Baisse de la valeur des actifs.
Indicateurs clés à déterminer	<ul style="list-style-type: none"> Capacité financière d'une entreprise à investir dans des technologies bas-carbone ; Coût d'abattement estimé des technologies entreprises et leur impact sur le coût de production ; Capacité d'innovation d'une entreprise et dépenses en R&D effectuées ; Accès aux matières premières de substitution.

PARTIE 2. ÉTUDE DE CAS SUR LE SECTEUR DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE

Partie 2.4. Identification de facteurs de risque de transition pertinents dans l'industrie cimentière en France

Comme vu dans la **partie 2.3.1**, de nombreuses innovations sont envisageables dans le secteur de l'industrie cimentière. Ces innovations, qu'elles permettent de réduire la consommation en énergies fossiles du secteur, ou qu'elles permettent de réduire les émissions du processus de production (grâce à l'introduction de nouveaux substituts au clinker, de nouveaux liants ou par l'utilisation de béton recyclé), permettraient de réduire les émissions du secteur. Aujourd'hui, la plupart de ces innovations ne sont pas encore arrivées à maturité, mais pourraient l'être dans les années à venir. D'autres innovations pourraient également voir le jour.

Nous pouvons imaginer que pour soutenir la transition vers une économie bas-carbone, de nouveaux labels pourraient être créés pour les ciments à plus faibles émissions de CO₂. Des critères verts pourraient également être développés, notamment dans la commande publique. L'apparition de ces nouvelles technologies pourrait représenter un risque pour les acteurs du secteur n'ayant pas innové ou ne pouvant innover.

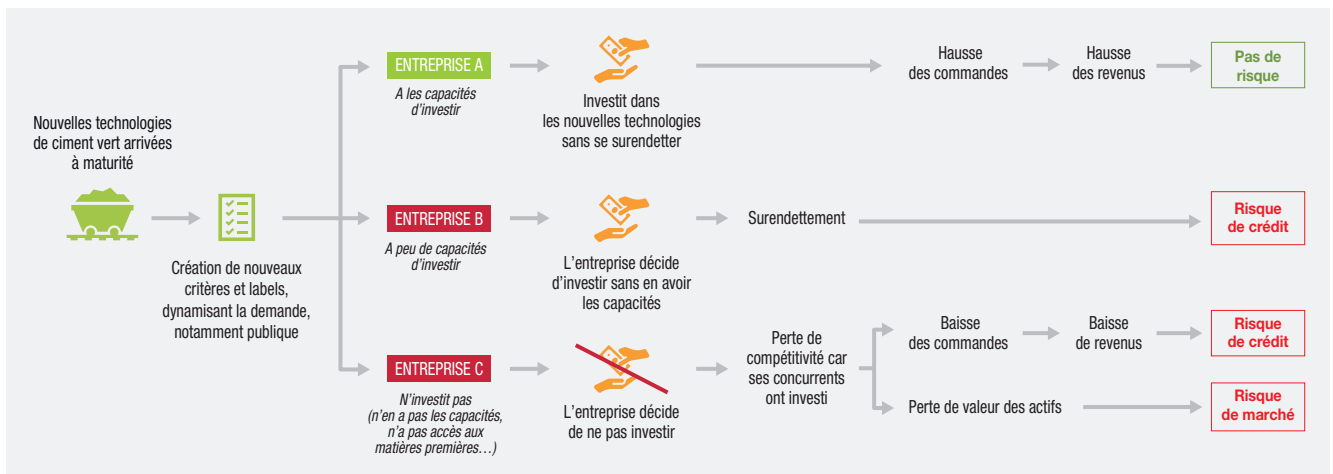
En effet, ces innovations requerraient des investissements importants au sein des lignes de production, voire la conversion complète des sites industriels. Compte tenu

des longs cycles d'investissement, réinvestir dans de nouvelles technologies avant que les équipements actuels n'aient été amortis pourrait se révéler non rentable pour certaines cimenteries.

La capacité des acteurs du secteur à faire face à ces chocs technologiques va ainsi dépendre de leur capacité à développer de nouveaux produits et à investir dans de nouvelles installations pour faire face à une nouvelle demande en ciment vert. L'accès à certaines matières premières, comme les substituts cimentaires, à l'image des pouzzolanes, ou d'autres minéraux permettant le développement de nouveaux liants, pourrait également être déterminant.

Une entreprise dont la structure et les installations existantes ne lui permettraient pas d'investir de manière suffisamment rentable dans les nouvelles technologies de production des nouveaux ciments verts par rapport à ses concurrents, nationaux ou étrangers, pourraient alors se retrouver en difficulté. Ces entreprises-là pourraient choisir de ne pas investir, mais prendraient le risque de perdre des commandes et donc des revenus, ou bien choisir d'investir, mais en prenant le risque de se surendetter (**figure 33**).

FIGURE 33 : EXEMPLE DE TRANSMISSION DU RISQUE PROVOQUÉ PAR DES CHOC D'INNOVATION DANS LES CIMENTS VERTS



Source : I4CE

Dans le cadre d'une transition ordonnée, le soutien public pouvant être apporté au développement des technologies bas-carbone pour les entreprises financières permettraient de venir atténuer en partie ces chocs technologiques.

Afin de pouvoir déterminer quelles sont les entreprises à risque, il conviendrait d'analyser plus en détail la structure financière des entreprises cimentières françaises, et le détail de leurs types d'installations afin de déterminer quelles sont les cimenteries qui seraient capables de supporter

les nouvelles charges d'investissements et quelles seraient celles qui ne le pourraient pas. Les investissements réalisés en R&D, ainsi que les capacités d'innovation de l'entreprise, seraient également des éléments à prendre en compte. Le coût d'abattement estimé des technologies entreprises et leur impact sur le coût de production serait également un indicateur à estimer. Enfin, l'accès aux matières premières pour une cimenterie permettant d'utiliser ces nouvelles technologies est également un indicateur important.

2.4.3. Un facteur de risque portant sur une baisse de la demande

TABLEAU 8 : FACTEUR DE RISQUE PORTANT SUR UNE BAISSÉ DE LA DEMANDE POUR LE SECTEUR DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE

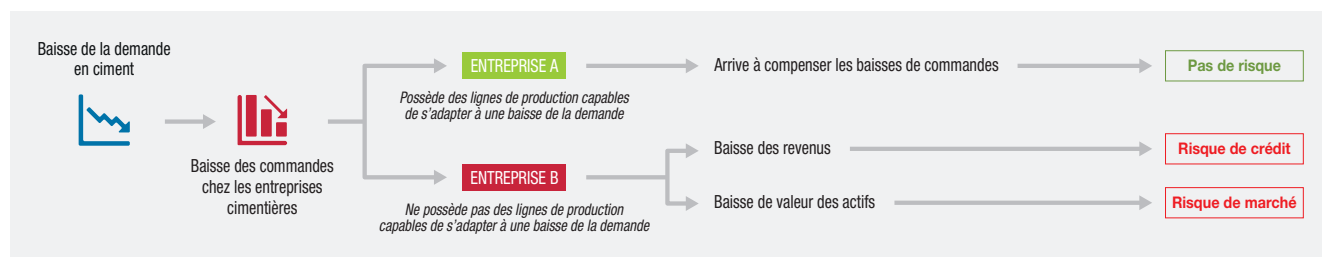
Baisse de la demande	
Risque de transition	Risque de marché.
Facteur de risque	<p>Baisse de la demande :</p> <ul style="list-style-type: none"> Provoquée par une baisse des constructions neuves via des politiques d'urbanisme ; Provoquée par une baisse de la demande en béton, remplacé par des matériaux de construction bas-carbone, comme le bois ; Provoquée par une baisse de la demande en ciment dans la fabrication du béton.
Risque encouru	<ul style="list-style-type: none"> Les entreprises pourraient être contraintes de baissér leurs prix de vente afin de maintenir leur compétitivité donc perte de chiffre d'affaires ; Baisse de la valeur des actifs.
Indicateurs clés à déterminer	<ul style="list-style-type: none"> Rentabilité du processus de production d'une cimenterie et capacité à encaissér une baisse de la demande ; Taille de production minimale par type d'usine pour qu'une usine soit rentable ; Part de la production contractualisée sur les prochaines années pour une cimenterie ; Niveau d'intégration de l'entreprise au sein de la filière (ciment, béton) ; Type de ciment fabriqué (à destination des logements, bâtiments tertiaires, infrastructures).

Comme indiqué dans la partie 2.3.3, plusieurs facteurs peuvent provoquer une baisse importante de la demande en ciment dans un contexte de transition. Cette baisse de la demande pourrait provenir de nouvelles politiques d'urbanisme provoquant une baisse des constructions neuves. Le développement de nouveaux labels et réglementations portant sur l'intensité carbone des bâtiments pourrait favoriser le bois ou autres matériaux bas-carbone dans la construction et donc faire baisser la demande en béton. Enfin, des changements de pratiques et une évolution de la réglementation européenne pourraient amener à faire baisser significativement le taux de ciment dans le béton, les marchés évoluant vers des bétons moins émetteurs de CO₂.

La combinaison de ces différents facteurs provoquant une baisse de la demande en ciment pourrait présenter un risque important pour les entreprises cimentières en France et en Europe, et notamment si la baisse de la demande se fait de manière rapide et non anticipée. L'ADEME a modélisé un scénario extrême de choc de la demande (Scénario « choc sobriété low-tech ») pouvant réduire jusqu'à plus de 50 % le marché français du ciment (Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021).

Une baisse de la demande pourrait contraindre les entreprises à baisser leurs prix de vente de ciment afin de maintenir leur compétitivité. Les durées de vie des installations étant assez longues, il pourrait être difficile pour les industries de réinvestir rapidement dans des sites plus adaptés à une demande moins importante. Le niveau de résistance des acteurs va donc dépendre de leur marge de manœuvre à réduire leur production de ciment et à s'adapter à une demande en baisse (figure 34).

FIGURE 34 : EXEMPLE DE TRANSMISSION DU RISQUE PROVOQUÉ PAR UNE BAISSÉ DE LA DEMANDE



Source : I4CE

Afin de déterminer quelles pourraient être les entreprises à risque, il conviendrait de déterminer pour chaque cimenterie le niveau de rentabilité de son processus de production, sa chronique d'investissements passés et ses besoins en investissements futurs, afin de déterminer si elle serait capable de supporter (i) une baisse de la demande, (ii) de nouveaux investissements pour des usines plus adaptées. Il conviendrait également pour cela de déterminer la taille de production minimale pour qu'un site de production soit rentable. La part de la production contractualisée sur les prochaines années pour une cimenterie pourrait être également un indicateur de sensibilité à une baisse de

demande. Le niveau d'intégration de l'entreprise au sein de la filière est également un indicateur important puisqu'une entreprise présente sur toute la chaîne de la filière (ciment, béton) ne subirait que l'impact d'une baisse de la demande en béton alors qu'une entreprise présente uniquement dans le secteur du ciment pourrait subir deux types de baisses de demande, à la fois une baisse de la demande en ciment, ainsi qu'une baisse de la demande en béton. Enfin, le type de ciment fabriqué par une cimenterie pourrait également être un indicateur en fonction d'où provient la baisse de la demande (construction de nouveaux logements, ou construction de bâtiments tertiaires ou infrastructures).

2.4.4. Un facteur de risque portant sur un choc d'innovation sur les technologies de capture et de stockage du carbone

TABLEAU 9 : FACTEUR DE RISQUE PORTANT SUR UN CHOC D'INNOVATION SUR LES TECHNOLOGIES CSC POUR LE SECTEUR DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE

Choc d'innovation sur les technologies de capture et de stockage du carbone	
Risque de transition	Risque technologique.
Facteur de risque	<ul style="list-style-type: none"> • Entreprises cimentières décident de mettre l'accent sur les technologies CSC pour décarboner leur production du ciment ; • Scénario viable uniquement dans le cadre d'un scénario d'augmentation des coûts du carbone ou de mise en place de normes environnementales plus sévères.
Risque encouru	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de compétitivité par rapport à d'autres entreprises cimentières se trouvant à proximité de lieux de stockage ; • Baisse de la valeur des actifs ; • Surendettement.
Indicateurs clés à déterminer	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité d'une cimenterie à investir dans des technologies CSC ; • Distance à un lieu de stockage ; • Quantité d'énergie supplémentaire à utiliser pour le captage du CO₂ ; • Présence d'infrastructures de transport du CO₂.

Les entreprises cimentières pourraient envisager à l'avenir de mettre l'accent sur les CSC pour décarboner leur production de ciment. Etant donné l'investissement que représenteraient ces technologies, leur recours ne serait envisageable que dans le cadre d'un scénario d'augmentation des coûts du carbone ou de normes environnementales plus sévères.

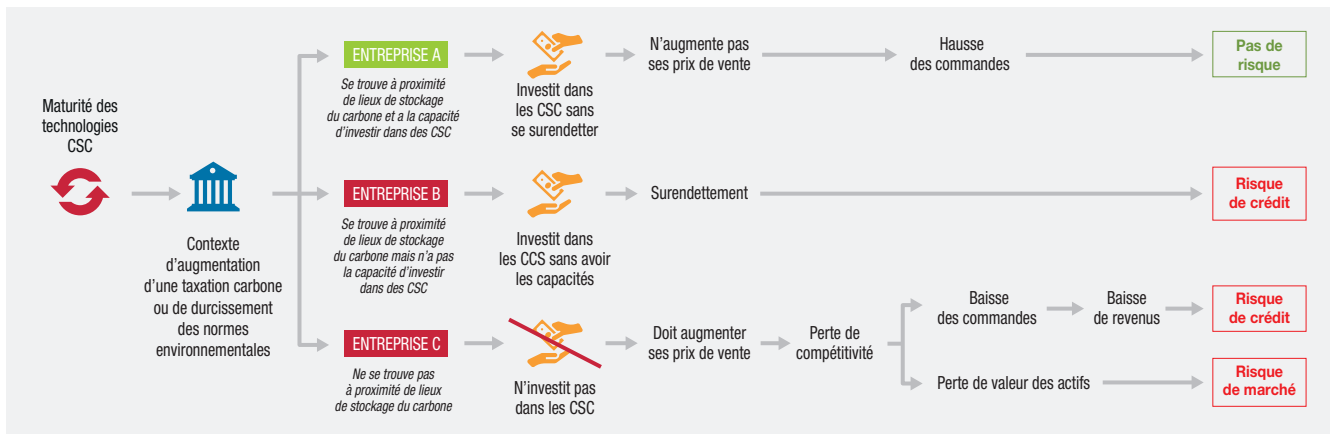
Si le recours aux technologies CSC est souvent considéré comme un facteur d'atténuation des risques de transition, il peut également être source de risque pour certaines entreprises ne pouvant disposer de ces technologies alors que d'autres entreprises concurrentes le peuvent.

En effet, les entreprises cimentières risquent de devoir faire face à la disponibilité des sites de stockage, peu nombreux en France (voir **partie 2.3.1**). La possibilité de stockage dépend de la géologie locale. En France, l'ADEME (2020) a identifié deux zones principales de stockage onshore dans le Bassin parisien et en Nouvelle Aquitaine (voir **figure 29**). Un développement du stockage off-shore en Méditerranée, ainsi qu'au bord de la Manche pourrait aussi être envisagé. En l'absence d'un réseau pour évacuer le CO₂ capturé, opérer à proximité d'un lieu de stockage du CO₂ est déterminant pour que la technologie CSC soit rentable.

A l'échelle européenne, où les lieux de stockage pourraient être inégalement répartis, une entreprise n'ayant pas recours à des technologies CSC pourrait vite se retrouver en perte de compétitivité par rapport à d'autres acteurs étant à proximité de lieux de stockage. Une entreprise se trouvant à proximité d'un lieu de stockage ou d'infrastructures de transport du CO₂ pourrait décider d'investir dans des technologies CSC mais l'investissement serait tel qu'elle pourrait se retrouver surendettée (**figure 35**). La résistance des acteurs du secteur au choc dépendra donc de leur accès à ces technologies et à leur capacité à investir dans ces nouvelles technologies sans se surendetter.

Afin de mesurer les indicateurs clés permettant de déterminer la viabilité d'un déploiement des CSC pour une entreprise, il conviendrait de déterminer tout d'abord la distance de l'entreprise à un lieu de stockage, la quantité d'énergie supplémentaire à utiliser pour le captage du CO₂, la présence d'infrastructures de transport du CO₂ et la capacité d'une entreprise à investir dans ces nouvelles technologies.

FIGURE 35 : EXEMPLE DE TRANSMISSION DU RISQUE PROVOQUÉ PAR UN CHOC D'INNOVATION SUR LES TECHNOLOGIES CSC



Source : I4CE

Partie 2.5. Conclusion de l'étude de cas

Le secteur du ciment présente de nombreux enjeux de transition bas-carbone. Des solutions technologiques existent ou sont en cours de développement afin de réduire les émissions du secteur, mais l'immense majorité de ces solutions présente des coûts d'investissements très importants et peuvent dépendre de la disponibilité en matières premières.

Si le NGFS et l'ACPR ont principalement retenu des facteurs de risque de transition portant sur une augmentation du coût des émissions¹⁴, d'autres risques de transition existent pour le secteur du ciment. Ils peuvent venir de chocs technologiques portant sur des solutions permettant de décarboner le secteur (ciment décarboné ou recours au CSC). Ces solutions pourraient ne pas être accessibles à toutes les entreprises, en raison de leur structure financière initiale, ainsi qu'en raison de leur localisation et de leur accès aux matières premières nécessaires pour développer ou utiliser ces technologies. Une baisse importante de la demande dans le secteur pourrait également être envisagée, en raison de nouvelles politiques d'urbanisme ou d'évolution dans les matériaux de construction. Tous ces facteurs de risque sont superposables, et leur superposition peut aggraver les risques chez les entreprises cimentières.

Ces risques de transition peuvent aboutir à des risques financiers (risque de crédit, risque de marché) pour les institutions financières à travers divers canaux de transmission du risque.

Toutes les entreprises du secteur pourraient ne pas réagir de la même manière à ces différents chocs en fonction de leurs caractéristiques propres (capacité à investir dans les nouvelles technologies bas carbone, stratégie d'innovation, accessibilité à certaines matières premières, etc.). Le niveau de risque dépendra également du niveau de soutien public à l'innovation ainsi que des mécanismes de protection contre le dumping environnemental de certains pays producteurs aux normes environnementales moins contraignantes. Certains indicateurs clés devront être déterminés pour chaque entreprise par facteur de risque afin d'évaluer leur niveau de vulnérabilité face à ces différents risques. Une analyse plus granulaire à l'intérieur d'un même secteur est donc nécessaire afin de déterminer les risques financiers que peut encourir le secteur du ciment face aux enjeux de la transition.

Une quantification des scénarios portant sur ces facteurs de risque, ainsi qu'une quantification de ces risques pour les institutions bancaires seraient une prochaine étape afin de déterminer l'impact de ces facteurs de risque au sein des portefeuilles bancaires.

14 Les hypothèses de disponibilité des technologies de capture du carbone ont davantage été retenues comme opportunité pour les agents économiques dans les scénarios du NGFS et de l'ACPR, plutôt que comme facteur de risque

Conclusion générale

Ce rapport vient tester deux hypothèses en lien avec le cadrage analytique des scénarios climatiques développé par le NGFS, dans l'objectif notamment d'affiner les scénarios proposés. Pour cela, le rapport développe une approche sectorielle et cherche à identifier à travers deux études de cas (le secteur du ciment et le secteur résidentiel privé) des enjeux et des facteurs clés qui pourraient définir l'évolution de ces secteurs dans un contexte de transition.

Les facteurs de risque de transition sont multiples, diffèrent selon les secteurs et peuvent se superposer

La première hypothèse repose sur le fait qu'il existe de multiples sources potentielles de risques de transition et qu'elles peuvent différer selon les secteurs. Or, les scénarios représentatifs du NGFS couvrent principalement deux facteurs de risque (tarification des émissions et disponibilités technologiques, notamment des technologies de capture du carbone) et pourraient ainsi sous-estimer les risques plausibles.

Pour les deux études de cas sectorielles, l'identification de transitions désordonnées pour chaque secteur permet de démontrer qu'il existe effectivement plusieurs facteurs de risque plausibles.

En effet, pour le secteur de l'immobilier résidentiel, les facteurs de risque peuvent provenir d'une augmentation du prix des émissions de gaz à effet de serre, mais également de politiques d'obligation de rénovation des logements mises en place de manière drastique, non anticipée et sans accompagnement financier des ménages, les empêchant de disposer financièrement de leur bien. Ces politiques pourraient être aggravées par un contexte BTP difficile, marqué par une pénurie d'artisans, non formés à la rénovation globale, rendant difficile la réalisation de travaux de rénovation performantes exigées par la réglementation. Enfin, un choc de marché provoqué par une prise de conscience accrue des ménages des futurs risques physiques pouvant peser sur les logements dans un contexte de changement climatique pourrait modifier les dynamiques de demande pour les biens immobiliers.

De même, le secteur du ciment présente divers facteurs de risque. Ces facteurs peuvent provenir d'une augmentation du prix des émissions, à travers un renforcement du dispositif de l'EU ETS, mais également de chocs technologiques, que ce soit dans les innovations de ciments verts ou l'arrivée à maturité des technologies de stockage du carbone. Une baisse de la demande en ciment pourrait également être envisagée, à la suite d'une baisse de la demande dans la construction ou un recours accru à d'autres matériaux de construction.

Pour chacun des deux secteurs, les différents facteurs de risque identifiés pourraient augmenter la vulnérabilité des acteurs, et ainsi augmenter les risques financiers pour les institutions financières.

L'analyse de ces facteurs a également démontré la plausibilité de leur superposition, ce qui pourrait aggraver les niveaux de risques totaux.

Tous les acteurs au sein d'un même secteur ne disposent pas des mêmes leviers face aux risques de transition

La seconde hypothèse repose sur le fait que tous les acteurs au sein d'un même secteur ne disposent pas des mêmes leviers pour faire face aux risques de transition. Or, le cadre analytique proposé par le NGFS, et celui développé par l'ACPR, ne proposent pas d'analyse granulaire à l'intérieur d'un même secteur. Dans ce cadre analytique, chaque acteur au sein d'un même secteur est supposé réagir de manière identique à un choc de transition, sans prendre en compte ses spécificités ni ses stratégies de transition.

Les études de cas permettent de confirmer cette hypothèse et d'identifier les indicateurs clés qui permettent de mieux juger la vulnérabilité des agents économiques (ménages ou entreprises) aux différents risques. Plusieurs constats peuvent être établis.

Tout d'abord, tous les agents économiques ne sont pas vulnérables de manière identique. Les niveaux de vulnérabilité pour chaque facteur de risque diffèrent selon les acteurs au sein d'un même secteur, et les différents facteurs ne touchent donc pas forcément les mêmes agents économiques avec la même intensité.

Par exemple, pour le secteur de l'immobilier, on constate que le niveau de performance énergétique des bâtiments est un des indicateurs clés permettant de mieux identifier les contreparties potentiellement vulnérables au regard d'un facteur de risque d'augmentation du prix des émissions ou d'obligation de rénovation. Cependant, c'est plutôt une géolocalisation fine du logement qui permettrait d'évaluer un facteur de risque de marché lié à un changement de demande des ménages suite à une prise de conscience des menaces de risques physiques.

Une analyse intra-sectorielle permet alors d'évaluer la vulnérabilité des différents agents économiques aux différents facteurs de risque. Ces recherches sont également essentielles pour déterminer dans quelle mesure une superposition de ces facteurs de risque pourrait générer des impacts multipliés, puisque la population des contreparties potentiellement concernées augmente (ex. maisons peu performantes énergiquement et maisons en zones géographiques spécifiques).

Des pistes de recherche pour l'amélioration des stress-tests climatiques, ainsi que pour les autres outils de gestion du risque

Si une analyse sectorielle a permis d'établir que les facteurs de risques pouvaient différer selon les secteurs, il conviendra de déterminer dans un premier temps si les facteurs de risques identifiés pour chaque secteur économique et pris de manière individuelle pourraient générer des risques financiers plus élevés que ceux déjà couverts par le cadre d'analyse du NGFS. Si tel n'était pas le cas, alors les facteurs de risques couverts par l'analyse du NGFS pourraient être suffisants pour couvrir l'ensemble des risques propres à chaque secteur.

En revanche, la superposition de ces facteurs de risques pourrait aggraver les résultats. Une quantification de ces facteurs de risques pourrait se révéler pertinente. Elle permettrait de déterminer les ordres de grandeurs relatifs à chaque facteur de risque. Cette quantification pourrait être effectuée grâce aux différents indicateurs de vulnérabilité des acteurs économiques (entreprises, ménages) face aux facteurs de risque identifiés précédemment.

Néanmoins, l'objectif reste de trouver un compromis satisfaisant entre la complexité de la démarche et la pertinence des résultats. Une piste à creuser serait d'analyser dans quelle mesure il serait possible de faire travailler les institutions financières avec un nombre limité de facteurs de risque et d'utiliser les résultats ainsi fournis par les institutions pour calculer un risque global couvrant davantage de facteurs de risque. Ce risque global pourrait être déterminé en s'appuyant sur des hypothèses de poids relatifs des facteurs de risque et leur potentiel de superposition.

Les recherches préalables nécessaires afin d'établir les hypothèses de calcul pourraient également donner de précieuses clés d'analyse pour l'amélioration des outils de gestion des risques de transition internes aux institutions financières. Les études de cas sectorielles ont démontré que pour une gestion du risque au quotidien, une compréhension fine au niveau sous-sectoriel est primordiale afin d'identifier les risques de transition liés à un portefeuille financier. Etendre ces analyses à d'autres secteurs peut présenter un intérêt non seulement pour la communauté d'experts des stress-tests climatiques mais également pour les fournisseurs de services et les institutions financières qui cherchent à optimiser leur gestion interne des risques de transition liés au climat.

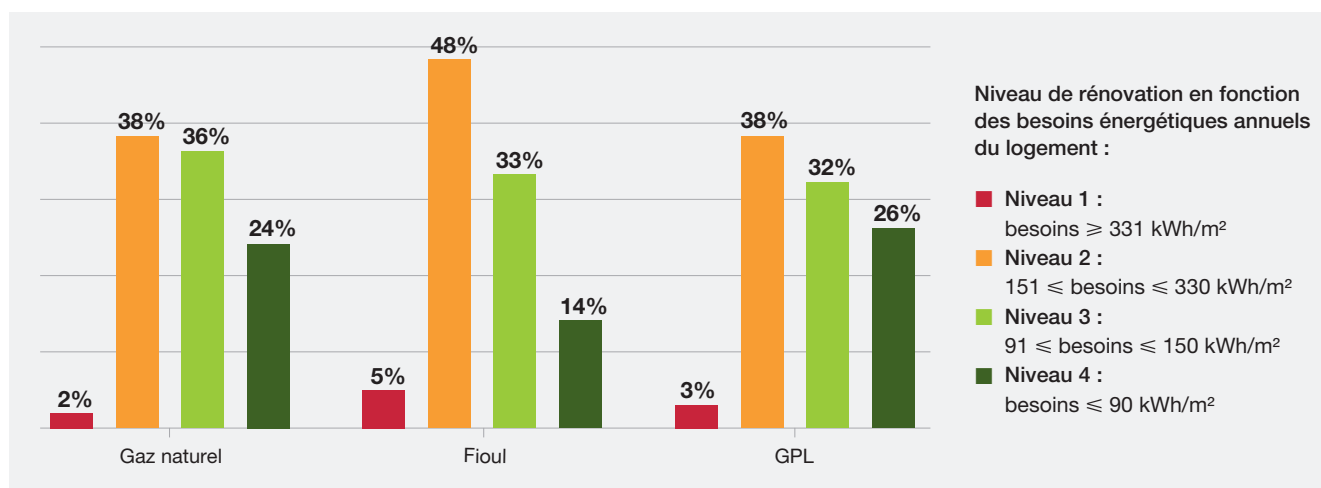
Annexes

Annexe n°1 : Estimation des effets d'une augmentation des prix du carbone dans le budget logement des ménages

La base de données ENERTER© 2015 Energies demain permet de donner une vision du parc de logements par type de chauffage, par niveau de consommation énergétique du logement, par niveau de rénovation du logement, selon le statut de l'occupant (locataire ou propriétaire) et selon le niveau de revenus des ménages.

Pour les ménages chauffés aux énergies fossiles et propriétaires de leur logement, entre 2 % et 5 % d'entre eux habitent un logement équivalent à un niveau F ou G, et entre 38 % et 48 % d'entre eux habitent un logement équivalent à niveau D ou E (figure 36).

FIGURE 36 : RÉPARTITION DES LOGEMENTS DU PARC PRIVÉ CHAUFFÉS PAR TYPE D'ÉNERGIE SELON LE NIVEAU DE RÉNOVATION DU LOGEMENT (PROPRIÉTAIRES OCCUPANTS)



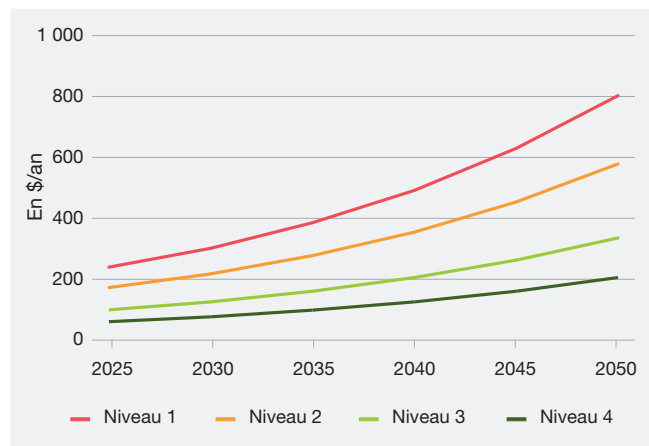
Source : I4CE, d'après ENERTER© 2015 Energies demain

A partir des niveaux de consommation moyen des ménages de 2015 et des facteurs d'émissions par type de chauffage issus de la base carbone ADEME (2020), il est possible de calculer la charge moyenne que pourrait représenter la composante carbone liée à la consommation énergétique du logement en fonction des hypothèses d'augmentation du prix du carbone des différents scénarios de l'ACPR et selon les niveaux de rénovation des logements (voir ci-dessus).

Il en résulte que plus le niveau de rénovation est faible, plus la charge est importante. Pour un ménage chauffé au gaz, elle peut atteindre jusqu'à 800\$/an en 2050¹⁵ dans le cadre d'une transition ordonnée (figure 37) et 4 000\$/an dans le cadre d'une transition accélérée (figure 38). Il convient de noter qu'aucune hypothèse d'évolution de la consommation n'a été effectuée.

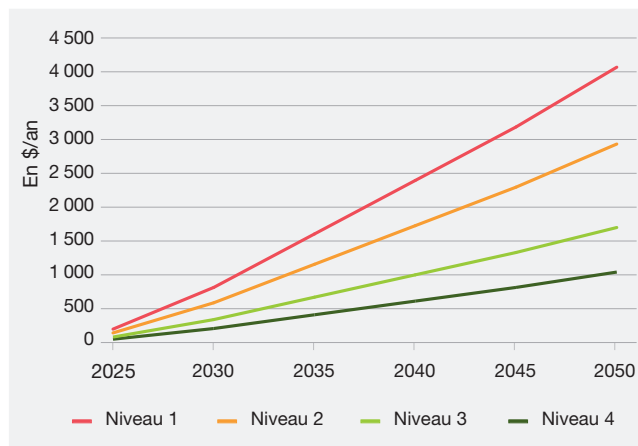
15 Sur la base des hypothèses d'évolution des prix du carbone exprimés en dollars pour chaque scénario de transition, communiquées par l'ACPR dans le cadre de la réalisation de son exercice pilote

FIGURE 37 : ÉVOLUTION DE LA CHARGE MOYENNE DE LA COMPOSANTE CARBONE EN \$/AN CHEZ UN MÉNAGE CHAUFFÉ AU GAZ EN FONCTION DES NIVEAUX DE RÉNOVATION DU LOGEMENT (TRANSITION ORDONNÉE)



Source : IACE, d'après ENERTER© 2015 Energies demain et base carbone ADEME

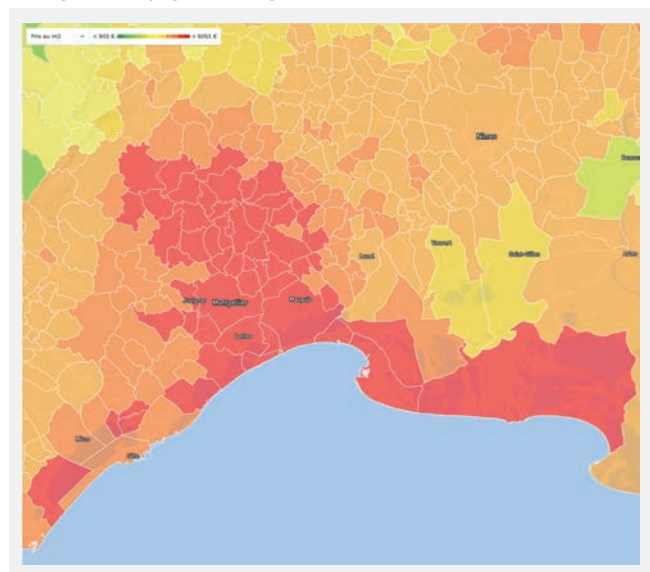
FIGURE 38 : ÉVOLUTION DE LA CHARGE MOYENNE DE LA COMPOSANTE CARBONE EN \$/AN CHEZ UN MÉNAGE CHAUFFÉ AU GAZ EN FONCTION DES NIVEAUX DE RÉNOVATION DU LOGEMENT (TRANSITION ACCÉLÉRÉE)



Annexe n°2 : Décorrélation de la valeur des biens immobiliers et des risques de submersions marines

Aujourd'hui la valeur de marché des biens immobiliers situés dans les littoraux ne reflète pas encore le risque de submersion marine. Par exemple, la région autour de Montpellier est une région attractive, où le prix de l'immobilier est d'autant plus élevé qu'on se rapproche du littoral. Le prix moyen d'une maison dans des villes comme Palavas-les-Flots ou la Grande-Motte peuvent atteindre 6 500 € au m², soit 2,4 fois plus que la moyenne du département de l'Hérault et soit presque 2 fois plus que le prix moyen au m² des maisons vendues à Montpellier, situé à 10 kms de la mer. Globalement, une carte des prix au m² de la région nous montre que plus on s'éloigne de la mer, plus le prix au m² diminue (figure 39).

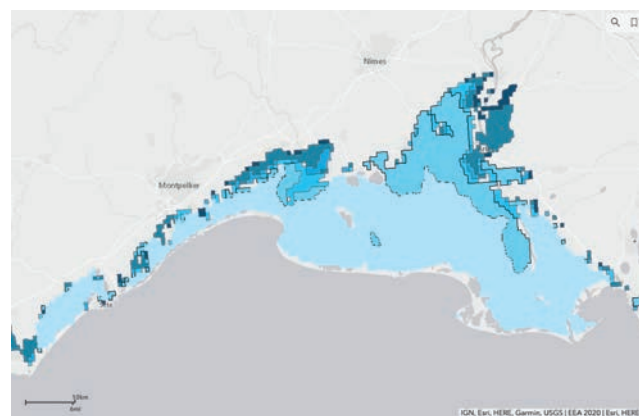
FIGURE 39 : PRIX DE L'IMMOBILIER AU M² DANS LA RÉGION DE MONTPELLIER



Source : meilleursagents.com

La carte réalisée par l'Agence Européenne de l'Environnement délimitant les zones basses du littoral pouvant être concernées par l'augmentation du niveau de la mer ainsi que la population pouvant être affectée (figure 40), montre que cette zone en bord de mer se trouve à moins d'un mètre au-dessus du niveau de la mer et pourrait se retrouver inondée de manière permanente d'ici la fin du siècle. La carte indique qu'également près de 45 000 personnes vivent actuellement dans cette zone.

FIGURE 40 : ESTIMATION DES ZONES INONDABLES ET DES POPULATIONS VIVANT DANS CES ZONES DANS LA RÉGION DE MONTPELLIER



Source : Agence Européenne de l'Environnement, d'après CReSIS et Eurostat

Il y a ainsi une totale décorrélation entre le risque futur lié à l'aléa climatique de submersion marine et le prix au m² des logements dans la zone en bord de mer, plus élevé qu'ailleurs, signe que ce risque n'est toujours pas pris en compte dans la valeur des logements de cette zone. La région de Montpellier n'est pas la seule concernée par cette problématique, qui concerne une partie importante du littoral français.

Annexe n°3 : Les éléments clés du processus de production du ciment et du béton

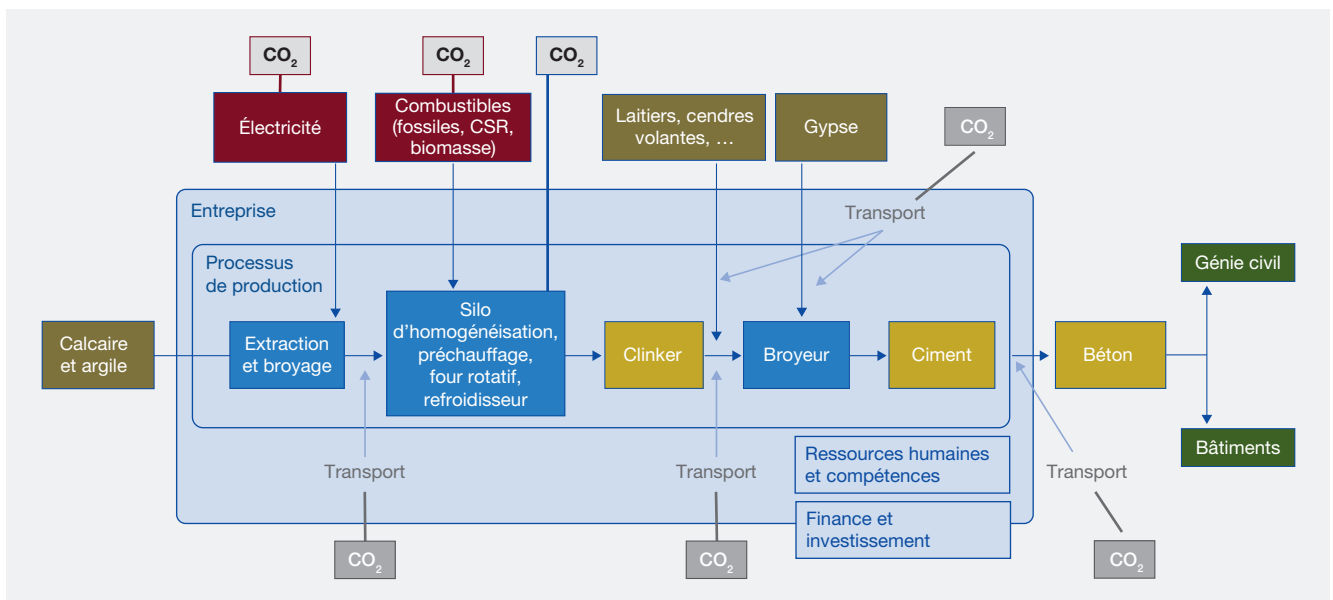
Le ciment est un liant hydraulique principalement utilisé dans la fabrication du béton. La chaîne de valeur du processus de production du ciment couvre de l'extraction des matières premières à la vente du ciment dans sa forme finale (figure 41).

La plus grosse étape du processus de production du ciment est la fabrication du clinker, principal constituant du ciment, à partir d'argile ($\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$) et de calcaire (CaCO_3). Ces éléments sont extraits des carrières puis broyés dans un mélange très fin, appelé « cru ». Le cru est ensuite préchauffé, puis chauffé dans un four à très haute température (1500°C), permettant de déclencher le processus physico-chimique de « clinkérisation ». Sous haute température, la poudre subit une décarbonation, résultant de la dissociation du CaCO_3 en CaO

et CO_2 , libérant ainsi du CO_2 (Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021).

Les voies de fabrication du clinker peuvent se faire par voie sèche ou par voie humide. Le choix du procédé était historiquement déterminé par l'état des matières premières disponibles : sèches ou humides, même s'il est aujourd'hui possible de convertir une installation par voie sèche en voie humide. Le processus de production par voie humide est beaucoup plus énergivore que le processus par voie sèche ; les consommations d'énergie sont environ 40 % supérieures (Madloul *et al.*, 2011).

FIGURE 41 : CARTOGRAPHIE DES ÉLÉMENTS CLÉS DU PROCESSUS DE PRODUCTION DU CIMENT ET DU BÉTON



Source : I4CE, d'après Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final, ADEME, 2021

Bibliographie

Bibliographie générale

- ACPR. 2021. Une première évaluation des risques financiers dus au changement climatique. Les principaux résultats de l'exercice pilote climatique 2020. <https://acpr.banque-france.fr/les-principaux-resultats-de-lexercice-pilote-climatique-2020>
- ACPR, Banque de France. 2020. Scénarios et hypothèses principales de l'exercice pilote climatique. https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/principales_hypotheses_pour_lexercice_pilote_climatique.pdf
- Allen T., Dees S., Boissinot J., Caicedo Graciano C.M., Chouard V., Clerc L., De Gaye A., Devulder A., Diot S., Lisack N., Pegoraro F., Rabaté M., Svartzman R. and Vernet L. 2020. Climate-Related Scenarios for Financial Stability Assessment: an application to France, Working papers. Banque de France et ACPR. <https://publications.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/wp774.pdf>
- Bank of England. 2019. The 2021 biennial exploratory scenario on the financial risks from climate change. <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/paper/2019/the-2021-biennial-exploratory-scenario-on-the-financial-risks-from-climate-change.pdf?la=en&hash=73D06B913C73472D0DF21F18DB71C2F454148C80>
- Carney M. Discours – Breaking the Tragedy of the Horizon – climate change and financial stability. Discours donné à la Lloyd's of London, 29/09/2015. <https://www.bankofengland.co.uk/speech/2015/breaking-the-tragedy-of-the-horizon-climate-change-and-financial-stability>
- Jacquetin F. 2021. Stress-tests climatiques par scénarios : de l'analyse des risques à la modélisation. Ademe. <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4218-stress-tests-climatiques-par-scenarios-de-l-analyse-des-risques-a-la-modelisation.html>
- NGFS. 2020. Guide to climate scenario analysis for central banks and supervisors. https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/ngfs_guide_scenario_analysis_final.pdf
- TCFD. 2017. Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. <https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2020/10/FINAL-2017-TCFD-Report-11052018.pdf>
- Vailles C., Hubert L., Colin A. 2020. L'analyse par scénarios des enjeux de la transition bas-carbone. De la mise en œuvre à la communication par les entreprises dans le cadre de la TCFD. I4CE – Institut de l'économie pour le climat. <https://www.i4ce.org/download/lanalyse-par-scenarios-dans-la-transition-bas-carbone/>
- Vermeulen R., Schets E., Lohuis M., Kölbl B., Jansen D-J. and Heeringa W. 2018. An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands. De Nederlandsche Bank N.V. https://www.dnb.nl/media/pdnpdalc/201810_nr_7_-2018-_an_energy_transition_risk_stress_test_for_the_financial_system_of_the_netherlands.pdf

Bibliographie de l'étude de cas immobilier

- ADEME. 2020. Base carbone. <http://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil>
- ADEME. 2020. Les représentations sociales du changement climatique, 21 vague Juillet 2020. <https://www.ademe.fr/representations-sociales-changement-climatique-21-eme-vague>
- ADEME, CSTB. 2011. Bilan Carbone ® appliqué aux bâtiments, guide méthodologique.
- ADEME, Dorémi, Enertech. 2021. La rénovation par étape, Etude de conditions nécessaires pour atteindre la performance BBC rénovation ou équivalent à terme en logement individuel. <https://www.ademe.fr/renovation-performante-etapes>
- ADEME, Energies Demain, Kantar Public et Pouget Consultants. 2018. Enquête TREMI, Travaux de Rénovation Énergétique des Maisons Individuelles, Campagne 2017. <https://www.ademe.fr/travaux-renovation-energetique-maisons-indivuelles-enquete-tremi>
- Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par le bureau d'études ENERTECH. 2016. Analyse des coûts de la rénovation énergétique des logements en France. <https://www.enertech.fr/rubrique/rubrique-242/>
- Agence Européenne de l'environnement. 2020. Estimated population living in coastal lowlands. D'après CReSIS and eurostat population data. <https://experience.arcgis.com/experience/5f6596de6c4445a58aec956532b9813d>
- Agence Internationale de l'Energie. 2020. CO₂ Emissions from Fuel Combustion. <https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/co2-emissions-statistics>
- Association négaWatt. 2019. Pourquoi et comment rendre obligatoire la rénovation énergétique des bâtiments en France ? Note d'analyse. https://negawatt.org/IMG/pdf/190830_note_pourquoi_et_comment_rendre_obligatoire_la_renovation_en_france.pdf
- Banque de France. 2020. Données issues de Webstat. <http://webstat.banque-france.fr/fr/home.do>
- Callonnet G., Gouédard H., Jolivet P. (ADEME). 2019. La contribution climat-solidarité, une taxe carbone pour la transition écologique et pour plus de solidarité fiscale. <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/848-fiche-technique-sur-la-contribution-climat-solidarite.html>
- Ceren, Service des données et études statistiques. 2019. Consommation énergétique du secteur résidentiel 2018. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-12/consommation-energie-parc-residentiel-2018.xls>
- Citepa. 2020. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France – Format Secten. <https://www.citepa.org/fr/secten/#download-secten>
- Commissariat général au développement durable, service des données et études statistiques. 2020. Rapport du compte du logement 2019. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/rapport-du-compte-du-logement-2019-0>

BIBLIOGRAPHIE

- Commissariat général au développement durable, service des données et études statistiques. 2020. Le parc de logements par classe de consommation énergétique, document de travail n°49. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/le-parc-de-logements-par-classe-de-consommation-energetique>
- Commissariat général au développement durable, service des données et études statistiques. 2020. Bilan énergétique de la France pour 2018. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-01/datalab-64-bilan-energetique-france-2018-janvier2020.pdf>
- Commissariat général au développement durable, service des données et études statistiques. 2020. Data Lab : Risques climatiques : six Français sur dix sont d'ores et déjà concernés. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-01/datalab-essentiel-202-risques-climatiques-janvier2020.pdf>
- Commissariat général au développement durable, Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable. 2016. Simuler l'impact social de la fiscalité énergétique : le modèle Prometheus (PROgramme de Microsimulation des Énergies du Transport et de l'Habitat pour Évaluations Sociales) - Usages et méthodologie. <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0083/Temis-0083851/22397.pdf>
- Convention Citoyenne pour le Climat. 2020. Les propositions de la Convention Citoyenne pour le Climat, Thématique Se Loger. <https://propositions.conventioncitoyennepourleclimat.fr/rf/rf/coc-rapport-final-seloger.pdf>
- ENERTER©. 2015. Energies demain. Base de données.
- Global Alliance for Buildings and Construction & OI – Observatoire de l'Immobilier Durable. 2021. Buildings and Climate Change Adaptation: A Call for Action. <https://globalabc.org/resources/publications/buildings-and-climate-change-adaptation-call-action>
- Etude menée par Harris Interactive pour Enedis. 2018. Observatoire Enedis, Les Français et les aléas climatiques. https://harris-interactive.fr/opinion_polls/observatoire-enedis-les-francais-et-les-aleas-climatiques/
- Haut Conseil pour le Climat. 2020. Rénover mieux, Leçons d'Europe. https://www.hautconseilclimat.fr/wp-content/uploads/2020/11/hcc_rapport_renover_mieux_lecons_deurope.pdf
- Insee. 2018. Le parc de logements en France au 1^{er} janvier 2018. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3620894>
- Insee. 2017. Les conditions de logement en France, Edition 2017. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2586377>
- McKinsey Global Institute. 2020. Climate risk and response: Physical hazards and socioeconomic impacts - Will mortgages and markets stay afloat in Florida?. <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/will-mortgages-and-markets-stay-afloat-in-florida>
- Meilleursagents.com. 2021. Prix de l'immobilier au mètre carré. <https://www.meilleursagents.com/prix-immobilier/>
- Ministère de la Transition Ecologique. 2020. Stratégie Nationale Bas Carbone, La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone, rapport d'accompagnement. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2020-03-25_MTES_SNBC2.pdf
- OI – Observatoire de l'Immobilier Durable. 2020. Fiche aléa – Submersions marines. https://resources.taloe.fr/resources/documents/9077_200423_Bat-ADAPT_Fiche_alea_Submersions_marines_VF.pdf
- Sondage OpinionWay pour Monexpert-renovation-energie.fr. 2020. Les Français et la rénovation énergétique, 6^e édition. <https://www.opinion-way.com/fr/sondage-d-opinion/sondages-publies/opinion-societe/environnement-et-developpement-durable/opinionway-pour-monexpertrenovation-energie-fr-les-francais-et-la-renovation-energetique-6eme-edition-novembre-2020.html>
- RTE. 2021. Bilan Electrique 2020. <https://www.rte-france.com/actualites/bilan-electrique-francais-2020>
- The Conversation. 2019. In fire-prone California, many residents can't afford wildfire insurance. <https://theconversation.com/in-fire-prone-california-many-residents-cant-afford-wildfire-insurance-119451>

Bibliographie de l'étude de cas ciment

- ADEME. 2021. Plan de Transition Sectoriel de l'Industrie Cimentière en France, synthèse et rapport final.
- ADEME. 2021. Plan de Transition Sectoriel de l'industrie cimentière en France, premiers résultats technico-économiques. https://finance-climact.fr/wp-content/uploads/2021/03/Synthese_PTS_03-02-21_QuadriModifiee_BD.pdf
- ADEME. 2020. Le captage et stockage géologique de CO₂ (CSC) en France : un potentiel limité pour réduire les émissions industrielles. <https://bibliothèque.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/69-avis-de-l-ademe-captage-et-stockage-geologique-de-co2-csc-en-france.html>
- ADEME. 2019. Base carbone. <https://www.bilans-ges.ademe.fr/docutheque/docs/Documentation%20générale%20anglaise%20v16.1.pdf>
- Carbon pulse. 2020. Germany unveils long-awaited coal phaseout bill after cabinet approval. <https://carbon-pulse.com/91064/>
- Cembureau. 2021. Key facts and figures. <https://cembureau.eu/about-our-industry/key-facts-figures/>
- Ceren. 2019. Les consommations d'énergie du parc résidentiel par usage, 2018. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/consommation-denergie-par-usage-du-residentiel>
- Citepa. 2020. Rapport Secten. <https://www.citepa.org/fr/secten/>
- Commission Européenne. 2021. Annex to the Commission Implementing Regulation (EU) determining revised benchmark values for free allocation of emission allowances for the period from 2021 to 2025 pursuant to Article 10a(2) of Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council. <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12792-Commission-Decision-determining-the-benchmarks-values-for-free-allocation-in-the-period-2021-2025>
- Commission Européenne. 2020. ETS Market Stability Reserve to reduce auction volume by over 330 million allowances between September 2020 and August 2021. https://ec.europa.eu/clima/news/ets-market-stability-reserve-reduce-auction-volume-over-330-million-allowances-between_en
- Commission Européenne. 2020. EU Emissions Trading System (EU ETS). <https://ec.europa.eu/clima/policies/ets>
- Conseil économique pour le Développement durable. 2019. Mesures d'inclusion carbone Des propositions à la mise en œuvre. www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/CEDD%20-%20S%20039.pdf

- Direction Générale du Trésor – Trésor-Eco. 2021. Un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières de l'Union européenne. <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/2021/03/23/un-mecanisme-d-ajustement-carbone-aux-frontieres-de-l-union-europeenne>
- Ember. 2020. Europe's coal power collapse exposes steel plants as Europe's biggest emitters. <https://ember-climate.org/project/ets-2019-release/>
- European Cement Research Academy. 2017. Development of State of the Art Techniques in Cement Manufacturing: Trying to Look Ahead. https://ecra-online.org/fileadmin/redaktion/files/pdf/CSI_ECRA_Technology_Papers_2017.pdf
- IDDR. 2019. Decarbonising basic materials in Europe: How Carbon Contracts-for-Difference could help bring breakthrough technologies to market. <https://www.iddri.org/en/publications-and-events/study/decarbonising-basic-materials-europe>
- Infociments. 2020. Les chiffres clés 2019. <https://www.infociments.fr/chiffres-cles>
- Infociments. 2018. Les ciments courants. <https://www.infociments.fr/ciments/ciments-courants>
- INSEE, statistiques et études. 2018. La production de ciments en France : une industrie très concentrée. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3589283>
- IEAGHG – International European Agency Environmental Project LTD. 2018. *Technical Review (2018) - Cost of CO₂ Capture in the Industrial Sector*. <https://ieaghg.org/publications/technical-reports/reports-list/10-technical-reviews/931-2018-tr03-cost-of-co2-capture-in-the-industrial-sector-cement-and-iron-and-steel-industries>
- Madlool N.A., Saidur R., Hossain M.S., Rahim N.A. 2011. A critical review on energy use and savings in the cement industries", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, Issue 4, 2011, Pages 2042-2060. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032111000207>
- Marcu A., Vangenechten D., Alberola E., Olsen J., Schleicher S., Caneill J.Y., Cabras S. 2021. 2021 State of the EU ETS Report. <https://ercst.org/publication-2021-state-of-the-eu-ets-report/>
- Material Economics. 2019. Industrial Transformation 2050 Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry. <https://materialeconomics.com/publications/industrial-transformation-2050>
- PIPAME, Direction Générale des Entreprises. 2016. Marché actuel et offre de la filière minérale de construction et évaluation à échéance de 2030. https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/etudes-et-statistiques/prospective/Industrie/2016-11-Filiere-minerale-construction-Rapport-pipame.pdf
- Sandbag. 2021. Carbon price viewer. <https://sandbag.be/index.php/carbon-price-viewer/>
- Sandbag. 2016. The Final Carbon Fatcat: How Europe's cement sector benefits and the climate suffers from flaws in the Emissions Trading Scheme. <https://ember-climate.org/project/cement-the-final-carbon-fatcat/>
- SFIC. 2015. L'industrie cimentière française et la réduction des émissions de CO₂. <https://www.infociments.fr/reduire-les-emissions-de-co2/lindustrie-cimentiere-francaise-et-la-reduction-des-emissions-de-co2>
- Union Européenne. 2019. Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0331&from=EN>
- Vailles C., Berghmans N. 2020. Le marché carbone européen à l'épreuve du Covid. I4CE – Institut de l'économie pour le climat et IDDR. <https://www.i4ce.org/le-marche-carbone-europeen-a-lepreuve-du-covid/>

I4CE
INSTITUTE FOR
CLIMATE
ECONOMICS

Une initiative de la Caisse des Dépôts et
de l'Agence Française de Développement

www.i4ce.org