



MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE,
DES FINANCES
ET DE LA SOUVERAINETÉ
INDUSTRIELLE ET NUMÉRIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Les coûts d'abattement : euros dépensés par tonne de CO₂eq éliminée

Un outil d'analyse des leviers de décarbonation de l'économie : application aux secteurs de la rénovation des logements, des véhicules routiers et de l'industrie.

1. La mobilisation des coûts d'abattement (euros dépensés par tonne de CO₂eq éliminée) fournit un cadre d'analyse utile des leviers de décarbonation de l'économie.

La transition écologique nécessite une réorientation massive et rapide des flux d'investissements vers les postes de décarbonation. Les besoins supplémentaires nets privés et publics¹ dans les actifs bas-carbone sont estimés en France à +63 Md€/an en 2030 par rapport à 2021². Les montants de financements à mobiliser chaque année dépassent donc de loin les capacités du seul secteur public, en particulier dans un cadre contraint pour les finances publiques. Ainsi, il est indispensable de maximiser les financements bas-carbone ou les émissions abattues supplémentaires **effectivement déclenchées par le soutien public.**

Les coûts d'abattement permettent de comparer l'efficacité en €/tCO₂eq de leviers de décarbonation semblables³ selon la formule suivante :

Formule 1 : Formule des coûts d'abattement

$$CA = \frac{\text{Surcoût de l'option étudiée par rapport à la référence}}{\text{Volume d'émissions évitées par l'option étudiée par rapport à la référence}}$$

Source : France Stratégie (2021), « [Les coûts d'abattement. Partie 1 – Méthodologie](#) », Rapport de la commission présidée par Patrick Criqui.

Note de lecture : Les coûts d'abattement rapportent le surcoût actualisé d'un actif bas-carbone par rapport à son alternative carbonée sur toute sa durée d'utilisation (au numérateur), aux émissions qu'il permet d'éviter sur la même période (au dénominateur).

Exemple simplifié : À titre illustratif, une voiture électrique coûtant 10 000 € de plus à l'achat qu'une voiture thermique, et permettant 800 €/an d'économies de carburant, tout en émettant 2 tCO₂eq/an de moins, aura un coût d'abattement privé non-actualisé sur 10 ans de : $\frac{10\,000\text{ €} - 10\text{ ans} \cdot 800\text{ €/an}}{10\text{ ans} \cdot 2\text{ tCO}_2\text{eq/an}} = 100\text{ €/tCO}_2\text{eq}$. Cet exemple est illustratif, dans le reste de l'analyse les flux futurs au numérateur sont actualisés.

Seuls, les coût d'abattement ne suffisent pas à hiérarchiser les leviers de décarbonation⁴. La méthode dite ABCDE, développée en 2023 par la DG Trésor⁵, vise à éclairer les choix de transition dans le but de sélectionner une trajectoire de décarbonation « coût-efficace » et compatible avec nos objectifs climatiques. Cette méthode permet de tenir compte d'enjeux essentiels à la décarbonation comme : le bouclage physique de la transition⁶, les risques de verrouillage technologique, les contraintes sur le rythme de déploiement (par exemple la tension sur la main d'œuvre dans la rénovation), la séquentialité des leviers (déploiement d'un levier coût-efficace dépendant d'un levier plus coûteux⁷), la pilotabilité de la décarbonation (par exemple la concentration des émissions dans l'industrie rend le suivi plus

¹ Les besoins nets incluent les moindres investissements dans les alternatives carbonées et dans la construction neuve.

² Gourmand L. (2024), [Document de Travail de la DG Trésor n° 2024/2, « Quels besoins d'investissements pour les objectifs français de décarbonation en 2030 ? »](#)

³ Des différences à l'usage peuvent subsister, jouant sur l'adoption du levier par les acteurs (par ex. différence d'autonomie entre véhicules électriques et thermiques). L'analyse des coûts d'abattement des leviers reposant sur un changement d'usage n'est pas réalisée ici. Toutefois, ces leviers restent indispensables à l'atteinte des objectifs de décarbonation et peuvent s'avérer grandement coût-efficaces (par ex. passage de la voiture au vélo si faisable).

⁴ Des leviers à coûts d'abattement « élevés » pourraient être subventionnés (pour structurer une filière indispensable à la décarbonation de long terme ou pour enclencher sa dynamique de déploiement). Au contraire, des leviers à coûts d'abattement « faibles » pourraient être non subventionnés ou dépriorisés, pour éviter des effets d'aubaine ou de verrouillage technologique dans des solutions non compatibles avec les objectifs de long terme.

⁵ DG Trésor (2023), [Rapport intermédiaire sur les enjeux économiques de la transition vers la neutralité carbone](#) ».

⁶ Usage de ressources limitées et essentielles à la transition.

⁷ Mise en place d'un levier coût-efficace à court-terme, mais renchérissant le coût global de l'atteinte des objectifs de baisse d'émissions à long-terme.

aisé qu'un levier dépendant d'un grand nombre d'acteurs) ou encore la nécessité d'une approche systémique pour atteindre l'objectif de neutralité carbone (cf. Annexe).

Les coûts d'abattement sont ici calculés pour trois secteurs (logements, transports, industrie).

De nombreuses notions de coût d'abattement coexistent (cf. encadré méthodologique). En théorie, la méthode ABCDE repose sur l'évaluation des coûts d'abattement publics, qui transcrivent l'additionnalité de la dépense publique, c'est-à-dire combien de tCO₂eq supplémentaires sont effectivement abattues pour chaque euro de dépense publique. En pratique, l'additionnalité de la dépense publique reste néanmoins très difficile à évaluer à l'heure actuelle, obérant l'estimation des coûts d'abattement publics⁸. À défaut, nous étudions ici les coûts d'abattement privés et les cofinancements publics (« Cofip »⁹) par tCO₂eq évitées - cf. annexe 1 relative à la méthodologie. Nous appliquons cette méthode à des leviers de rénovation des logements, d'électrification des transports routiers et de décarbonation de l'industrie. En tout état de cause, une priorisation des dépenses de soutien à la transition doit intégrer ces critères afin de ne pas mener à une trajectoire de décarbonation sous-optimale économiquement, peu robuste en termes de limites physiques, ou non acceptable d'un point de vue social.

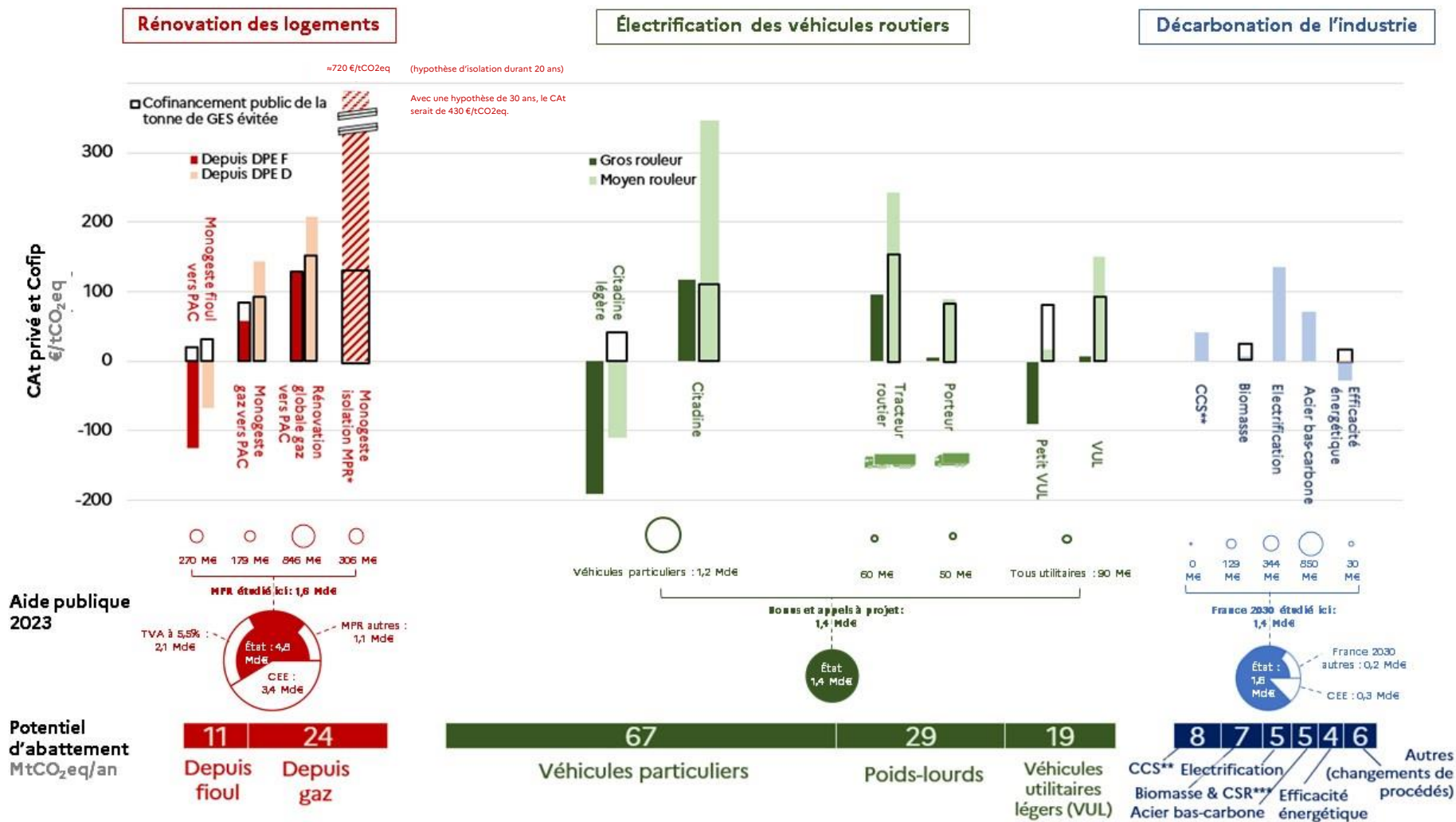
2. Le bilan des coûts d'abattement par secteur laisse apparaître une forte hétérogénéité d'efficience des leviers mobilisés.

La mise en regard des coûts d'abattement privés et cofinancements publics (Cofip) entre différents secteurs fait apparaître une forte variabilité entre secteurs et au sein de chaque secteur. Une analyse détaillée par secteur est fournie ci-après. Il est à noter que les comparaisons intersectorielles des coûts d'abattement sont rendues délicates par plusieurs facteurs, dont notamment la comparabilité des hypothèses d'usage conventionnel (par ex. kilomètres parcourus par un véhicule et température de chauffage d'un logement) ou encore la très forte sensibilité aux hypothèses de calcul (prix des énergies, durée d'amortissement notamment).

⁸ La notion d'additionnalité vise donc aussi à évaluer les investissements sur fonds privés « déclenchés » par le cofinancement public. De nombreux facteurs sont complexes à estimer comme la fraude, l'effet rebond ou encore l'effet d'aubaine, qui font que les cofinancements publics diffèrent des coûts d'abattement publics. Une première estimation d'additionnalité du soutien public a été réalisée pour l'appel à projets BCIAT (Biomasse Chaleur pour l'Industrie, l'Agriculture et le Tertiaire) dans France Stratégie (2024), « [Comité d'évaluation du plan France Relance présidé par Xavier Jaravel. Rapport final. Volume II – Évaluation des dispositifs](#) ».

⁹ Le périmètre du cofinancement public est restreint aux aides à la décarbonation. Les soutiens publics liés à certaines consommations d'énergie ne sont pas pris en compte (e.g. le « chèque énergie » dont bénéficient certains ménages).

Graphique 1: Synthèse des différents résultats par secteurs de l'analyse par coûts d'abattement



*Moyenne des gestes subventionnés via les forfaits par geste MaPrimeRénov' (MPR) relatifs aux parois vitrées ou opaques ; **Capture et stockage du CO₂ ; ***Combustibles solides de récupération. Sources : Données : ONRE et Res-IRF (logements), données constructeurs (transports), données 50 sites (industrie) ; Calculs : DG Trésor et DGE ; Hypothèses : cf. encadré 2.

Note de lecture : En ordonnées, les coûts d'abattement privés et cofinancements publics sont renseignés pour plusieurs leviers de décarbonation des logements, de l'industrie et des transports routiers. Pour l'industrie, les cofinancements publics ne sont pas renseignés pour 3 leviers au vu du caractère récent des aides à la décarbonation. Le potentiel d'abattement du secteur est renseigné en bas du graphique¹⁰.

¹⁰ Pour les logements et les véhicules routiers, le potentiel d'abattement correspond aux émissions annuelles du secteur et a fortiori au gisement d'émissions annuelles qui pourraient être évitées par sa décarbonation. Il correspond aux émissions du levier considéré pour la France pour l'année 2023, issu du [bilan réalisé par le Citepa](#). Pour l'industrie, les potentiels d'abattement correspondent aux réductions d'émissions entre 2019 et 2030 identifiées dans le cadre des feuilles de route des 50 sites les plus émetteurs.

Tableau 2 : Résultats détaillés par levier

Secteur	Lever		Coût d'abattement privé	Cofinancement public	Aide publique 2023			Potentiel d'abattement annuel	
			€/tCO ₂ eq	€/tCO ₂ eq				MtCO ₂ eq/an	
Rénovation des logements	Monogeste fioul vers PAC	Depuis DPE F	-129	20	MPR	0,3 Md€	MPR, CEE et TVA réduite	8,3 Md€	35
		Depuis DPE D	-68	31					
	Monogeste gaz vers PAC	Depuis DPE F	60	84					
		Depuis DPE D	149	93					
	Rénovation globale	Depuis DPE F	135	129					
		Depuis DPE D	215	153					
	Monogeste isolation		719 (428 pour une durée de vie de 30 ans)	140					
Autres				1,1 Md€					
Électrification des transports routiers	Citadine légère	Gros rouleur	-189		Bonus et appels à projet	1,2 Md€	Bonus et appels à projet	1,4 Md€	67
		Moyen rouleur	-109	42					
	Citadine	Gros rouleur	118						
		Moyen rouleur	345	113					
	Tracteur routier	Gros rouleur	94						
		Moyen rouleur	240	160					
	Porteur	Gros rouleur	4						
		Moyen rouleur	88	87					
	Utilitaire léger	Gros rouleur	-90						
		Moyen rouleur	18	82					
Utilitaire	Gros rouleur	8							
	Moyen rouleur	151	95						
Décarbonation de l'industrie	CCS	Ciment	40	24	France 2030	0 Md€	France 2030 et CEE	1,9 Md€	35
	Biomasse et CSR	Agroalimentaire				0,13 Md€			
						0,34 Md€			
	Électrification	Chimie	135			0,85 Md€			
	Acier bas-carbone	DRP-EAF	70			0,03 Md€			
	Efficacité énergétique	Chimie	-26	17		0,03 Md€			
	H ₂	Ammoniac	290						
Autres	Changements de procédés			0,25 Md€					

- a. *Dans la rénovation des logements, les monogestes d'isolation ont des coûts d'abattements élevés, tandis que le passage aux pompes à chaleur est particulièrement efficient, en particulier en remplacement de chauffages au fioul ou au gaz.*

L'analyse des coût d'abattement dans le secteur de la rénovation du logement soulève des difficultés méthodologiques particulières. L'analyse présentée ici repose sur des données de consommations théoriques, pouvant amener à surestimer les gains économiques et d'émissions¹¹. Elle fait par ailleurs l'hypothèse d'un effet rebond de 20 %¹². À l'avenir, il importe que les études s'appuient autant que possible sur des données réelles. Les conclusions du travail conduit actuellement par le CGDD pour étudier l'impact de la rénovation énergétique sur les consommations réelles d'énergie seront à ce titre particulièrement utiles. Par ailleurs, un appel à programmes CEE (certificats d'économies d'énergie) est en cours de préparation à la DGEC en vue d'évaluer le dispositif des CEE, en particulier les économies réelles d'énergie qu'il permet.

L'analyse des coût d'abattement privés de la rénovation des logements invite à prioriser l'installation de pompes à chaleur (PAC) en particulier en remplacement d'un chauffage au gaz ou au fioul, notamment par rapport à une simple isolation. La faible efficacité des monogestes isolation invite à confirmer la fermeture de leur soutien public quand ils ne sont pas combinés à une décarbonation du mode de chauffage, afin d'éviter d'inciter les ménages propriétaires à recourir à cette solution trop peu efficace. L'efficacité du recours à l'installation de PAC pourrait inviter à poursuivre les soutiens à leur déploiement y compris dans les passoires énergétiques¹³. L'installation de PAC en remplacement d'une chaudière au fioul apparaît particulièrement efficace. Toutefois, dans ce secteur les coût d'abattement varient fortement, selon la nature des logements (surface, mode de chauffage avant travaux, niveau d'isolation, etc.) et des comportements de consommation (dépendant par exemple du niveau de revenu des ménages ou encore de la valeur immobilière du bien).

En parallèle, la mobilisation du référentiel ABCDE (cf. Annexe) souligne que, si les rénovations performantes globales ont des coûts d'abattement plus élevés, elles comportent plusieurs cobénéfices invitant à ne pas les déprioriser. Une rénovation performante globale désigne ici une rénovation permettant d'atteindre un diagnostic de performance énergétique A ou B, en mobilisant une combinaison cohérente de plusieurs gestes (changement de chauffage et isolation) simultanément¹⁴. Si les rénovations performantes globales comprenant le passage d'un chauffage au gaz vers une PAC semblent moins efficaces du point de vue privé, elles comportent toutefois d'autres cobénéfices, parmi lesquels : (i) la sortie de nombreux ménages de la précarité énergétique, (ii) des gains moyens en dépenses de santé¹⁵, (iii) des économies d'énergie, facilitant le bouclage de la transition, mais qui restent à expertiser à ce stade au vu

¹¹ Le cofinancement public varie également fortement selon les niveaux de revenu des ménages. Il est ici moyenné.

¹² L'effet rebond est défini comme la différence entre la réduction de consommation d'énergie effective et la réduction théorique anticipée. Il est ici pris identique à l'hypothèse adoptée par la Commission Criqui dans son [Rapport sur les coûts d'abattement dans les logements](#). Il prend en compte l'effet rebond direct, principalement associé à la sous-consommation pré-rénovation des ménages (généralement en cas de précarité énergétique).

¹³ Il reste néanmoins préférable d'isoler un logement lors de l'installation d'une pompe à chaleur, surtout quand il s'agit d'une passoire.

¹⁴ Cette définition a été choisie de manière à permettre d'exploiter les données de calcul tout en se rapprochant au maximum de celle instituée dans l'article 155 de la [loi climat et résilience](#).

¹⁵ La rénovation de l'ensemble des passoires thermiques permettrait d'éviter des coûts de santé de près de 10 Md€/an selon CGDD (2022), « [Rénovation énergétique des logements : des bénéfices de santé significatifs](#) ».

des incertitudes concernant l'ampleur de l'effet rebond¹⁶. De plus, le délai nécessaire pour rénover le parc de logements, les contraintes opérationnelles, et la multitude d'acteurs concernés invitent à lancer ces rénovations performantes globales le plus tôt possible.

b. Dans l'électrification des transports routiers, le passage à une citadine plus légère est plus efficient et son surcoût total est en moyenne déjà couvert par le bonus écologique. La compensation ne reste toutefois que partielle dans les autres cas.

L'analyse des coûts d'abattement privés de l'électrification des véhicules routiers invite à prioriser le recours aux citadines légères devant les citadines plus lourdes. Au sein des véhicules particuliers, sur l'échantillon de modèles étudiés, les citadines électriques légères apparaissent plus efficaces que les autres citadines électriques, du fait de leur prix et leur consommation électrique plus faibles. Les coûts d'abattement de l'électrification du transport routier restent toutefois fortement variables selon les cas d'usage, en particulier les kilomètres parcourus : plus ils sont importants, plus les modèles électriques sont rentables pour leurs utilisateurs.

La mise en regard des coûts d'abattement privés aux cofinancements publics permet également de montrer que le surcoût total¹⁷ de certaines citadines est en moyenne déjà couvert par le bonus écologique actuel¹⁸. Ainsi par exemple, l'achat de citadines légères est déjà rentable du point de vue de l'acheteur en intégrant le bonus, et même lorsque celui-ci fait face à des contraintes de financement plus fortes : malgré un taux d'actualisation plus élevé, et donc un coût d'abattement privé plus élevé, les ménages modestes peuvent bénéficier d'un bonus majoré à 7 000 € (au lieu d'un plafond à 4 000 €) qui compense ce renchérissement de leur coût d'abattement¹⁹. En revanche, le surcoût n'est que partiellement compensé pour les voitures des autres segments, dont l'acquisition peut rester nécessaire dans certains cas (familles nombreuses, ...). Depuis le 16 décembre 2023, pour pouvoir bénéficier du bonus, les voitures particulières doivent atteindre un score environnemental minimal²⁰. Ce score prend en compte l'impact environnemental d'un véhicule depuis sa fabrication jusqu'à son utilisation sur la route. Le surcoût à l'achat de poids lourds et utilitaires légers électriques n'est également que partiellement compensé par les aides publiques, à l'exception de « petits » véhicules utilitaires légers faisant l'objet d'un usage intensif.

Enfin, la mobilisation du référentiel ABCDE permet de mettre en avant les cobénéfices pour l'environnement et la tension sur les chaînes d'approvisionnement en métaux critiques liées à l'électrification des transports routiers. L'électrification des véhicules apporte des cobénéfices environnementaux tels que la baisse de la pollution de l'air²¹ et la réduction du bruit. S'agissant

¹⁶ Si les études sur données réelles disponibles à date démontrent bien la présence d'économies réelles d'énergie (i.e. que l'effet rebond n'atteint pas 100 %), l'ampleur de celui-ci reste très incertaine et doit être expertisée. Voir. [Glachant et al. \(2013\)](#) et [Adan et al. \(2016\)](#)

¹⁷ Sur la durée de vie du véhicule (TCO = *Total Cost of Ownership*).

¹⁸ Ministère de l'économie, des finances et de la souveraineté industrielle et numérique (2024), « [Achat d'un véhicule : comment fonctionne le bonus écologique ?](#) »

¹⁹ Toutefois, ces ménages recourent en pratique surtout au marché de l'occasion, faute de ressources financières suffisantes à l'achat d'un véhicule neuf.

²⁰ « [Éligibilité des voitures particulières électriques neuves aux aides à l'acquisition de véhicules peu polluants](#) »

²¹ À titre d'exemple, 40 000 décès prématurés annuels en France sont causés par les particules fines de diamètre inférieur à 2,5 µm et 7000 par les oxydes d'azote. Cet enjeu est particulièrement prégnant pour les véhicules (notamment dans le cas des véhicules utilitaires légers) et au sein des zones à faibles émissions. Source : *Santé Publique France* (2021), « [Impact de pollution de l'air ambiant sur la mortalité en France métropolitaine](#) ».

des enjeux de bouclages, elle implique une hausse de la demande de batteries et donc de métaux critiques indispensables à leur production.

c. Dans l'industrie, certains leviers comme l'efficacité énergétique sont déjà rentables ou proches du seuil de rentabilité. Toutefois, la décarbonation profonde requiert aussi le recours à des technologies de rupture (électrification, hydrogène, CCS) dont le coût d'abattement est plus élevé et pour lesquelles un soutien public peut s'avérer nécessaire pour éviter des fuites de carbone et une perte de souveraineté.

L'analyse des coûts d'abattement privés de la décarbonation de l'industrie indique que des leviers à potentiels de décarbonation importants sont déjà rentables ou proches du seuil de rentabilité. Les leviers d'efficacité énergétique et biomasse/CSR (combustibles solides de récupération), qui sont des leviers de décarbonation importants (11 MtCO₂eq) peuvent ainsi être rentables dans le cas de la plupart des technologies d'efficacité énergétique déjà déployées à ce stade, ou associés à des coûts d'abattement privés limités, comme dans le cas des chaudières biomasse de grande taille. Parmi les leviers à faible coût d'abattement privé, celui correspondant au plus grand potentiel d'abattement dans l'industrie est le recours à la capture et au stockage du carbone (CCS) pour diminuer les émissions résiduelles (potentiel de 4 à 8 MtCO₂eq/an en 2030²²). Son coût d'abattement est variable d'un secteur à l'autre et dépend de ses modalités de raccordement au réseau²³. Une autre de ces technologies de rupture majeures est la production d'acier bas carbone (5 MtCO₂eq), pour lequel deux projets sont en cours sur le territoire national. De manière marginale, des solutions de décarbonation plus coûteuses peuvent s'avérer nécessaires dans certains secteurs (e.g. H₂ électrolytique pour la production d'ammoniac qui représente 1 MtCO₂eq). Ces cas particuliers, dont le coût traduit un moindre degré de maturité technologique (technologies disponibles au stade de démonstrateur par exemple) ne seront pas nécessairement déployées à l'échelle industrielle avant la fin de la décennie 2030. Pour l'industrie, il est précisé que les coûts d'abattement privés incluent le surcoût du système de quotas carbone européen (ETS) pour l'alternative carbonée (sur la durée de vie de l'investissement, avec les prévisions de marché actuelles).

Les aides publiques à la décarbonation de l'industrie sont dimensionnées dans le but de garantir une pleine incitativité. Sur la base des données rapportées par les 50 sites les plus émetteurs de gaz à effet de serre, le montant d'aide à la décarbonation de l'industrie est calculé de façon à égaliser le besoin en financement par projet déclaré, ce qui, dans un cadre économique parfait, vise à limiter les effets d'aubaine et maximiser l'additionnalité de la dépense publique²⁴. Ces soutiens sont conditionnés à des baisses d'émission effectivement constatées et s'interrompent en leur absence. Les soutiens publics sont par ailleurs priorisés envers les coûts d'abattement privés les plus faibles. Toutefois, l'ensemble des leviers est nécessaire pour atteindre les objectifs de décarbonation de la France.

Enfin, la mobilisation du référentiel ABCDE permet de mettre en avant l'importance de la décarbonation de l'industrie pour la souveraineté industrielle et la baisse de l'empreinte carbone. L'industrie émettrice (notamment acier, aluminium, engrais) est essentielle à notre

²² Direction générale des entreprises (2024), « [Déploiement de la capture, du stockage et de la valorisation du carbone \(CCUS\) en France](#) »

²³ Le cofinancement public des deux premiers projets de CCS en France, lauréats de l'appel d'offres « Fonds d'Innovation » de la Commission Européenne, atteint 20 €/tCO₂eq.

²⁴ Direction générale des entreprises (2023), « [L'action de l'Etat en faveur de la décarbonation de l'industrie](#) »

souveraineté (défense, transport, énergie, alimentation) mais aussi au maintien des chaînes de valeur critiques en France, imposant de veiller à éviter tout risque de délocalisation lié à la décarbonation des sites. Ainsi, la mise en place, sans dégradation de la compétitivité relative par rapport aux industries des autres pays, de solutions de décarbonation pour ces secteurs est particulièrement clé pour notre souveraineté industrielle. À niveau de production global inchangé, la préservation de ces industries sur le territoire national permettrait également de diminuer l’empreinte carbone des produits consommés en bénéficiant du mix électrique bas-carbone français.

De manière générale, le référentiel ABCDE met en avant la tension qu’implique la décarbonation de ces trois secteurs sur la demande en électricité. Les différents leviers de décarbonation étudiés affectent le bouclage en électricité de différentes manières : par exemple, pour l’industrie l’électrification et la production de dihydrogène électrolytique augmentent la tension sur la production d’électricité, alors que l’efficacité énergétique ou le recours à la biomasse permettent de la réduire²⁵, dans les limites des ressources disponibles et des autres besoins à prioriser.

²⁵ À noter que le fléchage des ressources en biomasse soulève la question des usages prioritaires, à mesure que les besoins augmentent, cf SGPE (juillet 2024) : « [Bouclage biomasse : enjeux et orientations](#) ».

Pour aller plus loin sur les coûts d'abattement des émissions de gaz à effet de serre :

- France Stratégie (2021-2023), « [Commission d'évaluation des coûts d'abattement](#) » présidée par Patrick Criqui ;
- France Stratégie (2019), « [Commission d'évaluation de la valeur de l'action pour le climat \(VAC\)](#) » présidée par Alain Quinet ;
- « [Rapport sur l'impact environnemental du budget de l'État 2024](#) » (p.201 à 218) ;
- Direction générale du Trésor (2023), « [Rapport intermédiaire sur les enjeux économiques de la transition vers la neutralité carbone](#) » (encadré 9, p.71-72) ;
- Direction générale du Trésor et Direction générale de l'Énergie et du Climat (2024), « [Séminaire transition : Les coûts d'abattement et la robustesse des scénarios de transition](#) » ;
- Direction générale des entreprises (2023), « [L'action de l'Etat en faveur de la décarbonation de l'industrie](#) »
- RTE (2021), « [Futurs énergétiques 2050 – Rapport complet](#) » (p.631-641) ;
- I4CE (2023), « [Du bon usage du coût d'abattement pour piloter la transition – Billet d'analyse](#) » ;
- Adrien Vogt-Schilb, Guy Meunier et Stéphane Hallegatte (2018), « [When starting with the most expensive option makes sense: Optimal timing, cost and sectoral allocation of abatement investment](#) » ;
- Guy Meunier et Jean-Pierre Ponssard (2023), « [Du bon usage du coût d'abattement dans le contexte de la neutralité carbone en 2050 : principes et application à la mobilité](#) ».

Annexe 1 : Méthodologie

Encadré 1 : Précisions méthodologiques sur les coûts d'abattement

Les coûts d'abattement peuvent être notamment distingués selon l'acteur percevant l'action de la décarbonation :

- Le coût d'abattement socioéconomique transcrit l'efficacité de l'action pour la société ;
- Le coût d'abattement privé transcrit l'efficacité du levier du point de vue du porteur de projet privé, plus sensible à sa rentabilité à court terme ;
- Le cofinancement public transcrit la part de la dépense publique de soutien au levier bas-carbone²⁶ ;
- Le coût d'abattement public transcrit l'effet déclencheur de la dépense publique sur les émissions associées à un dispositif de soutien (i.e. X M€ de hausse de dépense publique dans le soutien au CCS a déclenché une baisse de Y MtCO₂eq comparé à l'absence de hausse).

Les coûts d'abattement peuvent également être distingués selon leur méthodologie d'estimation :

- Les coûts d'abattement peuvent être estimés selon une approche micro-fondée ou intégrée. Dans l'approche micro-fondée, mobilisée en France par la commission Criqui, les coûts d'abattement mettent en regard leurs surcoûts et les émissions qu'ils permettent d'abattre dans chaque secteur, dans une logique de coût-efficacité. Dans l'approche intégrée, notamment mobilisée par les commissions Quinet pour choisir la Valeur de l'action pour le climat (VAC), le coût d'abattement est calculé en modélisant l'ensemble de l'économie et intègre donc les effets de bouclages intersectoriels et d'interdépendances entre leviers. Il informe généralement sur l'effort marginal de décarbonation à un instant donné.
- Les coûts d'abattement peuvent également être calculés de façon statique ou dynamique. Les coûts d'abattement statiques ne tiennent pas compte des effets d'apprentissage qui peuvent conduire à une réduction du coût d'abattement au fur et à mesure du déploiement d'une technologie²⁷ ni de l'inertie technologique nécessitant d'échelonner le déploiement des équipements.
- Les coûts d'abattement peuvent enfin être calculés de manière marginale ou moyenne. Les coûts d'abattement moyens rapportent l'ensemble des surcoûts à l'ensemble des émissions évitées de l'ensemble des actions mobilisant un levier ou une mesure. Les

²⁶ Toujours dans une approche micro-fondée, les cofinancements publics correspondent donc au ratio de l'aide publique constatée, sur les émissions évitées considérées dans le calcul des coûts d'abattement privés (e.g. un véhicule électrique bonussé à 4 000 €, qui permet d'éviter 20 tCO₂eq sur sa durée de vie aura un cofinancement public de 200 €/tCO₂eq). Les cofinancements publics calculés ici sont certainement sous-estimés car les aides locales ne sont pas prises en compte.

²⁷ Les coûts d'abattement peuvent évoluer rapidement en fonction des progrès technologiques (baisse des prix, hausse des performances) : calculés à l'année en cours, les coûts d'abattement n'internalisent pas les baisses de coûts futures pouvant être apportées par des investissements dans des filières non structurées ou dépendantes du progrès technologique.

coûts d'abattement marginaux rapportent quand à eux les surcoûts aux émissions évitées de la dernière action mobilisant le levier ou la mesure²⁸.

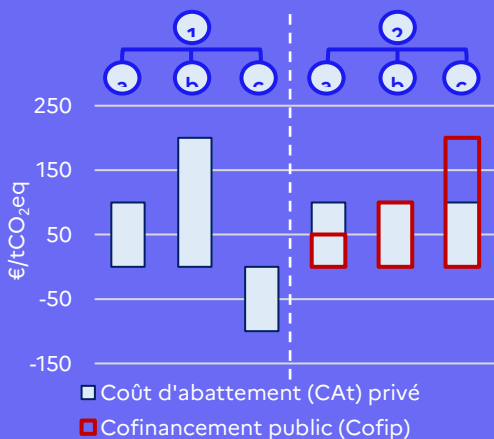
Les résultats présentés ici sont issus d'une approche micro-fondée statique moyenne.

Encadré 2 : Hypothèses de calcul mobilisées

Les coûts d'abattement sont calculés ici dans chaque secteur avec la volonté d'harmoniser au maximum les hypothèses techniques mobilisées. Par exemple, les prix des énergies utilisés sont issus des derniers tours de modélisation technique en cours de la 3^{ème} Stratégie nationale bas-carbone. Le taux d'actualisation est également fixé à 7 %, correspondant à celui constaté pour les ménages non modestes, à l'exception de l'industrie où il est pris égal au coût moyen pondéré du capital. Des hypothèses propres à chaque secteur ont toutefois également dû être mobilisées, comme les coûts rapportés par l'Observatoire national de la rénovation énergétique pour les installations de pompe à chaleur, les prix constructeurs des modèles électriques pour les véhicules électriques, ou encore les données rapportées par les 50 sites les plus émetteurs dans le cadre de leurs feuilles de route de la décarbonation pour l'industrie. Enfin, certains calculs sont moyennés sur l'ensemble des parcs observés à l'heure actuelle par soucis de synthèse : par exemple le monogeste isolation n'est pas ici distingué par type de chauffage.

Graphique 2 :

Illustration de l'analyse par coût d'abattement (CAAt) privé et cofinancement public (Cofip)



1. Analyse du CAAt privé :

- CAAt privé > 0 : l'actif bas-carbone coûte à l'acheteur par rapport à son alternative carbonée ;
- CAAt privé plus élevé : l'actif bas-carbone est moins rentable qu'en cas a), et/ou permet d'abattre moins d'émissions à même surcoût ;
- CAAt privé < 0 : l'actif est déjà plus rentable pour l'acheteur que son alternative carbonée, en raisonnant sur l'ensemble de sa durée d'utilisation.

2. Comparaison Cofip :

- 0 < Cofip < CAAt privé : le surcoût du passage à l'actif bas-carbone est en partie subventionné
- Cofip ≈ CAAt privé : les aides publiques permettent de compenser le surcoût pour l'acheteur

Note de lecture : L'analyse par coût d'abattement privé et cofinancement public permet de renseigner sur différents aspects de la rentabilité des leviers mobilisés.

- L'étape 1. permet de renseigner sur le besoin ou non d'intervention publique au regard de la rentabilité privée du levier : le cas 1.b) peut par exemple être un indice de besoin d'intervention publique, sans que le cas 1.c) n'exclue le besoin d'intervention publique (pour lever des freins au financement à l'achat par exemple) ;

²⁸ Par exemple, en approche intégrée statique et dans un contexte d'électrification massive des véhicules, le coût d'abattement marginal du passage à un véhicule électrique peut être supérieur au coût d'abattement moyen du fait de la hausse d'intensité carbone de l'électricité induite par la hausse de la consommation électrique agrégée.

Annexe 2 : Exemple d'application du référentiel ABCDE

L'analyse par coûts d'abattement micro-fondés statiques moyens doit être complétée par la prise en compte d'indicateurs complémentaires au sein d'une grille d'analyse plus large, comme le référentiel ABCDE – qui intègre les coûts et le potentiel d'abattement (A) et d'autres facteurs essentiels à prendre en compte : les enjeux de bouclage énergétique (B), la cohérence entre les instruments de soutien à la décarbonation (C), l'effet déclencheur des politiques publiques (D) et les effets indirects, par exemple sur la santé ou la balance commerciale (E). Le référentiel ABCDE a été mobilisé pour l'analyse des trois secteurs étudiés. Un exemple est fourni à titre illustratif ci-dessous sur les PAC.

Tableau 1 : Principes du référentiel ABCDE

Critère	Principe	Exemple illustratif des effets à considérer pour une hypothétique subvention de soutien à la conversion de chaudières au fioul en pompes à chaleur (PAC)
A battement	Quel sont les coûts d'abattement et le potentiel d'abattement du geste encouragé par le dispositif ?	Coût d'abattement financier : Différentiel de coût, soit CAPEX (investissement initial dans la PAC) + OPEX (différentiel de facture énergétique, différentiel de coûts de maintenance) Potentiel d'abattement : différence entre les émissions induites par le chauffage au fioul et par l'électricité de la PAC, y compris effet rebond, en inventaire ou empreinte
B ouclages	Le dispositif accroît-il l'usage de ressources limitées et essentielles à la transition ?	Bouclage physique : tension supplémentaire sur la production d'électricité, notamment lors des pics de consommation en hiver
C ohérence	Le dispositif est-il cohérent avec la stratégie de décarbonation ?	D'autres mesures existantes ou planifiées incitent déjà à l'installation d'une PAC (e.g. MaPrimeRénov', les CEE, l'interdiction de location de passoires thermiques, la composante carbone) tandis que l'installation de nouvelle chaudière au fioul est interdite
D éclenchement	Le dispositif permettra-t-il effectivement de déclencher les gestes attendus ?	Du fait du niveau et de la volatilité des prix du fioul, les ménages qui le peuvent pourraient choisir spontanément d'investir dans une PAC. Pour éviter un effet d'aubaine , le dispositif pourrait être ciblé en priorité sur les ménages plus modestes pour lesquels l' additivité de la dépense publique associée pourrait être meilleure, s'ils sont davantage sujets à des défaillances de marché non-climatiques .
E ffets indirects	Quels sont les autres effets induits et sont-ils désirables ?	Risque de verrouillage technologique (lock-in) : peut désinciter un raccordement ultérieur à un réseau de chaleur urbain dans certaines zones denses. Autres effets indirects socio-économiques : lutte contre la précarité énergétique, diminution des pollutions locales, confort d'été, amélioration de la balance commerciale dans le cas de PAC produites en France, amélioration de la souveraineté énergétique via la diminution d'imports de combustibles fossiles.

Source : DG Trésor (2023), "Les enjeux économiques de la transition vers la neutralité carbone", rapport intermédiaire.

