



HAL
open science

Évaluation des aides à la décarbonation du plan France Relance

Nicolas Astier, Laurent Bach, Paul Dutronc-Postel, Arthur Guillouzouic,
Hélène Ollivier, Rachel Paya

► **To cite this version:**

Nicolas Astier, Laurent Bach, Paul Dutronc-Postel, Arthur Guillouzouic, Hélène Ollivier, et al.. Évaluation des aides à la décarbonation du plan France Relance. Rapport IPP n°50, Institut des politiques publiques (IPP). 2024, 199 p. halshs-04440676

HAL Id: halshs-04440676

<https://shs.hal.science/halshs-04440676v1>

Submitted on 6 Feb 2024

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

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



Institut des
Politiques Publiques

RAPPORT IPP N° 50 - Janvier 2024

Évaluation des aides à la décarbonation du plan France Relance

Nicolas Astier
Laurent Bach
Paul Dutronc-Postel
Arthur Guillouzouic
Hélène Ollivier
Rachel Paya

A large, semi-transparent version of the IPP logo is centered in the bottom right corner of the page. It consists of the lowercase letters 'ipp' in a bold, sans-serif font, flanked by two curved lines that form a partial circle above and below the text.

ipp



L'Institut des politiques publiques (IPP) a été créé par PSE et est développé dans le cadre d'un partenariat scientifique entre PSE-École d'Économie de Paris et le Groupe des écoles nationales d'économie et de statistique (GENES). L'IPP vise à promouvoir l'analyse et l'évaluation quantitatives des politiques publiques en s'appuyant sur les méthodes les plus récentes de la recherche en économie.

www.ipp.eu





RAPPORT IPP - Janvier 2024

Évaluation des aides à la décarbonation du plan France Relance

Nicolas Astier
Laurent Bach
Paul Dutronc-Postel
Arthur Guillouzouic
Hélène Ollivier
Rachel Paya

L'ÉQUIPE

Nicolas Astier est ingénieur des Ponts et Chaussées et professeur associé à l'École d'Économie de Paris. Ses thèmes de recherches principaux sont l'énergie et l'économie de l'environnement, et en particulier les transformations actuelles de l'industrie électrique et la décarbonation de secteurs intensifs en carburants fossiles.

Laurent Bach est professeur associé de finance à l'ESSEC Business School et directeur du programme Entreprises à l'Institut des politiques publiques (IPP). Ses travaux de recherche sont principalement consacrés à l'analyse quantitative des politiques publiques. Il est spécialiste de finance d'entreprise et des ménages.

Paul Dutronc-Postel est économiste à l'Institut des politiques publiques (IPP) et responsable du programme Environnement. Après une thèse en économie du développement au sein de l'École d'Économie de Paris, Paul rejoint l'IPP, et y travaille sur les problématiques liées à la fiscalité des ménages, à l'emploi, aux entreprises et à l'environnement.

Arthur Guillouzouic est économiste à l'Institut des politiques publiques (IPP) au sein du pôle « Entreprises ». Ancien élève de l'École normale supérieure de Cachan et titulaire d'un doctorat en sciences économiques de Sciences Po, ses travaux s'intéressent aux aides et à la fiscalité des entreprises, ainsi qu'aux problématiques d'innovation.

Hélène Ollivier est professeure associée à l'École d'Économie de Paris et chargée de recherches au CNRS. Ses recherches portent sur les liens entre libéralisation du commerce international et l'environnement dans un monde où les pays ne

coopèrent pas intégralement sur les enjeux environnementaux, ainsi que sur les contraintes d'économie politique portant sur les politiques publiques, notamment environnementales.

Rachel Paya est économiste à l'Institut des politiques publiques (IPP) et doctorante en finance à l'ESSEC. Elle s'intéresse à l'évaluation sociale et environnementale des politiques publiques ainsi qu'aux leviers politiques pour financer la transition écologique.

REMERCIEMENTS

Ce rapport a été élaboré dans le cadre d'une convention de recherches passée avec France Stratégie, et dans le cadre de l'évaluation du plan France Relance. Il a grandement bénéficié des interactions avec son comité de pilotage, notamment des commentaires et interventions de Sylvie Montout, Paul-Armand Veillon, Haithem Ben-Hassine, Cédric Audenis et Xavier Jaravel, que nous remercions. Les auteurs de ce rapport remercient également chaleureusement les équipes de l'Ademe et de la DGE et de l'ASP, ayant collaboré pour la mise à disposition des données nécessaires et pour des échanges fructueux (en particulier, Marie-Laure Nauleau, Théo Piperis, Alice Fautrad, Sylvain Bordebeure, Florent Villard, d'une part, et Xavier Aparicio et Fabien Gady, d'autre part). Nous remercions également les autres membres des comités de pilotage successifs pour leurs commentaires utiles, ainsi que les services du CASD pour leur diligence et leur aide.

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

1. Nous analysons les effets possibles et les enjeux associés aux aides à la décarbonation du plan France Relance. Les aides ayant été accordées à partir de la fin 2020 et jusqu'en 2022, il est trop tôt pour en livrer une analyse *a posteriori* directe et complète, aussi bien à cause de la temporalité des aides, visant à financer des investissements dont la mise en oeuvre et la durée de vie sont longues, qu'à cause de l'indisponibilité de données permettant une telle analyse.
2. À travers des analyses *a priori* du recours aux aides par les entreprises et des critères de décisions d'octroi des aides, d'une part, et des analyses *a posteriori* d'aides passées similaires, d'autre part, nous apprécions de façon indirecte les effets potentiels des aides du plan France Relance. Une analyse *a posteriori* complète est nécessaire et requerra plusieurs années pour être pleinement pertinente.
3. Nous documentons le recours aux aides du plan France Relance. Les entreprises candidates aux appels à projets de décarbonation sont, par rapport au reste de l'industrie française, plus de sept fois plus intenses en carbone, une fois leurs émissions directes rapportées à leur valeur ajoutée. À secteur et à taille d'entreprise donnés, l'intensité en CO₂ eq. de la valeur ajoutée des entreprises candidates est encore bien plus élevée que celle du reste de la population des entreprises industrielles françaises.
4. Parmi les candidats, les entreprises bénéficiaires sont, elles aussi, davantage

intenses en GES. L'intensité médiane en tCO₂ eq. rapportée à la valeur ajoutée des entreprises bénéficiaires est ainsi de 0,8 kgCO₂ eq./euro, contre 0,4 pour les entreprises candidates non-bénéficiaires. Ainsi, le ciblage des aides est très concentré selon le critère de l'intensité CO₂.

5. Les réductions de GES prévues les plus importantes, en proportion des émissions totales *ex ante* des entreprises concernées, sont, en moyenne, associées avec de plus faibles coûts d'investissement rapportés au volume de GES évité.
6. Parmi les trois appels à projets du plan France Relance portés par l'Ademe, nous examinons plus précisément les déterminants de l'analyse coûts bénéfices des projets de l'appel BCIAT ; et en particulier sa sensibilité aux hypothèses sur les scénarios de prix énergétiques.
7. La valeur actuelle nette d'investissements dans la chaleur bas carbone est très sensible aux hypothèses de prix des énergies qui lui sont constitutives. Une crise énergétique telle que celle que la France et l'Europe ont connue depuis 2022 peut rendre soudainement rentables -au sens d'une valeur actuelle nette positive- de très nombreux projets de décarbonation, à tel point qu'ils le seraient également en l'absence d'aide publique. Inversement, une baisse des prix des énergies fossiles peut rendre les aides accordées insuffisantes pour garantir la rentabilité privée des investissements envisagés.
8. L'appel à projets BCIAT ayant été créé en 2009, et ses caractéristiques étant globalement stables à travers le temps, l'historique de ses vagues successives offre des enseignements utiles pour les aides du plan France Relance.
9. Le taux d'abandon sur la période d'existence de l'appel à projets BCIAT, par des entreprises pourtant bénéficiaires des aides dans les années 2010, est très élevé, autour de 45 %. Une explication possible pour une partie au moins de ces abandons pourrait être la baisse du prix relatif des énergies fossiles et en particulier du gaz naturel, devenu meilleur marché au milieu des années

2010.

10. Cette observation, et la sensibilité de l'analyse coûts-bénéfices des investissements aux scénarios de prix énergétiques, invite à s'interroger sur l'opportunité de mécanismes d'aides alternatifs dont le montant serait, précisément, adapté en fonction des évolutions dudit vecteur de prix relatifs, de sorte à lisser l'incertitude entourant la rentabilité des investissements de décarbonation.
11. Historiquement, ces aides octroyées dans le cadre de l'appel BCIAT ont effectivement eu pour conséquence, pour les entreprises en ayant bénéficié et n'ayant pas abandonné leur projet, d'augmenter la quantité d'investissements corporels de l'entreprise. Il est difficile de quantifier avec précision cet effet ; mais pendant les trois années suivant la candidature aux aides BCIAT, la probabilité que l'entreprise investisse au moins à hauteur de 50% des investissements prévus dans son dossier de candidature BCIAT augmente significativement.
12. Deux à trois ans après la candidature aux aides, la consommation de biomasse augmente significativement, tandis que la consommation de gaz naturel décroît. En tout et pour tout, le bénéfice d'une aide BCIAT se traduit effectivement, à terme, par une réduction des émissions de CO₂ eq. totaux du site industriel de l'ordre de -15 000 [-3 729, -26 179] tCO₂ eq. annuelles, ce qui correspond globalement aux gains d'émissions prévus par les établissements concernés dans leurs projets (-16 000 tCO₂ eq.).
13. La petite taille des échantillons et l'imprécision des coefficients estimés invite toutefois à la prudence dans l'interprétation des résultats.
14. Enfin, les effets des aides octroyées dans le cadre du plan France Relance sont très imprécisément estimés. Bien que l'imprécision statistique interdise toute conclusion définitive, ces résultats semblent suggérer un effet positif des

aides sur l'investissement, avant tout présent dans la deuxième année suivant l'octroi des aides. L'apparition des subventions d'investissement au bilan des entreprises bénéficiaires des aides semble également différée dans le temps par rapport aux aides BCIAT historiques.

15. Le manque de recul temporel par rapport à l'octroi de ces aides très récentes invite à poursuivre l'examen de leurs effets dans le futur.
16. Les aides à l'étude sont cependant ici évaluées à l'aune des émissions de chaque entreprise ou établissement, et non d'une quantité globale de carbone cible; que celle-ci soit celle, nationale, formulée par la Stratégie Nationale Bas Carbone, ou une cible européenne. Or, 38 % des projets BCIAT des années 2009-2019 (étudiés dans les chapitres 3 et 4), et 58 % des projets des appels à projets BCIAT, DECARBIND et INDUSEE des années 2020 à 2021 (étudiés dans les chapitres 1, 2 et 5), concernent des installations soumises au marché carbone européen. L'effet de la réduction des émissions des installations bénéficiaires des aides sur les émissions de CO₂ nationales et européennes dépend de l'utilisation par d'autres acteurs des quotas carbone économisés par ces installations soumises et bénéficiaires.
17. C'est de cet effet de second rang que dépend l'effet total des aides sur les émissions de CO₂ françaises et européennes, et donc le coût pour la puissance publique associée à la réduction des émissions de CO₂ par l'intermédiaire des aides à la décarbonation.

SOMMAIRE

Remerciements	1
Synthèse des résultats	6
Introduction	9
1 Analyse du ciblage des aides du plan France Relance	31
1.1 Objectifs et méthodologie	31
1.2 Données	32
1.2.1 Données administratives des appels à projets	33
1.2.2 Données fiscales des entreprises	34
1.2.3 Emissions directes de GES et consommations d'énergie	36
1.2.4 Appariement des données	36
1.3 Caractérisations des bénéficiaires et candidats aux aides à la décar- bonation	41
1.3.1 Caractéristiques des entreprises	41
1.3.2 Caractérisation des projets industriels	48
1.3.3 Analyse multi-variée	57
1.4 Aides au guichet	63
1.5 Conclusion	67
2 Analyse coûts-bénéfices des aides BCIAT du plan France relance et sen- sibilité de l'analyse aux scénarios de prix	69
2.1 Objectifs et méthodologie	69
2.1.1 Valeur(s) actuelle(s) nette(s) des investissements envisagés	69
2.1.2 Analyse de sensibilité	77
2.1.3 Limites de l'exercice	77
2.2 Scénarios de prix des vecteurs énergétiques	79
2.2.1 Principe	79
2.2.2 Données rétrospectives de prix sur la période 2007-2022	81
2.2.3 Projections de croissance des prix	87

2.2.4	Comment construire un scénario de prix ?	94
2.2.5	Résumé	96
2.3	Taux d'actualisation	98
2.4	Construction du contrefactuel	99
2.4.1	Données sur les investissements envisagés dans des chau- dières biomasse	99
2.4.2	Données sur la situation contrefactuelle	100
2.5	Résultats	102
2.6	Conclusion	106
3	Analyse des appels à projets BCIAT « historiques »	111
3.1	Objectifs et méthodologie	111
3.2	Validation des données	112
3.3	Analyse des dossiers	114
3.4	Conclusion	129
4	Effet des aides BCIAT « historiques » sur la performance économique et environnementale des entreprises	131
4.1	Objectifs et méthodologie	131
4.2	Données	135
4.2.1	Construction du panel	136
4.2.2	Echelle d'analyse	137
4.2.3	Portage des projets	138
4.2.4	Appariement avec les données fiscales	140
4.2.5	Appariement avec les données environnementales	143
4.3	Modèles économétriques	145
4.4	Résultats	151
4.4.1	Subventions reçues	151
4.4.2	Investissements réalisés	153
4.4.3	Consommations énergétiques	157
4.4.4	Effets économiques	163
4.5	Tests de robustesse	165
4.6	Conclusion	167
5	Effet des aides à la décarbonation du plan France Relance	169
5.1	Objectifs et méthodologie	169
5.2	Données	171
5.3	Résultats	174
5.4	Conclusion	179

Annexe	181
A Emissions de CO ₂ des entreprises	183
B Effets fixes	189
Liste des tableaux	195
Liste des figures	197

INTRODUCTION

En 2019, l'industrie française est responsable de l'émission de 78 méga-tonnes de CO₂ eq. annuelles, soit 18 % de l'inventaire national des émissions françaises (433 Mt CO₂ eq.) ; l'empreinte carbone française totale, elle, atteignait 618 Mt CO₂ eq. Dans sa première version, la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC-1¹) fixait les objectifs du secteur de l'industrie en matière d'émissions territoriales pour la période 2019-2023 à 75 Mt CO₂ eq. annuelles, et 68 Mt CO₂ eq. annuelles sur la période 2024-2028. La SNBC-2² en révisé la trajectoire carbone à 72 Mt CO₂ eq. annuelles pour la période 2019-2023, 62 Mt CO₂ eq. pour la période 2024-2028, et 51 pour la période 2029-2033.

Le consensus politique général est ainsi à la réduction des émissions nationales, et à l'accélération de cette réduction par une panoplie de politiques publiques. Etant donnée l'ampleur de la tâche, de nombreuses options de politiques publiques doivent et peuvent être envisagées : tarification carbone (soit par l'instrument fiscal, soit par des marchés de quotas), réglementations, planification des économies de gaz à effet de serre (GES), ou mécanismes de subventions et d'incitation. Comme rappelé par Pisani-Ferry et Mahfouz (2023), ces différents modes d'intervention possèdent chacun des avantages et des inconvénients. Il est peu probable qu'un même outil universel de politique publique soit à la fois le plus efficace, le plus

1. Adoptée par le décret n°2015-1491 du 18 novembre 2015 relatif aux budgets carbone nationaux et à la stratégie nationale bas-carbone ; JORF n°0268 du 19 novembre 2015. Le texte de la stratégie est lui publié le 25 novembre 2015 au bulletin officiel du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Énergie.

2. Adoptée par le décret n°2020-457 du 21 avril 2020 relatif aux budgets carbone nationaux et à la stratégie nationale bas-carbone ; JORF n°0099 du 23 avril 2020.

équitable, et le plus acceptable politiquement dans tous les domaines de réduction des émissions qui doivent être traités par l'action publique.

Que différentes variétés de politiques publiques soient expérimentées et mises en place n'est ainsi ni surprenant, ni problématique ; au contraire il semble a priori souhaitable et urgent, d'explorer les moyens d'action. Étudier leurs conséquences et leurs interactions éventuelles permet de proposer des arbitrages à la décision collective, au regard des critères que celle-ci fait émerger. Les arbitrages entre les différents types d'intervention publique dépendent donc précisément de notre connaissance de leurs mécanismes et de leurs conséquences.

Afin d'éclairer le débat public qui informe la décision collective, il importe de connaître les coûts associés et les bénéfices associés à chaque option de transition écologique. C'est à cet effort de connaissance que ce rapport essaie, à son échelle, de contribuer. L'objet de ce rapport est d'apporter un éclairage sur un des types de politiques publiques possibles, à savoir les aides à l'investissement des entreprises industrielles dans des équipements "décarbonés".

Les différentes parties de ce rapport participent alors toutes d'une réponse à ces questions : les entreprises industrielles françaises ont-elles besoin d'aides monétaires pour décarboner leur activité ? Et si oui, l'aide qui leur est proposée est-elle adaptée ?

Les aides à la décarbonation

Les vecteurs potentiels d'intervention des politiques publiques ayant trait à la décarbonation de l'industrie française sont multiples (SCEQE, fiscalité des énergies, réglementation, etc). On s'intéresse ici à un type de dispositifs en particulier, les aides à l'investissement. De manière générale, il s'agit d'une politique publique d'incitation qui consiste à octroyer une subvention à un acteur privé pour qu'il réalise un investissement spécifique dont on pense qu'il ne l'aurait pas réalisé en

l'absence de l'aide, en particulier parce que l'on observe ou l'on considère que l'investissement n'est pas suffisamment *rentable* du point de vue de l'acteur privé³. Si l'investissement est, en revanche, jugé souhaitable par la puissance publique, alors une manière d'inciter les acteurs à encourir cet investissement est d'en abaisser le coût par le biais d'une aide. La justification théorique d'une telle aide, c'est donc la différence qui existe entre la valeur attribuée par un acteur privé à un investissement, et celle attribuée au même investissement par la puissance publique. Une telle différence émane du fait que, dans sa valorisation de l'investissement envisagé, l'acteur privé ou bien n'intègre pas les mêmes éléments, les mêmes coûts et les mêmes bénéfices, ou bien ne les valorise pas de la même manière que la puissance publique. Dans le cas des investissements de décarbonation, l'élément central de cette différence est la réduction d'émissions de gaz à effet de serre (GES) engendrée par un investissement dit « décarboné ».

Les subventions à la décarbonation octroyées dans le cadre du plan France Relance, et à l'étude dans ce rapport, se répartissent en trois grands types. Les deux premiers correspondent à des fonds auxquels les entreprises françaises peuvent candidater via la réponse à trois appels à projets opérés par l'Ademe, pour financer des équipements industriels de décarbonation.

Les deux premiers de ces appels à projets, INDUSEE et DECARBIND, partagent le même objectif et les mêmes grandes caractéristiques, et visent à financer l'achat ou la modification de grands équipements industriels⁴, pour un montant d'investissement de plus de trois millions d'euros. Les projets sont définis à l'échelle des sites industriels (périmètre d'un SIRET), et consistent donc souvent en l'achat et

3. Il importe de souligner qu'à ce stade la rentabilité ne se définit que par la comparaison des coûts et des bénéfices quels qu'ils soient ; un acteur privé altruiste peut tout à fait inclure des bénéfices sociaux dans son arbitrage. Nous restreindrons et détaillerons dans le chapitre 3 cette notion.

4. La plupart des projets concernent l'achat ou la modification d'équipements de procédés industriels, même si ce n'est pas toujours le cas ; par exemple, certains projets concernent l'installation d'équipements de récupération de chaleur fatale, etc.

l'installation d'un équipement ou d'une « grappe » d'équipements. L'appel à projets INDUSEE a été ouvert en 2020 et clôturé le 20 octobre 2020 et pendant l'année 2021 ; les aides ont été allouées et annoncées par vagues, à partir de décembre 2020 ; les dates de mises en chantier s'étalent à partir de l'année 2021, pour des mises en service prévues jusqu'à plusieurs années plus tard. L'appel à projets DECARBIND a pris la relève de l'appel à projets INDUSEE : ouvert en 2021 et clôturé le 23 juin 2022, les aides ont été allouées pendant l'année 2022, là encore pour des mises en services étalées dans le temps. L'appel à projets DECARBIND, bien que similaire dans son esprit à l'appel à projets INDUSEE, en étend le périmètre ; au-delà des équipements permettant une amélioration de l'efficacité énergétique, sont désormais concernés toute modification de processus industriel ayant pour objet la décarbonation de la production (modification des intrants, électrification, etc). Les secteurs principaux répondant à ces appels à projets sont ainsi la cimenterie et les matériaux de construction, la métallurgie, les industries aéronautiques et automobiles, la chimie, l'industrie agro-alimentaire. La nature des projets financés par ces deux appels à projets est très variable selon les secteurs d'activités des sites industriels concernés, même si, à secteur donné, des similarités peuvent exister ; l'adaptation des processus productifs à des intrants alternatifs et notamment la substitution d'argiles aux clinkers dans le secteur de la cimenterie, la récupération de chaleur et la valorisation de chaleur fatale dans l'industrie agro-alimentaire, etc. Le projet médian financé par ces projets représente un investissement de 6,5 millions d'euros, pour une aide publique de 1,7 millions d'euros, et un gain prévu en termes d'économie de GES de 4,4 ktCO₂ eq. annuelles⁵.

Un deuxième type d'aides est constitué par celles octroyées dans le cadre d'un

5. Il est important de noter qu'il existe une importante hétérogénéité dans le dimensionnement des projets. Les gains moyens en termes de réduction annuelle de GES du quart des projets qui représentent les économies de GES les plus importantes sont plus de 10 fois plus importants que ceux du quart des projets les plus petits selon cette mesure.

troisième appel à projets porté par l'Ademe, l'appel à projets BCIAT (Chaleur Bas Carbone dans l'Industrie, l'Agriculture et le Tertiaire). Celui-ci vise plus spécifiquement à financer des équipements permettant la production de chaleur et d'air chaud. Les projets consistent ainsi au remplacement ou à l'adaptation d'une chaudière ou d'un générateur existant, pour passer d'un combustible fossile, principalement le gaz naturel, à la biomasse. L'appel à projets BCIAT existait déjà préalablement au plan France Relance, appuyé au Fonds Chaleur, depuis 2009 ; à l'occasion du plan France Relance, l'enveloppe totale de l'appel à projets a été augmentée et certains des paramètres de l'appel à projets ont été modifiés, en particulier par l'ajout envisagé d'une aide au fonctionnement en plus d'aides à l'investissement⁶. L'équipement médian – c'est-à-dire, aux caractéristiques médianes – représente un coût d'investissement de 7,6 millions d'euros, pour une aide publique de 3,5 millions d'euros, une puissance installée de 10 MW, et un gain prévu en termes d'économies annuelles de GES de 12,5 ktCO₂ eq. d'origine fossile⁷. Contrairement aux appels à projets INDUSEE et DECARBIND, l'appel à projets BCIAT n'a pas pour objectif premier l'amélioration de l'efficacité énergétique des installations ; la vérification de la « maîtrise » des besoins thermiques sur le périmètre du projet fait certes partie des critères d'éligibilité technique du dossier⁸, mais c'est bien la substitution d'un combustible à un autre comme énergie primaire qui est le mécanisme de décarbonation visé par cet appel à projets.

La candidature à ces trois appels à projets comporte un volet financier et un volet technique. L'instruction du volet technique fait l'objet d'une expertise de la part de l'Ademe, ce qui peut entraîner l'ajustement du dimensionnement de l'aide

6. Le principe de cette aide au fonctionnement étant encore soumis à la validation de l'Union Européenne, nous en ferons pour la plupart abstraction pour le reste de ce rapport.

7. Les projets concernés par cet appel à projets vis à remplacer un combustible par un autre ; il s'agit donc du remplacement d'émissions de GES d'origine fossile par celui d'émissions de GES biogénique ; le « gain » environnemental étant fonction des hypothèses supplémentaires à faire porter sur la biomasse.

8. En particulier, le dossier de candidature doit comprendre un audit énergétique tel qu'imposé à de nombreuses entreprises par la loi du 16 juillet 2013.

et la modification des valeurs des paramètres retenus pour l'évaluation, notamment la magnitude des gains espérés en termes de tCO₂ eq. évitées. L'évaluation des projets INDUSEE et DECARBIND porte sur trois critères, à savoir les gains en termes d'efficacité énergétique, les gains de GES évités, et des critères d'ordre économique (qualité de la gestion et de l'organisation, solidité financière, etc). L'évaluation des projets BCIAT porte sur trois critères principaux; le plan d'approvisionnement en biomasse et la soutenabilité environnementale de celui-ci, la qualité technique du projet, et sa rentabilité économique, la solidité financière de l'entreprise candidate étant un critère d'éligibilité au dispositif.

En termes de décarbonation de l'industrie, ce sont les appels à projets INDUSEE et DECARBIND qui représentent la plus grande masse totale d'investissement (2,4 Mds d'euros) et d'aides (550 millions d'euros), ainsi qu'un total de 2,7 Mt de CO₂ eq. évitées annuelles⁹.

Les projets bénéficiaires de l'appel à projets BCIAT depuis 2020 représentent quant à eux une somme de 1,2 Mds d'euros d'investissement, pour une économie totale en termes d'émissions de 1,8 Mt de CO₂ par an, pour 450 millions d'euros d'aides à l'investissement allouées.

Enfin, un troisième type d'aides entre dans le périmètre de notre analyse, bien que de manière plus marginale. Il s'agit des « aides au guichet », octroyées par l'Agence des Services et Paiements. La temporalité de ces aides est légèrement différente; le guichet étant ouvert entre juin 2021 et novembre 2022, mais pour une utilisation potentielle des aides octroyées jusqu'à 24 mois après la date de décision, de sorte qu'à la date de transmission des données (janvier 2023), le taux d'utilisation effective des aides par les entreprises bénéficiaires est très faible. Le fonctionnement initialement prévu pour ce dispositif diffère également des appels

9. Il est important qu'il s'agit ici, notamment pour les tonnes de CO₂ eq. évitées, de montants déclarés et prédits et non, par définition, de montants observés.

à projets portés par l'Ademe. En effet, un arrêté¹⁰ détaille les critères prévus pour l'octroi des aides et pour la détermination du taux de subvention publique, tant en termes de caractéristiques d'entreprises (secteur d'activité, taille), qu'en termes de gestes éligibles (liste de 21 types d'équipements couverts par le dispositif). Cet ensemble de critères a pour objet de faciliter, voire d'automatiser, la charge d'instruction des dossiers par l'Agence des Services et Paiements, bien qu'un important travail de vérification soit mené sur l'adéquation entre les équipements proposés par les candidats et les catégories retenues par le législateur. Les investissements visés par ces aides sont par construction d'un ordre de grandeur très différent de celui des projets concernés par les appels à projets de l'Ademe (en moyenne 30 000 euros), les aides concernées étant par conséquent d'ampleur plus petite également, avec une diversité de projets très importante ; les montants totaux engagés en janvier 2023, après instruction complète de 80% des dossiers reçus, s'élevaient à un total de 44 millions d'euros.

Objectifs et structure de l'étude

Cet exercice d'évaluation se compose de trois grandes parties. Chacune de ces parties découle d'une réponse différente apportée à la difficulté majeure que représente l'évaluation des aides à la décarbonation du plan France Relance, à savoir les temporalités relatives de l'analyse et des aides. A l'heure de la rédaction de ce rapport, et encore plus à celle de l'élaboration des résultats statistiques qui lui sont sous-jacents, une partie des aides a tout juste été attribuée depuis un an (en 2022) ; et les plus anciennes d'entre elles ont été attribuées il y a moins de trois ans (fin

10. Décret n°2020-1361 du 7 novembre 2020 instaurant une aide en faveur des investissements de décarbonation des outils de production industrielle ;
Arrêté du 7 novembre 2020 relatif aux modalités de gestion de l'aide en faveur des investissements de décarbonation des outils de production industrielle ;
Arrêté du 28 mai 2021 modifiant l'arrêté du 7 novembre 2020 relatif aux modalités de gestion de l'aide en faveur des investissements de décarbonation des outils de production industrielle.

2020). Or, les aides en question visent à stimuler et soutenir la mise en place de nouveaux procédés industriels, ce qui peut prendre plusieurs années après le dépôt d'un projet et la décision d'octroi d'une aide. Même une fois ceux-ci mis en place, une période de mise en route peut être nécessaire avant que les équipements visés soient pleinement opérationnels. La matérialisation observable des évolutions attendues ne débute donc en général que plusieurs années après la candidature à une subvention, c'est-à-dire plusieurs années après la décision publique visant à consacrer un certain budget à cet effort de subvention et le début de la mise en oeuvre de cette décision.

Ainsi, de manière générale, la temporalité dévolue à cette analyse et celle de son objet doivent amener à la prudence dans l'interprétation des résultats, et à toujours maintenir dans un même faisceau les éléments de preuve et les hypothèses qui ont servi à les construire. Autrement dit, il est par définition trop tôt, en 2023, pour être pleinement certain des effets qu'auront des aides pour des projets d'investissements dont la durée de vie s'étale dans les quinze prochaines années, et dont pour beaucoup la mise en chantier n'a pas encore été achevée.

Cette difficulté étant posée, qu'opèrent les trois parties de ce rapport ?

La première partie, soit les deux premiers chapitres, de ce rapport adopte une approche *ex ante*, c'est-à-dire prédictive. Prédictive s'entend ici d'une analyse qui intervient avant la réalisation des effets qu'elle se fixe pour objet, et qui essaye de dégager des relations entre des hypothèses possibles et des conclusions conditionnelles à ces hypothèses. Il ne s'agit donc pas d'un exercice de prédiction, c'est-à-dire où l'analyste propose la prédiction qui selon lui a le plus de chances de se réaliser (éventuellement contextualisée par la probabilité de cette réalisation). Il ne s'agit pas non plus d'un exercice prédictif plus sophistiqué, où l'analyste proposerait un ensemble de prédictions possibles, en associant à chaque prédiction une probabilité

différente.

Il s'agit plutôt de brosser le tableau de la sensibilité d'un raisonnement, qui participe des critères d'octroi des aides, aux hypothèses qui lui sont sous-jacentes. En effet, les hypothèses sur lesquelles les anticipations des différents acteurs doivent se fonder pour leurs décisions sont soumises à de très fortes incertitudes ; et nous montrons également que cette incertitude a de forts effets sur les conclusions à apporter.

Le premier chapitre de cette partie est avant tout descriptif. Il s'intéresse à décrire les projets soumis aux appels à projets de décarbonation du plan France Relance, et les établissements industriels et les entreprises qui sont porteuses de ces projets. Autrement dit ce chapitre s'attache à décrire qui, parmi la population des entreprises industrielles françaises, candidate aux aides à la décarbonation de l'Ademe financées par le plan France Relance, et qui n'y candidate pas ; et parmi les établissements et entreprises candidats, qui se voit octroyer une aide, et qui ne l'obtient pas. L'analyse de cette sélection nous informe sur le profil des entreprises qui ont recours aux aides, mais également sur la présence éventuelle d'entreprises similaires n'ayant quant à elles pas candidaté aux aides, et qui pourraient constituer des réservoirs d'économies de GES futures ¹¹.

Le deuxième chapitre de cette partie revient sur un des critères de décision à l'origine de l'octroi des aides, à savoir le critère de rentabilité économique des investissements. Ce chapitre a en commun avec le précédent de s'intéresser à la décision par une entreprise d'investir dans la décarbonation de son activité, et aux déterminants de cette décision. Concrètement, on s'attache dans ce chapitre à reconstruire différentes mesures *ex ante* de valeur actuelle nette des investissements encourus par les entreprises, en adoptant différents points de vue pertinents pour la défini-

11. Parmi les entreprises similaires n'ayant pas candidaté aux aides, on compte également les entreprises ayant potentiellement déjà exploité les marges de réduction de leurs émissions par le passé ; à secteur d'activité et caractéristiques similaires, l'intensité des émissions directes de GES rapportée à la valeur ajoutée peut être un indice qu'une entreprise se trouve plutôt dans un cas ou dans l'autre.

tion de cette valeur. En particulier on s'intéresse à trois questions : les investissements étaient-ils rentables, au sens d'une valeur actuelle nette strictement positive, en l'absence de toute aide publique, du point de vue de l'entreprise ? L'étaient-ils en présence de l'aide publique ? Et du point de vue du décideur public, cet investissement était-il rentable socialement ? Pour un investissement donné, en effet, un critère pour l'action publique est le cas où un investissement n'est pas rentable pour l'entreprise en l'absence d'aide publique, qu'il l'est en présence de l'aide, et qu'il est rentable socialement pour le décideur public. L'objectif empirique de cette partie est de soumettre ces calculs de différents concepts de valeur actuelle nette à des variations dans les multiples hypothèses sur lesquelles sont nécessairement assis ces calculs.

Plus précisément, on examine le rôle des évolutions de prix des énergies fossiles, de la biomasse et des quotas carbone dans la détermination de cette rentabilité des investissements, tant du point de vue public que privé. Il est crucial de garder en tête que l'exercice de prédiction des valeurs actuelles nettes d'un investissement est très délicat, et par définition incertain. Ainsi, l'objectif de cette partie n'est pas de revenir sur la qualité de l'instruction et des décisions de l'Ademe, prises à une période (2020-2021) où la conjoncture économique et géopolitique internationale n'avait rien à voir avec ce qu'elle est depuis la fin de l'hiver 2022 et l'invasion russe en Ukraine. Il s'agit d'observer la sensibilité des résultats de rentabilités aux hypothèses sous-jacentes.

Cette approche *ex ante* développée dans les premiers chapitres fait abstraction pour une large part des marges d'adaptation comportementale des entreprises suite à l'octroi des aides à la décarbonation, et considère en particulier les investissements de décarbonation de façon isolée du reste de l'activité et des décisions de l'entreprise. Il est ainsi crucial d'analyser, *ex post*, comment les comportements des entreprises évoluent en réaction à l'octroi des aides, et de vérifier si les effets escomptés des aides sont réalisés. On ne saurait faire l'économie d'une évaluation

quantitative causale de l'effet des aides à la décarbonation des entreprises sur la décarbonation effective de l'activité économique de celles-ci. Or, comme souligné plus haut, il est impossible d'observer les réactions comportementales des entreprises à des aides à la décarbonation qui pour la plupart ont été accordées plus récemment que n'ont été collectées les données les plus récentes disponibles.

La deuxième partie de ce rapport répond d'une manière différente à cette incomplétude des données inhérente à l'objet d'étude. Dans les chapitres 3 et 4, nous menons une étude *ex post* sur un dispositif jugé similaire à l'un des appels à projets du plan France Relance, à savoir les premières vagues de l'appel à projets BCIAT. Initié en 2009, celui-ci offre un recul suffisant pour en examiner les effets sur les entreprises qui en ont bénéficié. La pertinence, pour l'évaluation du plan France Relance à proprement parler, des conclusions à tirer de cet exercice historique est, cette fois, soumise à la comparabilité entre les dispositifs d'aides passés et les dispositifs actuellement à l'étude ; ainsi qu'à la comparabilité plus générale des contextes dans lesquels interviennent ces aides. C'est, pour reprendre un terme cher aux économistes, la *validité externe* des résultats qui est particulièrement cruciale ici.

Le chapitre 3 s'attache ainsi à décrire l'historique des appels à projets BCIAT au cours des années 2009-2019, avec l'ambition principale de documenter des différences éventuelles de nature entre les projets des vagues les plus récentes de l'appel à projets, et les plus anciennes, celles sur lesquelles nous avons le plus de recul. Il s'agit, là encore, d'un exercice avant tout descriptif ; sans lequel toutefois il ne serait pas possible de bien construire l'analyse causale qui suit dans le chapitre suivant.

Le chapitre 4 déploie ainsi une stratégie d'identification des effets causaux des aides BCIAT sur des indicateurs de performance économique et environnementale des entreprises. Au coeur des interrogations de ce chapitre 4 figurent les effets potentiels des aides sur le comportement d'investissement des entreprises : les investissements de décarbonation se sont-ils substitués à d'autres ? Ont-ils au contraire

entraîné des investissements supplémentaires ? Auraient-ils été engagés même en l'absence d'aide à l'investissements ? On approche cette question, similaire à celle posée au chapitre 2, non pas par la simulation *ex ante* mais par l'estimation de niveaux contrefactuels d'investissements, c'est-à-dire de niveaux d'investissements qui auraient été observés chez les entreprises bénéficiaires des aides à la décarbonation si celles-ci n'en avaient pas bénéficié.

On mobilise dans cette partie des méthodologies qui tirent parti de la temporalité échelonnée du bénéfice des aides BCIAT au cours des années 2009-2019, et de données longitudinales issues des liasses fiscales des entreprises et d'enquêtes sur leurs consommations énergétiques. On reconstruit ainsi les trajectoires de chaque cohorte d'entreprises bénéficiaires des aides BCIAT, avant et après qu'elles aient bénéficié des aides ; que l'on compare également aux trajectoires d'entreprises non-bénéficiaires qui leur sont similaires.

La troisième partie enfin, s'emploie à réaliser une analyse *ex post* des effets des aides du plan France Relance à proprement parler sur le comportement d'investissement des entreprises bénéficiaires. Cette partie se heurte à des difficultés propres à la temporalité des aides à l'étude, à celle de leurs effets escomptés, à la nature des données nécessaires pour la réaliser et à leur production, mais surtout à la temporalité de l'étude elle-même. Après avoir rappelé brièvement ces enjeux, nous proposons les premières analyses quantitatives empiriques qu'il est actuellement possible de réaliser, étant bien conscients des limites posées par les difficultés pré-citées, qui s'ajoutent à celles déjà présentes pour l'exercice rétrospectif de la partie précédente. On y mobilise le même type de méthodologie que celle développée dans la partie précédente, tirant parti des données fiscales longitudinales pour examiner les effets des aides un à deux après la candidature des entreprises concernées.

Le temps de traitement complet des dossiers des aides du plan France Relance

et la période entre la validation technique des projets lauréats et l'apparition des subventions d'investissement au bilan des entreprises concernées, allongent la profondeur temporelle nécessaire pour observer des effets, aussi bien sur les subventions d'investissement (variable de résultat quasi-« tautologique ») que sur les autres dimensions de l'activité économique de l'entreprise, en particulier l'investissement.

Ainsi, la triple proximité du temps des aides à l'étude, datant pour la plupart de décembre 2020 à fin 2021, du temps des données nécessaires, les plus récentes datant de l'année 2022, et du temps de l'étude à proprement parler, rédigée entre 2022 et 2023, ampute par construction la richesse d'analyse qu'un tel dispositif, par son ampleur et son importance au vu des enjeux climatiques, appelle. Mais l'urgence est là, et il y a sens à poser des jalons précoces pour une analyse plus approfondie et complète à venir, quand bien même ces jalons seraient imprécis.

Périmètre et angles morts

Pour permettre la bonne compréhension de l'exercice d'évaluation dont ce rapport rend compte, il est crucial de faire état de plusieurs points qui sortent du périmètre de cette étude, mais qui doivent faire l'objet d'attention de la part de ses lectrices et lecteurs.

En effet, un travail d'analyse des politiques publiques est souvent un exercice partiellement incomplet, au sens où il repose sur des hypothèses qu'une autre analyse a produite et que l'on pourrait questionner ; et au sens où il suscite également de nouvelles interrogations qui sortent de son périmètre initial. A ce titre, la contrainte temporelle et les moyens dédiés à l'évaluation ouvrent des angles morts qu'il est important d'identifier pour bien comprendre ce qu'apporte chaque travail d'évaluation comme nouvelle connaissance, et ce qu'il manque pour une complète compréhension des enjeux. Évaluer, à proprement parler, des aides dont beaucoup ne produiront leurs effets que dans plusieurs années est un exercice par définition

impossible, étant donnée la méthodologie générale dont se réclame ce rapport.

L'approche générale du rapport est celle d'une analyse microéconomique, et ex post vis-à-vis de la décision d'investissement. Ceci a deux conséquences. D'une part, on ne se pose pas la question des *nouvelles* activités économiques occasionnées par l'existence des aides ; c'est-à-dire qu'on considère la décision d'investissement comme donnée, et qu'on s'intéresse à ses conséquences sur différentes dimensions mesurables de l'activité de l'entreprises - ses décisions d'investissements, ses consommations énergétiques, etc. L'échelle micro-économique et la perspective retenue dans ce rapport font également sortir du champ de l'analyse des dimensions pourtant mentionnées comme entrant dans les critères d'évaluation retenus par l'Ademe dans son appréciation des dossiers, par exemple les effets d'externalités positives locales (impacts pour le bassin d'emploi, etc) ou globales (caractère stratégique des technologies envisagées, etc)¹². Ceci est aussi vrai des calculs de rentabilité économique des investissements BCIAT présentés dans le chapitre 2, qui, s'ils s'intéressent tout particulièrement à la prise en compte de l'externalité globale d'émissions de GES, n'incluent pas d'autres externalités, économiques mais aussi environnementales, pouvant être générées par ces projets¹³.

Enfin, on fait pour une large part abstraction des effets agrégés qui pourraient découler des aides. Notamment, tout au long du rapport, mais plus particulièrement dans les chapitre 2 et 4, nous faisons par exemple une hypothèse forte sur le marché de la biomasse consommable par les équipements visés par les appels à projets BCIAT.

La consommation énergétique totale de biomasse solide pour l'industrie fran-

12. L'examen de ces effets potentiels sort du périmètre prévu pour cette étude, mais pourra faire l'objet d'analyses ultérieures.

13. Au premier rang de ces externalités, on peut penser aux effets de bord en termes d'emploi local, ou aux effets sur la pollution locale. Ces effets peuvent cependant être non seulement importants, mais également fortement valorisés par la demande sociale.

çaise est de 8 TWh en 2020 (SDES, 2020)¹⁴. Les données des projets retenus par l'Ademe totalisent une production thermique globale par biomasse, pour les projets retenus après 2020, de 6,8 TWh annuels, pour les seuls projets de l'appel à projets BCIAT. De façon plus marginale, une petite proportion des projets INDUSEE et DECARBIND engendrent également un surplus de consommation de biomasse, qu'il est difficile de quantifier avec les données à disposition. Sous l'hypothèse d'une efficacité énergétique des chaudières de 85 %, ceci représente un surplus de consommation annuelle de biomasse pour la branche industrie de 8 TWh¹⁵. Les effets attendus sur la filière bois d'un tel doublement de la demande de biomasse ne sont donc, a priori, pas négligeables, bien qu'une partie substantielle, environ la moitié, de l'approvisionnement des projets BCIAT ne soit pas prévu d'origine forestière¹⁶.

Dans ce contexte, une stratégie de décarbonation de l'industrie reposant au moins en partie sur la mobilisation de la biomasse et sur une augmentation non négligeable, à court terme, de la demande totale de biomasse doit s'inscrire dans le contexte plus large d'une stratégie pour la production de bois et la gestion forestière, qui prennent en compte la spécificité des forêts françaises, leur rythme de production, les risques auxquels celles-ci font face, etc. C'est d'ailleurs le sens des approches systémiques retenues par les stratégies de planification de transition écologique comme la SNBC-2. De façon symétrique, toute incertitude portant sur une partie de la SNBC peut et doit être prise en compte par les autres secteurs qui en dépendent. La publication par l'Académie des sciences, en juin 2023, de son rapport

14. La consommation annuelle totale de biomasse atteint 101 TWh en 2020 en France ; 69 % sont consommés par le secteur résidentiel, 18 % par la branche énergie.

15. Une efficacité de 85 % est une hypothèse relativement conservatrice étant donnée les performances des chaudières à biomasse sur le marché à l'heure actuelle, ce qui laisserait entendre que 8 TWh s'entend donc plutôt comme une borne supérieure ; mais ce chiffre n'inclut pas le surplus de consommation lié aux projets des appels à projets INDUSEE et DECARBIND.

16. Le secteur témoigne d'ailleurs d'une augmentation assez forte des prix sur la période 2022-2023, avec une augmentation des prix de 15 % en 2022 et de 6 % sur le premier trimestre 2023 (par rapport à une croissance annuelle moyenne des prix de 1,8 % sur la période 2012-2021). Il est également important de souligner à nouveau que l'analyse du plan d'approvisionnement en biomasse prévu et de ses concurrences d'usage éventuelles fait partie de l'évaluation des dossiers menée par l'Ademe.

sur les forêts françaises face au changement climatique¹⁷, alerte cependant sur la capacité des forêts françaises à atteindre les objectifs fixés par la SNBC-2.

Le périmètre d'étude de ce rapport n'inclut pas l'analyse de la soutenabilité globale, macro-économique et environnementale, d'une stratégie de décarbonation par la biomasse. Les auteurs de ce rapport tiennent cependant à rappeler que les résultats qui y sont présentés sont conditionnels à l'hypothèse que l'approvisionnement des industriels qui font le choix d'une chaudière à biomasse est bien pris en compte dans une stratégie plus globale robuste et environnementalement équilibrée de décroissance des émissions françaises de gaz à effets de serre.

De même, les aides à l'étude sont cependant ici évaluées à l'aune des émissions de chaque entreprise, et non d'une quantité globale de carbone cible ; que celle-ci soit celle, nationale, formulée par la Stratégie Nationale Bas Carbone, ou une cible européenne par exemple. Or, 38 % des projets BCIAT des années 2009-2019 (étudiés dans les chapitres 3 et 4), et 58 % des projets des appels à projets BCIAT, DECARBIND et INDUSEE des années 2020 à 2021 (étudiés dans les chapitres 1, 2 et 5), concernent des installations soumises au marché carbone européen. L'effet de la réduction des émissions des installations bénéficiaires des aides sur les émissions de CO₂ nationales et européennes dépend de l'utilisation par d'autres acteurs des quotas carbone économisés par ces installations soumises et bénéficiaires. C'est de cet effet de second rang que dépend l'effet total des aides sur les émissions de CO₂ françaises et européennes.

Enfin, une partie du rapport repose sur une approche *ex ante*, c'est-à-dire qu'elle revient sur la décision d'octroi des aides opérée par l'Ademe, pour en examiner la sensibilité à différentes hypothèses. Autrement dit, l'instruction des dossiers d'aides à la décarbonation dans le cadre de l'appel à projets BCIAT est intervenue en ma-

17. Les forêts françaises face au changement climatique, Rapport du Comité des sciences de l'environnement de l'Académie des sciences et points de vue d'Académiciens de l'Académie d'Agriculture de France - Juin 2023.

jeure partie avant l'occurrence de la crise énergétique de la fin de l'année 2021, et donc également avant le début de l'invasion russe en Ukraine. Les scénarios à l'aune desquels la robustesse de la rentabilité des investissements BCIAT est examinée, au contraire, incluent les fortes augmentations des prix des énergies fossiles de l'année 2021 et 2022, ainsi que différentes hypothèses sur les trajectoires futures de prix. Il ne s'agit ainsi donc pas ici de critiquer *a posteriori*, des décisions prises *a priori*, c'est-à-dire dans le passé et sous certaines hypothèses nécessairement imparfaites sur le futur. Il s'agit plutôt de mettre en lumière le rôle d'un faisceau d'hypothèses centrales dans un exercice appelé à se répéter. Cette sensibilité aux prix relatifs amène à réfléchir à l'opportunité d'une aide dépendant plus nettement de l'évolution ex post des prix.

Enseignements et perspectives

Que retenir des différentes analyses proposées dans ce rapport ?

Les entreprises candidates aux appels à projets de décarbonation sont, par rapport au reste de l'industrie française, très intenses en carbone, en termes d'émissions directes rapportées à leur valeur ajoutée. Ceci reste vrai à secteur donné, et à taille d'entreprise donnée. Les réductions les plus importantes, en proportion des émissions totales des entreprises concernées, sont, en moyenne, associées avec de plus faibles coûts d'investissement rapportés au volume de GES évité. Parmi les candidats, les entreprises bénéficiaires sont, elles aussi, positivement sélectionnées sur leur rapport CO₂ par VA. Ainsi, le ciblage des aides est très concentré selon le critère de l'intensité CO₂ ; on retrouve ainsi l'illustration des critères de sélection de l'Ademe.

L'analyse économique des projets d'investissements dans la chaleur bas carbone

est très sensible aux hypothèses de prix des intrants qui lui sont constitutives. Une crise énergétique telle que celle que la France et l'Europe ont connue depuis 2022 peut rendre soudainement rentables -au sens d'une valeur actuelle nette strictement positive- de très nombreux projets de décarbonation, à tel point qu'ils le seraient également en l'absence d'aide publique¹⁸. Inversement, une baisse des prix des énergies fossiles peut rendre les aides accordées insuffisantes pour garantir la rentabilité des investissements envisagés. Anecdotiquement, les nombreux abandons de projets BCIAT par des entreprises pourtant bénéficiaires des aides dans les années 2010 sont au moins en partie à attribuer à la baisse du prix relatif du gaz naturel, devenu meilleur marché sur la période 2015-2017. Ces variations dues aux différences entre scénarios de prix sont quantitativement plus importantes que celles dues aux variations dans d'autres hypothèses, telles que le taux d'escompte des acteurs privés. Cette grande sensibilité aux prix, et l'expérience passée d'un taux d'abandon élevé, invitent à s'interroger sur l'opportunité de mécanismes d'aides alternatifs dont le montant soit, précisément, adapté en fonction des évolutions dudit vecteur de prix relatifs, de telle sorte à lisser l'incertitude entourant la rentabilité des investissements de décarbonation¹⁹.

L'appel à projets BCIAT depuis sa création en 2009 n'a pas connu d'évolutions discontinues dans son format, la principale innovation venant de l'introduction proposée d'une petite part d'aides au fonctionnement –d'ailleurs remboursables– dans les millésimes les plus récents de l'appel à projets. La structure sectorielle des candidats et bénéficiaires n'a évolué qu'à la marge, et le taux de soutien moyen des projets est resté stable. En revanche, les projets récents sont d'une ampleur substantiellement plus grande que les projets plus anciens, un phénomène tiré à la fois par une augmentation de la taille des installations et par les prix de celles-ci (y

18. Nous discutons du critère de rentabilité retenu et de sa justification dans le chapitre ??.

19. Un mécanisme d'inspiration similaire a d'ailleurs été proposé en ajout aux vagues les plus récentes de l'appel, bien que celui-ci n'ait encore pas été validé définitivement. Notons que ce mécanisme d'aides à l'OPEX envisagé reste relativement marginal en termes de magnitude et de nombre de candidats potentiellement concernés.

compris rapporté à la puissance de celles-ci).

Historiquement, ces aides octroyées dans le cadre de l'appel à projets BCIAT ont effectivement eu pour conséquence, pour les entreprises en ayant bénéficié et n'ayant pas abandonné leur projet, d'augmenter la quantité d'investissements corporels de l'entreprise. Il est difficile de quantifier avec précision cet effet ; mais pendant les trois années suivant la candidature aux aides BCIAT, la probabilité que l'entreprise investisse au moins une fois une somme équivalente à 50% des investissements prévus dans son dossier de candidature BCIAT augmente significativement. Deux à trois ans après la candidature aux aides, la consommation de biomasse augmente significativement, tandis que la consommation de gaz naturel décroît. En tout et pour tout, le bénéfice d'une aide BCIAT se traduit effectivement, à terme, par une réduction des émissions de CO₂ eq. totaux de l'entreprise de l'ordre de -15 000 [-3 729, -26 179] tCO₂ eq. annuelles en moyenne, ce qui correspond globalement aux gains d'émissions prévus par les établissements concernés dans leurs projets (16 000 tCO₂ eq.). La petite taille des échantillons invite à la prudence dans l'interprétation des résultats, ces valeurs centrales étant sujettes à imprécision²⁰.

Les aides du plan France Relance partagent des similarités avec les vagues historiques de l'appel à projets BCIAT, à commencer par l'appel à projet BCIAT lui-même, passé dans le périmètre du plan avec très peu de modifications de paramètres. Les appels à projets INDUSEE et DECARBIND quant à eux, étaient plus éloignés de leur public que l'appel BCIAT ne l'était du sien, ce dernier bénéficiant d'effets d'apprentissage liés à sa douzaine d'années d'existence. Les effets des aides du plan France Relance sont ainsi décalés dans le temps, avec un délai notable dans l'apparition des subventions d'investissement au bilan des entreprises concernées. Ce délai peut s'expliquer à la fois par la complexité des projets, par une chaîne de validation plus longue, et par la subdivision des projets en plusieurs sous-projets, ce qui peut étaler

20. Le coefficient estimé est de -14 954, avec un intervalle de confiance au seuil de 95 % de [-3 729, -26 179].

l'apparition des subventions au bilan dans le temps. Les effets sur l'investissement en sont également affectés, avec une réaction positive très imprécisément estimée, et qui semble apparaître uniquement à partir de la deuxième année fiscale consécutive à la candidature aux aides, mais d'une amplitude comparable aux effets sur les subventions. Sur ces dimensions comme sur les autres dimensions de l'activité économique de l'entreprise, les estimations sont rendues très imprécises par la petite taille des échantillons concernés, et gagneront à être complétées par l'apport de données sur les années ultérieures.

CHAPITRE 1

ANALYSE DU CIBLAGE DES AIDES DU PLAN FRANCE RELANCE

1.1 Objectifs et méthodologie

La première étape d'évaluation des politiques publiques est de documenter leur ciblage. Cette étape est essentielle à plusieurs titres. D'une part, une politique publique peut être élaborée en référence à une dimension spécifique (la taille, la performance économique), qui est corrélée à d'autres dimensions a priori non-directement visées par la politique publique en question. Il importe alors de documenter le ciblage sur différentes dimensions pour comprendre dans quelle mesure la politique publique est susceptible de modifier le tissu productif d'un secteur donné. D'autre part, dans le cas d'une politique publique incitative telle qu'une subvention conditionnelle à l'engagement de certains investissements volontaires de la part d'une entreprise, renseigner le ciblage effectif de la mesure en question est une étape cruciale pour comprendre son efficacité potentielle, et les freins à l'efficacité de la mesure dont l'origine serait à trouver dans l'adoption de l'incitation par le public concerné.

L'objectif de cette première partie est donc, d'une part, de décrire les entreprises

recourant aux aides visées par les différents appels à projets, tant du point de vue de leurs émissions de GES et consommations énergétiques, que de leurs caractéristiques économiques. D'autre part, lorsque les données le permettent, cette partie vise également à décrire les caractéristiques des projets réalisés et de ceux qui ne l'ont pas été afin d'explicitier les critères de sélection.

Pour ce faire, nous avons construit une base de données au niveau des unités légales (identifiant SIREN) rassemblant des informations sur les caractéristiques économiques et environnementales de l'ensemble des entreprises françaises ainsi que sur leur statut de bénéficiaire, candidate ou non-candidate aux différents appels à projets étudiés¹. Pour chaque groupe, les statistiques descriptives de différentes variables d'intérêt, telles que la taille, l'âge, le chiffre d'affaire, mais aussi les intensités carbone et énergétique, ont été calculées. Une comparaison de ces statistiques entre entreprises bénéficiaires, candidates et non-candidates donne une première vision des caractéristiques spécifiques des différents groupes. Des modèles de régression linéaire du statut de candidat et de bénéficiaire ont ensuite été réalisés afin de déterminer les variables expliquant d'une part le choix de répondre à l'un des appels à projets et d'autre part l'obtention d'une aide. Enfin, nous avons également exploité la base de données existante sur les caractéristiques des projets soumis aux différents appels à projets pour identifier les spécificités des projets retenus par rapport aux candidats.

1.2 Données

L'analyse du ciblage des aides mobilise plusieurs bases de données contenant des informations sur les projets déposés, les aides distribuées, les émissions di-

1. Le statut de bénéficiaire ou de non-bénéficiaire est évalué à date de l'extraction des données de gestion transmises par l'Ademe, le 15 juin 2022. Nous considérons comme bénéficiaires les projets pour lesquels la validation en COPIL ou par le ministère a été effectuée, ou si les fonds ont déjà été engagés.

rectes de GES et consommations énergétiques des entreprises, candidates ou non, ainsi que les caractéristiques économiques de celles-ci. Les trois principales bases de données utilisées sont décrites en détail ci-dessous.

1.2.1 Données administratives des appels à projets

Les données sur les appels à projets sont issues des dossiers d'instructions de l'Ademe et rassemblent des informations sur l'ensemble des projets déposés pour les appels à projets BCIAT, INDUSEE et DECARBIND (On ne considère ici que les vagues de l'appels à projets BCIAT concernées par le plan France Relance, soit à partir de 2020 ; les vagues précédentes de l'appel à projets sont analysées dans les Chapitres 3 et 4). Le tableau 1.1 présente une vue d'ensemble de ces appels à projets.

TABLEAU 1.1 – Caractéristiques des appels à projets

	BCIAT	DECARBIND	INDUSEE
Nombre entreprises candidates	109	137	64
Nombre projets candidats	141	166	71
Nombre entreprises bénéficiaires	87	93	30
Nombre projets bénéficiaires	106	107	33
Montant total aides demandées (en Mio)	489.72	878.39	236.62
Montant total aides accordées (en Mio)	447.77	444.46	108.22
Ratio aides accordées/aides demandées	0.91	0.51	0.46

Lecture : L'appel à projets BCIAT a reçu 141 propositions de projet de la part de 109 entreprises candidates. Au total, près de 448 millions d'euros d'aide ont été accordés aux projets lauréats dans le cadre de cet appel à projets.

Note : Caractéristiques des appels à projets BCIAT, DECARBIND et INDUSEE lancés dans le cadre de France Relance.

Sources : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT)

L'appel à projets ayant reçu le plus grand nombre de candidatures est DECARBIND avec 166 projets soumis, suivi de BCIAT avec 141 projets et en dernière position INDUSEE avec 71 projets. Le taux de succès est quant à lui plus important pour BCIAT avec environ 75 % des projets retenus, contre 64 % des projets DECARBIND

et 46 % des projets INDUSEE². Une même entreprise peut soumettre plusieurs projets et être bénéficiaire d'une aide pour plusieurs projets, y compris sur plusieurs appels à projets différents, et y compris sur des sites distincts, comme le montre le nombre plus élevé de projets soumis et bénéficiaires que d'entreprises candidates et bénéficiaires pour chacun des trois appels à projets. En ce qui concerne les montants des aides accordées à ce jour, le total s'élève à 448 millions d'euros pour les projets BCIAT correspondant à 91 % des aides demandées, à près de 445 millions d'euros d'aide pour l'appel à projets DECARBIND, soit 51 % des aides demandées et à 108 millions d'euros pour INDUSEE, ce qui représente 46 % du montant total demandé par les candidats.

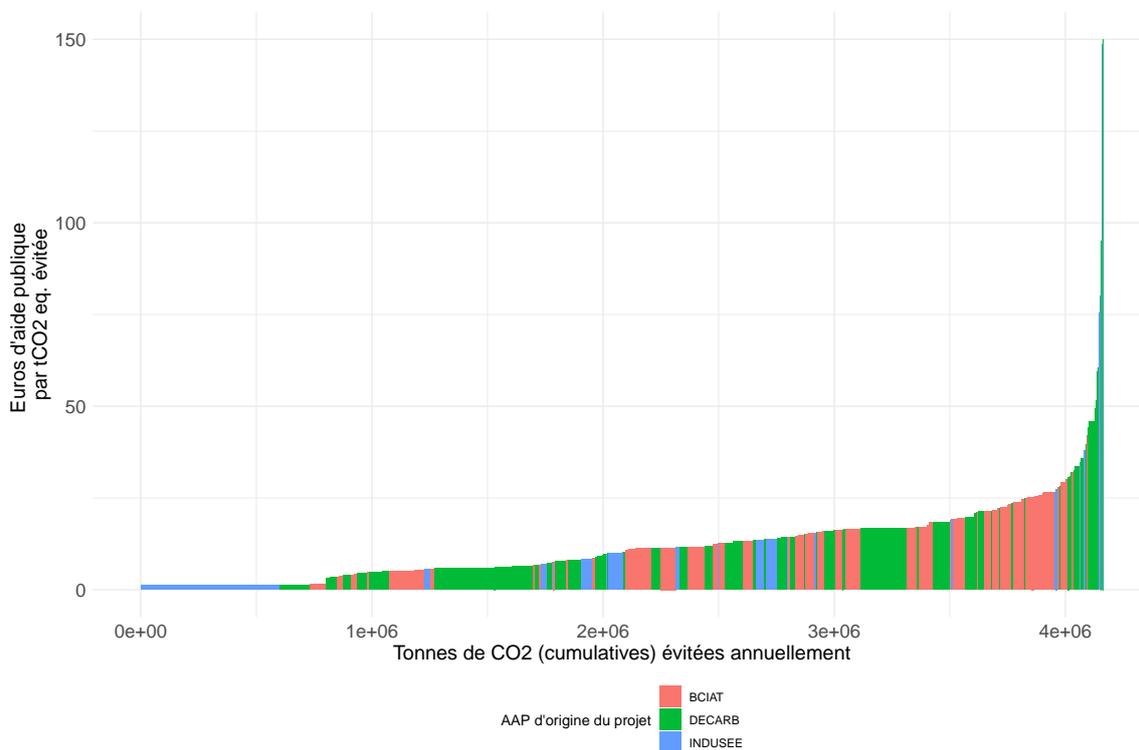
Au total, les projets bénéficiaires d'aides dans le cadre des trois appels à projets à l'étude représentent des gains espérés de GES équivalents à 4,2 millions de tCO₂ eq. annuelles. Le montant d'aide publique par tonnes de CO₂ eq. évitée est pour la plupart des projets inférieur à 25 euros (c'est vrai de 93 % des tonnes de CO₂ évitées), avec une queue de distribution aux montants substantiellement plus élevés, constituée de projets de décarbonation du projet DECARBIND essentiellement.

1.2.2 Données fiscales des entreprises

Les données fiscales sur les entreprises proviennent des liasses fiscales renseignées par les entreprises pour l'administration fiscale (BIC-IS, DGFIP). Ces données détaillent le bilan comptable et le compte de résultat de chaque entreprise pour chaque exercice fiscal, permettant ainsi de construire un grand nombre de caractéristiques économiques des entreprises, telles que leur chiffre d'affaires, leur valeur ajoutée ou encore leur niveau d'endettement.

2. Un facteur explicatif important est la familiarité des entreprises avec l'appel à projets, qui existe sous une forme tout à fait similaire depuis 2009 - cf. Chapitres 3 et 4-, ce qui peut expliquer une plus grande maturité des projets et dossiers déposés, d'où un taux de succès plus élevé

FIGURE 1.1 – Distribution des tonnes de CO₂ eq. évitées par tous les projets INDUSEE, DECARBIND et BCIAT



Lecture : 3,9 millions de tonnes de CO₂ sont évitées annuellement grâce aux appels à projets pour un coût inférieur ou égal à 25€ d'aide publique par tonne de CO₂ évitée.

Note : Distribution des tonnes de CO₂ évitées par l'ensemble des projets bénéficiaires des aides des appels à projets INDUSEE, DECARBIND et BCIAT dans le cadre de France Relance en fonction de leur coût pour la puissance publique. Chaque barre représente un projet.

Sources : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT).

1.2.3 Emissions directes de GES et consommations d'énergie

Le calcul des émissions directes de GES des entreprises est réalisé à partir des données de l'enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI), qui couvre la totalité des établissements industriels de plus de 250 salariés et une partie des établissements industriels de plus de 20 salariés. Cette enquête renseigne sur les consommations des différentes sources d'énergie au niveau des établissements industriels et permet ainsi de calculer les émissions carbonées liées à ces consommations en utilisant les facteurs d'émissions de la Base Carbone de l'Ademe. Le passage au niveau entreprise nécessite d'estimer les émissions de GES des établissements manquants pour les entreprises dont au moins un établissement apparaît dans l'EACEI puis de sommer les émissions directes de GES de l'ensemble des établissements d'une même entreprise. Pour ce faire, les données EACEI d'une année donnée sont appariées avec la Base Tous Salariés (Insee)³ de l'année correspondante, préalablement agrégée au niveau établissement, grâce à leur variable commune d'identification des entreprises, le SIREN. Ensuite, la consommation d'énergie et les émissions directes de GES sont estimées pour chaque établissement des entreprises dont au moins un établissement est présent dans les données EACEI grâce à une méthode d'apprentissage automatique détaillée dans l'annexe A.

1.2.4 Appariement des données

L'appariement entre les données des appels à projets portés par l'Ademe, les données fiscales, et les données environnementales, n'est pas parfait, pour de nombreuses raisons.

Parmi les 262 unités légales présentes dans les données des appels à projets BCIAT (post 2020), INDUSEE et DECARBIND, c'est à dire les appels à projets compris dans le champ du plan France Relance, 17 ne sont pas retrouvées dans les

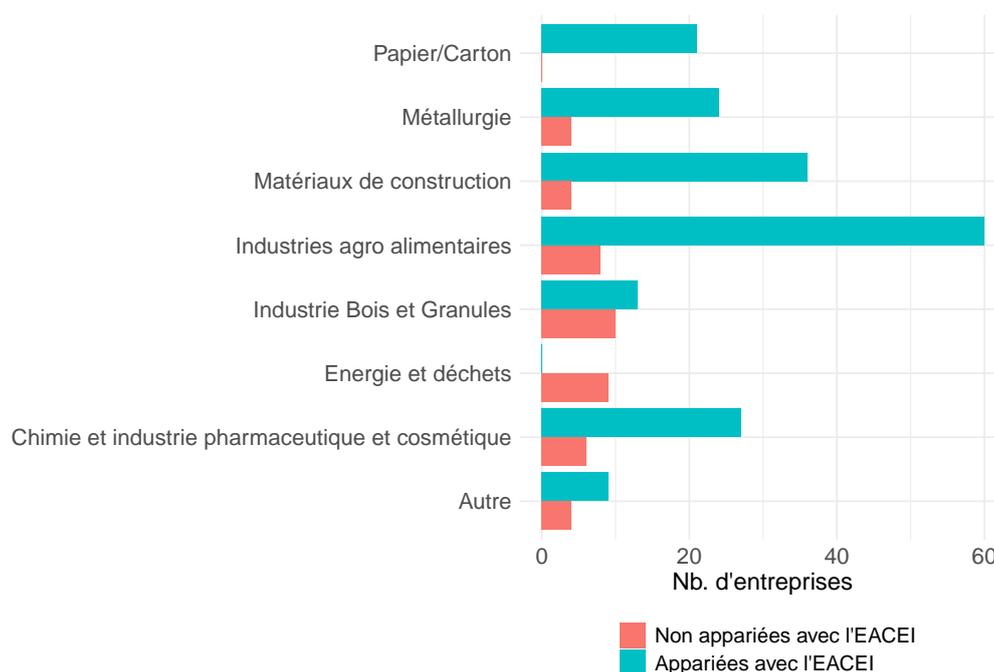
3. Anciennement connue sous le nom de DADS, pour Déclaration Annuelle de Données Sociales.

données fiscales dont nous disposons. Ceci provient, pour l'écrasante majorité des cas, du fait qu'aux appels à projets répondent parfois des entreprises qui ont été créées trop récemment pour apparaître dans les liasses fiscales pour l'année 2021, qui est la dernière date dont nous disposons à ce jour.

Toujours parmi ces unités légales, 67 ne sont pas retrouvées dans les données environnementales reconstruites. Il convient de noter en premier lieu que la même explication est valide pour les données EACEI que pour les données fiscales, à savoir que certains projets concernent des activités économiques trop récentes pour pouvoir être incluses dans le panel. De plus, l'EACEI n'est pas exhaustive pour les plus petites installations, et une part non négligeables des projets font partie de secteurs qui, de par la taille moyenne de leurs établissements, sont assez peu couverts (c'est le cas de l'industrie du bois, notamment). Enfin, le secteur de la production d'énergie, auquel sont rattachés certains projets par défaut (notamment parmi les entreprises contrôles où le site industriel est plus difficilement identifiable) ne sont pas couverts par l'enquête. De façon plus marginale, il peut également s'agir d'erreurs liées à la structure des entreprises (unités légales mal identifiées). La figure 1.2 illustre cette distribution sectorielle des entreprises appariées et non appariées.

Le tableau 1.2 présente les principales caractéristiques des projets des entreprises appariées et celles des projets des entreprises non appariées avec les données EACEI. Parce que les données des projets des entreprises contrôles sont beaucoup plus parcellaires, nous distinguons pour chaque appel à projets entre ces deux groupes de projets. Les données des appels à projets INDUSEE et DECARBIND sont rassemblées par souci de concision, mais ne présentent pas de différences majeures. Au total, les caractéristiques des projets appariés et non appariés avec les données EACEI sont relativement similaires, aussi bien pour l'appel à projets BCIAT que pour les appels à projets INDUSEE et DECARBIND. La principale différence tient au fait que les projets de décarbonation d'ampleur la plus importante dans les appels à projets INDUSEE et DECARBIND sont réalisés par des entreprises des industries

FIGURE 1.2 – Distribution sectorielle des entreprises présentes dans les données des appels à projets, appariées et non appariées avec l'EACEI



Lecture : Parmi les 23 entreprises de l'industrie du bois et des granulés présentes dans les données des appels à projets, 13 sont présentes dans l'EACEI et ont pu être appariées et 10 ne sont pas présentes dans l'EACEI.

Note : Distribution sectorielle des entreprises qui sont présentes dans les données des appels à projets selon qu'elles sont appariées ou non avec l'EACEI. Une entreprise est considérée comme présente dans l'EACEI si au moins un de ses établissements a été enquêté au moins une fois entre 2018 et 2020.

Sources : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT), EACEI 2018-2020 (Insee).

lourdes (métallurgie, ciment), dont la taille moyenne des entreprises garantit une bien meilleure couverture par l'enquête EACEI.

TABLEAU 1.2 – Caractéristiques des projets des entreprises traitées et contrôlées, selon qu'elles sont appariées ou non avec l'EACEI

	Projets appariés					Projets non appariés						
	N	Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Ecart-type	N	Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Ecart-type
BCIAT												
<i>Entreprises traitées</i>												
Investissement total	76	12,72	4,56	7,71	14,28	13,49	21	14,33	3,58	7,31	20,04	18,19
Aide à l'investissement	76	4,89	2,14	3,47	6,37	4,23	21	4,98	2,04	3,93	7,01	3,71
Aide au fonctionnement	76	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	21	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Gain espéré de GES	76	18,54	7,38	12,95	23,92	17,21	21	18,03	7,48	11,23	16,93	22,46
<i>Entreprises contrôlées</i>												
Investissement total	33	14,67	6,20	10,75	16,81	14,07	11	11,15	3,87	5,83	12,93	13,87
Aide à l'investissement	33	4,39	2,22	3,65	5,50	3,66	11	1,13	1,13	1,13	1,13	
Aide au fonctionnement	33	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	11	0,00	0,00	0,00	0,00	
Gain espéré de GES												
INDUSEE/DECARBIND												
<i>Entreprises traitées</i>												
Investissement total	115	18,79	4,52	6,22	14,15	35,75	25	13,93	5,95	10,99	19,00	11,12
Aide à l'investissement	115	4,18	1,15	1,65	3,89	7,74	25	2,86	1,21	2,13	3,40	2,34
Aide au fonctionnement	115	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gain espéré de GES	115	21,08	1,60	4,40	16,55	64,67	25	12,47	1,58	6,66	21,90	15,76
<i>Entreprises contrôlées</i>												
Investissement total	65	10,51	0,00	3,14	6,93	37,84	32	10,24	0,00	0,00	0,00	25,88
Aide à l'investissement	65	2,53	0,00	0,88	2,45	4,69	32	4,76	0,00	1,06	5,82	9,68
Aide au fonctionnement	65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Gain espéré de GES	65	16,76	0,38	1,53	7,23	58,80	32	18,73	0,20	1,06	6,26	47,03

Lecture : L'aide à l'investissement moyenne demandée par les entreprises traitées et appariées avec l'EACEI est de 4,89 millions d'euros tandis que celle demandée par les entreprises traitées mais non-appariées avec l'EACEI s'élève à 4,98 millions d'euros.

Note : Statistiques descriptives des projets des entreprises traitées (bénéficiaires d'une aide) et contrôlées (non-bénéficiaires) selon leur statut d'appariement avec l'EACEI. Les données des appels à projets INDUSEE et DECARBIND sont rassemblées par souci de concision mais ne présentent pas de différences majeures.

Sources : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT), EACEI 2018-2020 (Insee).

1.3 Caractérisations des bénéficiaires et candidats aux aides à la décarbonation

1.3.1 Caractéristiques des entreprises

Le tableau 1.3 décrit les caractéristiques des entreprises bénéficiaires d’au moins une aide, des entreprises candidates à au moins un appel à projets n’ayant pas bénéficié d’aide et des entreprises appartenant aux mêmes secteur que les candidats mais n’ayant répondu à aucun appel à projets⁴.

D’après les statistiques descriptives du tableau 1.3, les entreprises bénéficiaires d’au moins une aide sont en moyenne plus grosses, plus âgées, plus endettées et plus intensives en énergie et en émissions carbone que les entreprises candidates non bénéficiaires d’une aide, qui sont elles-mêmes plus grosses, légèrement plus âgées, plus endettées et plus intensives en énergie et en émissions carbone que les entreprises qui n’ont pas été candidates à un appel à projets. En effet, l’effectif salarié moyen des entreprises bénéficiaires est d’environ 1 900 salariés, soit 1,7 fois plus élevé que l’effectif moyen des entreprises non-bénéficiaires et plus de six fois plus élevé que les entreprises non-candidates. Leur chiffre d’affaire moyen est quant à lui trois fois plus important que celui des entreprises non-bénéficiaires, lui-même cinq fois plus gros que celui des entreprises non-candidates. Les entreprises bénéficiaires d’une aide sont plus endettées, en terme de ratio de dette sur le chiffre d’affaires ou sur la valeur ajoutée, que les entreprises non bénéficiaires, elles-mêmes un peu plus endettées que les entreprises n’ayant pas été candidates à un appel à projet. En revanche, l’intensité travail, mesurée par le ratio du nombre d’heures travaillées sur la VA ou la masse salariale sur la VA, est plus faible pour les

4. Dans les tableaux et figures qui suivent, certaines catégories d’entreprises sont à dessein regroupées afin de satisfaire aux règles du secret statistique.

TABLEAU 1.3 – Caractéristiques des entreprises bénéficiaires, candidates et non candidates

Candidats bénéficiaires							
Variable	N	Pctl.1	Q1	Médiane	Moyenne	Q3	Pctl.99
Effectif	140	35.39	229.75	671.5	1924.35	1479.5	22471.13
CA (en M€)	140	7.782	61.947	184.481	1012.335	564.287	10935.149
CO ₂ (kt)/VA	140	0.019	0.214	0.778	2.851	2.664	50.233
Conso énergie (ktep)/VA	140	0.015	0.179	0.537	1.201	1.455	11.213
Dettes/VA	140	0	0.058	0.389	1.279	1.13	10.99
Dettes/CA	140	0	0.015	0.091	0.248	0.265	2.055
Heures travaillées/VA	140	0.004	0.013	0.019	0.021	0.027	0.057
Masse salariale/VA	140	0.133	0.336	0.452	0.491	0.566	1.567
Age	140	6.39	25.75	41.5	39.464	53	71.66
Candidats non bénéficiaires							
Variable	N	Pctl.1	Q1	Médiane	Moyenne	Q3	Pctl.99
Effectif	48	27.94	265.25	527.5	1119.792	1390.75	7330.53
CA (en M€)	48	3.839	53.159	119.01	340.575	332.573	2570.505
CO ₂ (kt)/VA	48	0.016	0.101	0.354	0.935	1.162	8.019
Conso énergie (ktep)/VA	48	0.014	0.067	0.24	0.696	0.864	4.859
Dettes/VA	48	0	0.085	0.294	0.958	1.015	6.97
Dettes/CA	48	0	0.02	0.104	0.179	0.263	1.059
Heures travaillées/VA	48	0.008	0.016	0.024	0.031	0.032	0.145
Masse salariale/VA	48	0.197	0.362	0.478	0.662	0.573	3.399
Age	48	4.94	21.5	34.5	35.667	51	68
Non candidats							
Variable	N	Pctl.1	Q1	Médiane	Moyenne	Q3	Pctl.99
Effectif	8368	21	56	121	306.779	288.25	2993
CA (en M€)	8368	1.402	6.407	15.648	68.697	44.647	820.924
CO ₂ (kt)/VA	8368	0.001	0.02	0.049	0.216	0.131	2.756
Conso énergie (ktep)/VA	8368	0.001	0.018	0.043	0.154	0.104	1.914
Dettes/VA	8368	0	0.045	0.239	0.702	0.627	7.935
Dettes/CA	8368	0	0.014	0.075	0.159	0.182	1.293
Heures travaillées/VA	8368	0.007	0.023	0.03	0.037	0.039	0.137
Masse salariale/VA	8368	0.171	0.453	0.555	0.624	0.656	2.133
Age	8368	6	23	33	35.371	48	68

Lecture : Le chiffre d'affaire (CA) moyen est de 1 milliard d'euros pour les entreprises bénéficiaires d'au moins une aide, de 341 millions d'euros pour les entreprises candidates à un appel à projet mais n'ayant pas bénéficié d'une aide et de 69 millions d'euros pour les entreprises qui n'ont pas été candidates à un appel à projets.

Note : Statistiques descriptives des entreprises bénéficiaires, candidates et non-candidates à au moins un des appels à projets BCIAT, DECARBIND et INDUSEE dans le cadre de France Relance. Le groupe des entreprises non-candidates est restreint aux entreprises présentes dans l'EACEI.

Sources : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT), BICRN / BICRS, EACEI, DADS.

entreprises bénéficiaires d'une aide que pour les autres entreprises. Enfin, pour ce qui est de l'intensité carbone et énergétique, c'est-à-dire les émissions directes de GES (en kilotonnes) et la consommation d'énergie (en kilotonnes d'équivalent pétrole) rapportées à la valeur ajoutée, les entreprises bénéficiaires sont en moyenne trois fois plus intensives en carbone et près de fois plus intensives en énergie que les entreprises non-bénéficiaires. Par rapport aux entreprises non-candidates, la différence en intensité carbone et énergie est proche d'un facteur de dix.

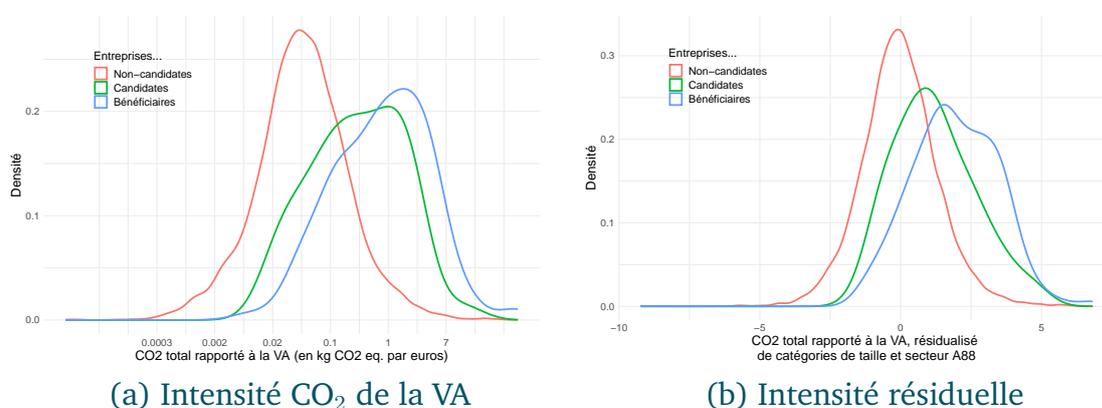
Ce dernier point est également illustré par les figures 1.3 et 1.4 ci-dessous, pour les intensités carbone et énergétique respectivement. Chaque figure représente deux ensembles de distribution. On représente d'abord la distribution de l'intensité CO₂ (ou énergie) de la valeur ajoutée des entreprises (panel de gauche). Chaque courbe représente les entreprises d'un groupe : les entreprises non-candidates en rouge, les entreprises candidates mais non bénéficiaires des aides France Relance en vert, et les entreprises bénéficiaires en bleu. La distribution des entreprises non-candidates, c'est à dire de la majorité des entreprises industrielles présentes dans l'EACEI, est centrée sur sa médiane de 0,04 kg CO₂ eq. par euro de valeur ajoutée. La distribution des intensités CO₂ de la VA des entreprises candidates est très nettement décalée vers la droite, indiquant que la plupart des entreprises candidates aux aides France Relance sont plus intenses que le reste des entreprises industrielles ; la médiane de cette distribution est égale à 0,35 kg CO₂ eq. par euro de valeur ajoutée, soit près de 10 fois plus que la médiane des autres entreprises industrielles. Le chevauchement des distributions indique que la quasi-totalité des entreprises candidates se trouvent dans la moitié des entreprises industrielles les plus intenses en CO₂.

Pour construire les intensités résiduelles (panel de droite), on calcule la déviation, par rapport à la moyenne du secteur (NAF à 2 caractères) et de la catégorie de taille de l'entreprise, de l'intensité énergétique ou carbone de sa valeur ajoutée. On représente ensuite, pour chaque groupe d'entreprises (bénéficiaires, candi-

dates non bénéficiaires, ou non-candidates), la distribution de ces intensités « résiduelles ». Ainsi, une distribution décalée vers la droite signale qu'à secteur et taille d'entreprises donnée, les entreprises bénéficiaires ont une valeur ajoutée davantage intense en GES et en énergie que les entreprises candidates, et davantage encore que le reste des entreprises. Les entreprises qui candidatent aux aides à la décarbonation ont donc, pour la très grande majorité d'entre elles, une intensité CO₂ de leur valeur ajoutée qui est supérieure à la médiane de leur secteur et de leur catégorie de taille. Ceci s'explique potentiellement par le fait que ces entreprises ont le plus à gagner d'un investissement de décarbonation. La même sélection joue, bien que moins fortement, entre les entreprises candidates et les entreprises effectivement bénéficiaires des aides. La décision d'octroi des aides étant en grande partie motivée par les gains d'émissions de tCO₂ eq., rapportés au montant de l'aide publique octroyée, on peut s'attendre à ce que les entreprises dont la valeur ajoutée est très intense en consommations énergétiques puissent déposer des dossiers dont les gains espérés sont plus élevés, et plus bon marchés, et soient donc plus souvent acceptés comme lauréats.

On vérifie cette hypothèse en comparant les gains espérés de CO₂ tirés des projets déposés avec leur coût. On s'intéresse à la corrélation entre la magnitude de la réduction des émissions directes de GES prévues et le coût investi par tonnes de CO₂ eq. évitée. On calcule ainsi, au niveau de chaque entreprise couverte par l'EACEI et bénéficiaire des aides du plan France relance, le ratio du total des tonnes de CO₂ évitées par ses projets bénéficiaires rapporté à l'estimation de ses émissions directes de GES en 2019, telles que mesurées dans l'EACEI ; et on compare ce ratio à celui de l'investissement total consenti et des tCO₂ eq. évitées par les projets. La figure 1.5 illustre cette relation négative : les projets d'une grande ampleur, en proportion des émissions directes totales de CO₂ (ex ante) d'une entreprise, sont aussi ceux pour lesquels la valeur totale de l'investissement rapportée aux gains de GES

FIGURE 1.3 – Distribution de l'intensité CO₂ de la valeur ajoutée, par groupes d'entreprises

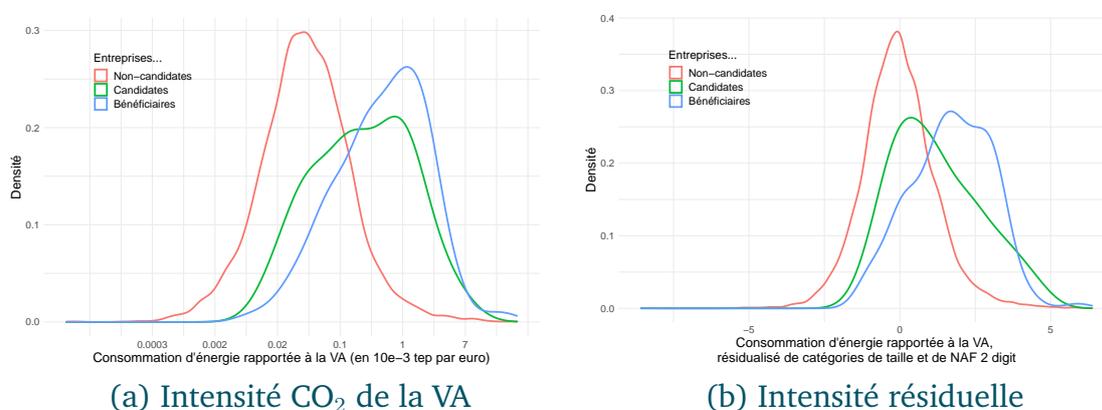


Lecture : Plus la distribution est décalée vers la droite, plus les entreprises du groupe sont intenses en carbone. Panneau (a) : La majorité des entreprises qui candidatent aux aides à la décarbonation sont plus intensives en carbone que le reste des entreprises industrielles. Panneau (b) : La majorité des entreprises qui candidatent aux aides à la décarbonation ont une intensité CO₂ de leur valeur ajoutée supérieure à la médiane de leur secteur et de leur catégorie de taille.

Note : Distribution de l'intensité CO₂ de la valeur ajoutée pour les entreprises bénéficiaires d'au moins une aide, les entreprises candidates à un au moins un des appels à projets BCIAT, INDUSEE et DECARBIND mais non bénéficiaires d'aide et les entreprises qui n'ont pas été candidates à un des appels à projets France Relance. Dans le panneau (b), on contrôle par le secteur et la taille des entreprises.

Sources : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT), BICRN / BICRS, EACEI.

FIGURE 1.4 – Distribution de l'intensité en consommation énergétique de la valeur ajoutée, par groupes d'entreprises



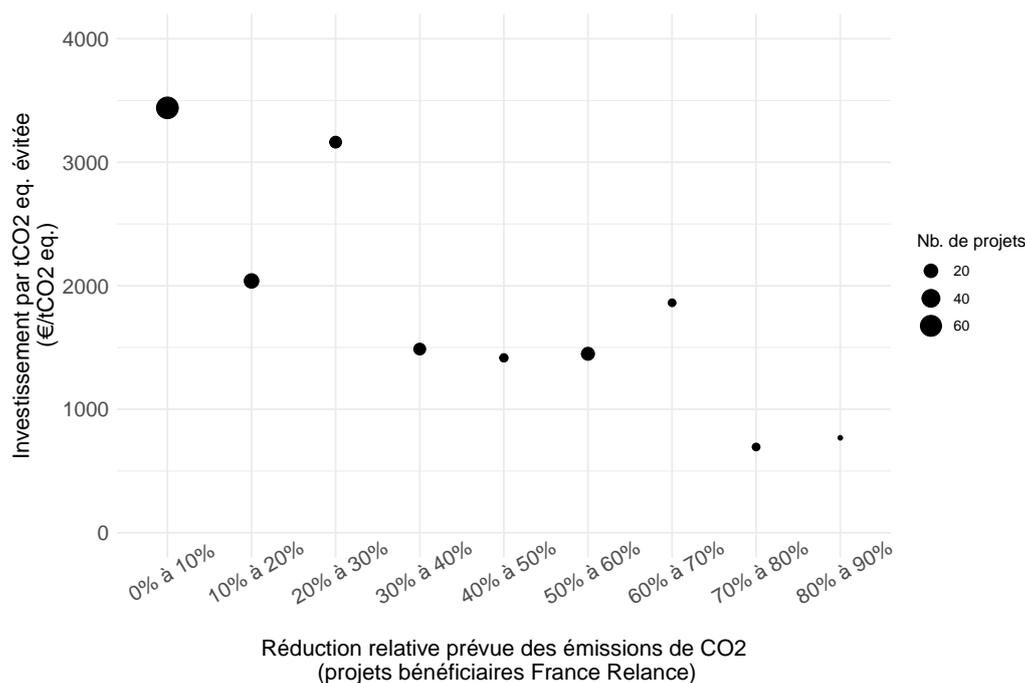
Lecture : Plus la distribution est décalée vers la droite, plus les entreprises du groupe sont intenses en énergie. Dans le panneau (b), on contrôle par le secteur et la taille des entreprises. Panneau (a) : La majorité des entreprises qui candidatent aux aides à la décarbonation sont plus intenses en énergie que le reste des entreprises industrielles. Panneau (b) : La majorité des entreprises qui candidatent aux aides à la décarbonation ont une intensité énergétique de leur valeur ajoutée supérieure à la médiane de leur secteur et de leur catégorie de taille.

Note : Distribution de l'intensité en consommation énergétique de la valeur ajoutée pour les entreprises bénéficiaires d'au moins une aide, les entreprises candidates à un au moins un des appels à projets BCIAT, INDUSEE et DECARBIND mais non bénéficiaires d'aide et les entreprises qui n'ont pas été candidates à un des appels à projets France Relance.

Sources : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT), BICRN / BICRS, EACEI.

est la plus faible. Ceci suggère que les plus petits projets en termes de réduction des émissions directes de CO₂ initiales sont en moyenne des projets déjà plus proches de la frontière de possibilité de réduction des émissions des entreprises concernées.

FIGURE 1.5 – Euros investis par tCO₂ eq. évitée, et ampleur de la réduction des émissions



Lecture : Les projets dont la réduction des émissions de CO₂ relativement aux émissions initiales est comprise entre 80 % et 90 % ont un coût d'investissement d'environ 750€/tCO₂ eq.

Note : Représentation de la corrélation entre la magnitude de la réduction des émissions directes de GES prévues et le coût investi par tonne de CO₂ eq. évitée. Les projets sont regroupés par montant de réduction relative des émissions de CO₂ afin de satisfaire aux exigences du secret statistique.

Sources : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT), EACEI.

1.3.2 Caractérisation des projets industriels

Les tableaux 1.4, 1.5 et 1.6 présentent les caractéristiques des projets soumis aux appels à projets BCIAT, INDUSEE et DECARBIND respectivement ainsi que des établissements bénéficiaires de ces projets.

TABLEAU 1.4 – Statistiques descriptives des projets BCIAT

Bénéficiaires							
Variable	N	Pctl.1	Q1	Médiane	Moyenne	Q3	Pctl.99
Aide demandée (en milliers)	94	399.745	1976	3526.676	4763.522	6204	14990
Investissement (en milliers)	95	575.069	4346.5	7615.825	12687.673	14866.312	58444.917
Gain CO ₂ annuel (en kt)	97	2.919	7.422	12.461	18.426	20.115	93.33
Gain CO ₂ sur 15 ans (en kt)	97	43.778	111.327	186.913	276.395	301.731	1399.957
€ d'aide/CO ₂ (t) évitées 15 ans	97	0	10.256	20.623	19.214	28.029	43.755
CO ₂ (tonnes)/nb heures travaillées	78	0.002	0.012	0.037	0.077	0.096	0.439
Conso énergie (tep)/nb heures travaillées	78	0.001	0.009	0.025	0.044	0.057	0.269
Somme salaires brut (en milliers)	78	456.327	3472.295	9424.505	19928.836	16965.301	186818.747
Effectif siret	78	11.85	113	274	567.462	538	5896.41
Non bénéficiaires							
Variable	N	Pctl.1	Q1	Médiane	Moyenne	Q3	Pctl.99
Aide demandée (en milliers €)	8	1740.524	2292.808	3913.256	5243.279	5975.688	14468
Investissement (en milliers €)	22	1726.267	5716.998	10922.314	15530.741	16832.252	58176.824
CO ₂ (t)/nb heures travaillées	23	0.001	0.016	0.035	0.093	0.11	0.359
Conso énergie (tep)/nb heures travaillées	23	0.001	0.015	0.042	0.061	0.09	0.209
Somme salaires brut (en milliers €)	23	752.934	3299.38	6782.816	9977.609	12274.366	43471.297
Effectif siret	23	28.44	136.5	248	293.174	367	949.62

Lecture : L'aide moyenne demandée par les projets bénéficiaires de l'appel à projets BCIAT s'élève à 4,76 millions d'euros.

Note : Caractéristiques des projets bénéficiaires et non bénéficiaires de l'appel à projets BCIAT dans le cadre de France Relance. Le nombre d'observations varie du fait de données manquantes dans la base Ademe ou de projets non appariés avec les données EACEI.

Sources : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT), EACEI, DADS.

Pour l'appel à projets BCIAT, le montant d'aide demandé par les bénéficiaires est en moyenne légèrement inférieur à celui demandé par les candidats non bénéficiaires, cependant les données d'aide demandée par les candidats non bénéficiaires n'étant pas disponibles pour l'ensemble des candidats, aucune conclusion ne peut être tirée de cette comparaison. En revanche, les investissements prévus par les candidats non bénéficiaires sont de plus grande envergure, avec une moyenne de 15,5 millions d'euros d'investissement contre 12,7 millions pour les bénéficiaires. Enfin, les établissements concernés par les projets lauréats sont en moyenne un peu

moins intensifs en carbone et en énergie, mesurés par les tonnes de CO₂ émises et l'énergie consommée respectivement divisées par le nombre d'heures travaillées⁵, que les établissements dont le projet n'a pas été retenu mais ont une intensité carbone médiane plus élevée.

TABLEAU 1.5 – Statistiques descriptives des projets INDUSEE

Variable	Bénéficiaires						
	N	Pctl.1	Q1	Médiane	Moyenne	Q3	Pctl.99
Aide demandée (en milliers €)	33	800	1544	2299.32	3868.512	5000	14593.624
Aide révisée (en milliers €)	33	289	1275.122	1800	3279.406	4108.8	14410.242
Investissement (en milliers €)	33	1504.16	4588	7600	13962.328	16150	61332.8
Gain CO ₂ annuel (en kt)	33	0.466	1.607	4.401	28.109	13.95	427.395
Gain CO ₂ sur 20 ans (en kt)	33	9.32	32.14	88.02	562.18	279	8547.9
€ d'aide demandée/CO ₂ (t) évitées 20 ans	33	1.67	10.578	39.21	67.781	80.13	503.515
€ d'aide révisée/CO ₂ (t) évitées 20 ans	33	2.605	10.123	15.48	40.261	40.014	150
CO ₂ (t)/nb heures travaillées	29	0.003	0.026	0.105	0.158	0.177	1.05
Conso énergie (tep)/nb heures travaillées	29	0.002	0.016	0.061	0.081	0.128	0.309
Somme salaires brut (en milliers €)	30	1657.503	6955.876	13301.12	14485.645	17896.685	46686.238
Effectif siret	30	24.96	174.25	347.5	415.9	490.25	1363.64
Note ellipro	32	3	5.75	6.5	6.938	8.5	10
Variable	Non bénéficiaires						
	N	Pctl.1	Q1	Médiane	Moyenne	Q3	Pctl.99
Aide demandée (en milliers €)	38	371.82	810.394	1274.439	2867.239	2317.955	20430.24
Aide révisée (en milliers €)	38	0	0	0	883.265	697.35	10068.864
Investissement (en milliers €)	36	0	0	0	3122.336	2316.125	33040.05
Gain CO ₂ annuel (en kt)	14	0.102	0.276	1.324	19.682	6.425	126.066
Gain CO ₂ sur 20 ans (en kt)	14	2.04	5.52	26.48	393.64	128.5	2521.32
€ d'aide demandée/CO ₂ (t) évitées 20 ans	37	1.551	18.042	40.367	1564.173	158.391	34768.552
€ d'aide révisée/CO ₂ (t) évitées 20 ans	14	0	0.853	19.883	50.589	52.682	216.147
CO ₂ (t)/nb heures travaillées	25	0.002	0.011	0.029	0.219	0.295	1.563
Conso énergie (tep)/nb heures travaillées	25	0.001	0.007	0.03	0.082	0.155	0.367
Somme salaires brut (en milliers €)	25	1444.344	8198.616	15145.024	24045.977	22203.902	132419.449
Effectif siret	25	40.96	281	484	612.28	557	3148.36
Note ellipro	17	3.16	5	6	6.647	9	10

Lecture : L'aide moyenne demandée par les projets bénéficiaires de l'appel à projets INDUSEE s'élève à 3,87 millions d'euros.

Note : Caractéristiques des projets bénéficiaires et non bénéficiaires de l'appel à projets INDUSEE dans le cadre de France Relance. Le nombre d'observations varie du fait de données manquantes dans la base Ademe ou de projets non appariés avec les données EACEI.

Sources : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT), EACEI, DADS.

En ce qui concerne l'appel à projets INDUSEE, le montant moyen d'aide demandé par les bénéficiaires est d'environ 3,9 millions d'euros soit supérieur au montant moyen demandé par les candidats non bénéficiaires, qui est de 2,9 millions.

5. Au niveau établissement, les émissions de CO₂ et l'énergie consommée ne peuvent pas être rapportés à la valeur ajoutée, qui est une variable calculée au niveau entreprise uniquement, et sont donc rapportées à une autre variable d'activité, ici le nombre d'heures travaillées, afin de calculer les intensités carbone et énergétique.

Pour ce qui est du montant d'aide après révision par l'Ademe, il change peu pour les projets bénéficiaires, représentant environ 85 % du montant demandé, mais est significativement revu à la baisse pour les projets non bénéficiaires. Les gains de CO₂ sont quant à eux 50 % plus élevés pour les projets bénéficiaires que pour les projets non bénéficiaires, avec une moyenne de 28 000 tonnes de CO₂ évitées par an prévue pour les premiers contre moins de 20 000 tonnes en moyenne pour les seconds. Le montant d'aide révisée par tonne de CO₂ évitée sur 20 ans est ainsi plus faible pour les projets bénéficiaires. Pour ce qui est de l'intensité carbone des établissements concernés par les projets, la moyenne des candidats non bénéficiaires est plus élevée mais la médiane est beaucoup plus faible que pour les candidats bénéficiaires ce qui suggère que la moyenne du premier groupe est tirée par des valeurs extrêmes. Il en va de même pour l'intensité énergétique. En termes d'effectifs, les établissements bénéficiaires sont en moyenne deux fois plus gros que les non bénéficiaires, en partie du fait de la présence de très gros établissements parmi les bénéficiaires. Quant à la santé financière des établissements évaluée par la note Ellipro, qui va de 1 pour les établissements en grande difficulté financière à 10 pour les établissements en parfaite santé, les bénéficiaires sont en moyenne légèrement mieux notés que les non bénéficiaires.

Les projets lauréats de l'appel à projets DECARBIND présentent quant à eux un montant d'aide demandé moyen inférieur d'environ 200 000 € et un montant d'aide révisé inférieur d'environ 800 000 € aux montants moyens respectivement demandé et révisé par les projets non lauréats. Le montant d'investissement prévu est également plus faible chez les bénéficiaires que chez les candidats non bénéficiaires de l'aide, ce qui est cohérent avec le fait que les établissements concernés sont plus petits en termes d'effectifs dans le premier groupe que dans le second. Les gains de CO₂ sur 20 ans étant semblables en moyenne pour les deux groupes, le montant d'aide révisé par tonne de CO₂ évitée sur 20 ans est inférieur en moyenne

TABLEAU 1.6 – Statistiques descriptives des projets DECARBIND

Bénéficiaires							
Variable	N	Pctl.1	Q1	Médiane	Moyenne	Q3	Pctl.99
Aide demandée (en milliers €)	107	428.034	1468.518	2114.413	5209.757	4188.472	44481.3
Aide révisée (en milliers €)	107	237.897	1174.835	1620	4153.855	3429.125	29755.906
Investissement (en milliers €)	99	3084.918	4583.75	6292	19320.659	13448.6	201967.649
Gain CO ₂ annuel (en kt)	107	0.276	1.583	4.67	16.902	18.06	196.001
Gain CO ₂ sur 20 ans (en kt)	107	5.52	31.66	93.4	338.04	361.2	3920.02
€ d'aide demandée/CO ₂ (t) évitées 20 ans	107	3.596	12.277	23.322	49.562	51.932	493.529
€ d'aide révisée/CO ₂ (t) évitées 20 ans	107	3.192	11.401	19.733	35.265	43.407	150.002
CO ₂ (t)/nb heures travaillées	82	0.003	0.023	0.076	0.253	0.289	2.007
Conso énergie (tep)/nb heures travaillées	82	0.002	0.014	0.046	0.112	0.165	0.764
Somme salaires brut (en milliers €)	82	685.378	6060.483	12550.877	23877.541	21152.61	157191.995
Effectif siret	82	25.3	161	329	586.939	559.25	4264.22
Note ellipro	104	2	5	6	6.625	9	10
Non bénéficiaires							
Variable	N	Pctl.1	Q1	Médiane	Moyenne	Q3	Pctl.99
Aide demandée (en milliers €)	59	379	1224.14	2848.183	5439.679	6453.031	38400
Aide révisée (en milliers €)	52	61.2	908.775	2058	4982.825	5828.562	39800
Investissement (en milliers €)	12	3201.58	4300	6500	32370.784	11989.225	210120.4
Gain CO ₂ annuel (en kt)	57	0	0.359	1.3	16.839	7.147	283.142
Gain CO ₂ sur 20 ans (en kt)	57	0	7.18	26	336.78	142.94	5662.84
€ d'aide demandée/CO ₂ (t) évitées 20 ans	58	2.653	26.611	96.609	189.181	179.966	1613.744
€ d'aide révisée/CO ₂ (t) évitées 20 ans	55	0	7.656	69.484	133.744	166.546	662.042
CO ₂ (t)/nb heures travaillées	37	0	0.003	0.009	0.173	0.1	1.558
Conso énergie (tep)/nb heures travaillées	37	0	0.003	0.008	0.079	0.059	0.539
Somme salaires brut (en milliers €)	37	884.873	5964.08	14033.021	41949.766	37107.118	427243.783
Effectif siret	37	30.44	171	369	959.108	1023	7330.4
Note ellipro	59	0.58	5	6	6.559	9	10

Lecture : L'aide moyenne demandée par les projets bénéficiaires de l'appel à projets DECARBIND s'élève à 5,21 millions d'euros.

Note : Caractéristiques des projets bénéficiaires et non bénéficiaires de l'appel à projets DECARBIND dans le cadre de France Relance. Le nombre d'observations varie du fait de données manquantes dans la base Ademe ou de projets non appariés avec les données EACEI.

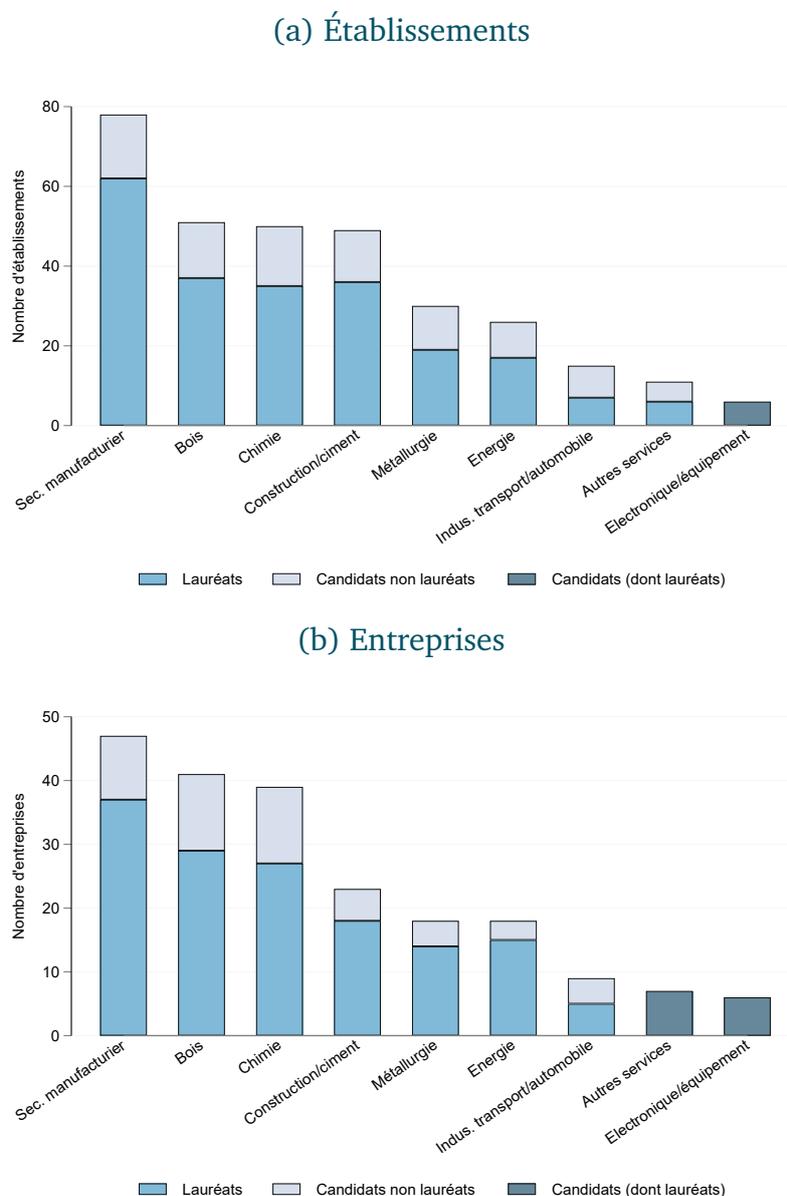
Sources : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT), EACEI, DADS.

pour les projets lauréats, pour lesquels il s'élève à 35,3 € d'aide par tonne de CO₂ évitée sur 20 ans, contre 133,7 € pour les non lauréats. Les établissements bénéficiaires de l'aide sont en moyenne plus intensifs en carbone et en énergie que les établissements non bénéficiaires mais ne présentent pas de différence notable du point de vue de leur santé financière.

Enfin, les figures 1.6 et 1.7 présentent la répartition sectorielle des établissements bénéficiaires et candidats non bénéficiaires d'une des aides ainsi que la répartition sectorielle des bénéficiaires par appel à projets.

On voit dans la figure 1.6 que le secteur le plus représenté tant dans le nombre d'établissements que dans le nombre d'entreprises candidats est le secteur manufacturier. Suivent dans l'ordre les secteurs du bois, de la chimie et de la construction. Pour ce dernier, un grand nombre d'établissements, près de 50, ont présenté un projet, mais il compte seulement une vingtaine d'entreprises candidates, ce qui signifie que les entreprises ayant candidaté ont souvent présenté plusieurs projets. À l'inverse, le secteur du bois compte presque autant d'entreprises que d'établissements candidats, ce qui suggère que les entreprises de ce secteur ayant participé aux appels à projets sont plutôt petites et n'ont que rarement été candidates à plusieurs titres.

FIGURE 1.6 – Répartition sectorielle des établissements et entreprises bénéficiaires et candidats non bénéficiaires

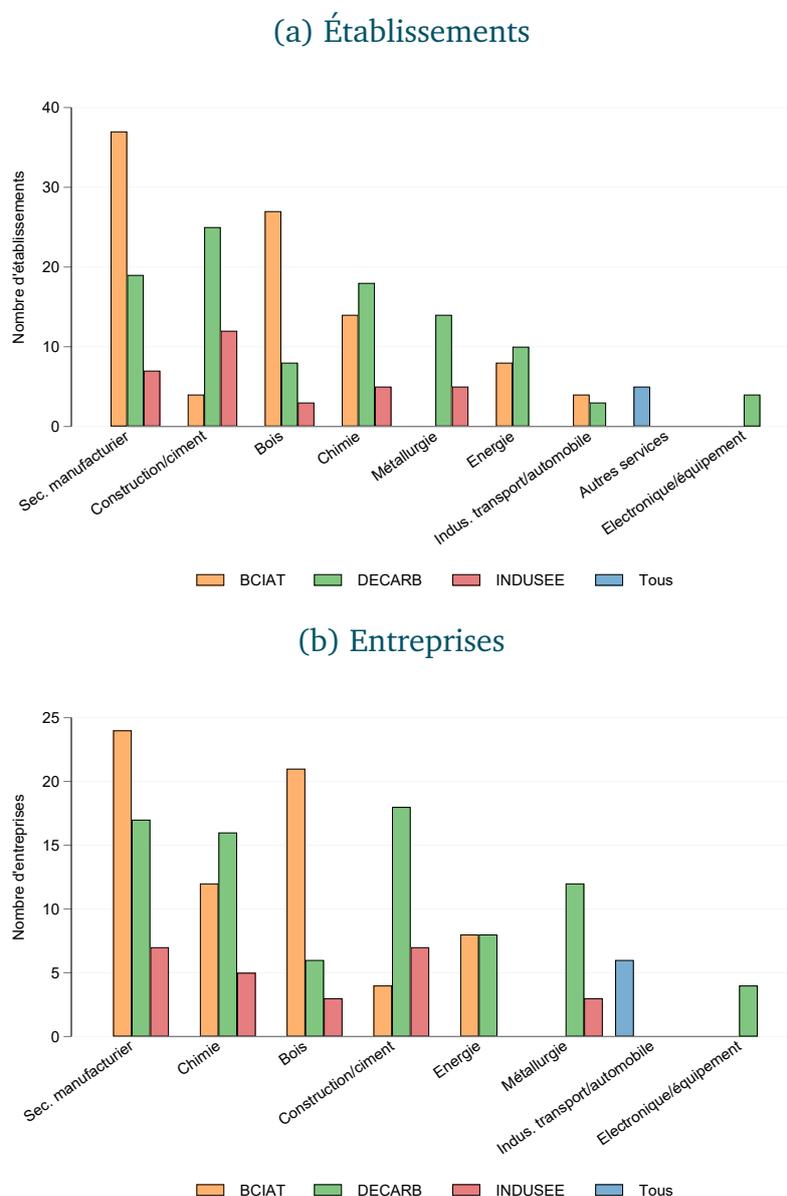


Lecture : Panneau (a) : 79 établissements du secteur manufacturier ont candidaté à l'un des appels à projets BCIAT, DECARBIND et INDUSEE, parmi lesquels 61 établissements ont reçu une aide. Panneau (b) : 39 entreprises du secteur de la chimie ont candidaté à l'un des appels à projets BCIAT, DECARBIND et INDUSEE, parmi lesquelles 28 entreprises ont reçu une aide.

Note : Ce graphique présente le nombre respectivement d'établissements et d'entreprises s'étant portés candidats et ayant été lauréats de l'ensemble d'appels à projets à la décarbonation de l'industrie (BCIAT, DECARBIND, INDUSEE). Les secteurs ont été construits à partir de regroupements des divisions de la classification NAF de la manière suivante : Sec. manufacturier (10 à 15), Bois (16 à 18), Chimie (20 à 22), Construction/ciment (23, 42, 43), Métallurgie (24, 25), Électronique/équipement (26 à 28), Indus. transport/automobile (29, 30), autres services (71, 72, 82, 38).

Sources : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT).

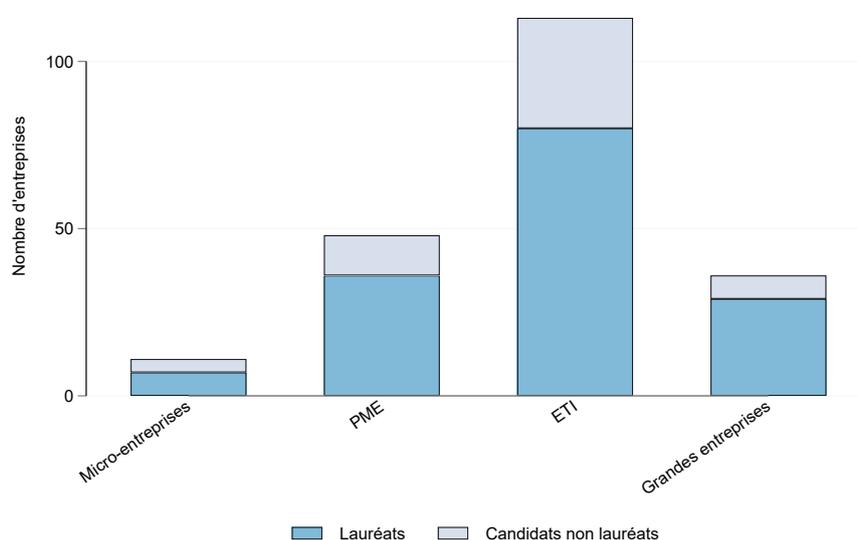
FIGURE 1.7 – Répartition sectorielle des établissements et entreprises bénéficiaires par appel à projets



Lecture : Panneau (a) : Parmi les établissements du secteur de l'énergie lauréats d'au moins un appel à projets, 8 ont bénéficié d'une aide BCIAT et 10 ont bénéficié d'une aide DECARBIND. Panneau (b) : Parmi les entreprises du secteur du bois bénéficiaires d'au moins un appel à projets, 24 ont bénéficié d'une aide BCIAT, 17 d'une aide DECARBIND et 7 d'une aide INDUSEE. *Note* : Ce graphique présente le nombre respectivement d'établissements et d'entreprises ayant été lauréats pour chacun des appels à projets de décarbonation de l'industrie (BCIAT, DECARBIND, INDUSEE). Les secteurs ont été construits à partir de regroupements des divisions de la classification NAF de la manière suivante : Sec. manufacturier (10 à 15), Bois (16 à 18), Chimie (20 à 22), Construction/ciment (23, 42, 43), Métallurgie (24, 25), Électronique/équipement (26 à 28), Indus. transport/automobile (29, 30), autres services (71, 72, 82, 38).

Source : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT).

FIGURE 1.8 – Répartition par taille des candidats et lauréats

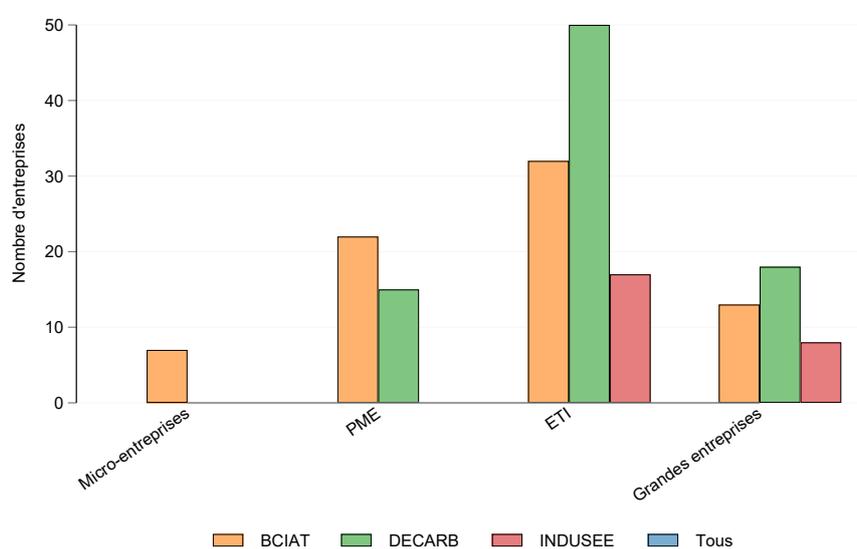


Lecture : Parmi les entreprises candidates à au moins un appel à projets, 49 sont des PME et 35 d'entre elles sont lauréates.

Note : Ce graphique présente le nombre d'entreprises par catégorie de taille s'étant portées candidates et ayant été lauréates de l'ensemble d'appels à projets de décarbonation de l'industrie (BCIAT, DECARBIND, INDUSEE).

Source : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT).

FIGURE 1.9 – Répartition par taille et par AAP des lauréats



Lecture : Parmi les PME lauréates d'au moins un appel à projets, 22 ont bénéficié d'une aide BCIAT et 15 ont bénéficié d'une aide DECARBIND.

Note : Ce graphique présente le nombre d'entreprises par catégorie de taille et par appel à projets des entreprises lauréates à l'un des appels à projets de décarbonation de l'industrie (BCIAT, DECARBIND, INDUSEE).

Source : Données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT).

La figure 1.8 présente la répartition par catégorie de taille d'entreprise⁶. On observe que les entreprises s'étant portées candidates aux appels à projets de décarbonation sont très majoritairement de grande taille : on compte ainsi plus d'une centaine d'ETI et près de 40 grandes entreprises, contre seulement une douzaine de micro-entreprises. D'après la figure 1.9, ce constat est particulièrement marqué pour les appels à projets DECARBIND et INDUSEE, tandis que l'appel à projets BCIAT compte une proportion légèrement supérieure de micro-entreprises et PME.

1.3.3 Analyse multi-variée

Dans cette partie, on cherche cette fois à examiner de manière plus systématiques les corrélations partielles entre différents facteurs explicatifs et le fait de candidater, d'une part, et d'obtenir, d'autre part, une aide à l'un des appels à projets de l'Ademe (BCIAT, DECARBIND, ou INDUSEE). Pour prendre en compte le fait que ces différents facteurs explicatifs sont eux-mêmes corrélés les uns avec les autres, on utilise des régressions linéaires multi-variées, où l'on cherche à repérer la corrélation partielle entre l'intensité en GES de la valeur ajoutée des entreprises avec leur comportement de candidature aux aides, et avec leur sélection parmi les lauréats des aides, et ce, *toutes autres choses égales par ailleurs*. Autrement dit, on cherche à répondre à la question : à secteur, âge, taille de l'entreprise donnée, et à part du facteur travail donné dans la valeur ajoutée, et à ratio de dette donné, l'intensité en GES estimée de la valeur ajoutée de l'entreprise est-elle corrélée avec la probabilité que celle-ci ait candidaté aux appels à projets BCIAT, INDUSEE ou DECARBIND ?⁷

Une difficulté particulière vient de la petite taille des échantillons considérés. On travaille ainsi à la fois sur les données issues des trois appels à projets rassemblées

6. Au sens de la loi de modernisation de l'économie (LME) de 2008 (décret n° 2008-1354).

7. Il est utile de rappeler ici que les résultats de cette partie ne peuvent pas être interprétés de façon causale. Il s'agit avant tout d'explorer de façon plus systématique la description du comportement de recours et d'allocation des aides.

en un seul échantillon, et sur chaque appel à projets pris séparément.

1.3.3.1 Résultats tous appels à projets confondus

Afin de déterminer les variables expliquant le choix des entreprises d'être candidate à une aide, le modèle de régression ci-dessous a été estimé :

$$\begin{aligned} \text{Candidat}_i = & \alpha \log(\text{intensite_CO}_{2,i}) + \beta \log(\text{intensite_travail}_i) + \gamma \log(\text{ratio_dette}_i) \\ & + \delta_1 \text{age}_i + \delta_2 \text{age}_i^2 + \eta_{\text{secteur}_i} + \tau_{\text{taille}_i} \end{aligned}$$

La variable dépendante est la variable *Candidat* qui est égale à 1 si l'entreprise *i* est candidate à au moins un appel à projets et 0 autrement. La variable *intensite_CO₂* correspond à l'intensité carbone de l'entreprise, c'est-à-dire les émissions de GES divisées par la valeur ajoutée. La variable *intensite_travail* est calculée de deux manières différentes : *intensite_travail1* comme le ratio du nombre de salariés sur la valeur ajoutée de l'entreprise et *intensite_travail2* comme le ratio du nombre de salariés sur le chiffre d'affaire. De la même manière, *ratio_dette1* est définie comme la dette de l'entreprise divisée par la valeur ajoutée et *ratio_dette2* comme la dette divisée par le chiffre d'affaire. La variable *age* correspond à l'âge actuel de l'entreprise. Des effets fixes au niveau secteur (NAF à 2 caractères, A88) et taille sont également inclus dans le modèle afin de comparer des entreprises de même taille et au sein d'un même secteur. Les résultats sont présentés dans les colonnes 1 et 4 du tableau 1.7⁸. Il apparaît que l'intensité carbone de l'entreprise est un facteur déterminant du choix de se porter candidat. En effet le coefficient est statistiquement significatif au seuil de 1 % et positif, ce qui signifie que plus une entreprise est intensive en carbone, plus elle a de chances de répondre à un appel à projets. L'intensité en travail a, en revanche, un effet négatif sur la probabilité d'être candidat. Le ni-

8. Les coefficients associés aux effets fixes sont reportés en Annexe B.

veau d'endettement et l'âge de l'entreprise n'ont, quant à eux, pas d'effet significatif.

Un modèle similaire au précédent est estimé pour déterminer les facteurs d'obtention d'une aide :

$$\text{Beneficiaire}_i = \alpha \log(\text{intensite_CO}_{2,i}) + \beta \log(\text{intensite_travail}_i) + \gamma \log(\text{ratio_dette}_i) \\ + \delta_1 \text{age}_i + \delta_2 \text{age}_i^2 + \eta_{\text{secteur}_i} + \tau_{\text{taille}_i}$$

La variable dépendante est la variable *Beneficiaire* qui est égale à 1 si l'entreprise i est bénéficiaire d'au moins une aide et 0 autrement. Les variables explicatives sont définies comme précédemment. Les résultats sont présentés dans les colonnes 1 et 4 du tableau 1.8. L'intensité carbone est également un facteur déterminant pour l'obtention d'une aide. Le coefficient est positif et statistiquement significatif à 1 % ce qui signifie que plus une entreprise candidate est intensive en carbone, plus elle a de chances d'obtenir une aide. De même que pour la probabilité d'être candidat, l'intensité en travail diminue la probabilité d'obtenir une aide, mais le coefficient n'est pas statistiquement significatif.

1.3.3.2 Résultats par appel à projets

On mène ensuite le même type d'exercice que précédemment, en distinguant les variables dépendantes (et les populations d'entreprises de référence) selon qu'elles se réfèrent à l'appel à projets BCIAT ou aux appels à projets DECARBIND et INDUSEE. Ainsi la variable *Candidat* correspond au fait de candidater à l'appel à projets BCIAT dans un cas, ou aux appels à projets DECARBIND et INDUSEE dans l'autre ; et la variable *Beneficiaire* correspond au fait d'être bénéficiaire d'une aide dans le cadre d'un de ces projets. Dans chaque cas, on restreint l'échantillon aux entreprises

des secteurs qui sont présents au moins une fois parmi les candidats de l'appel à projets considéré.

Les colonnes 2, 3, 5 et 6 des tableaux 1.7 et 1.8 détaillent les résultats précédents selon les appels à projets. Pour ce qui est de la sélection des entreprises candidates aux appels à projets, les résultats sont de nature très similaires qualitativement entre les appels à projets BCIAT et DECARBIND/INDUSEE. L'intensité carbone de la valeur ajoutée est associée positivement et de manière très significative avec la probabilité de candidater à l'appel à projets BCIAT comme aux appels à projets INDUSEE/DECARBIND. Pour ce qui est de la probabilité de bénéficier d'une aide, là encore les coefficients pour l'intensité carbone sont très proches entre les appels à projets et statistiquement significatifs. L'intensité carbone constitue donc un facteur important de l'obtention d'une aide pour chacun des appels à projets. Pour ce qui est des coefficients associés aux autres variables indépendantes du modèle, ils sont du même signe pour les deux groupes pour les différentes mesures d'intensité travail et d'âge, mais de signe contraire pour le ratio de dette, pour lequel le coefficient est négatif pour les projets BCIAT et positif pour les projets DECARBIND/INDUSEE. Ces coefficients ne sont cependant pas statistiquement significatifs.

TABLEAU 1.7 – Regression statut candidat

	Variable dépendante :					
	Candidat (1)	Cand. BCIAT (2)	Cand. IND./DEC. (3)	Candidat (4)	Cand. BCIAT (5)	Cand. IND./DEC. (6)
log(Intensité CO ₂)	0.021*** (0.001)	0.011*** (0.001)	0.016*** (0.001)	0.021*** (0.001)	0.011*** (0.001)	0.016*** (0.001)
log(Salaires/VA)	-0.007*** (0.002)	-0.004*** (0.001)	-0.005*** (0.001)			
log(Dette/CA)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001* (0.001)			
log(Heures trav./VA)				-0.094*** (0.022)	-0.053*** (0.019)	-0.063*** (0.019)
log(Dette/VA)				0.001 (0.001)	0.0004 (0.001)	0.001 (0.001)
Age	-0.00003 (0.0001)	-0.0003 (0.0003)	-0.00005 (0.0001)	-0.00003 (0.0001)	-0.0003 (0.0003)	-0.0001 (0.0001)
Age ²	-0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)
Observations	7,922	5,524	7,297	7,922	5,524	7,297
R ²	0.129	0.061	0.122	0.129	0.061	0.122
Adjusted R ²	0.124	0.056	0.117	0.124	0.056	0.117
Residual Std. Error	0.138 (df = 7877)	0.114 (df = 5493)	0.119 (df = 7253)	0.138 (df = 7877)	0.114 (df = 5493)	0.119 (df = 7253)

Note :

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Lecture : Une augmentation de 1% de l'intensité en CO₂ de la valeur ajoutée est associée à une augmentation de 2,1 points de pourcentage de la probabilité d'être candidate à un des appels à projets BCIAT, DECARBIND et INDUSEE.

Source : Calcul des auteurs à partir des données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT) et des données BIC-RN / BIC-RS, EACEI et DADS.

TABLEAU 1.8 – Regression statut beneficiaire

	Variable dépendante :					
	Bénéficiaire (1)	Bénéf. BCIAT (2)	Bénéf. IND./DEC. (3)	Bénéficiaire (4)	Bénéf. BCIAT (5)	Bénéf. IND./DEC. (6)
log(Intensité CO ₂)	0.108*** (0.028)	0.106* (0.053)	0.092** (0.040)	0.105*** (0.028)	0.110** (0.052)	0.082** (0.040)
log(Salaires/VA)	-0.116 (0.121)	-0.172 (0.288)	-0.237 (0.172)			
log(Dette/CA)	-0.001 (0.013)	-0.028 (0.023)	0.014 (0.019)			
log(Heures trav./VA)				-3.835 (2.417)	-8.706 (7.530)	-5.300 (3.265)
log(Dette/VA)				-0.00000 (0.013)	-0.028 (0.023)	0.015 (0.019)
Age	0.004 (0.008)	-0.002 (0.014)	-0.008 (0.014)	0.004 (0.008)	-0.003 (0.014)	-0.008 (0.013)
Age ²	-0.00004 (0.0001)	0.0001 (0.0002)	0.0001 (0.0002)	-0.00004 (0.0001)	0.0001 (0.0002)	0.0001 (0.0002)
Observations	177	77	118	177	77	118
R ²	0.281	0.281	0.323	0.289	0.300	0.328
Adjusted R ²	0.121	-0.093	0.068	0.131	-0.065	0.076
Residual Std. Error	0.415 (df = 144)	0.427 (df = 50)	0.483 (df = 85)	0.413 (df = 144)	0.421 (df = 50)	0.481 (df = 85)

Note :

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Lecture : Une augmentation de 1% de l'intensité en CO₂ de la valeur ajoutée est associée à une augmentation de 10,8 points de pourcentage de la probabilité d'être bénéficiaire d'un des appels à projets BCIAT, DECARBIND et INDUSEE.

Source : Calcul des auteurs à partir des données de gestion des appels à projets BCIAT, INDUSEE, DECARBIND, Ademe (à jour de juin 2022 - DECARBIND, INDUSEE - et avril 2023 - BCIAT) et des données BIC-RN / BIC-RS, EACEI et DADS.

1.4 Aides au guichet

Une autre catégorie d'aides est comprise dans le champ des aides à la décarbonation du plan France Relance. Il s'agit des aides au guichet, administrées par l'Agence des Services et Paiements.

Ces aides fonctionnent, en théorie, sur un principe légèrement différent des appels à projets menés par l'Ademe⁹. Les types d'équipements éligibles sont détaillés par arrêté¹⁰, et les taux d'aides auxquels les entreprises sont éligibles sont déterminés à la fois par les types d'équipement et la taille des entreprises, selon un barème allant de 10 % pour les équipements les moins subventionnés achetés par une grande entreprise, à 50 % pour les équipements les plus subventionnés achetés par une petite entreprise. Les investissements éligibles ne peuvent dépasser 3 millions d'euros en valeur. L'obtention de l'aide est initialement conçue comme « automatique », si tant est que les critères d'éligibilité (taille et nature des investissements, taille de l'entreprise) sont respectés. L'examen des dossiers fait place à une expertise répartie entre l'ASP, la DGE et l'Ademe, la classification des équipements envisagés nécessitant de trancher certains cas d'espèce.

Le guichet, ouvert en novembre 2020, a été fermé décembre 2022¹¹. Une fois les dossiers déposés (1374 au 31 décembre 2022) et instruits (ce qui est le cas de 1044 dossiers dans les données de février 2023, les 330 restants ayant été rejetés), les entreprises ont 24 mois pour utiliser l'aide obtenue pour financer un investissement. Ceci signifie qu'à la date d'élaboration des résultats, cette date limite d'utilisation de l'aide n'a été dépassée que pour une minorité des candidats à ces aides. De fait, à la date d'extraction des données, en février 2023, seule une centaine de dossiers

9. Décret n° 2020-1361 du 7 novembre 2020 instaurant une aide en faveur des investissements de décarbonation des outils de production industrielle

10. Arrêté du 7 novembre 2020 relatif aux modalités de gestion de l'aide en faveur des investissements de décarbonation des outils de production industrielle, <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042506375>

11. Décret n° 2022-922 du 22 juin 2022 modifiant le décret n° 2020-1361 du 7 novembre 2020 instaurant une aide en faveur des investissements de décarbonation des outils de production industrielle

ont effectivement utilisé l'aide obtenue.

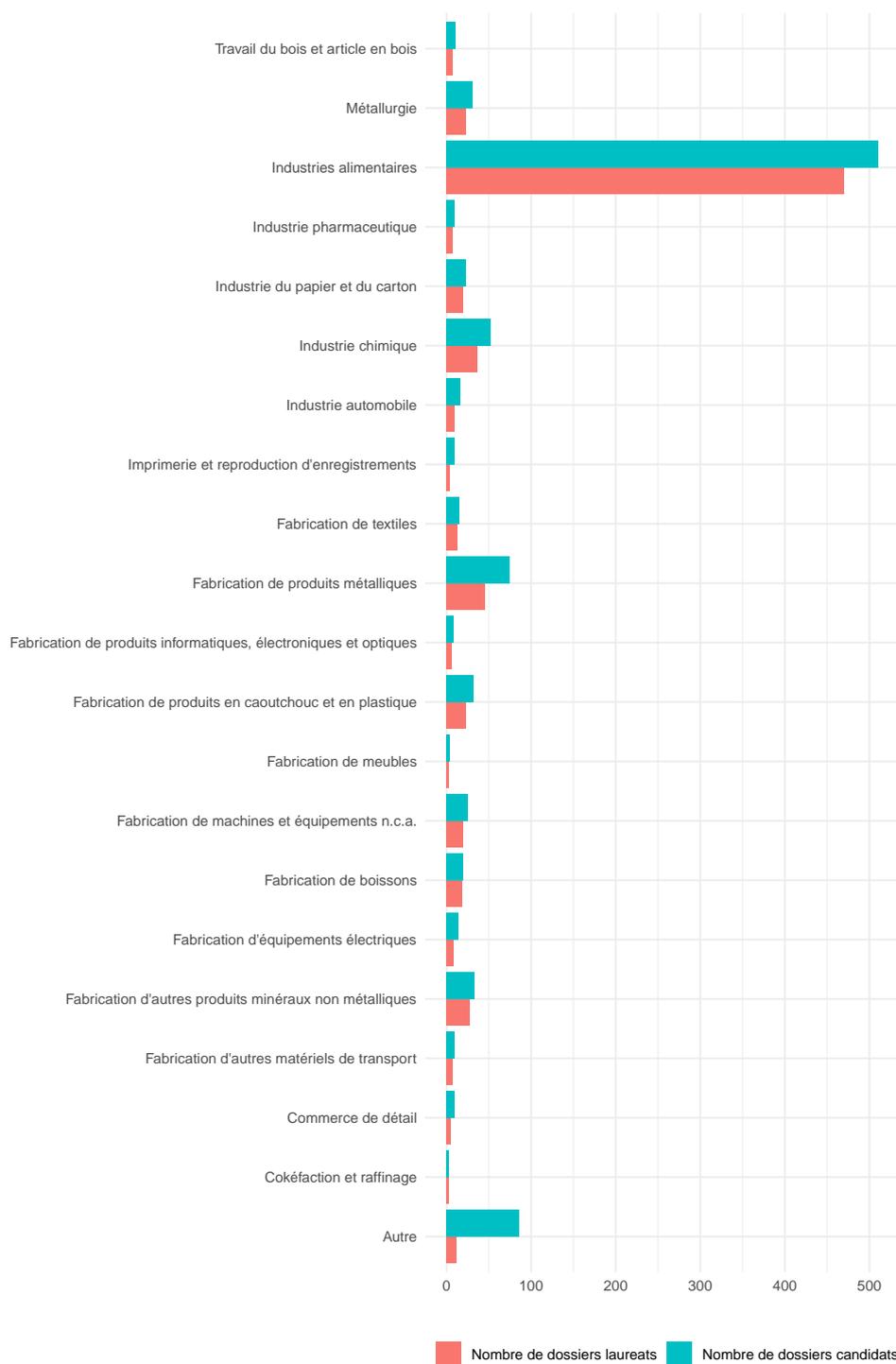
Ce délai important accordé dans l'utilisation effective de l'aide au guichet, ainsi que la petite taille des investissements concernés, et donc des entreprises qui candidatent aux aides, obèrent notre capacité à évaluer et le ciblage, et les effets de telles aides dans le temps imparti pour la réalisation de l'étude.

On se contente donc ici de dresser quelques caractéristiques types des entreprises candidates et bénéficiaires des aides au guichet.

La Figure 1.10 représente la distribution sectorielle des entreprises candidates et bénéficiaires. Une surreprésentation massive du secteur de l'industrie agro-alimentaire est notable, portée par une campagne proactive de la part du secteur de la boulangerie-pâtisserie industrielle. Ceci ouvre la porte à une étude de cas sur le secteur dans les années à venir. Les autres secteurs représentés sont la fabrication de produits métalliques, l'industrie chimique, et d'autres industries manufacturières.

Le Tableau 1.9 représente les caractéristiques moyennes des entreprises candidates et bénéficiaires de ces aides.

FIGURE 1.10 – Distribution sectorielle des candidats et lauréats des aides au guichet



Lecture : 510 des candidats aux aides au guichet font partie du secteur des Industries alimentaires. C'est le cas de 470 des lauréats.

Note : Distribution sectorielle des candidats, et parmi ceux-ci, des lauréats, des aides au guichet de décarbonation, octroyées par l'Agence des Services et Paiements. Données à jour de février 2023.

Source : Agence des Services et Paiements.

TABLEAU 1.9 – Caractéristiques des entreprises candidates et lauréates aux aides au guichet, et des autres entreprises des mêmes secteurs, en 2021

	Entreprises des secteurs avec au moins 3 candidats					Entreprises lauréates					Entreprises candidates malheureuses				
	Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Ecart-type	Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Ecart-type	Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Ecart-type
Bilan (Mio)	14.15	0.12	0.37	1.38	545.62	416.37	1.68	11.23	48.23	2022.96	145.50	0.31	1.01	32.87	865.98
Chiffre d'affaires (Mio)	6.24	0.12	0.36	1.24	169.82	452.39	2.37	10.92	58.27	3753.64	111.63	0.40	1.34	44.91	650.45
EBITDA (Mio)	0.31	0.00	0.03	0.10	20.57	28.21	0.05	0.58	4.33	192.23	6.90	0.02	0.08	2.16	47.69
Effectif	6.25	0.00	0.00	2.00	565.65	4.06	1.00	3.00	6.00	4.91	8.69	2.00	4.00	7.00	38.00
Taux de couverture	0.07	0.23	0.41	0.58	14.39	0.21	0.21	0.36	0.46	1.46	0.38	0.29	0.42	0.52	0.43
Taux de profit	-0.42	0.01	0.07	0.17	18.26	-0.04	0.03	0.08	0.14	1.43	0.04	0.03	0.08	0.13	0.92
Subventions d'investissement (Mio)	0.05	0.00	0.00	0.00	6.52	0.91	0.00	0.00	0.21	6.27	0.37	0.00	0.00	0.06	2.60
Valeur ajoutée (Mio)	1.38	0.04	0.15	0.50	26.84	79.72	0.85	3.65	14.75	425.49	24.73	0.19	0.65	11.60	104.16
Masse salariale (Mio)	0.72	0.02	0.10	0.30	10.15	33.68	0.46	1.77	7.30	161.01	11.35	0.13	0.40	5.01	49.38

Lecture : parmi les entreprises lauréates des aides au guichet de décarbonation, le bilan médian est de 11,23 millions d'euros (en 2021).

Note : Caractéristiques des entreprises lauréates, des entreprises candidates mais non-lauréates, et des entreprises non-candidates aux aides au guichet de décarbonation. Pour les entreprises non-candidates, l'échantillon est restreint aux secteurs d'activité (NAF à 5 caractères) qui totalisent au minimum 3 entreprises candidates. Les données retenues sont celles de l'exercice fiscal terminé en 2021, sauf lorsque ceci n'est pas possible (dernier exercice en 2020, ou premier exercice en 2022).

Source : Agence des Services et Paiements (à jour de février 2023), BIC RN / BIC RS 2020 à 2022.

1.5 Conclusion

L'analyse des caractéristiques des entreprises bénéficiaires, candidates et non-candidates a permis de mettre en évidence l'importance de l'intensité carbone et énergétique des entreprises pour la probabilité d'être candidat et également pour celle d'être bénéficiaire d'au moins une aide. Cette observation a été confirmée par des modèles de régression linéaire, qui ont également explicité le rôle de l'intensité en travail pour expliquer le statut de candidat des entreprises.

Pour ce qui est de la sélection des projets, la variable déterminante semble être le montant d'aide par tonne de CO₂ évitée, en accord avec les informations de l'Ademe concernant leur processus de sélection. En effet, les projets sont classés par l'Ademe selon l'efficacité de l'aide, qui correspond au ratio du montant d'aide sur les émissions évitées sur 15 ans pour BCIAT et sur 20 ans pour DECARBIND/INDUSEE, et l'aide est ensuite attribuée aux projets les mieux classés en premier jusqu'à épuisement des fonds.

En résumé, les entreprises ciblées sont les entreprises les plus intensives en carbone et en énergie mais les moins intensives en travail et les projets sélectionnés sont ceux pour lesquels le coût pour la puissance publique d'éviter une tonne de carbone est parmi les plus faibles. Ceci correspond d'ailleurs aux critères avancés dans le cahier des charges des appels à projets auxquels les entreprises industrielles de l'échantillon se portent candidates.

CHAPITRE 2

ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES DES AIDES BCIAT DU PLAN FRANCE RELANCE ET SENSIBILITÉ DE L'ANALYSE AUX SCÉNARIOS DE PRIX

2.1 Objectifs et méthodologie

2.1.1 Valeur(s) actuelle(s) nette(s) des investissements envisagés

Dans le cadre du plan France Relance, un ensemble d'investissements ont été subventionnés qui affectent les consommations énergétiques des établissements. L'analyse technique et économique par le décideur public repose en partie sur la notion de rentabilité privée des projets présentés, ainsi que sur le coût pour la collectivité de la tonne de CO₂ eq. évitée¹. La rentabilité des investissements se calcule

1. D'autres critères, mentionnés dans l'introduction de ce rapport, rentrent en ligne de compte. Dans le cas des projets BCIAT en particulier, le plan d'approvisionnement en biomasse fait l'objet d'une attention particulière.

en fonction des évolutions futures des différents types de consommations énergétiques et de tonnes de CO₂ eq. évitées. Le cas des projets BCIAT, qui effectuent une substitution d'un type d'énergie primaire (la biomasse) à un autre (principalement le gaz, mais aussi le fioul ou le charbon) se prête à un exercice de sensibilité aux vecteurs de prix particulièrement transparent ; c'est une des raisons pour lesquelles nous nous concentrons sur cet appel à projets².

Dans ce chapitre, on examine plusieurs aspects de la rentabilité socio-économique de ces investissements, du point de vue des entreprises d'une part et de la société dans son ensemble d'autre part. Il s'agit donc de comparer le montant investi dans chaque projet aux futures variations de coûts induites par la nouvelle technologie déployée et les nouvelles consommations associées, y compris en valorisant les tonnes de CO₂ évitées par le passage à une nouvelle technologie. Si la différence entre la variation de coûts et l'investissement consenti est positive, alors l'investissement est jugé « rentable » ; si elle est négative, alors il ne l'est pas. En effectuant ce calcul du point de vue du décideur public, et du point de vue des entreprises, et pour ces dernières, en incluant l'aide publique ou l'excluant de la valeur actuelle nette de l'investissement, on cherche à identifier les investissements qui sont rentables en l'absence d'aides pour les entreprises, qui sont rentables en la présence des aides, et dont le décideur public estime qu'ils sont rentables pour la société.

Deux approches de calcul économique sont bien établies pour réaliser un calcul coût-bénéfice lorsque les investissements à réaliser précèdent significativement les bénéfices attendus. Soit on calcule le taux de rentabilité du projet (appelé TRI pour "taux de rendement interne"), que l'on compare avec un taux d'actualisation de référence choisi par le décideur. Soit l'on actualise l'ensemble des coûts et bénéfices futurs du projet à l'aide d'un taux d'actualisation de référence pour pouvoir ramener ces coûts et bénéfices à venir aux sommes investies aujourd'hui, et calculer ainsi

2. La présence de données historiques sur les projets BCIAT et l'opportunité d'une évaluation *ex post* complémentaire de cette analyse *ex ante* est l'autre justification principale de ce choix méthodologique.

ce que l'on appelle une valeur actuelle du projet en euros nette de son coût initial. Dans les deux cas, il est nécessaire de déterminer un taux d'actualisation de référence, qui peut notamment varier suivant l'identité du décideur (privé ou public en particulier) et dont nous évaluerons plus loin la robustesse avec une analyse de sensibilité. Dans ce rapport, nous avons privilégié l'approche en valeur actuelle nette, car elle a l'avantage de pouvoir aisément décomposer en éléments comparables les diverses contributions d'un projet au bien-être social. Elle permet en particulier de séparer la valeur d'un projet qui revient directement au secteur privé et celle qui revient au planificateur social. L'approche en TRI n'est quant à elle par nature pas additive et ne permet pas ce genre d'analyse.

L'existence de différentes approches pour le calcul de la rentabilité d'un investissement signifie également que celle retenue dans le présent chapitre ne correspond donc pas nécessairement systématiquement à celle retenue par les investisseurs privés concernés par les investissements à l'étude. L'objectif de ce chapitre est avant tout comparatif, et vise à soumettre l'approche retenue à différentes hypothèses sur les vecteurs de prix³.

Le périmètre des coûts pris en compte dans l'évaluation n'est pas nécessairement identique selon que l'on se place du point de vue de l'entreprise ou de la société dans son ensemble. La principale différence tient à l'intégration des tonnes de CO₂ évitées par la réduction des consommations d'énergies fossiles dans l'analyse. Pour l'entreprise, on retient comme comportement que les tonnes de CO₂ évitées n'entrent en ligne de compte que dans la mesure où l'entreprise peut les valoriser monétairement : on fera entrer en ligne de compte les tonnes de CO₂ évitées pour les entreprises soumises au Système d'échange de quotas d'émission de l'Union eu-

3. Parmi les paramètres important pour la rentabilité des investissements, que celle-ci soit examinée sous l'angle du TRI ou de la VAN, figure l'horizon temporel des investissements. Nous retenons l'horizon de 15 ans, qui correspond à celui retenu par l'Ademe dans son analyse économique des dossiers pour une des cohortes BCIAT passées.

ropéenne (SCEQE), pour lesquelles on valorise les tonnes de CO₂ au prix du marché SCEQE ; pour les entreprises non soumises au SCEQE, on considère que les tonnes de CO₂ évitées ne sont pas valorisées dans l'analyse ; pour autant, pour ces entreprises on prend en compte les économies de TICGN réalisées sur les dépenses de gaz contre-factuelles. Cet ensemble d'hypothèses sur la valorisation du CO₂ évité par les entreprises exclut tout altruisme, et représente donc *a priori* une borne basse de la valorisation des investissements de leur point de vue. L'idée est d'examiner si un investissement est rentable (au sens d'une VAN positive) *même d'un point de vue strictement monétaire*⁴.

Pour la société dans son ensemble, l'inclusion des tonnes de CO₂ dans la valeur actuelle nette de l'investissement dépend de l'effet net d'une politique de réduction des émissions de CO₂ pour un site industriel sur la quantité totale d'émissions de CO₂ réalisées dans le périmètre à prendre en compte. On considère ici que le périmètre d'analyse pertinent est celui du Système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne (SCEQE). Pour un établissement qui n'est pas soumis au SCEQE, l'inclusion des tonnes de CO₂ dans la valeur actuelle nette sociale de l'investissement ne pose pas de difficulté : en présence de l'aide, la quantité globale de tonnes de CO₂ diminue par rapport à l'absence de l'aide. Du point de vue de la société, on peut alors valoriser la tonne de CO₂ évitée à sa valeur « sociale », pour laquelle il est naturel de retenir la valeur tutélaire du carbone.

Pour un établissement soumis au SCEQE, la valorisation de l'effet net d'une politique de réduction des émissions pour un site industriel dépend du devenir des quotas économisés par ce site. Nous distinguons deux cas. Avant la réforme de 2018 du SCEQE, l'effet dit du « matelas d'eau » jouait à plein, et un quota économisé par un site pouvait typiquement être dépensé par un autre site qui s'en portait

4. Une entreprise qui, en plus de ses préoccupations de rentabilité financière, fait preuve d'« altruisme », ou en tout cas, valorise la lutte contre les émissions de GES au-delà du prix de marché de la tonne de CO₂, voit donc dans l'investissement une valeur actuelle nette supérieure à ce que nous calculons. Pour une telle entreprise, le niveau d'aide publique nécessaire pour rendre « rentable » (au sens large) l'investissement, est également moins élevé.

acquéreur, de telle sorte à annuler toute additivité, en termes d'émissions de GES, d'une politique de réduction des émissions via des aides à la décarbonation avec le SCEQE. Nous retenons ce mécanisme comme une borne basse de la valeur actuelle nette sociale des investissements considérés dans le cadre du projet BCIAT. Dans ce cas, c'est-à-dire dans le cas d'un effet de « matelas d'eau » total, il n'y a pas de réduction globale des émissions de CO₂ du fait de l'investissement : la valorisation des tonnes de CO₂ évitées par l'entreprise bénéficiaire du fait de l'aide ne peut se faire à la valeur tutélaire du carbone car les émissions totales ne diminuent pas. En revanche, il faut faire apparaître dans la valeur actuelle nette sociale le coût d'opportunité de *ne pas émettre* du CO₂, qui est, lui, évité par l'entreprise qui se porte acquéreur des quotas libérés par l'entreprise bénéficiaire de l'aide. Sous l'hypothèse que cette entreprise est marginale, on peut valoriser ce coût d'opportunité à la valeur des quotas libérés.

Le deuxième cas que nous retenons fait l'hypothèse extrême inverse : nous y retenons, comme borne haute de la valeur actuelle nette sociale, une valeur qui inclut les tonnes de CO₂ évitées valorisées à la valeur tutélaire du carbone. Ceci serait justifié si une tonne de CO₂ évitée par un établissement soumis au SCEQE se traduisait effectivement par une tonne de CO₂ retranchée aux émissions globales. Plusieurs arguments vont dans ce sens. D'une part, la réforme de 2018 a mis en place une réduction dynamique du nombre de quotas en circulation en fonction des quotas non dépensés⁵. D'autre part, l'hypothèse d'une trajectoire future de réduction des quotas en circulation endogène aux actions de réductions des émissions passées peut être également retenue, dans la mesure où la réforme de 2018 autorise également la destruction de quotas par les États membres⁶.

5. Ce mécanisme semble toutefois à l'heure actuelle encore fragile. Grischa Perino, 2018, New EU ETS Phase 4 rules temporarily puncture waterbed, *Nature Climate Change*, vol 8, 260–271).

6. Notons qu'une trajectoire de réduction de la quantité totale des quotas en circulation, telle qu'elle est prévue par les textes du SCEQE, doit, si elle est jugée crédible, figurer aussi bien dans le scénario avec investissement décarboné que dans le scénario contrefactuel ; elle n'est donc pas à même de résoudre le problème d'additivité des différentes politiques publiques de décarbonation.

La deuxième différence principale entre ces deux concepts de valeur actuelle nette tient au coût d'opportunité des fonds publics, qui intervient dans le cas de la valeur publique, mais pas privée. On retient pour ce coût d'opportunité une valeur équivalente à 20 % de la dépense publique engagée⁷.

On rappelle par ailleurs les autres coûts et bénéfices associés aux investissements qui sont identiques dans les différents concepts de valeur actuelle nette, que l'on ne fera pas varier dans l'analyse, et pour lesquels nous suivons la méthodologie, et les formules de calcul, employées par l'Ademe⁸ :

- Coûts liés à l'électricité des auxiliaires
- Coûts d'entretien courant et gros travaux

On cherche donc à calculer, pour chaque investissement :

1. Sa valeur actuelle nette, du point de vue de l'entreprise, $VAN_{privée}$: ceci correspond à la valeur actuelle nette de l'investissement total, hors aide.
2. Sa valeur actuelle nette, du point de vue de la société, $VAN_{publique}$

Les valeurs actuelles nettes d'intérêt peuvent ainsi être exprimées par les for-

7. Cette valeur est couramment utilisée, par exemple dans *Guide de l'évaluation socioéconomique des investissements publics*, Décembre 2017, Direction Générale du Trésor, France Stratégie et Secrétariat général pour l'investissement, page 36 ; *Guide de l'évaluation socioéconomique des investissements publics - Complément opérationnel E - Règles de décision à partir de la valeur actualisée nette socioéconomique*, Joël Maurice et Émile Quinet, Juillet 2019, page 4 ; et *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, Commissariat général à la stratégie et à la prospective, Septembre 2013, page 39.

8. L'analyse menée par l'ADEME prend également en compte l'obtention d'une aide dite "Privée" provenant des certificats d'économie d'énergie. Cette information n'étant pas systématiquement disponible dans les données, nous en faisons abstraction. Cependant, ce manque est semble marginal (sur la vague BCIAT 2022, 40 % des projets la sollicitent, le montant moyen de la prime représentant pour ces projets-là 7 % de l'aide Ademe/BCIAT).

mules suivantes :

$$\begin{aligned}
 VAN_{\text{privée}} = & -\text{Investissement initial} + \text{Investissement contrefactuel} \\
 & + \sum_{t=1}^{15} \text{Coûts annuels évités (contrefactuels)} - \sum_{t=1}^{15} \text{Coûts annuels nouveaux} \\
 & + \sum_{t=1}^{15} \frac{\text{Conso. éner. évitées} * \text{Prix}_t}{1 + \delta^t} - \sum_{t=1}^{15} \frac{\text{Conso. éner. nouvelles} * \text{Prix}_t}{1 + \delta^t} \\
 & + \sum_{t=1}^{15} \frac{\text{tCO}_2 \text{ évitées} * \text{Prix tCO}_{2t}}{1 + \delta^t} \tag{2.1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VAN_{\text{publique}} = & -(\text{Investissement initial} - \text{Aide publique}) + \text{Investissement contrefactuel} \\
 & - \text{Aide publique} - \text{Coût d'opportunité(Aide publique)} \\
 & + \sum_{t=1}^{15} \text{Coûts annuels évités (contrefactuels)} - \sum_{t=1}^{15} \text{Coûts annuels nouveaux} \\
 & + \sum_{t=1}^{15} \frac{\text{Conso. éner. évitées} * \text{Prix}_t}{1 + \delta^t} - \sum_{t=1}^{15} \frac{\text{Conso. éner. nouvelles} * \text{Prix}_t}{1 + \delta^t} \\
 & + \sum_{t=1}^{15} \frac{\text{tCO}_2 \text{ évitées} * \text{valeur du carbone}_t}{1 + \delta^t} \tag{2.2}
 \end{aligned}$$

L'analyse coût-bénéfice développée par l'Ademe comprend, quant à elle, deux volets : une analyse de la valeur actuelle nette et du taux de rendement interne des projets, mais où l'aide à l'investissement prévue est défalquée du coût total de l'investissement ; et un calcul du coût, pour l'État, associé à chaque tonne de CO₂ évitée, correspondant au ratio entre l'aide déboursée par l'État et le total des tonnes de CO₂ évitées sur la durée de vie de l'investissement. La formule retenue pour la valeur actuelle nette est donc :

$$\begin{aligned}
 \text{VAN}_{\text{participation}} = & -(\text{Investissement initial} - \text{Aide publique}) + \text{Investissement contrefactuel} \\
 & + \sum_{t=1}^{15} \text{Coûts annuels évités (contrefactuels)} - \sum_{t=1}^{15} \text{Coûts annuels nouveaux} \\
 & + \sum_{t=1}^{15} \frac{\text{Conso. éner. évitées} * \text{Prix}_t}{1 + \delta^t} - \sum_{t=1}^{15} \frac{\text{Conso. éner. nouvelles} * \text{Prix}_t}{1 + \delta^t} \\
 & + \sum_{t=1}^{15} \frac{\text{tCO}_2 \text{ évitées} * \text{Prix tCO}_{2t}}{1 + \delta^t} \tag{2.3}
 \end{aligned}$$

Cette valeur actuelle nette correspond donc à la contrainte de participation de l'entreprise candidate à une aide à l'investissement ; autrement dit, elle détermine si l'entreprise a un intérêt économique à l'investissement sous condition d'aide. Elle est toujours plus élevée, par construction, que $\text{VAN}_{\text{privée}}$, la valeur actuelle nette privée de l'investissement.

Ces différents concepts de valeurs actuelles nettes permettent de distinguer plusieurs cas théoriques.

1. Dans le premier cas, la valeur actuelle nette est toujours négative. Au regard des bénéfices attendus, l'investissement n'est pas « rentable ».
2. Dans le deuxième cas, la valeur actuelle nette est positive pour la société mais négative pour l'entreprise. Ici la présence d'externalités justifie le soutien de l'État ; l'entreprise n'internalisant pas pleinement les bénéfices associés à son investissement, elle en sous-estime la valeur actuelle nette, et ne procède pas à un investissement pourtant « rentable » du point de vue de la société.
3. Dans le troisième cas, la valeur actuelle nette, publique ou privée, est toujours positive. Le projet est alors monétairement rentable même du point de vue privé de l'entreprise. La justification de l'intervention publique ne peut pas reposer sur l'idée d'externalité environnementale à corriger. Le financement par l'État de tout ou partie du projet doit faire intervenir une autre justification : par exemple, une contrainte de crédit pour les entreprises, ou

d'autres externalités qui ne sont pas prises en compte dans la valeur actuelle nette proposée.

2.1.2 Analyse de sensibilité

Les formules 2.1 et 2.2 mettent en valeur (en gras et en couleur) les paramètres sur lesquels porte une incertitude importante, mais une incertitude que l'on peut explorer grâce à des scénarios. Ce sont les paramètres aux variations desquels on cherche à mesurer la sensibilité de la VAN (publique et privée) :

- les évolutions de prix (**Prix_t**) des consommations, que celles-ci soient évitées :

- Fioul lourd

- Gaz

- Charbon

ou au contraire augmentées par l'occurrence de l'investissement :

- Biomasse

- les évolutions des valeurs de la tonne de CO₂ (**valeur du carbone_t**)

La section suivante (Section 2.2) détaille la méthodologie appliquée pour l'élaboration des différents scénarios de prix. En résumé, cette méthodologie consiste à exploiter les projections de croissance des prix émises par les institutions internationales (Agence Internationale de l'Énergie, Commission Européenne), tout en variant les points de départ de ces trajectoires (incluant ou non la crise énergétique de 2021-2022), et en intégrant la variabilité des cours des prix des différentes énergies observée par le passé.

2.1.3 Limites de l'exercice

Il est très important de noter que cette analyse coûts-bénéfices est partielle et se concentre uniquement :

1. sur la sensibilité aux évolutions du vecteur de prix énergétiques
2. sur les émissions de CO₂ comme bénéfiques (ou coûts) environnementaux

Ainsi les commentaires suivants s'imposent :

- L'activité économique de l'entreprise est supposée donnée. On fait ici l'hypothèse que l'existence de l'aide ne joue pas sur les perspectives économiques de l'établissement ni de l'entreprise ; ceci implique notamment l'hypothèse qu'aucun établissement ou aucune entreprise n'est créée grâce à l'existence de l'aide. Une analyse coût-bénéfice plus complète pourrait ou devrait lever cette hypothèse, mais devrait également évaluer le bien-fondé économique des projets financés.
- L'analyse ne prend pas en compte d'autres types d'externalités environnementales qui peuvent être associées au projet. En particulier, les émissions d'autres polluants (particules fines, par exemple), ne sont pas prises en compte dans l'analyse.
- L'analyse ne prend également pas en compte d'autres types d'externalités, par exemple liées au développement d'économies locales, etc.
- Le concept de valeur actuelle nette retenu est contraint par les données disponibles pour quantifier les différents éléments qui la composent. Certains éléments plus difficiles à prendre en compte empiriquement pourraient, s'ils venaient à être inclus dans le calcul de VAN, moduler l'arbitrage entre biomasse et fossile. Si les coûts de maintenance plus élevés de la biomasse sont modélisés dans notre calcul (en reproduisant les calculs économiques de l'Ademe), d'autres facteurs liés à l'installation de chaleur bas carbone ne sont pas pris en compte, comme la fréquence des interruptions (plus élevée que pour une chaudière à gaz), le risque d'incendie, les coûts administratifs plus élevés (nombreux fournisseurs), et les problèmes d'acceptabilité sociale (qualité de l'air), déjà mentionnés au titre des externalités.

Les résultats de cette analyse ne sauraient ainsi suffire par eux-mêmes à établir le bien-fondé global des investissements engagés, et donc de l'action plus globale de soutien public à l'investissement, mais constituent un élément d'information nécessaire à la décision.

À ce titre, il est important de noter que nous employons ici le terme « rentable » par raccourci, pour signifier une valeur actuelle nette positive selon la définition que nous retenons.

2.2 Scénarios de prix des vecteurs énergétiques

2.2.1 Principe

On souhaite se donner des scénarios pour les 15 années suivant la mise en service prévue des investissements. Ce sont ces prix ($Prix_t$) que l'on intègre ensuite dans les formules 2.1 et 2.2. Les marchés énergétiques sont soumis à de fortes fluctuations d'origines économique et géopolitique (entre autres) ; la crise énergétique de 2021-2022, liée en partie à l'invasion russe en Ukraine et aux bouleversements du marché du gaz impliqués, n'est, au regard des évolutions passées des cours de prix, qu'un exemple extrême parmi les variations annuelles d'ampleur généralement importante des prix des différents vecteurs énergétiques. Ainsi, l'exercice de prédiction de l'évolution des prix sur des marchés aussi volatils est périlleux et extrêmement incertain.

Cependant, les différentiels de prix entre les différents vecteurs énergétiques sont, avec les prix des équipements et leurs rendements respectifs, un déterminant essentiel de la rentabilité économique d'une solution technologique de production énergétique. Or, la rentabilité économique, si elle ne peut pas être le seul critère de financement d'un investissement, rentre en ligne de compte dans cette décision. En particulier, elle rentre également en ligne de compte dans la décision de soutien

public à l'investissement privé : si les investissements sont de toute façon rentables car les tendances des énergies fossiles sont fortement à la hausse, leur apporter un soutien public est un emploi potentiellement inefficace des fonds publics. Au contraire, un montant d'aide fixe et une baisse prolongée des niveaux des prix des énergies fossiles peut amener une entreprise industrielle à remettre en cause sa décision d'investissement, en particulier si ses anticipations d'évolution des prix des énergies sont en partie « myopes » (c'est-à-dire que les anticipations futures correspondent aux évolutions les plus récentes), ou en présence d'aversion au risque. Notons que rendre le niveau d'aide au moins en partie contingent à l'évolution de la valeur des flux monétaires futurs -c'est-à-dire à l'évolution des prix- rendrait moins incertaine la décision d'investissement des entreprises, et donc réduirait *a priori* le risque d'abandon.

Pour simuler un scénario de prix futur, on procède de la manière suivante :

1. On se donne l'un des quatre scénarios de croissance des prix mondiaux des énergies élaborés par l'Agence Internationale de l'Énergie ; ou le scénario de référence retenu par la Commission Européenne ; ou encore les scénarios de croissance retenus par l'Ademe dans son évaluation économique des projets candidats. Ceci correspond donc, pour chaque énergie, à un taux de croissance moyen des prix sur la période de 15 ans que l'on considère.
2. On applique cette série de taux de croissance à un prix initial, qui peut être :
 - le niveau de prix du premier trimestre 2022 : ceci correspond à une situation où le choc sur les prix représenté par la crise est permanent.
 - le niveau de prix moyen sur l'année 2020 : ceci correspond à une situation où le choc sur les prix représenté par la crise est totalement résorbé à l'horizon 2023.
 - un niveau de prix intermédiaire, correspondant à une évolution où en

2025, 50 % de l'augmentation des prix observée entre 2020 et 2022 a été résorbée.

Pour adapter les projections au contexte qui nous intéresse, nous ne retenons de ces scénarios que les taux de croissance annuels moyens impliqués par les niveaux de prix anticipés. Ceci nous permet

- de retenir le niveau de prix initial le plus proche des vecteurs énergétiques utiles aux industriels.
- d'adapter la trajectoire de croissance des prix à son point de départ.

Pour situer ces scénarios dans le contexte plus global de l'évolution des prix énergétiques ces dernières années, et pour déterminer à quel prix initiaux appliquer nos scénarios de croissance, nous détaillons dans les sections suivantes les données de prix utilisées.

2.2.2 Données rétrospectives de prix sur la période 2007-2022

2.2.2.1 Biomasse

On cherche ici à construire une série passée de prix pertinente pour l'analyse, c'est-à-dire reflétant les évolutions de prix. Le marché de la biomasse n'est pas intégré internationalement (ce qui est le cas des marchés des énergies fossiles) mais est au contraire plus local. Ainsi les évolutions des prix de la biomasse sur les différents marchés mondiaux peuvent être très différentes. Il s'agit donc de se rapporter à des données de prix qui font sens pour le cas d'espèce, c'est-à-dire pour les industriels français. Ceci est d'autant plus nécessaire que le cahier des charges de l'appel à projets BCIAT prévoit la rédaction et l'examen d'un plan d'approvisionnement précis, et des contraintes sur l'origine nationale voire locale de la biomasse⁹.

La source principale mobilisée est donc la série de prix moyen de la biomasse, issue des publications de l'Ademe. Cette publication est basée pour la période 2003-

9. Des exceptions étant possibles pour les projets dans des zones frontalières

2022 sur deux enquêtes, l'enquête BASIC jusqu'en 2012 et les indices de prix récoltés par le CEEB à partir de 2013.

Les paramètres que l'on souhaite retenir pour l'analyse sont :

- le prix TTC de la tonne de biomasse livrée
- le prix HT de la tonne de biomasse livrée

La Figure 2.1 représente l'évolution moyenne du prix de la biomasse utilisée dans les chaufferies industrielles. On reproduit ici la méthodologie décrite dans (Ademe, 2020) ¹⁰

2.2.2.2 Combustibles fossiles

Fioul Pour le fioul, on retient comme série de prix pertinente la valeur moyenne annuelle du prix de la tonne de fioul lourd TBTS renseigné dans les statistiques mensuelles de l'énergie publiées par le SDES ¹¹. Il s'agit d'un prix hors TVA pour une entreprise. Nous en reproduisons l'évolution passée dans la Figure 2.2.

Charbon Pour le charbon, on retient comme série de prix pertinente la valeur moyenne annuelle du prix à l'importation de la tonne de charbon, renseignée dans les statistiques mensuelles de l'énergie publiées par le SDES ¹². Il s'agit d'un prix hors TVA pour une entreprise. Nous en reproduisons l'évolution passée dans la Figure 2.2.

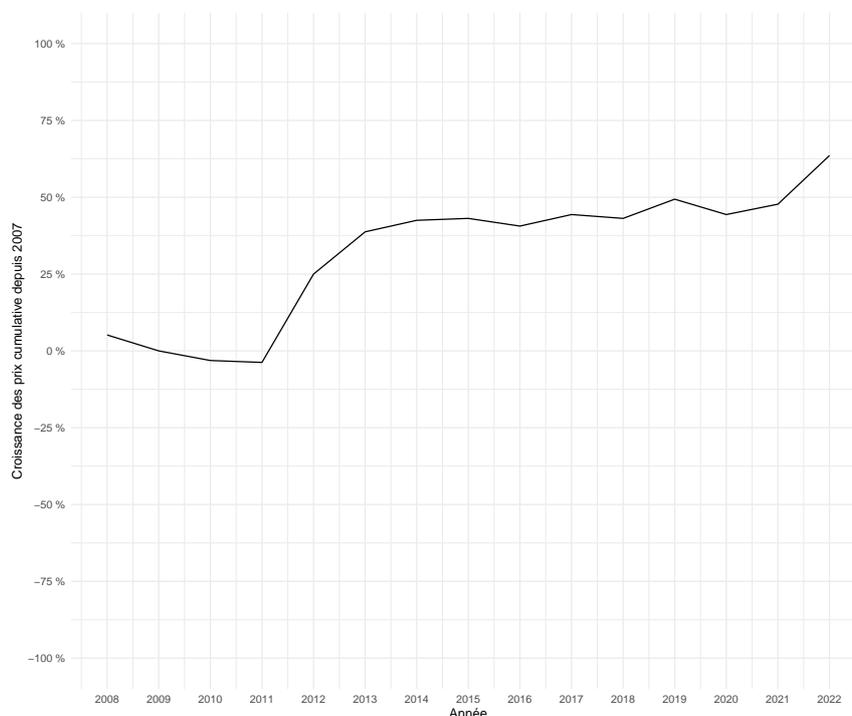
Gaz Les prix du MWh de gaz varient fortement en fonction du niveau de consommation des acteurs industriels. Il s'agit donc de s'approcher au mieux du prix moyen payé par les industriels pour l'alimentation d'une chaufferie à gaz. Une telle série

10. Ademe, novembre 2020, Enquête sur les prix des combustibles bois pour le chauffage industriel et collectif en 2019-2020.

11. Données mensuelles de l'énergie, base Pégase, accédée le 5 août 2022 : <http://developpement-durable.bsocom.fr/Statistiques/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=13174>

12. Données mensuelles de l'énergie, base Pégase, accédée le 5 août 2022 : <http://developpement-durable.bsocom.fr/Statistiques/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=13174>

FIGURE 2.1 – Evolution du prix du MWh PCI livré HTVA de la biomasse, en euros



Lecture : En 2012, le prix moyen de la biomasse avait augmenté de 25 % par rapport à sa valeur de 2007.

Note : Croissance cumulée des coûts moyens livrés HT des combustibles pour les chaufferies professionnelles (industrielles et collectives). L'indice sous-jacent à cette croissance applique la méthodologie Ademe détaillée dans Ademe, novembre 2020, Enquête sur les prix des combustibles bois pour le chauffage industriel et collectif en 2019-2020. Le prix moyen de la biomasse correspond à la moyenne pondérée de différents sous-indices, calculé sur la base de la contribution des différents combustibles à la production thermique (Projets fond chaleur). Les pondérations appliquées sont les suivantes : plaquettes 71,5 %, écorces 5,8 %, sciures 11,3 %, broyats : 11,4 %. Pour les données 2007 à 2019, la série présentée correspond à la Figure 22 du rapport cité. Pour les données 2020 à 2022, nous appliquons les mêmes pondérations aux données trimestrielles issues du CEEB, et appliquons une moyenne annuelle aux prix trimestriels obtenus. Le prix moyen des plaquettes est obtenu comme la moyenne des prix des plaquettes forestières de petite granulométrie, de moyenne granulométrie et de granulométrie grossière. Le prix moyen des écorces est obtenu comme la moyenne des prix des écorces de feuillus broyés et de résineux broyés. Le prix moyen des sciures est obtenu comme la moyenne des prix des écorces de feuillus et des écorces de résineux. Ces trois hypothèses reproduisent les séries 2007 à 2019.

Source : Ademe, CEEB, Enquête Basic 2000 pour 2005-2012, Estimation CODA Stratégies à partir des données CEEB pour 2013 à 2019 ; pour les données 2020 à 2022, calcul des auteurs sur la base des données CEEB et des séries Insee et Ademe.

est disponible dans les données publiées dans le Bilan énergétique français chaque année par le SDES. Cependant cette série souffre d'être relativement courte (disponible uniquement à partir de 2011). Pour la prolonger, on remarque que ses évolutions sont bien reproduites par la moyenne des prix des tranches I4, I5 et I6 ; les séries de prix de chacune de ces tranches étant disponibles sur une période plus longue, on étend ainsi l'indice de prix du bilan énergétique sur la période 2007-2021. La Figure 2.2 illustre cette extrapolation. Dans l'exercice empirique, on assigne à chaque projet sa tranche de prix sur la base de la production de chaleur annuelle prédite dans le projet, et d'une efficacité des chaudières gaz de 90 %. C'est par souci de concision que l'on ne représente ici que la moyenne.

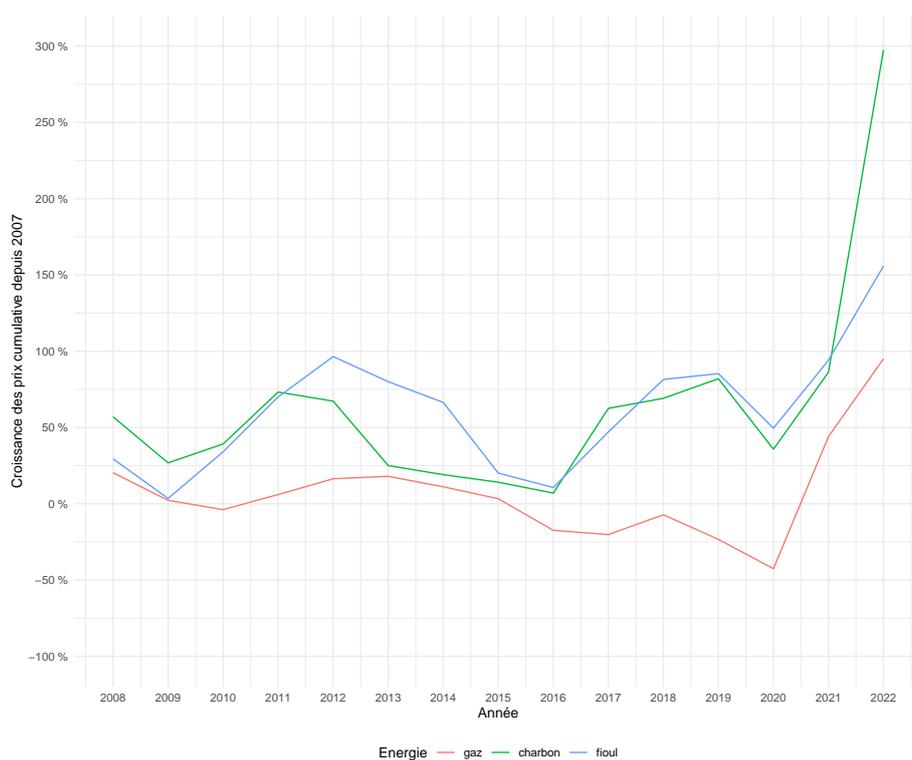
2.2.2.3 Valeur de la tCO₂

On utilise pour valoriser les émissions évitées la moyenne annuelle du prix de la tonne de quota d'émission sur le marché EU-ETS ¹³.

La Figure 2.3 représente l'évolution passée du prix de la tonne de quota d'émission sur le marché européen depuis sa création. Notons que ce prix a connu un taux de croissance moyen particulièrement important ces dernières années.

13. Les données sous-jacentes sont obtenues du site <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>

FIGURE 2.2 – Evolution des prix des énergies fossiles depuis 2007



Lecture : En 2013, le prix moyen du charbon avait crû de 25 % par rapport à son niveau de 2007 ; celui du fioul de 61%, celui du gaz de 19 %.

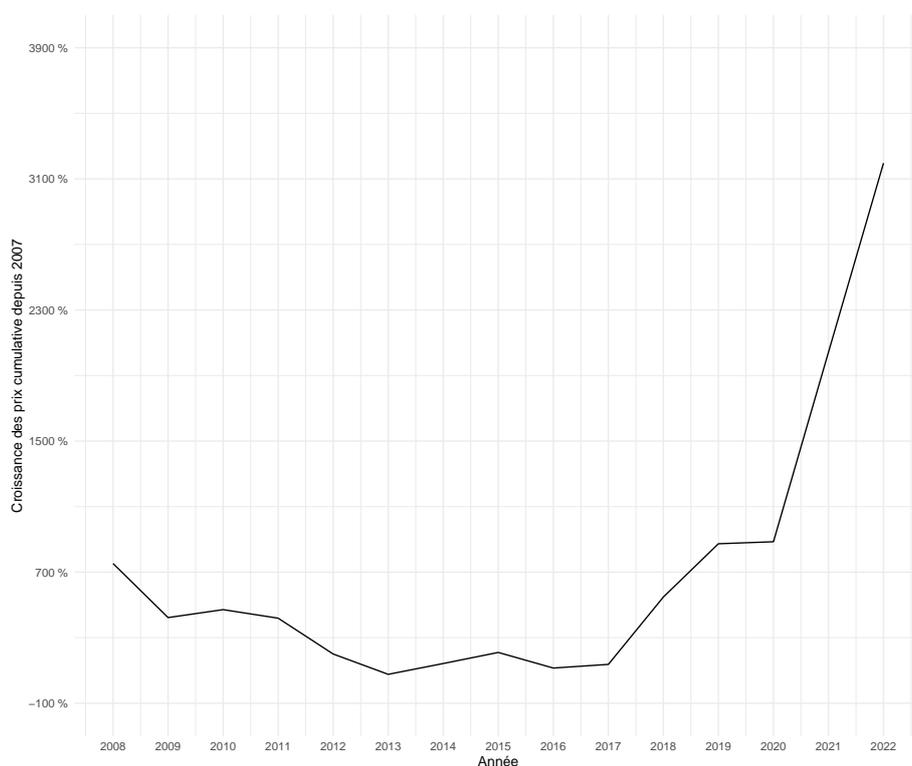
Note : Evolution des croissances cumulées des prix moyens annuels du fioul, du gaz naturel, et du charbon, par rapport à leur niveau de 2007. Le prix du fioul est celui de la tonne de fioul TBTS pour l'industrie. Le prix de la tonne de charbon est le prix du charbon importé. Le prix du gaz naturel est la moyenne des prix des tranches I4, I5 et I6 de la classification Eurostat. Dans l'exercice empirique, on assigne à chaque projet sa tranche de prix sur la base de la production de chaleur annuelle prédite dans le projet, et d'une efficacité des chaudières gaz de 90 %. Par souci de concision on ne représente ici que la moyenne.

Source : Fioul : Données mensuelles de l'énergie, base Pégase, accédée le 5 août 2022

Gaz : Bilan énergétique français, SDES, 2022.

Charbon : Données mensuelles de l'énergie, base Pégase, accédée le 5 août 2022.

FIGURE 2.3 – Evolution du prix des quotas d'émission sur le marché SCEQE



Lecture : En 2013, le prix moyen de la tonne de CO₂ eq. échangée sur le marché des quotas européens atteignait 176 % de sa valeur en 2007.

Note : Evolution de la croissance cumulative des prix de la tonne de CO₂ eq. échangée sur le marché des quotas européens. Le prix annuel de la tonne de CO₂ eq. est le prix moyen, à travers toutes les transactions, d'enchères ou d'échanges sur le marché secondaire.

Source : <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>

2.2.3 Projections de croissance des prix

2.2.3.1 World Energy Outlook

Une source principale pour les projections de croissance de prix des vecteurs énergétiques sont les rapports annuels et trimestriels publiés par l'Agence Internationale de l'Energie (International Energy Agency, IEA). Annuellement, celle-ci publie le World Energy Outlook, dont nous reproduisons le tableau de projections pour l'évolution des prix des énergies fossiles de la dernière édition disponible, c'est-à-dire l'édition 2021 (cf. Tableau 2.1). Ces projections datent donc d'une période antérieure à la crise énergétique en cours.

Dans le contexte de la crise énergétique de l'année 2022, l'IEA a publié des rapports trimestriels sur le marché du gaz, dont le dernier disponible est celui du troisième trimestre 2022. Nous reproduisons dans la Figure 2.4 le graphique résumant les hypothèses de travail de l'IEA¹⁴ concernant l'évolution du prix du gaz naturel à moyen terme, c'est à dire jusqu'en 2025.

La nature soudaine des chocs sous-jacents aux niveaux exceptionnels de prix du gaz (et des autres énergies, notamment fossiles) atteints au début de l'année 2022 semble ainsi conduire l'IEA à interpréter ces niveaux exceptionnels comme au moins en partie temporaires : une « correction » est anticipée jusqu'à l'année 2025, avec une baisse du prix du gaz européen (le Title Transfer Facility étant la place de marché virtuelle la plus importante en Europe) à l'horizon de l'année 2025 équivalent à environ la moitié de l'augmentation des prix entre 2020 et 2022.

Les données de marché disponibles à l'été 2022 semblent également indiquer que les acteurs de marché dans leur ensemble anticipent une diminution importante des prix dans les années à venir. On représente dans la Figure 2.5 les données concernant les prix des contrats à terme en juillet/août 2022. Chaque courbe de couleur correspond aux prix des contrats échangés un jour donné, et l'axe des

14. IEA (2022), Gas Market Report, Q3-2022, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/gas-market-report-q3-2022>, Page 10.

Période	Fioul		Gaz		Charbon	
	Prix	γ	Prix	γ	Prix	γ
Net Zero Emissions						
2020	42		4.2		50	
2030	36		3.9		52	
2050	24		3.6		44	
2020-2040		-1.7%		-0.6%		-0.2%
Sustainable Development						
2020	42		4.2		50	
2030	56		4.2		58	
2050	50		4.5		55	
2020-2040		+1.3%		+0.2%		+0.7%
Announced Pledges						
2020	42		4.2		50	
2030	67		6.5		66	
2050	64		6.5		56	
2020-2040		+2.4%		+2.4%		+1.1%
Stated Policies						
2020	42		4.2		50	
2030	77		7.7		67	
2050	88		8.3		63	
2020-2040		+3.6%		+3.5%		+1.4%

TABLEAU 2.1 – Projections World Energy Outlook

Lecture : Dans le scénario "Net Zero Emissions" de l'AIE, le prix du gaz naturel européen en 2030 sera de 3,9 dollars par million de British thermal unit.

Notes :

- Les prix s'entendent en dollars 2020 par baril (Fioul), en dollars 2020 par MBtu (Gaz), et en dollars 2020 par tonne (Charbon)
- Le prix du fioul correspond au prix du baril de brut moyen (pondéré) à l'importation pour tous les pays membres de l'AIE.
- Le prix du gaz naturel correspond à des moyennes (pondérées par les valeurs calorifiques) entre importations par pipeline et importations en GNL pour l'ensemble des pays de l'Union Européenne.
- Le prix du charbon correspond au prix à l'importation du charbon vapeur dans l'Union Européenne.
- Les taux de croissance dans les colonnes γ sont des moyenne géométriques, qui, sur la période 2020-2040, permettent d'atteindre les niveaux de prix issus d'une extrapolation linéaire (moyenne arithmétique) entre les prix de 2030 et 2050.

Source : IEA (2021), World Energy Outlook 2021, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>, Table 2.2 « Fossil fuel prices by scenario », page 101

FIGURE 2.4 – IEA - Hypothèses sur le prix du gaz naturel, 2019-2025



Lecture : La prévision de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), en date du 3^{ème} trimestre 2022, pour le prix de gros du gaz naturel sur le marché européen TTF était un passage de 30 dollars par million de British thermal unit en 2022 à 15 dollars par million de British thermal unit en 2025.
Note : Prévisions de l'AIE sur l'évolution à moyen terme des prix de gros du gaz naturel sur différents marchés mondiaux, Q3 2022.

Source : Gas Market Report, Q3-2022, International Energy Agency, July 2022, <https://www.iea.org/reports/gas-market-report-q3-2022>

abscisses représente l'horizon (le terme) des contrats. D'une part, on observe une variabilité journalière forte des prix de ces contrats à terme, preuve de l'exceptionnelle incertitude qui entoure les projections de prix à l'horizon des années prochaines. D'autre part, les prix en fonction du terme du contrat semblent grossièrement concordants avec les hypothèses retenues par l'IEA¹⁵, c'est-à-dire avec l'hypothèse d'une résorption à l'horizon 2025, d'environ 50 % de la croissance des prix observée sur la période 2020-2022.

À date de rédaction de ce rapport, il n'existe pas, à notre connaissance, de projection réalisée sur les autres énergies. Nous retenons la même hypothèse relative (résorption du choc de 50 % à l'horizon 2025) pour les deux autres énergies fossiles (charbon et fioul lourd) ; ceci semble justifié par la corrélation importante des cours de ces trois énergies dans le passé.

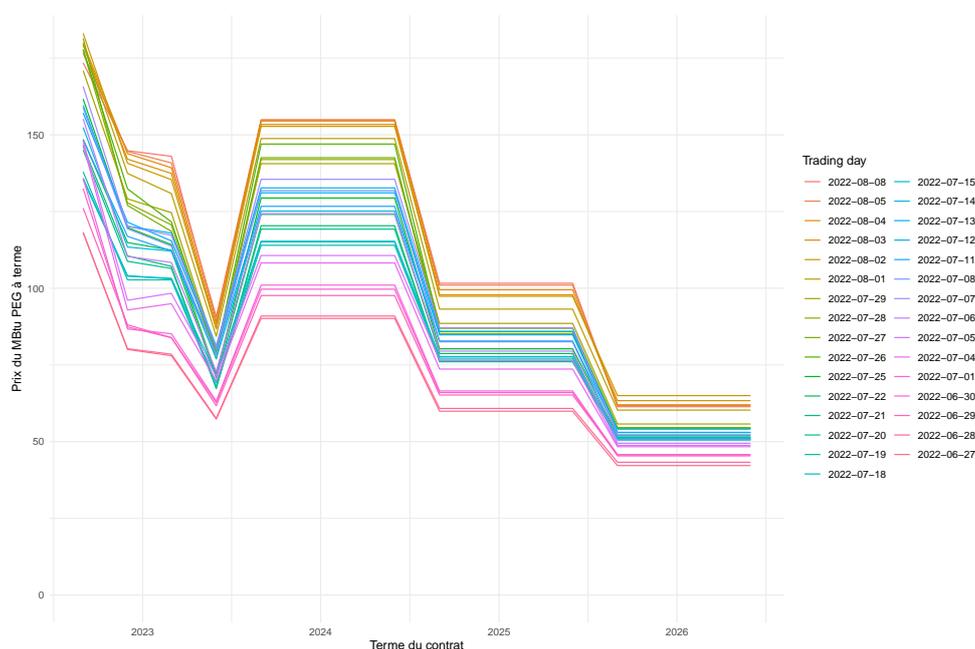
2.2.3.2 Recommandations de la CE pour l'évaluation des mesures de politiques environnementales (2022)

La Commission Européenne émet, de façon régulière, des recommandations sur les scénarios de prix de référence pour les importations énergétiques, que les États membres de l'Union Européenne doivent retenir pour leurs projections. Ces valeurs sont rappelées dans le Tableau 2.2.

Notons que là encore, pour adapter ces projections au contexte qui nous intéresse, nous ne retenons de ces scénarios que les taux de croissance annuels moyens impliqués par les niveaux de prix anticipés.

15. Données obtenues sur <https://www.powernext.com/futures-market-data>

FIGURE 2.5 – Prix des contrats à terme pour la fourniture de gaz sur la place PEG, mois de juillet et août 2022



Lecture : Le 8 août 2022, le prix des contrats à terme pour un million de British thermal unit de gaz naturel sur le marché européen (TTF) atteignait 155 dollars à 1 an, 102 dollars à 2 ans, et 61 dollars à 3 ans.

Note : Prix du MBtu de gaz naturel sur le marché TTF en fonction du terme du contrat (abscisse) et de la date (couleurs). Données moyennes de prix issus des contrats à termes passés sur le marché TTF pour 1 MBtd de gaz naturel.

Source : Powernext, Futures market data, accédées le 10 août 2022

<https://www.powernext.com/futures-market-data>

TABLEAU 2.2 – Recommandations CE

Période	tCO ₂		Charbon		Fioul		Gaz	
	Prix	γ	Prix	γ	Prix	γ	Prix	γ
2020	25		74.2		278.3		146.9	
2025	28		111.7		493.9		238.2	
2030	30		121.9		586.1		249.4	
2035	40		131.3		633.6		285.8	
2040	53		137.8		680.2		341.4	
2020-2040		3.8%		3.1%		4.6%		4.3%

Lecture : En 2020, la Commission européenne recommande, dans le cadre du reporting des projections d'émissions de gaz à effet de serre, un prix de la tonne de CO₂ eq. échangée sur le marché des quotas de 53 euros en 2040.

Note : Recommandations 2020 et valant pour l'année 2021, émanant de la Commission européenne, à destination des pays membres, pour l'harmonisation des hypothèses sur l'évolution future des prix des énergies fossiles (charbon, gaz, fioul) et du quota d'une tonne de CO₂ eq. sur le marché européen.

Source : Recommended parameters for reporting on GHG projections in 2021, European Commission, Directorate General Climate Action

2.2.3.3 Scénarios retenus par l'Ademe

Dans sa propre évaluation des dossiers de réponse aux appels à projets BCIAT, l'Ademe retient les hypothèses rassemblées dans le Tableau 2.3.

TABLEAU 2.3 – Hypothèses retenues pour l'évolution des coûts dans l'évaluation Ademe

Energie	Croissance annuelle sur la période
Biomasse	1.00 %
Gaz	1.00 %
Electricité	1.20 %
Charbon	1.25 %
tCO ₂	1.50 %

Lecture : Le taux de croissance annuel du prix de la biomasse dans les projections retenues par l'Ademe pour l'évaluation des projets BCIAT est de 1 %.

Note : Hypothèses de croissance annuelle des différents coûts des intrants et de la tonne de CO₂ eq. pour l'évaluation des projets BCIAT.

Source : Ademe

2.2.3.4 Cas particulier de la biomasse

Il n'existe pas, à l'échelle française, de données de modélisation et de projection d'évolution des prix de la biomasse dans les prochaines années. Il n'existe par ailleurs que peu d'informations sur les projections des marchés du bois internationaux, et étant données les dynamiques locales très spécifiques, il est très coûteux et très incertain d'espérer inférer un scénario français sur la base de données de projection sur les marchés internationaux.

Par rapport aux évolutions des marchés des énergies fossiles, l'évolution passée des prix de la biomasse sur les dernières années témoigne d'une relative stabilité de l'évolution annuelle des prix, avec une légère tendance à la hausse. L'enquête 2019 sur les prix de la biomasse dans l'industrie de l'Ademe mentionne que le marché de la biomasse est relativement indépendant des autres marchés énergétiques mondiaux, et que les prévisions des acteurs du marché français tablent sur une évolution future semblable à la trajectoire de croissance passée :

« Sur les prochaines années, l'évolution du marché continuera évidemment à être soumise aux aléas climatiques. D'une manière générale, les acteurs interviewés n'anticipent pas de retournement brutal de conjoncture et parient plutôt sur une légère montée des prix en raison :

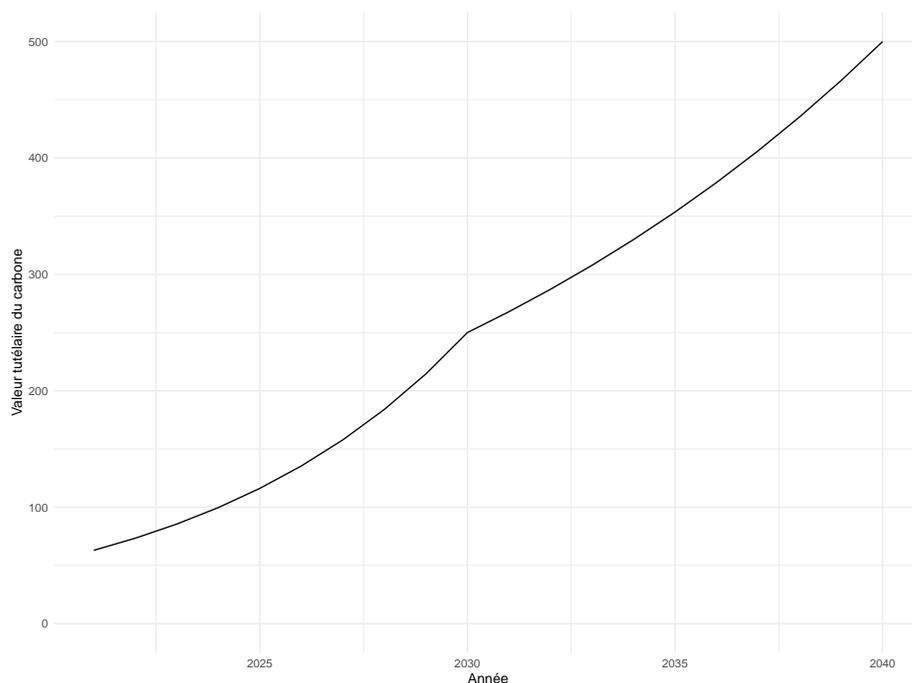
- *De la remontée prévisible du nombre de projets en raison de l'accroissement des engagements financiers dans le fond chaleur*
- *D'un meilleur équilibre entre capacités de production et demande, au fur et à mesure de l'entrée en fonctionnement des chaufferies biomasse en projet. »*¹⁶

Dans tous les scénarios élaborés, on retient donc comme scénario central « indépendant » un taux de croissance annuel égal au taux de croissance annuel moyen de la période 2013-2022, soit 1,8 %¹⁷.

16. ADEME, 2021, Enquête sur les prix des combustibles bois pour le chauffage industriel et collectif en 2019-2020, page 15.

17. On exclut les observations antérieures à 2013 par précaution, la forte augmentation des prix

FIGURE 2.6 – Trajectoire pour la valeur tutélaire du carbone, Quinet (2019)



Lecture : Selon le rapport Quinet (2019), la valeur tutélaire du carbone en 2030 est de 250 euros la tonne.

Note : Trajectoire de la valeur tutélaire du carbone selon le rapport Quinet (2019).

Source : La valeur de l'action pour le climat, Une valeur tutélaire du carbone pour évaluer les investissements et les politiques publiques, Rapport de la commission présidée par Alain Quinet, Février 2019

2.2.3.5 Cas particulier de la tonne de CO₂

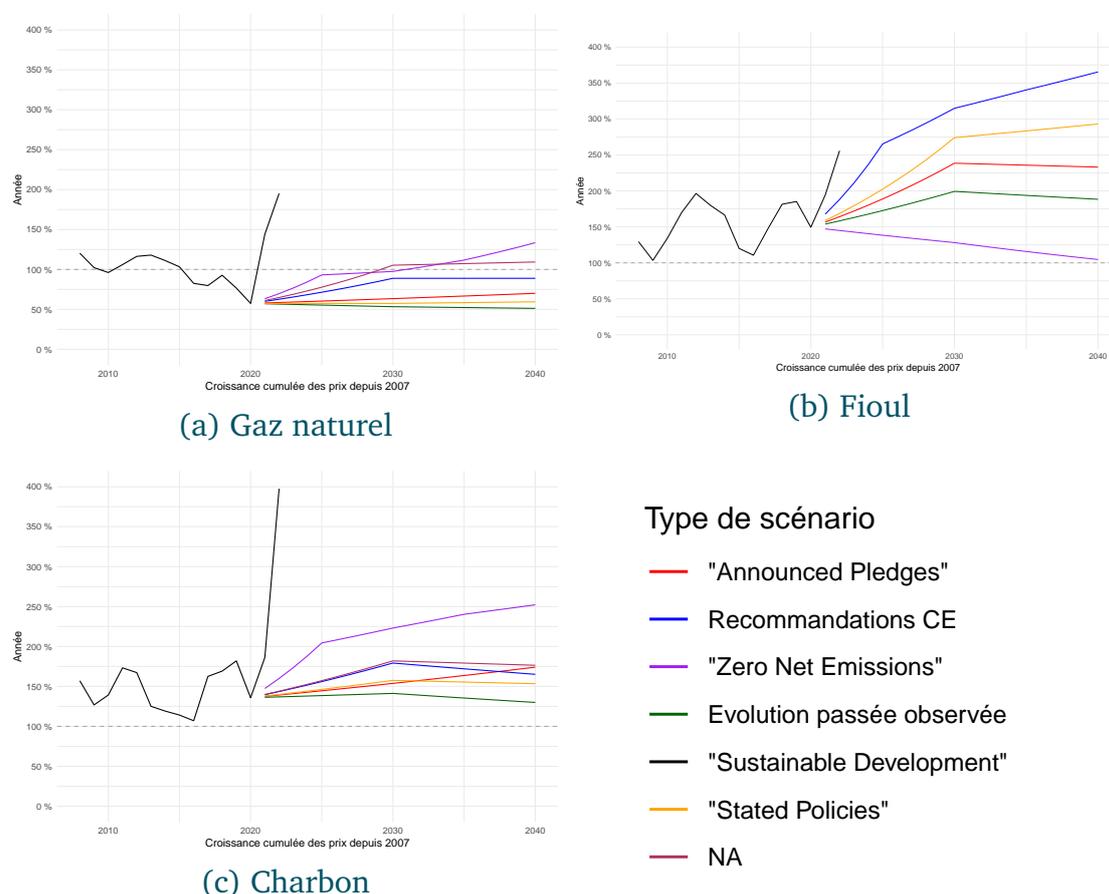
On utilise alternativement, pour la valorisation des investissements du point de vue de la société, une valeur tutélaire du carbone. On retient pour cette valeur tutélaire la trajectoire proposée dans le rapport Quinet (2019) et rappelée dans la Figure 2.6.

2.2.4 Comment construire un scénario de prix ?

Nous reproduisons dans la Figure 2.7 les taux de croissance cumulés des prix des trois énergies fossiles principales (fioul, gaz, charbon) sur la période, que nous entre 2011 et 2013 étant potentiellement, en l'absence de documentation claire à ce sujet, à mettre sur le compte de la rupture de série statistiques entre l'enquête BASIC et celle du CEEB.

comparons aux évolutions passées sur la période 2007-2022. Les projections de l'IEA, les scénarios retenus par l'Ademe, les recommandations de la Commission européenne, sont très différentes des variations observées sur la période récente, en particulier pour le gaz et pour le charbon, où les prix observés en 2022 sont plus élevés que tous les prix envisagés en fin de période dans tous les scénarios possibles. Ceci pose donc une difficulté pour l'utilisation des scénarios de prix dans les simulations que l'on se propose de mener.

FIGURE 2.7 – Comparaison des différents scénarios pour l'évolution des prix des fossiles et des évolutions de prix observées



Lecture : En 2022, le prix observé du gaz naturel correspond à 195 % de son prix observé en 2007.
Note : Représentation des différents scénarios envisageables et envisagés en 2020 pour les différents combustibles fossiles (gaz naturel, charbon, fioul), et comparaison avec les prix observés sur la période précédente et les années 2020-2021.
Source : AIE, EC, Ademe, SDES, Eurostat.

Les dynamiques de prix du début de l'année 2022, exceptionnelles, imposent

ainsi une certaine prudence dans l'élaboration des scénarios de prix. Il n'est cependant pas non plus envisageable de ne pas prendre en compte du tout les niveaux de prix observés en 2022. L'incertitude principale porte sur la nature transitoire ou permanente du choc de prix. Comme nous l'avons vu, les quelques éléments de projection disponibles à l'été 2022 s'accordent sur une correction à la baisse des prix du gaz à l'horizon 2025. Cependant, ces projections ne vont pas plus loin que l'année 2025, alors que l'évaluation des projets BCIAT requiert un scénario complet jusqu'en 2040 (la mise en service de certaines installations étant prévue pour 2025). De plus ces projections ne concernent que le prix du gaz, aucune projection sur les autres énergies fossiles n'étant disponibles à ce stade.

Nous envisageons trois familles de scénarios polaires :

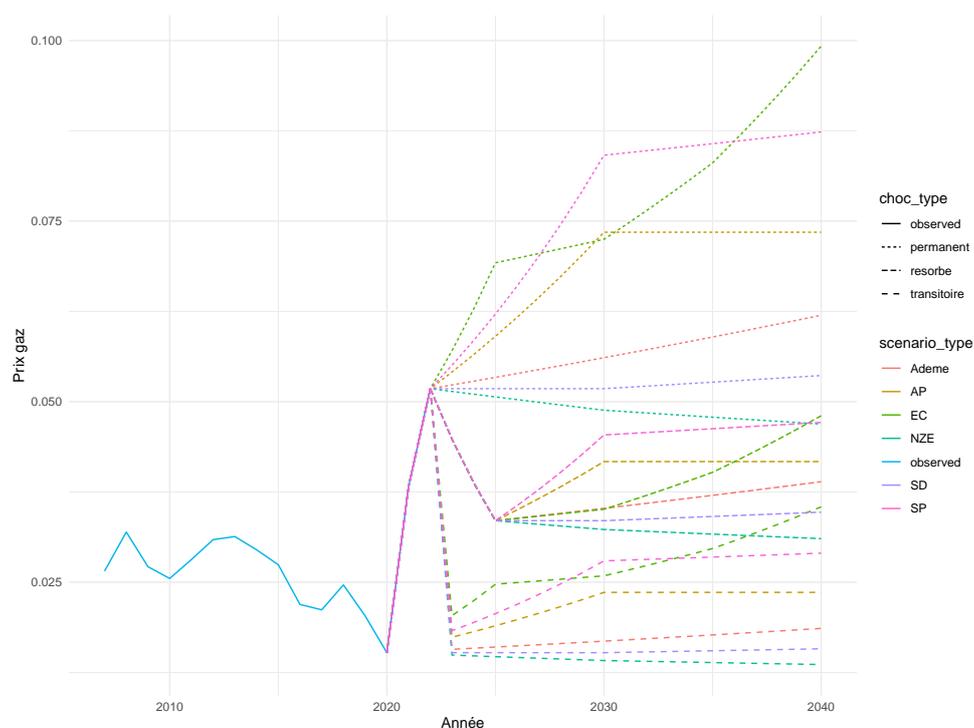
1. Dans la première, le choc de l'année 2022 est complètement absorbé à l'horizon 2023 : on retient les scénarios de prix de l'IEA, de la CE et de l'Ademe
2. Dans la seconde, le choc de l'année 2022 est permanent : les taux de croissance des scénarios de l'IEA, des recommandations de la CE et des hypothèses de l'Ademe sont appliqués aux dernières valeurs observées en 2022.
3. Dans la troisième, le choc de l'année 2022 est en partie permanent mais il est résorbé de 50 % à l'horizon de 2025 pour le gaz, le fioul et le charbon ; à partir de 2025, les évolutions annuelles sont celles prédites dans les scénarios projetés par l'IEA, par les recommandation de la CE, ou par les hypothèses d'évolution de l'Ademe.

2.2.5 Résumé

On a ainsi construit 6 scénarios de croissance (4 scénarios IEA + 1 scénario EC + 1 scénario Ademe), que l'on peut appliquer à trois états initiaux de prix représentant des hypothèses polaires sur la nature du choc de 2021-2022 sur les marchés énergétiques.

Ceci obtient donc 18 scénarios différents. La Figure 2.8 résume ces 18 hypothèses pour le cas du gaz naturel.

FIGURE 2.8 – 18 scénarios (gaz)



Lecture : Dans le scénario "à choc résorbé" et à trajectoire de prix "Stated Policies", le prix du gaz atteint 2,6 centimes du kWh en 2030.

Note : Représentation des différentes hypothèses retenues de trajectoires de prix pour le gaz naturel, en fonction du point d'initialisation du scénario (2020, 2022 sans résorption de choc, et 2025 avec une résorption de 50 % du choc), et du scénario de croissance des prix (Ademe, AIE, EC).

Source : Ademe, CEEB, AIE, CE, SDES, calculs des auteurs.

Enfin, nous considérons un 19ème scénario de prix, qui correspond à celui mobilisé par l'Ademe dans son évaluation économique des projets. Ce scénario reprend les taux de croissance que nous appliquons aux données dans 3 des 18 scénarios précédents (les scénarios), mais les initialise à d'autres niveaux de prix que nous rappelons dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU 2.4 – Niveaux de prix initiaux retenus par l'Ademe dans son évaluation économique

Biomasse	22 €/MWh
Gaz T2	35 €/MWh
Gaz T3	30 €/MWh
Gaz T4	26 €/MWh
Gaz T5	24 €/MWh
Charbon	13 €/MWh
tCO ₂ eq.	57 €/tCO ₂ eq.

Lecture : Dans son analyse économique des dossiers BCIAT (vague XXXX), l'Ademe prend en compte un prix initial pour la biomasse de 22 €/MWh.

Note : Niveaux de prix initiaux retenus pour l'analyse économique des projets BCIAT. Les différentes valeurs retenues pour le prix du gaz correspondent à différentes tranches de consommation (tranche 3 de 10⁴ GJ à 10⁵ GJ, tranche 4 de 10⁵ GJ à 10⁶ GJ, tranche 5 de 10⁶ GJ à 4*10⁶ GJ).

Source : Ademe

2.3 Taux d'actualisation

On retient comme taux d'actualisation du décideur public la valeur de 4,5 % recommandée dans le Guide de l'évaluation socio-économique des investissements publics publié par France Stratégie (2020).

L'analyse de sensibilité faisant varier un grand nombre de paramètres, on retient par simplicité un taux d'actualisation de 6,5 % pour les entreprises ; ceci permet d'isoler les effets des variations dans les scénarios de prix sur la valeur actuelle nette des investissements. Par souci d'exhaustivité, nous présentons en annexe plusieurs versions des résultats, où nous retenons successivement des valeurs de 3,51 %¹⁸, 4,5 %, et 10 % pour les entreprises privées.

Les calculs de valeur actuelle nette privée, avec ou sans subvention, font appel uniquement à ce taux d'actualisation privé. Les calculs de valeur actuelle nette publique (sous les deux hypothèses différentes quant à la valorisation des tonnes de

18. Ce taux correspond à celui retenu par l'Ademe dans son analyse des dossiers pour la vague BCIAT 20XX. Notons que les valeurs des paramètres utilisés par l'Ademe dans l'analyse économique, comme le taux d'actualisation, peuvent varier d'une vague d'AAP à l'autre, en fonction par exemple du niveau d'inflation.

CO₂ eq. évitées) font appel à un taux d'actualisation calculé à l'échelle de chaque projet, et égal à la moyenne pondérée entre le taux d'actualisation du décideur public et des entreprises privées, où la pondération de chaque est égal au taux de soutien public et à son complémentaire respectivement.

2.4 Construction du contrefactuel

Dans les formules 2.1 et 2.2, les valeurs retenues pour les montants d'investissement et d'aide, pour les tonnes de CO₂ évitées et pour les consommations évitées ou au contraire nouvelles, ne varient pas en fonction des simulations. Elles sont déterminées sur la base des données de gestion de l'appel à projets BCIAT, fournies par l'Ademe. Ces données sont élaborées sur la base des données remplies par les candidats aux aides, et sur des hypothèses quant à la situation contrefactuelle, c'est-à-dire l'évolution de la fourniture de chaleur chez ces candidats en l'absence d'investissement dans une chaudière biomasse.

2.4.1 Données sur les investissements envisagés dans des chaudières biomasse

On retient, pour les montants d'investissement et d'aide induits par le passage à une chaudière à biomasse, les valeurs suivantes :

- Aide : aide totale accordée¹⁹. On répartit l'aide à l'investissement par tranches, de 20 % en T+0 (année de la candidature BCIAT), 40 % en T+1, 20 % en T+3 et 20 % en T+5. Ceci correspond à l'échéancier prévu dans le cahier des

19. Cette aide totale ne comprend pas, pour les quelques cas concernés, l'aide au fonctionnement annuelle. Il est important de noter que le principe de cette aide au fonctionnement n'a pas encore été validé par la Commission européenne, raison pour laquelle nous ne la prenons pas en compte. Notons cependant que les cas d'aides au fonctionnement sont dans tous les cas assez minoritaires (XX projets sur XXX), et que celles-ci représentent une fraction seulement des aides engagées. Nous excluons de l'analyse les quelques cas où le projet est concerné uniquement par une aide au fonctionnement (sans aide à l'investissement).

charges de l'appel à projets.

- Investissement : investissement global éligible aux aides.

Pour l'évaluation des besoins en biomasse, on procède de la manière suivante²⁰ : l'état du monde futur repose sur une estimation de la cible de production de chaleur biomasse déterminée dans les dossiers de candidature. Cette cible de production de chaleur biomasse correspond, pour simplifier, à une partie de la production de chaleur nécessaire à l'activité du site, sous hypothèse d'un maintien du niveau de l'activité économique. Le pourcentage de la production de chaleur totale nécessaire représentée par la production de chaleur biomasse cible n'est pas constant ; il est le fruit d'un arbitrage entre choisir un dimensionnement suffisamment important pour rendre l'investissement rentable et éviter les arrêts trop fréquents et les régimes de fonctionnement trop faibles ; ainsi le choix du dimensionnement de la chaudière dépend du profil de la courbe de charge annuelle, de la fréquence des appels de charge exceptionnels (à couvrir avec des solutions de production de chaleur d'appoint, en particulier avec la chaudière pré-existante), de la nature de l'activité de l'entreprise, etc. En moyenne, il s'agit d'une part équivalente à 60 %-70 % de la production totale cible (anticipée) de chaleur. A cette cible de production de chaleur biomasse correspond une consommation de biomasse nécessaire. On retient typiquement un rendement homogène de 85 %.

2.4.2 Données sur la situation contrefactuelle

Pour la détermination des consommations évitées et nouvelles, ainsi que pour les tonnes de CO₂ évitées, toute méthodologie repose sur la comparaison de deux états du monde : un état du monde futur, c'est-à-dire une estimation des consommations annuelles projetées de biomasses une fois l'équipement financé mis en service, et un état du monde contrefactuel, c'est à dire un niveau de consommations éner-

²⁰. On suit ici la méthodologie appliquée par l'Ademe dans son évaluation économique des projets.

gétiques qui aurait été observé en l'absence de l'équipement financé. On explicite ci-dessous la méthodologie employée par l'Ademe. Le temps imparti et les données disponibles ne permettent en effet ni l'élaboration d'une méthodologie alternative ni l'analyse de la sensibilité des résultats à cette alternative.

Un « contrefactuel » est ensuite élaboré. Dans certains cas, le contrefactuel correspond au statu quo, c'est-à-dire au fait que la technologie de production de chaleur préexistante à l'investissement financé aurait perduré. Dans le reste des cas, on retient un contrefactuel gaz, égal à $\frac{1}{0,9}$ fois la cible de production de chaleur. Dans le cas d'un contrefactuel gaz, il faut défalquer la valeur de l'investissement envisagé de la valeur d'un investissement contrefactuel dans une chaudière à gaz. La valeur de référence pour cet investissement contrefactuel est donnée dans les documents de réponse à l'appel à projets (en effet, cette valeur est utilisée dans le dimensionnement de l'aide maximale possible).²¹

Les tonnes de CO₂ évitées sont ensuite calculées sur la base de ce contrefactuel, en divisant le contrefactuel gaz par les valeurs suivantes, en fonction de l'énergie substituée : Facteurs d'émission :

- 0,187 pour le gaz, ce qui correspond au facteur d'émission de la combustion ([Documentation Base Carbone Ademe](#), Facteurs d'émission de la combustion en (kg CO₂e/kWh PCI))
- 0,272 pour le fioul, ce qui correspond au facteur d'émission de la combustion du fioul domestique. On choisit plutôt le facteur d'émission de la combustion du fioul lourd, qui est 0,282 kg CO₂e/kWh PCI.
- 0,345 pour le charbon ; ceci correspond au facteur d'émission de la combustion du charbon ([Documentation Base Carbone Ademe](#))

21. « Le coût d'un scénario gaz de référence de puissance équivalente, déterminé par le calcul suivant :

- Si puissance utile < 14 500 kW : Investissement ref = 36,3 * P (en kW) + 41400
- Si puissance utile > 14 500 kW : Investissement ref = 21,5 * P (en kW) + 256000 »

NB : Une analyse plus fine des coûts et bénéfices associés aux investissements reposerait sur une caractérisation plus détaillée du statu quo. En particulier, la collecte de données sur les équipements de production de chaleur en place avant et après l'aide, c'est-à-dire des données plus précises sur les rendements des chaudières financées et remplacées permettraient d'affiner les diagnostics, bien qu'elles représentent un travail de collecte de données potentiellement coûteux.

2.5 Résultats

On s'intéresse, pour chaque scénario retenu, à la part des projets pour lesquels les différents concepts de VAN sont positifs ou négatifs.

Les tableaux 2.6, 2.7, 2.5 et 2.8 présentent, pour chacun des 19 scénarios envisagés, et des 4 taux d'actualisation privés envisagés, la part des 84 investissements²² dont la VAN est positive, pour différents concepts de VAN.

Plusieurs constats se dégagent :

1. Dans presque tous les scénarios de prix, la $VAN_{publique}$ est positive pour la quasi-totalité des projets d'investissements lorsqu'on valorise les émissions évitées à la valeur tutélaire du carbone (dans le scénario Net Zero Emissions initialisés aux prix de 2020, 86 % des projets ont une VAN sociétale positive). Du point de vue de la société, les investissements envisagés dans le cadre de l'appel à projets BCIAT sont, dans la plupart des scénarios, rentables quand on prend en compte les bénéfices associés à l'évitement de GES. Ceci provient en grande partie du fait que la valeur tutélaire du carbone retenue est très élevée, et le nombre de tonnes de CO₂ évitées également. Ce constat est beaucoup moins général pour le cas où les émissions évitées par les établissements soumis au SCEQE sont valorisés au prix des quotas (cas d'un effet de

22. Parmi les projets bénéficiaires des aides BCIAT des années 2020 et 2021, ceux pour lesquelles les informations complètes nécessaires au calcul sont disponibles.

matelas d'eau total), et non à la valeur tutélaire du carbone. Ceci illustre la sensibilité des résultats à deux effets combinés : la magnitude de l'effet des aides sur la réduction globale des émissions de CO₂, et le différentiel entre valeur tutélaire du carbone et prix des quotas.

2. La $VAN_{\text{participation}}$ est positive pour une majorité des projets dans la plupart des scénarios, à part dans les scénarios de prix des énergies fossiles particulièrement bas : ceux associés avec les niveaux de prix observés en 2020 et avec des scénarios de croissance particulièrement faibles. Ceci signifie que les entreprises ont intérêt à réaliser les investissements envisagés dans le cadre de l'appel à projets, lorsqu'on prend en compte les sommes évitées au titre de leur soumission au marché européen des quotas carbone (ou de la TICGN/TICC quand elles n'y sont pas assujetties), et une fois prise en compte l'aide accordée par l'État. Ce constat provient en partie du fait que les aides représentent un montant important par rapport aux investissements envisagés. L'initialisation des scénarios de croissance de prix aux niveaux de prix observés en 2020, particulièrement bas, rend de nombreux projets assez peu rentables même une fois l'aide prise en compte.
3. La $VAN_{\text{privée}}$ est toujours positive dans le cas d'un choc permanent sur les prix énergétiques. Ceci signifie que dans les conditions de prix énergétiques de l'année 2022, les investissements envisagés dans le cadre de l'appel à projets deviennent rentables pour les entreprises, même en l'absence de soutien étatique. Autrement dit, sans aide publique, et si les prix énergétiques de l'année 2022 se maintenaient, les entreprises candidates à l'AAP BCIAT auraient sans doute eu intérêt à réaliser les investissements envisagés même en l'absence d'aide BCIAT. Ce constat reste vrai pour une grande majorité des projets dans le cas d'un choc qui serait partiellement résorbé à moyen terme.
4. Au contraire, dans le cas d'un choc purement transitoire, ou dans le cas

des scénarios retenus pour l'évaluation des projets, une part relativement faible des projets ont une VAN privée positive en l'absence de l'aide, même si cette part n'est pas nulle. La part des projets rentables oscille entre 12 % et 64 % selon le scénario retenu. Cet ensemble de scénarios correspond plus ou moins à l'ensemble d'informations disponibles avant la crise énergétique de 2021/2022, et se rapproche donc des scénarios envisageables au moment de l'octroi des aides.

- (a) Ainsi, dans le scénario « Ademe », 18 % des projets sont rentables pour les entreprises en l'absence d'aide publique, le reste n'étant pas rentable.
 - (b) Dans les scénarios "Stated Policies" et "Commission européenne", 64 % et 57 % des projets respectivement sont rentables pour les entreprises en l'absence d'aides.
 - (c) Dans les scénarios "Net Zero Emissions" et "Sustainable Development", les prix des énergies fossiles diminuent ou augmentent moins fortement à moyen terme, ce qui a pour conséquence de rendre les investissements les évitant moins attractifs.
5. Ces observations sont globalement robustes aux différentes hypothèses posées sur le taux d'actualisation.

TABLEAU 2.5 – Part des projets pour lesquels chaque concept de VAN est positif, en fonction des scénarios – $\delta_{\text{privé}} = 6,5\%$

Type de choc	Scénario	$VAN_{\text{participation}} > 0$	$VAN_{\text{privée}} > 0$	$VAN_{\text{sociétale}} > 0$	$VAN_{\text{sociét., waterbed eff.}} > 0$
Permanent	Ademe	99 %	98 %	100 %	100 %
Permanent	AP	99 %	99 %	100 %	100 %
Permanent	EC	100 %	100 %	100 %	100 %
Permanent	NZE	98 %	98 %	100 %	100 %
Permanent	SD	99 %	98 %	100 %	100 %
Permanent	SP	100 %	99 %	100 %	100 %
Résorbé	Ademe	98 %	94 %	99 %	100 %
Résorbé	AP	98 %	95 %	100 %	100 %
Résorbé	EC	98 %	92 %	100 %	100 %
Résorbé	NZE	98 %	88 %	99 %	94 %
Résorbé	SD	98 %	90 %	99 %	99 %
Résorbé	SP	98 %	96 %	100 %	100 %
Aucun	Ademe	29 %	18 %	99 %	39 %
Transitoire	Ademe	40 %	18 %	99 %	39 %
Transitoire	AP	69 %	39 %	100 %	54 %
Transitoire	EC	87 %	64 %	100 %	75 %
Transitoire	NZE	19 %	12 %	86 %	38 %
Transitoire	SD	23 %	13 %	95 %	39 %
Transitoire	SP	85 %	57 %	100 %	71 %

Lecture : Dans le scénario "à choc permanent" et trajectoire de prix "Net Zero Emissions", 100% des projets BCIAT ont une valeur actuelle nette sociétale strictement supérieure à 0.

Note : Part des projets BCIAT pour lesquels la valeur actuelle nette (VAN) est strictement positive, pour quatre concepts différents de VAN. Les $VAN_{\text{participation}}$ et $VAN_{\text{privée}}$ sont définies aux équations (2.3) et (2.1) respectivement. Les $VAN_{\text{sociétale}}$ et $VAN_{\text{sociétale, waterbed eff.}} > 0$ sont toutes deux définies par l'équation (2.2), la différence entre les deux s'expliquant par le traitement des quotas SCEQE. Les données de ce tableau font l'hypothèse d'un taux d'actualisation privé de 6,5%.

Source : Ademe, CEEB, AIE, EC, SDES, calculs des auteurs.

2.6 Conclusion

Premièrement, avec l'ensemble de données disponibles au moment de la prise de décision, la majeure partie des projets passent la condition de participation ($VAN_{\text{participation}} > 0$) et la condition $VAN_{\text{publique}} > 0$, alors que la plupart des $VAN_{\text{privée}}$ sont négatives. Ceci signifie que pour une proportion importante des projets,

1. les scénarios de prix énergétiques et la valeur tutélaire du carbone associée aux émissions évitées rendent les investissements « rentables » socialement parlant
2. la valorisation moindre des tonnes de CO_2 évitées par les entreprises privées rend une grande part de ces investissements non rentables de leur point de vue, à moins d'inclure les aides considérées dans l'appel à projets BCIAT

Ce constat général ne doit cependant pas occulter

- la grande sensibilité de ces résultats aux hypothèses retenues sur les prix des énergies fossiles
- la sensibilité de la « rentabilité sociale » des investissements aux hypothèses retenues sur le futur du marché européen des quotas, en particulier quant à l'additivité avec d'autres politiques environnementales et à l'évolution du prix des quotas

Deuxièmement, dans les circonstances de prix de l'année 2022 (choc « permanent »), et dans des scénarios de résorption partielle des chocs à moyen terme (choc « resorbé »), la quasi-totalité des investissements deviennent rentables. Ceci est en particulier vrai de beaucoup d'investissements rentables pour les entreprises, y compris sans aide de l'État, avec des niveaux de prix énergétiques élevés.

Cet exercice de modélisation rend ainsi compte de la sensibilité de la rentabilité des investissements de décarbonation à l'évolution des prix relatifs des énergies. Ceci, et l'historique de l'appel à projets BCIAT qui témoigne d'un taux d'abandon

substantiel -et dont on sait que ces abandons sont au moins en partie motivés par des baisses des prix des énergies fossiles- invite à s'interroger sur l'opportunité de mécanismes d'aides alternatifs dont le montant soit, précisément, adapté en fonction des évolutions dudit vecteur de prix relatifs, de telle sorte à lisser l'incertitude entourant la rentabilité des investissements de décarbonation.

Annexe

TABLEAU 2.6 – Part des projets pour lesquels chaque concept de VAN est positif, en fonction des scénarios – $\delta_{\text{privé}} = 3,51\%$

Type de choc	Scénario	$VAN_{\text{participation}} > 0$	$VAN_{\text{privée}} > 0$	$VAN_{\text{sociétale}} > 0$	$VAN_{\text{sociét., waterbed eff.}} > 0$
Permanent	Ademe	99 %	99 %	100 %	100 %
Permanent	AP	100 %	99 %	100 %	100 %
Permanent	EC	100 %	100 %	100 %	100 %
Permanent	NZE	98 %	98 %	100 %	100 %
Permanent	SD	99 %	99 %	100 %	100 %
Permanent	SP	100 %	100 %	100 %	100 %
Résorbé	Ademe	98 %	96 %	100 %	100 %
Résorbé	AP	98 %	98 %	100 %	100 %
Résorbé	EC	98 %	96 %	100 %	100 %
Résorbé	NZE	98 %	90 %	100 %	100 %
Résorbé	SD	98 %	92 %	100 %	100 %
Résorbé	SP	99 %	98 %	100 %	100 %
Aucun	Ademe	46 %	19 %	100 %	40 %
Transitoire	Ademe	50 %	24 %	100 %	43 %
Transitoire	AP	77 %	52 %	100 %	60 %
Transitoire	EC	94 %	81 %	100 %	82 %
Transitoire	NZE	23 %	12 %	99 %	38 %
Transitoire	SD	30 %	17 %	100 %	40 %
Transitoire	SP	88 %	76 %	100 %	76 %

Lecture : Dans le scénario "à choc permanent" et trajectoire de prix "Net Zero Emissions", 100% des projets BCIAT ont une valeur actuelle nette sociétale strictement supérieure à 0.

Note : Part des projets BCIAT pour lesquels la valeur actuelle nette (VAN) est strictement positive, pour quatre concepts différents de VAN. Les $VAN_{\text{participation}}$ et $VAN_{\text{privée}}$ sont définies aux équations (2.3) et (2.1) respectivement. Les $VAN_{\text{sociétale}}$ et $VAN_{\text{sociétale, waterbed eff.}} > 0$ sont toutes deux définies par l'équation (2.2), la différence entre les deux s'expliquant par le traitement des quotas SCEQE. Les données de ce tableau font l'hypothèse d'un taux d'actualisation privé de 3,51%.

Source : Ademe, CEEB, AIE, EC, SDES, calculs des auteurs.

TABLEAU 2.7 – Part des projets pour lesquels chaque concept de VAN est positif, en fonction des scénario – $\delta_{\text{privé}} = 4,5\%$

Type de choc	Scénario	$VAN_{\text{participation}} > 0$	$VAN_{\text{privée}} > 0$	$VAN_{\text{sociétale}} > 0$	$VAN_{\text{sociét., waterbed eff.}} > 0$
Permanent	Ademe	99 %	98 %	100 %	100 %
Permanent	AP	100 %	99 %	100 %	100 %
Permanent	EC	100 %	100 %	100 %	100 %
Permanent	NZE	98 %	98 %	100 %	100 %
Permanent	SD	99 %	99 %	100 %	100 %
Permanent	SP	100 %	100 %	100 %	100 %
Résorbé	Ademe	98 %	95 %	100 %	100 %
Résorbé	AP	98 %	98 %	100 %	100 %
Résorbé	EC	98 %	95 %	100 %	100 %
Résorbé	NZE	98 %	90 %	100 %	100 %
Résorbé	SD	98 %	90 %	100 %	100 %
Résorbé	SP	99 %	98 %	100 %	100 %
Aucun	Ademe	40 %	18 %	99 %	40 %
Transitoire	Ademe	48 %	23 %	99 %	42 %
Transitoire	AP	76 %	50 %	100 %	58 %
Transitoire	EC	92 %	80 %	100 %	80 %
Transitoire	NZE	20 %	12 %	98 %	38 %
Transitoire	SD	29 %	14 %	100 %	40 %
Transitoire	SP	87 %	69 %	100 %	73 %

Lecture : Dans le scénario "à choc permanent" et trajectoire de prix "Net Zero Emissions", 100% des projets BCIAT ont une valeur actuelle nette sociétale strictement supérieure à 0.

Note : Part des projets BCIAT pour lesquels la valeur actuelle nette (VAN) est strictement positive, pour quatre concepts différents de VAN. Les $VAN_{\text{participation}}$ et $VAN_{\text{privée}}$ sont définies aux équations (2.3) et (2.1) respectivement. Les $VAN_{\text{sociétale}}$ et $VAN_{\text{sociétale, waterbed eff.}} > 0$ sont toutes deux définies par l'équation (2.2), la différence entre les deux s'expliquant par le traitement des quotas SCEQE. Les données de ce tableau font l'hypothèse d'un taux d'actualisation privé de 4,5%.

Source : Ademe, CEEB, AIE, EC, SDES, calculs des auteurs.

TABLEAU 2.8 – Part des projets pour lesquels chaque concept de VAN est positif, en fonction des scénario – $\delta_{\text{privé}} = 10\%$

Type de choc	Scénario	$VAN_{\text{participation}} > 0$	$VAN_{\text{privée}} > 0$	$VAN_{\text{sociétale}} > 0$	$VAN_{\text{sociét., waterbed eff.}} > 0$
Permanent	Ademe	98 %	98 %	99 %	99 %
Permanent	AP	99 %	98 %	100 %	100 %
Permanent	EC	99 %	99 %	100 %	100 %
Permanent	NZE	98 %	95 %	99 %	99 %
Permanent	SD	98 %	95 %	100 %	100 %
Permanent	SP	99 %	99 %	100 %	100 %
Résorbé	Ademe	98 %	89 %	99 %	95 %
Résorbé	AP	98 %	90 %	99 %	99 %
Résorbé	EC	98 %	88 %	99 %	98 %
Résorbé	NZE	96 %	71 %	99 %	87 %
Résorbé	SD	96 %	76 %	99 %	88 %
Résorbé	SP	98 %	95 %	99 %	99 %
Aucun	Ademe	24 %	14 %	98 %	39 %
Transitoire	Ademe	25 %	15 %	87 %	39 %
Transitoire	AP	55 %	26 %	99 %	49 %
Transitoire	EC	83 %	52 %	100 %	70 %
Transitoire	NZE	17 %	12 %	69 %	37 %
Transitoire	SD	19 %	13 %	74 %	39 %
Transitoire	SP	71 %	44 %	99 %	60 %

Lecture : Dans le scénario "à choc permanent" et trajectoire de prix "Net Zero Emissions", 100% des projets BCIAT ont une valeur actuelle nette sociétale strictement supérieure à 0.

Note : Part des projets BCIAT pour lesquels la valeur actuelle nette (VAN) est strictement positive, pour quatre concepts différents de VAN. Les $VAN_{\text{participation}}$ et $VAN_{\text{privée}}$ sont définies aux équations (2.3) et (2.1) respectivement. Les $VAN_{\text{sociétale}}$ et $VAN_{\text{sociétale, waterbed eff.}} > 0$ sont toutes deux définies par l'équation (2.2), la différence entre les deux s'expliquant par le traitement des quotas SCEQE. Les données de ce tableau font l'hypothèse d'un taux d'actualisation privé de 10%.

Source : Ademe, CEEB, AIE, EC, SDES, calculs des auteurs.

CHAPITRE 3

ANALYSE DES APPELS À PROJETS BCIAT

« HISTORIQUES »

3.1 Objectifs et méthodologie

L'objectif de ce chapitre est de présenter et analyser les informations disponibles sur les différentes vagues de l'appel à projets BCIAT. Celui-ci a été créé en 2009 dans la foulée du Grenelle de l'environnement de 2007, comme principal dispositif d'échelle nationale adossé au Fonds Chaleur¹.

Ces vagues « historiques » de l'appel à projets BCIAT offrent ainsi un point de comparaison potentiel pour les vagues plus récentes, incluses dans le périmètre du plan France Relance, l'objet principal de la présente étude. Notons qu'au passage, ce chapitre présente, à notre connaissance, la première évaluation causale quantitative des effets de ce dispositif en termes de performance économique et environnementale des entreprises en ayant bénéficié.

Cependant, le caractère informatif de ces cohortes historiques de bénéficiaires pour les cohortes plus récentes dépend de la comparabilité des aides et des entreprises au cours du temps. L'objet de ce chapitre est ainsi de décrire l'historique de

1. Sur la période d'intérêt, celui-ci finance également d'autres dispositifs à l'échelle régionale.

l'appel à projets BCIAT depuis 2009.

3.2 Validation des données

Cette étape mobilise les données transmises par l'ADEME concernant les appels à projets passés, qui viennent compléter les données déjà transmises précédemment sur l'appel à projets BCIAT du plan France Relance.

Un important exercice de nettoyage des données est mené en préalable. Il s'agit en particulier d'identifier quels sont les établissements industriels qui sont ultimement bénéficiaires des investissements engagés dans le cadre des vagues successives de l'appel à projets.

Après ce travail de nettoyage et validation des données, à la date du 15 juin 2023 :

- On dénombre 393 dossiers déposés depuis 2009.
 - parmi ceux ci, 11 ont été déposés plusieurs fois²
- 288 dossiers ont été retenus
 - parmi ceux-ci, 97 ont été « abandonnées »
- pour 373 dossiers, il est possible d'identifier avec un degré raisonnable de certitude au moins 1 SIRET de site industriel concerné par le dossier ; aucun SIRET de site industriel n'est identifiable pour les 20 restants³.

2. On définit le fait de déposer plusieurs fois le même dossier par le fait, pour un SIRET donné (ou exceptionnellement, plusieurs SIRET dans le cas de projets joints), d'apparaître lors de plusieurs vagues de l'appel à projets BCIAT, pour des montants d'investissement proches -écart inférieur à 50% de la moyenne des deux investissements- et pour des vagues espacées d'au maximum 2 ans. Au-delà, on considère qu'il s'agit d'un dépôt d'un nouveau projet

3. Dans 4 cas, plusieurs SIRET sont identifiés avec certitude pour un seul dossier. Ceci advient lorsque plusieurs établissements sont concernés par le même investissement, par exemple parce qu'il s'agit de sites industriels voisins qui partagent une même nouvelle installation de production de chaleur. Dans 3 cas, l'unité légale du site bénéficiaire est identifiée avec certitude, mais un doute subsiste sur lequel des établissements de l'unité est concerné par l'investissement - par exemple lorsque la même unité légale possède plusieurs établissements dans la même commune. Dans ce cas, on considère que tous les établissements possibles de l'unité légale sont concernés par l'investissement

- 16 d'entre eux sont des projets non retenus ou abandonnés.
- 4 d'entre eux sont des projets officiellement classifiés comme "retenus", mais dont il semble que la mise en oeuvre effective des investissements n'ait pas été réalisée.
- La raison principale pour laquelle les SIRET ne peuvent être identifiés est l'incomplétude des données, en particulier pour les candidats non lauréats des aides, pour lesquels des informations identifiantes sont parfois lacunaires (raison sociale de l'entreprise manquante, ou localisation géographique manquante pour des entreprises multi-établissements).
- Pour chaque dossier, le SIRET renseigné dans les données de gestion est celui du porteur ou « exploitant » du projet. Celui-ci est, pour 69 % des dossiers retenus, une entité différente (c'est à dire une unité légale différente) du site industriel effectivement concerné par l'investissement⁴. Dans l'écrasante majorité des cas, il s'agit d'une entreprise spécialisée du secteur de la production d'énergie. Ceci impose de collecter le SIRET du site industriel par recoupement des autres informations présentes dans les données.
- Une raison plus mineure en est que l'octroi des aides concerne parfois de nouveaux projets économiques, qui n'ont pas ou pas encore été réalisés : le SIRET sous-jacent n'existe alors pas non plus.

Au total, 335 établissements sont identifiés comme présents au moins une fois dans un dossier de candidature à un appel à projets BCIAT. 43 établissements sont identifiés comme étant présents dans plusieurs dossiers, dont 34 dans des dossiers "différents", au sens où les candidatures concernées sont éloignées d'au moins 3 ans dans le temps, ou que les caractéristiques des aides et investissements concernés

4. 69 % de 274 cas où les deux SIRET - exploitant et site industriel- sont connus pour les projets retenus (dont abandonnés). Dans les 11 cas restants sur les 280 dossiers retenus, l'un des deux SIRET au moins est manquant. Enfin, le SIRET exploitant n'est pas connu pour les dossiers non retenus (88 dossiers).

sont substantiellement différentes les unes des autres dans les différents dossiers. Un SIRET n'est présent qu'une seule fois au maximum par millésime de candidature BCIAT.

270 unités légales sont identifiées comme présentes au moins une fois dans un dossier de candidature à une des vagues de l'appel à projets. 59 unités légales sont identifiées lors de deux vagues de candidatures différentes, 7 sont identifiées lors de trois vagues ou plus. Dans 19 cas, la même unité légale est présente 2 fois lors de la même vague BCIAT, et dans 7 autres cas, la même unité légale est présente 3 fois ou plus lors de la même vague BCIAT. Ceci se produit typiquement lorsqu'une unité légale dépose plusieurs dossiers pour plusieurs de ses établissements lors de la même vague BCIAT. Dans seulement 3 cas sur 20, le statut des différents dossiers présentés par la même unité légale n'est pas homogène : dans 2 cas, certains dossiers ont été rejetés et d'autres retenus ou abandonnés, et dans un autre cas, les dossiers ont tous été retenus, mais certains ont été abandonnés et d'autres non.

3.3 Analyse des dossiers

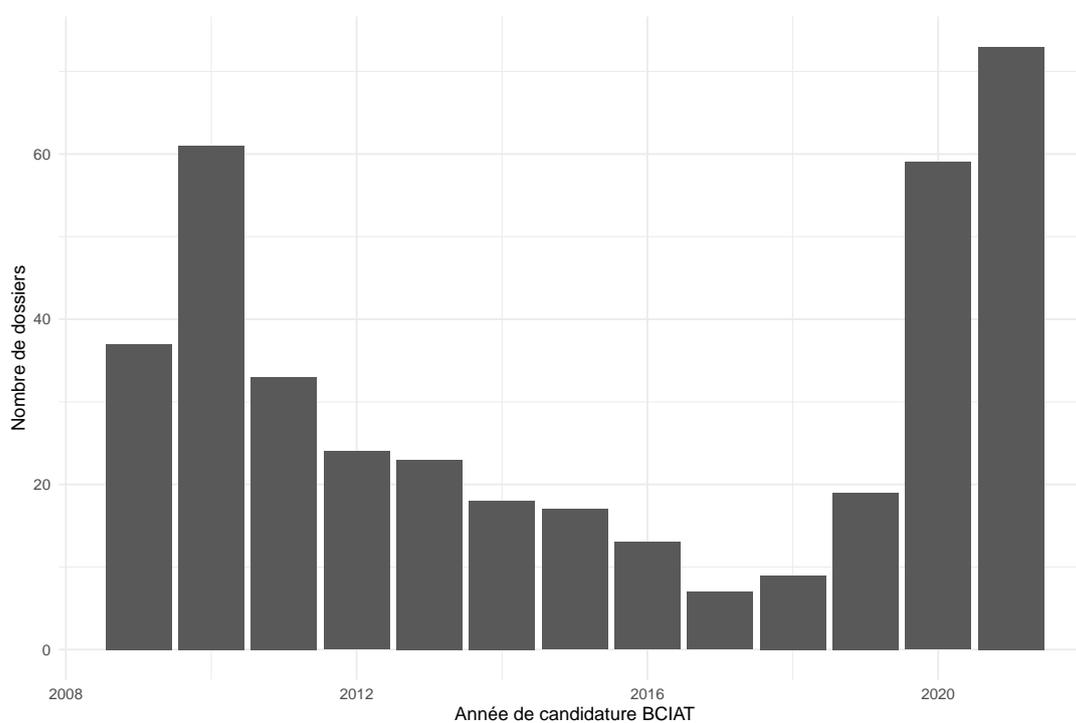
La figure 3.1 présente la répartition des projets déposés pour BCIAT par année depuis le lancement de l'appel à projets en 2009. 37 projets ont été déposés la première année et plus de 60 en 2010, soit le maximum enregistré à ce jour. Le nombre de projets a ensuite diminué progressivement jusqu'en 2017 pour atteindre seulement 7 projets déposés cette année-là. Depuis 2020, les chiffres témoignent d'un engouement renouvelé pour l'appel à projets BCIAT avec 59 et 66 projets déposés en 2020 et 2021 respectivement. Comme illustré sur la figure 3.2, le taux de sélection a évolué depuis la création de l'appel à projets. En 2009, environ la moitié des projets déposés ont été retenus et plus d'un tiers en 2010. Entre 2011 et 2014, le taux de sélection a diminué avec seulement un quart environ de projets retenus

chaque année. A partir de 2015, la part de projets retenus a nettement progressé pour atteindre 68 % en 2019. Ce fort taux de sélection est resté stable ces dernières années malgré une légère baisse en 2021.

De nombreux facteurs peuvent expliquer cette évolution ; elle peut certes refléter une meilleure connaissance et compréhension des attentes par les porteurs de projet, mais la part importante des abandons en début de période est, de façon anecdotique au moins, à mettre en relation avec la baisse des prix du gaz au cours des années 2014-2017. La part de projets retenus qui ont été abandonnés (Figure 3.3), semble d'ailleurs avoir diminué avec le temps. Elle était de 40 % environ en 2009 et près de 75 % en 2012, contre 25 % en 2016, soit tout de même un projet sur quatre qui n'aboutit pas. Pour les années plus récentes, le taux d'abandon est par définition tronqué (de nombreux projets n'ont pas encore « eu le temps » d'abandonner), de telle sorte qu'il est difficile de conclure sur l'évolution temporelle, au moins récente, du taux d'abandon. Le taux global important d'abandons doit être mis en regard de l'exercice développé au Chapitre 2 : les années de la période considérée sont aussi des années de fortes variations des prix des énergies, en particulier fossiles, avec une baisse des prix du gaz au milieu des années 2010. Ceci a pu avoir pour conséquence de rendre de moins en moins rentable le passage à la biomasse pour les industriels ayant obtenu une aide. Malheureusement, l'absence de données sur les dates d'abandon des projets et de remontées systématiques d'information sur les motivations des abandons interdit de confirmer cette hypothèse.

L'évolution du taux d'aide, défini comme la part du coût total du projet couverte par l'aide demandée, est représentée sur la figure 3.5 et décomposée par statut du projet sur la figure 3.6. Ce taux reste relativement stable en moyenne depuis 2009, oscillant entre 35 et 45 % environ. Il est en moyenne plus faible pour les projets retenus que pour les projets non retenus mais ne semble pas être un corrélé avec l'abandon du projet, les projet abandonnés alternant entre taux d'aide plus élevé et moins élevé que les projets retenus selon les années.

FIGURE 3.1 – Nombre de projets déposés par année

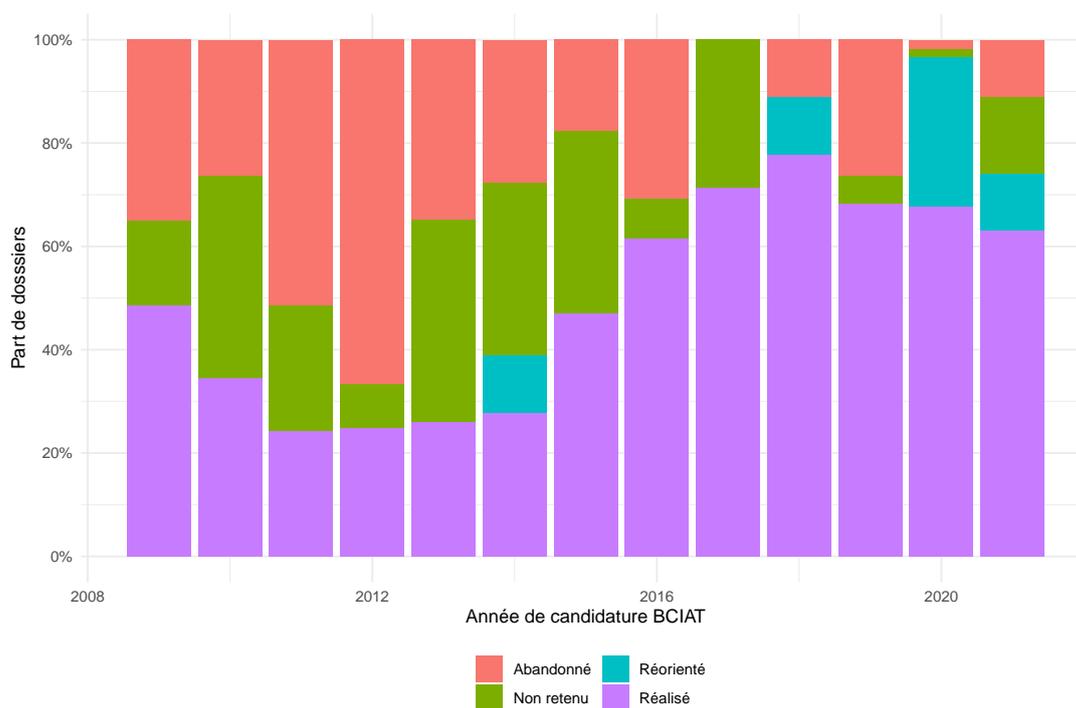


Lecture : En 2009, 62 dossiers de candidatures aux aides BCIAT ont été déposés.

Note : Nombre de dossiers uniques, par année de candidature à l'appel BCIAT.

Source : Ademe, calculs des auteurs.

FIGURE 3.2 – Distribution des statuts des projets, par année de candidature

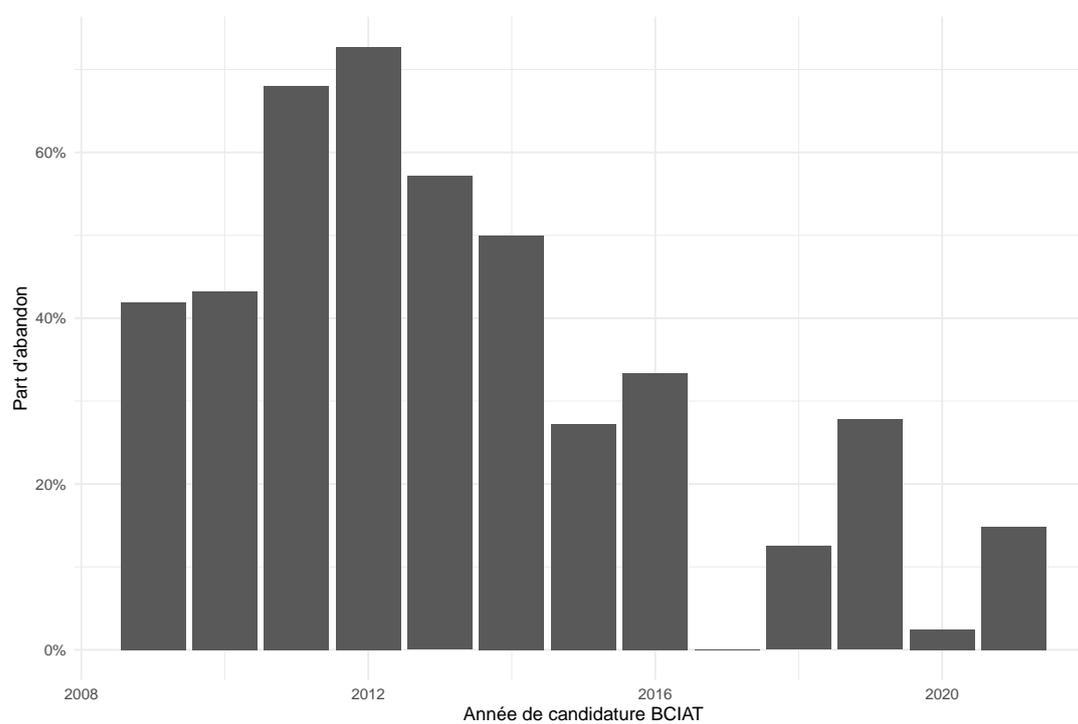


Lecture : En 2009, 33 % des dossiers déposés ont été retenus et réalisés (c'est-à-dire qu'ils n'ont pas été abandonnés par la suite).

Note : Part des dossiers de chaque vague de candidatures BCIAT selon leur statut tel que mesuré en avril 2023. Les dossiers peuvent concerner des projets réalisés, abandonnés, c'est-à-dire retenu par l'Ademe mais abandonné par leur porteur par la suite, non retenus, ou réorientés, c'est-à-dire réorientés par l'Ademe vers d'autres dispositifs (sans préjuger de leur succès ultérieur).

Source : Ademe, calculs des auteurs.

FIGURE 3.3 – Taux d’abandon par cohorte de candidature

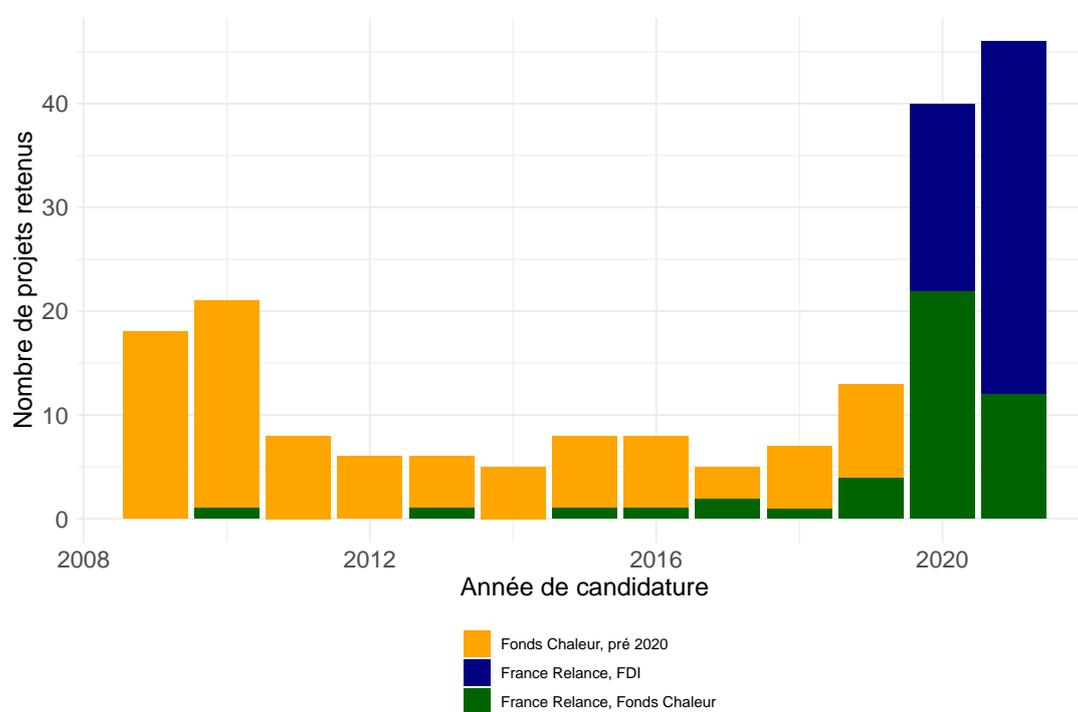


Lecture : 50 % des dossiers retenus en 2014 ont par la suite été abandonnés par leur porteur.

Note : Par vague de candidature BCIAT, ratio du nombre de projets retenus puis abandonnés par leur porteur, rapporté au nombre total de projets retenus (c'est-à-dire réalisés ou abandonnés). Les projets non retenus ou réorientés sont absents de ce calcul.

Source : Ademe, calculs des auteurs.

FIGURE 3.4 – Nombre de projets déposés par année, et par source de financements

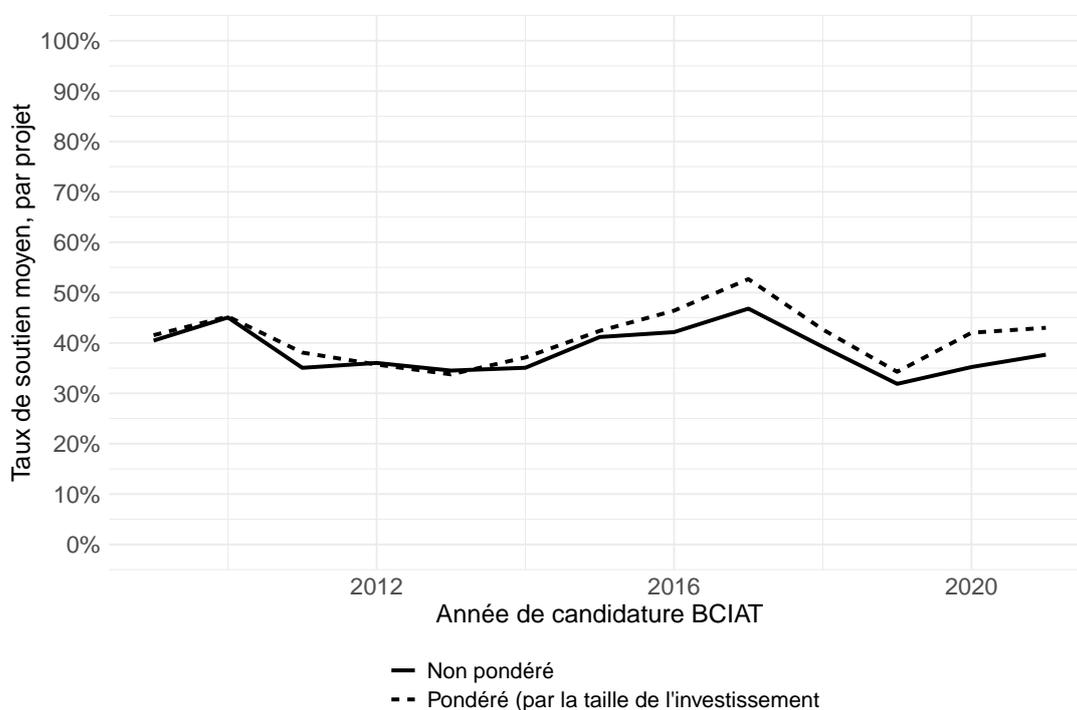


Lecture : Les 18 projets retenus de la vague BCIAT 2008 sont financés par le Fonds Chaleur.

Note : Nombre de projets retenus, par source de financements et par vague de candidatures.

Source : Ademe, calculs des auteurs.

FIGURE 3.5 – Taux de l'aide par année



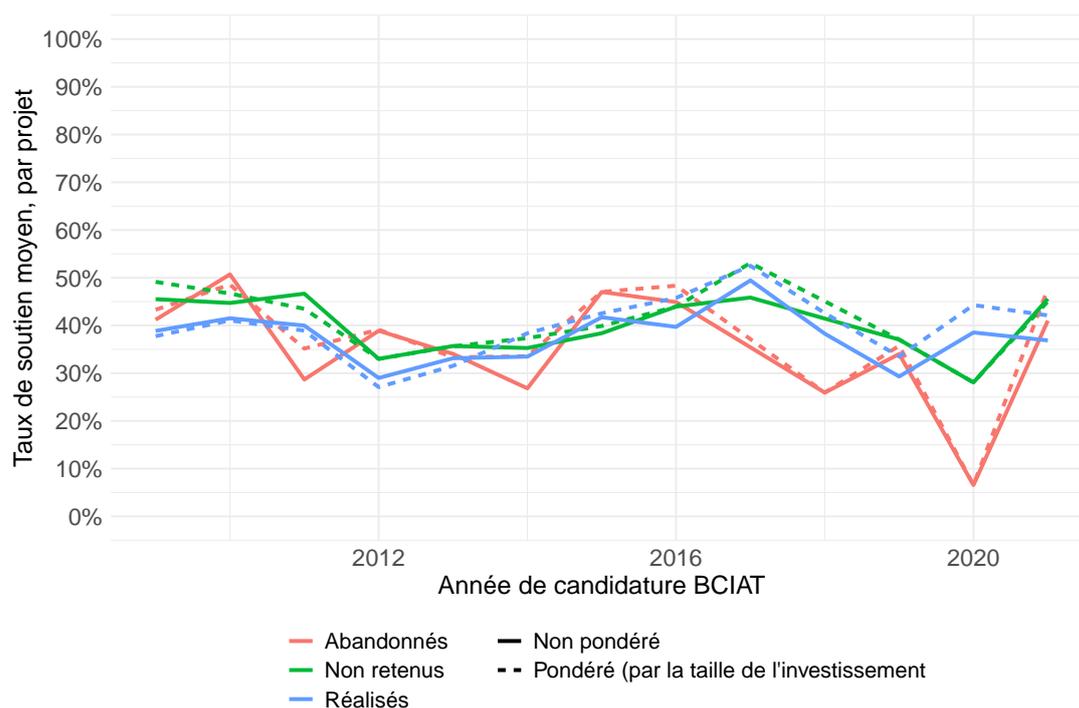
Lecture : En 2009, le taux de soutien moyen des projets déposés, c'est-à-dire le rapport entre l'aide obtenue (ou demandée) et l'investissement éligible (ou envisagé), est de 45 %.

Note : Taux de soutien moyen des projets, par vague de candidature BCIAT. Le taux de soutien non pondéré correspond à la moyenne simple, sur tous les projets d'une vague, du rapport entre l'aide octroyée par l'Ademe et la valeur de l'investissement éligible finalement retenue par l'Ademe ; pour les projets non retenus, il s'agit du rapport entre aide demandée et investissement éligible envisagé. Le taux pondéré correspond, pour une vague donnée, au rapport entre la somme des aides octroyées ou demandées et la somme des valeurs des investissements éligibles retenues par l'Ademe ou déclarées par les candidats.

Source : Ademe, calculs des auteurs.

Les coûts éligibles à l'octroi d'aide (figure 3.7) ont significativement augmenté entre 2009 et 2021, passant de 5 millions d'euros en moyenne par projet à près de 17,5 millions. Des différences sont cependant observées selon le statut des projets. Les projets retenus sont généralement moins chers que les projets non retenus et les projets retenus puis abandonnés semblent être des projets plus chers en moyenne que les projets retenus. En ce qui concerne la puissance moyenne en MW des installations concernées par un projet (figure 3.8), elle a également augmentée de 10MW à plus de 15MW entre 2009 et 2018. Là encore, les projets retenus ont en moyenne

FIGURE 3.6 – Taux de l'aide selon le statut éventuel du projet



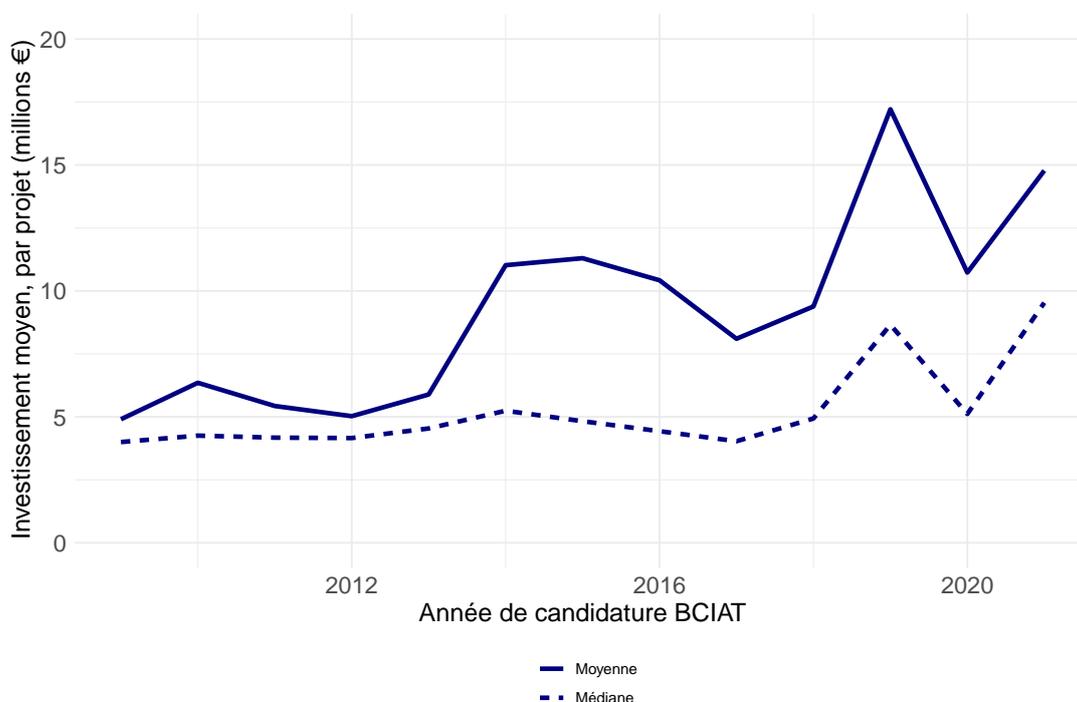
Lecture : En 2009, le taux de soutien moyen des projets retenus et réalisés, c'est-à-dire le rapport entre l'aide obtenue et l'investissement éligible, est de 40 %.

Note : Taux de soutien moyen des projets, par vague de candidature BCIAT et par statut des projets. Pour les projets réalisés et abandonnés, le taux de soutien non pondéré correspond à la moyenne simple, sur tous les projets d'une vague, du rapport entre l'aide octroyée par l'Ademe et la valeur de l'investissement éligible finalement retenue par l'Ademe ; pour les projets non retenus, il s'agit du rapport entre aide demandée et investissement éligible envisagé. Le taux pondéré correspond, pour une vague donnée, au rapport entre la somme des aides octroyées ou demandées et la somme des valeurs des investissements éligibles retenues par l'Ademe ou déclarées par les candidats.

Source : Ademe, calculs des auteurs.

une puissance plus faible que les projets non retenus et que les projets abandonnés.

FIGURE 3.7 – Taille des projets (euros investis), par année



Lecture : En 2014, la taille moyenne des projets soumis est de 11 millions d’euros, la taille médiane est de 5 millions d’euros.

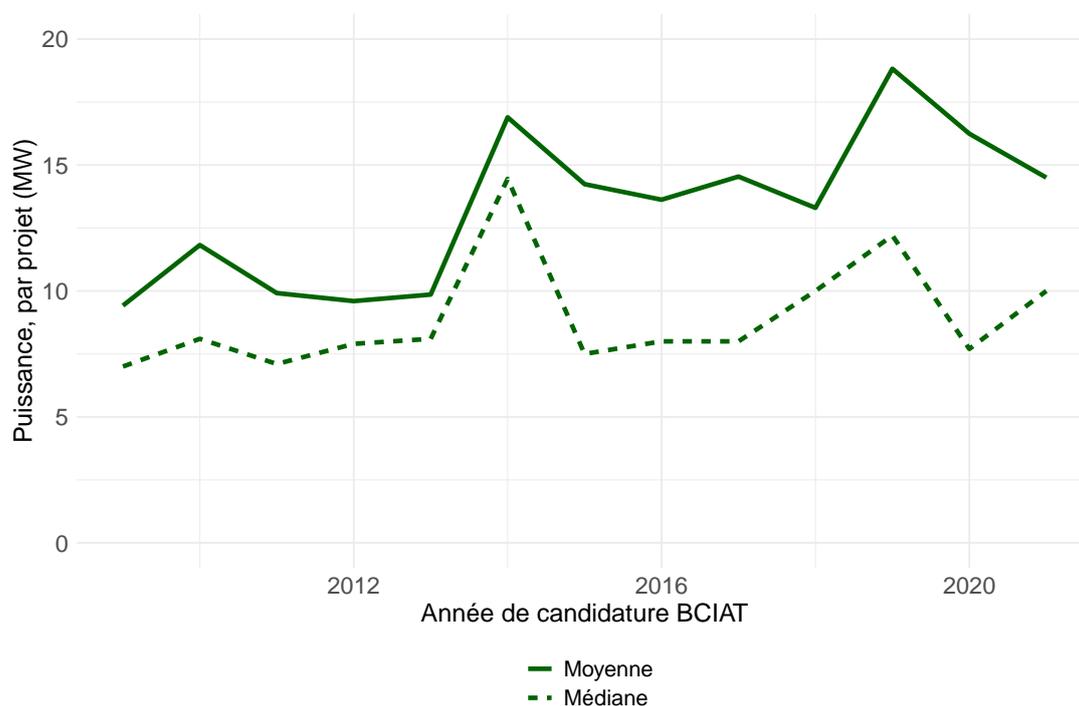
Note : Moyenne et médiane des investissements éligibles des projets soumis, par vague de candidature BCIAT, en millions d’euros courants.

Source : Ademe, calculs des auteurs.

La taille moyenne des installations a certes augmenté au cours de la période, mais moins rapidement que leur coût, comme le montre la Figure 3.9. Globalement stable au début de la période, le coût des investissements passe d’environ 500 000 euros par MW installé en 2016 à plus de deux fois plus pour les projets les plus récents. Ceci peut s’expliquer en partie par l’amélioration des performances techniques des équipements, mais aussi par des prix plus élevés dûs à une hausse de la demande en fin de période, ainsi qu’à une inflation du prix des matériaux en fin de période.

Pour ce qui est de la répartition sectorielle des projets, plus d’un tiers des projets concernent des établissements des industries agro-alimentaires lors des deux

FIGURE 3.8 – Taille des projets (puissance installée), par année

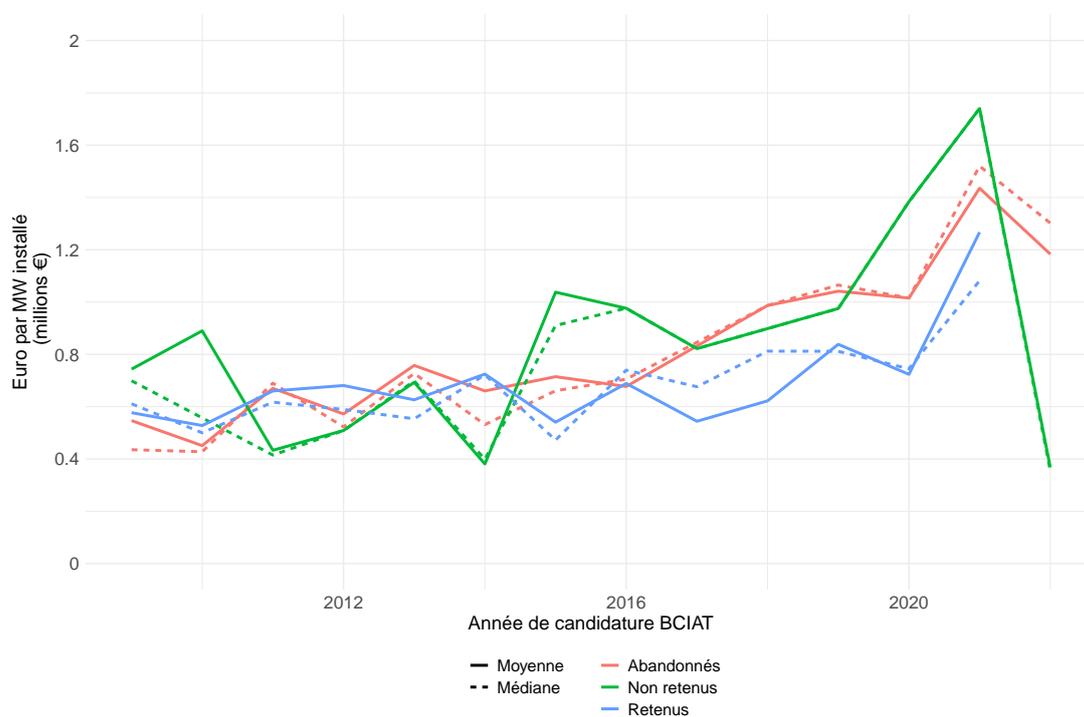


Lecture : En 2011, la puissance moyenne des installations concernées par les projets déposés est de 10 MW, la puissance médiane de 7,4 MW.

Note : Puissance installée moyenne et médiane des installations concernées par les projets déposés, par vague de candidature BCIAT. Les projets BCIAT peuvent concerner l'augmentation ou l'amélioration d'un équipement existant (sa conversion à la biomasse par exemple), ou l'installation d'un nouvel équipement (nouvelle chaudière).

Source : Ademe, calcul des auteurs.

FIGURE 3.9 – Investissements rapportés à la taille des projets, par année



Lecture : En 2020, le coût moyen des investissements des projets retenus est de 0,72 millions d'euros par MW de puissance installée.

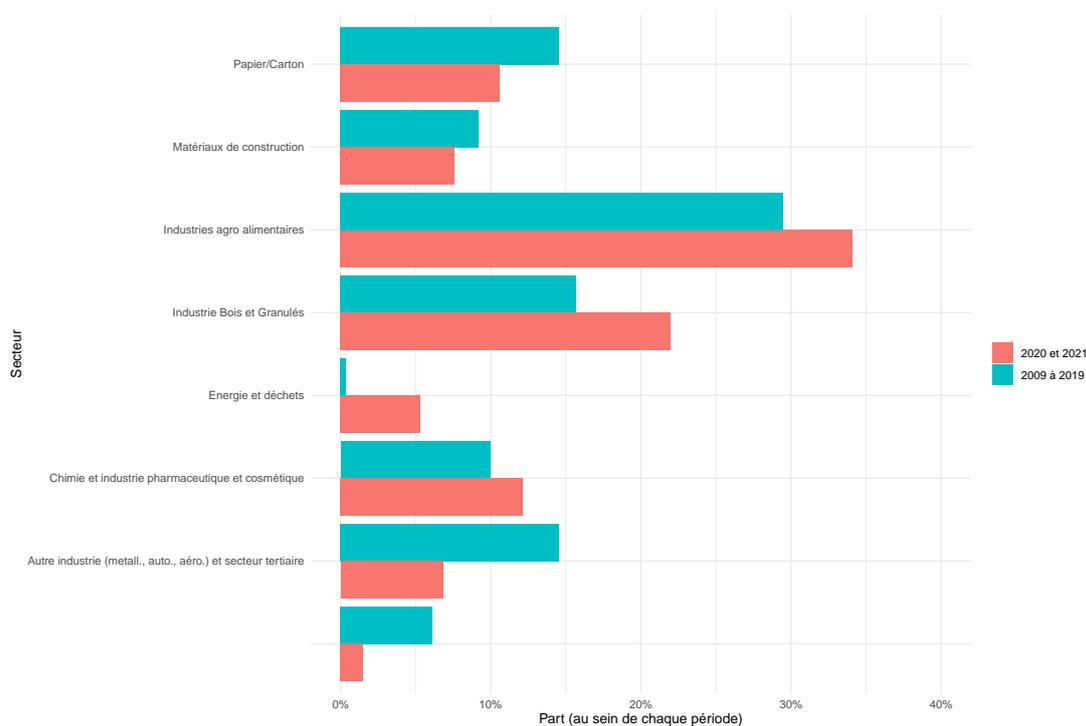
Note : Coût moyen et médian des projets, par statut et par vague de candidature BCIAT, rapporté à la puissance installée.

Source : Ademe, calcul des auteurs.

vagues d'appel à projets BCIAT. Le second secteur le plus représenté est l'industrie du bois et granulé lors de la première vague (2009-2019), avec 18 % des projets, et les industries chimique, pharmaceutique et cosmétique lors de l'appel à projets BCIAT du plan France Relance, avec 22 % des projets, soit une hausse de 13 points de pourcentage par rapport à l'appel à projets précédent. Le reste des projets concernent des établissements des industries du papier et carton, des matériaux de construction, d'autres industries et le secteur tertiaire. Sur l'ensemble de la période, plus de 40 % des projets retenus concernent des établissements des industries agro-alimentaires et plus de 20 % concernent l'industrie du bois et des granulés. Les projets réorientés proviennent majoritairement des industries agro-alimentaires et de la catégorie autres industries et secteur tertiaire, de même que les projets non retenus et les projets abandonnés. 17 % des projets abandonnés concernent aussi l'industrie du papier et du carton et 15 % les industries chimique, pharmaceutique et cosmétique.

L'analyse de la répartition géographique des projets, illustrée sur la figure 3.12, montre que les projets sont répartis sur l'ensemble du territoire métropolitain, avec une plus forte concentration dans le quart nord-est de la France.

FIGURE 3.10 – Distribution sectorielle, selon les périodes

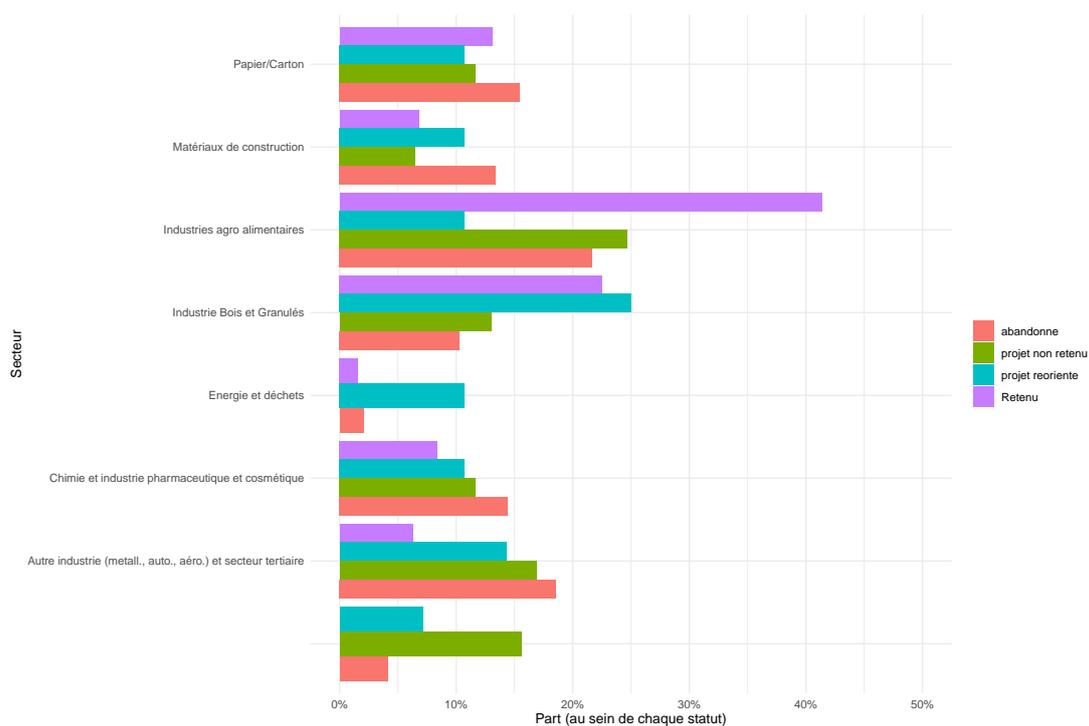


Lecture : 10 % des projets BCIAT (tous statuts confondus) de la période 2009 à 2019 sont portés par des entreprises du secteurs de la chimie et de l'industrie pharmaceutique et cosmétique.

Note : Distribution sectorielle des projets BCIAT, par grande période (2009 à 2019, 2020 et plus). La classification sectorielle, inspirée par mais non exactement correspondant à la NAF, est adaptée en fonction des règles du secret statistique.

Source : Ademe, calcul des auteurs.

FIGURE 3.11 – Distribution sectorielle, selon les statuts des projets

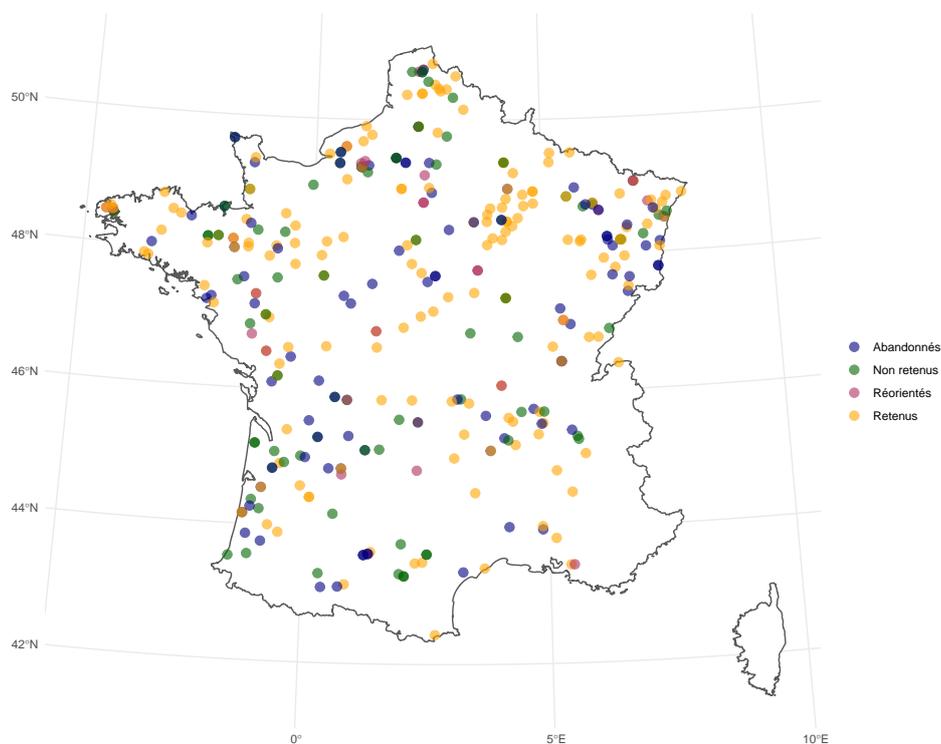


Lecture : 42% des projets retenus (et réalisés) sont portés par des entreprises du secteur des industries agro-alimentaires.

Note : Distribution sectorielle des projets BCIAT, par statut des projets, toutes vagues de candidature confondues. La classification sectorielle, inspirée par mais non exactement correspondant à la NAF, est adaptée en fonction des règles du secret statistique.

Source : Ademe, calcul des auteurs.

FIGURE 3.12 – Distribution géographique et statut



Lecture : Chaque point représente un site industriel ; un bruit statistique est ajouté aux coordonnées géographiques.

Note : Carte des projets BCIAT, par statut.

Source : Ademe, calcul des auteurs.

3.4 Conclusion

L'historique des appels à projets BCIAT montre que malgré des évolutions, notamment une augmentation significative de la taille et du coût des installations soutenues par le Fonds Chaleur année après année, de nombreuses caractéristiques des projets et des entreprises concernées restent stables au cours du temps. La distribution sectorielle des candidats et des bénéficiaires, et le taux de soutien des aides sont notamment stables.

L'analyse de la dynamique des candidatures et de leur devenir révèlent d'autres aspects intéressants de cet historique : le nombre de dossiers candidats a connu un plus bas au moment même où les prix du gaz naturel baissait au milieu des années 2010. Bien que les dates précises d'abandons des projets ne soient pas connues, la proportion importante de projets abandonnés tout au long de la période, et les remontées qualitatives d'information témoignent de l'importance des variations du vecteur de prix relatifs dans l'intervalle entre la candidature aux aides BCIAT et la mise en place du projet dans la décision d'abandonner.

Enfin, la structure assez complexe des dynamiques de candidatures impose, en vue de l'analyse causale des effets de l'octroi des aides, de construire le panel des entreprises et établissements traités avec précision.

CHAPITRE 4

EFFET DES AIDES BCIAT « HISTORIQUES » SUR LA PERFORMANCE ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES ENTREPRISES

4.1 Objectifs et méthodologie

L'objectif de cette partie est d'examiner l'effet des aides à l'investissement financées par le Fonds Chaleur et octroyées à travers l'appel à projets BCIAT sur la période 2009 à 2019 sur la performance économique et environnementale des entreprises.

En effet, le fonctionnement de ces aides est similaire aux aides octroyées dans le cadre des vagues 2020, 2021 et 2022 de l'appel à projets BCIAT, ce qui correspond à la temporalité du plan France Relance¹. La motivation sous-jacente à l'examen des effets des aides BCIAT « historiques » sur les entreprises en ayant bénéficié est ainsi d'en apprendre sur les effets que l'on peut attendre des vagues plus récentes

1. Parmi les candidatures de la vague 2020, 0 % des fonds alloués étaient financés par le Fonds Décarbonation de l'Industrie, qui a pris le relais du Fonds Chaleur dans le financement de l'appel à projets BCIAT. Cette part est passée à 68 % en 2021, 70 % en 2022, et devrait atteindre 94 % en 2023.

du même appel à projets, financées en grande partie par le plan France Relance. On a retracé dans le chapitre précédent l'historique de ces aides, pour en conclure que malgré une augmentation significative de la taille (en termes de puissance installée) et du coût des investissements consentis, le reste des caractéristiques des projets -distribution sectorielle, taux de soutien- était globalement comparable aux projets de la période récente.

L'une des questions centrales pour l'évaluation de l'efficacité des aides à la décarbonation est leur effet *net* sur l'investissement des entreprises, ainsi que leur effet sur la *nature* de ces investissements, en particulier sur la nature *décarbonée* ou non des investissements². On souhaite savoir si les aides à la décarbonation ont eu pour effet d'engager des investissements supplémentaires de la part des entreprises, ou si les investissements engagés par les entreprises en ont remplacé d'autres, et s'ils en ont remplacé d'autres, si les investissements engagés *du fait* des aides à la décarbonation sont bien plus souvent des investissements « décarbonés ».

Les économistes emploient souvent le terme d'« effet d'aubaine » pour caractériser la « non-additionalité » d'une aide, autrement dit le fait qu'une aide n'a pas l'effet causal attendu sur le comportement des individus qu'elle touche ; le fait que le comportement que la puissance publique cherche à déclencher en octroyant des aides aurait eu lieu même en l'absence des aides³. Il est important de noter que dans le cas d'une aide qui vise non pas à stimuler l'investissement de manière générale, mais à engager la substitution d'un type d'investissement vers un autre, un « effet d'aubaine » complet s'entendrait d'une situation où des investissements *du*

2. On parle ici d'investissement « décarboné » pour faire référence au fait qu'il s'agit ici d'achat d'équipements qui produisent une énergie qui auparavant était fournie par la combustion de carburants fossiles, et qui est désormais fournie par la combustion de biomasse, pour lequel on retient, dans ce rapport un facteur d'émission de 0. Cette hypothèse, comme d'autres, est discutée dans l'introduction de ce rapport.

3. Notons que même sans effet causal sur le comportement d'investissement, une aide aura toujours un effet sur les finances de l'entreprise ; c'est d'ailleurs pourquoi on emploie le terme « aubaine ».

même type auraient été engagés même en l'absence des aides à la décarbonation.

C'est d'ailleurs bien la logique derrière les calculs de rentabilité en termes de valeur actuelle nette des investissements, que l'on a présentée dans le Chapitre 2. Le scénario contrefactuel à l'aune duquel les aides à la décarbonation sont évaluées, *ex ante*, voit les entreprises concernées investir, mais dans une solution fossile. Il convient donc, dans l'analyse *ex post* que l'on s'apprête à mener ici, de garder en mémoire que la magnitude des effets sur l'investissement que l'on cherche à apprécier doit être comparée à l'ampleur de l'aide octroyée, qui correspond au supplément d'investissement que la puissance publique cherche à enclencher chez les bénéficiaires de l'aide. En théorie, le montant de l'aide accordée est d'ailleurs indicateur de cette valeur d'investissement supplémentaire.

Concrètement, on s'intéresse donc ici à la fois au devenir économique des entreprises ayant reçu des aides à la décarbonation, en particulier à leur comportement d'investissement ; ainsi qu'à leur comportement en termes de consommations énergétiques. En effet, l'impact des aides sur la structure des consommations énergétiques nous permet d'apprécier indirectement la nature « décarbonée » des investissements réalisés ; tout en obtenant une mesure de l'impact annuel des aides en termes d'émissions de tCO₂ eq. liées aux consommations énergétiques.

L'enjeu méthodologique principal de cette analyse est donc d'estimer, de *calculer*, ce qui serait advenu en l'absence des aides, pour les entreprises qui en ont obtenu. Ceci pose la question, cruciale mais classique dans le cadre d'une évaluation quantitative causale de politiques publiques, du contrefactuel crédible. Ce contrefactuel est construit sur la base de données observées à d'autres périodes ou pour d'autres entreprises que les périodes traitées et les entreprises traitées. Cette construction est basée sur des hypothèses qu'il convient d'explicitier.

On retient ici comme stratégie principale les études d'événements empilées. Comme stratégies alternatives de robustesse, on explore également les stratégies

de différences-de-différences empilées, et les modèles dynamiques à doubles effets fixes. Ces trois stratégies mettent à profit, chacune de façon différente, la variation dans la date à laquelle différentes cohortes de bénéficiaires des aides BCIAT obtiennent cette aide. Dans une étude d'événements empilés, les périodes précédant l'obtention d'une aide pour les cohortes obtenant l'aide le plus tardivement servent en quelque sorte de groupe de contrôle pour les cohortes ayant obtenu l'aide plus précocement. C'est la même logique qui sous-tend les estimateurs à doubles effets fixes, encore assez classiques dans la littérature scientifique mais imposant des pondérations parfois contre-intuitives de certaines observations, et dont la justification théorique est moins clairement établie. Enfin, les différences-de-différences empilées sont équivalentes à mener une stratégie de différence-de-différences pour chaque cohorte d'entreprises des appels à projets BCIAT (en définissant donc un groupe de contrôle approprié pour chaque cohorte), puis à moyenner les résultats de ces stratégies sur toutes les cohortes, en pondérant d'autant plus les cohortes nombreuses.

De façon générale, la petite taille des échantillons avec lesquels cette analyse impose de travailler soulève plusieurs difficultés empiriques, majeures car intrinsèquement difficiles à contourner. Dans la stratégie empirique principale retenue, le groupe des entreprises « contrôles », c'est-à-dire ne bénéficiant pas d'aide, oscille entre une trentaine et une centaine selon les modèles retenus. Ceci signifie d'une part que la robustesse *statistique* des estimations peut être mise en danger ; les écarts-types sont souvent larges, et les niveaux de significativité statistique usuels dans les études économétriques rarement atteints. D'autre part, la validité externe des conclusions que l'on peut tirer de cet exercice est d'autant plus fragile que les entreprises à l'étude sont spécifiques. En particulier, dans la plupart des analyses, les entreprises sont « sélectionnées » dans l'échantillon par leur volonté d'engager un processus de décarbonation de leur activité, au moins conditionnellement à l'exis-

tence d'une aide de l'Etat. Nous documentons la sélection de ces échantillons dans les sections qui suivent pour replacer les entreprises bénéficiaires des aides BCIAT dans le contexte plus général de l'industrie française, selon la même logique que le Chapitre 1 du rapport l'effectue sur les aides du programme France Relance.

4.2 Données

On utilise dans cet exercice trois ensembles de données pour mener à bien cet exercice :

- les données fiscales BIC RN entre 2005 et 2022 : celles-ci ont déjà été présentées dans le Chapitre 1
- les données de consommations énergétiques : celles-ci ont déjà été présentées dans le Chapitre 1 également ; la méthodologie d'imputation des consommations et émissions de GES, également mobilisée dans les Chapitres précédent, est détaillée dans l'annexe à la fin de ce rapport.
- les données administratives de gestion de l'appel à projets BCIAT, dans leur version à jour transmise en avril 2023. Celles-ci sont également mobilisées dans le Chapitre 3. De nombreux retraitements, corrections et enrichissements sont apportés à ces données, en particulier pour ce qui est de l'identification des sites industriels concernés. En particulier, le SIRET des sites industriels concernés par les aides -que celles ci soient effectivement accordées ou refusées- n'est pratiquement pas renseigné dans les données fournies par l'Ademe⁴

4. Le SIRET renseigné dans les données de gestion des dossiers est en général celui du siège social de l'entreprise en charge de l'investissement. Dans une grande partie des cas, cette entreprise n'est pas celle de l'établissement du site industriel effectivement bénéficiaire de l'aide, mais une entreprise spécialisée dans la production d'énergie à partir de biomasse ; de plus, même lorsque l'entreprise porte son propre projet d'équipement, le SIRET du siège social est rarement informatif du site industriel effectivement concerné par le projet. L'exercice de vérification des données est particulièrement délicat pour les anciennes cohortes de candidats aux aides, en particulier lorsqu'il s'agit de candidats dont le dossier n'a finalement pas été retenu.

4.2.1 Construction du panel

Pour l'analyse des effets des aides sur les performances économiques et environnementales, on cherche à se ramener à un ensemble cohérent de statuts bénéficiaires ou non des aides BCIAT. Il s'agit d'explicitier quel établissement ou unité légale est considéré comme bénéficiaire des aides et à partir de quelle date il peut l'être comme tel.

Si toute unité légale ne candidatait qu'une seule fois au maximum aux aides à l'investissement, il serait trivial de définir les établissements et unités légales : non-bénéficiaires avant leur acte de candidature, puis bénéficiaires après leur acte de candidature.

En revanche, la présence de nombreuses candidatures répétées et la présence des mêmes unités légales à de nombreuses reprises dans l'échantillon imposent de clarifier la nature des comparaisons effectuées et les groupes entre lesquels elles sont effectuées. Ceci revient à se poser la question suivante : "Que dire des évolutions d'une unité légale qui a candidaté pour la deuxième fois aux aides, après en avoir obtenu une première, par rapport à une unité légale qui candidate pour la première fois à la même date ?" ainsi que des questions équivalentes pour les autres types d'« historiques de candidatures ». Un type d'« historique de candidature » pourrait ainsi constituer l'enchaînement des candidatures pour un établissement ou une unité légale, par exemple "a candidaté à une vague de l'AAP après avoir candidaté une première fois et été rejeté", "a candidaté à une vague de l'AAP après avoir candidaté une première fois et été retenu", etc. On voit ainsi que les types d'historiques de candidatures sont nombreux et souvent uniques à chaque unité légale.

Nous résolvons ce problème en proposant deux stratégies alternatives : d'une part, considérer la première candidature pertinente comme « absorbante », c'est-à-dire considérer qu'une entreprise est bénéficiaire d'une aide à partir de sa première candidature couronnée de succès, et considérer toutes les périodes ulté-

rieures comme relatives à cette première instance. D'autre part, considérer des événements *répétés*, c'est-à-dire tous les événements de candidatures de chaque entreprise ; auquel cas, on s'attache à ne conserver que les événements de candidature qui ne sont ni précédés ni suivis par un autre événement de candidature dans une période de deux ans ; de telle sorte à pouvoir capturer l'effet propre d'une candidature unique.

Dans la suite de ce rapport, on ne présentera, par souci de concision, que les résultats portant sur la première stratégie, les résultats portant sur la deuxième étant qualitativement et quantitativement similaires.

Quant à la définition des événements pertinents, c'est-à-dire la définition du caractère traité ou contrôle d'une entreprise, nous revenons sur cette discussion dans la présentation du modèle économétrique (section 4.3).

4.2.2 Echelle d'analyse

Les aides à l'étude sont octroyées à l'échelle des projets, qui, de façon pratiquement universelle, concernent un site industriel en particulier, c'est-à-dire, dans la terminologie des données d'entreprises, un établissement (défini par un numéro de SIRET). Au-delà de la problématique théorique liée à la définition du statut des entreprises (cf. section 4.3), ceci pose également des enjeux sur la mesurabilité de différentes variables d'intérêt.

L'investissement est ici mesuré comme l'évolution annuelle des immobilisations corporelles. Cette information est disponible, dans les données fiscales, à l'échelle des unités légales et non des établissements ; c'est également le cas d'autres variables d'intérêt économique, comme les profits, le chiffre d'affaires, la valeur ajoutée (et donc le taux de profit, et la productivité). Ceci n'est pas forcément un frein à l'analyse : le fait que d'autres investissements, qui n'ont rien à voir avec des enjeux de décarbonation, soient réalisés dans des établissements des entreprises à l'étude

qui ne sont pas concernés par les aides, ne joue que sur le niveau d'investissement général réalisé par une entreprise. La stratégie utilisée ici repose sur la comparaison des évolutions des investissements selon les années, relativement à la date à laquelle un des établissements de l'entreprise a été bénéficiaire des aides pour la première fois. Bien entendu, ceci signifie que les effets mesurés des aides sur l'investissement des entreprises bénéficiaires s'entendent comme des effets nets des réallocations éventuelles d'investissements *entre* établissements de la même entreprise - en particulier, le cas échéant, entre établissements bénéficiaires et non-bénéficiaires des aides. Ceci constitue donc plutôt une force de l'analyse qu'une faiblesse dans la perspective d'examiner les effets des aides sur la propension des entreprises à investir, et sur les effets de l'ensemble des aides sur les émissions totales des secteurs dont sont issues les entreprises candidates aux aides.

Au contraire, l'enquête EACEI est réalisée à l'échelle des établissements. Pour tous les résultats portant sur les consommations d'énergies et les émissions directes de tCO₂ éq., la définition du statut de traitement est donc réalisée au niveau des établissements, et les analyses menées à ce niveau.

4.2.3 Portage des projets

Une part substantielle des investissements de décarbonation à l'étude sont réalisés à travers un portage par une entreprise spécialisée dans la production d'énergie ou de vapeur et chaleur. Dans ce type de configuration, les subventions d'investissement, et les investissements associés directement au projet, apparaissent au bilan de l'énergéticien porteur du projet, plutôt qu'à celui de l'entreprise industrielle effectivement concernée par le projet.

Dans toutes nos analyses, nous considérons dans tous les cas les SIRET des sites industriels effectivement concernés par les projets de décarbonation, et le SIREN des entreprises correspondantes. À ce titre, il est important de bien noter que

considérer les effets de l'aide sur les sites industriels, quand le projet qui concerne ceux-ci est porté par un énergéticien exploitant, signifie que l'on s'interroge à propos d'une transmission éventuelle de l'effet des subventions – adressées à l'investissement des énergéticiens porteurs de projets – sur l'investissement des entreprises qui passent une convention avec eux, ce qui est un effet moins direct que celui des aides directement octroyées aux entreprises qui portent leur propre projet. Procéder ainsi est pourtant justifié *ex ante*, car les effets attendus sur l'investissement sont ambigus ; on pourrait imaginer par exemple un effet "d'entraînement" des aides sur l'investissement qui touche toutes les entreprises, y compris celles dont le projet est porté par un énergéticien exploitant. Du point de vue des consommations énergétiques et donc des émissions directes de CO₂ eq., considérer tous les établissements bénéficiaires des aides est également pertinent, dans la mesure où les bénéficiaires par l'intermédiaire d'un porteur de projets devraient voir leur structure de consommation énergétique être réorientée ou bien vers la biomasse (si ce sont eux qui fournissent les intrants de l'installation), ou bien vers la chaleur/vapeur (s'ils bénéficient de l'investissement via la fourniture d'énergie).

Néanmoins, nous examinons également dans la suite de ce chapitre les deux cas séparément ; par exemple, dans la Figure 4.7, où la courbe jaune correspond aux entreprises et projets où il n'y a pas l'intermédiaire d'un énergéticien porteur de projet, et la courbe verte correspond aux entreprises dont le projet est porté par un énergéticien.

Enfin, considérer le cas des énergéticiens exploitants à part n'est ni très informatif, ni très praticable : premièrement, les énergéticiens concernés sont très peu nombreux, à l'échelle des unités légales, ce qui rend les échantillons extrêmement réduits et la plupart des propriétés statistiques de tout estimateur inopérantes ; deuxièmement, certains d'entre eux sont de très grandes entreprises avec des activités très diverses et des niveaux d'investissement très élevés, si bien que détecter les subventions à leur bilan et leur effet sur l'investissement est d'autant plus difficile.

Troisièmement, et sans doute de la façon la plus importante : les énergéticiens les plus importants dans l'échantillon sont « traités » plus ou moins tous les ans, c'est-à-dire qu'ils portent au moins un projet bénéficiaire dans de très nombreuses vagues de l'appel à projet BCIAT ; il est ainsi très difficile de simuler et même de concevoir ce qui constituerait la bonne trajectoire contrefactuelle pour un énergéticien qui est "traité" tous les ans avec des intensités différentes ; sans même mentionner l'estimation d'une telle trajectoire.

4.2.4 Appariement avec les données fiscales

On apparie les données de cohortes BCIAT avec les données fiscales à l'échelle des unités légales, c'est-à-dire sur la base du SIREN. 239 des SIREN sont retrouvés au moins 1 fois dans les données du panel fiscal à une période précédant la vague BCIAT à laquelle l'établissement concerné est censé avoir participé, dont 162 dans la période d'intérêt.

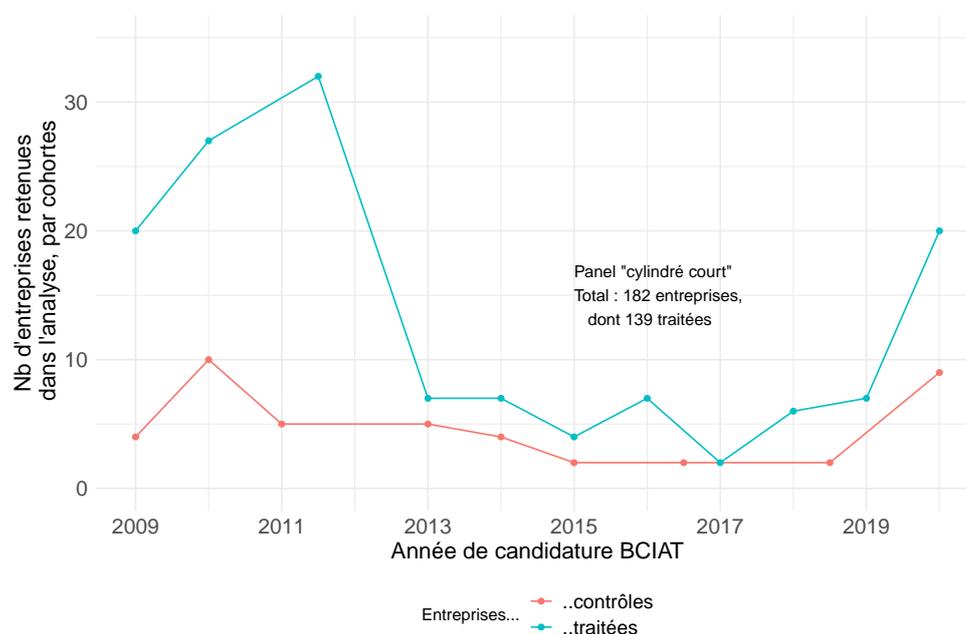
Un enjeu particulièrement crucial des aides BCIAT est la temporalité de la mise en place des conventions et de l'engagement des investissements. Ceci invite à restreindre l'échantillon aux unités légales que l'on est en mesure d'observer pendant plusieurs exercices fiscaux *suivant* la cohorte de candidature. De plus, la validité des stratégies empiriques mises en place repose souvent sur des hypothèses analogues à celle des tendances parallèles. Bien qu'invérifiable empiriquement, car se rapportant aux périodes *post-traitement*, cette hypothèse est en général d'autant mieux acceptée qu'il est possible de vérifier et tester empiriquement que les tendances *pré-traitement* sont également parallèles⁵. Pour pouvoir les examiner, il est également nécessaire de restreindre l'échantillon aux unités légales pour lesquelles plusieurs périodes *pré-traitement* sont observées. Pour disposer d'une telle capacité

5. Ce test n'est ni une condition nécessaire, ni une condition suffisante pour justifier de l'hypothèse de tendances parallèles (Kahn-Lang and Lang, 2020), et ouvre la voie à de nombreuses difficultés statistiques (Rambachan and Roth, 2022). Il est cependant généralement accepté dans la littérature comme un élément pouvant étayer la crédibilité de l'hypothèse de tendances parallèles.

de test, on définit ainsi deux panels « cylindrés » : les unités légales pour lesquelles des observations sont disponibles dans les données fiscales pendant au moins deux années avant, et deux années après l'année de la cohorte de candidature BCIAT (panel « cylindré court ») et les unités légales pour lesquelles des observations sont disponibles dans les données fiscales pendant au moins quatre années avant, et quatre années après l'année de la cohorte de candidature BCIAT (panel « cylindré », ou « cylindré long »).

Dans toute la suite de l'analyse, on retient principalement le panel cylindré court décrit ci-dessus, qui ménage une taille et représentativité plus importante de l'échantillon. Les cohortes en sont décrites dans la Figure 4.1 ci-dessous, qui représente toutes les unités légales « traitées » et « contrôles », par date de cohortes BCIAT, appariées avec les données fiscales.

FIGURE 4.1 – Cohortes d'entreprises traitées et contrôles appariées avec les données fiscales



Lecture : Dans le panel complet des données de gestion Ademe apparié aux données fiscales, il y a 20 entreprises traitées dans la cohorte 2009, et 4 entreprises contrôles.

Note : Nombre d'entreprises considérées comme contrôles et traitées, par cohorte BCIAT, et appariées avec succès aux données fiscales.

Source : Ademe, BIC RN / BIC RS, calculs des auteurs.

Enfin, dans le Tableau 4.1 ci-dessous, on compare les caractéristiques principales des entreprises traitées et contrôles, l'année précédant leur année de candidature, pour les entreprises des cohortes du panel cylindré « court »⁶. Globalement, les entreprises traitées sont plus grandes que les entreprises contrôles, aussi bien en termes de bilan (569 millions d'euros contre 464 millions en moyenne), d'effectifs (1440 contre 840 en moyenne), de chiffre d'affaires (787 millions d'euros contre 333 millions d'euros), que de valeur ajoutée (127 millions d'euros contre 57 millions en moyenne). Les entreprises traitées sont également plus profitables, mais ne semblent pas significativement plus productives. Notons cependant que ce sont bien les évolutions pré-traitement des variables d'intérêt pour les entreprises contrôles et traitées, et non leur niveau, qui font l'objet des hypothèses mobilisées dans nos stratégies empiriques, détaillées dans la section ci-dessous. La comparabilité des caractéristiques des entreprises traitées et contrôles doit donc s'apprécier à la lumière de ce qu'elle nous informe de la crédibilité d'hypothèses portant sur les dynamiques de ces différents groupes d'entreprises.

TABLEAU 4.1 – Caractéristiques des entreprises traitées et contrôles (panel cylindré court)

	Entreprises traitées						Entreprises contrôles					
	Moyenne	Q1	Q2	Q3	Ecart-Type	N	Moyenne	Q1	Q2	Q3	Ecart-Type	N
Chiffres d'affaires (millions €)	786,57	21,74	104,51	344,16	4974,49	139	333,39	13,20	77,60	193,60	940,02	39
Valeur ajoutée (millions €)	127,04	4,42	20,02	77,83	459,26	139	57,26	3,97	16,41	38,81	174,54	39
Masse salariale (millions €)	53,64	2,70	7,57	28,34	239,88	139	28,85	1,33	6,13	17,23	86,37	39
EBE (millions €)	39,17	0,67	3,81	25,93	111,07	139	9,54	-0,20	3,21	10,57	89,65	39
Effectifs (milliers)	1,44	0,08	0,217	0,77	6,17	139	0,84	0,04	0,21	0,43	2,73	39
Taux de marge	0,08	0,15	0,24	0,34	0,90	139	-0,38	0,13	0,19	0,27	1,68	39
Productivité du travail	Inf	11,02	11,28	11,72	Inf	139	10,99	11,00	11,28	11,90		39
Taux de profit	-0,20	0,02	0,07	0,13	1,39	139	-0,84	-0,02	0,06	0,10	2,57	39
Bilan (millions €)	568,82	19,97	67,77	278,81	1939,66	139	463,79	21,60	77,00	139,60	1919,40	39
Subv. d'investissement (millions €)	0,67	0,00	0,03	0,39	2,73	139	0,36	0,00	0,00	0,05	1,12	39

Lecture : Parmi les entreprises retenues dans le panel cylindré court, les entreprises traitées ont un chiffre d'affaires moyen de 787 millions d'euros (courants) l'année précédant celle de leur cohorte, et les entreprises contrôles un chiffre d'affaires moyen de 333 millions d'euros (courants).

Note : Principales caractéristiques économiques et fiscales des entreprises traitées et contrôles retenues dans le cadre du panel cylindré "court", mesurées l'année précédant celle de leur cohorte (c'est à dire, pour les entreprises traitées, l'année précédant leur traitement, et pour les entreprises contrôles l'année précédant leur candidature).

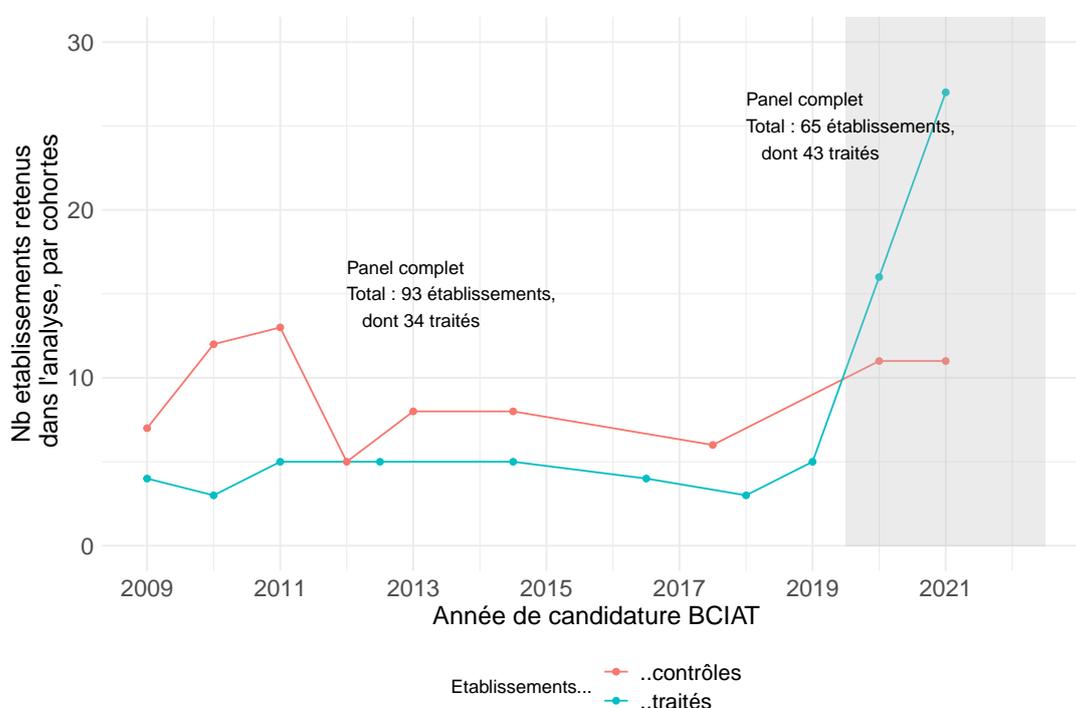
Source : Ademe, BIC RN / BIC RS, calculs des auteurs.

6. Le Tableau ?? en annexe effectue le même exercice pour les entreprises des panels cylindrés.

4.2.5 Appariement avec les données environnementales

On apparie ensuite les données concernant les établissements traités et contrôles avec les données de l'enquête EACEI à l'échelle des établissements, c'est-à-dire sur la base du SIRET. On réalise ici le même exercice qu'avec les données fiscales, pour examiner la qualité de l'appariement, c'est à dire la couverture des établissements bénéficiaires et candidats malheureux par les enquêtes EACEI.

FIGURE 4.2 – Cohortes d'établissements traités et contrôles appariés avec les données de l'enquête EACEI



Lecture : Dans le panel des données de gestion Ademe apparié aux données EACEI, il y a 5 établissements traités dans la cohorte 2009, et 13 établissements contrôles.

Note : Nombre d'établissements considérés comme contrôles et traités, par cohorte BCIAT, et appariés avec succès aux données EACEI.

Source : Ademe, EACEI, BIC RN / BIC RS, calculs des auteurs.

Globalement, la réduction de l'échantillon est plus sévère pour les établissements, ce à quoi la nature d'enquête (et non de données administratives exhaustives comme les liasses fiscales) des données de consommation laissait présager.

La comparaison des caractéristiques observables des groupes traités et contrôles,

telle que décrite dans le Tableau 4.2, suggère cependant que les deux groupes d'établissements sont assez similaires, tant par la taille que par la structure ou la quantité de leurs consommations énergétiques.

Au sein de l'échantillon retenu pour l'estimation, l'aide moyenne par établissement est de 3,85 millions d'euros, pour un investissement moyen prévu (dans les dossiers BCIAT) égal à 9,78 millions d'euros (toujours à l'échelle de l'établissement), soit un taux de soutien de 39 %. Le taux d'abandon est de 40 %, et le total des aides accordées aux établissements traités dans l'échantillon d'estimation est de 424 millions d'euros ; dont 114 millions ont été accordés à des projets par la suite abandonnés (27 % du total). Ceci est à comparer aux 523 millions d'euros d'aides pour le dispositif BCIAT sur la période considérée (2009 à 2019), pour un investissement total prévu (dans les dossiers BCIAT) de 1 412 millions d'euros, et un taux d'abandon de 46 % des projets (pour un total de 252 millions d'euros d'aides, et un investissement de 679 millions d'euros de projets abandonnés).

TABLEAU 4.2 – Caractéristiques des entreprises traitées et contrôles (panel cylindré court)

	Établissements traités					Établissements contrôles				
	Moyenne	Q1	Q2	Q3	Ecart-Type	Moyenne	Q1	Q2	Q3	Ecart-Type
P(Conso. gaz > 0)	0,85	1,00	1,00	1,00	0,36	0,89	1,00	1,00	1,00	0,32
Conso. de gaz nat.	7021,49	690,31	4805,92	9238,03	7807,56	10951,07	2596,24	5641,56	14281,72	14596,48
P(Conso. bois > 0)	0,29	0,00	0,00	1,00	0,45	0,23	0,00	0,00	0,00	0,43
P(Conso. fioul > 0)	0,69	0,00	1,00	1,00	0,47	0,75	1,00	1,00	1,00	0,43
Conso. de fioul	623,84	0,00	16,30	101,40	2359,22	203,55	0,27	19,00	98,80	957,14
P(Conso. charbon > 0)	0,07	0,00	0,00	0,00	0,25	0,08	0,00	0,00	0,00	0,28
Conso. de charbon	965,52	0,00	0,00	0,00	4251,18	2006,19	0,00	0,00	0,00	14132,65
Conso énerg. tot. (tep)	20703,14	6482,59	11382,21	22547,39	34492,69	27834,21	4897,77	9966,70	24513,42	47000,56
Dépense énerg. tot.	6591,21	2869,71	4492,00	7980,00	7547,58	8081,70	2524,00	4163,00	8636,00	11442,54
Projet porté	0,62	0,00	1,00	1,00	0,49	0,63	0,00	1,00	1,00	0,49
Effectif (étab.)	5,36	5,00	5,00	6,00	1,22	5,26	5,00	5,00	6,00	1,08
Em. CO ₂ eq. annuelles	37900,03	8838,30	19963,85	42332,26	73713,45	51021,63	8187,09	15783,20	40970,77	119969,10

Lecture : Parmi les établissements retenus dans le panel appariée des données de gestion Ademe et des données EACEI (et fiscales), 85% des établissements traités consomment du gaz l'année précédant leur année de traitement, et 89% des établissements contrôles.

Note : Caractéristiques des établissements traités et contrôles appariés avec l'EACEI (restreinte au panel cylindré court), mesurées l'année précédant la cohorte (c'est à dire l'année du traitement pour les établissements traités, et l'année de candidature pour les établissements contrôles).

Source : Ademe, EACEI, BIC RN / BIC RS, calculs des auteurs.

4.3 Modèles économétriques

Les vagues successives des entreprises candidates et bénéficiaires de l'appel à projets BCIAT annuel peuvent être vues comme une succession de cohortes d'entreprises faisant l'objet d'un « traitement »⁷ à des dates différentes. Ce constat, et la disponibilité de données individuelles longitudinales⁸, invitent à mobiliser des stratégies empiriques exploitant à la fois l'information contenue dans chaque série temporelle individuelle (les caractéristiques invariantes de chaque entreprise), l'information contenue dans la succession de périodes temporelles (les chocs agrégés annuels ou les évolutions temporelles communes à toutes les entreprises), et l'information contenue dans la présence, à chaque période, d'entreprises de statuts de traitements différents.

La littérature théorique sur l'analyse causale des données de panel dans le cas de traitements échelonnés dans le temps a vu de nombreuses avancées récentes, bien résumées par D'Haultfoeuille et de Chaisemartin (2022)⁹. L'enjeu principal relevé par cette littérature est l'importance à accorder à l'hétérogénéité potentielle des effets de traitement en fonction du temps (l'effet de traitement, c'est-à-dire ici, l'effet des aides BCIAT, est-il bien identique pour toutes les cohortes d'entreprises traitées?) et en fonction du temps relatif (l'effet des aides BCIAT est-il le même, pour une entreprise bénéficiaire donnée, 1 an, 2 ans, 5 ans après la date de candidature?). Le traitement est défini ici comme le fait d'être bénéficiaire des aides BCIAT, et la date de traitement est l'année de la cohorte de première candidature (de première candidature couronnée de succès pour les entreprises traitées, ou de

7. C'est-à-dire, ici, bénéficiant d'une aide publique. Le terme de « traitement » tire son origine du cadre conceptuel des expériences aléatoires, dont le vocabulaire a été fortement imprégné par le contexte et la littérature médicale. Ce cadre conceptuel a ensuite été développé, approfondi, et adapté à l'analyse causale de manière générale, en particulier par les travaux de Rubin, en conservant ce terme.

8. On parle de données individuelles longitudinales, ou de données de panel, pour désigner des données à différentes périodes identifiables sur des individus -ici, des entreprises- identifiables.

9. Notons que parmi tous les variétés d'estimateurs proposés par cette littérature, nous nous concentrons sur celles concernant les traitements « absorbants », c'est à dire dont le statut de traitement peut être considéré comme définitif.

première candidature pour les autres). Étant donnés les délais typiquement observés dans le montage des conventions et dans la mise en service et la montée en charge des équipements, il est donc particulièrement important de prêter attention à l'hétérogénéité des effets de traitement en fonction du temps relatif, et ce d'autant plus que cette hétérogénéité peut affecter différentes variables d'intérêt de façon différente. On s'attend en effet à ce que les effets de traitement soient très différents selon que l'on considère l'année de candidature ou d'obtention de l'aide (réception de la subvention), ou une date ultérieure de deux ou trois ans (consommations énergétiques). En revanche, étant donné la petite taille des échantillons d'estimation, la variation des effets de traitement en fonction du temps (absolu), ou des cohortes, ne peut être étudiée, et fait ainsi l'objet d'une hypothèse d'homogénéité. Autrement dit, on considère qu'en moyenne, les effets du bénéfice des aides BCIAT sont les mêmes pour les différentes cohortes de bénéficiaires.

Une question cruciale pour cette analyse est celle de la définition du statut de traitement. Deux possibilités alternatives peuvent être mobilisées. Dans la première, une entreprise est considérée comme traitée par le fait de l'octroi d'une aide, et contrôle si elle a candidaté aux aides BCIAT, mais n'a jamais été retenue¹⁰. Dans la seconde, une entreprise est considérée comme traitée par le fait d'avoir obtenu une aide *qu'elle n'a pas abandonnée par la suite*, et contrôle dans tous les autres cas, c'est-à-dire si elle a obtenu une aide BCIAT mais a abandonné son projet (ou abandonné ses projets si elle a obtenu plusieurs aides), ou si, comme précédemment, elle a candidaté aux aides BCIAT mais n'a jamais été retenue.

La première stratégie présente l'avantage que l'exogénéité du statut du traitement semble a première vue plus facile à défendre, quand bien même la parallélité des tendances contrefactuelles post-traitement reste une hypothèse forte. Elle pré-

10. Rappelons toutefois que les entreprises traitées contribuent à l'estimation des tendances pré-traitement pour toutes les périodes calendaires précédant leur date de traitement.

sente le désavantage que le nombre d'entreprises *contrôles* définies par ce critère est très faible. Or, un petit nombre, et une petite proportion d'unités « contrôles » par rapport aux unités « traitées », peut porter atteinte au pouvoir statistique d'une stratégie empirique, qui décroît en $\pi^2 = \left(\frac{N_{\text{traitées}}}{N_{\text{total}}}\right)^2$; de plus, avec un très petit échantillon contrôle, la robustesse des estimations à des définitions alternatives du panel retenu peut en être affectée. La deuxième stratégie présente les avantages et inconvénients symétriques : l'hypothèse d'identification requiert dans ce cas également que l'on puisse considérer le comportement d'abandon comme exogène (et pas seulement la sélection dans l'octroi des aides). On pourrait par exemple arguer que si l'abandon est entièrement motivé par des facteurs exogènes, comme des variations de prix énergétiques sur les marchés mondiaux, alors la trajectoire des projets abandonnés est un bon contrefactuel pour les projets non abandonnés¹¹. D'autre part, cette deuxième stratégie offre un échantillon et une part d'entreprises traitées/contrôles plus équilibrée, ce qui dans un contexte de faible pouvoir statistique est une dimension non négligeable.

Nous mettons en oeuvre alternativement les deux stratégies, et retenons, par souci de concision pour la présentation des résultats uniquement la première ; les résultats étant globalement quantitativement cohérents dans les deux stratégies.

On cherche donc à identifier l'effet en T , en $T+1$, en $T+2$, etc, du bénéfice d'une aide accordée en T . Les estimateurs préférés que l'on retient dans la suite sont ceux proposés par Sun et Abraham (2021) et Borusyak, Jaravel et Spiess (2021).

L'estimateur de Sun et Abraham (2021) repose sur l'estimation de briques empiriques de base, à savoir les effets de traitements spécifiques à chaque cohorte et chaque période de temps relatif, à travers l'estimation par les moindres carrés ordinaires du modèle à effets fixes « interagis » suivant :

11. Etant bien entendu que les résultats qui feraient appel à cette stratégie devraient évaluer les effets de l'aide comme étant le produit du taux d'abandon et de la différence estimée entre les trajectoires des entreprises traitées et des entreprises contrôles.

$$Y_{it} = \alpha_i + \delta_t + \sum_{e \in C} \sum_{k \neq -1} \beta_{e,k} \mathbb{1}\{E_i = e\} \times D_{i,t}^k + \epsilon_{it} \quad (4.1)$$

où α_i et δ_t sont des effets fixes pour chaque entreprise et chaque période de temps calendaire ; $\mathbb{1}\{E_i = e\}$ est une variable indicatrice de l'appartenance de l'individu i à la cohorte définie par la date de premier traitement e ; et $D_{i,t}^k$ une indicatrice de temps relatif ; $\beta_{e,k}$ estime l'effet fixe de la période de temps relatif k pour la cohorte e . L'estimateur de l'effet de traitement pour chaque période de temps relatif est ensuite calculé en prenant la moyenne des effets fixes de cohorte-temps relatif correspondant à la période de temps relatif d'intérêt, en pondérant chaque effet fixe par la taille de la cohorte lui correspondant. La période de référence d'intérêt est donc par défaut la période de temps relatif « -1 », soit celle immédiatement précédant le traitement. Le choix de la cohorte de référence permet d'accepter un contexte où il n'existerait pas d'entreprises « contrôles » c'est-à-dire qui ne sont jamais traitées, ou jamais bénéficiaires des aides (dans ce cas, la dernière cohorte est utilisée comme cohorte de contrôle, et les périodes après le traitement de celle-ci sont neutralisées).

L'estimateur de Borusyak, Jaravel et Spiess (2021) quant à lui prend pour référence l'intégralité de l'information pré-traitement. Cette différence permet d'ailleurs à ce dernier estimateur d'être optimal au sens de l'efficacité statistique, sous certaines hypothèses supplémentaires sur les termes d'erreurs ϵ . L'estimateur peut être construit grâce à une méthode par imputation, où les effets fixes de chaque cohorte et chaque période sont estimés sur la base de l'échantillon des observations contrôles, et où l'estimation d'un effet de traitement pour une date relative donnée correspond à la différence entre la moyenne des valeurs des observations traitées à cette date relative, d'une part, et les valeurs prédites pour ces observations par les

effets fixes préalablement estimés d'autre part.

Comme le font remarquer D'Haultfoeuille et de Chaisemartin (2022), cet estimateur est équivalent à estimer un modèle à double effets fixes et effets fixes « interagis » similaire à 4.1 ci-dessus, mais en ne relâchant pas l'hypothèse de non-anticipation, c'est-à-dire en n'autorisant aucun effet fixe de cohorte - temps relatif à différer de 0 dans les périodes de temps relatif pré-traitement.

$$Y_{it} = \alpha_i + \delta_t + \sum_{e \notin C} \sum_{k \geq 0} \beta_{e,k} \mathbb{1}\{E_i = e\} \times D_{i,t}^k + \epsilon_{it} \quad (4.2)$$

où cette fois, la cohorte de référence C est celle des entreprises contrôles, c'est-à-dire jamais traitées.

Notons que dans aucune de ces deux stratégies d'identification, la *cohorte* des entreprises *contrôles* n'est à vrai dire définie, et cette information n'est pas utilisée par les estimateurs. Toutes les entreprises *contrôles* font partie d'une seule et même cohorte d'entreprises *non-traitées*. On utilise cependant cette information dans les exercices de robustesse menés, en particulier dans la définition des entreprises contrôles pour les différences-de-différences empilées.

L'hypothèse d'identification sous laquelle ces différents estimateurs sont non-biaisés pour les effets dynamiques du traitement en chaque période de temps relatif est analogue à une hypothèse de tendances parallèles, adaptée au contexte spécifique des traitements échelonnés.

$$E[Y_{e,t}(\mathbf{0}_t) - Y_{e,t-1}(\mathbf{0}_{t-1})] = E[Y_{e',t}(\mathbf{0}_t) - Y_{e',t-1}(\mathbf{0}_{t-1})] \quad (4.3)$$

où $Y_{e,t}(\mathbf{0}_t)$ désigne le résultat potentiel de la cohorte e en période t , et $\mathbf{0}_t$ désigne une séquence de 0 de longueur t , c'est à dire que l'hypothèse de tendances parallèles

compare les groupes e et e' sous l'hypothèse que ceux-ci n'aient jamais été traités.

Les erreurs standards sont estimées par grappes, ou la grappe correspond à un événement, c'est-à-dire, ici, à une unité légale.

L'éventuelle inclusion, dans les données utilisées pour l'estimation, d'une cohorte *contrôle*, c'est-à-dire une cohorte dont les établissements ou les entreprises ne sont jamais traitées sur toute la période, ne peut pas être considérée de façon triviale. En effet, cet arbitrage dépend de la qualité espérée du groupe de contrôle, c'est à dire de la crédibilité de l'hypothèse « forte » de tendances parallèles exprimée plus haut. De façon générale, l'inclusion d'une cohorte « contrôle », c'est à dire d'une cohorte n'ayant jamais été traitée, peut améliorer la qualité des estimations, ne serait-ce que par la précision des estimations qu'apporte l'inclusion de données supplémentaires. Cependant, parmi les désavantages de l'inclusion, il en est un qui tient à la qualité des données disponibles. Pour une partie des projets "contrôles", c'est à dire non retenus ou abandonnés, les informations sur le projet déposé sont incomplètes. Ceci n'a pas de conséquences lorsqu'il s'agit d'examiner des variables d'intérêt mesurées dans les données fiscales. Cependant, étant donnée la puissance statistique limitée de nos exercices, nous avons cherché à discipliner la magnitude de l'effet sur l'investissement en le comparant à celle de l'aide accordée par l'Ademe (ou à l'investissement projeté dans le dossier de candidature). On s'intéresse ainsi non plus à la quantité d'investissement corporel mesuré dans le bilan d'une entreprise, mais à la probabilité que celui-ci excède la valeur de l'aide consentie par l'Ademe, ou celle de l'investissement prévu dans le dossier de candidature.

Pour ces variables d'intérêt, l'estimateur de Sun et Abraham (2021), noté SA21, reste pertinent, puisqu'il permet d'envisager la dernière cohorte traitée comme cohorte de référence ; là où l'estimateur de Borusyak, Jaravel et Spiess (2021), noté BJS21, nécessite la présence d'une cohorte d'entreprises non-traitées¹².

12. Notons que rien n'interdirait de fournir à l'estimateur de Borusyak, Jaravel et Spiess (2021)

4.4 Résultats

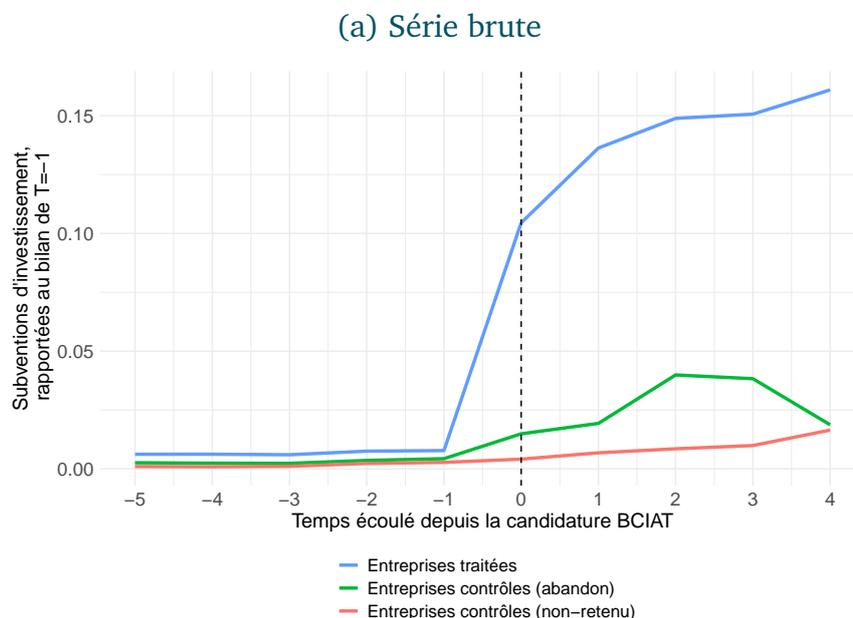
Dans cette section, nous présentons séquentiellement les résultats sur les subventions reçues, l'investissement, les consommations énergétiques, et les effets économiques du programme. Dans chacun des graphiques qui suit, on normalise le temps qui passe par rapport à l'année de candidature aux aides BCIAT. Dans la majorité des cas, nous présentons conjointement l'évolution annuelle brute des moyennes dans chaque groupe, et les résultats d'estimation de l'étude d'événements, qui renseignent sur la magnitude de l'effet différentiel mesuré entre les groupes, et la précision que l'on peut attribuer à cet effet. Les variables construites à partir de la liasse fiscale des entreprises (subvention, investissement, effets économiques) impliquent que l'on mesure les effets au niveau entreprise. Concernant les consommations énergétiques, les effets sont mesurés au niveau de l'établissement.

4.4.1 Subventions reçues

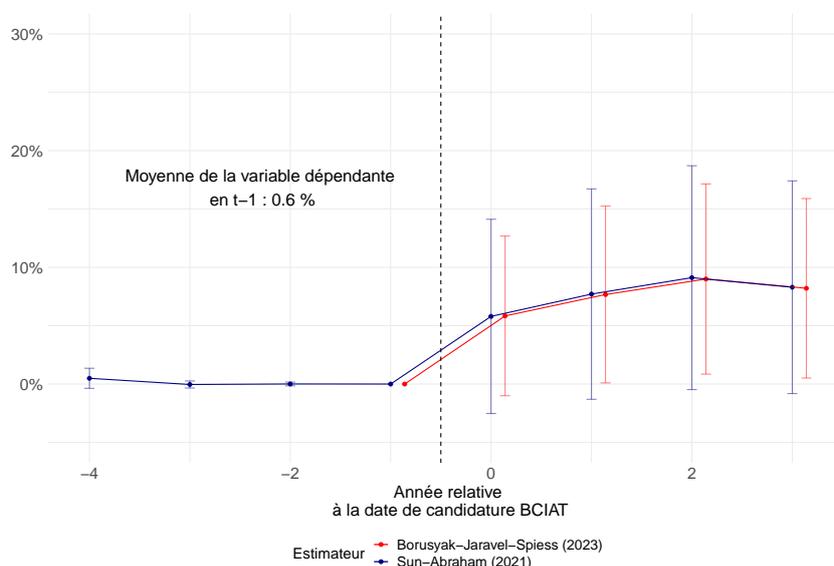
La figure 4.3a présente l'évolution moyenne du stock de subventions d'investissement reçues par les entreprises des trois groupes. L'ensemble des entreprises a ainsi un stock moyen de subventions d'investissement très proche de zéro avant la candidature à BCIAT. On observe ensuite une hausse très nette des subventions d'investissements parmi les entreprises traitées, représentant environ 10 % du niveau du bilan l'année précédant la candidature BCIAT. Cette hausse est pérenne, puisqu'elle continue à augmenter légèrement jusqu'à représenter environ 15 % du bilan l'année de référence. On observe une hausse beaucoup plus modérée et non-pérenne des subventions d'investissement parmi les entreprises contrôles ayant abandonné leur projet d'investissement, suggérant un versement de la première

des données où la dernière cohorte est considérée comme la cohorte de contrôle, et où toutes les observations ultérieures à la date où cette cohorte est traitée seraient exclues de l'échantillon. Par simplicité et pour bien faire ressortir la différence conceptuelle dans la mobilisation de ces différents estimateurs – qui implique en réalité la définition d'un nouveau groupe de contrôle – nous n'en mobilisons qu'un seul.

FIGURE 4.3 – Subventions d’investissement au bilan des entreprises, rapportées au bilan de l’année T=-1, par groupes d’entreprises traitées et contrôles



(b) Résultats d’estimation



Lecture : L’année de leur première candidature couronnée de succès aux aides BCIAT, le ratio subventions d’investissement rapportées au bilan de référence (année précédente) des entreprises lauréates est de 11 %.

Note : Panel (a) Valeur moyenne du ratio des subventions d’investissement (case DJ) rapportées au bilan de référence (année T-1) d’une entreprise. Le ratio est winsorisé au delà de 3 déviations standard. La série bleue représente les entreprises traitées, la série verte les entreprises contrôles (pour abandon) et la série rouge les entreprises contrôles (pour rejet des dossiers).

Panel (b) Résultats d’estimation d’une étude d’événements empilés sur le ratio des subventions d’investissement (case DJ) rapportées au bilan de référence de l’entreprise (année T-1). La cohorte pertinente pour les entreprises traitées est définie comme la première année de candidature aux aides BCIAT couronnée de succès et concernant un projet n’ayant pas été abandonné; les entreprises contrôles sont celles qui ne peuvent être considérées comme traitées pour aucune cohorte. Les intervalles représentés sont des intervalles de confiance statistique à 95 %. La série bleue représente l’estimateur de Sun-Abraham pour les études d’événements empilées à état absorbant, avec les coefficients associés aux années T-3, T-2 et T-1. La série rouge représente l’estimateur de Borusyak-Jaravel-Spiess, plus efficace que le précédent, mais à la référence différente (ensemble des années pré-traitement plutôt qu’année T-1).

Source : Données Ademe, liasses fiscales BIC RN/RS 2005 à 2022; calculs des auteurs.

tranche de subvention pour une partie de ces entreprises, puis un remboursement au moment de l'abandon du projet. La figure 4.3b présente les coefficients de régression (estimés d'après les méthodes de SA21 et BJS21). On constate ainsi que l'évolution différentielle entre les groupes traité et contrôle avant l'obtention d'une aide BCIAT est nulle et précisément estimée. On observe ensuite une augmentation nette de la subvention d'investissement, représentant entre 6 et 9 % du bilan pré-candidature selon les années, conformément aux moyennes brutes observées dans le panneau a de la figure. Les coefficients estimés sont significatifs au seuil de risque de 5 % en $T=1$ et $T=2$ pour l'estimateur de BJS21, et proches de l'être en $T=0$ et pour toutes les années avec l'estimateur de SA21.

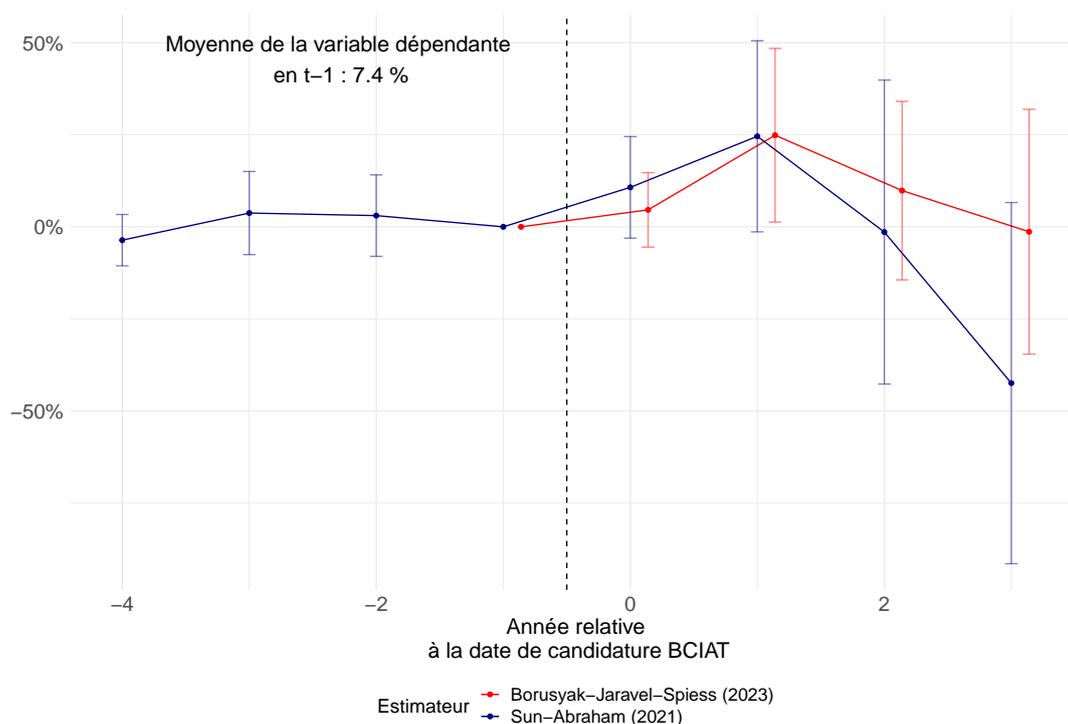
4.4.2 Investissements réalisés

La figure 4.4 présente les résultats d'estimation par étude d'événements, en s'intéressant aux investissements corporels, rapportés au bilan de l'année précédant le recours à BCIAT¹³. On observe des coefficients très proches de 0 et non significatifs avant la candidature à BCIAT, attestant du fait qu'il n'y avait pas d'évolution différentielle des groupes en termes d'investissement avant le traitement. On observe ensuite, entre $t=0$ et $t=2$, une augmentation progressive de l'investissement, avec un coefficient atteignant environ 25 % du bilan l'année $t=-1$, soit une multiplication par près de 4 des investissements réalisés par rapport à leur valeur en $t=-1$ (0,074) ; ce coefficient est significatif au seuil de 5 %. Si les coefficients estimés impliquent une hausse très nette des investissements, ils sont néanmoins peu précisément estimés, reflétant à la fois la faible taille d'échantillon des entreprises traitées, et la probable forte hétérogénéité dans la part du bilan en $t=-1$ que représentent les investissements BCIAT. Par ailleurs, l'effet mesuré des aides sur l'investissement en

13. L'investissement corporel d'une année donnée est mesuré par la différence entre les valeurs des immobilisations corporelles déclarées au bilan de l'entreprise en fin de bilan pour deux bilans consécutifs, dont le deuxième s'achève lors de l'année en question

année 0 (année de l'obtention de l'aide), 2 et 3 sont d'une part d'une magnitude plus faible, et ne sont d'autre part pas précisément estimés et ne sont ainsi pas significativement différents de 0 au seuil usuel de 5%.

FIGURE 4.4 – Effet sur l'investissement corporel, rapporté au bilan de l'année T-1



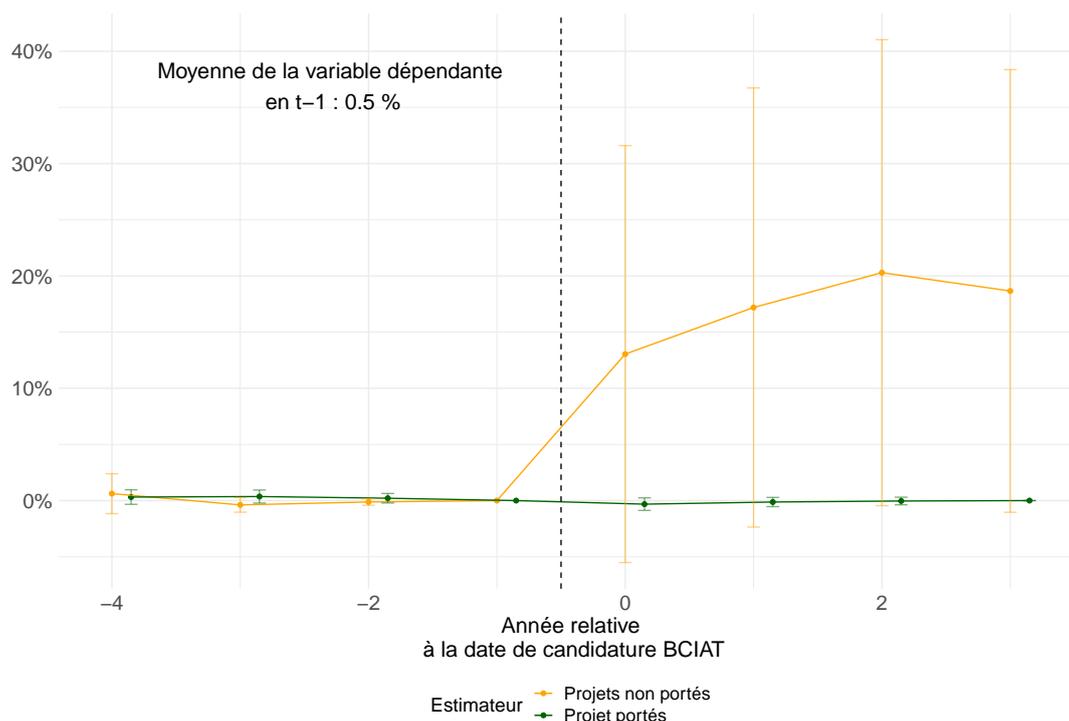
Lecture : L'effet d'être bénéficiaire des aides un an après y avoir candidaté sur l'investissement corporel, rapporté au bilan de référence, est de +25 % [+2 % ; +48 %] (du bilan de référence).

Note : Résultats d'estimation d'une étude d'événements empilés sur le ratio de l'investissement corporel (cases NH-LN) rapporté au bilan de référence de l'entreprise (année T-1). La cohorte pertinente pour les entreprises traitées est définie comme la première année de candidature aux aides BCIAT couronnée de succès et concernant un projet n'ayant pas été abandonné ; les entreprises contrôles sont celles qui ne peuvent être considérées comme traitées pour aucune cohorte. Les intervalles représentés sont des intervalles de confiance statistique à 95 %. La série bleue représente l'estimateur de Sun-Abraham pour les études d'événements empilées à état absorbant, avec les coefficients associés aux années T-4, T-3, T-2 et T-1. La série rouge représente l'estimateur de Borusyak-Jaravel-Spiess, plus efficace que le précédent, mais à la référence différente (ensemble des années pré-traitement plutôt qu'année T-1).

Source : Données Ademe, liasses fiscales BIC RN/RS 2005 à 2022 ; calculs des auteurs.

Afin d'obtenir une image plus précise de la réalisation de ces investissements, nous construisons donc une variable indicatrice égale à 1 dès lors que les investissements dépassent 50 % du montant d'investissement projeté dans le dossier de candidature. La figure 4.7 présente ainsi les coefficients d'étude d'événements obtenus

FIGURE 4.5 – Effet sur les subventions d’investissements, rapportées au bilan de l’année T-1, par statut des projets



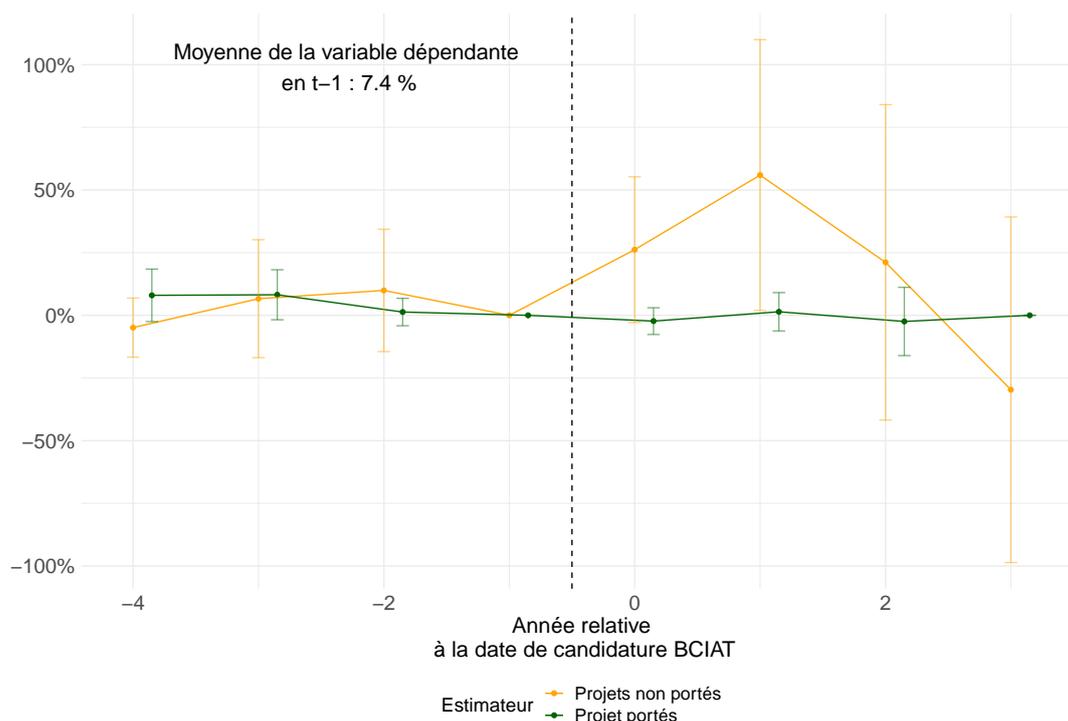
Lecture : L’effet d’être bénéficiaire des aides deux ans après y avoir candidaté sur les subventions d’investissement, rapportées au bilan de référence, pour les entreprises dont le projet n’est pas porté par une autre, est de +20 % [-1 %, +42 %] (du bilan de référence).

Note : Résultats d’estimation d’une étude d’événements empilés sur le ratio des subventions d’investissement (case DJ) rapportées au bilan de référence de l’entreprise (année T-1). La cohorte pertinente pour les entreprises traitées est définie comme la première année de candidature aux aides BCIAT couronnée de succès et concernant un projet n’ayant pas été abandonné ; les entreprises contrôles sont celles qui ne peuvent être considérées comme traitées pour aucune cohorte. Les intervalles représentés sont des intervalles de confiance statistique à 95 %. L’estimateur choisi est celui de Sun-Abraham pour les études d’événements empilées à état absorbant, avec les coefficients associés aux années T-4, T-3, T-2 et T-1.

La série jaune représente les entreprises dont les projets ne sont pas portés par une autre ; la série verte représente les entreprises dont les projets sont portés par une autre.

Source : Données Ademe, liasses fiscales BIC RN/RS 2005 à 2022 ; calculs des auteurs.

FIGURE 4.6 – Effet sur l’investissement corporel, rapporté au bilan de l’année T-1, par statut des projets



Lecture : L’effet d’être bénéficiaire des aides deux ans après y avoir candidaté sur l’investissement corporel, rapporté au bilan de référence, pour les entreprises dont le projet n’est pas porté par une autre, est de +54 % [+3 % ; +110 %] (du bilan de référence).

Note : Résultats d’estimation d’une étude d’événements empilés sur le ratio de l’investissement corporel rapporté au bilan de référence de l’entreprise (année T-1). La cohorte pertinente pour les entreprises traitées est définie comme la première année de candidature aux aides BCIAT couronnée de succès et concernant un projet n’ayant pas été abandonné ; les entreprises contrôles sont celles qui ne peuvent être considérées comme traitées pour aucune cohorte. Les intervalles représentés sont des intervalles de confiance statistique à 95 %. L’estimateur choisi est celui de Sun-Abraham pour les études d’événements empilées à état absorbant, avec les coefficients associés aux années T-4, T-3, T-2 et T-1.

La série jaune représente les entreprises dont les projets ne sont pas portés par une autre ; la série verte représente les entreprises dont les projets sont portés par une autre.

Source : Données Ademe, liasses fiscales BIC RN/RS 2005 à 2022 ; calculs des auteurs.

par la méthode de SA21¹⁴ On mesure une hausse de l'ordre de 10 points de pourcentage pour le groupe de traitement d'investir au moins 50 % du montant prévu dans le dossier de candidature, relativement au groupe de contrôle. Le coefficient estimé pour l'année $n=2$ est de même ampleur, puis retombe autour de 0. Le fait que les coefficients associés à la probabilité que l'investissement corporel dépasse 50 % du montant prévu ne permettent pas de conclure que toutes les entreprises bénéficiaires ont excédé ce montant tient simplement au fait que, si les entreprises du groupe de contrôle n'ont pas fait les investissements décarbonés qu'elles avaient un temps envisagés, elles ont néanmoins pu investir dans d'autres équipements sur la période pendant laquelle les entreprises traitées réalisent les investissements éligibles aux aides BCIAT. La différence entre ces deux groupes, mesurée dans le cadre de cette régression, ne permet donc pas de conclure sur d'éventuels effets d'aubaine qui auraient pu exister dans le cadre de ce dispositif.

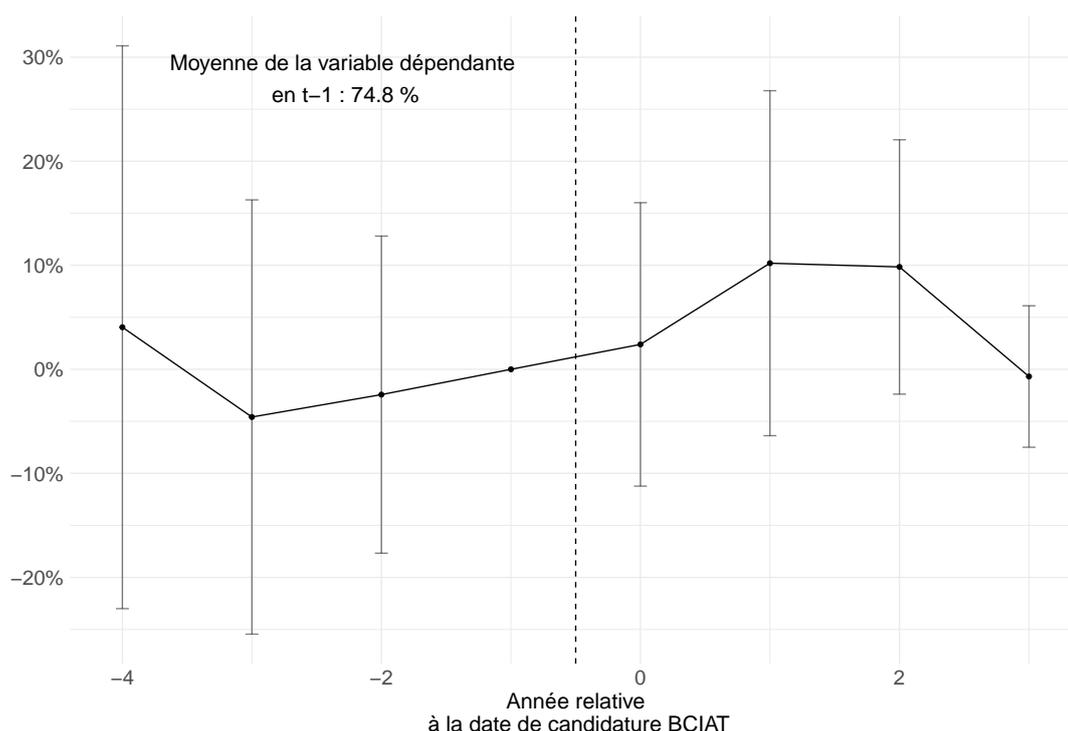
4.4.3 Consommations énergétiques

Après avoir confirmé la réalisation des investissements prévus dans le cadre de l'appel à projets BCIAT, et des subventions associées, nous estimons l'effet de la participation au dispositif sur les consommations énergétiques des bénéficiaires. Ces consommations énergétiques étant mesurées dans l'EACEI au niveau de l'établissement, soit l'unité à laquelle les candidatures étaient réalisées, nous réalisons l'ensemble des estimations et séries à ce niveau désagrégé.

La figure 4.8 présente les moyennes annuelles par groupe (figure 4.8a) et les coefficients d'étude d'événements associés (figure 4.8b), de la probabilité que les établissements consomment de la biomasse. Comme en atteste la figure 4.8a, cette probabilité de consommer de la biomasse s'établit, de manière stable, légèrement

14. Nous nous restreignons à cet estimateur puisque nous ne disposons des montants prévus d'investissement que pour les projets réalisés, et que seul SA21 permet explicitement de réaliser l'étude d'événement avec uniquement des entreprises traitées.

FIGURE 4.7 – Effet sur la probabilité que l’investissement corporel excède 50 % de l’investissement projeté dans le dossier de candidature, rapporté au bilan de l’année T-1



Lecture : L’effet d’être bénéficiaire des aides deux ans après y avoir candidaté sur la probabilité que l’investissement corporel excède 50 % de la valeur de l’investissement projeté dans le dossier de candidature, est de +10 pp..

Note : Résultats d’estimation d’une étude d’événements empilés sur une variable indicatrice du fait que l’investissement corporel (cases NH-LN) de l’année excède une valeur de référence calculée comme 50 % de la valeur de l’investissement prédit dans le dossier de candidature initial. La cohorte pertinente pour les entreprises traitées est définie comme la première année de candidature aux aides BCIAT couronnée de succès et concernant un projet n’ayant pas été abandonné ; seules les observations traitées sont conservées ; la cohorte de "purs contrôles" est la dernière cohorte traitée. Les intervalles représentés sont des intervalles de confiance statistique à 95 %. La série bleue représente l’estimateur de Sun-Abraham pour les études d’événements empilées à état absorbant, avec les coefficients associés aux années T-4, T-3, T-2 et T-1.

Source : Données Ademe, liasses fiscales BIC RN/RS 2005 à 2022 ; calculs des auteurs.

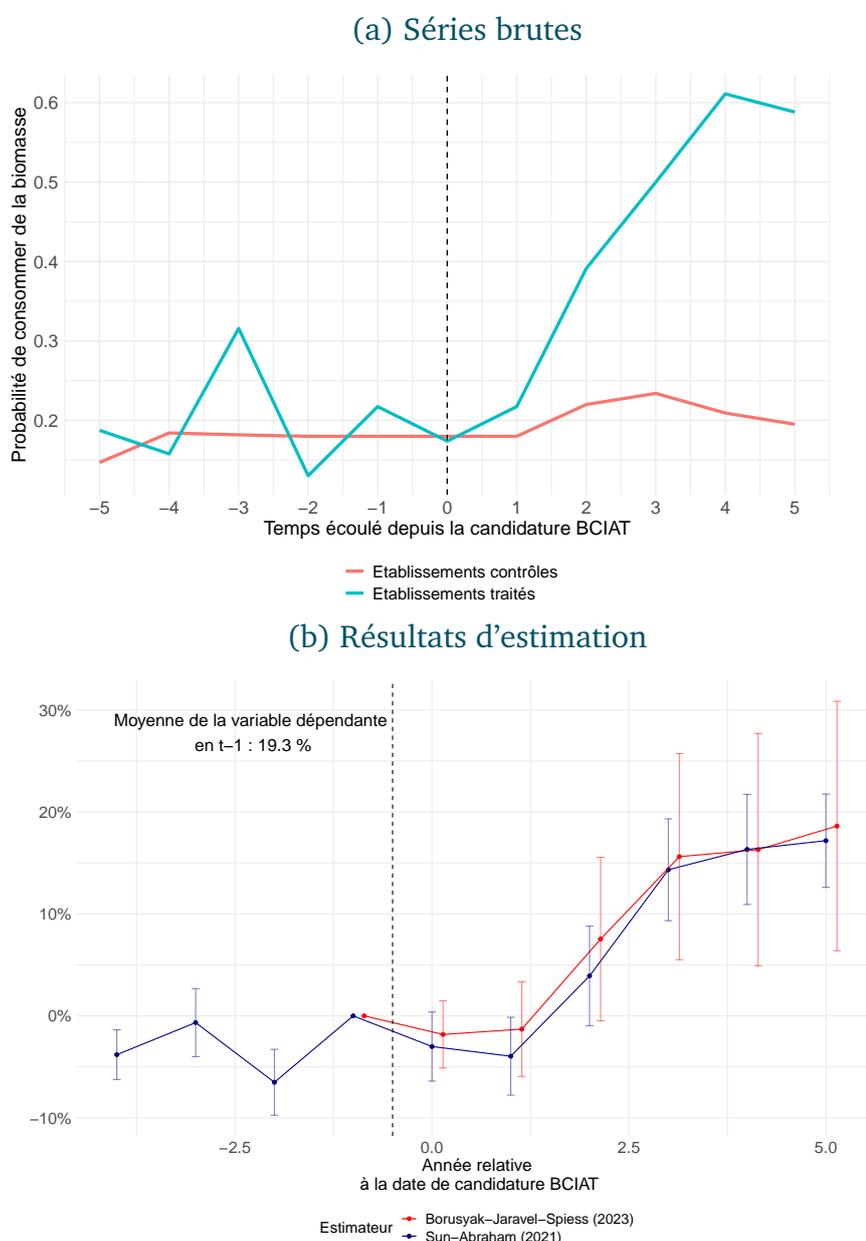
en dessous de 20 % avant le recours à BCIAT. On observe ensuite à partir de $t=2$ une forte augmentation de cette probabilité au sein du groupe de traitement, avec une probabilité qui culmine à 60 % en $t=4$. Les coefficients d'estimation reflètent une augmentation légèrement moindre de cette probabilité (environ +15 pp), mais qui suit la même temporalité, et est statistiquement très significative¹⁵.

La figure 4.9 présente, de manière similaire, l'évolution de la consommation moyenne de gaz (TEP) des établissements traités et contrôles (figure 4.9a), et les coefficients d'étude d'événements associés. On observe dans le panneau a que les établissements traités avaient des niveaux de consommation légèrement inférieurs avant le recours à BCIAT, mais que leur tendance de consommation était similaire à celle des établissements contrôles. À partir du recours, on observe une baisse sensible et progressive de la consommation de gaz des établissements traités, que confirme l'étude d'événements. On mesure ainsi une baisse moyenne de la consommation de gaz d'environ 4000 TEP parmi les traités relativement au groupe de contrôle.

Enfin, la figure 4.10 présente l'évolution moyenne annuelle des émissions de CO₂ des établissements selon leur groupe d'appartenance (figure 4.10a), et les résultats d'estimation correspondants (figure 4.10b). On observe dans le panneau a une tendance générale à la baisse des émissions de CO₂ avant la candidature BCIAT, parallèle entre les deux groupes (ce que confirment les coefficients pré-traitement dans le panneau b). On mesure, dès l'année de la candidature BCIAT, une baisse des émissions du groupe de traitement relativement au groupe de contrôle, qui se prolonge de manière presque linéaire jusqu'à la fin de notre fenêtre d'estimation, pour atteindre une baisse d'environ 20 000 tonnes de CO₂ supplémentaires par rapport au groupe de contrôle, dont on peut observer dans le panneau a que

15. La présence de très nombreuses consommations à 0 dans l'échantillon rend l'estimation de la même stratégie empirique sur la moyenne de la consommation de bois plus délicate, car elle augmente la sensibilité des estimateurs, raison pour laquelle on a choisi ici de s'intéresser à une variable binaire, plus robuste

FIGURE 4.8 – Probabilité de consommer de la biomasse par groupes d'établissements traités et contrôles



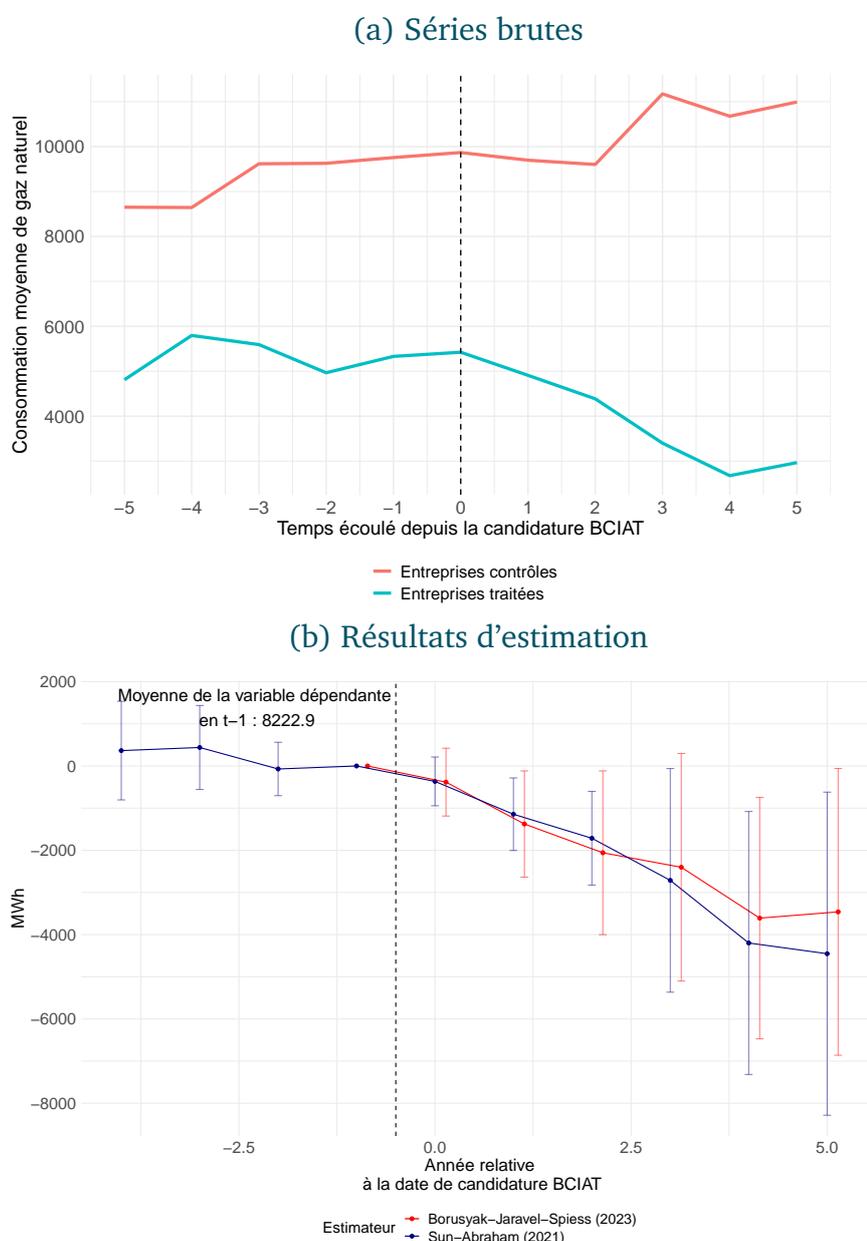
Lecture : Deux ans après leur candidature aux aides BCIAT, la probabilité des établissements traités de consommer de la biomasse est de 40 %.

Note : Panel (a) Probabilité moyenne de consommer de la biomasse (consommation strictement positive), par année relative à la cohorte BCIAT de référence, pour les établissements traités et contrôles.

Panel (b) Résultats d'estimation d'une étude d'événements empilés sur la probabilité de consommer de la biomasse (1 = consommation strictement positive, 0 sinon). La cohorte pertinente pour les établissements traités est définie comme la première année de candidature aux aides BCIAT couronnée de succès et concernant un projet n'ayant pas été abandonné; les établissements contrôles sont ceux qui ne peuvent être considérés comme traités pour aucune cohorte. Les intervalles représentés sont des intervalles de confiance statistique à 95 %. La série représente l'estimateur de Sun-Abraham pour les études d'événements empilées à état absorbant, avec les coefficients associés aux années T-4, T-3, T-2 et T-1.

Source : Données Ademe, EACEI, DADS ; calculs des auteurs.

FIGURE 4.9 – Consommation moyenne de gaz naturel par groupes d'établissements traités et contrôles, en MWh



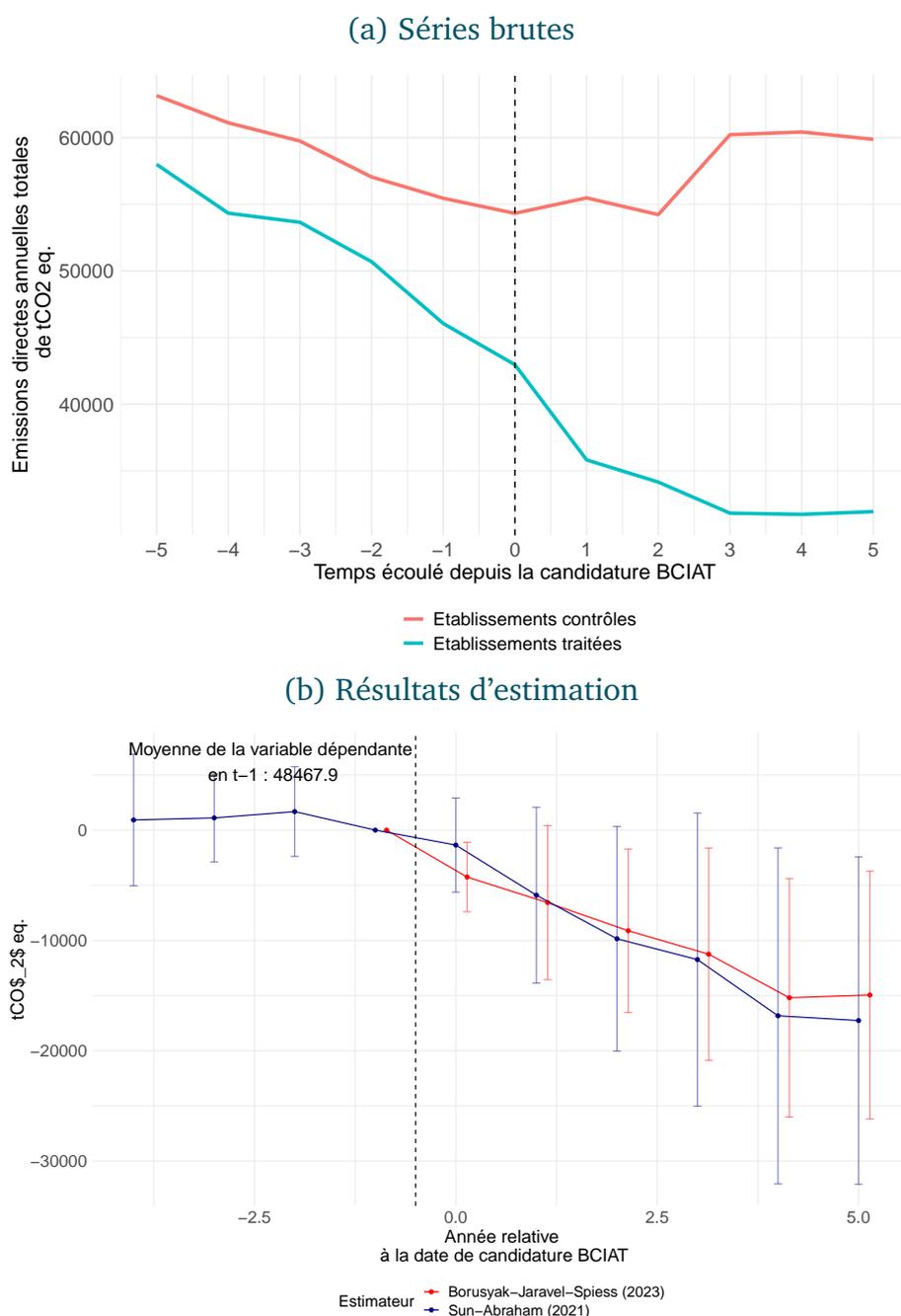
Lecture : Deux ans après leur candidature aux aides BCIAT, la consommation moyenne de gaz naturel des établissements traités est de 4 400 MWh.

Note : Panel (a) Consommation moyenne de gaz naturel, par année relative à la cohorte BCIAT de référence, pour les établissements traités et contrôles.

Panel (b) Résultats d'estimation d'une étude d'événements empilés sur la consommation moyenne de gaz naturel. La cohorte pertinente pour les établissements traités est définie comme la première année de candidature aux aides BCIAT couronnée de succès et concernant un projet n'ayant pas été abandonné; les établissements contrôles sont ceux qui ne peuvent être considérés comme traités pour aucune cohorte. Les intervalles représentés sont des intervalles de confiance statistique à 95 %. La série représente l'estimateur de Sun-Abraham pour les études d'événements empilées à état absorbant, avec les coefficients associés aux années T-4, T-3, T-2 et T-1.

Source : Données Ademe, EACEI, DADS ; calculs des auteurs.

FIGURE 4.10 – Emissions directes annuelles moyennes de tCO₂ eq. par groupes d'établissements traités et contrôles



Lecture : Deux ans après leur candidature aux aides BCIAT, les émissions de CO₂ eq. moyennes des établissements traités sont de 34 700 tCO₂ eq.

Note : Panel (a) Émissions de CO₂ eq. moyennes, par année relative à la cohorte BCIAT de référence, pour les établissements traités et contrôles. Les émissions sont calculées sur la base de toutes les consommations énergétiques déclarées dans l'EACEI, et des facteurs d'émissions détaillés à l'annexe A.

Panel (b) Résultats d'estimation d'une étude d'événements empilés sur les émissions de CO₂ eq. moyennes des établissements. La cohorte pertinente pour les établissements traités est définie comme la première année de candidature aux aides BCIAT couronnée de succès et concernant un projet n'ayant pas été abandonné; les établissements contrôles sont ceux qui ne peuvent être considérés comme traités pour aucune cohorte. Les intervalles représentés sont des intervalles de confiance statistique à 95 %. La série représente l'estimateur de Sun-Abraham pour les études d'événements empilés à état absorbant, avec les coefficients associés aux années T-4, T-3, T-2 et T-1.

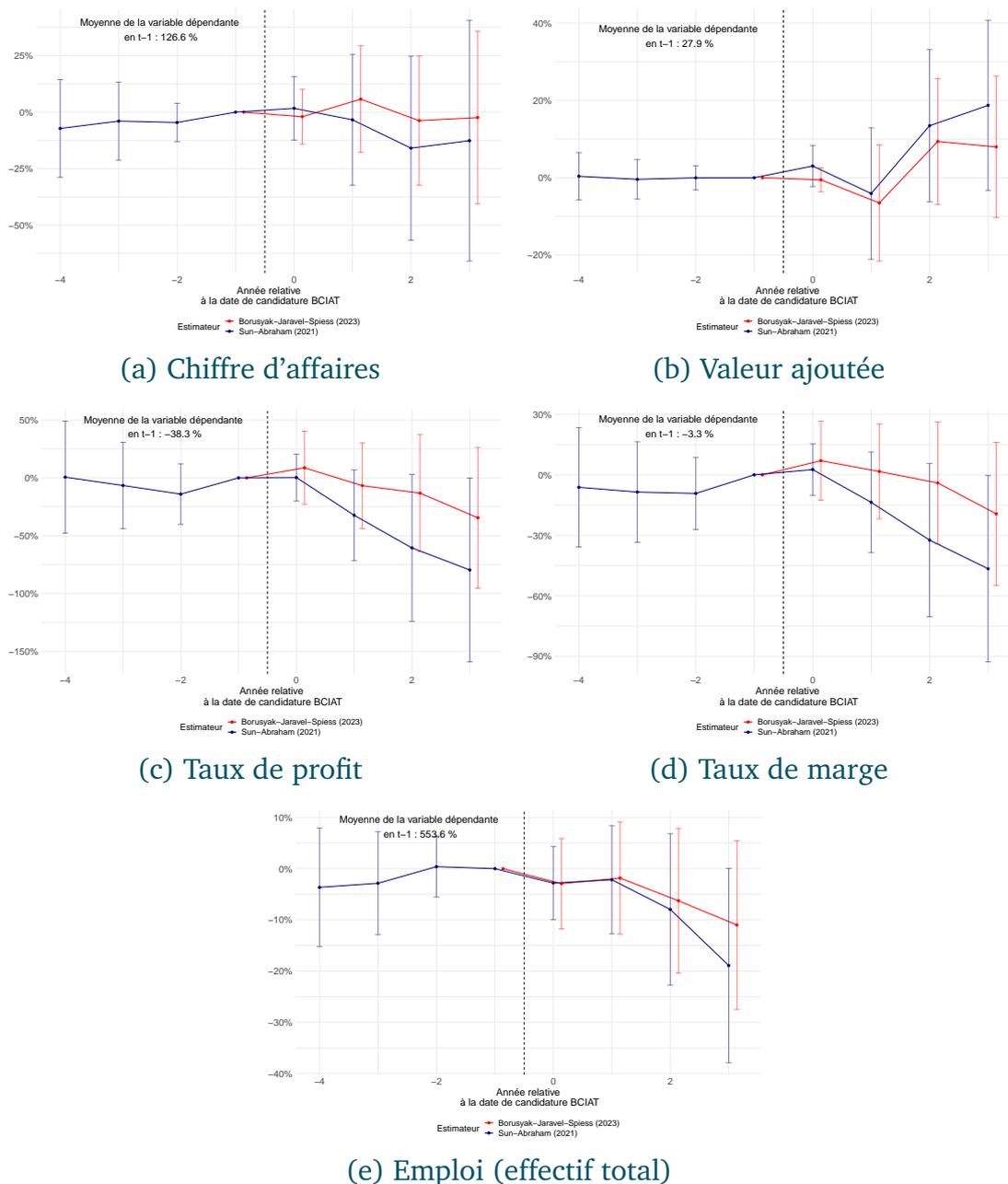
Source : Données Ademe, EACEI, DADS ; calculs des auteurs.

ses émissions demeurent stables après la candidature BCIAT. À nouveau, la temporalité de cet effet, qui commence à apparaître dès l'année de recours et donc bien avant que l'on observe l'augmentation de l'utilisation de la biomasse, suggère que les investissements couverts par BCIAT ne sont probablement pas les seuls efforts de décarbonation de l'activité réalisés par les établissements traités.

4.4.4 Effets économiques

Cette section vise à vérifier que, conformément à l'objectif de l'appel à projets BCIAT, le fait de bénéficier d'une aide à la décarbonation dans ce cadre n'a pas eu d'effets économiques au delà de l'augmentation d'investissement constaté. La figure 4.11 présente ainsi les résultats de l'étude d'événements en utilisant comme variables dépendantes le chiffre d'affaires et la valeur ajoutée (normalisés par le bilan de l'année $t=-1$), le taux de profit (EBE/CA), le taux de marge (VA/CA), et l'emploi (effectif total de l'entreprise). Comme précédemment pour la mesure des effets sur l'investissement, ces variables sont extraites de la liasse fiscale des entreprises, et donc observées au niveau entreprise, et non plus établissement comme dans la section précédente. Pour l'ensemble des variables d'activité et de performance économique considérées, on observe des tendances pré-traitement non-significativement différentes de 0, attestant du fait que les entreprises traitées et contrôles suivaient la même trajectoire avant la candidature à BCIAT. On n'observe en outre aucun effet différent de 0 après le recours sur l'ensemble des variables considérées, confirmant ainsi que les effets du programme BCIAT étaient bien circonscrits à l'investissement et à la consommation énergétique des entreprises.

FIGURE 4.11 – Effet sur des variables d'activité et de performance économique.



Lecture : L'effet moyen des aides BCIAT mesuré sur le chiffre d'affaires des entreprises bénéficiaires un an après leur candidature aux aides est de +240 % [-215 %, +695 %], rapporté au bilan de l'année de référence (année de la cohorte-1).

Note : Résultats d'estimation d'une étude d'événements empilés sur

- (a) le chiffre d'affaires rapporté au bilan de l'année de référence
- (b) la valeur ajoutée rapportée au bilan de l'année de référence
- (c) le taux de profit
- (d) le taux de marge
- (e) le logarithme de l'effectif total

. La cohorte pertinente pour les entreprises traitées est définie comme la première année de candidature aux aides BCIAT couronnée de succès et concernant un projet n'ayant pas été abandonné ; les entreprises contrôles sont celles qui ne peuvent être considérées comme traitées pour aucune cohorte. Les intervalles représentés sont des intervalles de confiance statistique à 95 %. L'estimateur choisi est celui de Sun-Abraham pour les études d'événements empilées à état absorbant, avec les coefficients associés aux années T-4, T-3, T-2 et T-1.

La série jaune représente les entreprises dont les projets ne sont pas portés par une autre ; la série verte représente les entreprises dont les projets sont portés par une autre.

Source : Ademe, BIC RN/RS, calcul des auteurs.

4.5 Tests de robustesse

Pour tester la robustesse statistique des résultats, on les soumet à plusieurs tests, dont chacun vise à examiner la sensibilité des résultats finaux et des conclusions que l'on peut en tirer, aux hypothèses que l'on a faites pour la version principale des résultats.

- **Spécifications alternatives, et différences de différences appariées**

On envisage, par souci de complétude, deux alternatives supplémentaires à ces estimateurs principaux : un modèle linéaire dynamique à double effets fixes, et des différences de différences empilées. Le modèle à double effets fixes de référence que l'on retient est le suivant :

$$Y_{it} = \alpha_i + \delta_t + \sum_{k=t-4}^3 \beta_k \mathbb{1}\{F_i = t - k\} + \epsilon_{it}$$

où α_i est un effet fixe pour l'entreprise i , δ_t un effet fixe pour la période t , F_i la date de traitement de l'entreprise (la date de sa candidature BCIAT) et les β_k les coefficients associés aux variables de temps relatif, c'est à dire à chaque variable indicatrice $\mathbb{1}\{F_i = t - k\}$, égal à 1 si l'entreprise a été traitée k périodes avant t .

Le modèle de différence de différences empilées est inspiré de (Cengiz et al, 2019), et est équivalent à estimer un modèle de différence de différences pour chaque cohorte BCIAT, puis de moyenner les résultats de ces différents modèles, en pondérant par la taille de chaque cohorte. La proximité conceptuelle de ce modèle avec celui des différences-de-différences en est son principal attrait. En première approximation (et comme dans les stratégies empiriques précédentes), on envisage comme groupe de contrôles de chaque

cohorte d'entreprises bénéficiaires uniquement les entreprises (et leurs établissements) qui sont présents dans la même cohorte (elles ont candidaté la même année à une aide BCIAT), mais ne sont pas bénéficiaires. Comme test de robustesse, on apparie chaque entreprise du groupe « traité » avec le reste de la population des entreprises, sur la base de trois variables observables : la taille de l'effectif (par grandes catégories), le secteur (NAF A88), et l'année de création de l'entreprise (par tranches de 4, 5, 10 et 50 ans en remontant progressivement dans le passé).

Les résultats sont, en règle générale, beaucoup moins précis mais pas de nature qualitativement différente que dans les spécifications préférées retenues.

- **Définition des événements**

Dans les résultats principaux, on a retenu comme construction des événements, l'obtention d'une aide, par opposition au rejet du dossier, que celle-ci soit ensuite utilisée par le candidat lauréat de l'aide ou non. Un test intuitif de robustesse est de répéter toutes les analyses présentées dans la section précédente, en faisant varier cette définition des événements.

Dans l'espoir d'obtenir des résultats plus précis statistiquement, nous répétons l'analyse en appliquant comme définition alternative des événements le fait d'avoir obtenu et utilisé une aide, c'est-à-dire que nous classifions comme groupe de contrôle non seulement les entreprises s'étant vu refuser une aide, mais également les entreprises ayant obtenu une aide mais ayant abandonné le projet pour lequel elles l'ont obtenue. Les résultats sont globalement quantitativement cohérents avec ceux du modèle principal, c'est-à-dire que la magnitude des résultats est égale à environ 40 % de celle des résultats principaux. Ils ne sont néanmoins pas substantiellement plus précis, ce qui disqualifie cette stratégie, eût égard aux critiques possibles en matière de sélection due

au phénomène d'abandon.

- **Définition du panel**

On choisit d'estimer les modèles économétriques préférés sur deux échantillons alternatifs au panel « cylindré court », retenu comme l'échantillon préféré, à savoir le panel « cylindré long », et l'échantillon complet des observations.

Typiquement, les résultats estimés sur le panel « cylindré long » sont qualitativement équivalents mais plus imprécis (la taille de l'échantillon étant substantiellement réduite) ; les résultats sur l'échantillon complet des observations sont en général similaires, mais sont souvent très volatils.

- **Sensibilité aux valeurs extrêmes**

Enfin, pour plusieurs variables fiscales prenant des valeurs extrêmes, on définit la winsorisation des observations de manière alternative, et on vérifie que les conclusions qualitatives des résultats ne sont pas sensibles à l'inclusion de toutes les valeurs dans l'échantillon ; les résultats ne sont en général pas affectés qualitativement, mais prennent des valeurs quantitativement aberrantes (notamment les effets sur les investissements corporels et les subventions d'investissements).

4.6 Conclusion

Les effets du bénéfice des aides BCIAT sur les entreprises qui n'ont pas abandonné leurs projets mais effectivement bénéficié des aides sont donc cohérents avec les objectifs affichés par l'appel à projets. On a vérifié que les données fiscales permettaient d'observer l'apparition des subventions d'investissements au bilan des

entreprises concernées par les aides, ce qui témoigne également du fait que notre définition du statut de traitement des entreprises est pertinente.

Les effets sur l'investissement corporel, bien qu'imprécisément estimés, semblent statistiquement significativement différents de 0 aux niveaux usuels retenus dans la littérature. La petite taille de l'échantillon interdit de rejeter la présence d'un effet d'aubaine partiel, mais la magnitude des coefficients estimés est cohérente avec l'ordre de grandeur attendue des réactions comportementales, eu égard aux informations sur les investissements projetés disponibles dans les dossiers des entreprises candidates.

La temporalité des effets observés sur la consommation de biomasse et sur la consommation de gaz naturel sont cohérents avec l'idée d'un décalage dû à la période de montage et de mise en route des équipements visés par les aides. Les effets sur les émissions directes annuelles moyennes de CO₂ eq. semblent également significatifs, mais s'amorcer plus tôt ; ce qui pourrait être le signe que les entreprises bénéficiaires remplissent également les critères d'efforts de sobriété du cahier des charges de l'appel à projets. La magnitude des effets sur les émissions annuelles moyennes de tCO₂ eq. (15 000 tCO₂ eq. annuelles en T+4, avec un intervalle de confiance à 95 % de [-3 729, -26 179]) est cependant globalement cohérente avec la valeur moyenne des gains de GES espérés renseignés dans les dossiers de candidature des établissements industriels sur lesquelles porte l'estimation (16 000 tCO₂ eq. annuelles).

La petite taille des échantillons à partir desquels ces résultats sont élaborés invite néanmoins à prendre avec prudence les magnitudes observées des coefficients.

CHAPITRE 5

EFFET DES AIDES À LA DÉCARBONATION DU PLAN FRANCE RELANCE

5.1 Objectifs et méthodologie

Les objectifs de ce chapitre sont similaires à ceux du chapitre 3, mais s'attachent à documenter les effets d'aides octroyées dans le cadre des appels à projets compris dans le cadre du plan France relance.

On cherche ainsi à identifier les effets de l'octroi des aides sur le comportement d'investissement des entreprises, et sur leur trajectoire économique de façon générale. En particulier, la magnitude des effets en matière d'investissement peut nous renseigner sur l'additionalité de celui-ci par rapport à une situation où les aides à l'investissement n'aurait pas existé. La question du bon contrefactuel, et notamment de la *nature* des investissements consentis en réponse à l'octroi des aides, est tout aussi présente que dans le Chapitre 4. Cependant, l'absence de données sur les consommations énergétiques interdit de qualifier les investissements consentis aussi bien par les entreprises traitées que contrôles. Une évaluation complète des aides du plan France Relance ne sera donc possible qu'à l'horizon de la disponibilité des données de consommations énergétiques, et qu'après que les périodes de

mises en fonctionnement des investissements prévus soient écoulées.

La méthodologie déployée est similaire à celle du Chapitre 4, vers lequel nous renvoyons pour une exposition approfondie : nous utilisons principalement une méthode d'étude d'événements empilés mobilisant les vagues des appels BCIAT, INDUSEE et DECARBIND des années 2020, 2021, 2022.

On assigne le statut de "traitée" à toute entreprise dont au moins un projet soumis à l'un des trois appels à projets considérés a, à la date de validité des données (15 juin 2022 pour les appels à projets DECARBIND et INDUSEE, 26 avril 2023 pour l'appel à projets BCIAT), été retenu comme lauréat par l'Ademe et qui n'a pas été abandonné. Si une entreprise peut être considérée comme lauréate au titre de plusieurs (que ceux-ci soient étalés sur plusieurs vagues ou plusieurs appels à projets, ou non), on retient comme date de cohorte pertinente la cohorte la plus ancienne. Une entreprise n'apparaît donc jamais qu'à un seul titre dans les données. On assigne le statut de "contrôle" à toutes les autres entreprises candidates, c'est-à-dire celles dont les projets ont été retenus mais ont également été abandonnés, et celles dont les projets n'ont pas été retenus.

Les trajectoires des entreprises sont donc mesurées relativement à la première date de candidature couronnée de succès, et considèrent donc comme conséquences de ce premier événement les éventuelles occurrences ultérieures de candidatures ; ceci ne prend donc pas en compte dans l'analyse les conséquences propres de ces candidatures ultérieures. C'est cependant la meilleure façon de définir des trajectoires pour des entreprises qui soient comparables entre elles *avant* l'octroi des aides à l'étude. Considérer les deuxièmes ou troisièmes occurrences de candidatures et d'obtention des aides risquerait de rendre inopérante la comparaison des trajectoires des entreprises avant l'événement pertinent.

Notons que cette méthodologie repose de façon centrale sur l'existence de variation temporelle dans la date de traitement des entreprises traitées, ce qui permet de

distinguer les effets de facteurs conjoncturels (capturés dans le modèle économétrique par des « effets fixes » années) des effets propres de l'occurrence des aides. À ce titre, l'existence de seulement trois vagues de données, et le faible recul temporel (les effets en $t+2$ ne pouvant être estimés que sur les données des lauréates de la vague 2020), réduit donc la puissance statistique de nos estimations. De façon alternative, une méthode de différence de différences appariées, où les entreprises traitées de chaque vague sont appariées sur la base de leur secteur d'activité, de leur taille, et de leur catégorie d'âge, à des entreprises qui leur sont similaires. Les différences de différences appariées spécifiques à chaque cohorte de traitement sont ensuite moyennées ou empilées¹.

5.2 Données

Du fait de la date beaucoup plus récente des vagues d'appels à projets considérées, les données disponibles sont également considérablement plus limitées. Ainsi, le recul disponible dans les données fiscales est d'au maximum un an et demi après l'octroi des premières aides à la fin de l'année 2020, les liasses fiscales les plus récentes disponibles étant celles de l'année 2022, c'est-à-dire couvrant les exercices fiscaux dont la date de clôture se situe en 2022 (mises à disposition à l'été 2023)².

En particulier, les données disponibles ne permettent pas d'étudier les effets des aides à l'investissement sur le comportement de consommations énergétiques des entreprises, puisque la dernière vague d'enquête EACEI disponible porte sur l'année 2021³. Ceci est loin de fournir le recul nécessaire pour l'étude, étant donné les délais de mise en oeuvre des investissements et de montée en régime des équi-

1. Les différences de différences empilées sont documentées par exemple dans Doruk Cengiz, Arindrajit Dube, Attila Lindner, Ben Zipperer, The Effect of Minimum Wages on Low-Wage Jobs, *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 134, Issue 3, August 2019, Pages 1405–1454, <https://doi.org/10.1093/qje/qjz014>

2. Ainsi les subventions reçues par une entreprise ayant effectivement reçu une aide en 2022, mais après la date de clôture de son exercice fiscal, ou pour le dire différemment, pendant un exercice fiscal clôturé en 2023, ne seront pas visibles dans les données dont nous disposons.

3. Pour plus de détails sur l'enquête EACEI, voir les chapitre 1 à 4, et l'Annexe A.

pements concernés. L'exemple des aides BCIAT "historiques" développé au chapitre précédent montre ainsi que les effets attendus sur les consommations énergétiques interviennent avec un délai d'environ trois ans sur la date de candidature BCIAT initiale.

Les données utilisées correspondent à l'appariement entre les données de gestion des différents appels à projet fournies par l'Ademe, que nous apparions avec les données fiscales des liasses fiscales, panélisées sur la période 2005 à 2022. Les données des appels à projets sont à jour du 15 juin 2022 pour les appels à projets DECARBIND et INDUSEE, et du 26 avril 2023 pour l'appel à projets BCIAT.

De la même manière que précédemment, nous renseignons la qualité de l'appariement avec les données fiscales, qui est de bonne qualité, dans les tableaux et figures ci-dessous. Pour certaines entreprises traitées, les dates de première candidature remontent avant 2020 : il s'agit d'entreprises ayant déjà remportées des aides dans le cadre des précédentes vagues de l'appel à projets BCIAT. Nous excluons ces quelques cas de l'analyse qui suit.

Le Tableau 5.1 renseigne les caractéristiques des entreprises considérées comme traitées et contrôles pour les estimations dont les résultats sont présentés dans la section suivantes. Les entreprises traitées sont en moyenne plus grandes, à tous points de vue (bilan, chiffre d'affaires, valeur ajoutée, effectifs), que les entreprises contrôles, mais ceci est tiré avant tout par une queue de distribution particulièrement extrême, les distributions étant largement similaires ; elles ne sont pas très dissemblables en termes de taux de marge, de productivité du travail ou de profitabilité. Notons au passage que ces entreprises sont bien plus grandes que les entreprises considérées au chapitre précédent et recourant aux aides BCIAT.

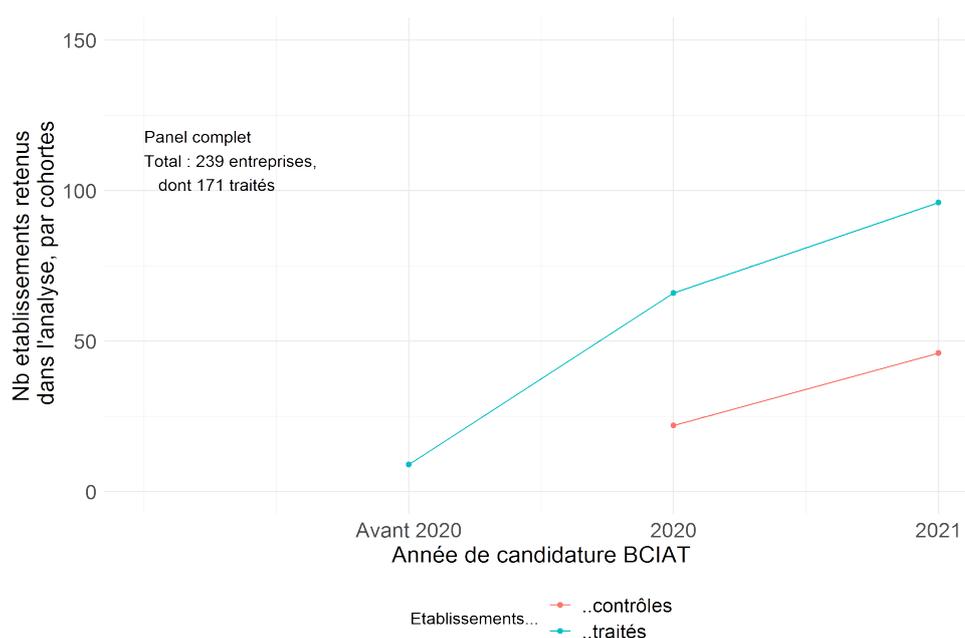


FIGURE 5.1 – Cohortes retenues dans l’estimation pour l’effet des aides France Relance

Lecture : Dans le panel complet des données de gestion Ademe apparié aux données fiscales, il y a 69 entreprises traitées dans la cohorte 2020, et 23 entreprises contrôles.

Note : Nombre d’entreprises considérées comme contrôles et traitées, par cohorte France Relance, et appariées avec succès aux données fiscales.

Source : Ademe, BIC RN / BIC RS, calculs des auteurs.

TABLEAU 5.1 – Caractéristiques des entreprises traitées et contrôles (panel cylindré court)

	Entreprises traitées					Entreprises contrôles				
	Moyenne	Q1	Q2	Q3	Ecart-Type	Moyenne	Q1	Q2	Q3	Ecart-Type
Bilan (Mio)	948.4	35.2	170.3	674.4	2681.3	491.8	38.6	130.5	581.9	982.2
Subventions d'investissement (Mio)	203.7	7.1	41.5	145.7	785.4	96.7	6.9	19.2	64.7	192.5
Chiffre d'affaires (Mio)	1395.8	52.1	171.7	622.6	7604.7	455.6	35.9	110.4	596.1	698.9
Valeur ajoutée (Mio)	83.0	4.3	15.8	64.3	262.4	46.2	4.3	11.4	38.4	103.9
EBE (Mio)	66.9	0.3	4.9	30.5	385.6	24.3	0.0	2.5	8.9	71.1
Effectifs (milliers)	1.9	0.1	0.4	1.5	5.8	1.0	0.1	0.3	0.9	2.4
Productivité du travail	0.0	0.1	0.2	0.3	1.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
Taux de marge	-0.2	0.0	0.1	0.1	1.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2
Taux de profit	1.1	0.0	0.1	0.6	2.8	2.2	0.0	0.0	0.2	9.2

Lecture : Parmi les entreprises retenues dans le panel cylindré court, les entreprises traitées ont un chiffre d'affaires moyen de 467 millions d'euros (courants) l'année précédant celle de leur cohorte, et les entreprises contrôles un chiffre d'affaires moyen de 293 millions d'euros (courants).

Note : Principales caractéristiques économiques et fiscales des entreprises traitées et contrôles retenues dans le cadre du panel cylindré "court", mesurées l'année précédant celle de leur cohorte (c'est à dire, pour les entreprises traitées, l'année précédant leur traitement, et pour les entreprises contrôles l'année précédant leur candidature).

Source : Ademe, BIC RN / BIC RS, calculs des auteurs.

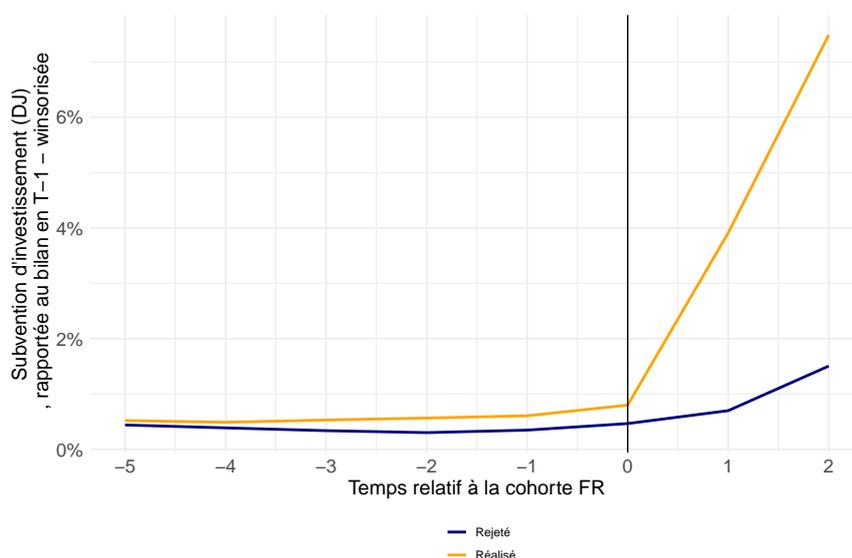
5.3 Résultats

La Figure 5.2 présente d'abord les séries brutes des (panel 5.2a). On observe que les subventions d'investissement, telles que mesurées au bilan des entreprises, et rapportées à la taille de leur bilan en année T-1 (c'est à dire l'année précédent celle de leur première candidature couronnée de succès aux aides France relance), sont d'abord très faibles et très stables, et très comparables aussi bien en niveau qu'en évolution pour les entreprises traitées et les entreprises contrôles. Les séries divergent à partir de l'année T+1, c'est à dire l'année *suivant* celle de leur candidature aux aides France Relance, et continuent à diverger pendant l'année T+2, jusqu'à atteindre environ 7,5 % du bilan de référence des entreprises pour les entreprises traitées, contre 1,5 % pour les entreprises contrôles. Les résultats d'estimation (panel 5.2b) confirment en tous points ces résultats, mais mettent également en lumière les conséquences négatives de la petitesse des échantillons sur la précision statistique des résultats.

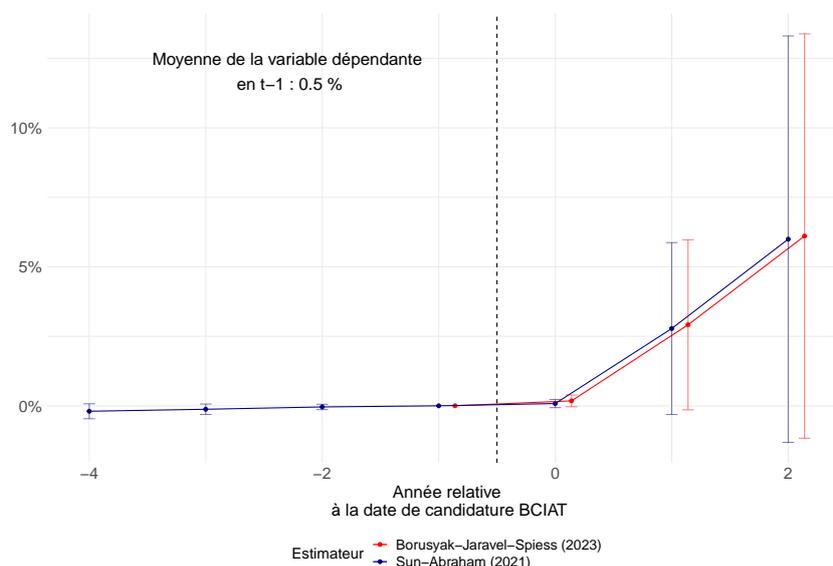
Plusieurs éléments importants peuvent expliquer les différences entre ces résultats et ceux relatifs aux vagues plus anciennes du dispositif BCIAT présentés au chapitre précédent. Premièrement, les clôtures des appels à projets de 2020 ont eu lieu en fin d'année, par opposition aux vagues historiques de l'appel à projets BCIAT, dont les dates de clôture ont typiquement lieu au printemps. De plus, en particulier pour les appels à projets INDUSEE et DECARBIND, certains projets de décarbonation sont constitués de plusieurs sous-projets potentiellement indépendants ou s'enchaînant séquentiellement, ce qui peut signifier que les subventions d'investissement et investissements associés apparaissent de façon séquentielle au bilan des entreprises concernées. Ces premiers éléments peuvent expliquer pourquoi l'apparition des subventions d'investissement au bilan des entreprises est à la fois décalée dans le temps (par contraste, les subventions d'investissement apparaissent dès l'année 0 dans le cas de l'analyse des aides BCIAT "historiques" du chapitre 4), et de façon progressive (par contraste, l'effet est principalement observé en année 0 dans le cas de l'analyse des aides BCIAT "historiques", avec une trajectoire ultérieure plutôt plate). Enfin, les entreprises candidates et lauréates aux aides du plan France Relance ont en moyenne un bilan plus important que celles concernées par les vagues historiques de l'appel à projets BCIAT, ceci étant dû aux appels INDUSEE et DECARBIND, qui concernent des investissements industriels de grande taille. Ceci a tendance à réduire la magnitude des effets sur le ratio subventions d'investissement rapportées au bilan de référence, par comparaison aux effets étudiés dans le cadre du Chapitre 4.

FIGURE 5.2 – Subventions d’investissement au bilan des entreprises, rapportées au bilan de l’année T=-1, par groupes d’entreprises traitées et contrôles

(a) Série brute



(b) Résultats d’estimation



Lecture : L’année de leur première candidature couronnée de succès aux aides France relance, le ratio subventions d’investissement rapportées au bilan de référence (année précédente) des entreprises lauréates est de 0,8 %.

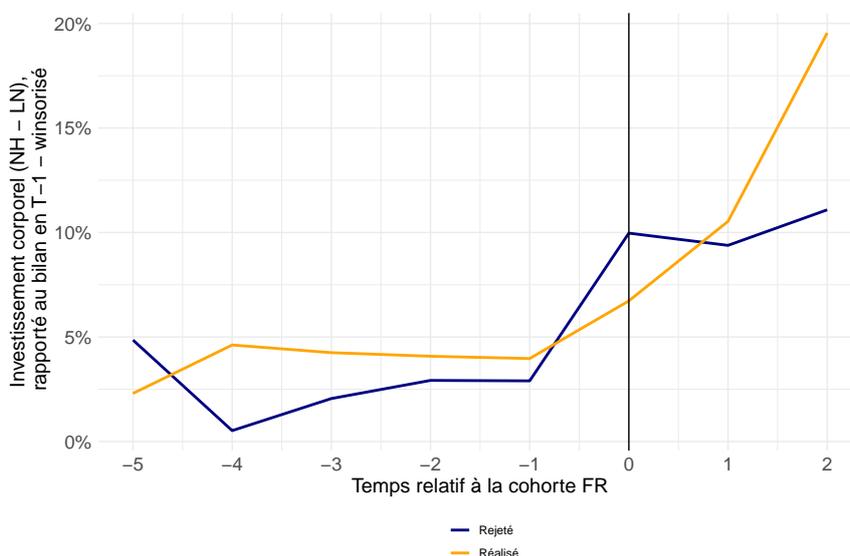
Note : Panel (a) Valeur moyenne du ratio des subventions d’investissement (case DJ) rapportées au bilan de référence (année T-1) d’une entreprise. Le ratio est winsorisé au delà de 3 déviations standard. La série jaune représente les entreprises traitées et la série bleue les entreprises contrôles.

Panel (b) Résultats d’estimation d’une étude d’événements empilés sur le ratio des subventions d’investissement (case DJ) rapportées au bilan de référence de l’entreprise (année T-1). La cohorte pertinente pour les entreprises traitées est définie comme la première année de candidature aux aides France Relance couronnée de succès et concernant un projet n’ayant pas été abandonné ; les entreprises contrôles sont celles qui ne peuvent être considérées comme traitées pour aucune cohorte. Les intervalles représentés sont des intervalles de confiance statistique à 95 %. La série bleue représente l’estimateur de Sun-Abraham pour les études d’événements empilés à état absorbant, avec les coefficients associés aux années T-3, T-2 et T-1. La série rouge représente l’estimateur de Borusyak-Jaravel-Spiess, plus efficace que le précédent, mais à la référence différente (ensemble des années pré-traitement plutôt qu’année T-1).

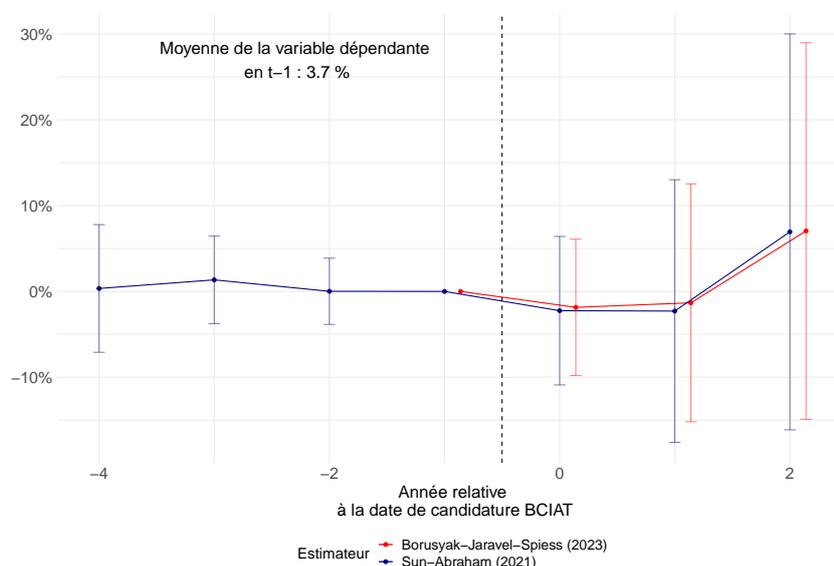
Source : Données Ademe, liasses fiscales BIC RN/RS 2005 à 2022 ; calculs des auteurs.

FIGURE 5.3 – Investissement corporel des entreprises, rapporté au bilan de l'année T=-1, par groupes d'entreprises traitées et contrôles

(a) Série brute



(b) Résultats d'estimation



Lecture : L'année de leur première candidature couronnée de succès aux aides France relance, le ratio subventions d'investissement rapportées au bilan de référence (année précédente) des entreprises lauréates est de 0,8%.

Note : Panel (a) Valeur moyenne du ratio des subventions d'investissement (case DJ) rapportées au bilan de référence (année T-1) d'une entreprise. Le ratio est winsorisé au delà de 3 déviations standard. La série jaune représente les entreprises traitées et la série bleue les entreprises contrôles.

Panel (b) Résultats d'estimation d'une étude d'événements empilés sur le ratio des subventions d'investissement (case DJ) rapportées au bilan de référence de l'entreprise (année T-1). La cohorte pertinente pour les entreprises traitées est définie comme la première année de candidature aux aides France Relance couronnée de succès et concernant un projet n'ayant pas été abandonné; les entreprises contrôles sont celles qui ne peuvent être considérées comme traitées pour aucune cohorte. Les intervalles représentés sont des intervalles de confiance statistique à 95%. La série bleue représente l'estimateur de Sun-Abraham pour les études d'événements empilées à état absorbant, avec les coefficients associés aux années T-3, T-2 et T-1. La série rouge représente l'estimateur de Borusyak-Jaravel-Spiess, plus efficace que le précédent, mais à la référence différente (ensemble des années pré-traitement plutôt qu'année T-1).

Source : Données Ademe, liasses fiscales BIC RN/RS 2005 à 2022; calculs des auteurs.

La Figure 5.3 représente les mêmes séries, cette fois-ci pour l'investissement corporel, lui aussi rapporté au bilan de référence des entreprises (celui de l'année T-1, où T est l'année de la cohorte). Les résultats du Panel (a) suggèrent que les trajectoires des entreprises contrôles et traitées se croisent plusieurs fois entre les périodes T-5 et T+1, jusqu'à diverger de façon plus importante en T+2, l'investissement corporel des entreprises traitées représentant 20 % de leur bilan de référence en T+2, contre seulement 12 % pour les entreprises contrôles. Les résultats du Panel (b), bien que très imprécis statistiquement, suggèrent également que l'investissement corporel est stable l'année de la candidature aux aides France Relance et l'année suivante, puis augmente, deux ans après la candidature, à hauteur de 6 % du bilan de référence. De nombreuses précautions sont à prendre dans l'interprétation de ces résultats. D'une part, du fait de la petite taille des échantillons, ils sont statistiquement très imprécis. Il est impossible, au vu des données disponibles, d'exclure des effets négatifs des aides sur l'investissement, comme il est également impossible d'exclure des effets plus importants en magnitude. L'interprétation des intervalles de confiance à 95 % doit être comprise comme suit : dans 95 % des cas, une valeur peut être observée dans cet intervalle en présence d'un effet réel nul des aides sur l'investissement. D'autre part, du fait du recul temporel offert par les données *par construction* les résultats positifs suggérés sur l'année T+2 ne sont obtenus que grâce aux données portant sur la seule vague de candidatures 2020.

Les vagues historiques de l'appel à projets BCIAT, étudiées dans les chapitres précédents, peuvent offrir un point de comparaison utile. Alors que le délai d'apparition des subventions d'investissement des entreprises à leur bilan était beaucoup plus court (et essentiellement observé dès l'année T=0), les effets sur l'investissement sont étalés jusqu'à trois ans après la candidature aux aides. Etant donné les résultats portant sur les subventions d'investissement décrits plus haut (cf. Figure 5.2), il n'est ainsi pas nécessairement étonnant d'observer un délai dans l'apparition de la réponse en matière d'investissement corporel. De plus, la familiarité moindre

-par comparaison aux appels à projets BCIAT « historiques »- des acteurs industriels aussi bien avec les cahiers des charges des appels à projets du plan France Relance qu'avec les nouveaux types d'investissement concernés peut également avoir occasionné un retard éventuel de la réaction en matière d'investissement. Quoiqu'il en soit, il n'est pas à l'heure actuelle possible de détecter un effet positif des aides sur l'investissement à l'horizon d'un an après la candidature aux aides du plan France Relance, comme il n'est pas possible de le rejeter avec certitude. Pour les projets ayant été déposés en 2020 (appels BCIAT et INDUSEE), les résultats suggèrent une réaction positive de l'investissement corporel à l'horizon de deux ans après la candidature.

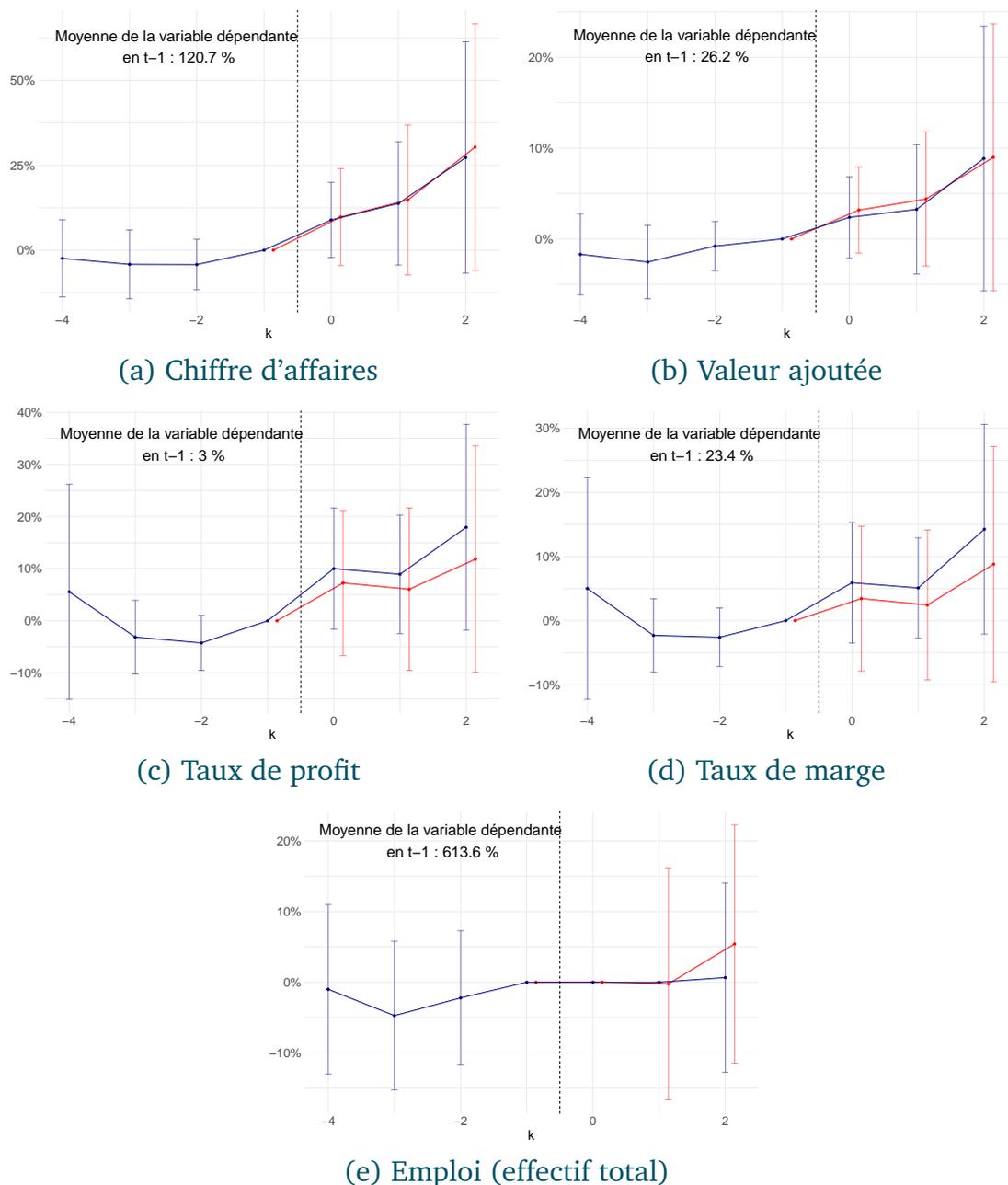
La Figure 5.4 résume les effets des aides sur les mêmes dimensions économiques que celles étudiées au Chapitre 4. Très imprécisément estimés, ces effets sont compatibles avec un effet positif des aides sur le chiffre d'affaires et la valeur ajoutée des entreprises, avec des effets moins prononcés sur le taux de profit et le taux de marge des entreprises, et nuls sur l'emploi. Étant données les précautions déjà apportées sur la qualification des effets en année T+2, il convient de prendre ces résultats préliminaires avec beaucoup de prudence.

5.4 Conclusion

Les résultats présentés dans cette partie semblent globalement cohérents avec d'une part, ceux présentés dans le Chapitre 4, et d'autre part, ce que l'on sait des différences entre les appels à projets BCIAT historiques et les appels à projets du plan France Relance.

Les appels à projets du plan France Relance étaient plus inhabituels dans le paysage industriel auquel ils s'adressaient que l'appel à projet BCIAT. La temporalité de la validation des dossiers et la date à laquelle les appels ont été clôturés, allongent le temps d'apparitions des subventions d'investissement au bilan des entreprises

FIGURE 5.4 – Effet sur des variables d’activité et de performance économique.



Lecture : L’effet du bénéfice des aides France Relance en année $T=0$ (année de la candidature aux aides) sur le chiffre d’affaires est de 10 % du bilan de l’année de référence, avec un intervalle de confiance à 95 % allant de -4 % à 24 %.

Note : Résultats d’estimation sur (a) le chiffre d’affaires, normalisé par la taille du bilan de l’année de référence (b) la valeur ajoutée, normalisée par la taille du bilan de l’année de référence (c) le taux de profit (d) le taux de marge et (e) les effectifs totaux.

Les intervalles représentés sont des intervalles de confiance statistique à 95 %. La série bleue représente l’estimateur de Sun-Abraham pour les études d’événements empilées à état absorbant, avec les coefficients associés aux années T-3, T-2 et T-1. La série rouge représente l’estimateur de Borusyak-Jaravel-Spiess, plus efficace que le précédent, mais à la référence différente (ensemble des années pré-traitement plutôt qu’année T-1).

Source : Données Ademe, liasses fiscales BIC-RN/RS 2005 à 2022 ; calculs des auteurs.

bénéficiaires. Les effets sur l'investissement corporel semblent également décalés dans le temps, encore que l'imprécision statistique des résultats interdise de tirer des conclusions trop définitives. Il semble que les effets sur l'investissement apparaissent surtout à partir de la deuxième année fiscale consécutive à l'obtention des aides.

En tout état de cause, ces résultats appellent de plus amples analyses lors que de nouvelles données seront disponibles qui permettent ou bien d'approfondir le recul temporel de l'analyse, ou bien de qualifier la nature des investissements consentis et leurs conséquences en matière de consommations énergétiques.

ANNEXE

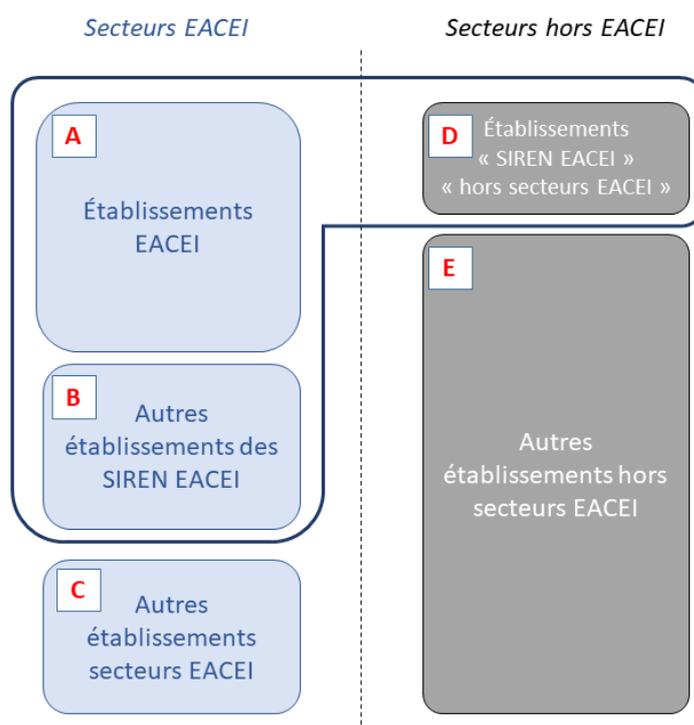
A Emissions de CO₂ des entreprises

La méthodologie utilisée pour le calcul des émissions directes de GES des entreprises repose sur les consommations d'énergie des établissements industriels renseignées dans l'EACEI. De ce fait, le champ des émissions estimées est celui des émissions directes des entreprises possédant au moins un établissement industriel ayant répondu à l'EACEI. Ce champ est représenté dans la figure A5. Les trois étapes principales du calcul des émissions directes de GES des entreprises sont décrites dans les sections qui suivent.

A.1 Calcul des émissions des établissements à partir des consommations d'énergie observées

Dans un premier temps, il s'agit de calculer les émissions directes de CO₂ des établissements industriels observés dans l'Enquête Annuel sur la Consommation des Etablissements Industriels (EACEI) (qui correspondent au groupe A dans la figure A5). Pour ce faire, les données individuelles des établissements enquêtés sur la consommation de chaque type d'énergie (électrique, fioul lourd, fioul domestique, bois, charbon, etc) sont multipliées par des facteurs correspondant aux émissions carbonées engendrées par la consommation de ces différents types d'énergie calculés par l'Ademe et présentés dans le tableau A5. La période couverte s'étend de 2005 à 2020.

FIGURE A5 – Représentation du champ des établissements considérés



Lecture : Les établissements dans le champ considéré sont ceux qui sont présents dans l'EACEI et ceux qui appartiennent à une entreprise dont au moins un établissement est présent dans l'EACEI, qu'ils soient dans un secteur couvert par l'EACEI ou non.

Note : La figure représente le champ des établissements considérés selon qu'ils appartiennent ou non à un secteur couvert par l'EACEI et font ou non partie d'une entreprise dont au moins un des établissements est présent dans l'EACEI.

Source : Auteurs.

TABLEAU A5 – Facteurs d'émissions

Energie	FE	unités
Bois	0,0166	kgCO ₂ eq/kg
Butane/Propane	2,965	kgCO ₂ eq/kg
Coke de houille	3,03	kgCO ₂ eq/kg
Coke de pétrole	3,1	kgCO ₂ eq/kg
Electricité 2005	0,0502	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2006	0,0502	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2007	0,0502	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2008	0,0502	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2009	0,0502	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2010	0,0502	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2011	0,0502	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2012	0,0518	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2013	0,0715	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2014	0,0677	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2015	0,0575	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2016	0,0542	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2017	0,0532	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2018	0,0553	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2019	0,0587	kgCO ₂ eq/kWh
Electricité 2020	0,0583	kgCO ₂ eq/kWh
Fioul domestique	2,68	kgCO ₂ eq/L
Fioul lourd	3,14	kgCO ₂ eq/kg
Gaz naturel	0,169	kgCO ₂ eq/kWhPCS
Gaz non-naturels	0,469	kgCO ₂ eq/kWhPCI
Houille	3,08	kgCO ₂ eq/kg
Lignite	1,72	kgCO ₂ eq/kg
Liqueur noire	1,256	kgCO ₂ eq/kg
Vapeur	0,112	kgCO ₂ eq/kg

Lecture : La combustion d'un litre de fioul domestique émet 2,68kg de CO₂ équivalent.

Note : Les facteurs d'émissions retenus considèrent uniquement les émissions liées à la combustion sauf pour l'électricité et le bois où les émissions liées à l'amont et aux transports sont également prises en compte.

Source : Base Empreinte, Ademe.

A.2 Imputations des émissions de CO₂ des établissements non observés dans les enquêtes

Une fois ces émissions carbone calculées et additionnées pour chaque établissement, la seconde étape consiste à compléter la base de données avec les éta-

blissements non enquêtés dans l'EACEI appartenant aux entreprises dont au moins un établissement a répondu à l'EACEI (groupe B et D dans la figure A5). Afin de connaître l'ensemble des établissements pour chaque entreprise possédant au moins un établissement dans le groupe A, les données EACEI d'une année donnée sont appariées avec la Base Tous Salariés (Insee) de l'année correspondante, préalablement agrégée au niveau établissement, grâce à leur variable commune d'identification des entreprises, le SIREN. La Base Tous Salariés permet également d'obtenir des informations sur les caractéristiques de l'ensemble des établissements telles que leur secteur d'activité, leur localisation au niveau départemental et la composition de leur masse salariale en terme de catégories socio-professionnelles. L'estimation des données de consommation d'énergie et d'émissions carbone manquantes au niveau établissement est ensuite réalisée grâce à un algorithme de gradient boosting⁴ entraîné sur les données EACEI pour la prédiction des établissements du groupe B et sur les données de l'Enquête sur les Consommations des Établissements du Tertiaire (ECET) pour les établissements tertiaires du groupe D. Dans les deux cas, les variables explicatives utilisées dans le modèle de prédiction de la consommation d'énergie et des émissions carbone sont les caractéristiques des établissements de la Base Tous Salariés (effectif, part de salariés dans les différentes catégories socio-professionnelles, nombre d'heures travaillées, salaires, secteur d'activité, département), qui sont connues pour l'ensemble des établissements, qu'ils soient observés ou non dans une des enquêtes.

- Pour la prédiction des émissions des établissements du groupe B, le modèle est entraîné pour chaque année sur l'échantillon d'établissements observés dans l'EACEI puis utilisé pour estimer les données de consommation d'énergie et

4. Le gradient boosting est un algorithme d'apprentissage supervisé qui consiste en un ensemble d'arbres de décisions aux performances faibles (appelés « weak learners ») qui améliorent itérativement les prédictions des weak learners précédents, permettant d'obtenir un modèle de prédiction très performant. Cet algorithme a été sélectionné pour sa meilleure performance en terme de réduction de l'erreur carré moyenne suite à un exercice de validation croisée comparant plusieurs algorithmes sur cinq échantillons d'entraînement et de test différents sélectionnés au hasard parmi l'échantillon d'établissements observés dans l'EACEI.

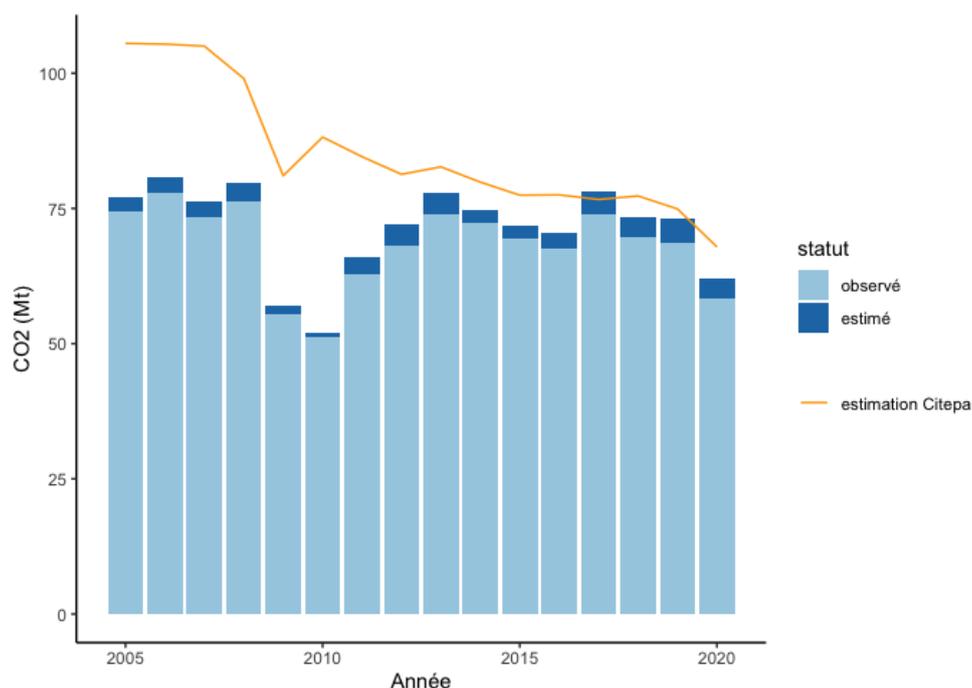
d'émissions CO₂ non observées de l'année correspondante.

- Pour la prédiction des émissions des établissements du groupe D appartenant au secteur tertiaire, l'ECET, qui n'a été réalisée que pour l'année 2011, est préalablement vieillie en multipliant les données individuelles de consommation des différentes énergies par les taux de croissance de la consommation des énergies correspondantes au niveau national calculés à partir des données du Ministère pour la Transition Écologique sur la consommation finale d'énergie par secteur. Le modèle de prédiction est ensuite entraîné pour chaque année sur l'échantillon d'établissements observés dans l'ECET puis utilisé pour estimer les données de consommation d'énergie et d'émissions CO₂ non observées de l'année correspondante.

A.3 Agrégation des émissions de CO₂ au niveau entreprise

La dernière étape est l'agrégation des émissions de CO₂ de l'ensemble des établissements appartenant à une même entreprise qui consiste simplement à sommer les émissions de CO₂ de ces établissements. Les résultats sont présentés dans la figure A6. Ce graphique illustre la faible proportion d'émissions estimées dans les résultats, environ 5% des émissions totales. Le total des émissions est également comparé avec l'estimation des émissions de CO₂ du Citepa, une association sans but lucratif chargée par le gouvernement de réaliser le bilan carbone de la France. L'EACEI n'étant pas exhaustive, il est normal que nos résultats soient en dessous des estimations du Citepa. De plus, le champ n'est pas exactement le même car sont pris en compte dans notre estimation les établissements non industriels appartenant à une entreprise industrielle, ce qui n'est pas le cas pour le Citepa.

FIGURE A6 – Emissions CO₂ dans le secteur industriel



Lecture : En 2019, le total des émissions calculées à partir des données de consommation d'énergie observées dans l'EACEI est égal à près de 69 millions de tonnes de CO₂, tandis que les émissions de CO₂ estimées pour les établissements non observés dans l'EACEI qui appartiennent à une entreprise dont au moins un établissement est observé dans l'EACEI totalisent 4,3 millions. L'estimation du Citepa pour les émissions de CO₂ du secteur industriel en 2019 est quant à elle de 74,8 millions de tonnes de CO₂.

Note : Le graphique représente les émissions de CO₂ du secteur industriel entre 2005 et 2020 sur la base des données observées dans l'EACEI et des estimations réalisées par les auteurs à partir de ces données et les compare aux estimations réalisées par le Citepa. L'estimation du Citepa a été reconstruite à partir des estimations des différents secteurs industriels couverts dans l'EACEI mais ne considère pas nécessairement exactement le même champ du fait de la définition particulière du secteur industriel adopté par les auteurs et représentée dans la figure A5.

Source : Citepa, EACEI et calcul des auteurs.

B Effets fixes

Les tableaux suivants présentent les coefficients des effets fixes des régressions du Chapitre 1. Certaines valeurs, signalées par un "s", ont été secrétisées du fait du faible nombre d'observations dans les catégories.

TABLEAU B6 – Effets fixes régression statut candidat

Effet fixe	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
effectif(0,10]	-0.021 (0.036)	0.114 (0.043)	-0.018 (0.042)	-0.02 (0.041)	0.114 (0.037)	-0.017 (0.034)
effectif(10,20]	-0.016 (0.012)	0.109 (0.017)	-0.011 (0.009)	-0.015 (0.012)	0.108 (0.016)	-0.01 (0.01)
effectif(20,50]	0 0	0.115 (0.012)	0 0	0 0	0.114 (0.012)	0 0
effectif(50,100]	0.005 (0.005)	0.122 (0.012)	0 (0.004)	0.005 (0.005)	0.12 (0.012)	0 (0.004)
effectif(100,250]	0.004 (0.005)	0.121 (0.011)	0 (0.005)	0.004 (0.005)	0.119 (0.012)	-0.001 (0.004)
effectif(250,500]	0.013 (0.006)	0.118 (0.012)	0.012 (0.005)	0.012 (0.006)	0.117 (0.012)	0.011 (0.005)
effectif(500,1000]	0.059 (0.007)	0.143 (0.013)	0.048 (0.006)	0.058 (0.007)	0.141 (0.013)	0.047 (0.007)
effectif(1000,2000]	0.095 (0.011)	0.159 (0.014)	0.082 (0.009)	0.093 (0.01)	0.157 (0.014)	0.081 (0.01)
effectif(2000,Inf)	0.228 (0.012)	0.23 (0.015)	0.199 (0.011)	0.227 (0.012)	0.228 (0.014)	0.197 (0.01)
NAF10	0.204 (0.012)	0 0	0.155 (0.011)	0.202 (0.013)	0 0	0.152 (0.011)
NAF11	0.22 (0.017)	0.008 (0.01)	0.164 (0.015)	0.218 (0.018)	0.008 (0.011)	0.161 (0.015)
NAF12	s s	s s	s s	s s	s s	s s
NAF16	0.255 (0.014)	0.042 (0.007)	0.173 (0.012)	0.253 (0.014)	0.041 (0.006)	0.17 (0.011)
NAF17	0.045 (0.02)	-0.074 (0.012)	-0.007 (0.016)	0.044 (0.018)	-0.074 (0.012)	-0.009 (0.017)
NAF18	0.217	s	0.173	0.214	s	0.17

	(0.015)	s	(0.013)	(0.015)	s	(0.012)
NAF19	s	s	s	s	s	s
	s	s	s	s	s	s
NAF20	0.225	-0.002	0.178	0.222	-0.002	0.175
	(0.013)	(0.006)	(0.012)	(0.014)	(0.006)	(0.012)
NAF21	0.016	-0.097	-0.015	0.014	-0.097	-0.018
	(0.022)	(0.014)	(0.018)	(0.021)	(0.014)	(0.02)
NAF22	-0.011	-0.111	-0.029	-0.013	-0.111	-0.03
	(0.019)	(0.012)	(0.017)	(0.018)	(0.011)	(0.016)
NAF23	0.231	-0.003	0.188	0.228	-0.003	0.185
	(0.014)	(0.007)	(0.011)	(0.013)	(0.007)	(0.011)
NAF24	0.239	-0.014	0.198	0.236	-0.015	0.195
	(0.014)	(0.007)	(0.012)	(0.014)	(0.008)	(0.011)
NAF25	0.214	s	0.17	0.211	s	0.168
	(0.013)	s	(0.012)	(0.013)	s	(0.011)
NAF26	0.224	s	0.178	0.221	s	0.174
	(0.018)	s	(0.016)	(0.019)	s	(0.015)
NAF27	0.212	s	0.17	0.209	s	0.167
	(0.016)	s	(0.014)	(0.014)	s	(0.014)
NAF28	0.205	s	0.161	0.202	s	0.158
	(0.015)	s	(0.014)	(0.015)	s	(0.014)
NAF29	0.2	-0.003	0.153	0.197	-0.004	0.149
	(0.015)	(0.007)	(0.013)	(0.014)	(0.007)	(0.013)
NAF30	0.22	-0.002	0.178	0.217	-0.003	0.174
	(0.018)	(0.011)	(0.017)	(0.018)	(0.011)	(0.015)
NAF33	0.244	0.018	s	0.241	0.018	s
	(0.016)	(0.006)	s	(0.015)	(0.006)	s
NAF35	0.149	-0.028	0.111	0.147	-0.028	0.109
	(0.053)	(0.034)	(0.054)	(0.05)	(0.044)	(0.053)
NAF36	-0.025	s	-0.039	-0.026	s	-0.04
	(0.021)	s	(0.019)	(0.019)	s	(0.019)
NAF38	0.211	-0.002	0.165	0.209	-0.002	0.163
	(0.014)	(0.008)	(0.013)	(0.015)	(0.007)	(0.013)
NAF42	0.213	s	0.173	0.211	s	0.17
	(0.026)	s	(0.026)	(0.026)	s	(0.021)
NAF46	0.224	0	0.173	0.221	-0.001	0.17
	(0.015)	(0.008)	(0.013)	(0.014)	(0.008)	(0.013)
NAF49	0.216	0.003	0.157	0.215	0.003	0.154
	(0.023)	(0.019)	(0.023)	(0.024)	(0.02)	(0.024)

NAF52	0.159	s	0.125	0.158	s	0.124
	(0.08)	s	(0.062)	(0.062)	s	(0.06)
NAF70	0.274	0.022	0.238	0.271	0.021	0.235
	(0.024)	(0.016)	(0.021)	(0.022)	(0.017)	(0.02)
NAF71	0.181	s	0.141	0.177	s	0.137
	(0.029)	s	(0.026)	(0.03)	s	(0.026)
NAF72	0.318	s	0.279	0.315	s	0.276
	(0.06)	s	(0.047)	(0.05)	s	(0.047)
NAF8	0.164	s	0.131	0.162	s	0.128
	(0.017)	s	(0.015)	(0.017)	s	(0.016)
NAF82	0.211	s	0.165	0.206	s	0.162
	(0.038)	s	(0.035)	(0.037)	s	(0.034)
NAF9	0.21	-0.002	0.066	0.208	-0.002	0.063
	(0.049)	(0.041)	(0.047)	(0.056)	(0.044)	(0.043)

TABLEAU B6 – Effets fixes régression statut bénéficiaire

Effet fixe	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
effectif(20,50]	2.271	2.156	s	2.312	2.363	s
	(0.448)	(0.704)	s	(0.463)	(0.627)	s
effectif(50,100]	2.317	2.207	2.221	2.352	2.397	2.098
	(0.407)	(0.63)	(0.547)	(0.385)	(0.607)	(0.549)
effectif(100,250]	1.946	1.796	2.049	1.989	1.977	1.928
	(0.381)	(0.562)	(0.584)	(0.375)	(0.53)	(0.523)
effectif(250,500]	2.147	2.142	2.226	2.164	2.282	2.065
	(0.404)	(0.596)	(0.558)	(0.38)	(0.549)	(0.523)
effectif(500,1000]	2.351	2.108	2.105	2.365	2.265	1.952
	(0.401)	(0.601)	(0.548)	(0.395)	(0.56)	(0.526)
effectif(1000,2000]	2.224	2.312	2.433	2.235	2.523	2.27
	(0.411)	(0.637)	(0.576)	(0.395)	(0.59)	(0.531)
effectif(2000,Inf)	2.331	2.091	2.245	2.332	2.189	2.066
	(0.41)	(0.595)	(0.576)	(0.399)	(0.551)	(0.529)
NAF10	1.703	1.511	1.725	1.709	1.647	1.629
	(0.248)	(0.392)	(0.35)	(0.247)	(0.374)	(0.325)
NAF11	1.33	s	s	1.311	s	s
	(0.358)	s	s	(0.363)	s	s
NAF16	1.757	1.584	s	1.752	1.716	s
	(0.29)	(0.448)	s	(0.309)	(0.429)	s

Evaluation des aides à la décarbonation du plan France Relance

NAF17	1.473 (0.228)	1.338 (0.38)	1.409 (0.345)	1.484 (0.225)	1.489 (0.37)	1.33 (0.304)
NAF18	s s	s s	s s	s s	s s	s s
NAF20	1.425 (0.234)	1.581 (0.404)	1.54 (0.342)	1.409 (0.233)	1.672 (0.385)	1.426 (0.302)
NAF21	1.78 (0.336)	s s	s s	1.773 (0.363)	s s	s s
NAF22	1.527 (0.326)	s s	s s	1.596 (0.324)	s s	s s
NAF23	1.536 (0.243)	1.077 (0.398)	1.676 (0.335)	1.532 (0.231)	1.133 (0.355)	1.587 (0.289)
NAF24	1.501 (0.261)	s s	1.695 (0.364)	1.514 (0.246)	s s	1.578 (0.316)
NAF25	1.7 (0.32)	s s	1.424 (0.437)	1.729 (0.314)	s s	1.351 (0.45)
NAF26	s s	s s	s s	s s	s s	s s
NAF27	1.747 (0.362)	s s	2.036 (0.46)	1.757 (0.334)	s s	1.92 (0.413)
NAF29	2.07 (0.363)	s s	s s	2.058 (0.345)	s s	s s
NAF30	1.411 (0.366)	s s	1.321 (0.464)	1.389 (0.361)	s s	1.181 (0.449)
NAF38	1.364 (0.357)	s s	s s	1.35 (0.343)	s s	s s
NAF42	s s	s s	s s	s s	s s	s s
NAF46	1.734 (0.268)	1.435 (0.447)	1.603 (0.379)	1.722 (0.259)	1.497 (0.425)	1.477 (0.375)
NAF49	s s	s s	s s	s s	s s	s s
NAF70	1.729 (0.295)	s s	1.442 (0.406)	1.719 (0.305)	s s	1.325 (0.389)
NAF72	s s	s s	s s	s s	s s	s s
NAF9	s s	s s	s s	s s	s s	s s

LISTE DES TABLEAUX

1.1	Caractéristiques des appels à projets	33
1.2	Caractéristiques des projets des entreprises traitées et contrôles, selon qu'elles sont appariées ou non avec l'EACEI	40
1.3	Caractéristiques des entreprises bénéficiaires, candidates et non can- didates	42
1.4	Statistiques descriptives des projets BCIAT	48
1.5	Statistiques descriptives des projets INDUSEE	49
1.6	Statistiques descriptives des projets DECARBIND	51
1.7	Regression statut candidat	61
1.8	Regression statut beneficiaire	62
1.9	Caractéristiques des entreprises candidates et lauréates aux aides au guichet, et des autres entreprises des mêmes secteurs, en 2021	66
2.1	Projections World Energy Outlook	88
2.2	Recommandations CE	92
2.3	Hypothèses retenues pour l'évolution des coûts dans l'évaluation Ademe	92
2.4	Niveaux de prix initiaux retenus par l'Ademe dans son évaluation économique	98
2.5	Part des projets pour lesquels chaque concept de VAN est positif, en fonction des scénario – $\delta_{\text{privé}} = 6,5\%$	105

2.6	Part des projets pour lesquels chaque concept de VAN est positif, en fonction des scénarios – $\delta_{\text{privé}} = 3,51\%$	107
2.7	Part des projets pour lesquels chaque concept de VAN est positif, en fonction des scénarios – $\delta_{\text{privé}} = 4,5\%$	108
2.8	Part des projets pour lesquels chaque concept de VAN est positif, en fonction des scénarios – $\delta_{\text{privé}} = 10\%$	109
4.1	Caractéristiques des entreprises traitées et contrôles (panel cylindré court)	142
4.2	Caractéristiques des entreprises traitées et contrôles (panel cylindré court)	144
5.1	Caractéristiques des entreprises traitées et contrôles (panel cylindré court)	174
A5	Facteurs d'émissions	185
B6	Effets fixes régression statut candidat	189
B6	Effets fixes régression statut bénéficiaire	191

LISTE DES FIGURES

1.1	Distribution des tonnes de CO ₂ eq. évitées par tous les projets INDUSTRIE, DECARBIND et BCIAT	35
1.2	Distribution sectorielle des entreprises présentes dans les données des appels à projets, appariées et non appariées avec l'EACEI	38
1.3	Distribution de l'intensité CO ₂ de la valeur ajoutée, par groupes d'entreprises	45
1.4	Distribution de l'intensité en consommation énergétique de la valeur ajoutée, par groupes d'entreprises	46
1.5	Euros investis par tCO ₂ eq. évitée, et ampleur de la réduction des émissions	47
1.6	Répartition sectorielle des établissements et entreprises bénéficiaires et candidats non bénéficiaires	53
1.7	Répartition sectorielle des établissements et entreprises bénéficiaires par appel à projets	54
1.8	Répartition par taille des candidats et lauréats	55
1.9	Répartition par taille et par AAP des lauréats	56
1.10	Distribution sectorielle des candidats et lauréats des aides au guichet	65
2.1	Evolution du prix du MWh PCI livré HTVA de la biomasse, en euros	83
2.2	Evolution des prix des énergies fossiles depuis 2007	85
2.3	Evolution du prix des quotas d'émission sur le marché SCEQE	86

2.4	IEA - Hypothèses sur le prix du gaz naturel, 2019-2025	89
2.5	Prix des contrats à terme pour la fourniture de gaz sur la place PEG, mois de juillet et août 2022	91
2.6	Trajectoire pour la valeur tutélaire du carbone, Quinet (2019)	94
2.7	Comparaison des différents scénarios pour l'évolution des prix des fossiles et des évolutions de prix observées	95
2.8	18 scenarios (gaz)	97
3.1	Nombre de projets déposés par année	116
3.2	Distribution des statuts des projets, par année de candidature	117
3.3	Taux d'abandon par cohorte de candidature	118
3.4	Nombre de projets déposés par année, et par source de financements	119
3.5	Taux de l'aide par année	120
3.6	Taux de l'aide selon le statut éventuel du projet	121
3.7	Taille des projets (euros investis), par année	122
3.8	Taille des projets (puissance installée), par année	123
3.9	Investissements rapportés à la taille des projets, par année	124
3.10	Distribution sectorielle, selon les périodes	126
3.11	Distribution sectorielle, selon les statuts des projets	127
3.12	Distribution géographique et statut	128
4.1	Cohortes d'entreprises traitées et contrôles appariées avec les don- nées fiscales	141
4.2	Cohortes d'établissements traités et contrôles appariés avec les don- nées de l'enquête EACEI	143
4.3	Subventions d'investissement au bilan des entreprises, rapportées au bilan de l'année T=-1, par groupes d'entreprises trai- tées et contrôles	152
4.4	Effet sur l'investissement corporel, rapporté au bilan de l'année T-1 .	154

4.5	Effet sur les subventions d'investissements, rapportées au bilan de l'année T-1, par statut des projets	155
4.6	Effet sur l'investissement corporel, rapporté au bilan de l'année T-1, par statut des projets	156
4.7	Effet sur la probabilité que l'investissement corporel excède 50 % de l'investissement projeté dans le dossier de candidature, rapporté au bilan de l'année T-1	158
4.8	Probabilité de consommer de la biomasse par groupes d'établissements traités et contrôles	160
4.9	Consommation moyenne de gaz naturel par groupes d'établissements traités et contrôles, en MWh	161
4.10	Emissions directes annuelles moyennes de tCO ₂ eq. par groupes d'établissements traités et contrôles	162
4.11	Effet sur des variables d'activité et de performance économique.	164
5.1	Cohortes retenues dans l'estimation pour l'effet des aides France Relance	173
5.2	Subventions d'investissement au bilan des entreprises, rapportées au bilan de l'année T=-1, par groupes d'entreprises traitées et contrôles	176
5.3	Investissement corporel des entreprises, rapporté au bilan de l'année T=-1, par groupes d'entreprises traitées et contrôles	177
5.4	Effet sur des variables d'activité et de performance économique.	180
A5	Représentation du champ des établissements considérés	184
A6	Emissions CO ₂ dans le secteur industriel	188



L'Institut des politiques publiques (IPP) est développé dans le cadre d'un partenariat scientifique entre PSE-Ecole d'économie de Paris (PSE) et le Centre de Recherche en Économie et Statistique (CREST). L'IPP vise à promouvoir l'analyse et l'évaluation quantitatives des politiques publiques en s'appuyant sur les méthodes les plus récentes de la recherche en économie.

PSE a pour ambition de développer, au plus haut niveau international, la recherche en économie et la diffusion de ses résultats. Elle rassemble une communauté de près de 140 chercheurs et 200 doctorants, et offre des enseignements en Master, École d'été et Executive education à la pointe de la discipline économique. Fondée par le CNRS, l'EHESS, l'ENS, l'École des Ponts-ParisTech, l'INRA, et l'Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, PSE associe à son projet des partenaires privés et institutionnels. Désormais solidement installée dans le paysage académique mondial, la fondation décloisonne ce qui doit l'être pour accomplir son ambition d'excellence : elle associe l'université et les grandes écoles, nourrit les échanges entre l'analyse économique et les autres sciences sociales, inscrit la recherche académique dans la société, et appuie les travaux de ses équipes sur de multiples partenariats. www.parisschoolofeconomics.eu



Le Groupe des écoles nationales d'économie et statistique (GENES) est un établissement public d'enseignement supérieur et de recherche. Au sein du GENES, le CREST est un centre de recherche interdisciplinaire spécialisé en méthodes quantitatives appliquées aux sciences sociales regroupant des chercheurs l'ENSAE Paris, de l'ENSAI, du département d'Économie de l'École polytechnique et du CNRS. <http://www.groupe-genes.fr/> – <http://crest.science>

