



GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

FRANCE
NATION
VERTE >

Agir • Mobiliser • Accélérer

Rapport d'accompagnement de la Stratégie nationale bas-carbone n°3

Juillet 2026



STRATÉGIE FRANCAISE ÉNERGIE CLIMAT

Sommaire

Résumé exécutif	4
I. Cadre légal du document	8
II. Respect par la SNBC 3 des objectifs nationaux et des engagements européens et internationaux énergie-climat de la France	9
A. Respect par la SNBC 3 du cadre international en matière de lutte contre le changement climatique.....	9
B. Respect par la SNBC 3 du cadre d'action européen énergie-climat.....	10
C. Respect par la SNBC 3 du cadre d'action de la loi française	10
III. Analyse des impacts économiques et sociaux.....	12
A. Cadrage de l'évaluation macroéconomique et socioéconomique de la SNBC3.....	14
B. Résultats et variantes de l'évaluation macroéconomique	36
C. Les résultats de l'évaluation microéconomique relative aux impacts sociaux.....	70
IV. Analyse des impacts environnementaux et sanitaires.....	99
A. Conduite d'une évaluation environnementale stratégique de la SNBC 3	99
B. Analyse des incidences de la SNBC 3 sous le prisme de 10 enjeux environnementaux se dégageant de l'état initial de l'environnement.....	100
C. Résumé des impacts de la SNBC 3 sur l'environnement	101
D. Mesures ERC retenues compte tenu des incidences notables probables identifiées	106
E. Un suivi des incidences sur l'environnement de la SNBC 3.....	110
V. Bilan du budget carbone 2019-2023.....	112
A. Synthèse	112
B. Note de lecture	116
C. Transport	117
D. Agriculture.....	127
E. Industrie.....	135
F. Bâtiment	148
G. Production et transformation d'énergie	163
H. Déchets	174
I. Utilisation des Terres, Changements d'Affectation des Terres et Forêt (UTCATF).....	182
VI. Annexe à l'étude des impacts macro-économiques et des impacts sociaux-économiques	191



Résumé *exécutif*

Résumé exécutif

A l'heure où le monde est engagé dans une course contre la montre face à l'urgence climatique, le Gouvernement agit pour accélérer la transition écologique de notre pays. La Stratégie nationale bas-carbone concrétise l'action du Gouvernement pour réussir ce défi. **Elle traduit le cadre d'action de la France en matière d'atténuation du changement climatique.** La SNBC établit un chemin crédible de transition vers l'objectif climatique de long terme de la France, fondé sur un ensemble de mesures et d'hypothèses.

La loi prévoit que la Stratégie nationale bas-carbone soit accompagnée d'un rapport, établi en application de l'article L. 222-1 D du code de l'environnement, qui décrit comment les projets de budget carbone et de stratégie bas-carbone sont alignés avec ces objectifs, évalue les impacts environnementaux, sociaux et économiques, et présente un bilan des résultats atteints par rapport aux plafonds prévus.

Respect par la SNBC 3 des objectifs nationaux et des engagements européens et internationaux énergie-climat de la France

La SNBC 3 s'inscrit dans un cadre international et européen : elle est la contribution de la France à l'accord de Paris et aux objectifs énergétiques et climatiques de l'Union européenne. Ses principaux objectifs sont encadrés par le code de l'énergie.

Bilan du budget carbone 2019-2023

Le code de l'environnement (L. 222-1 D du code de l'environnement) prévoit que le Gouvernement présente au Parlement un bilan du budget carbone et l'analyse des résultats atteints par rapport aux plafonds prévus pour la période écoulée au moment de la publication des nouveaux budgets carbone et de la SNBC révisée.

La publication en juin 2025 de l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre (GES) au format Secten 2025, fournissant une donnée consolidée des émissions de l'année 2023, a permis de solder définitivement le deuxième budget carbone couvrant la période 2019-2023, fixé par la deuxième Stratégie nationale bas-carbone (SNBC). Ce budget carbone 2019-2023, plafond d'émissions de gaz à effet de serre à ne pas dépasser sur la période, avait été fixé à partir du scénario « Avec Mesures Supplémentaires » (AMS) de la SNBC 2, exercice de modélisation permettant de construire des trajectoires de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre dans l'ensemble des secteurs émetteurs de l'économie (transports, bâtiments, industrie, agriculture, production et transformation d'énergie, déchets, utilisation des sols et forêts).

Le solde définitif du budget carbone sur la période 2019-2023 est très satisfaisant, avec une marge annuelle moyenne de 18 Mt CO₂e hors puits de carbone, et de 9 Mt CO₂e avec puits. Ce bilan ne doit toutefois pas éclipser une situation plus contrastée en fonction des secteurs : les secteurs des **bâtiments**, de la **production d'énergie** ou encore de **l'agriculture**, respectent leur contribution au budget carbone, avec une marge respective de 8, 6 et 2 Mt CO₂e par an en

moyenne, et respectent également les répartitions sectorielles annuelles indicatives. Les secteurs des **transports** et de **l'industrie**, respectent aussi leur contribution au budget carbone 2019-2023 avec une marge de 2 Mt CO₂e par an en moyenne pour les deux secteurs, bien que leurs émissions annuelles se situent parfois au-delà des répartitions sectorielles annuelles indicatives. Enfin, les secteurs des **déchets** et de **l'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (UTCATF)** se situent au-delà de leurs contributions théoriques au budget carbone, avec un dépassement annuel moyen de 2 Mt CO₂e et 8 Mt CO₂e¹.

La période 2019-2023 a été marquée par de nombreuses avancées de l'action publique pour la transition écologique, avec notamment l'adoption de la loi énergie-climat (2019), la loi d'orientation des mobilités (2019), la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (2020), la loi « climat et résilience » (2021), ou encore la loi pour l'industrie verte (2023) qui ont permis d'initier et d'ancrer dans la durée des baisses d'émissions de gaz à effet de serre dans tous les secteurs. Cette période a également été marquée par une succession de crises, et d'événements conjoncturels, ayant eu de fortes incidences sur l'activité économique du pays et sur les émissions en résultant. Ainsi, la crise sanitaire due au Covid-19, les impacts de la guerre en Ukraine, l'augmentation des prix de l'énergie, la découverte de phénomène de corrosion sous contrainte sur certains réacteurs nucléaires, ou encore les hivers doux ont eu des conséquences sur les émissions de GES de tous les secteurs. Ces éléments renforcent le besoin de disposer d'un suivi de la mise en œuvre du scénario de référence de la SNBC 2 pour distinguer les causes structurelles ou conjoncturelles ayant engagées la réduction des émissions de GES françaises, et identifier les leviers sur lesquels la France est engagée sur la bonne trajectoire, mais également ceux où elle accuse un retard compte tenu des hypothèses prises au moment de l'adoption de la SNBC 2. Ce travail a donc été réalisé, en comparant les évolutions effectivement réalisées sur la période dans les différents secteurs émetteurs avec les hypothèses prises dans le scénario « AMS » de référence de la SNBC 2 au moment de son adoption et de la fixation du budget carbone 2019-2023 et de ses déclinaisons sectorielles.

Analyse des impacts macroéconomiques

Le rapport de synthèse de la mission pilotée par Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz² (mai 2023) a rappelé que la transition vers la neutralité carbone génère à terme des bénéfices économiques par comparaison à l'inaction climatique.

Dans la continuité de ces travaux, en s'appuyant sur ceux d'un groupe de travail réunissant plusieurs administrations et participants extérieurs, **l'évaluation réalisée montre des effets macroéconomiques de l'atténuation incertains aux horizons modélisés. Ces effets seraient vraisemblablement faibles au niveau de l'ensemble de l'économie (même en prenant en compte l'incertitude de modélisation), à la fois par rapport au coût de l'inaction, par rapport au scénario de référence de l'Union européenne pour la croissance du PIB et par rapport à l'ampleur de l'impact potentiel d'autres chocs économiques.** La transition vers la neutralité

¹ <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/suivi-des-emissions-gaz-effet-serre>

² Pisani-Ferry, J. et Mahfouz S. (2023) « [Les incidences économiques de l'action pour le climat – Rapport de synthèse](#) ».

carbone s'accompagnera également de co-bénéfices qui ne sont pas pris en compte dans la modélisation (par exemple, réduction de la pollution de l'air, bénéfice sur la santé, etc.). La décarbonation nécessitera des besoins d'investissements importants.

La transition bas-carbone pourrait également soutenir l'emploi. En outre, elle permettra d'améliorer plusieurs dimensions de la sécurité d'approvisionnement et de la souveraineté énergétique. En particulier, les produits fossiles étant essentiellement importés, la transition allègera ce poste de la balance commerciale et réduira l'exposition de l'économie aux chocs sur leurs prix, déterminés sur les marchés mondiaux.

Analyse microéconomique relative aux impacts sociaux

L'évaluation microéconomique relative aux impacts sociaux s'intéresse à la part des investissements nécessaires à la décarbonation portant sur certains actifs détenus par les ménages³. Elle vise à évaluer la rentabilité des investissements bas-carbone pour les ménages, la capacité de financement des ménages pour les réaliser et l'impact de ces investissements sur la facture énergétique des ménages. La décarbonation suppose en effet un surcoût d'investissements (voitures électriques, isolation, pompes à chaleur) à court terme, à même de générer des économies d'énergie et des baisses de factures à moyen/long terme. L'analyse est réalisée en comparant le scénario « avec mesures supplémentaires » (AMS) de la SNBC 3 au scénario « avec mesures existantes » (AME).

La première partie de l'évaluation vise à analyser la rentabilité estimée des investissements bas-carbone des ménages et leur capacité à les financer. Elle analyse **l'achat de voitures électriques, l'achat et l'installation d'une pompe à chaleur, ainsi que l'isolation thermique du logement**. Le supplément d'investissements des ménages pour ces trois gestes entre les scénarios AME et AMS est estimé ici à 74 milliards d'euros en cumulé sur la période 2025 – 2030. Près de la moitié de ces investissements supplémentaires est estimée comme rentable pour les ménages concernés. Les investissements dans les voitures électriques s'avèreraient en moyenne plus rentables que les investissements dans la rénovation des logements. Autrement dit, le gain de facture énergétique rapporté au surcoût de l'investissement bas-carbone est plus favorable pour l'achat d'une voiture électrique que pour l'achat d'une PAC ou l'isolation du logement. Par ailleurs les ménages des trois premiers déciles de revenus se heurteraient à des difficultés de financement de ces investissements. Les **mesures d'accompagnement** notamment ciblées sur les ménages modestes (e.g. leasing social, MaPrimeRénov') permettent aujourd'hui de faciliter la réalisation de ces investissements.

La seconde partie de l'évaluation vise à analyser l'impact de la décarbonation sur la **facture énergétique moyenne des ménages**. Celle-ci devrait baisser à horizon 2030 par rapport au scénario tendanciel (avec une baisse sur les postes de transport et une hausse de plus faible

³ Pour atteindre les cibles de décarbonation de la France d'ici à 2030, l'ensemble des acteurs économiques privés et publics devront investir dans des actifs bas-carbone, c'est-à-dire compatibles avec l'atteinte des objectifs climatiques nationaux. Pour les ménages, ces investissements concernent principalement l'achat de véhicules électriques et la rénovation de logements pour augmenter leur performance énergétique et diminuer leur dépendance à des vecteurs de chauffage fossile. Ce sont ces investissements qui sont étudiés ici.

ampleur sur la facture logement) et par rapport à 2023, puis **baisser plus fortement à l'horizon 2050. Cette baisse de la facture énergétique est liée aux économies d'énergie permises par la décarbonation et aux mesures de politiques publiques en faveur des ménages les plus modestes.** La décarbonation permet en parallèle de réduire leur exposition aux prix des énergies fossiles, notamment dans le contexte de forte hausse des prix de l'énergie.

Analyse des impacts environnementaux et sanitaires

La SNBC fait partie des plans et programmes qui doivent faire l'objet d'une évaluation environnementale (dite « Évaluation Environnementale Stratégique » (EES)) conformément à l'article R. 122-17 du code de l'environnement. L'EES est un processus itératif visant à assurer un niveau élevé de prise en compte des considérations environnementales dans son élaboration. Elle rend compte des effets potentiels ou avérés sur l'environnement de la mise en œuvre de la SNBC 3 et permet d'analyser et de justifier les choix retenus au regard de ces éléments. Elle sert à éclairer différents acteurs dont le public sur les suites à donner au regard des enjeux environnementaux et ceux relatifs à la santé humaine lors de sa mise en œuvre.

L'analyse des incidences notables probables de la mise en œuvre de la SNBC 3 au prisme des 10 enjeux identifiés⁴, par comparaison à un scénario tendanciel (i.e scénario « avec mesures existantes » ou AME) **met en avant des incidences probables entièrement positives ou neutres sur la plupart des enjeux environnementaux.**

Pour les incidences négatives identifiées, des mesures techniques pour éviter, réduire et compenser la mise en œuvre des orientations de la SNBC, dites mesures « ERC », ont été identifiées suite à cette évaluation. Elles devront être prises en compte, notamment au niveau des projets, pour s'assurer de la réduction de l'impact sur l'environnement des projets découlant de la SNBC à un seuil incompressible.

⁴ Les 10 enjeux examinés sont : 1) Réduire les **émissions territoriales et les émissions importées de gaz à effet de serre** ; 2) Préserver la ressource en **eau** ; 3) Préserver les **sols** et assurer une gestion équilibrée de l'espace ; 4) Limiter l'épuisement des **ressources minérales** et développer l'économie circulaire ; 5) Renforcer la **résilience des territoires au changement climatique** et limiter les risques naturels ; 6) Préserver et restaurer la **biodiversité** et les services écosystémiques ; 7) Limiter les risques technologiques ; 8) Préserver et améliorer le **cadre de vie et la santé publique** ; 9) Lutter contre la **pollution de l'air** extérieur et intérieur ; 10) Prévenir et gérer les **déchets**.

Ces enjeux ont principalement été identifiés compte tenu des effets du changement climatique déjà observés sur la ressource en eau, les sols, la biodiversité, les risques naturels, le cadre de vie et la santé publique, auxquels les principaux secteurs émetteurs de gaz à effet de serre ajoutent une pression. Par ailleurs, l'ampleur des transformations déjà à l'œuvre pour conduire la décarbonation de notre pays appelle également à une vigilance particulière sur les ressources minérales, les risques technologiques et les déchets.

I. Cadre légal du document

À l'heure où le monde est engagé dans une course contre la montre existentielle face à l'urgence climatique, le Gouvernement agit pour accélérer la transition écologique de notre pays. La Stratégie nationale bas-carbone concrétise l'action du Gouvernement pour réussir ce défi. **Elle traduit le cadre d'action de la France en matière d'atténuation du changement climatique.** La SNBC établit un chemin crédible de transition vers l'objectif climatique de long terme de la France, fondé sur un ensemble de mesures et d'hypothèses.

La loi prévoit que la Stratégie nationale bas-carbone soit accompagnée d'un rapport, établi en application de l'article L. 222-1 D du code de l'environnement, qui :

1° Décrit la façon dont les projets de budget carbone et de stratégie bas-carbone intègrent les objectifs mentionnés à l'article L. 100-4 du code de l'énergie, ainsi que les engagements européens et internationaux de la France ;

2° Évalue les impacts environnementaux, sociaux et économiques du budget carbone des périodes à venir et de la nouvelle stratégie bas-carbone, notamment sur la compétitivité des activités économiques soumises à la concurrence internationale, sur le développement de nouvelles activités locales et sur la croissance.

De plus, le même article prévoit que le Gouvernement présente au Parlement un bilan du budget carbone et l'analyse des résultats atteints par rapport aux plafonds prévus pour la période écoulée au moment de la publication des nouveaux budgets carbone et de la SNBC révisée.

Le présent rapport d'accompagnement de la Stratégie nationale bas-carbone n°3 rassemble ces différents éléments.

Ce rapport illustre que le projet de la France, traduit dans la troisième Stratégie nationale bas-carbone, vise une transition écologique équilibrée, compétitive tout en minimisant les impacts environnementaux. L'analyse rétrospective du budget carbone 2019-2023 a permis de construire et d'appréhender avec réalisme la révision de la stratégie et son scénario de référence.

II. Respect par la SNBC 3 des objectifs nationaux et des engagements européens et internationaux énergie-climat de la France

A. Respect par la SNBC 3 du cadre international en matière de lutte contre le changement climatique

La Stratégie nationale bas-carbone n° 3 détaille le cadre international de l'accord de Paris dans lequel elle s'inscrit (voir Partie I.A.).

Au sein de l'Union Européenne, la France prend toute sa part à l'effort mondial exigé par l'accord de Paris :

- La France se porte garante de la bonne application de l'accord de Paris, dont elle est l'architecte ;
- L'objectif de l'UE de neutralité climatique à horizon 2050 et l'objectif intermédiaire à horizon 2040 de réduction d'émissions nettes de -90 %⁵⁶, avec lesquelles la SNBC 3 est bien compatible (voir paragraphe plus bas) permettent à l'Union européenne de prendre sa part dans la lutte contre le changement climatique ;
- Au niveau national, la troisième SNBC définit le chemin pour réussir collectivement à réduire nos émissions, et inclut pour la première fois un objectif indicatif en empreinte carbone, afin de nous projeter dans un monde habitable, juste et désirable ;
- La France figure parmi les premiers contributeurs en termes de finance climat et apporte les financements à la décarbonation des pays du reste du monde qui peuvent être des partenaires commerciaux dans le cadre de l'article 9 de l'accord de Paris, en particulier envers les pays les plus vulnérables et les moins développés, en visant entre autres à accélérer la sortie du charbon et financer les énergies renouvelables dans les pays en développement et émergents pour limiter le réchauffement climatique global à 1,5 °C. Tous les projets financés par l'Agence Française de Développement (AFD) doivent être compatibles avec les objectifs de l'accord de Paris, y compris dans les secteurs économiques et commerciaux. L'AFD accompagne également les trajectoires climatiques des pays en développement en soutenant l'élaboration et la mise en œuvre de stratégies climatiques nationales de long terme, alignées avec les objectifs de l'accord de Paris.

⁵ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202600667

⁶ https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2040-climate-target_en

B. Respect par la SNBC 3 du cadre d'action européen énergie-climat

Comme détaillé dans les parties SNBC - I.B. et SNBC - II. de la Stratégie nationale bas-carbone n° 3, les principaux objectifs énergie-climat de la France s'inscrivent dans le cadre fixé à l'échelle européenne (partage de l'effort, renforcement des puits naturels de carbone, baisse de la consommation d'énergie finale, baisse des émissions de méthane, cadre européen pour 2040 en cours d'élaboration, etc.).

C. Respect par la SNBC 3 du cadre d'action de la loi française

Les principaux objectifs énergie-climat de la France sont fixés à l'article L.100-4 du code de l'énergie. La 3^{ème} Stratégie nationale bas-carbone tient compte de ces objectifs pour guider la construction de son scénario de référence et ses grandes orientations.

- **1° De tendre vers une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 50 % entre 1990 et 2030 et d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 en divisant les émissions de gaz à effet de serre par un facteur supérieur à six entre 1990 et 2050 ;**

La SNBC vise une réduction de 50 % des émissions de gaz à effet de serre brutes d'ici 2030, suite au rehaussement de l'objectif européen pour 2030. Pour 2050, en l'état des capacités d'absorptions naturelles et technologiques anticipées pour 2050 dans le scénario de référence de la SNBC 3, **l'atteinte de la neutralité carbone implique de réduire d'un facteur supérieur à 8 nos émissions brutes par rapport à 1990.**

- **2° De réduire la consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à la référence 2012, en visant les objectifs intermédiaires d'environ 7 % en 2023 et de 20 % en 2030 ;**

Voir SNBC 3, partie SNBC - II.B.4.

- **3° De réduire la consommation énergétique primaire des énergies fossiles de 40 % en 2030 par rapport à l'année de référence 2012 ;**

Le scénario de référence de la SNBC 3 permet une réduction de la consommation d'énergie primaire des énergies fossiles d'environ 45 % en 2030 par rapport à 2012.

- **6° De contribuer à l'atteinte des objectifs de réduction de la pollution atmosphérique prévus par le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques défini à l'article L. 222-9 du code de l'environnement ;**

Les objectifs et orientations de la SNBC contribuent à réduire les émissions de polluants atmosphériques, notamment pour les transports (électrification des véhicules, baisse du trafic routier, etc..) et les bâtiments (baisse du chauffage fossile, recours modéré au chauffage au bois).

L'ensemble des incidences de la stratégie sur la qualité de l'air sont détaillées dans l'Evaluation Environnementale Stratégique de la SNBC.

- **7° De disposer d'un parc immobilier dont l'ensemble des bâtiments sont rénovés en fonction des normes " bâtiment basse consommation " ou assimilées, à l'horizon 2050, en menant une politique de rénovation thermique des logements concernant majoritairement les ménages aux revenus modestes ;**

La SNBC 3 vise la rénovation de 700 000 logements permettant au moins deux sauts de classe de DPE en moyenne par an entre 2025 et 2030, et une montée en puissance des rénovations d'ampleur.

La SNBC 3, via un rythme de rénovation d'ampleur ambitieux, vise un parc composé majoritairement de bâtiments efficaces et peu consommateurs en 2050 (63 % de DPE A et B en 2050). Par ailleurs, les passoires énergétiques (DPE F et G) disparaissent presque intégralement du parc de logements dès 2040. La rénovation des passoires énergétiques, et des logements en général, permettra de diminuer les situations de précarité énergétique. Les aides à la rénovation sont et seront ciblées sur les ménages aux revenus modestes pour leur permettre de réaliser les rénovations nécessaires.

III. Analyse des impacts économiques et sociaux

Analyse des impacts macroéconomiques

Le rapport de synthèse de la mission pilotée par Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz⁷ (mai 2023) a rappelé que la transition vers la neutralité carbone génère à terme des bénéfices économiques par comparaison à l'inaction climatique.

Dans la continuité de ces travaux, en s'appuyant sur ceux d'un groupe de travail réunissant plusieurs administrations et participants extérieurs, **l'évaluation réalisée montre des effets macroéconomiques de l'atténuation incertains aux horizons modélisés. Ces effets seraient vraisemblablement faibles au niveau de l'ensemble de l'économie (même en prenant en compte l'incertitude de modélisation), à la fois par rapport au coût de l'inaction, par rapport au scénario de référence de l'Union européenne pour la croissance du PIB et par rapport à l'ampleur de l'impact potentiel d'autres chocs économiques.** La transition vers la neutralité carbone s'accompagnera également de co-bénéfices qui ne sont pas pris en compte dans la modélisation (par exemple, réduction de la pollution de l'air, bénéfice sur la santé, etc.). La décarbonation nécessitera des besoins d'investissements importants.

La transition bas-carbone pourrait également soutenir l'emploi. En outre, elle permettra d'améliorer plusieurs dimensions de la sécurité d'approvisionnement et de la souveraineté énergétique. En particulier, les produits fossiles étant essentiellement importés, la transition allègera ce poste de la balance commerciale et réduira l'exposition de l'économie aux chocs sur leurs prix, déterminés sur les marchés mondiaux.

Analyse microéconomique relative aux impacts sociaux

L'évaluation microéconomique relative aux impacts sociaux s'intéresse à la part des investissements nécessaires à la décarbonation portant sur certains actifs détenus par les ménages⁸. Elle vise à évaluer la rentabilité des investissements bas-carbone pour les ménages, la capacité de financement des ménages pour les réaliser et l'impact de ces investissements sur la facture énergétique des ménages. La décarbonation suppose en effet un surcoût d'investissements (voitures électriques, isolation, pompes à chaleur) à court terme, à même de générer des économies d'énergie et des baisses de factures à moyen/long terme. L'analyse est

⁷ Pisani-Ferry, J. et Mahfouz S. (2023) « [Les incidences économiques de l'action pour le climat – Rapport de synthèse](#) ».

⁸ Pour atteindre les cibles de décarbonation de la France d'ici à 2030, l'ensemble des acteurs économiques privés et publics devront investir dans des actifs bas-carbone, c'est-à-dire compatibles avec l'atteinte des objectifs climatiques nationaux. Pour les ménages, ces investissements concernent principalement l'achat de véhicules électriques et la rénovation de logements pour augmenter leur performance énergétique et diminuer leur dépendance à des vecteurs de chauffage fossile. Ce sont ces investissements qui sont étudiés ici.

réalisée en comparant le scénario « avec mesures supplémentaires » (AMS) de la SNBC 3 au scénario « avec mesures existantes » (AME).

La première partie de l'évaluation vise à analyser la rentabilité estimée des investissements bas-carbone des ménages et leur capacité à les financer. Elle analyse **l'achat de voitures électriques, l'achat et l'installation d'une pompe à chaleur, ainsi que l'isolation thermique du logement**. Le supplément d'investissements des ménages pour ces trois gestes entre les scénarios AME et AMS est estimé ici à 74 milliards d'euros en cumulé sur la période 2025 – 2030. Près de la moitié de ces investissements supplémentaires est estimée comme rentable pour les ménages concernés. Les investissements dans les voitures électriques s'avèreraient en moyenne plus rentables que les investissements dans la rénovation des logements. Autrement dit, le gain de facture énergétique rapporté au surcoût de l'investissement bas-carbone est plus favorable pour l'achat d'une voiture électrique que pour l'achat d'une PAC ou l'isolation du logement. Par ailleurs les ménages des trois premiers déciles de revenus se heurteraient à des difficultés de financement de ces investissements. Les **mesures d'accompagnement** notamment ciblées sur les ménages modestes (e.g. leasing social, MaPrimeRénov') permettent aujourd'hui de faciliter la réalisation de ces investissements.

La seconde partie de l'évaluation vise à analyser l'impact de la décarbonation sur la **facture énergétique moyenne des ménages**. Celle-ci devrait baisser à horizon 2030 par rapport au tendanciel (avec une baisse sur les postes de transport et une hausse de plus faible ampleur sur la facture logement) et par rapport à 2023, puis **baisser plus fortement à l'horizon 2050. Cette baisse de la facture énergétique est liée aux économies d'énergie permises par la décarbonation et aux mesures de politiques publiques en faveur des ménages les plus modestes**. La décarbonation permet en parallèle de réduire leur exposition aux prix des énergies fossiles, notamment dans le contexte de forte hausse des prix de l'énergie.

A. Cadrage de l'évaluation macroéconomique et socioéconomique de la SNBC3

1. Les évaluations macro et socioéconomiques de la SNBC 3 tiennent compte des avancées dans l'analyse des enjeux macroéconomiques de la décarbonation

► Les évaluations macroéconomiques et socioéconomiques de la SNBC 3

Les évaluations macro et socioéconomiques de la SNBC 3 visent à évaluer les impacts environnementaux, sociaux et économiques du budget carbone des périodes à venir et des objectifs énergétiques et climatiques de la SNBC 3⁹, notamment sur la compétitivité des activités économiques soumises à la concurrence internationale, sur le développement de nouvelles activités locales et sur la croissance et l'emploi. L'évaluation socioéconomique permet également d'éclairer l'évolution des dépenses des ménages et de leur niveau de vie.

Ces évaluations se fondent sur le scénario sous-jacent de la Stratégie française pour l'énergie et le climat (SFEC). Il repose sur un important travail de modélisation prospective. La direction générale de l'Énergie et du Climat (DGEC) coordonne la construction dans ce cadre d'un scénario énergétique et climatique de référence. Ce scénario décrit une trajectoire cible de réduction des émissions de gaz à effet de serre jusqu'à la neutralité carbone en 2050 (scénario « avec mesures supplémentaires » ou AMS). Le scénario et les principales orientations sont décrits dans la SNBC 3.

► Contexte des évaluations macroéconomiques et socioéconomiques de la transition

Le rapport de synthèse de la mission pilotée par Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz¹⁰ a exposé que la transition vers la neutralité carbone génère à terme des bénéfices économiques comparée à l'inaction climatique. À long terme, au niveau mondial, le coût économique de l'inaction excède en effet de loin celui de l'action. Le dernier rapport du Giec (2023)¹¹ souligne avec force l'urgence d'une action collective en vue de contenir le volume des émissions mondiales dans les limites, ou au plus près du budget carbone compatible avec un réchauffement de l'ordre de 1,5 °C. Au-delà de ce seuil, et certainement si le réchauffement dépassait 2 °C, la probabilité de dommages importants et potentiellement irréversibles augmenterait fortement. En plus de ces bénéfices climatiques, les politiques d'atténuation, en soutenant le développement et le déploiement des technologies bas-carbone, pourraient

⁹ Article L222-1 D du code de l'environnement.

¹⁰ Pisani-Ferry, J. et Mahfouz S. (2023) op. cit. Voir également DG Trésor (2023), « [Rapport intermédiaire – Les enjeux économiques de la transition vers la neutralité carbone](#) » et DG Trésor (2025), « [Rapport final – Les enjeux économiques de la transition vers la neutralité carbone](#) ».

¹¹ Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (2023) Rapport de synthèse.

générer des gains de productivité pour l'ensemble de l'économie à long terme, par rapport à un scénario à politique inchangée et sans aggravation du changement climatique. En revanche, pendant la phase de transition, la hausse du coût supporté par certains émetteurs de gaz à effet de serre induite par des politiques de tarification et de réglementation pourrait augmenter les coûts de production pour les entreprises et les prix à la consommation des ménages, obérant ainsi la croissance et l'activité si la baisse de leurs coûts énergétiques ne compense pas l'augmentation de la charge de leur dette. Par ailleurs, les investissements favorables à la décarbonation soutiennent l'activité via les effets multiplicateur et accélérateur¹², mais risquent de se substituer en partie à des investissements productifs pour les entreprises et à de la consommation pour les ménages, modérant leurs effets positifs sur la croissance. Pour les entreprises, les investissements supplémentaires en décarbonation pourraient ainsi réduire de manière transitoire les gains de productivité. Ces différents chocs combinés, ainsi que la plus forte demande en main-d'œuvre et en matières premières stratégiques à laquelle l'offre ne pourra pas nécessairement répondre à court terme, risquent d'augmenter l'inflation pendant la phase de transition. En outre, la souveraineté énergétique devrait s'améliorer : les produits fossiles étant essentiellement importés, la transition allègera ce poste de la balance commerciale et réduira l'exposition de l'économie aux chocs sur leurs prix, déterminés sur les marchés mondiaux.

Dans la continuité de la mission Pisani-Ferry/Mahfouz, un groupe de travail a été constitué en septembre 2023 pour poursuivre les travaux de modélisation macroéconomique, et dont les réflexions ont servi à alimenter la présente évaluation de la Stratégie nationale bas-carbone 3 (SNBC 3). Ce groupe de travail a réuni plusieurs administrations et participants extérieurs : l'Ademe, le CGDD, le Cired, la DGEC, la direction générale du Trésor (DG Trésor), l'ACE, l'Insee, France Stratégie et l'OFCE. L'objectif de ce groupe était double : (i) rendre les évaluations mieux partagées, plus débattues et plus robustes et (ii) établir une liste de travaux d'enrichissement à conduire en mobilisant des outils améliorés pour traiter des questions encore insuffisamment approfondies.

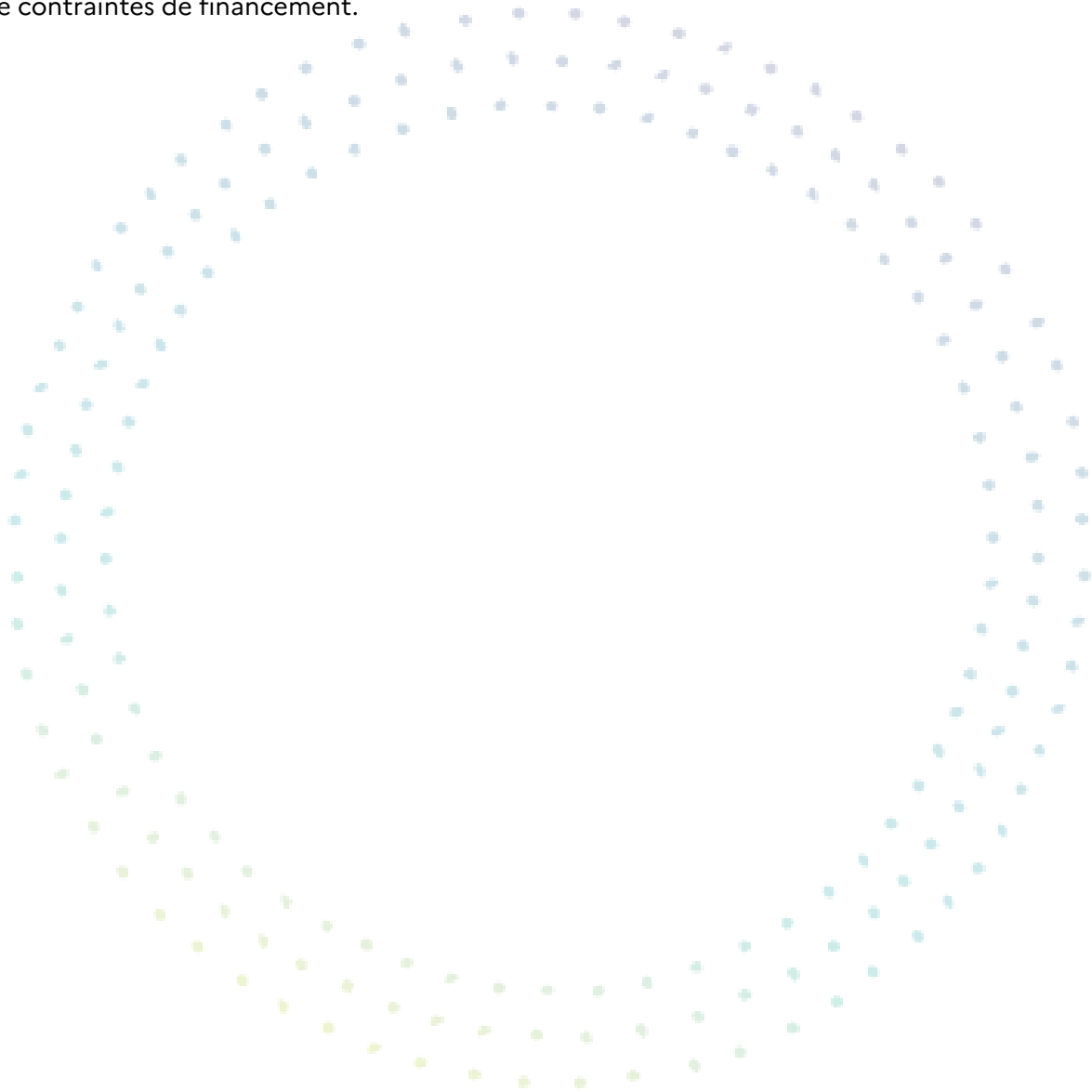
Les travaux du groupe de travail ont constitué un apport méthodologique essentiel à la présente évaluation macroéconomique de la SNBC 3, en affinant les outils et la méthodologie d'évaluation macroéconomique des politiques de décarbonation par rapport à la SNBC 2. Tout d'abord, le modèle ThreeME¹³, avec lequel l'évaluation macroéconomique des précédentes versions de la SNBC avait été réalisée, a fait l'objet de modifications majeures afin d'affiner ses propriétés économiques¹⁴ ; puis une revue de la modélisation des principales mesures de

¹² L'effet multiplicateur désigne la diffusion dans l'économie d'un choc de demande (ici l'investissement). Celui-ci se traduit par un surplus de demande adressée aux entreprises qui augmentent alors leur production, impliquant un surplus de revenu pour les ménages et une hausse de leur consommation. L'effet accélérateur implique qu'un surplus d'activité conduit à une hausse de l'investissement plus que proportionnelle à la hausse de l'activité.

¹³ Voir Reynès F., Callonnec G., Saussay A., Landa G., Malliet P., Gueret A., Hu J., Hamdi-Cherif M. et Gouédard H. (2021), « ThreeME Version 3 - Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy policy - A full description », OFCE pour une présentation détaillée du modèle.

¹⁴ Plusieurs modifications ont été apportées au modèle ThreeME afin de rapprocher ses propriétés dynamiques du consensus de la littérature, en s'appuyant notamment sur celles du modèle Mésange. Ces modifications portent sur le bloc de consommation des ménages, du commerce extérieur, de l'investissement, de l'emploi, des finances publiques, ainsi que la dynamique d'ajustement des prix et des salaires.

décarbonation a été menée¹⁵. Ensuite, l'analyse des chroniques d'investissements de sortie de ThreeME a permis d'améliorer le calibrage des chocs afférents et donc la modélisation, afin d'obtenir des résultats convergents avec les dernières études technico-économiques. Enfin, le groupe de travail a poursuivi les travaux entamés par la mission Pisani-Ferry/Mahfouz sur le financement des investissements supplémentaires dans la décarbonation. La modélisation des contraintes de financement a ainsi pu être affinée ce qui permet de produire une analyse variantielle de l'impact macroéconomique des mesures supplémentaires selon différents jeux d'hypothèses de contraintes de financement.



¹⁵ Cette revue a consisté en la vérification des différents canaux de transmission de chaque mesure. Des corrections ont notamment été apportées à la modélisation des subventions à la rénovation des logements.

2. Cadrage des scénarios évalués

► Intérêts de la modélisation macroéconomique

La modélisation macroéconomique fournit une estimation quantitative des liens entre variables macroéconomiques comme l'emploi, le produit intérieur brut (PIB) ou l'inflation. Les modèles macroéconomiques sont utilisés en pratique pour prévoir l'évolution de l'économie d'un pays à court-moyen terme (objectif de prévision), ou pour évaluer les effets macroéconomiques d'une réforme, en amont de sa mise en œuvre (objectif d'évaluation des politiques publiques). Il est important de noter que les effets macroéconomiques des réformes doivent s'entendre comme l'écart entre *la situation future avec réforme* et *la situation future sans réforme*, et non comme l'écart entre *la situation future avec réforme* et *la situation actuelle*.

Dans le cadre de la SNBC 3, l'évaluation macroéconomique a pour objectif de quantifier les impacts sur l'ensemble de l'économie des mesures supplémentaires envisagées nécessaires au respect des trajectoires de baisse d'émissions. De manière générale, dans le cadre de l'élaboration des politiques d'atténuation du réchauffement climatique, les décisions publiques peuvent s'appuyer sur des évaluations régulières des mesures mises en œuvre dans une démarche coût-efficacité. En outre, bien que les mesures environnementales prévues dans la SNBC 3 ciblent en général un ou plusieurs secteurs, il est également important d'analyser leurs effets indirects sur le reste de l'économie, lesquels peuvent être non négligeables, en raison des interconnexions entre secteurs et des réactions des différents agents économiques (ménages, entreprises, administrations publiques), dites effets de bouclage. La prise en compte de ces dimensions est indispensable pour apprécier leur effet macroéconomique dans son ensemble. À cet égard, les modèles macro-environnementaux multisectoriels (comme le modèle ThreeME, utilisé pour la présente évaluation macroéconomique) sont particulièrement utiles : ils permettent de modéliser des mesures à un niveau sectoriel relativement fin, et de tenir compte des interdépendances entre secteurs par le biais de leur demande de biens et services de consommations intermédiaires et d'investissement, tout en quantifiant les effets de bouclage keynésiens (voir la partie A.3 qui présente la méthodologie).

► Cadrage des scénarios évalués

L'élaboration de la stratégie nationale bas-carbone n'est pas un exercice de prévision mais bien un exercice de planification. La modélisation permet de traduire l'effet des hypothèses, des politiques et des mesures envisagées sur les trajectoires sectorielles d'émissions de gaz à effet de serre.

Cet exercice de modélisation complète de l'économie française, de ses approvisionnements énergétiques, des disponibilités des différentes ressources, de leur bouclage économique, et des émissions, repose sur la définition de plusieurs milliers d'hypothèses, déterminées à partir d'un large travail de concertation et de dialogue avec les parties prenantes. Certaines hypothèses, dites « de cadrage » (évolution de la population, du PIB et des prix à l'importation des énergies fossiles notamment), sont communes à l'ensemble des modèles et sont fournies par la Commission européenne afin d'assurer la cohérence de l'ensemble des exercices menés par les États membres.

Il s'appuie sur un ensemble de modélisations sectorielles, mobilisant des outils internes à l'État et des acteurs externes (CIRED, Solagro, Enerdata, etc.) (voir la **Figure 1** détaillant l'utilisation séquentielle des différents types de modèles).

Les modèles sectoriels permettent d'estimer certaines données d'activités sectorielles, comme par exemple le trafic de véhicules, le nombre de rénovations énergétiques de logements, la consommation d'engrais ou les consommations d'énergie. Ils sont utilisés de façon à fixer des cibles sectorielles et à identifier les politiques publiques permettant de sécuriser l'atteinte de ces cibles.

Les résultats des modélisations sectorielles sont ensuite agrégés, d'abord sur la forme de bilans d'énergie, puis sous la forme d'inventaires d'émissions de gaz à effet de serre (GES), de façon cohérente avec les données statistiques publiées annuellement.



Figure 1 : Chaîne de modélisation utilisée pour construire le scénario de référence de la SNBC – DGEC

L'exercice de modélisation est enfin complété par une vérification spécifique pour s'assurer de la cohérence d'ensemble des résultats entre eux (« bouclage »). Il s'agit en effet, à chaque horizon temporel, et pour chacun des secteurs (transports, agriculture, bâtiments, industrie, énergie, déchets) et des vecteurs énergétiques, de vérifier l'adéquation des ressources (production d'électricité, volumes de biomasse, etc.) avec les besoins qui se dégagent du scénario de référence.

Le scénario sous-jacent de la SNBC 3 prend en compte :

- Les politiques nationales existantes et leur prolongation voire leur renforcement en vue d'atteindre nos objectifs ;
- Les objectifs climatiques et énergétiques prévus par la législation européenne ;
- L'ensemble des législations climatiques et énergétiques de l'Union européenne qui ont un impact sur le prix de l'énergie ou qui créent des incitations à la décarbonation ;
- Les législations européennes qui donnent des orientations dans le développement de certaines technologies, comme les règlements sur les standards d'émissions de CO₂ des véhicules ou la Directive sur la performance énergétique des bâtiments ;

- Et vise le respect des objectifs internationaux (autres que climat) issus des instances auxquelles la France participe et qui engagent notre pays, par exemple les objectifs de décarbonation fixés par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) en ce qui concerne le transport maritime international.

L'évolution des principales dynamiques sociales est également prise en compte dans cet exercice de modélisation. Cela vise à la fois à assurer la cohérence interne entre les différentes hypothèses du scénario, et à mieux expliciter les évolutions attendues dans le scénario en termes de modes de vie. Par exemple, en ce qui concerne la santé et le bien-être, le scénario de référence prend en compte des politiques « non-climatiques », qui visent à réduire les pollutions (lumineuse, sonore, atmosphérique¹⁶, etc.), et qui incitent la population à adopter des régimes alimentaires équilibrés avec plus de fruits, légumes, légumineuses et céréales complètes et davantage d'aliments frais, locaux, de saison et de qualité (labels), à pratiquer un exercice physique plus régulier. Quand cela est possible, ces évolutions sont reflétées dans les hypothèses du scénario¹⁷.

Ce travail de modélisation est soumis à plusieurs sources d'incertitudes. Elles concernent à la fois les données historiques en lien avec la construction de l'inventaire d'émissions de gaz à effet de serre Secten produit par le Citepa¹⁸ et les trajectoires prospectives (voir Partie Compléments - VI.E.). Des tests de sensibilité sont menés sur certaines hypothèses et objectifs pour traduire leurs incertitudes.

La construction de la SNBC, y compris au travers de ce travail de modélisation prospective, est itérative : elle consiste à réajuster les trajectoires et les leviers à chaque itération de modélisation (dite « run »), afin d'assurer l'atteinte des objectifs grâce à l'identification de mesures additionnelles. Le caractère itératif implique concrètement d'identifier des leviers, d'en évaluer l'impact en termes de baisses d'émissions de gaz à effet de serre, de comparer le résultat obtenu à l'objectif climatique global et de recommencer en ajustant les leviers si ce dernier n'est pas atteint. **Le scénario de référence de la SNBC 3 est ainsi le fruit de plusieurs itérations conduites entre 2021 et 2025** (la Figure 2 détaille l'évolution des émissions dans ce scénario).

¹⁶ A titre d'exemples : les politiques de lutte contre les pollutions sonores et atmosphériques viennent soutenir les hypothèses de conversion du parc de véhicules vers l'électrique et les politiques de lutte contre la pollution lumineuse alimentent les hypothèses de baisse de l'éclairage public et des éclairages de vitrines.

¹⁷ Dans le cas des exemples citées, les évolutions sont reflétées par les hypothèses relatives à l'éclairage public, à l'alimentation et à la part modale du vélo.

¹⁸ Les inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre du Citepa sont établis selon des règles de comptabilisation et de contrôle partagées à l'échelle internationale. Toutefois, des incertitudes, variables selon les types de sources, les substances, etc. accompagnent les inventaires. Sur l'année 2024 l'incertitude combinée en % des émissions totales, avec UTCATF est estimée à 8 %.

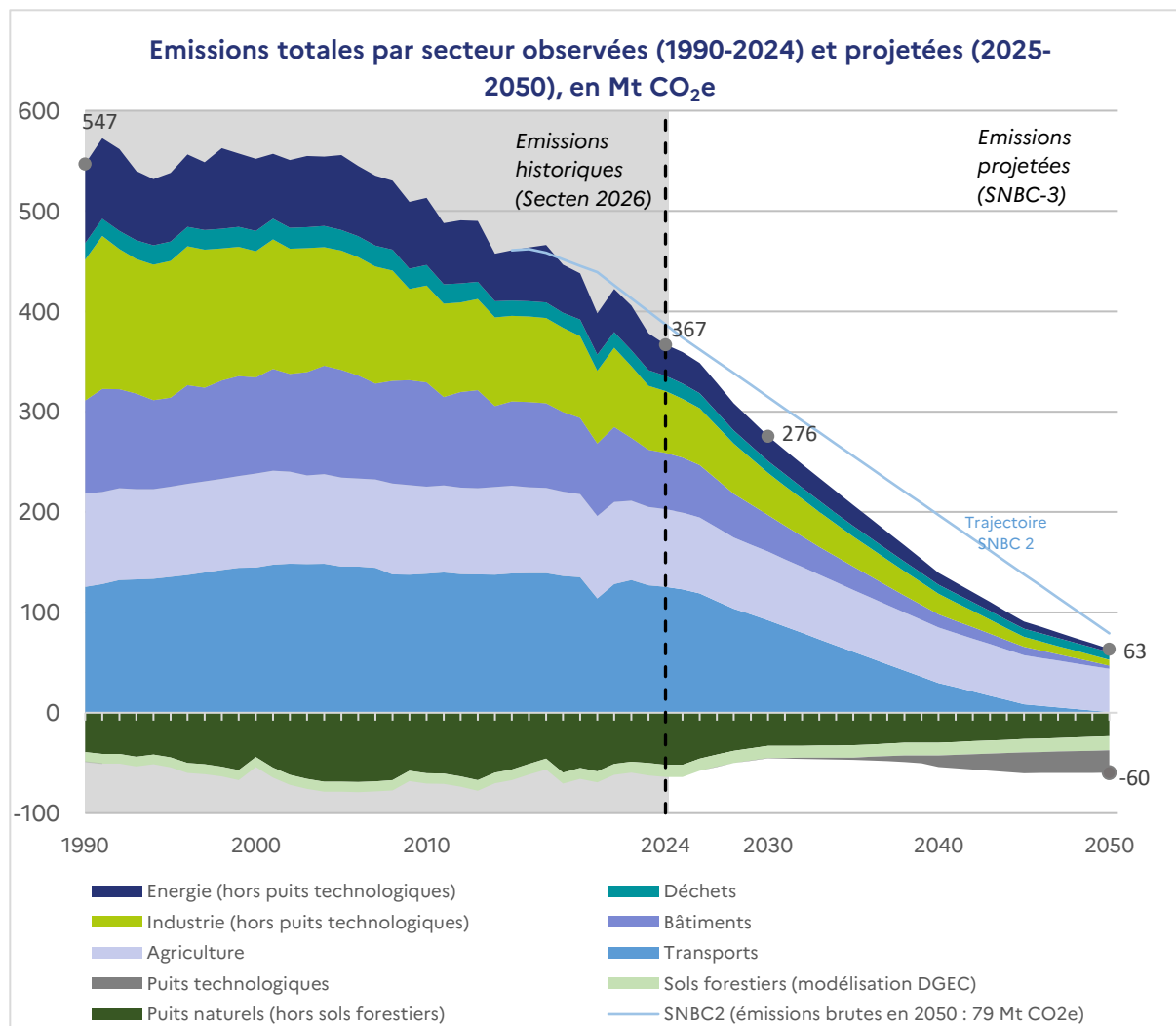


Figure 2 : Emissions totales par secteur observées (1990-2024) et projetées (2025-2050), en Mt CO₂e - Scénario sous-jacent de la SNBC 3 (Sources : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre Citepa - Secten 2026, modélisations DGEC – AMS run 3)

La France produit également régulièrement un scénario « avec mesures existantes » ou « AME ». Le scénario AME est un scénario énergie-climat qui présente les trajectoires de consommation nationales d'énergie et de gaz à effet de serre à la fois au niveau global et dans chacun des principaux secteurs émetteurs, **en considérant l'effet de l'ensemble des politiques et mesures existantes**, dans l'hypothèse où aucune mesure supplémentaire ne serait mise en place. **Il permet d'éclairer la décision publique en indiquant les trajectoires actuelles sur lesquelles nous placent les politiques adoptées.**

Les évaluations macroéconomique et socioéconomique de la SNBC 3 se fondent sur le scénario AME 2023 comme scénario tendanciel¹⁹. Il intègre l'impact des politiques et mesures adoptées jusqu'au 31 décembre 2021²⁰. Les principales mesures supplémentaires prises en compte par rapport à l'AME 2021 (intégrant les politiques et mesures adoptées jusqu'au 31 décembre 2019) sont celles issues de la loi anti-gaspillage pour une économie circulaire, de la loi climat et résilience, ainsi que du plan France Relance. L'AME 2023 a été élaboré en consultant les parties prenantes (organisations professionnelles, ONG, *think tanks*, agences de l'État, universitaires...) au sein de cinq groupes de travail sectoriels (agriculture, forêt-sols-biomasse, industrie-énergie-déchets, transports, bâtiments) qui se sont réunis 3 à 4 fois entre septembre 2021 et décembre 2022. Ce scénario est conservateur²¹ via ses hypothèses et ne prend pas en compte les mesures postérieures au 31 décembre 2021.

Dans ce scénario « AME 2023 », une réduction de -36,8 % des émissions de GES hors puits de carbone par rapport à 1990 est atteinte en 2030, proche de l'objectif fixé dans la SNBC 2 de réduire de -40 % les émissions de GES de la France hors puits en 2030 par rapport à 1990 (voir la **Figure 3** qui détaille l'évolution des émissions dans les différents scénarios).

¹⁹ L'évaluation socioéconomique de la SNBC 3, présentée dans le chapitre suivant, se fonde sur un scénario hybride, avec une reprise de l'« AME 2024 » pour les trajectoires résidentielles pour des raisons méthodologiques (changement de modèle d'évaluation des consommations de chauffage entre l'AME 2024 et l'AME 2023), et un scénario « AME 2023 » ajusté à la marge sur le parc d'immatriculations de voitures pour mieux représenter l'impact des dynamiques récentes sur la facture des ménages (ajustement du parc de voitures sur les données historiques récentes).

²⁰ DGEC (2023), « Synthèse du scénario avec mesures existantes 2023 (AME 2023) » <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenarios-avec-mesures-existantes>

²¹ Il considère une fin des aides à la rénovation et autres subventions en 2022, une atteinte de 50 % des objectifs du décret tertiaire, une prise en compte de 50 % des projets de CCUS effectivement déployés, et conduit à écarter une série importante de mesures engagées depuis 2022.

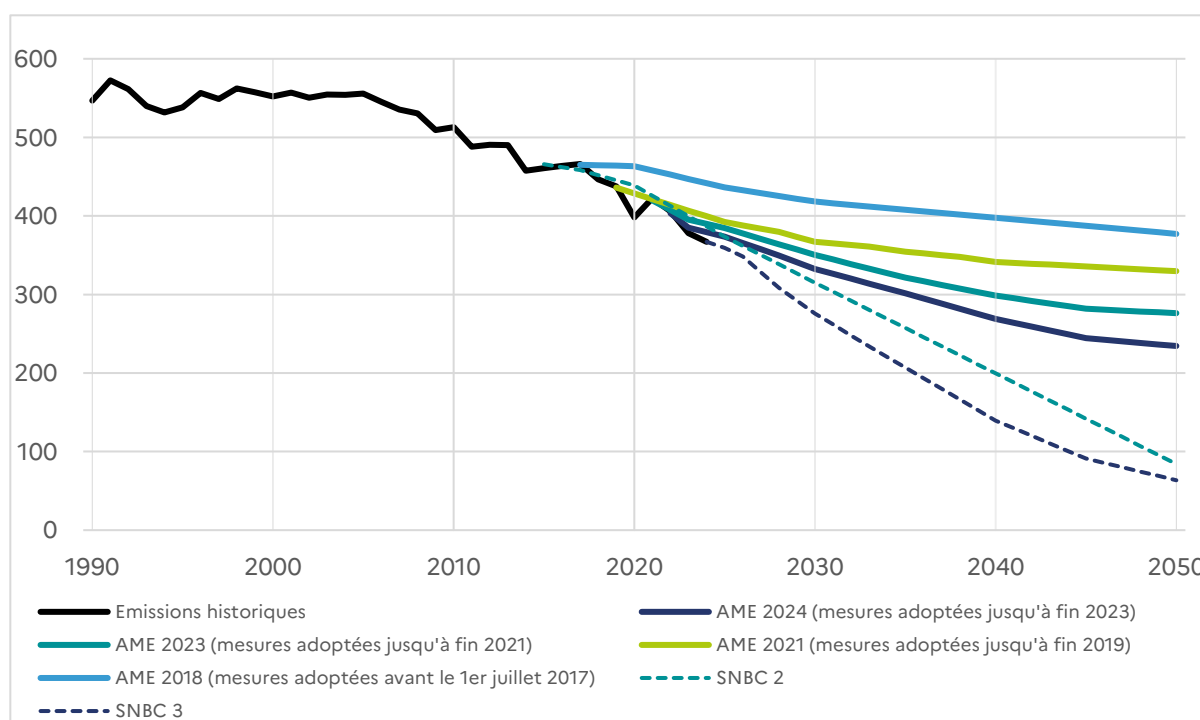


Figure 3 : Emissions brutes de GES (hors secteur UTCATF, observées et projetées) en Mt CO₂e (Sources : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, Citepa, Secten 2026 ; Modélisations DGEC)

► Cadrage économique des scénarios

Le scénario « avec mesures supplémentaires » sous-jacent de la SNBC 3 ainsi que le scénario « avec mesures existantes » s'appuient sur un cadrage socioéconomique construit autour d'hypothèses d'évolutions tendanciennes démographiques, du PIB, et du prix des énergies. La trajectoire d'évolution du PIB est issue du cadrage de la Commission européenne recommandée pour la conception du PNIEC²² (cf. **Figure 4**). Les prévisions de croissance de la Commission européenne s'appuient toutefois sur des hypothèses de croissance démographique qui diffèrent des projections retenues dans cet exercice, provenant de l'Insee. Ces prévisions de croissance économique sont donc ajustées pour garantir la cohérence avec les hypothèses de projection de population retenues. Les hypothèses de prix des énergies fossiles importées (gaz, pétrole, charbon) sont également issues du cadrage fourni par la Commission européenne. Les prix des énergies hors taxes et dispositifs, considérés exogènes, croissent au taux de +1,3 % par an en moyenne sur la période 2020-2050, aboutissant selon le vecteur énergétique aux prix suivants : croissance jusqu'à environ 70 €/MWh en 2050 pour le pétrole, stabilisation autour de 40 €/MWh à partir de 2030 (-10 % entre 2025 et 2030) pour le gaz naturel. Ces trajectoires sont mobilisées dans plusieurs modèles physiques utilisés pour l'élaboration du scénario de référence (Res-IRF pour la modélisation des bâtiments

²² Plan National Intégré Energie Climat, qui regroupe la PPE et la SNBC, et dont la cohérence est contrôlée par la Commission Européenne. Pour la méthodologie, voir https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/ghg_projection_guidelines_a_en.pdf

résidentiels, modélisation de l'industrie, modélisation du secteur aérien...) ainsi que dans l'évaluation macroéconomique.

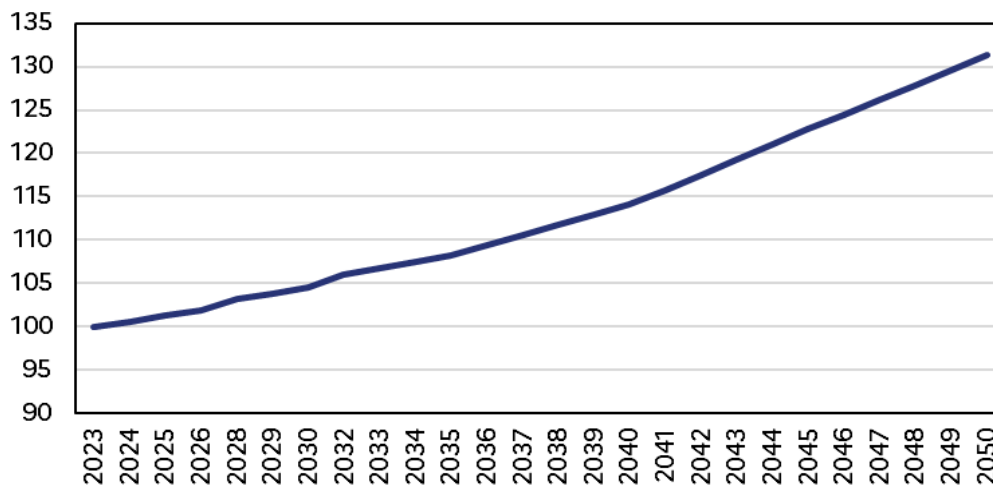


Figure 4 : Hypothèses de cadrage : trajectoire d'évolution tendancielle du PIB (base 100 en 2023) (Sources : hypothèses de cadrage d'évolution tendancielle du PIB des scénarios « AME » et « AMS » de la SNBC 3 ; issu du cadrage de la Commission Européenne, redressé sur les hypothèses de population de l'Insee)

Les hypothèses sectorielles mobilisées dans l'exercice de modélisation macroéconomique sont précisées dans la SNBC 3.

3. Méthodologie d'évaluation

- **L'évaluation macroéconomique de la SNBC 3 mobilise un modèle principal ThreeME, amélioré depuis l'évaluation de la SNBC 2, qui permet d'éclairer les frictions et opportunités économiques de la décarbonation, et des modèles complémentaires**

L'évaluation macroéconomique de la SNBC 3 mobilise ThreeME comme modèle principal. ThreeME est un modèle d'équilibre général néo-keynésien multisectoriel, dans lequel la France est représentée sous la forme d'une petite économie ouverte, au sens où l'environnement international (demande mondiale adressée à la France, taux de change, prix de référence étrangers) est pris comme exogène (voir la **Figure 5** pour une représentation schématique du modèle).

ThreeME repose sur un cadre théorique néo-keynésien

Dans le modèle ThreeME, à court terme, l'économie est déterminée par les comportements de demande du fait de rigidités nominales (ajustement lent des prix et des salaires), tandis qu'à long terme l'évolution des variables est déterminée par des facteurs d'offre. Ainsi, les différentes catégories de variables économiques, que ce soient les volumes (par exemple les investissements productifs, l'emploi, les exportations, les importations) ou les prix (de production, d'exportations et d'importations) s'ajustent aux chocs exogènes (mis en entrée du modèle) touchant l'économie avec un certain délai, avant de converger vers leur niveau

d'équilibre. Ce dernier est déterminé à partir de programmes de maximisation sous contrainte, les entreprises cherchant à maximiser leurs profits sous la contrainte du coût de leurs facteurs de production et des technologies tandis que les ménages maximisent leur utilité en fonction de leur revenu et des prix. Cette approche se traduit par des dynamiques de court terme et de long terme différenciées. Par exemple, si les investissements des entreprises sont indexés unitairement sur la production à long terme, ils augmentent plus que proportionnellement à celle-ci à court terme afin de traduire un effet accélérateur.

ThreeME est un modèle multisectoriel

Dans ThreeME, chaque secteur détermine d'abord sa demande en travail, en énergie agrégée, en consommations intermédiaires non-énergétiques agrégées et en investissement, en fonction de la production, du progrès technique et du coût des facteurs de production. Le secteur définit ensuite son bouquet énergétique (c'est-à-dire la consommation en électricité, en charbon, en pétrole et en gaz) et la composition de son panier de consommations intermédiaires fourni par les autres secteurs. Enfin, le secteur arbitre entre les intrants domestiques et importés, en fonction de la demande et du rapport des prix domestiques et des prix à l'importation. La version utilisée dans le cadre de l'évaluation des effets macroéconomiques de la SNBC 3 présente 37 secteurs (dont 17 énergétiques) produisant 24 biens et services (dont quatre énergétiques : électricité, charbon, pétrole et gaz²³).

De leur côté, les ménages déterminent leur consommation en chaque bien et service en fonction de leur revenu et du prix relatif de ces biens et services, en tenant compte d'éventuelles consommations incompressibles (par exemple les biens de première nécessité). ThreeME intègre en outre une modélisation selon une approche technico-économique des décisions d'investissements des ménages dans le logement et d'achat de véhicules. Ainsi, le bloc logement distingue sept classes de logement, en fonction de leurs coûts de production, de leur facture énergétique et de leurs coûts de rénovation. L'évolution de la composition du parc de logements va dépendre des coûts d'entretien (dont les dépenses énergétiques) relativement aux coûts de rénovation, lesquels sont fonction de la structure de financement (aides publiques, autofinancement et endettement). De manière analogue, le bloc automobile distingue deux types de véhicules (thermiques et électriques), chacun réparti en sept classes énergétiques. Le choix entre véhicules thermiques et électriques dépend d'un modèle d'innovation/imitation où les ménages choisissent notamment leur véhicule en fonction des coûts relatifs. Dans le cadre de l'évaluation macroéconomique de la SNBC 3, les trajectoires de parc de véhicules et de composition du parc de logements de ThreeME sont calées sur les tendances observées dans le scénario AME et dépendent de l'évolution des aides et des taxes dans le scénario AMS. Celles-ci ont été calibrées de manière à atteindre les cibles de la SNBC 3.

²³ Un secteur produit du charbon, deux des carburants (pétrole et bio-carburant), huit de l'électricité (nucléaire, pétrole, gaz, charbon, éolien, solaire, hydraulique et cogénération), et six du gaz (gaz naturel, bois, biogaz, incinération de déchets, géothermie et cogénération).

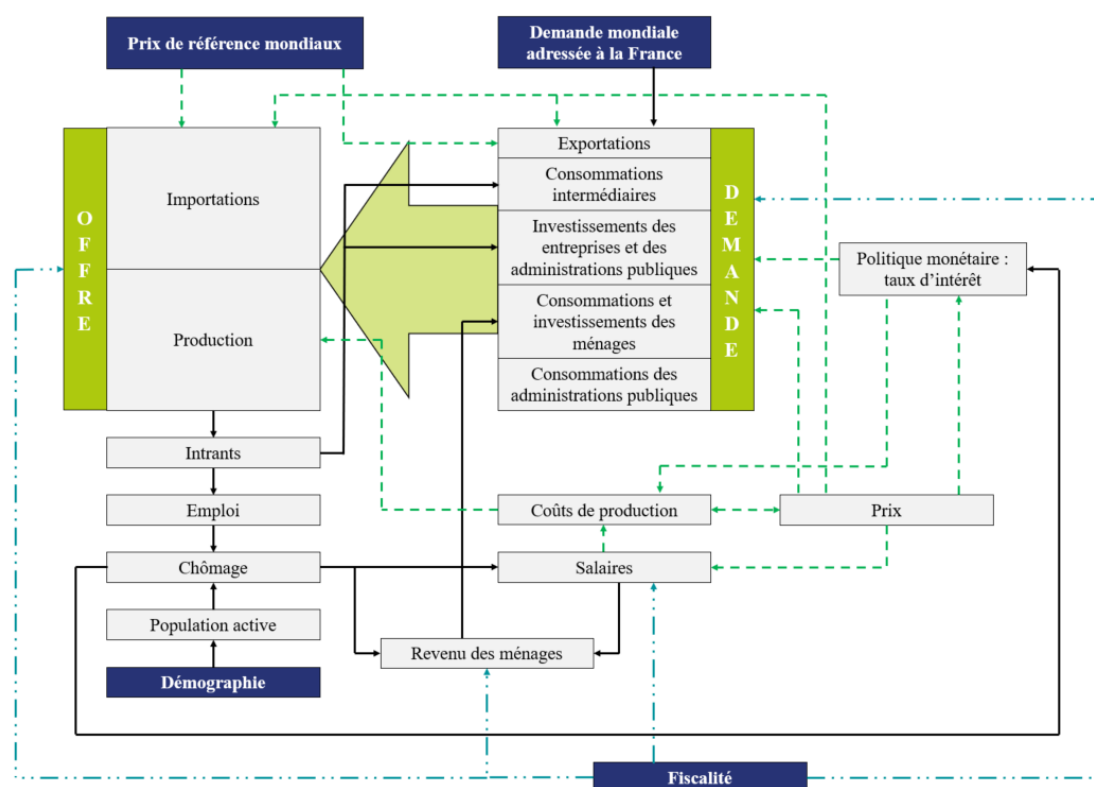


Figure 5 : Représentation synthétique du modèle ThreeME

Note de lecture : les encadrés gris désignent des groupes de variables endogènes, les encadrés bleu foncé des variables exogènes ; les flèches noires (trait plein) désignent l'impact de variables réelles, les flèches vertes (tirets) de variables nominales et les flèches bleues (tirets et points) de variables fiscales ; la grande flèche verte représente la prépondérance de la demande sur l'offre à court terme.

Il est à noter que les émissions issues de l'élevage et des cultures, ainsi que les puits de carbone naturels (UTCATF), le captage du carbone dans l'air (DACCS) et la combinaison de bioénergie et de capture et stockage de carbone (BECCS) ne sont pas couverts par le modèle.

Le modèle IMACLIM-S France

IMACLIM-S (IMPact Assessment of CLIMate policies – Static)²⁴ **France est un modèle d'équilibre général hybride multisectoriel de l'économie française en économie ouverte** dédié à l'évaluation des politiques climatiques^{25,26,27} (la **Figure 6** propose une représentation

²⁴ Le modèle IMACLIM-R, un modèle dynamique est également développé par le Cired. Le modèle IMACLIM-S, est un modèle statique (S).

²⁵ Le Treut G. (2020), "Description of the IMACLIM-Country model: A country-scale computable general equilibrium model to assess macroeconomic impacts of climate policies", CIREN Working Papers, WP 2020-85

²⁶ Le Treut G. (2017), "Methodological proposal for hybrid modelling: consequences for climate policy analysis in an open economy (France)", Environmental studies, Université Paris-Est, 2017.

²⁷ Le Treut G. et Combet E. (2016), "Climate policy design and the competitiveness of the French industry: A Computable General Equilibrium Analysis".

schématique du modèle). Comme l'ensemble des modèles IMACLIM développés au CIREN, IMACLIM-S présente deux caractéristiques principales. D'une part, il est conçu afin d'organiser un dialogue avec les modélisations techniques des systèmes énergétiques. Le modèle repose sur une comptabilité entrée-sortie « hybride », produite par mise en cohérence des flux énergétiques monétisés de la comptabilité nationale et des flux énergétiques physiques du bilan énergétique. Cette approche permet d'embarquer des informations exogènes sur les transformations techniques et énergétiques, ainsi que les coûts associés (par exemple, les coûts d'investissement) au niveau sectoriel. Il est ensuite possible de simuler la réponse macroéconomique et les ajustements sectoriels à la mise en œuvre simultanée de ces transformations. D'autre part, IMACLIM est conçu pour faciliter la mise en œuvre de variantes de spécification des marchés de facteurs (du standard néoclassique des prix flexibles au standard keynésien des prix fixes) et de règles de clôture macroéconomique (causalités investissement-épargne). Cette flexibilité permet de multiplier les éclairages afin de nuancer les évaluations produites.

Dans IMACLIM-S, la version d'IMACLIM utilisée dans ce rapport, l'investissement est piloté par la demande et il n'y a pas d'éviction des investissements bas-carbone sur les autres investissements dans l'évaluation principale, le bouclage investissement-épargne et la dynamique du capital, ou clôture²⁸, du modèle se faisant sur la balance extérieure via un ajustement du taux de change effectif réel (dite « clôture sur B »). D'autres hypothèses de clôture sont explorées avec le modèle : une « clôture sur S », menant à une éviction des investissements de transition sur la consommation domestique, et une « clôture sur I », menant à une éviction des investissements de transition sur les autres investissements.

²⁸ En ignorant les variations de stocks, la clôture s'exprime à partir de l'identité comptable investissement-épargne $S = I + B$, où l'on note S l'épargne nationale, I les investissements domestiques et B le commerce net de biens et services (la balance commerciale), dont l'opposé constitue donc l'épargne importée nette. Les modèles ne peuvent piloter le comportement que de deux d'entre eux, et doivent laisser le troisième s'ajuster de manière à respecter l'identité précitée. Frédéric Gherzi, Adam Poupard, Julien Lefevre. Macroéconomie des transitions énergétiques Explorations dans le cas français par la mise en œuvre d'un modèle réduit.

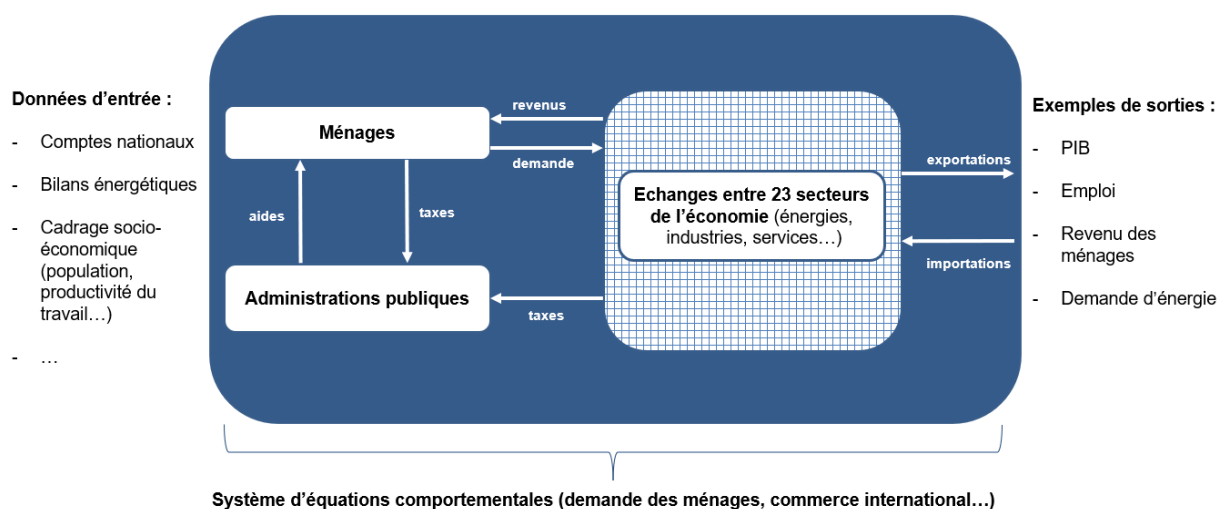


Figure 6 : Représentation synthétique du modèle IMACLIM-S (Source : CIRED)

► Modélisation des différentes mesures

L'évaluation macroéconomique consiste à intégrer les hypothèses microéconomiques et sectorielles des scénarios « avec mesures existantes » (AME) et « avec mesures supplémentaires » (AMS), sous-tendant la SNBC 3 dans ces modèles multi-sectoriels afin d'en traduire les conséquences macroéconomiques. ThreeME présente l'avantage de permettre de modéliser finement les hypothèses pour les différents secteurs d'activité et agents économiques : le bâtiment résidentiel et tertiaire, les transports de voyageurs et de marchandises, la production énergétique et l'industrie. Les deux scénarios sont simulés jusqu'à l'horizon 2050 puis comparés. Seuls les résultats du scénario AMS en écart au scénario AME, c'est-à-dire les volumes supplémentaires de décarbonation devant permettre d'atteindre les cibles de réduction des émissions par rapport aux mesures déjà mises en place, sont présentés.

Modélisation des mesures reposant sur le signal-prix

Pour atteindre les cibles de décarbonation de la SNBC 3, plusieurs types d'instruments sont mobilisés, dont certains visent à augmenter explicitement le prix du carbone (quotas échangeables, taxes). Ces derniers modifient le signal-prix auquel font face les ménages et les entreprises pour les inciter à orienter leurs consommations et leurs investissements vers des alternatives décarbonées. La tarification du carbone et/ou des énergies fossiles permet en effet aux agents économiques d'internaliser (en supportant un coût économique) leurs externalités négatives sur l'environnement (notamment les émissions de gaz à effet de serre induites par leur consommation), réduisant la demande relative en biens émissifs. La tarification du carbone et des énergies fossiles permet ainsi d'inciter au report de la demande et de l'offre vers des produits moins carbonés, dès lors que la rentabilité des investissements sous-jacents est vérifiée, c'est-à-dire lorsque la baisse induite de la facture énergétique compense le coût de financement. La tarification carbone favorise les actions les plus coût-efficaces et continues dans le temps, sans détériorer les finances publiques, puisqu'elle génère des recettes. Elle peut toutefois avoir des effets inflationnistes (la hausse de prix des énergies fossiles se propageant aux autres biens et services par le biais des consommations intermédiaires énergétiques) et anti-redistributifs (les ménages les plus modestes pouvant être à la fois les plus exposés aux

énergies fossiles et les plus contraints dans leurs possibilités de substitution). En augmentant le coût moyen de l'énergie à court terme²⁹ et donc les coûts de production, la tarification carbone est également susceptible de nuire à la compétitivité des entreprises ou de conduire à des fuites de carbone³⁰. L'utilisation des recettes de la tarification carbone peut néanmoins limiter voire compenser ces différents effets dans le cas d'une redistribution en subventions, transferts ou baisses d'impôt. Par ailleurs, des gains de compétitivité relatifs peuvent apparaître à moyen/long terme si les entreprises contraintes à se décarboner améliorent la qualité de leurs produits³¹ ou si leurs coûts unitaires de production augmentent moins vite que ceux des entreprises restées dépendantes des énergies fossiles, compte tenu de l'évolution de leur prix.

D'autres instruments, comme les subventions publiques, modifient le signal-prix du carbone et contribuent à la décarbonation. Les subventions modélisées dans l'évaluation macroéconomique (par exemple MaPrimeRénov' ou les subventions à l'achat de véhicules électriques) modifient directement ou indirectement les prix, stimulant ainsi l'offre et la consommation faiblement émissives. Elles ciblent certains secteurs ou technologies bas-carbone dont la rentabilité actuelle n'est pas nécessairement assurée, ou dont le développement se heurte à des contraintes de marché (restriction d'accès au crédit, etc.). Les subventions permettent également aux acteurs de réaliser des investissements dans des biens intensifs en capital (comme la rénovation thermique des logements des ménages avec MaPrimeRénov'). Elles peuvent aussi cibler certains acteurs (les plus vulnérables), pour compenser les effets régressifs d'autres instruments (voir *supra*). Les subventions aux entreprises (via notamment le fonds chaleur de l'Ademe et les subventions à la décarbonation de l'industrie créé dans le cadre des plans France Relance et France 2030) constituent un choc d'offre positif puisqu'elles diminuent les prix et soutiennent l'activité. Toutefois, les subventions aux investissements en décarbonation peuvent conduire à des effets rebond (e.g. si, après la rénovation thermique de leur logement, les ménages ne réduisent pas leur consommation énergétique du fait des gains de factures), ce qui peut limiter leur efficacité. Elles pèsent sur les finances publiques, générant un besoin de financement pouvant limiter les effets positifs des chocs non financés. Elles peuvent enfin parfois conduire à des effets d'aubaine, i.e. à subventionner des acteurs qui auraient agi ou consommé de manière similaire même s'ils n'avaient pas reçu de subvention.

L'évaluation macroéconomique de la SNBC 3 intègre par ailleurs des mesures réglementaires qui sont modélisées par des signaux-prix fictifs dans cette évaluation. Les mesures de réglementation, comme l'atteinte des objectifs européens pour les véhicules légers neufs ou le décret tertiaire qui impose une réduction des consommations énergétiques progressives pour les bâtiments tertiaires, touchent directement l'offre et la demande en limitant ou en interdisant certains biens ou activités carbonés. La modélisation des mesures réglementaires

²⁹ Une accélération du prix des énergies fossiles plus rapide que celui des énergies renouvelables conduit à terme les agents à décarboner leur consommation énergétique et/ou à réaliser des investissements d'efficacité énergétique, limitant la hausse du coût moyen de l'énergie.

³⁰ Déplacement des émissions de gaz à effet de serre d'un pays vers un autre en réaction à une politique climatique nationale, entraînant une réduction apparente des émissions au niveau national mais pas au niveau global.

³¹ Voir Trinh J. et al. (2023), « Les incidences économiques de l'action pour le climat : rapport thématique sur la modélisation », France Stratégie.

par le signal-prix constitue une méthode usuelle dans la littérature macroéconomique³². Les mécanismes à l'œuvre sont similaires à ceux décrits dans les paragraphes précédents pour la modélisation des mesures tarifaires. La principale différence porte sur le fait que les mesures réglementaires ne génèrent pas de recettes supplémentaires pouvant servir à accompagner les acteurs les plus exposés.

Modélisation des leviers de sobriété

L'évaluation macroéconomique de la SNBC 3 intègre enfin plusieurs leviers de sobriété, portant principalement sur les ménages. La sobriété traduit des évolutions dans les comportements de consommation et d'investissement des ménages, pouvant être spontanées (c'est-à-dire sans que cela ne soit causé par une mesure de décarbonation explicite), ou générées par des politiques incitatives (incitations comportementales, leviers informationnels, campagne de communication, exemplarité). Ainsi, quatre types de sobriété peuvent être distingués³³ : sobriété « structurelle » (qui renvoie à l'organisation de l'espace ou des activités permettant de modérer la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre), sobriété « dimensionnelle » (visant à adapter le dimensionnement des biens d'équipement des ménages à leurs usages), sobriété « d'usage » (visant à réduire la consommation de biens à fort contenu carbone), et sobriété « conviviale » (visant à modifier les modes d'utilisation sociale des équipements). La sobriété diffère de la notion d'*efficacité énergétique* qui se rapporte à une réduction de la consommation d'énergie sans modifier le service rendu. L'isolation des bâtiments impliquant une diminution de la consommation de chauffage à confort thermique inchangé relève par exemple de l'efficacité énergétique, à l'inverse d'une diminution de la température de chauffage. Enfin, la mise en œuvre des politiques publiques doit s'attacher à bien distinguer un comportement de sobriété, qui résulte d'un choix de consommation (spontané ou non), des situations de *précarité*, dans lesquelles le comportement de consommation serait subi : par exemple, un ménage qui choisit d'abaisser légèrement une température de consigne de chauffage déjà élevée réalise un geste de sobriété, alors qu'un ménage qui se chauffe peu car ses revenus ne lui permettent pas d'avoir une facture élevée est dans une situation de précarité énergétique qui ne relève pas d'une sobriété choisie mais d'une contrainte subie.

Dans la SNBC 3, la modélisation de la sobriété chez les ménages recoupe trois dimensions : un rythme moindre de construction de logements neufs à long terme par rapport au scénario AME (maîtrise du nombre de m² par personne, mobilisation des logements vacants, etc.), une diminution dans l'utilisation des véhicules particuliers (report modal, covoiturage, diminution des besoins de déplacement, etc.) et des changements dans les habitudes de consommation. Le rapport thématique consacré à la sobriété de la mission Pisani-Ferry-Mahfouz³⁴, ainsi que le rapport final de la direction générale du Trésor sur les enjeux économiques de la transition vers

³² Voir par exemple in 't Veld J., Roeger W. et Varga J. (2022), « E-QUEST: A multisector dynamic general equilibrium model with energy and a model-based assessment to reach the EU climate targets », *Economic Modelling*, volume 114 ; Chateau J. Jaumotte F. et Schwerhoff G. (2022), « Climate Policy Options: A Comparison of Economic Performance », *IMF Working Paper n°22/242* ; Allen T., Bouillot M., Déès S., de Gaye A., Lisack N., Thubin C. et Wegner O. (2023), « Using Short-Term Scenarios to Assess the Macroeconomic Impacts of Climate Transition », *Banque de France, Working Paper n°922*.

³³ Pommeret A. et al. (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat*, Chapitre « Sobriété », pp. 7-8, d'après les travaux de NégaWatt.

³⁴ Pommeret A., op. cit.

la neutralité carbone³⁵, soulignent que l'analyse économique de la sobriété ne peut se contenter d'une analyse côté demande des changements de préférence des individus, car la sobriété passe aussi par un changement de l'offre de biens et de services, qui ne touche pas nécessairement les préférences.

Rôle des investissements dans le modèle : utilisés en intrant et rétroaction macroéconomique

Certains investissements en décarbonation considérés dans les scénarios AME et AMS de la SNBC 3 sont exogènes dans le modèle ThreeME. Les investissements des services marchands et non marchands dans la rénovation de leurs bâtiments – soit les bâtiments tertiaires - (devant augmenter avec le renforcement du décret tertiaire dans le scénario AMS, lequel est par ailleurs modélisé par un signal-prix visant à réduire la consommation énergétique de ces secteurs³⁶) reposent sur des chroniques purement exogènes qui correspondent notamment aux chroniques de besoins d'investissements calculées par I4CE pour le run 2 de la SNBC 3³⁷. Il en va de même pour les investissements subventionnés dans le cadre du fonds chaleur et de décarbonation de l'Ademe.

D'autres investissements en décarbonation sont quasi-exogènes : si ces investissements sont calculés de manière endogène par le modèle, les hypothèses techniques exogènes dont ils dépendent sont calibrées pour permettre l'atteinte de cibles de décarbonation. C'est le cas notamment des investissements des entreprises du secteur de transport routier de marchandises : leurs achats totaux de camions sont endogènes (dépendant de la production du secteur et du taux de chargement des camions) mais leur ventilation par type d'énergie (camions thermiques, électriques, à hydrogène ou au gaz naturel) est fixée de manière exogène dans les scénarios AME et AMS. Quant aux investissements des secteurs énergétiques dans la décarbonation du mix énergétique, ils dépendent de la production de chaque secteur qui est elle-même calculée à partir de parts exogènes des différents secteurs dans le mix énergétique³⁸, voire de paramètres exogènes permettant d'aligner les montants d'investissements sur des hypothèses techniques (dans le cas des secteurs producteurs d'électricité). La modélisation de la décarbonation du bouquet énergétique ne tient pas compte des mesures qui les déclencheraient (en théorie, l'atteinte de cet objectif résulterait directement des mesures de fiscalité carbone, d'un signal-prix fictif traduisant des cibles de production énergétique et/ou de subventions, mais aussi des changements de comportement des agents économiques induits par l'ensemble des mesures de décarbonation mises en place). Ces différentes modélisations des investissements en décarbonation des entreprises se distinguent de celle des investissements productifs classiques qui sont calculés par le modèle à partir de l'évolution de la production, du coût du capital relativement aux coûts des autres facteurs de production (endogènes) et selon des élasticités de substitution calibrées. S'agissant des investissements

³⁵ DG Trésor (2025), *op. cit.*

³⁶ Ce signal-prix n'ayant que peu d'effet direct sur les investissements des secteurs dans le modèle (uniquement sur leurs consommations énergétiques), l'introduction de chocs exogènes d'investissements est nécessaire pour atteindre des cibles données.

³⁷ Hainaut H., Ledez M., Douillet M. et Metayer S. (2022), « Panorama des financements climat », Institute for Climate Economics (I4CE). Les estimations de besoins d'investissements jusqu'en 2050 sont actualisées régulièrement par I4CE.

³⁸ La production de chaque type d'énergie (pétrole, gaz, charbon, électricité) est calculée de manière endogène mais sa répartition entre secteurs énergétiques les produisant (par exemple, l'électricité peut être produite à partir de nucléaire, de pétrole, de gaz, de charbon, d'éolien, de solaire, d'hydraulique ou de cogénération) est exogène.

des ménages en décarbonation, des subventions servent à déclencher les investissements de manière endogène. C'est notamment le cas des investissements des ménages en rénovation : les décisions d'investissement calculées par le modèle dépendent d'hypothèses de taux de subvention exogènes, provenant du modèle microéconomique RES-IRF³⁹.

Le surplus des investissements en décarbonation dans le scénario AMS par rapport au scénario AME constitue un choc de demande positif qui se transmet au reste de l'économie par le biais des interconnexions sectorielles et des effets multiplicateurs. Le choc positif d'investissements bas-carbone calculé au niveau d'un secteur productif ou des ménages est ventilé par le biais de coefficients techniques entre différents biens et services d'investissement produits par d'autres secteurs (par exemple, le secteur de la construction est sollicité pour réaliser la rénovation des bâtiments du secteur tertiaire et des logements). Par conséquent, bien que le choc initial d'investissements en décarbonation n'augmente pas nécessairement la production du secteur directement concerné, il conduit à une hausse de la production d'autres secteurs. Cette dernière se traduit ensuite par une augmentation de la demande de facteurs de production dans ces secteurs. Leur offre d'emploi augmente en ligne avec la production conduisant à une hausse des revenus des ménages et donc de leur consommation de biens et services. L'investissement et la demande de consommations intermédiaires augmentent également pour répondre à la hausse de la production et se transmettent à leur tour en cascade au reste de l'économie en demande de différents biens et services.

Dans le modèle néo-keynésien ThreeME, un choc positif d'investissements en décarbonation a un effet positif, plus que proportionnel, sur l'activité à court terme, qui se réduit à long terme en raison des effets d'éviction. En effet, à la hausse immédiate de la demande s'ajoutent des effets multiplicateurs transitant essentiellement par des créations nettes d'emplois dans les différents secteurs directement ou indirectement concernés, générant une hausse totale de la demande supérieure au choc initial. En effet, la hausse de l'investissement génère automatiquement une hausse de la production, et donc des emplois et des revenus, qui entraîne une nouvelle hausse de l'investissement. À moyen/long terme, deux effets d'éviction conduisent à atténuer, voire épuiser l'effet du choc⁴⁰ : le phénomène d'éviction par les prix (l'enclenchement de la boucle prix-salaires pèse sur l'activité à terme en renchérissant les coûts de production, pénalisant la compétitivité-prix des entreprises, mécanisme pouvant par ailleurs être renforcé par la réaction des taux d'intérêt aux prix) et celui de l'éviction par les importations (une partie de la demande étant adressée et assurée par les producteurs étrangers). Par ailleurs, la présence de frictions sur le marché du travail (rigidités freinant la réallocation sectorielle de l'emploi) ou sur le marché du capital (contraintes de financement des investissements, impact des investissements en décarbonation sur le potentiel productif), non prises en compte par défaut dans la modélisation, pourraient réduire, voire annuler, les effets keynésiens de court terme de l'investissement en décarbonation.

³⁹ Res-IRF - CIREC.

⁴⁰ Après un choc de demande positif, le taux de croissance du PIB augmente à court terme par rapport à son niveau tendanciel qui est déterminé par la croissance démographique et l'efficacité du travail. À terme, le taux effectif converge à nouveau vers le taux de croissance tendanciel. Le niveau du PIB peut être légèrement supérieur à terme à ce qu'il aurait été sans mesure supplémentaire, si le modèle intègre des rigidités réelles, notamment sur le marché de l'emploi.

► **L'évaluation macroéconomique de la SNBC 3 tient également compte des contraintes de financement des agents économiques**

La modélisation du financement des investissements publics et des entreprises est fruste par défaut dans les modèles keynésiens comme ThreeME, et ne tiennent pas compte des possibilités d'autofinancement. S'agissant des ménages, le financement de leurs investissements est pris en compte dans les hypothèses des blocs technico-économiques du modèle pour le logement et les automobiles. Selon ces hypothèses, leurs investissements (construction neuve, rénovation, achat d'automobiles) sont financés par des aides publiques et privées (pour la rénovation thermique et l'achat de véhicules électriques), par emprunt et par autofinancement⁴¹. Plus précisément, les ménages bénéficient d'aides publiques (MaPrimeRénov') et privées (Certificats d'Economies d'Energie) finançant 25 à 34 % (selon l'année considérée) de leurs dépenses de rénovation thermique des logements dans le scénario AMS⁴². 24 à 25 % de ces dépenses de rénovation sont financés par emprunt (hypothèse calibrée sur données historiques⁴³) et entre 42 % et 50 % le sont par fonds propres. Les investissements dans la construction neuve sont quant à eux financés à 80 % par emprunt et à 20 % par autofinancement. Enfin, les achats de véhicules neufs des ménages (après déduction des différentes subventions⁴⁴), sont financés à 20 % par emprunt et à 80 % par autofinancement. S'agissant des entreprises, il n'existe pas de telles hypothèses sur les modes de financement de leurs investissements. En effet, leurs investissements productifs classiques et dans la décarbonation sont implicitement⁴⁵ financés presque entièrement par endettement (une part de leurs investissements en décarbonation pouvant être financée par crédit d'impôt ou subvention)⁴⁶. Quant aux administrations publiques, elles peuvent accroître leurs investissements sans contrainte budgétaire, leur déficit étant entièrement financé par emprunt dans le modèle ThreeME. Par ailleurs, le taux d'intérêt des crédits des différents agents évolue en ligne avec le taux directeur⁴⁷, sans rétroaction du niveau d'endettement sur le niveau des taux d'intérêt, pouvant traduire des tensions dans le financement de l'économie ou une prime de risque.

⁴¹ L'autofinancement des investissements supplémentaires des ménages conduit à une baisse de la consommation d'autres biens et services et/ou de l'épargne.

⁴² Dans le scénario AME, il est fait l'hypothèse que les subventions à la rénovation des logements sont supprimées à compter de 2025.

⁴³ Cette hypothèse est calibrée à partir de données observées pour 2023 et de données d'enquête couvrant des travaux réalisés sur la période 2019-2023.

⁴⁴ Dans le scénario AME, les subventions sur les voitures particulières (bonus écologique/malus sur les voitures thermiques, ...) sont maintenues : le taux moyen de subvention passe de -2 % en 2024 (subvention moyenne négative en raison de l'importance des achats de voitures thermiques soumis au malus) à +3 % en 2050 (subvention positive en raison de la part croissante des achats de voitures électriques et des voitures thermiques bénéficiant du bonus). Dans le scénario AMS, les subventions sur les voitures neuves baissent progressivement jusqu'en 2035 ; à cette date 100 % des voitures vendues sont électriques dans le scénario.

⁴⁵ Contrairement aux ménages, aucune contrainte budgétaire n'est modélisée pour les entreprises dans le modèle ThreeME.

⁴⁶ En pratique, les entreprises peuvent faire face à des frictions dans l'offre de crédit et ont recours à l'autofinancement, à l'émission d'actions et à l'emprunt obligataire, dont l'offre dépend du stock d'épargne disponible.

⁴⁷ Celui-ci évolue en ligne avec l'inflation de façon plus que proportionnelle et avec le taux de chômage. Ainsi, une accélération des prix ou d'importantes créations d'emplois à court terme, traduisant un surplus de demande, conduit à une hausse des taux d'intérêt réels.

Un travail a ainsi été réalisé afin de tenir compte du financement des investissements en décarbonation pour l'ensemble des agents institutionnels, via l'introduction de chocs supplémentaires, calibrés sur la base des panoramas des financements climat d'I4CE. S'agissant des administrations publiques, les investissements en décarbonation directement portés par cet agent institutionnel, ainsi que les aides accordées aux agents privés (versement de MaPrimeRénov' et du bonus à l'électrification des véhicules particuliers pour les ménages, crédits d'impôt et subventions pour les entreprises) peuvent être financés par une baisse des dépenses publiques génériques et/ou une hausse des prélèvements obligatoires. Un financement des dépenses publiques en décarbonation par une baisse des dépenses publiques génériques⁴⁸ constitue un choc de demande négatif. En cas de financement des dépenses publiques en décarbonation par une hausse des prélèvements obligatoires⁴⁹, l'économie fait face à la fois à un choc d'offre négatif (hausse des coûts de production des entreprises) et à un choc de demande négatif (baisse du revenu disponible net des ménages). Pour les entreprises, en théorie, les investissements productifs ou les dividendes versés peuvent être ajustés à la baisse pour compenser la hausse des investissements en décarbonation (rénovation des bâtiments tertiaires, installation de dispositifs de capture et stockage du carbone, etc.), constituant dans les deux cas un choc de demande négatif. Il a été fait le choix pour cet exercice de considérer de moindres dividendes versés, les autres investissements productifs pouvant déjà être modérés par un effet d'éviction par les taux d'intérêt⁵⁰. Le taux d'autofinancement retenu pour les investissements en décarbonation est de 40 % en moyenne pour l'ensemble des entreprises, avec des variations en fonction du secteur d'activité, et de 88 % pour les administrations publiques⁵¹. Ces hypothèses pour les entreprises et les administrations publiques sont alignées sur celles d'I4CE (2023). Elles reposent sur une analyse de la part d'autofinancement dans le flux des nouvelles acquisitions. Ces chiffres peuvent apparaître plus élevés que les informations concernant la part d'autofinancement dans le stock de capital⁵². Des variantes avec des taux d'autofinancement moins contraignants pour les entreprises, les administrations publiques et les ménages ont été simulés pour comparaison (voir section *infra*).

La décarbonation de l'appareil productif pourrait avoir un effet négatif transitoire sur la croissance de la productivité. Les investissements en décarbonation, s'ils induisent une baisse du coût de la facture énergétique, peuvent s'avérer plus coûteux que les technologies

⁴⁸ Des baisses de consommations publiques de biens et services et de prestations sociales (chômage, retraite et autres) sont simulées.

⁴⁹ Des hausses de taxe sur la valeur ajoutée, d'impôt sur les sociétés, d'impôt sur le revenu et de cotisations sociales patronales et salariales sont simulées.

⁵⁰ Si aucun effet d'éviction n'est modélisé dans le modèle ThreeME par défaut comme expliqué supra, des développements réalisés dans le cadre de la présente évaluation ont permis d'en tenir compte (cf. ce paragraphe et la sous-partie suivante).

⁵¹ Quant aux ménages, les hypothèses retenues de financement de leurs investissements supplémentaires dans la rénovation thermique des logements et dans l'achat de véhicules électriques sont identiques à celles des blocs technico-économiques du modèle. Cette répartition entre auto-financement et endettement est supposée inchangée sur l'ensemble de la période d'analyse à défaut d'information supplémentaire pour opérer des ajustements.

⁵² Les comptes de patrimoine des sociétés non financières dans le Tableau Economique d'Ensemble de la comptabilité nationale de 2022 indiquent que les entreprises ont un taux d'autofinancement de 5 % (ratio profits capitalisés sur le stock de capital) et un ratio de fonds propres sur actifs (profits capitalisés plus émissions d'actions sur le stock de capital) de 23,3 %.

existantes, malgré le versement d'éventuelles aides, sans qu'ils ne servent *a priori* à augmenter significativement la production. Ce surcoût pourrait conduire au report ou à la non-réalisation d'autres investissements (en capital physique et humain, notamment), ce qui pourrait limiter les gains de productivité des entreprises⁵³. L'effet d'éviction entre investissements verts et bruns et, de manière générale, les effets de la transition sur la productivité ne sont qu'imparfaitement couverts dans le modèle ThreeME⁵⁴. Un choc négatif et transitoire sur la croissance de la productivité est ainsi intégré aux simulations⁵⁵. Une diminution moyenne de la croissance annuelle de la productivité de 0,05 point de pourcentage sur la période 2024-2050 a été introduite dans le scénario AMS. Cette baisse de la croissance de la productivité serait un choc de court/moyen terme et s'atténuerait rapidement pour devenir négligeable à partir de 2040. Au regard de l'incertitude quant à l'ampleur de ce choc, plusieurs tests de robustesse ont également été réalisés. Cette simulation de la baisse de productivité engendrée par les politiques de décarbonation ne porte que sur le canal du surcoût des investissements en décarbonation. Les gains de productivité pourraient par ailleurs diminuer davantage du fait de la réallocation d'une partie de la recherche et développement vers l'efficacité énergétique et climatique, au détriment de l'amélioration des autres processus de production⁵⁶ (voir section B.2 *infra*). À l'inverse, à plus long terme, une fois la transition effectuée, le renouvellement du tissu productif (via les dynamiques d'entrées et de sorties des entreprises), ainsi que le développement et le déploiement de technologies bas-carbone pourraient générer des gains de productivité pour l'ensemble de l'économie, soutenant l'activité⁵⁷ (voir la sous-partie sur les enjeux de décarbonation de l'économie et de recherche et développement *infra*).

L'évaluation tient enfin compte du risque de renchérissement du coût du crédit pour les entreprises en lien avec la hausse de leur endettement. Sous les hypothèses de financement détaillées ci-dessus, les investissements supplémentaires dans la décarbonation pourraient conduire à une hausse de l'endettement des ménages (hors effet de sobriété) et des

⁵³ Voir également Henriët F., Kanlantzis Y., Lemoine M., Lisack N. et Turunen H. (2025), « Bridging the Gap in Macroeconomic Analysis of the Energy Transition: Combining Medium- and Long-Term Approaches », Banque de France Working Paper n° 1000. Les auteurs développent un modèle d'équilibre général pour étudier les effets de la décarbonation de l'appareil productif sur l'efficacité du travail.

⁵⁴ Dans le modèle ThreeME, la hausse du coût du capital due aux investissements supplémentaires en décarbonation induit une substitution du travail au capital qui provoque une baisse de la productivité apparente du travail. Par ailleurs, les mesures modélisées impliquent des réallocations sectorielles qui touchent la productivité agrégée du travail par effet de composition.

⁵⁵ Le calibrage de ce choc s'appuie sur une approche en équilibre partiel, où la hausse du stock de capital agrégé (cohérente avec les surplus d'investissements en décarbonation, nets des désinvestissements émissifs et de la variation des autres investissements concernés par la transition vers la neutralité carbone) implique, pour des niveaux donnés de production, de travail et d'investissement productif, une baisse apparente de l'efficacité du travail. La perte potentielle de productivité a été évaluée à partir des estimations des besoins d'investissements supplémentaires en décarbonation. Sur la base d'une fonction de production, dans laquelle le niveau de production, de travail et d'investissement productif est donné, la hausse du stock de capital agrégé (cohérente avec les surplus d'investissements en décarbonation, nets des désinvestissements émissifs et de la variation des autres investissements concernés par la transition écologique) implique un ralentissement de la croissance du progrès technique. Si ces hypothèses rendent compte du fait que ces investissements en décarbonation ne visent pas en premier lieu à accroître le niveau de production, elles sont également conservatrices : les entreprises pourraient également chercher à réaliser des gains de productivité pour limiter les conséquences économiques du surcoût de ces investissements.

⁵⁶ Voir Epaulard A. et al. (2023), « Les incidences économiques de l'action pour le climat : rapport thématique sur la productivité », France Stratégie.

⁵⁷ Voir Mahfouz S. et Pisani-Ferry J. (2023), *op. cit.* et DG Trésor (2025), *op. cit.*

entreprises. L'augmentation de la dette pour financer des investissements qui servent en premier lieu à décarboner l'appareil productif, pourrait se traduire par un rehaussement des taux d'intérêt des crédits, augmentant les paiements d'intérêt. Plusieurs mécanismes théoriques peuvent expliquer cette hausse : hausse des primes de risques, accentuée par la nécessité pour les sociétés financières de respecter les minima de capitaux propres selon les accords de Bâle, capacité partielle des banques en situation oligopolistique à fixer les taux auxquels les agents empruntent⁵⁸, sur-représentation d'entreprises jeunes et innovantes dans les technologies vertes qui font face à des contraintes de financement accrues⁵⁹. Pour modéliser cette hypothèse, une augmentation de la prime de risque sur les taux des crédits accordés aux entreprises est intégrée à l'évaluation. Elle est calibrée à partir du surplus de leur dette (en points de PIB) dans le scénario AMS par rapport au scénario AME, calculé en tenant compte de la part d'autofinancement et des subventions, et d'un effet marginal du taux d'endettement sur le taux d'intérêt de 0,04 point de pourcentage choisi sur la base de la littérature empirique⁶⁰. Ainsi, la prime de risque pourrait augmenter en moyenne entre 2025 et 2050 d'un peu moins de 15 points de base. Des analyses alternatives selon des élasticités différentes, comprises entre 0,02 et 0,06 au regard de l'incertitude autour de cette valeur, sont également réalisées (voir section B.2 *infra*).

⁵⁸ Voir Gerali A., Neri S., Sessa L. et Signoretti F. (2009) « Credit and Banking in a DSGE Model of the Euro Area ».

⁵⁹ Howell, S. T. (2017) « Financing innovation: Evidence from R&D grants », *American economic review*

⁶⁰ Ainsi, une hausse du taux d'endettement des entreprises de 1 point de PIB augmente le taux d'intérêt auquel elles se financent de 4 points de base. Voir par exemple, Commission européenne (2025), « Debt Sustainability Monitor 2024 », *Institutional Paper n°306*; Commission européenne (2019), « Quarterly Report on the Euro Area », Volume 17, n°4; Bouabdallah et al. (2017), « Debt sustainability analysis for euro area sovereigns: a methodological framework », Banque centrale européenne, *Occasional Paper Series n°185*.

B. Résultats et variantes de l'évaluation macroéconomique

1. Des effets macroéconomiques limités pour la trajectoire économique

► Le coût de l'inaction climatique est significatif pour l'économie

Les conséquences délétères d'une évolution non maîtrisée du changement climatique justifient des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) ambitieux. En l'absence de renforcement de l'action mondiale de décarbonation, le réchauffement climatique pourrait atteindre en moyenne +3 °C dans le monde et +4 °C en France hexagonale d'ici la fin du siècle par rapport à l'ère préindustrielle selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat⁶¹ (GIEC), ce qui aurait des implications environnementales, sociales et économiques significatives⁶².

Le réchauffement moyen des températures a atteint +1,2 °C au niveau mondial sur la période 2014-2023 par rapport à l'ère préindustrielle, entraînant d'ores et déjà des dommages importants. Cette moyenne mondiale cache des différences territoriales : le réchauffement en France hexagonale était ainsi de +2,1 °C sur la même période. Les épisodes extrêmes récents, rendus plus intenses et fréquents par le changement climatique, ont déjà des conséquences humaines et économiques coûteuses pour de très nombreuses économies, y compris en Europe. En France, les sinistres climatiques se sont accélérés sur les dernières années. À lui seul, le coût de la sinistralité de la sécheresse de 2022 est estimé à environ 3,5 Md€ - le plus important jamais connu par le régime Cat-Nat depuis 40 ans⁶³.

La manière dont le changement climatique touche l'économie dépend des caractéristiques géographiques, démographiques, sociales, économiques et budgétaires de chaque pays. Si certains effets secondaires économiques du bouleversement des écosystèmes ne sont pas encore identifiés, les chocs climatiques sont généralement séparés entre des impacts chroniques (liés à une modification graduelle de l'environnement) ou aigus (liés à l'intensification des aléas extrêmes). Les impacts chroniques sont par exemple la hausse des températures moyennes, la modification de la pluviométrie (aridification dans certaines régions notamment), la perte de biodiversité, le recul du trait de côte et le retrait-gonflement des argiles. Les impacts aigus peuvent être des vagues de chaleur, des sécheresses, des cyclones, des pandémies liées au changement climatique et des inondations. Ces différents aléas se traduisent par des destructions directes, mais engendrent également des réactions socioéconomiques : baisse des rendements agricoles, baisse de la productivité du travail en extérieur, migrations climatiques, perturbations des chaînes logistiques internationales, conflits. Ces réactions peuvent alors constituer des chocs et être introduits dans des modèles macroéconomiques de diverses natures. L'intensification des événements climatiques extrêmes risque également d'engendrer des ruptures dans les structures socioéconomiques,

⁶¹ Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (2023) Rapport de synthèse, op. cit.

⁶² DG Trésor (2023), op. cit. chapitre 1.

⁶³ CCR (2024), « Rapport scientifique 2024 ».

que les modèles classiques pourraient avoir du mal à modéliser. En ce qui concerne notamment l'investissement, l'augmentation du nombre d'aléas augmente la volatilité structurelle des actifs et des rendements associés, ce qui peut augmenter le coût du capital, diminuer la demande en investissement, et réduire le taux d'intérêt naturel⁶⁴ (souvent noté R^* , il correspond au taux qui n'implique ni hausse, ni baisse de l'inflation⁶⁵), tout en augmentant l'aversion au risque de certains ménages.

Les méthodologies et les résultats d'estimation de dommages climatiques, pour la France et le monde, sont hétérogènes⁶⁶. Deux types d'approche sont possibles, mais présentent des difficultés propres, une approche descendante, ou une approche ascendante.

- Concernant les approches ascendantes, visant à énumérer les différents aléas à partir de données granulaires, microéconomiques ou sectorielles, le risque demeure de passer à côté de plusieurs dimensions. Ces études sont souvent limitées géographiquement et peinent à saisir les interactions macroéconomiques, intersectorielles et spatiales, ce qui limite leur applicabilité à des contextes économiques plus larges. Elles peuvent toutefois être mobilisées pour calibrer des chocs dans des modèles macroéconomiques (internationaux ou non), comme ThreeME ou NiGEM⁶⁷.
- Concernant les approches descendantes, construites à partir d'estimations agrégées, souvent en panel et internationales, elles sont confrontées à la difficulté de prendre en compte les politiques nationales et les variations locales, qui sont toutes deux essentielles pour évaluer avec précision les effets du climat. La couverture des impacts climatiques varie d'une étude à l'autre (prise en compte de la hausse des températures, des précipitations, de l'intensification des catastrophes naturelles). De plus, une incertitude entoure les non-linéarités à venir de l'intensification des dommages climatiques et de leur impact économique (en partie due à la difficulté de mesurer ou de projeter l'adaptation des systèmes humains au climat) et rend l'exercice difficile. Enfin, les résultats des fonctions de dommages sont très sensibles aux hypothèses économétriques structurelles sur l'existence de chocs en niveau ou en croissance.

Les estimations de 2024 du Réseau pour le verdissement du système financier (Network for Greening the Financial System ou NGFS) indiquent que les effets chroniques du changement climatique induit par les politiques climatiques actuelles (conduisant à un réchauffement de +3 °C en 2100 dans le monde) auraient un effet négatif (médian) sur le PIB de l'ordre de 8,5 points en France en 2050⁶⁸ par rapport à un scénario de sentier de croissance équilibrée, qui ne prend pas en compte ni les dommages du changement climatique ni les risques de

⁶⁴ Kozłowski J., Veldkamp L. et Venjateswaran V. (2018), « The tail that keeps the riskless rate low » NBER Volume 33.

⁶⁵ La hausse de l'aversion au risque est capturée dans un cadre théorique néoclassique par la préférence des agents pour le futur, et se traduit par une hausse du taux d'épargne, donc de l'offre de financement, et une baisse de R^* . Voir Mongelli F. P., Pointner W. et Van den End J. W. (2022), « The effects of climate change on the natural rate of interest » ECB Working Paper 2744.

⁶⁶ Voir NGFS (2024) « Damage functions, NGFS scenarios, and the economic commitment of climate change ».

⁶⁷ National Institute Global Econometric Model, National Institute of Economic and Social Research.

⁶⁸ Modèle REMIND-MAGPIE 3.3-4.8. Cf. Network for Greening the Financial System (2024), « <https://www.ngfs.net/en/publications-and-statistics/publications/ngfs-climate-scenarios-central-banks-and-supervisors-phase-v> ». Ces estimations sont réalisées sans hypothèse de modification structurelle de l'adaptation des agents au changement climatique.

transition. La réalisation d'une transition ordonnée et coordonnée en France et dans le monde permettra d'éviter une partie de ces dommages pour la France, jusqu'à 4,5 points de PIB de dommages évités en 2050 (NGFS Phase IV, à partir du couplage des modèles macroéconométrique NiGEM et d'évaluation intégrée REMIND-MAGPIE). En raison de l'inertie des émissions de gaz à effet de serre et des politiques actuellement engagées, les trajectoires de dommages entre scénarios avec et sans respect des engagements de l'accord de Paris ne divergent significativement qu'autour de 2040.

Le modèle ThreeME a été mobilisé en 2021 par l'Ademe⁶⁹ pour réaliser une estimation de l'impact macroéconomique des dommages climatiques sur la France. Les auteurs ont calibré des fonctions de dommages *bottom-up* au niveau sectoriel pour représenter plusieurs risques chroniques ou aigus en cohérence avec le premier millésime (v1) du NGFS. Ils mobilisaient pour cela, selon les secteurs et les aléas représentés, des chocs de productivité du travail, de productivité générale des facteurs, de taux de dépréciation du capital, de demande mondiale adressée à la France et de consommation énergétique⁷⁰. En 2021, cette étude indiquait ainsi que le réchauffement climatique avait déjà coûté près de 2 points de PIB et coûterait près de 10 points de PIB en 2100 (6 points en 2050) dans un scénario d'inaction, par rapport à un scénario sans changement climatique. Les déterminants principaux des dommages seraient les catastrophes naturelles à l'étranger (qui réduisent la demande mondiale adressée à la France et bloquent les chaînes logistiques) et la baisse des rendements agricoles en France (qui a des effets inflationnistes persistants et réduit la consommation globale des ménages par un effet richesse).

Les publications les plus récentes de la littérature ont conduit à réévaluer significativement à la hausse les dommages potentiels liés au changement climatique. Du côté des études économétriques, Bilal et Känzig (2026)⁷¹ estiment, sur des données historiques en panel, qu'une hausse de la température mondiale de 1 °C conduirait hors modification structurelle des comportements d'adaptation à une perte d'activité mondiale de 20 %, contre 1 à 3 % dans des

⁶⁹ Callonnec G., Devillers A., Gouédard H. et Jacquetin F. (2023), « Les risques climatiques et leurs coûts pour la France Une évaluation macroéconomique », Ademe.

⁷⁰ ThreeME est un modèle « néo-keynésien » de demande : à court/moyen terme, l'offre s'ajuste à la demande au niveau agrégé avec des prix relativement rigides. Ce cadre ne permet pas de mesurer de manière précise des effets d'offre qui sont des canaux de transmission majeurs du changement climatique. Lorsque les facteurs de production sont perturbés ou que des dommages directs ont lieu, cela implique une hausse des coûts unitaires de production (et à terme du prix de consommation) et une augmentation relative de la demande de facteur. Dans ce type de modèle, il y a un effet rebond à court terme des autres facteurs pour assurer la demande avant d'ajuster les prix à la hausse. Cet effet est peu pertinent dans les secteurs agricoles ou énergétiques, car les services écosystémiques ne sont pas substituables et constituent des limites physiques fortes. L'ADEME a donc modifié les secteurs agricoles et alimentaires pour les modéliser via l'offre : la consommation effective doit s'ajuster à l'offre via une hausse des prix. L'alimentation étant une consommation de première nécessité, la production compensée par des importations plus chères, toute variation du panier alimentaire en valeur se traduit par une baisse de la consommation générale. Dans ce modèle modifié, une baisse pérenne des rendements agricoles de 10 % produit un effet inflationniste et récessif (-3,5 % de PIB contre -0,5 % dans le modèle non modifié) global bien supérieur alors que l'inflation se propage à l'économie. Cette modification n'est pas reprise pour l'évaluation des politiques de transition vers la neutralité carbone de la SNBC 3 présentée dans ce document, mais les résultats obtenus ici peuvent être comparés au chiffrage proposé dans cette étude.

⁷¹ Bilal, A. et Känzig, D. (2026), "The Macroeconomic Impact of Climate Change: Global vs. Local Temperature", The Quarterly Journal of Economics.

travaux précédents (voir par exemple Dell et al., 2012⁷², Burke et al., 2015⁷³ ou Kahn et al., 2021⁷⁴, et le **Tableau 1**). Ces différences s'expliquent par des variations de périmètre, de méthodologie économétrique (notamment avec l'intégration d'effets de persistance des chocs climatiques) et de choix de variables d'intérêt (température moyenne, variabilité des températures, des précipitations, nombre de jours d'extrême chaleur). Le dernier millésime des scénarios de long-terme du NGFS (Phase 5, utilisant les travaux de Kotz et al. 2024⁷⁵) a également revu à la hausse les dommages chroniques liés au changement climatique par rapport au millésime précédent (Phase 4), fondé sur Kalkhul et Wenz (2020) : les pertes de PIB mondial en 2050 dans un scénario de maintien des politiques actuelles par rapport au sentier de référence passent de 5,4 % à 14,8 % (scénario médian). Cette différence s'explique principalement par l'intégration de nouvelles variables climatiques et d'effets de persistance des chocs climatiques⁷⁶. L'impact sur l'activité française, recalculé avec le modèle macroéconomique international NIGEM, reflète ces évolutions.

<i>Etude</i>	<i>Baisse du PIB Global à +2 °C</i>	<i>Baisse du PIB Global à +3 °C</i>
Nordhaus et Boyer (2000)	1 %	2 %
Tol (2009)	1 %	3 %
Weitzmann (2012)	1 %	3 %
Dell et al. (2012)	4 %	22 %
Tol (2014)	1 %	2 %
Nordhaus (2014)	1 %	2 %
Dietz et Stern (2015)	2 %	13 %
Burke et al. (2015)	8 %	14 %
Howard et Sterner (2017)	3 %	8 %
Kompas (2018)	1 %	2 %
Kalkuhl et Wenz (2020)	2 %	5 %
Kahn et al. (2021)	3 %	8 %
Waidelich et al. (2024)	4 %	8 %
Bilal et Känzig (2024)	19 %	44 %
Kotz et al. (2024) ⁷⁷	14 %	33 %

Tableau 1 : Estimation des dommages climatiques mondiaux selon diverses fonctions de dommages

Note de lecture : ce tableau est repris de NGFS (2024) « Damage functions, NGFS scenarios, and the economic commitment of climate change – An exploratory note ». Ces dommages se comparent à un scénario sans changement climatique, et les projections ont été ajustées par les auteurs du NGFS à des fins de comparabilité.

⁷² Dell, M., Jones, B.F. et Olken, B.A. (2012), "Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century", *American Economic Journal: Macroeconomics* 4(3), 66-95.

⁷³ Burke, M., Hsiang, S.M. et Miguel, E. (2015), "Global non-linear effect of temperature on economic production", *Nature* 527, 235-239.

⁷⁴ Kahn, M.E., Mohaddes, K., Ng, R.N.C., Pesaran, M.H., Raissi, M. et Yang, J. (2021), "Long-term macroeconomic effects of climate change: A cross-country analysis", *Energy Economics* 104.

⁷⁵ Kotz, M., Levermann, A. et Wenz, L. (2024), "The economic commitment of climate change", *Nature* 628, 551-557.

⁷⁶ NGFS (2024), op.cit.

⁷⁷ Les travaux de Kotz & al (2024), "The economic commitment of climate change", utilisés pour fonder la phase V du NGFS, ont été retirés post-publication du journal *Nature* par leurs auteurs en 2025 en raison d'inquiétudes sur la robustesse économétrique de leurs résultats. Une nouvelle version, qui n'a pas encore été validée par les pairs, a été soumise à nouveau. Elle présente des résultats similaires, mais légèrement réduits.

Le réchauffement aura aussi des effets négatifs sur la santé humaine et réduira les services rendus par les écosystèmes (par exemple la pollinisation ou la captation du carbone par les terres et les forêts). La transition bas-carbone pourra alors apporter des co-bénéfices importants sur la santé humaine, la biodiversité et les écosystèmes. La transition bas-carbone s'inscrit par ailleurs dans une transition vers la neutralité carbone plus large visant à limiter l'empreinte des activités humaines sur l'environnement⁷⁸.

L'évaluation macroéconomique de la SNBC 3 réalisée dans ce rapport ne prend pas en compte les gains liés à la décarbonation éventuelle des autres pays et aux dommages évités du réchauffement climatique associés. En effet, le changement climatique étant une externalité mondiale nécessitant une réponse collective, l'évaluation macroéconomique des actions de décarbonation françaises ne peut intégrer de conséquences de politiques qui n'y figurent pas, car menées à l'étranger. Les politiques de décarbonation à l'étranger ne font ainsi pas partie du périmètre de cette évaluation, et les dommages évités par leur réalisation non plus. L'évaluation mesure l'effet macroéconomique de politiques nationales supplémentaires par rapport à la stratégie avec mesures existantes, et doit faire par construction l'hypothèse que les politiques des autres pays (y compris européens) restent inchangées. C'est une hypothèse nécessaire⁷⁹ de construction de l'évaluation, mais ces effets de second ordre (dans l'évaluation macroéconomique des mesures nationales, mais de premier ordre pour l'atteinte de la neutralité carbone mondiale) sont traités qualitativement dans la section « Sources d'incertitude ».

► La décarbonation nécessitera des besoins d'investissements importants

L'atteinte des objectifs de la transition vers la neutralité carbone nécessitera de doubler les investissements bas-carbone à horizon 2030, conduisant à une modification importante des flux de financement. D'après la Stratégie Pluriannuelle des Financements de la Transition Écologique (SPAFTE)⁸⁰, les investissements bas-carbone actuels, privés et publics, sont estimés à environ 113 Md€₂₀₂₄ en 2024, en légère diminution par rapport à 2023. Sur un périmètre restreint sur lequel les besoins ont pu être calculés, ceux-ci devront être plus que doublés d'ici 2030 pour que la France atteigne ses objectifs climatiques.

Au niveau macroéconomique, le surplus net d'investissement sera limité par la baisse d'autres investissements par ailleurs, les objectifs climatiques de la France impliquant également de diviser par deux des investissements fossiles à horizon 2030. À titre d'exemple, les besoins d'investissements supplémentaires dans les véhicules routiers électriques nets du coût de leur alternative carbonée sont de +4 Md€₂₀₂₄ par an par d'ici à 2030 (contre +30 Md€₂₀₂₄ par an de

⁷⁸ DG Trésor (2025), op. cit.

⁷⁹ Il est nécessaire de faire une hypothèse sur le reste du monde, dans la mesure où la France est modélisée dans ThreeME comme une petite économie ouverte.

⁸⁰ Voir la Stratégie pluriannuelle des financements de la transition écologique et de la politique énergétique nationale (SPAFTE), 2025.

besoins supplémentaires annuels totaux d'ici à 2030 pour ces véhicules)⁸¹. Les hypothèses de sobriété jouent également un rôle clé dans la modération de ces besoins d'investissements.

Les besoins d'investissements en décarbonation issus du modèle ThreeME s'appuient sur les estimations micro-fondées de la SPAFTE et viennent les compléter. L'évaluation macroéconomique a été réalisée en cohérence avec ces travaux microéconomiques (voir la partie *supra* détaillant le rôle des investissements dans ThreeME – les hypothèses de départ servant à calculer les besoins d'investissements et les chocs dans ThreeME étant les mêmes). En outre, les résultats issus d'I4CE et de la direction générale du Trésor sont estimés à partir d'une approche *bottom-up* et sectorielle décrivant une chronique d'investissements en formation brute de capital fixe et en consommation de biens durables (c'est-à-dire la consommation de véhicules par les ménages), permettant de respecter les objectifs de la SNBC 3. Leur calcul ne permet pas d'internaliser la variation des prix sous l'effet de mécanismes macroéconomiques (par exemple, les tensions inflationnistes générées par la hausse de la demande de certains biens et services peuvent peser sur cette dernière à long terme) ni les effets de bouclage keynésiens (induits par les créations nettes d'emplois notamment). **Au total, sur le champ de la modélisation, les besoins d'investissements supplémentaires bas-carbone nets des désinvestissements carbonés calculés par ThreeME seraient autour de 35 Md€₂₀₂₁ en 2030 par rapport à 2021, soit environ +1 point de PIB.**

⁸¹ SPAFTE (2025), *op. cit.*

2. Les résultats de l'évaluation macroéconomique de la SNBC3

Le **Tableau 2** ci-dessous synthétise les différentes hypothèses retenues pour la modélisation, pour les administrations publiques, les entreprises et les ménages.

	Administrations publiques	Entreprises	Ménages
Hypothèses relatives au financement des dépenses de décarbonation (consulter la section A.3 pour plus de détails)	Financement par fonds propres [ajustement des dépenses publiques hors décarbonation ou des prélèvements obligatoires] Financement par endettement	Subventions Financement par fonds propres Financement par endettement (avec distinction par secteur d'activité)	Subventions Financement par fonds propres Financement par endettement (avec ventilation par mode de financement différenciée selon les types d'investissement et les années)
	Variation de la part de financement par fonds propres (nette des subventions dans le cas des entreprises et des ménages) [entre -10 et +10 p.p. par rapport aux valeurs indiquées dans la section A.3 et ajustement de la part de financement par endettement en cohérence]		
Hypothèses relatives à la prime de risque	Hausse du taux d'intérêt avec le taux d'endettement [avec un effet marginal entre 0,02 et 0,06 p.p.]		
Hypothèses relatives à l'évolution de la productivité		Evolution de la croissance de la productivité [entre -0,1 p.p. et 0 p.p.]	
Hypothèses relatives à l'évolution du taux d'épargne des ménages			Evolution du taux d'épargne [entre -1 p.p. et +1 p.p.]

Tableau 2 : Synthèse des hypothèses considérées dans l'évaluation

Note de lecture : ce tableau présente les différentes hypothèses relatives au financement des dépenses de décarbonation, au taux d'intérêt, au taux d'épargne des ménages et à la croissance de la productivité, et les fourchettes de valeurs associées (entre crochets), à partir desquelles les simulations ont été réalisées.

Les résultats de l'évaluation macroéconomiques sont détaillés dans les graphiques 7 à 11 ci-dessous, ainsi que dans la sous-partie dédiée aux analyses de sensibilité réalisées autour de quatre dimensions, 1) le taux d'autofinancement des dépenses supplémentaires en décarbonation, 2) la réaction des taux d'intérêt à l'endettement total, 3) l'évolution du taux d'épargne des ménages et 4) l'évolution de la productivité.

La **Figure 7** ci-dessous présente la fourchette d'estimation de l'effet du scénario AMS sur l'activité, obtenues à partir de l'ensemble des simulations réalisées, en comparaison à l'évolution tendancielle du PIB telle que fournie par la Commission européenne. **Ces estimations montrent un effet macroéconomique d'ampleur relativement faible en regard de l'évolution du PIB sur la période et par rapport à d'autres chocs économiques potentiels** (conjuncturels, comme une pandémie ou une crise financière, ou structurels, tels que les transitions démographique et numérique). En effet, alors que le PIB tendanciel, exprimé en

indice ayant pour base 100 l'année 2023 en cohérence avec la **Figure 4 supra**, atteindrait 104,6 en 2030, le PIB dans le scénario AMS pourrait évoluer entre 105,6 et 106,1. En 2040, le PIB serait de 113,4 dans le scénario tendanciel et compris entre 112,7 et 114,1 dans le scénario AMS. En 2050, il serait de 130,5 dans le scénario tendanciel et compris entre 129,9 et 132,1 dans le scénario AMS.

Les effets sur l'activité autour de 2030 pourraient être modérés par plusieurs mécanismes non pris en compte dans l'évaluation (voir *infra*). Du côté de l'offre, la modélisation ne tient pas compte des tensions qu'il pourrait y avoir au regard du surplus de demande associé notamment aux rénovations, en premier lieu en matière de goulot d'étranglement et d'offre de travail dans le secteur de la construction. De plus, le fait que la modélisation de la décarbonation du bouquet énergétique repose uniquement sur des chroniques exogènes ne permet pas d'en appréhender toutes les implications macroéconomiques. À l'inverse, **à long terme, les effets sur l'activité pourraient être rehaussés par des co-bénéfices** non pris en compte dans la modélisation (par exemple, sur la santé, la qualité de l'air, la biodiversité ou encore les écosystèmes).

Estimations haute et basse du PIB dans le scénario AMS (par rapport au PIB tendanciel, base 100 en 2023)

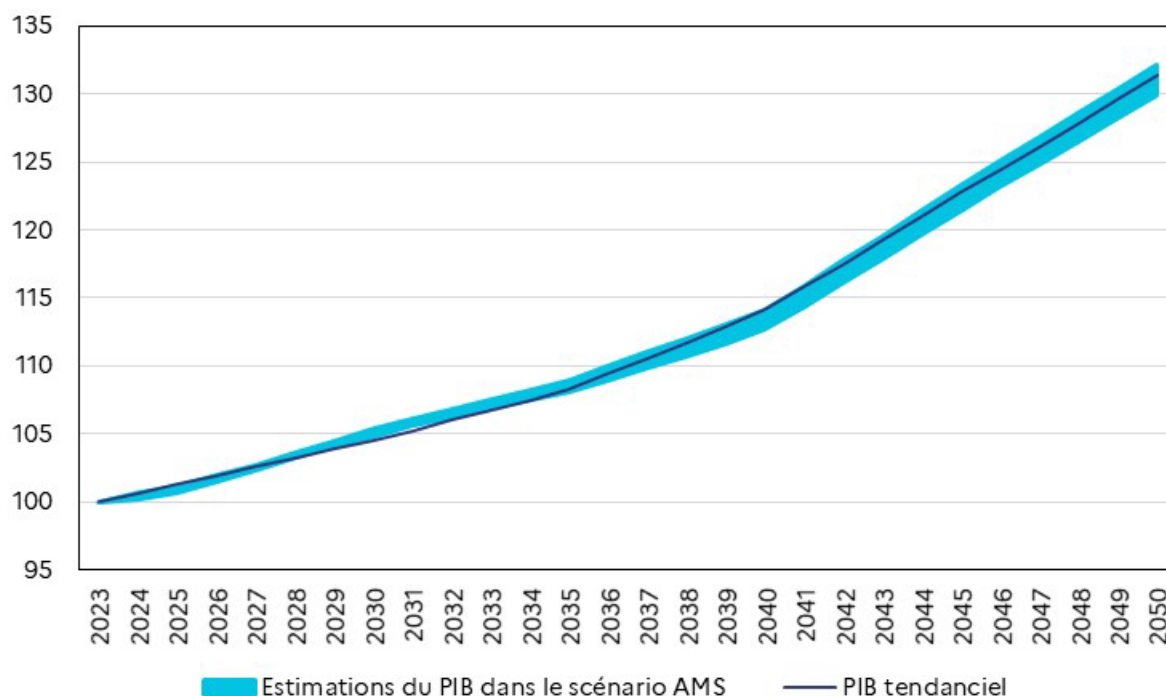


Figure 7 : Estimations haute et basse du PIB dans le scénario AMS (par rapport au PIB tendanciel, base 100 en 2023) (Sources : hypothèses de cadrage de la Commission européenne ; hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS SNBC 3 ; modèle ThreeME ; calculs des auteurs)

Note de lecture : la courbe de PIB tendanciel correspond à la trajectoire issue du cadrage fourni par la Commission européenne (voir la **Figure 4**). L'aire bleue couvre les effets possibles de la SNBC 3 sur le PIB tendanciel, en fonction des différentes hypothèses considérées, présentées dans le **Tableau 2**, portant sur 1) le financement des dépenses supplémentaires en décarbonation, 2) la réaction des taux d'intérêt à l'endettement total, 3) l'évolution du taux d'épargne des ménages et 4) l'évolution de la productivité.

Les résultats supplémentaires des simulations sur l'activité, l'emploi, les prix, le solde primaire et la balance commerciale sont également présentés dans les Figures 8 à 12 ci-dessous, pour un scénario illustratif dans lequel des hypothèses médianes issues du **Tableau 2** *supra* sont considérées.

Effet du scénario AMS sur différentes variables macroéconomiques (en écart au scénario AME)

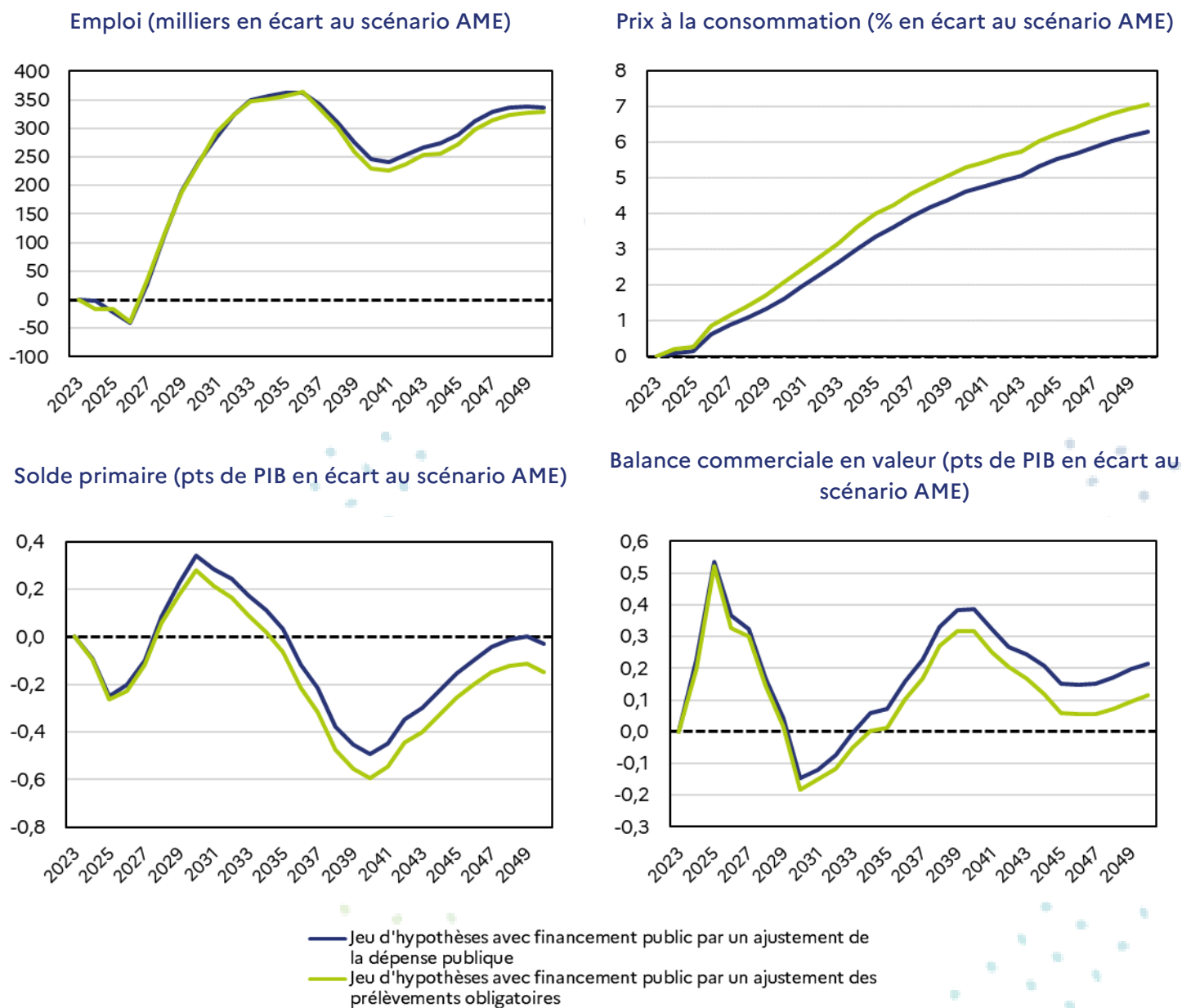


Figure 8 : Effet du scénario AMS sur différentes variables macroéconomiques (en écart au scénario AME) (Sources : hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS SNBC 3 ; modèle ThreeME ; calculs des auteurs)

Note de lecture : les hypothèses relatives au financement des investissements en décarbonation retenues dans les deux jeux d'hypothèses présentés ici sont les hypothèses décrites dans la sous-partie A.3.

L'impact sur l'activité reste limité en regard de l'évolution du PIB sur la période. Les mesures de décarbonation et les changements de comportement pourraient réhausser l'activité de 1,4 pt de PIB en 2030, de 0,6 pt en 2040 et de 1,0 pt en 2050. La prise en compte de l'autofinancement par les différents acteurs économiques réduirait cet effet de 0,7 pt de PIB en 2030, 0,5 pt en 2040 et de 0,3 pt en 2050. Le choc de productivité, qui est lent à monter en charge, jouerait principalement en 2040 (-0,6 pt de PIB) et en 2050 (-0,8 pt de PIB). Enfin, la hausse de la prime de risque aurait un effet contenu sur l'activité, de l'ordre de -0,1/0,2 pt de PIB (voir la **Figure 9**).

PIB – Jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques en décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques (en % en écart à l'AME)

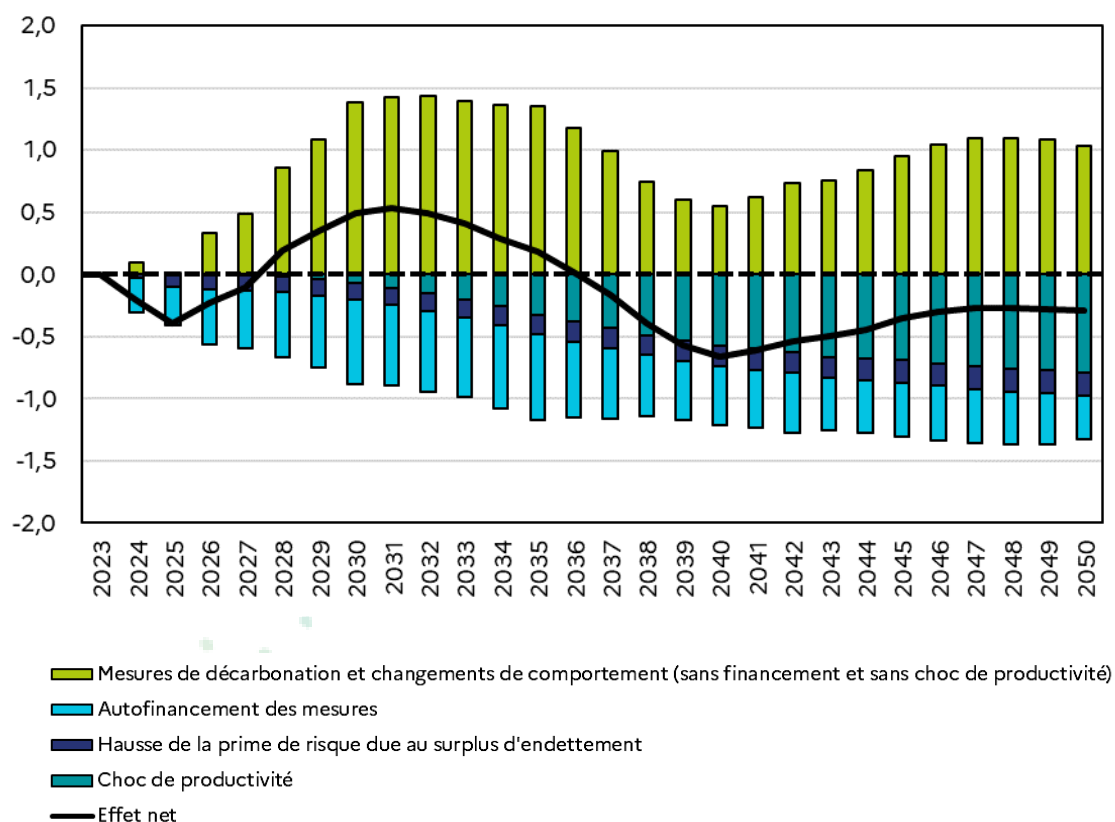


Figure 9 : Jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques en décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques (en % en écart à l'AME) (Sources : hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS SNBC 3 ; modèle ThreeME ; calculs des auteurs).

Note de lecture : la décomposition des effets des différents canaux de transmission présentés ci-dessus a été réalisée en simulant séquentiellement les chocs dans l'ordre suggéré en légende. Il est à noter que l'ordre de simulation séquentielle peut avoir un effet sur la décomposition, en raison d'effets croisés. Seul le jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques de décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques est présenté par souci de lisibilité. Les autres hypothèses relatives au financement des investissements en décarbonation sont les hypothèses décrites dans la sous-partie A.3.

Jusqu'à 360 000 emplois pourraient être créés dans le scénario AMS en 2035, en écart au scénario AME, et de 340 000 en 2050 (voir la Figure 10). Dans les secteurs énergétiques, la majorité des destructions d'emplois bruns serait compensée par des créations d'emplois verts. Le secteur de la construction concentrerait la majorité des créations d'emplois à court terme, grâce à la hausse du nombre de rénovations de bâtiments, mais également la majorité des destructions à moyen terme en raison de la baisse de la construction neuve. La hausse agrégée de l'emploi serait tirée par les services à long terme. L'évaluation ne tient toutefois pas compte des frictions sur le marché du travail – liées à des inadéquations des compétences et des manques de correspondance géographique entre les créations d'emplois « verts » et les destructions d'emplois « bruns »⁸² –, qui viendraient modérer les créations d'emplois à court/moyen terme (voir *infra*). Cette absence de friction et des limites propres au modèle, notamment une intensité en emploi constante dans le temps pour des secteurs en fort développement, comme les énergies décarbonées, font de cette estimation une borne haute. Cela souligne l'intérêt d'accompagner la SNBC 3 d'efforts constants pour soutenir l'efficacité du marché du travail.

⁸² DG Trésor (2025), *op. cit.*

Emploi – Jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques en décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques (en milliers en écart au scénario AME)

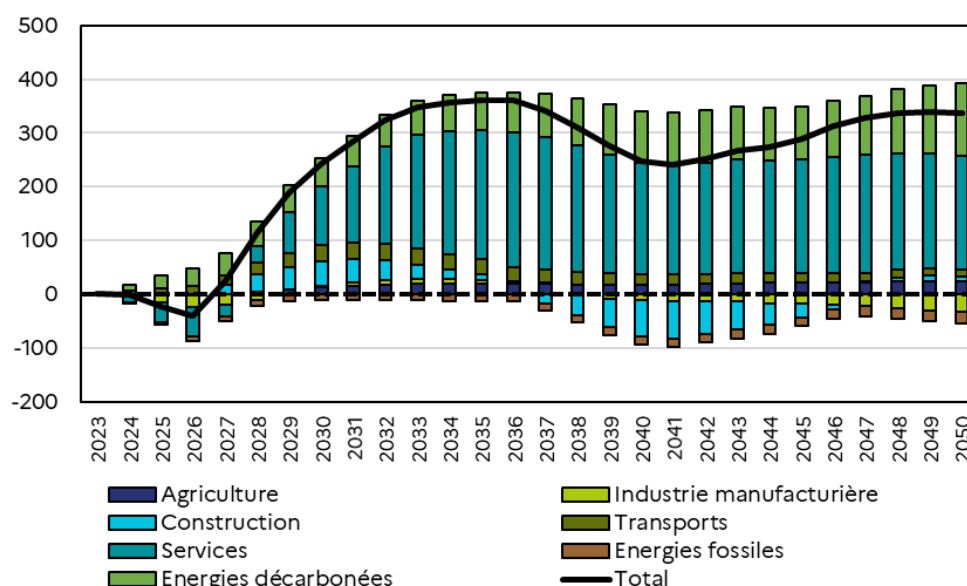


Figure 10 : *Emploi – Jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques en décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques (en milliers en écart au scénario AME) (Sources : hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS SNBC 3 ; modèle ThreeME ; calculs des auteurs)*

Note de lecture : les énergies fossiles recouvrent les secteurs producteurs de charbon, de gaz naturel, de carburants (hors biocarburants), et d'électricité à partir de charbon, de gaz ou de pétrole. Les énergies décarbonées recouvrent les autres secteurs énergétiques. Seul le jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques de décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques est présenté par souci de lisibilité. Les autres hypothèses relatives au financement des investissements en décarbonation sont les hypothèses décrites dans la sous-partie A.3.

La balance commerciale en volume se dégraderait dans le scénario AMS par rapport au scénario AME, mais elle pourrait être peu affectée par rapport au scénario AME en valeur sur la période (voir les Figure 11 et Figure 12 ci-dessous). Ainsi, la balance commerciale (en valeur) s'améliore de 0,2 de PIB en fin de période. L'amélioration de la balance commerciale énergétique, tirée par la réduction des importations de produits fossiles, est compensée par une baisse significative des exportations due à la dégradation de la compétitivité française notamment des biens industriels. Ces estimations ne prennent toutefois pas en compte la transition vers la neutralité carbone chez les partenaires commerciaux de la France, qui modèrerait largement la dégradation de la compétitivité française par un effet miroir (voir *infra*), ni du mécanisme d'ajustement carbone aux frontières, qui n'est pas modélisé⁸³. Un effet dénominateur important (baisse modérée du PIB) à long terme et un effet prix (qui limite la dégradation de la balance commerciale en valeur) jouent à la hausse à long terme. Cette hausse se traduit par une baisse de la contribution des importations en volume à la balance commerciale.

⁸³ Sur ces questions, voir DG Trésor (2025), *op. cit.*

Balance commerciale en volume – Jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques en décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques (en pts de PIB en volume en écart au scénario AME)

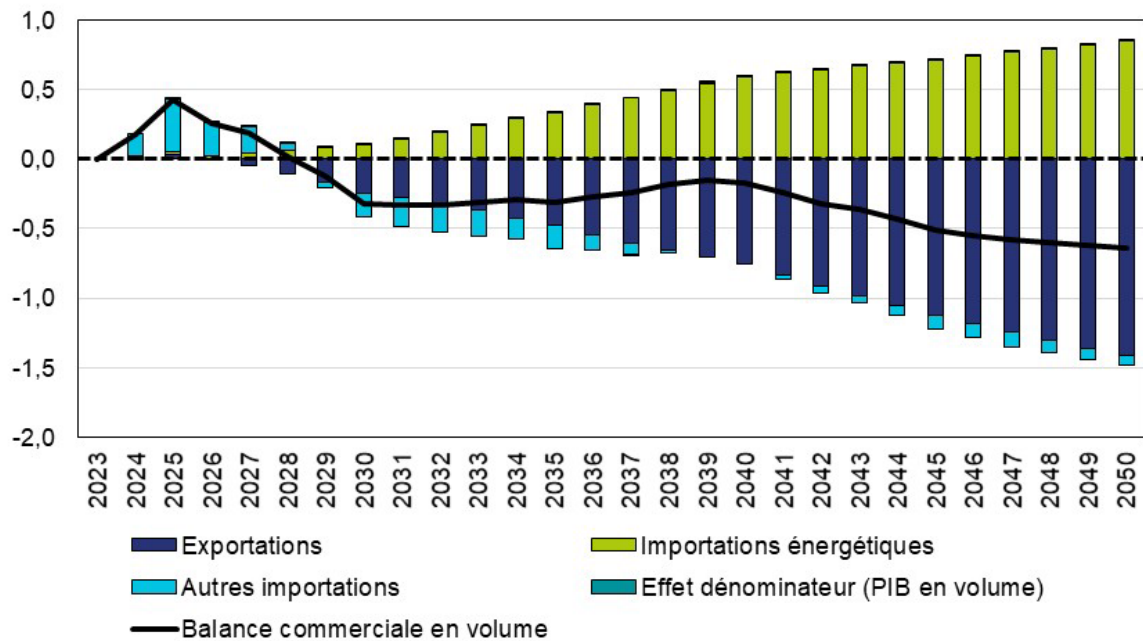


Figure 11 : Balance commerciale en volume – Jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques en décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques (en pts de PIB en volume en écart au scénario AME) (Sources : hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS SNBC 3 ; modèle ThreeME ; calculs des auteurs)

Note de lecture : la dégradation de la balance commerciale en volume s'explique par la hausse des prix et des coûts de production, qui se répercute sur la compétitivité des entreprises. Il est à noter que la réaction du reste du monde n'est pas prise en compte. La réduction des importations en énergies fossiles joue positivement sur la balance commerciale. Seul le jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques de décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques est présenté par souci de lisibilité. Les autres hypothèses relatives au financement des investissements en décarbonation sont les hypothèses décrites dans la sous-partie A.3.

Balance commerciale en valeur – Jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques en décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques (en pts de PIB nominal en écart au scénario AME)

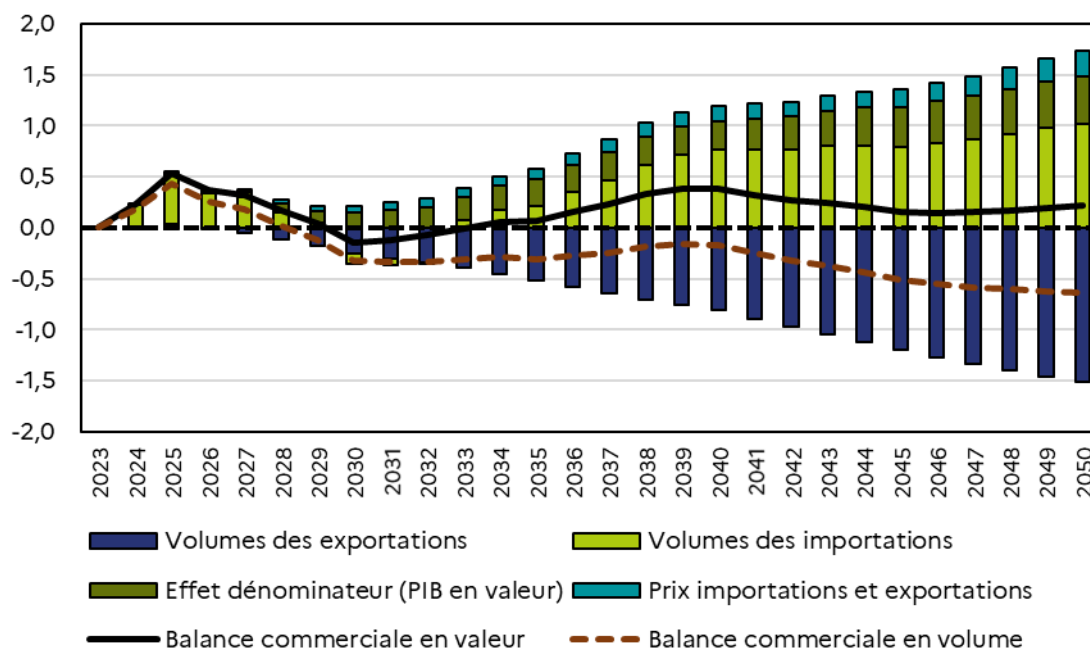


Figure 12 : Balance commerciale en valeur – Jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques en décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques (en pts de PIB nominal en écart au scénario AME) (Sources : hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS SNBC 3 ; modèle ThreeME ; calculs des auteurs)

Note de lecture : la majorité de l'amélioration de la balance commerciale en valeur liée à la baisse des importations correspond aux secteurs énergétiques. Seul le jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques de décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques est présenté par souci de lisibilité. Les autres hypothèses relatives au financement des investissements en décarbonation sont les hypothèses décrites dans la sous-partie A.3.

Le rôle de la balance commerciale dans la transition : exploration de variantes macroéconomiques et évaluation de la SNBC 3 avec le modèle IMACLIM-S France.

Le modèle IMACLIM-S France, codéveloppé par le CIRED (ENPC, CNRS, AgroParisTech) et la SMASH, a également été mobilisé pour l'évaluation macroéconomique de la SNBC 3. Il est en effet utile de disposer de modèles macroéconomiques fondés sur des formalismes économiques différents pour étudier la sensibilité des résultats.

Les simulations reposent sur un cadrage macroéconomique commun entre elles fondé sur trois composantes : les moteurs de la croissance économique potentielle (population et gains de productivité du travail) ; les prix des énergies importées ; la croissance des marchés mondiaux. Le modèle IMACLIM-S France a été alimenté par les hypothèses physiques de la SNBC 3 (transformations énergétiques au niveau sectoriel) et les chroniques d'investissements et tableaux entrées – sorties issues du modèle ThreeME. En revanche, **et contrairement au modèle ThreeME, IMACLIM-S France ne modélise pas les mesures sous-jacentes aux transformations physiques de l'économie, mais seulement la modification des structures de consommations finale et intermédiaires de l'économie française (avec toutefois la prise en compte des coûts en capital des secteurs). En ce sens, il sous-estime l'impact macroéconomique négatif de certaines dynamiques de transformation, et n'intègre pas un certain nombre de chocs modélisés dans ThreeME. En premier lieu, les chocs relatifs à la structure de financement des investissements pour chaque acteur économique ne sont pas repris dans les simulations avec IMACLIM-S, sous-estimant fortement les effets des contraintes de financement (voir section A.3 *infra*).**

Des besoins de financement, mais également de mobilisation de l'appareil productif avec ou sans effet multiplicateur keynésien

La transition engendre des besoins de financement (fonds propres, crédit bancaire, levée d'impôts, etc.) afin de mobiliser tout un appareil productif, de préférence domestique, pour répondre au surcroît de demande de biens et services qu'elle induit (rénovation thermique, électrification, etc.).

Dans l'hypothèse d'un fonctionnement purement keynésien de l'économie, ce surcroît de demande se traduirait par une augmentation mécanique de l'activité économique : l'appareil productif aurait la capacité de répondre aux besoins de la transition, sans être saturé ni même sans effet sur son niveau général de prix, qui réduirait sa compétitivité face à la concurrence internationale.

Cette dynamique théorique se heurte à la complexité des mécanismes macroéconomiques, dans lesquels la transition, si elle stimule l'activité, peut aussi dégrader la balance commerciale.

On peut observer dans certains scénarios de transition une dégradation de la balance commerciale associée à un gain d'activité en raison d'un jalon d'investissements nécessaire à

la transition. Or, une balance commerciale dégradée qui ne se résorbe pas rapidement, dans ce cas précis, peut soulever des questions de soutenabilité⁸⁴ de la balance courante⁸⁵.

L'évaluation de la transition réalisée avec IMACLIM-S France vise, en complément de celle produite par ThreeME, à mettre en évidence certains arbitrages possibles en matière d'équilibres macroéconomiques. Elle commence par reproduire un scénario où le gain d'activité suscité par la transition se fait au prix d'une dégradation de la balance commerciale. Elle explore ensuite deux cas d'étude contrefactuels dans lesquels une dégradation de la balance commerciale n'est pas possible, en envisageant que le surcroît d'activité nécessaire à l'investissement pour la décarbonation soit réalisé au prix d'une réduction soit de la consommation domestique, soit de l'investissement hors décarbonation⁸⁶.

Effets sur le PIB et l'emploi avec le cas d'étude sur le « déficit commercial » (« clôture sur B »)

Le surcroît d'activité lié au besoin d'investissement pour la transition se fait au prix d'une dégradation de la balance commerciale, parce qu'il provoque de l'inflation et/ou parce que les filières de production des biens et services nécessaires à la transition n'existent pas en France.

L'appareil productif national doit ici satisfaire à la fois les besoins en équipement pour la transition, et les biens et services consommés par les ménages. Cette double contrainte ne peut pas être couverte à 100 % par la production domestique en raison de pertes de compétitivité liées aux effets sur les salaires et les prix de la mobilisation accrue de l'appareil productif, dont pourrait être à l'origine, par exemple, la hausse de la demande pour la rénovation des bâtiments. La dégradation de la balance commerciale pourrait également être causée par le besoin en équipements majoritairement importés, par exemple les panneaux solaires.

⁸⁴ https://www.ofce.sciences-po.fr/blog2024/fr/2025/20250722_EA/

⁸⁵ Qui inclut les revenus en plus des biens et services.

⁸⁶ Ces variantes discutent de la source de financement au niveau macroéconomique, et non des agents. L'ensemble des scénarios ThreeME considère une répartition des efforts entre administrations publiques, entreprises et ménages dans les hypothèses médianes retenues (Tableau 2).

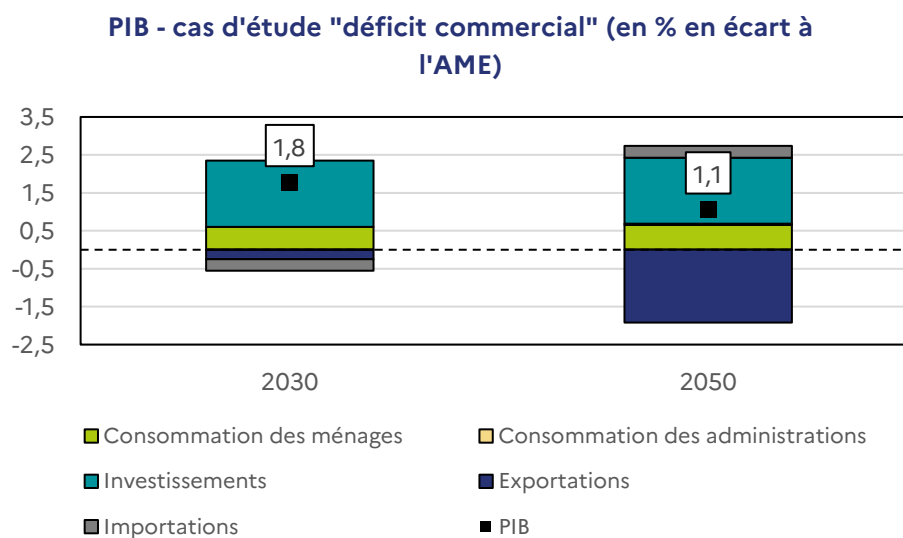


Figure 13 : Sources : hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS SNBC 3 ; modèle IMACLIM-S France ; calculs CIRED

Note de lecture : parmi les composantes du PIB, la hausse des investissements en décarbonation et la hausse de consommation domestique, en premier lieu stimulent l'activité, tandis que la balance commerciale recule.

Sous ces hypothèses, les résultats d'IMACLIM-S indiquent que l'activité française dans le scénario *Avec Mesures Supplémentaires* pourrait être rehaussée d'environ 1,8 % en 2030 par rapport au scénario *Avec Mesures Existantes*, avant de connaître un ralentissement avec une hausse autour de 1,1 % en 2050 (voir Figure 13). Les impacts économiques sont d'une ampleur relativement élevée à horizon 2030. A long terme, le modèle s'écarte du modèle de ThreeME sur le signe de l'impact sur l'activité. La comparaison avec les sorties de ThreeME reste délicate en raison de l'absence de chocs relatifs à la structure de financement des investissements pour chaque acteur économique.

Les effets positifs de la demande finale domestique (consommation et investissement) viennent plus que compenser les effets négatifs du recul des exportations nettes. En 2030, la variation relative du PIB du scénario AMS par rapport au scénario AME serait de +1,8 % et se décompose de la façon suivante :

- L'investissement aurait une contribution positive au PIB (+1,7 point de PIB d'investissement correspondant au surcroît d'investissement pour la décarbonation) car il engendrerait une hausse de la demande dans les différents secteurs de l'économie. La consommation domestique stimule aussi la demande (par exemple⁸⁷ hausse des services, des transports terrestres ou encore des rénovations énergétiques) et contribuerait donc également positivement (+0,6 points de PIB).
- La balance commerciale, qui contribuerait négativement (-0,6 point de PIB), notamment car la hausse des activités se traduit par une hausse des importations. On observe également une

⁸⁷ Cela fait plus que compenser la baisse de la demande en automobiles et en carburants liquides.

perte de compétitivité liée à la mobilisation⁸⁸ de l'appareil productif. En effet, celle-ci s'accompagnerait d'une hausse du prix des facteurs de production (capital, travail). Plus précisément, le surcroît d'activité dû à la transition viendrait renchérir les salaires en raison du pouvoir de négociation plus favorable des travailleurs, ce qui dégraderait, via la boucle prix-salaires la compétitivité des productions domestiques à la fois sur les marchés nationaux (face à la concurrence importée) et sur les marchés d'exportation.

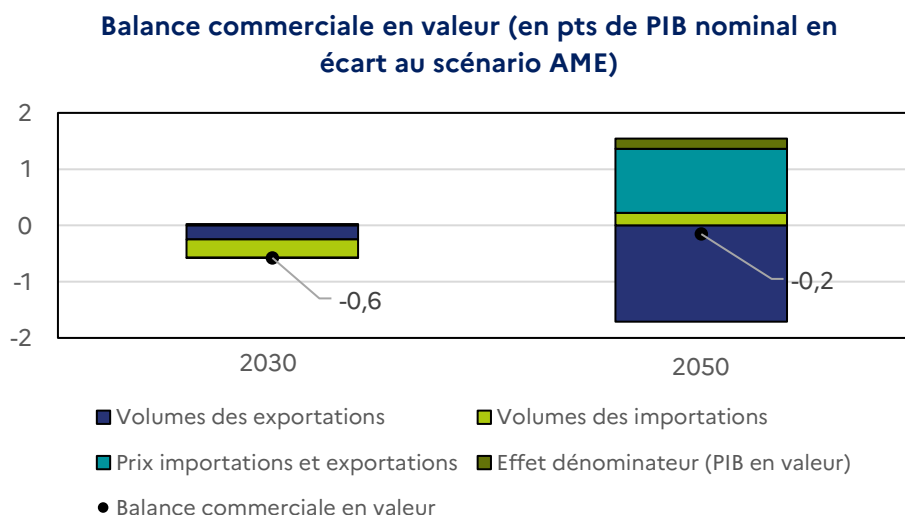


Figure 14 : Sources : hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS SNBC 3 ; modèle IMACLIM-S France ; calculs CIREN

Sensibilité du PIB à deux autres clôtures macroéconomiques « polaires »

La sensibilité du PIB et de sa structure est illustrée ci-dessous via deux clôtures alternatives qui illustrent les implications macroéconomiques d'investissements pour la transition sous impératif⁸⁹ de ne pas dégrader la balance commerciale en valeur. Cette contrainte oblige l'appareil productif à subir des arbitrages, représentés de manière « polaire » par chacun des deux cas :

- Cas d'étude « pouvoir d'achat des ménages » (« clôture sur S ») : l'appareil productif national est mobilisé autant que possible afin de produire les biens et services nécessaires aux immobilisations dues à la transition (production d'énergie, infrastructures de transport). Toute hausse des importations rendue nécessaire par l'incapacité à produire certains biens et services doit être compensée par des gains de compétitivité assurant une réduction des importations et/ou une hausse des exportations sur d'autres marchés. Ces évolutions se font au détriment de la consommation⁹⁰ et du pouvoir d'achat des ménages, avec un impact négatif sur l'activité

⁸⁸ Ce mécanisme est mentionné dans un précédent rapport de la DG Trésor (simulations à l'aide de Mésange) <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/2025/01/27/rapport-final-les-enjeux-economiques-de-la-transition-vers-la-neutralite-carbone>

⁸⁹ En pratique, la balance commerciale en part de PIB nominal est contrainte de rester au niveau (-1,1 %) de l'année de référence (2018) du modèle IMACLIM-S.

⁹⁰ Hypothèse : les ménages peuvent uniquement diminuer la consommation de services (afin de conserver une structure de consommation sur l'énergie et les biens cohérente avec les autres cas d'étude).

économique. Sur le plan macrofinancier, ce cas d'étude s'interprète comme une hausse de leur effort d'épargne par les ménages (et non une redirection de cet effort) pour abonder le besoin en investissements de la transition, par exemple en réaction à des politiques publiques de soutien à l'épargne. A noter que la baisse du pouvoir d'achat limite la capacité des ménages à épargner, ce qui peut freiner le financement privé de la transition (ex : souscription à des produits d'épargne verte). Dans ce cas d'étude, le maintien de la balance commerciale est assuré au prix d'une augmentation de l'effort d'épargne des ménages, ce qui a un coût social et économique.

- Cas d'étude « éviction » (« clôture sur I ») : une partie des investissements autres que ceux nécessaires à la transition doivent être réduits pour satisfaire la consommation des ménages ou les projets liés à la transition énergétique. Cette réduction de l'investissement productif provoque une hausse du « coût de location » du capital, qui doit être compensée par une pression à la baisse sur les salaires afin de contrôler les coûts de production pour maintenir l'équilibre commercial. En conséquence, le pouvoir d'achat des salaires diminue, ce qui provoque une hausse du chômage donc une baisse d'activité. Dans ce cas d'étude, l'accélération de la transition provoque, par effet d'éviction sur l'investissement productif, une dégradation des conditions macroéconomiques d'ensemble et un déséquilibre de la répartition de la valeur ajoutée, en faveur du capital et au détriment du travail.

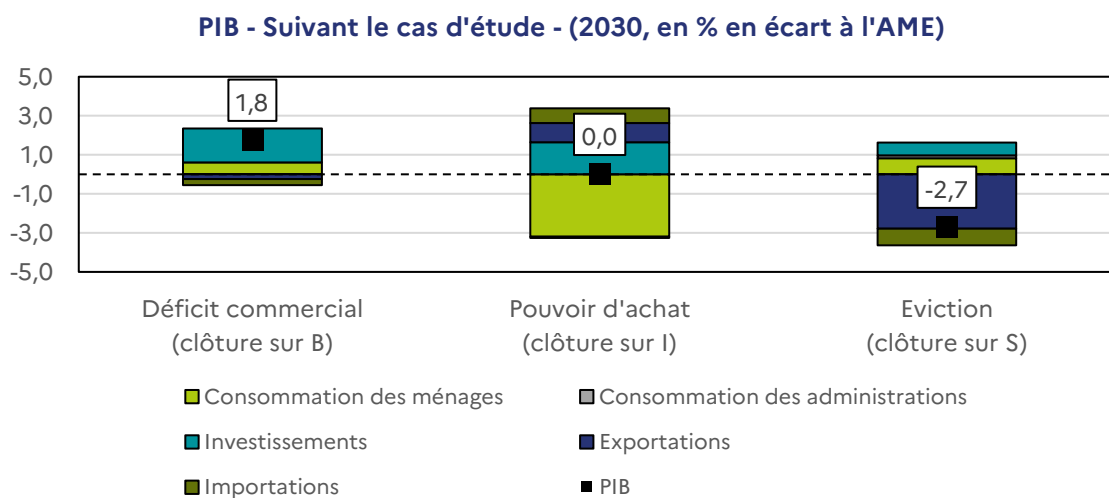


Figure 15 : Sources : hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS SNBC 3 ; modèle IMACLIM-S France ; calculs CIREN

En conclusion, les cas d'étude polaires mentionnés dans cet encadré illustrent trois situations dans lesquelles le surcroît d'activité à mobiliser pour la décarbonation sollicite des arbitrages macroéconomiques. Ces arbitrages soulignent la nécessité et la difficulté de concilier transition et différents objectifs macroéconomiques que sont l'endettement extérieur, la maîtrise de l'inflation, ainsi que l'acceptabilité sociale concernant le pouvoir d'achat :

- Le cas d'étude « déficit commercial » pose la question de la soutenabilité de la dégradation de la balance commerciale et donc potentiellement de l'endettement extérieur ;
- Si on considère que cette dégradation n'est pas soutenable, il existe un risque de tensions inflationnistes accrues et de baisse de l'activité économique (cas d'étude « éviction »), ce qui

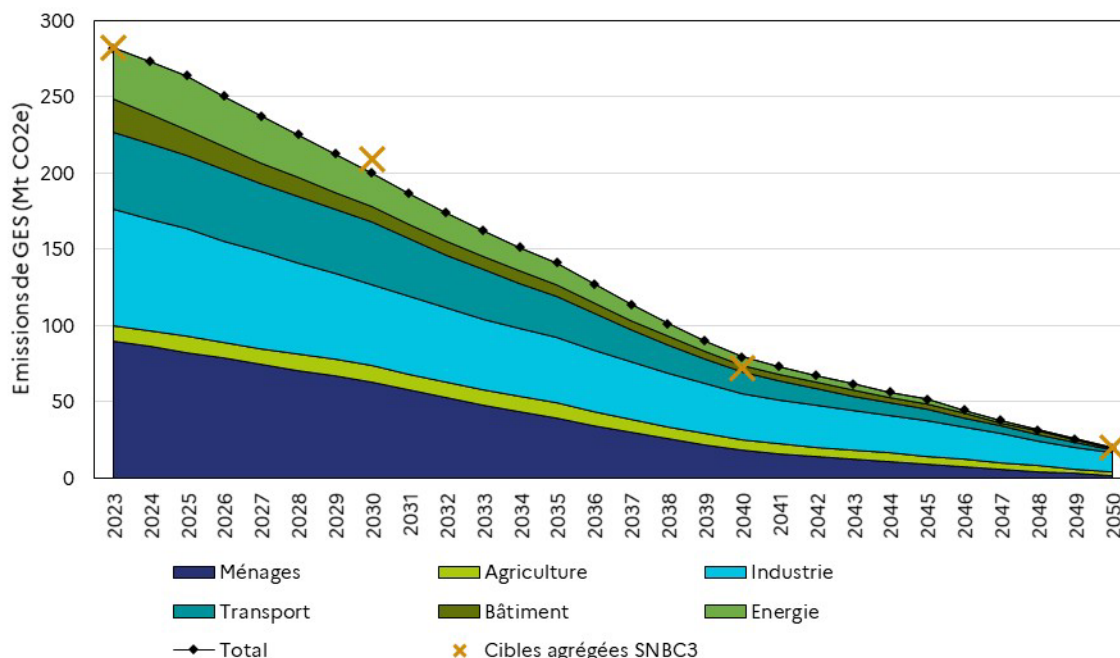
reporte les enjeux de la transition sur des considérations plus sociales au regard des salaires et de l'emploi ;

- Un troisième cas (« pouvoir d'achat des ménages ») illustre la possibilité de maintenir ces critères sociaux à travers une plus grande mobilisation de l'épargne des ménages via des incitations fiscales fléchées.

■ Analyse des émissions issues des simulations de la modélisation avec ThreeME

Les résultats des simulations avec ThreeME en termes d'émissions de gaz à effet de serre anticipées par le modèle sont cohérents avec les trajectoires de la SNBC 3. Afin d'évaluer la cohérence de la modélisation macroéconomique avec la programmation sous-jacente à la SNBC 3, la Figure 16 présente, à périmètre identique⁹¹, les émissions issues de ThreeME et les cibles de la SNBC 3. Avec le jeu d'hypothèses présenté, les émissions sont légèrement inférieures à la cible de la SNBC 3 en 2030, en raison d'une avance prise dans les secteurs des transports et de l'énergie. En 2040 en revanche, les émissions simulées par ThreeME sont supérieures de 8 Mt CO₂e à la cible, pénalisées par l'agriculture, les transports et la consommation des ménages (respectivement 3, 4 et 4 Mt CO₂e au-dessus des cibles), alors que le secteur de l'énergie demeure en avance (-4 Mt CO₂e). En 2050, tous les secteurs simulés sont proches (moins de 2 Mt CO₂e) de leur cible, et la baisse des émissions cumulées permet l'atteinte de la neutralité, avec tous les jeux d'hypothèses mobilisés pour cette évaluation.

Simulation des émissions de gaz à effet de serre estimées par ThreeME et comparaison avec les cibles de la SNBC3



⁹¹ ThreeME ne capturant pas de manière endogène les émissions non énergétiques de l'agriculture, les puits de carbone naturels (LULUCF) et la capture directe de carbone, ces secteurs ont été exclus de cette comparaison.

Figure 16 : Estimation des émissions de GES dans le scénario AMS (Sources ; hypothèses du scénario AMS 2023 et du scénario AMS SNBC 3 ; modèle ThreeME ; calculs des auteurs).

Note de lecture : les simulations sont réalisées à partir de la fourchette de valeurs présentée dans le **Tableau 2** pour le taux d'autofinancement des dépenses de décarbonation, les autres hypothèses étant celles présentées dans la section A.3. Seul le jeu d'hypothèses avec financement des dépenses publiques de décarbonation par un ajustement des autres dépenses publiques est présenté par souci de lisibilité

► Analyse spécifique sur certaines hypothèses de modélisation

- a. Variation du taux d'autofinancement des investissements supplémentaires en décarbonation

Des analyses supplémentaires reposant sur des hypothèses alternatives d'autofinancement pour les ménages, les entreprises et les administrations publiques, sont évaluées à titre de comparaison et indiquent un effet modéré d'un changement des hypothèses relatives au financement des investissements sur les résultats. Dans le jeu d'hypothèses de financement alternatif dit de « borne basse », où il est supposé que le taux d'autofinancement des investissements des différents agents économiques est de 10 points de pourcentages (p.p.) supérieur à celui des jeux d'hypothèses présentés dans la sous-partie A.3., l'effet du choc de demande positif des investissements supplémentaires sur l'activité pourrait être réduit de 0,1 p.p. en moyenne sur la période, par rapport aux résultats décrits ci-dessus, dans la mesure où les effets du choc de demande négatif liés à l'autofinancement sont amplifiés. De manière symétrique, dans le jeu d'hypothèses de financement alternatif de « borne haute », où il est fait l'hypothèse que le taux d'autofinancement des investissements des différents agents économiques est de 10 p.p. inférieur à celui des jeux d'hypothèses présentés dans la sous-partie A.3., permettant un recours plus important à la dette, l'effet du choc positif de demande sur l'activité pourrait être accru de 0,1 p.p. en moyenne sur la période, par rapport aux résultats décrits ci-dessus. En cohérence avec la nature du choc réalisé, tout changement dans les contraintes de financement aurait avant tout un effet sur l'impact des mesures supplémentaires sur l'activité à court et moyen terme. À plus long terme, les hypothèses de taux de financement jouent moins fortement sur l'activité en raison des effets d'éviction par les prix et par les importations, qui viennent minimiser les effets de court terme (voir la **Figure 17** ci-dessous).

Estimation du PIB dans le scénario AMS selon des hypothèses alternatives sur le taux d'autofinancement des investissements supplémentaires en décarbonation (par rapport au PIB tendanciel)

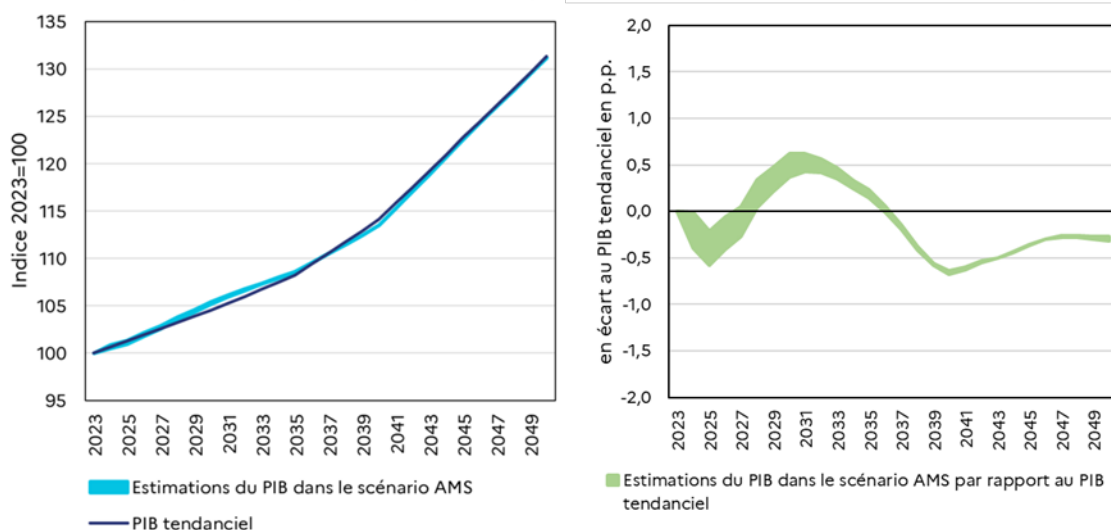


Figure 17 : Estimation du PIB dans le scénario AMS selon des hypothèses alternatives sur le taux d'autofinancement des investissements supplémentaires en décarbonation (par rapport au PIB tendanciel) (Sources : PIB tendanciel issu des hypothèses de cadrage de la Commission européenne ; hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS SNBC 3 ; modèle ThreeME ; calculs des auteurs).
Note de lecture : les simulations sont réalisées à partir de la fourchette de valeurs présentée dans le **Tableau 2** pour le taux d'autofinancement des dépenses de décarbonation, les autres hypothèses étant celles présentées dans la section A.3.

b. Variation du taux d'intérêt avec l'endettement

Étant donné l'incertitude entourant l'hypothèse d'élasticité du taux d'intérêt au taux d'endettement retenue dans les analyses ci-dessus, des simulations sont réalisées autour de cette hypothèse et suggèrent qu'une plus forte hausse de la prime de risque aurait un effet limité sur les résultats, comparé aux autres analyses menées. Une première simulation dite de « borne basse » est réalisée pour comparer l'effet des mesures supplémentaires sur l'activité en cas de plus forte réaction des taux d'intérêt à la hausse de l'endettement public et privé à celui des jeux d'hypothèses présentés dans la sous-partie A.3. (effet marginal de 0,06 contre 0,04 dans les premiers jeux d'hypothèses considérés, laquelle correspond à la valeur la plus élevée dans la littérature). Cette révision d'hypothèse a un effet relativement limité sur la quantification de l'effet des mesures supplémentaires sur le PIB (voir la **Figure 18**). Symétriquement, les résultats sont modifiés positivement dans l'analyse dite de « borne haute » (élasticité de 0,02, correspondant à la borne basse de l'analyse). Dans tous les cas, le changement dans les élasticités se traduit par une variation de la prime de risque de l'ordre de ± 2 points de base, dont les effets macroéconomiques dans le modèle ThreeME sont assez faibles.

Estimation du PIB dans le scénario AMS selon des hypothèses alternatives sur la sensibilité du taux d'intérêt à l'évolution de l'endettement (par rapport au PIB tendanciel)

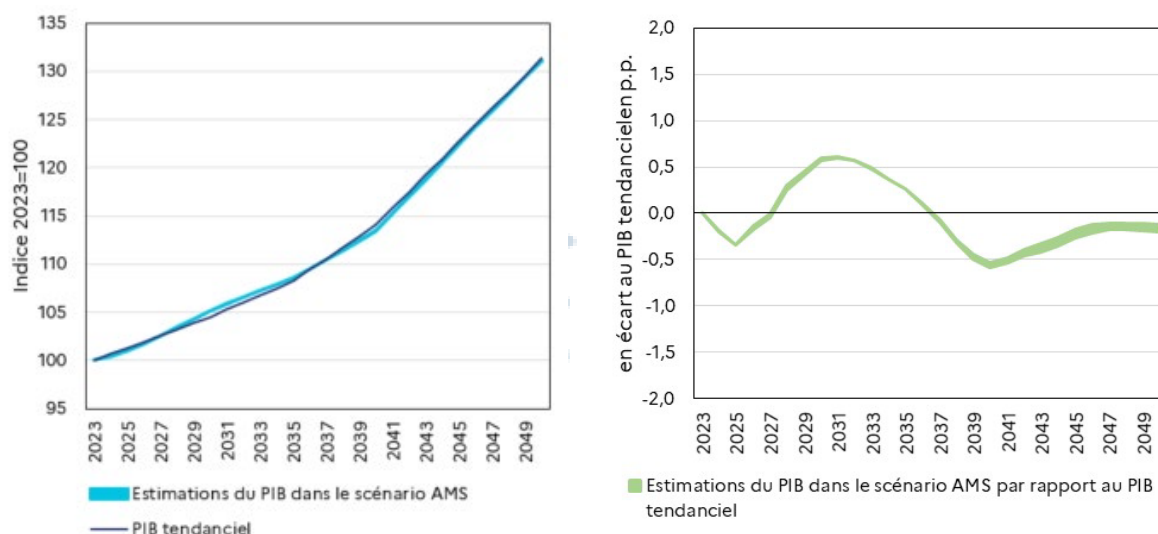


Figure 18 : Estimation du PIB dans le scénario AMS selon des hypothèses alternatives sur la sensibilité du taux d'intérêt à l'évolution de l'endettement (par rapport au PIB tendanciel) (Sources : PIB tendanciel issu des hypothèses de cadrage de la Commission européenne ; hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS de la SNBC 3 ; modèle ThreeME ; calculs des auteurs).

Note de lecture : les simulations sont réalisées à partir de la fourchette de valeurs présentée dans le **Tableau 2** pour la réaction des taux d'intérêt à l'endettement total, les autres hypothèses étant celles présentées dans la section A.3.

c. Variation du taux d'épargne des ménages

Des analyses de sensibilité supplémentaires sont réalisées autour du taux d'épargne agrégé des ménages, traduisant différents mécanismes non pris en compte par défaut dans le modèle et montrant une forte sensibilité des résultats à cette variable. D'une part, le taux d'épargne des ménages pourrait diminuer structurellement dans le cas où il y aurait un effet de recomposition dans la distribution des revenus. Cet effet pourrait par exemple résulter d'une redistribution ciblée des recettes supplémentaires de la fiscalité carbone en faveur des ménages les plus modestes dont la propension marginale à consommer est plus élevée que les autres catégories de ménages⁹². D'autre part, dans un cadre théorique plus néo-classique, les investissements supplémentaires en décarbonation pourraient nécessiter une mobilisation plus importante de l'épargne des ménages *a priori*. L'augmentation de leur taux d'épargne peut également traduire des risques de transition non-pris en compte dans la modélisation, notamment autour des enjeux de capital échoué⁹³ (voir *infra*) ou d'anticipation de la perte

⁹² Labrousse C. et Perdureau Y. (2024), « Geography versus Income : The Heterogeneous Effects of Carbon Taxation », PSE Working Papers n°2024-04.

⁹³ La dépréciation des actifs détenus par les ménages (notamment pour les logements, en lien avec la question des passoires thermiques) peut conduire à une hausse de l'épargne pour financer les investissements de rénovation ; voir Girard P.L. et al. (2023), « Les incidences économiques de l'action pour le climat – Rapport thématique sur le marché du capital », Haut-Commissariat à la Stratégie et au Plan.

d'activité induite par les effets de la transition vers la neutralité carbone (épargne de précaution). Deux cas illustratifs sont ainsi présentés, autour d'une variation de ± 1 p.p. du taux d'épargne par rapport aux résultats présentés ci-dessus.

L'hypothèse de réaction du taux d'épargne des ménages aux mesures supplémentaires est déterminante dans la quantification de l'effet macroéconomique des mesures supplémentaires à moyen et long terme (voir la **Figure 19** ci-dessous). Dans le cas dit de « borne haute » une baisse permanente du taux d'épargne des ménages de 1 p.p. dans le scénario AMS se traduit par un choc de demande positif soutenant l'activité de l'ordre de 0,5 p.p. de PIB supplémentaire. Symétriquement, l'effet sur l'activité dans le cas d'une « borne basse » qui repose sur une hypothèse de hausse permanente du taux d'épargne des ménages de 1 p.p. dans le scénario AMS (soit un choc de demande négatif), est réduit.

Estimation des effets du scénario AMS sur le PIB selon des hypothèses alternatives sur le taux d'épargne des ménages (par rapport au PIB tendanciel)

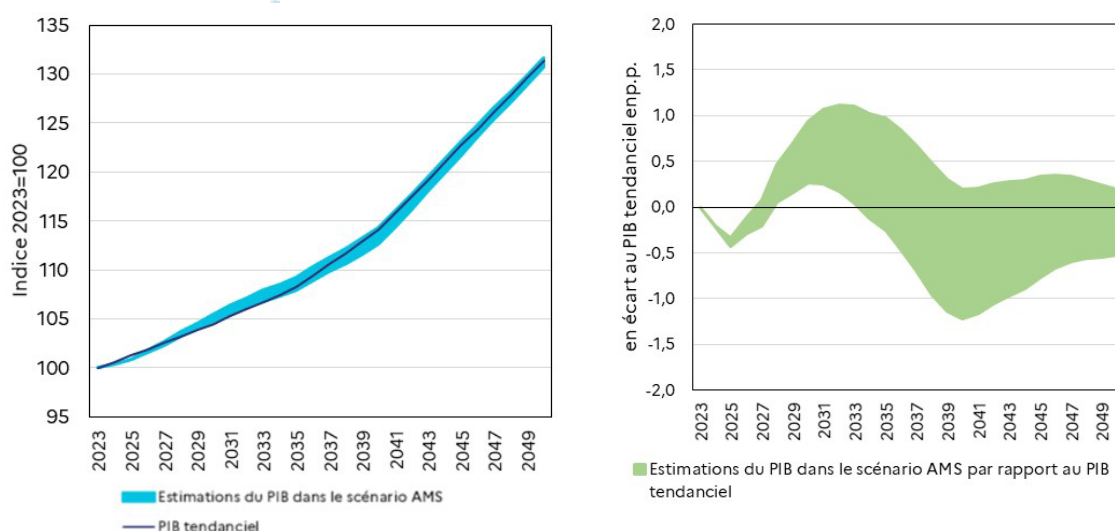


Figure 19 : Estimation des effets du scénario AMS sur le PIB selon des hypothèses alternatives sur le taux d'épargne des ménages (par rapport au PIB tendanciel) (Sources : PIB tendanciel issu des hypothèses de cadrage de la Commission européenne; hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS de la SNBC 3 ; modèle ThreeME ; calculs des auteurs).

Note de lecture : les simulations sont réalisées à partir de la fourchette de valeurs présentée dans le Tableau 2 pour le taux d'épargne des ménages, les autres hypothèses étant celles présentées dans la section A.3.

d. Variation du choc de productivité

Enfin, au regard de l'incertitude quant à l'ampleur des effets de la transition vers la neutralité carbone sur la productivité des entreprises (cf. *supra* sur le calibrage du choc négatif transitoire de productivité et *infra* sur les implications de la transition sur la recherche et développement), des analyses supplémentaires ont été réalisées, montrant l'effet significatif à long terme de cette variable sur les résultats. Deux cas polaires sont de nouveau considérés : absence de baisse de la croissance de la productivité et au contraire, baisse transitoire de la productivité doublée par rapport au jeu d'hypothèses présenté dans la section A.3 (soit une baisse annuelle

moyenne de 0,1 p.p. contre 0,05 p.p. présenté précédemment, avec toujours une atténuation rapide pour devenir négligeable autour de 2040). Les effets sur l'activité de ce type de choc, qui passe par l'offre, sont lents à se matérialiser, mais persistants (voir la **Figure 20** ci-dessous) : un choc de productivité se répercute progressivement sur les prix nationaux et donc sur la compétitivité-prix des entreprises.

Estimation des effets du scénario AMS sur le PIB selon des hypothèses alternatives sur le choc de productivité (par rapport au PIB tendanciel)

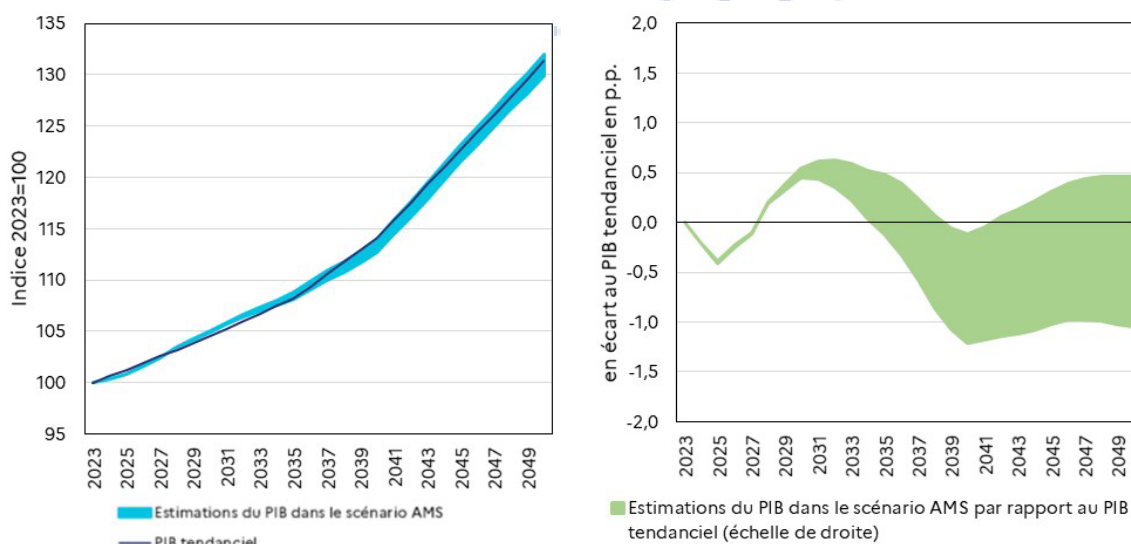


Figure 20 : Estimation des effets du scénario AMS sur le PIB selon des hypothèses alternatives sur le choc de productivité (par rapport au PIB tendanciel) (Sources : PIB tendanciel issu des hypothèses de cadrage de la Commission européenne ; hypothèses du scénario AME 2023 et du scénario AMS de la SNBC 3 ; modèle ThreeME ; calculs des auteurs).

Note de lecture : les simulations sont réalisées à partir de la fourchette de valeurs présentée dans le **Tableau 2** pour l'évolution de la productivité, les autres hypothèses étant celles présentées dans la section A.3.

► Autres canaux de transmission macroéconomiques de la transition vers la neutralité carbone non pris en compte dans la présente évaluation

a. Effets de la décarbonation dans le reste du monde sur l'économie française

Le changement climatique est une externalité négative planétaire, qui doit inciter tous les pays à mener des actions coordonnées d'atténuation. À cette fin, l'accord de Paris définit les engagements et les objectifs de chaque pays pour atteindre la neutralité carbone en 2050. **L'absence de coordination internationale et de coopération commerciale serait notamment préjudiciable à une transition ordonnée et à son acceptabilité.** Les écarts d'ambition climatique peuvent générer un risque de fuites de carbone, se traduisant par une substitution de la production locale par des importations plus carbonées, pénalisant dès lors l'activité

domestique⁹⁴. L'ajustement carbone aux frontières se situant à l'échelle européenne, il n'est pas possible de compenser de potentielles différences du prix du carbone implicite entre pays européens⁹⁵.

L'intensité, la temporalité et la nature des actions entreprises par chaque pays influence l'environnement macroéconomique dans lequel la France réalise ses actions de décarbonation, mais aussi leur efficacité (risque de fuites de carbone⁹⁶) et la gravité des dommages climatiques qu'elle encourt. Ces incertitudes économiques, commerciales et financières entourent l'évaluation macroéconomique réalisée avec ThreeME (voir *supra*). Le modèle fait l'hypothèse que la France est une petite économie ouverte, avec un environnement international exogène, et qu'elle est seule à agir, ce qui est préjudiciable à la compétitivité française. De manière stylisée, et afin de décrire qualitativement les implications pour l'économie française de la transition dans le reste du monde, l'analyse qui suit considère séparément les deux canaux de transmission macroéconomiques de la transition, 1) les investissements supplémentaires en décarbonation, déclenchés 2) par un renchérissement du prix du carbone.

D'une part, la transition coordonnée vers la neutralité carbone implique un surcroît d'investissements nets dans les pays tiers, ce qui tirerait à la hausse l'activité économique en France, de nouveau via la demande mondiale adressée aux entreprises domestiques et donc via les exportations. Le reste du monde devrait alors subir un regain de pression inflationniste comparable à celui de la France, ce qui limiterait voire annulerait sa perte de compétitivité. À court terme, pour l'ensemble des pays, l'augmentation de la demande mondiale induite par ces investissements stimule les activités domestiques et conduit à des créations d'emplois. Toutefois, le surplus d'investissement peut conduire à une hausse des importations, mais aussi à des dynamiques inflationnistes, dès lors que les appareils productifs ne peuvent répondre immédiatement à la hausse de la demande agrégée. En outre, ces dynamiques inflationnistes peuvent être entretenues par une boucle prix-salaires, pouvant pénaliser à moyen-long terme la compétitivité-prix et les exportations des pays dans lesquels l'inflation serait la plus forte. À cet horizon, cet effet positif s'essoufflerait également en raison de la réaction des banques centrales, qui, en réponse à l'accélération des prix, pourraient rehausser leurs taux directeurs, pénalisant les autres investissements productifs.

L'effet positif du surplus d'investissements en décarbonation doit également être nuancé par la prise en compte de leur financement (que ce soit par un endettement additionnel des agents impliquant une hausse des taux, ou par un effet d'éviction sur la consommation des ménages ou sur les investissements des entreprises et des administrations publiques, qui auraient tous les deux un effet récessif) et de leur impact sur la productivité des autres pays (voir le point suivant sur la R&D), qui atténueraient la perte de compétitivité de la France tout en diminuant la demande qui lui est adressée. **Dès lors, l'intégration commerciale et financière peut faciliter l'accès aux biens et technologies à travers le monde, réduisant les coûts de la transition. Des**

⁹⁴ Bellora C. et Fontagné L. (2023), « EU in Search of a Carbon Border Adjustment Mechanism », *Energy Economic*.

⁹⁵ Toutefois, comme les contraintes sont globalement imposées au niveau européen, le risque est limité, et le potentiel de fuites de carbone se situe surtout vis-à-vis des autres pays.

⁹⁶ Voir L'Heudé W., Chailloux M. et Jardi X. (2021), « Un Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières de l'Union Européenne », *Trésor-Eco* n°280 et Fontagné L. (2023) « Les incidences économiques de l'action pour le climat – Rapport thématique sur la compétitivité » *France Stratégie*.

externalités positives internationales sur la R&D verte peuvent également diminuer les coûts des nouvelles technologies à déployer⁹⁷.

D'autre part, le rehaussement du signal-prix du carbone au niveau mondial pendant la phase de décarbonation pénaliserait l'activité française, si elle débouche sur une baisse de la demande mondiale adressée à la France. Comme pour l'évaluation réalisée avec ThreeME, ce choc de demande négatif pour la France est à comparer à un scénario sans mesure de décarbonation supplémentaire (c'est-à-dire sans rehaussement du signal-prix) et sans prise en compte des effets du changement climatique. La baisse de la demande mondiale adressée à la France entraînerait dès le court terme une baisse des exportations et de l'investissement des entreprises, qui se propage au reste de l'économie et à la consommation des ménages par les mécanismes de bouclage keynésien. En parallèle, la baisse de la demande d'énergies carbonées conduirait à une diminution du prix du pétrole, et accentue les pressions déflationnistes induites par la baisse de la demande (améliorant toutefois la balance commerciale par une baisse des importations). À long terme, la baisse du prix du pétrole, la réaction des banques centrales à ces pressions (par exemple, par une baisse des taux d'intérêt), et un ajustement de l'euro vis-à-vis des autres devises (traduisant une asymétrie de transition entre zones géographiques) pourraient limiter la perte d'activité par rapport à un scénario de référence sans rehaussement du signal-prix. Enfin, les choix que feront les pays tiers en matière de tarification explicite ou non, et de mode d'utilisation des recettes ainsi générées (par exemple, sous forme de baisse du coût du travail pour soutenir la compétitivité des entreprises, de transferts aux ménages pour les questions d'acceptabilité sociale de la mesure, de consolidation budgétaire, ou de soutien à la R&D verte⁹⁸) auront des conséquences différenciées sur l'économie française⁹⁹.

La direction générale du Trésor (2025)¹⁰⁰ estime ainsi, à l'aide du modèle macroéconomique international Oxford Economics que le bouclage international de la transition énergétique¹⁰¹ pourrait réduire l'activité française de 1,5 pt de PIB au maximum (selon les hypothèses de redistribution de la tarification carbone effective) pour le canal du renchérissement du coût relatif de GES, mais conduire à un surplus d'activité de 0,8 pt de PIB pour le canal de l'investissement, en 2030. Si l'Union européenne seule réalisait une transition énergétique, son

⁹⁷ Dechezleprêtre A. et Kruse T. (2022), « the effect of climate policy on innovation and economic performance along the supply chain: a firm and sector-level analysis », OECD Environment Working Paper n°189.

⁹⁸ Ce menu de politiques publiques correspond notamment aux différentes options retenues par le NGFS (Réseau des Banques Centrales pour le Verdissement de la Finance) dans ses scénarios de court terme (Voir NGFS, 2025, « NGFS Short Term Climate Scenarios Technical Documentation, v1.0 », May 2025).

⁹⁹ En particulier, une utilisation des recettes générées par le surplus de fiscalité sur les produits carbonés, en France et à l'étranger, sous forme de transferts forfaitaires aux ménages contribuerait à limiter ces effets récessifs à court-moyen terme. Cela soutiendrait la demande adressée à la France, stimulant les exportations et l'investissement. Toutefois, ce surplus de demande mondiale auquel l'appareil productif ne peut répondre immédiatement limiterait les pressions déflationnistes causées par le rehaussement du prix du carbone, donc la réaction à la baisse des taux d'intérêt. À l'inverse, une baisse simultanée des cotisations sociales dans le monde entier annule en grande partie les effets attendus sur la compétitivité pour chacun d'entre eux, dont la France. À long terme, la hausse contenue du coût du travail amplifierait l'effet déflationniste issu de la moindre demande mondiale en pétrole, conduisant à une baisse plus marquée des taux d'intérêt et soutenant finalement l'investissement. Le soutien à la R&D verte pourrait conduire à augmenter les externalités positives pour la baisse du coût des technologies utilisées pour la transition vers la neutralité carbone en France.

¹⁰⁰ DG Trésor (2025), op. cit., Chapitre 2.

¹⁰¹ Cette évaluation de la transition énergétique couvre environ 70 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

activité serait réduite à moyen-long terme par rapport à un scénario Net Zéro coordonné. Ce coût est d'autant plus important que la trajectoire de décarbonation est rapide (par rapport au scénario sans mesure de décarbonation supplémentaire et sans risque climatique), en particulier à cause d'une moindre demande mondiale adressée à chaque pays à court/moyen terme. Toutefois, ces résultats doivent de nouveau être comparés aux dommages évités, lesquels croissent avec le niveau d'ambition mondiale en matière de décarbonation (voir section 2.a). Il est également important de noter que l'approche retenue par la DG Trésor pour cette évaluation macroéconomique de la transition énergétique dans les pays étrangers reste stylisée (modélisation d'un prix du carbone, avec possibilité d'utilisation des éventuelles recettes fiscales supplémentaires et des investissements en décarbonation supplémentaires en prenant en compte leur financement), là où la présente évaluation de la SNBC 3 s'appuie sur une modélisation fine des différentes mesures de décarbonation et changements de comportement.

Enfin, l'absence de coopération internationale fait peser un risque sur l'approvisionnement des composantes intermédiaires des technologies liées à la transition énergétique. La transition énergétique devrait s'appuyer sur des technologies nécessitant certains minerais, dits « critiques » ou « stratégiques » comme le lithium, le graphite, le nickel, le manganèse, le silicium, les terres rares et le cuivre. Si à court terme, l'offre mondiale en minerais stratégiques apparaît suffisante pour répondre aux nouveaux usages liés à la transition énergétique¹⁰², la production reste néanmoins aujourd'hui très concentrée sur le plan géographique et sur le plan de la propriété des exploitations. D'ici 2050, la demande mondiale pourrait plus que tripler pour répondre aux objectifs environnementaux internationaux et nationaux. Dès lors, une faible diversification des sources d'approvisionnement, des tensions d'approvisionnement ou des tensions avec les pays qui contrôlent ces chaînes de valeur font peser un risque inflationniste sur les produits dits « verts », et risquerait d'accroître les coûts économiques et d'allonger les délais nécessaires à la transition. En cas de matérialisation de ce risque inflationniste, voire de contrainte sur l'offre, le coût des investissements supplémentaires à réaliser pour la décarbonation du mix énergétique serait réévalué à la hausse. Ce surcoût renchérirait la réalisation de la SNBC 3. À l'inverse, une meilleure coordination internationale permettant la sécurisation des chaînes d'approvisionnement françaises réduirait les coûts de la transition.

- b. Autres effets de la décarbonation sur la productivité via la réallocation de la R&D et les investissements en efficacité énergétique

Une hausse des coûts de production pour les entreprises, et un besoin d'innover dans le domaine de l'efficacité énergétique, au détriment d'innovations productives, résulteraient en un effet négatif sur la croissance de la productivité au niveau macroéconomique, au moins à court et moyen termes¹⁰³. Le canal de l'innovation aurait *a priori* les effets les plus importants sur la productivité. Les objectifs en matière de décarbonation de l'économie conduiraient à un surcroît de dépenses de R&D en efficacité énergétique, avec un effet d'éviction sur le progrès

¹⁰² Aubert, A. et al. (2024), « Les Minerais dans la transition énergétique », Trésor-Eco n°351.

¹⁰³ Epaulard et al. (2023), *op. cit.*

technique améliorant la productivité du reste des facteurs de production, en premier lieu du travail. Les modèles à croissance endogène, dans lesquels les dépenses de R&D sont allouées entre différents secteurs (par exemple productif et énergétique) en fonction de leur rentabilité, permettent de quantifier les effets de ce canal sur la productivité¹⁰⁴.

Dans le modèle ThreeME, l'effet de la réorientation de la R&D sur la productivité n'est actuellement pas pris en compte. En effet, l'efficacité du travail et de l'énergie y sont modélisées de manière exogène. D'un côté, des gains d'efficacité énergétique diminuent le coût économique des politiques de transition – normes, taxation – en réduisant à la fois la demande énergétique, son prix et les coûts de production, dont l'énergie est une composante. De l'autre, un ralentissement de l'efficacité du travail conduit à un niveau de production inférieur pour un nombre de travailleurs inchangé et renchérit les coûts de production. Ce second effet dominant celui des gains d'efficacité énergétique, la réorientation de la R&D conduit au total à une baisse de l'activité. L'évaluation macroéconomique réalisée dans ce rapport ne tient toutefois pas compte de cette deuxième dimension qui contribuerait *a priori* à accentuer l'effet négatif transitoire des mesures de décarbonation sur l'activité.

D'autres travaux suggèrent au contraire que le renforcement de la politique environnementale pourrait se traduire par une hausse de la productivité pour les entreprises via les investissements dans l'efficacité énergétique¹⁰⁵. Ces résultats correspondent à un raisonnement théorique connu sous le nom d'hypothèse de Porter, rappelé par l'OCDE¹⁰⁶ : « Les nouvelles réglementations peuvent entraîner une augmentation de la productivité par le biais d'une refonte des processus de production ou d'une réaffectation des ressources au sein des entreprises ».

Plusieurs éléments laissent ainsi espérer que la croissance de la productivité pourrait, une fois la transition effectuée, retrouver, voire dépasser, le rythme prévalant avant la transition écologique. Dans tous les cas, les effets négatifs sur la croissance de la productivité mentionnés ci-dessus demeurent transitoires, notamment grâce à des gains d'efficacité allocative et de dynamisme économique (via les entrées et sorties d'entreprises) et à des effets d'apprentissage¹⁰⁷. La BCE¹⁰⁸ indique également que, si la croissance de la productivité au niveau des entreprises diminue à court terme à la suite d'un renforcement des politiques environnementales, ce ralentissement pourrait être compensé à long terme, grâce à une augmentation significative du nombre de brevets déposés, à la diffusion de nouvelles technologies au sein de l'appareil productif et au renouvellement du stock de capital productif.

¹⁰⁴ Par exemple, le modèle à croissance endogène développé pour la France dans Henriet F., Maggier N., Schubert K. 2014 « A Stylized Energy-Economy Model for France », *Energy Journal*, également mobilisé pour la mission JPF-SM.

¹⁰⁵ OCDE (2021), « Assessing the Economic Impacts of Environmental Policies: Evidence from a Decade of OECD Research », OECD Publishing, Paris ; Kalantzis F. et Niczyporuk H. (2021), « Can European businesses achieve productivity gains from investments in energy efficiency? », *European Investment Bank, Working Paper 2021/07*.

¹⁰⁶ OCDE (2021), *op.cit.*

¹⁰⁷ Ce dernier canal, dit *learning-by-doing*, établit un lien entre efficacité énergétique et accumulation de capital décarboné selon une certaine élasticité. Voir par exemple, in 't Veld J. et al. (2022), *op. cit.*

¹⁰⁸ Anyfantaki S., Bijmans, G., Colciago A., De Mulder J., Falck E., Labhard V., Lopez-Garcia P., Lourenço N., Meriküll J., Parker M., Röhe O., Schroth J., Schulte P. et Strobel J. (2024) « The impact of climate change and policies on productivity », *Banque centrale européenne, Occasional paper series n°340*.

Les co-bénéfices associés à la transition écologique, en matière de santé, de qualité de l'air ou d'écosystème, pourraient également soutenir la productivité.

c. Effet des frictions dans la réallocation des facteurs

ThreeME est un modèle d'équilibre général calculable keynésien à court terme (voir section A.3. *supra*), **et donc dominé par les comportements de la demande à cet horizon**. Les contraintes d'offre ne jouent qu'à long terme, par le biais de hausse potentielle des prix de production de chacun (entraînant une perte de compétitivité dans ce type de modèle). Toutefois, la montée en charge de ces effets prix dépend du calibrage du modèle, réalisé à partir des données passées. La transition vers la neutralité carbone pourrait entraîner de nouvelles tensions sur l'offre de travail et de capital à court-terme, et engendrer une diminution des capacités de réallocation des facteurs de production de l'économie pendant la phase de transition, qui induirait une hausse des coûts du travail et du capital (effet prix) ou des tensions sur les quantités (effet volume). Cela correspondrait concrètement à un risque de hausse du chômage structurel lié à une moindre réallocation de l'emploi et à un risque d'échouage du capital, pendant la phase de transition à court terme. À moyen terme, les distorsions de salaires relatifs et l'adaptation des politiques de formation devraient permettre d'ajuster l'offre de travail à la demande dans les secteurs concernés. De telles dynamiques ne sont actuellement que peu capturées par ThreeME.

En ce qui concerne le travail, la littérature économique¹⁰⁹ met en évidence un risque modéré, mais existant, de friction dans la réallocation de l'emploi lié à la transition vers la neutralité carbone. En plus des mouvements inter et intra-sectoriels, les principales frictions s'observeront au niveau des métiers, en fonction des besoins nécessaires à la transition, et pourraient s'accompagner d'une polarisation en matière de qualification¹¹⁰. Ces réallocations pourraient conduire à une baisse de la quantité de travail disponible en cas d'inadéquation des compétences¹¹¹ et de manque de correspondance géographique entre les créations d'emplois « verts » et les destructions d'emplois « bruns ». De plus, l'absence de « prime » salariale pour les emplois « verts »¹¹² (pourtant plus exigeants en matière de compétences que les « gris », c'est-à-dire les emplois non concernés par la transition) pourrait créer un déficit d'attractivité pour ces postes. Dès lors, le déséquilibre entre offre et demande de travail qui pourrait résulter de ces frictions (par exemple, dans la rénovation des bâtiments) engendrerait côté offre des hausses de coûts de production et des prix, voire des tensions sur le niveau de production même. Côté demande, la hausse des prix réduirait le pouvoir d'achat des ménages, diminuant la consommation, et donc la demande adressée aux entreprises, obérant ainsi la croissance de l'investissement, de l'emploi et de l'activité par les mécanismes keynésiens.

¹⁰⁹ Voir un panorama dans Hentzgen C. et Orand M. (2023), « Les incidences économiques de l'action pour le climat – Rapport thématique sur le marché du travail » France Stratégie.

¹¹⁰ DG Trésor (2025), *op. cit.* chapitre 7.

¹¹¹ Voir par exemple Vona F., Marin G., Consoli D. et Popp, D. (2017), « Environmental regulation and green skills: an empirical exploration », *J. Assoc. Environ. Resour. Econ.*

¹¹² Fontaine F., Ollivier H., Saussay A. et Schubert K. (2023), « Transition énergétique : faut-il craindre pour l'emploi ? », note du Conseil d'analyse économique n°80.

Les réallocations directes d'emplois générées par les politiques de transition auraient un impact limité sur l'emploi au niveau agrégé en France, au regard des réallocations d'emplois observées dans le passé, comme le montrent les évaluations d'impact disponibles. Les travaux économétriques montrent que les mesures de transition vers la neutralité carbone ont un impact limité sur l'emploi agrégé¹¹³ à court terme, qui dépend de l'état initial de l'économie et des options sélectionnées en cas de resserrement des politiques environnementales (effet net positif dans le cas de politiques de marché et négatif dans le cas de politiques de réglementation), et qui disparaît à long terme¹¹⁴. Les évaluations macroéconomiques¹¹⁵ concluent également à un impact contenu sur l'emploi agrégé, qui s'accompagnerait de fortes variations sectorielles, mais les modèles mobilisés ne sont pas en mesure d'étudier les réallocations intra-sectorielles. Des estimations du FMI¹¹⁶ suggèrent que les réallocations découlant d'un ensemble de mesures visant à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 ne représenteraient que 1 % de la main-d'œuvre au cours des dix prochaines années au niveau mondial.

En ce qui concerne le capital, le risque d'échouage d'une partie du stock de capital en raison de la transition pourrait être limité en France¹¹⁷ à condition que cette dernière soit ordonnée pour donner suffisamment de prévisibilité aux agents économiques pour qu'ils puissent correctement anticiper les mesures et adapter leur comportement en conséquence. L'échouage désigne une perte de valeur significative, potentiellement irréversible, du stock de capital, physique, immatériel et humain d'une part, productif et résidentiel d'autre part, pouvant également entraîner une dévalorisation des actifs financiers sous-jacents. En substituant des technologies faiblement intensives en carbone à des technologies à forte émission, les politiques de décarbonation pourraient conduire à une perte de valeur économique prématurée de certains actifs, plus rapide que leur dépréciation comptable théorique. Dès lors que l'actif ne peut être converti pour un autre usage, il risque d'être considéré comme un actif échoué. Ce risque pourrait se traduire par i) une hausse du taux de dépréciation qui limiterait l'accumulation du capital et rehausserait le coût du capital, ou par ii) une baisse du taux d'utilisation des capacités de production. Dans les deux cas, l'investissement agrégé pourrait baisser, réduisant la croissance de l'activité. L'Insee¹¹⁸ souligne ainsi que pour un même cumul d'émissions d'ici 2050, différer la transition entraînerait des coûts plus élevés *in fine* et davantage d'actifs mis au rebut, rendant l'ajustement moins

¹¹³ Fontaine et al., (2023), *op. cit.* montrent par exemple, sur la base de données d'entreprises, que l'instauration d'une taxe sur le carbone de 100 €/tCO₂ en France conduirait à des réallocations d'emplois intra-sectorielles, calculées comme la somme des destructions et créations d'emplois, de l'ordre de 4 % de l'emploi total en France, contre un taux de réallocation annuel de l'emploi dans le secteur marchand d'à un peu plus de 20 % sur la période 2010-2020.

¹¹⁴ Mohammad A. (2021), « Employment effects of environmental policies – evidence from firm-level data », IMF Working Paper 21/140.

¹¹⁵ Pour une évaluation institutionnelle de ces dynamiques en France, voir : Ademe, Seureco, Banque de France et Cired (2023), « Risques de transition : une analyse multi-modèles pour la France. Etude comparée de l'implémentation des scénarios du NGFS », Rapport final.

¹¹⁶ FMI (2022), « A greener labor market: employment, policies and economic transformation », World Economic Outlook, Chapitre 3. Dans ce modèle, les productions de biens verts et bruns dépendent de tâches spécifiques. Ce changement de 1 % serait moins rapide que les réallocations d'emplois de l'industrie vers les services observées depuis le milieu des années 1980 du fait de changements organisationnels privés et technologiques qui ont touché près de 4 % des emplois par décennie dans les pays développés.

¹¹⁷ Abbas, R., Carnot N., Lequien M., Quartier-la-Tente A. et Roux S. (2025) « Quel chemin vers la neutralité carbone », INSEE Analyses n°103.

¹¹⁸ Abbas et al. (2025), *op. cit.*

crédible. En outre, le rapport thématique de la mission pilotée par Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz sur le marché du capital¹¹⁹ indiquait que, si la France était moins exposée à ce risque que le reste du monde, du fait de sa production électrique décarbonée et de sa spécialisation sectorielle, des travaux supplémentaires étaient toutefois nécessaires pour appréhender les conséquences macro-financières de ce risque.

Ces risques existent mais ne sont presque pas modélisés dans le scénario AMS avec ThreeME.

Concernant le travail, l'emploi par secteur dépend de la production (et donc de la demande) de chaque secteur et de conditions de marché, mais n'intègre pas de contrainte d'offres. Dans l'industrie, le verdissement de l'outil productif mobilise différents outils (Certificats d'économie d'énergie, subventions, ETS) qui incitent à des investissements supplémentaires en décarbonation (efficacité énergétique et modification du mix énergétique), sans toucher leur taux de dépréciation. Cette dimension n'est explicitée que dans les secteurs de la production électrique, où des chroniques exogènes de capital dans les secteurs fossiles, cohérentes avec les cibles de mix énergétique, se traduisent par des taux de dépréciation plus élevés.

- d. Autres limites propres au modèle ThreeME : agent unique représentatif et anticipations adaptatives

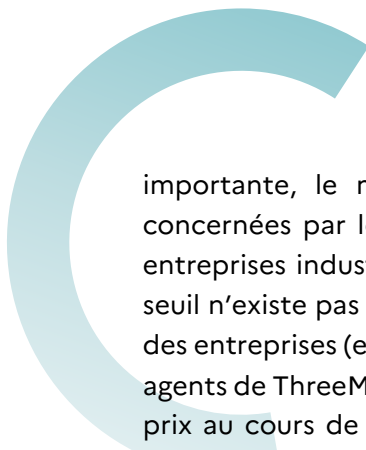
La modélisation macroéconomique constitue une représentation simplifiée de la réalité et certaines limites propres au modèle ThreeME sont susceptibles de jouer sur les résultats obtenus.

En particulier, l'hypothèse d'agents représentatifs dans le modèle, qui postule qu'un ménage ou une entreprise synthétise les comportements agrégés, efface les hétérogénéités entre agents économiques — qu'il s'agisse de disparités de revenus, de situation géographique ou de préférences intertemporelles côté ménages, de productivité, d'accès au financement et aux technologies, de taille ou de capacité d'innovation côté entreprises. Pourtant, les ménages ruraux consomment plus de combustibles fossiles que les ménages urbains, sont employés dans des entreprises plus émissives et sont donc davantage touchés par les mesures de décarbonation¹²⁰. Les comportements de consommation des ménages étant susceptibles de différer selon leur situation géographique, les mesures de décarbonation ayant pour objectif de modifier ces comportements peuvent avoir un effet macroéconomique différencié selon qu'elles touchent l'intégralité du territoire de manière homogène ou implicitement certaines zones géographiques plus que d'autres. De même, la capacité des ménages à réaliser des investissements en décarbonation étant liée à leur niveau de revenus, les subventions aux ménages les plus modestes permettent de lever leurs contraintes de financement¹²¹. Dans ThreeME, ces effets ne sont pas précisément modélisables pour des mesures ciblées (comme MaPrimeRénov' dont le montant d'aide varie en fonction des ressources du foyer). Si la réalisation d'investissements en décarbonation permet aux ménages de consommer davantage à moyen/long terme, l'absence d'hétérogénéité chez les ménages dans ThreeME ne permet pas de rendre compte du surcroît d'activité possible que les gains de facture énergétique pourraient générer, du fait d'une propension marginale à consommer plus importante des ménages modestes. De la même manière, malgré une désagrégation sectorielle

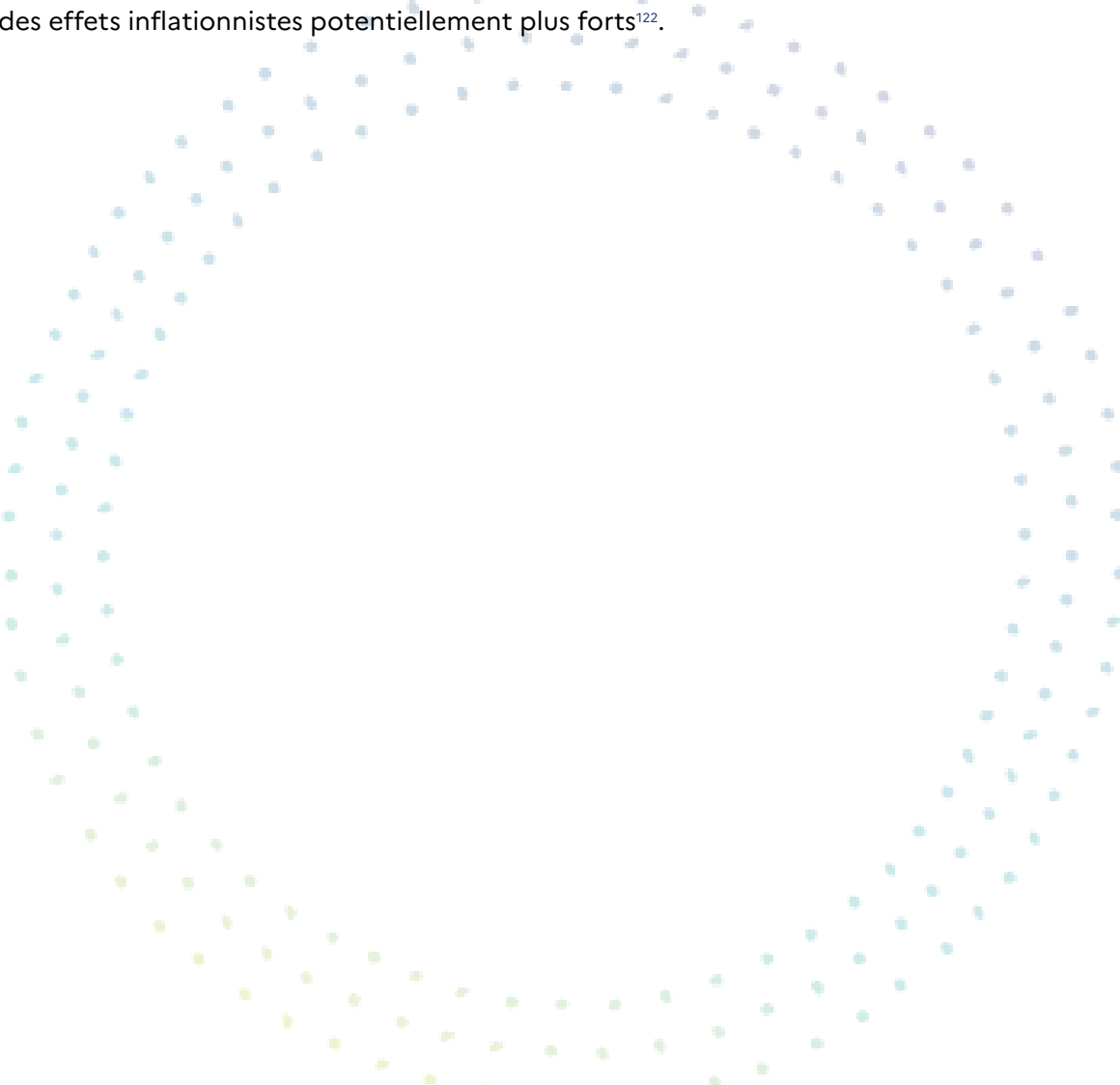
¹¹⁹ Voir Girard et al. (2023), op. cit.

¹²⁰ Labrousse C. et Perdureau Y. (2024), op. cit.

¹²¹ DG Trésor (2025), op. cit. chapitre 6.



importante, le modèle ne permet pas toujours de cibler parfaitement les entreprises concernées par les mesures évaluées. C'est par exemple le cas de l'ETS 1 qui concerne les entreprises industrielles seulement au-delà d'un certain seuil de capacité de production : ce seuil n'existe pas dans ThreeME, ce qui ne permet pas de modéliser une réaction différenciée des entreprises (en matière de comportement d'investissement, d'emploi, etc.). Par ailleurs, les agents de ThreeME sont dépourvus d'anticipations rationnelles, ce qui influe sur l'évolution des prix au cours de la transition. Les ménages et les entreprises réagissent en effet au prix du carbone actuel, sans prendre en compte sa hausse future, ce qui conduit à des ajustements plus tardifs et à des effets inflationnistes potentiellement plus forts¹²².



¹²² Dans le cas où les agents économiques, et notamment les ménages, avaient des anticipations rationnelles, ceux-ci ajusteraient leur taux d'épargne contemporain à la hausse s'ils prévoyaient une baisse de l'activité à moyen/long terme, réduisant la demande et exerçant donc des pressions baissières sur les prix.

C. Les résultats de l'évaluation microéconomique relative aux impacts sociaux

Synthèse de l'évaluation

L'évaluation microéconomique relative aux impacts sociaux est structurée en deux analyses. Elles visent à évaluer : la rentabilité estimée pour les ménages des investissements bas-carbone ainsi que leur capacité à les financer, et l'impact de la décarbonation sur les factures des ménages. La décarbonation suppose en effet un surcoût d'investissements (voitures électriques, isolation du logement, pompes à chaleur) à court terme, à même de générer des économies d'énergie et des baisses de factures sur la durée de vie des investissements. L'analyse est réalisée en comparant les scénarios « avec mesures supplémentaires » (AMS) de la SNBC 3 au scénario « avec mesures existantes » (AME) – c'est-à-dire en comparant les investissements nécessaires à l'atteinte des cibles climatiques de la France aux investissements qui devraient être réalisés d'ici-là à politique inchangée. Ces deux scénarios diffèrent notamment en ce qui concerne les prix des énergies et les nombres de gestes réalisés.

La première partie de l'évaluation vise à analyser pour les ménages la rentabilité estimée et le caractère finançable d'investissements pour **trois gestes bas-carbone (achat de voitures électriques, achat d'une pompe à chaleur, isolation thermique du logement)**. Pour ces gestes, près de la moitié du supplément d'investissements des ménages entre l'AME et l'AMS (74 milliards d'euros en cumulé sur la période 2025 – 2030) seraient rentables pour les ménages. Les investissements dans les véhicules s'avèreraient en moyenne plus rentables que les investissements dans la rénovation des logements. Autrement dit, le gain de facture énergétique rapporté au surcoût de l'investissement bas-carbone est plus favorable pour les voitures que pour le logement. Par ailleurs, sous les hypothèses distributives retenues, les ménages des trois premiers dixièmes de niveau de vie se heurteraient à un déficit de capacité de financement de ces investissements. Des mesures d'accompagnement, notamment ciblées sur les ménages modestes (leasing social, MaPrimeRénov') permettent actuellement de faciliter la réalisation de ces investissements.

La deuxième partie de l'évaluation est dédiée à l'analyse de la facture énergétique des ménages. Celle-ci baisserait en moyenne à horizon 2030 par rapport au scénario tendanciel : une baisse sur la facture transport et une possible hausse sur la facture logement, mais de plus faible ampleur. Elle baisserait également de près de 20 % par rapport à 2023. L'hypothèse de mesures d'accompagnement ciblées vers les ménages les plus modestes permet ici une baisse de leur précarité énergétique. A l'horizon 2050, la facture énergétique moyenne des ménages baisserait fortement. La transition vers des équipements et des services bas-carbone pour leur mobilité et leur logement permettrait ainsi de réduire leur exposition aux prix des énergies fossiles. Dans le cadre d'un choc sur les prix de l'énergie de magnitude comparable à celui observé en 2022, le différentiel de facture énergétique entre l'AMS et l'AME augmenterait en faveur de l'AMS. Cela s'explique par une moindre volatilité des prix de l'énergie électrique par rapport aux énergies fossiles, quasi-intégralement importées.

Les résultats de ces deux analyses restent toutefois incertains au regard de la variabilité des hypothèses mobilisées (par exemple : le prix des énergies ou des actifs bas-carbone) et doivent se comprendre dans le périmètre des gestes considérés dans l'analyse qui n'est pas exhaustif.

1. Méthodologie de l'évaluation microéconomique

Comme dans l'analyse des impacts macroéconomiques, l'analyse des impacts sociaux est réalisée en comparant le scénario sous-jacent à la SNBC (scénario dit avec mesures supplémentaires, "AMS") à une trajectoire tendancielle en l'absence de mesures supplémentaires (scénario dit avec mesures existantes, "AME") dans un cadre macroéconomique commun (en matière de croissance démographique et économique et de prix des énergies hors taxes). Le cadrage de ces scénarios est présenté dans la section III-A.2.

Le scénario AMS suppose des évolutions dans les équipements des ménages, dont ceux analysés ici (voitures électriques, achat d'une pompe à chaleur, isolation thermique du logement), dans leurs consommations (qu'elles soient liées aux changements d'équipements ou à des comportements de sobriété) et des évolutions dans les prix des énergies. D'une part, ces investissements induisent un surcoût à l'achat pour les ménages, d'autre part, ils conduisent à des évolutions de leur facture.

La première partie de l'analyse des impacts sociaux est focalisée sur une répartition possible entre les dixièmes de niveau de vie des investissements supplémentaires induits par le scénario AMS par rapport au scénario AME, sur l'hypothèse d'une ventilation des gestes des ménages basée sur leurs équipements actuels (cf. encadré méthodologique). La rentabilité et le caractère finançable des gestes supplémentaires sont également analysés, car ils permettent d'appréhender en partie la propension des ménages à réaliser les investissements supplémentaires supposés par le scénario AMS. Les trois gestes pris en compte dans cette première partie sont, côté véhicules, l'achat de voitures électriques, et côté logement, l'achat d'une pompe à chaleur et les isolations thermiques¹²³. Cette partie n'analyse donc pas de façon exhaustive l'ensemble des gestes à réaliser par les ménages mais retient des investissements parmi les plus importants pour les ménages dans le cadre de la SNBC¹²⁴.

La seconde partie de l'analyse suppose que tous les gestes cibles de la SNBC pour ces trois catégories sont réalisés et analyse leur impact, ainsi que celui des mesures supplémentaires sur les factures des ménages en fonction de leur dixième de niveau de vie, des énergies utilisées, de leur parc de véhicules et de leur localisation géographique.

Précaution méthodologique

Les deux parties sont basées sur des modélisations différentes, mais un ensemble d'hypothèses similaires¹²⁵. La première partie analyse la rentabilité estimée pour les ménages et le caractère finançable des investissements bas-carbone des ménages pour trois gestes : voitures électriques, isolation des logements et installation d'une pompe à chaleur. Elle est réalisée en tenant en compte des orientations de la SNBC 3 et des principales mesures sous-jacentes (par exemple l'interdiction de location des passoires thermiques). Le scénario de ventilation des

¹²³ La répartition de ces trois gestes entre les ménages est considérée en raison de la proportion de ces gestes dans les investissements totaux des ménages.

¹²⁴ Voir Rapport 2025 de la Stratégie pluriannuelle des financements de la transition écologique et de la politique énergétique nationale.

¹²⁵ Les modélisations sont basées sur les hypothèses fixées au moment de la réalisation de l'évaluation.

gestes par ménage est basé sur leurs équipements actuels¹²⁶. La seconde partie analyse les variations de factures énergétiques avec le modèle Prometheus. Elle tient compte des différences de prix et de consommations des énergies entre les scénarios AME et AMS. Les résultats des deux parties sont présentés en euros constants 2024.



¹²⁶ Pour plus de détail sur la méthodologie, voir la partie correspondante de la publication CGDD (2025) : Investissements bas-carbone des ménages : quelle part pourrait être réalisée sans soutien public ? Théma Essentiel. ([lien](#))

2. Analyse de l'impact différencié des niveaux d'investissements bas-carbone, pour l'achat de voitures électriques et la rénovation des logements

Résumé, principaux enseignements :

- Dans les secteurs de la rénovation des logements et de l'électrification des véhicules, le scénario « Avec mesures supplémentaires » conduirait, pour les trois gestes analysés, à des investissements bas-carbone supplémentaires des ménages de 74 Md€₂₀₂₄ en cumulé sur la période 2025 – 2030, par rapport au scénario tendanciel dit « Avec mesures existantes ». Ces besoins concernent un sous-ensemble et sont cohérents avec les estimations de l'édition 2025 de la Stratégie pluriannuelle des financements de la transition écologique et de la politique énergétique nationale (SPAFTE) aux différences de périmètre près, qui sont eux établis en surcroît des investissements annuels nécessaires d'ici à 2030 par rapport à l'année 2024 pour atteindre les cibles climatiques de la SNBC. Ici, **ce surcroît d'investissement est réparti à parts sensiblement égales entre les achats de voitures électriques et gestes en faveur du logement (achat d'une pompe à chaleur et isolations thermiques).**
- **Les ménages des trois premiers dixièmes de niveau de vie feraient face à des contraintes de capacité de financement quant à ces investissements bas-carbone, notamment pour l'achat de voitures électriques.** Sous l'hypothèse d'une connaissance parfaite de la situation de chaque ménage et selon le scénario de ventilation des gestes par ménage considéré, le déficit total de capacité de financement des investissements bas-carbone des ménages sur la période 2025 – 2030 pour les trois gestes étudiés est ici estimé à 4,8 Md€₂₀₂₄ par rapport à l'AME. Les mesures de soutien, publiques ou privées, visent à compenser ce déficit de capacité de financement.
- **Certains canaux invitent à considérer les déficits de rentabilité estimée et de capacité de financement analysés ici comme un minorant.** En effet, ces analyses reposent sur une hypothèse de ciblage fin des aides pour chaque catégorie de ménage considérée dans la modélisation. De plus, l'analyse n'intègre pas l'ensemble des gestes à réaliser et ne considère pas les contraintes non monétaires à même de freiner les investissements (par exemple, un accès insuffisant à une information de qualité, un maillage des bornes de recharge considéré insuffisant ou la disponibilité des ouvriers qualifiés pour réaliser les travaux considérés). Enfin, les calculs se basent sur un raisonnement en économie d'énergie conventionnelle pour les isolations) pouvant surestimer les économies d'énergie réelles des isolations, qui peuvent être moindres en cas d'effet rebond de la consommation d'énergie suite à une rénovation du logement d'un ménage, mais sont plus complexes à modéliser. **En parallèle, certains canaux invitent à considérer le déficit de rentabilité comme étant un majorant :** l'analyse n'inclut pas par exemple l'augmentation relative de la valeur des logements rénovés à la revente. **Sans préjuger d'un niveau de répartition optimal de l'effort entre opérateurs privés et administrations publiques, ces déficits de rentabilité et ces besoins de financement peuvent être comblés par une intervention publique (cf. infra)** notamment via la mobilisation des signaux-prix, l'accroissement de l'information disponible aux ménages, l'adoption de réglementations ou la proposition de mesures d'accompagnement (subventions, prêts et garanties publiques).

- **Quel que soit le niveau de vie considéré, une part des investissements bas-carbone additionnels à effectuer par les ménages en AMS par rapport à l'AME serait non-rentable.** Ce déficit de rentabilité concernerait particulièrement les petites isolations thermiques et dans une moindre mesure les installations de pompes à chaleur. Les mesures de tarification du carbone telles que le rééquilibrage des fiscalités du gaz et de l'électricité améliorent la rentabilité estimée des investissements bas-carbone.
- En parallèle, les mesures d'aide à l'investissement telles que MaPrimeRénov' ou les Certificats d'économie d'énergie (CEE) permettent de palier à la fois le déficit de rentabilité estimée et de capacité de financement.
- Si l'analyse de rentabilité estimée des investissements bas-carbone et de la capacité de financement des ménages à les réaliser éclaire la décision d'investir ou non, d'autres enjeux pèsent également dans la décision d'investissement. Ceux-ci peuvent par exemple être informationnels, liés à des coûts indirects pour les agents, à la structuration des filières, ou encore à une altération passagère du confort et des habitudes.
- Certains résultats de cette évaluation sont également rappelés dans le rapport 2025 de la Stratégie pluriannuelle des financements de la transition écologique (SPAFTE)¹²⁷, dont ils permettent d'éclairer les orientations.

► **Cadrage de l'évaluation**

Pour atteindre les cibles de baisses d'émissions, les scénarios « AMS » et « AME » de la SNBC 3 supposent que les ménages investissent dans des actifs bas-carbone, parmi lesquels des voitures électriques, des pompes à chaleur et l'isolation de leur logement, dans le cas où ils en sont propriétaires. En tenant compte de l'hétérogénéité des niveaux de vie des ménages, cette partie analyse les **montants d'investissements bas-carbone additionnels** du scénario avec mesures supplémentaires (AMS) par rapport au scénario avec mesures existantes (AME), en milliards d'euros 2024 – Md€₂₀₂₄. Dans un second temps, elle analyse **la rentabilité estimée pour les ménages de ces investissements bas-carbone et leur capacité à les financer**, deux éléments intégrés par les ménages dans leur décision de réalisation des investissements.

La modélisation¹²⁸ s'appuie sur le modèle Prometheus¹²⁹ constituée d'un ensemble de ménages représentatifs des ménages de France métropolitaine. Chaque ménage-type est distingué par ses équipements en véhicules (nombre de véhicules, motorisation), son mode de chauffage et le diagnostic de performance énergétique de sa résidence principale avec les consommations d'énergie associées. Ces données sont complétées avec les montants moyens d'épargne financière par dixième de niveau de vie. L'étude est réalisée sur la période 2025 – 2030 en considérant des prix de l'énergie identiques dans les scénarios AME et AMS.

¹²⁷ « Édition 2025 - Stratégie pluriannuelle des financements de la transition écologique et de la politique énergétique nationale (SPAFTE) » ([lien](#)).

¹²⁸ Pour plus de détail, voir également la publication CGDD (2025) : Investissements bas-carbone des ménages : quelle part pourrait être réalisée sans soutien public ? Théma Essentiel. ([lien](#))

¹²⁹ CGDD (2025), Le modèle Prometheus de microsimulation de la facture énergétique des ménages. Méthodologie et Résultats. ([lien](#))

► Méthodologie et définitions

Le nombre de gestes¹³⁰ à réaliser pour chaque ménage est obtenu en lui attribuant une part du nombre total de gestes à effectuer en France. Le nombre total de gestes à effectuer en France est issu des scénarios AME et AMS (nombres de voitures électriques neuves et de pompes à chaleur à acquérir, et nombres d'isolations thermiques à réaliser, sur la période 2025-2030). La part attribuée à chaque ménage est calculée sur la base de sa situation (équipements en voitures, vecteur énergétique et enveloppe thermique, type de logement – appartement ou maison – et type d'occupation – propriétaire ou locataire¹³¹) : à titre d'exemple, les gestes à réaliser sur les logements en location dans le parc privé sont répartis entre les dixièmes de revenus au prorata des propriétaires-bailleurs de chaque dixième, et le nombre de voitures électriques à acquérir par les ménages est réparti entre eux proportionnellement au nombre de voitures qu'ils possèdent indépendamment des autres caractéristiques du ménage. Le niveau de consommation énergétique des ménages liée au logement est basé sur les niveaux théoriques estimés par le modèle TiTAN¹³² (CGDD), de manière analogue à ceux du diagnostic de performance énergétique du logement (DPE), qui surestime à ce stade la consommation d'énergie¹³³. Les estimations des économies d'énergie liées aux actions d'isolation reposent sur une approche théorique. En ce qui concerne l'installation d'une pompe à chaleur, il est supposé que les ménages maintiennent les mêmes niveaux de chauffage avant et après l'intervention. De même, pour l'achat d'une voiture électrique neuve, on suppose que celle-ci remplace la voiture la plus utilisée du ménage en termes de kilométrage annuel, et qu'elle effectuera ce même nombre de kilomètres chaque année.

Tout au long de cette analyse, le caractère « rentable » des investissements bas-carbone et la capacité financière des ménages à les réaliser sont définis comme suit :

- Les gestes estimés comme rentables pour un ménage sont ceux dont la valeur actualisée nette (VAN) est estimée positive (voir la définition en Annexe)¹³⁴. La valeur actualisée nette des investissements est calculée en utilisant un taux d'actualisation de 8 %. Les gestes contrefactuels des calculs de rentabilité sont définis dans le **Tableau 3**.

¹³⁰ Un geste est défini ici comme l'achat d'une voiture électrique, d'une pompe à chaleur ou la réalisation d'une isolation thermique.

¹³¹ Ces données sont issues par la base de données initiale sur laquelle est construit le modèle.

¹³² Bourgueil J., De Guibert O., Le Hir B. (2025), « Le modèle technico-économique TiTAN : optimiser le système énergétique pour une transition bas-carbone efficace », CGDD, document de travail, juillet 2025

¹³³ Conseil d'analyse économique (2024), Performance énergétique du logement et consommation d'énergie – Analyses complémentaires au Focus n°103 ([lien](#)).

¹³⁴ La VAN correspond à la différence entre le coût d'achat, les coûts d'entretien et la facture énergétique, d'un actif carboné et d'un actif bas-carbone. Pour les voitures électriques, le geste contrefactuel considéré est l'achat d'une voiture neuve à essence. Pour l'investissement dans une pompe à chaleur, le geste contrefactuel considéré est l'achat d'une chaudière au gaz. Enfin pour l'investissement dans l'isolation thermique, la situation contrefactuelle considérée est celle où le ménage ne fait aucuns travaux d'isolation.

	Geste		
	Isolation thermique	Pompe à chaleur	Voiture électrique
Geste contrefactuel dans le calcul de rentabilité	Aucune isolation n'est réalisée	Installation d'une chaudière au gaz	Achat d'une voiture essence neuve
Durée d'analyse	30 ans	17 ans	15 ans

Tableau 3 : Gestes contrefactuels utilisés dans les calculs de rentabilité pour les trois gestes étudiés (Source : isolation thermique et voiture électrique : modèle TiTAN (CGDD). Pompes à chaleur : DGEC).

Remarque :

- La capacité de financement des ménages est approximée ici sur la base de l'épargne financière disponible des ménages et de leur capacité d'emprunt, avec l'hypothèse d'un taux d'intérêt de 4 % sur 7 ans. Cet indicateur est **défini dans le cadre de cette étude (voir annexe)**. Il vise à caractériser les contraintes de financement auxquelles peuvent être confrontés les ménages. Pour chaque ménage, on compare les coûts d'investissement liés aux différents gestes qu'il doit réaliser à sa capacité d'investissement. Lorsqu'un ménage ne peut pas financer entièrement ses investissements, on considère l'entièreté des investissements comme n'étant pas finançables. Un déficit de capacité de financement est calculé comme le montant manquant au ménage pour être en capacité de financer l'ensemble des investissements qui lui incombent. Ce déficit est ensuite réparti entre les différents gestes proportionnellement au coût d'investissement de chaque geste. La capacité d'investissement des propriétaires-bailleurs d'un dixième de niveau de vie donné est supposée être distribuée de manière identique à celle de l'ensemble des ménages de ce dixième. **L'analyse est réalisée avant bénéfice de toute subvention publique directe** jouant sur la rentabilité et la capacité de financement (par exemple les soutiens à la rénovation, le leasing social...), hors fiscalité de l'énergie actuellement en vigueur – qui peut contribuer à réduire les écarts de rentabilité ou le déficit de capacité de financement par rapport à un scénario sans intervention publique¹³⁵.

¹³⁵ Certaines mesures d'intervention publique sont toutefois incluses dans l'analyse (par exemple, la mise en œuvre de certificat de production de biométhane, jouant sur les prix du gaz à long terme et donc sur la valeur actuelle nette), ainsi que les obligations de rénovation dans le parc locatif.

Etude des incitations				
Estimés comme rentables	Estimés comme non rentables mais induits par une réglementation	Estimés comme non rentables, non induits par une réglementation		
Réalisés			Finançables	Etude du caractère financier
Limités			Non-finançables	

Figure 21 : Typologies d'investissements selon leur rentabilité et leur finançabilité

Note : Les gestes étudiés dans cette étude concernent les isolations thermiques, les pompes à chaleur et les voitures électriques

► Limites du calcul de rentabilité

- Il est important de souligner les limites du calcul de rentabilité dans le contexte des décisions d'investissement par les ménages. Ce calcul dépend notamment fortement du choix du contrefactuel associé à chaque geste. Pour l'achat d'un véhicule électrique neuf par exemple, le contrefactuel pourrait être défini comme le fait de différer l'achat à un moment ultérieur, ou bien comme l'achat d'un véhicule d'occasion. D'autres composantes pourraient être également ajoutées au calcul comme la prise en compte de la valeur verte des logements à leur revente (correspondant à la meilleure valorisation du logement sur le marché immobilier, une fois celui-ci rénové).
- Il est également crucial de noter que même un calcul positif de rentabilité ne garantit pas nécessairement la mise en œuvre d'une décision d'investissement. Des contraintes non financières, telles que le déficit d'information ou des freins pratiques, peuvent jouer un rôle déterminant dans les choix des ménages. Par conséquent, il est essentiel de prendre en compte ces facteurs pour obtenir une évaluation plus précise et réaliste des décisions d'investissement.
- Ce calcul est effectué à l'échelle individuelle pour chaque ménage. Les montants nécessaires pour annuler les déficits de rentabilité reposent donc sur un ciblage particulièrement fin et constituent à ce titre une borne basse du besoin d'intervention publique nécessaire à la réalisation de ces investissements. Cette dernière peut se traduire par la mobilisation des signaux-prix, l'accroissement de l'information disponible aux ménages, l'adoption de réglementations ou la proposition de mesures d'accompagnement (subventions, prêts et garanties publiques, leasing social).
- Enfin les estimations des gains de consommation d'énergie et donc de facture énergétique sont basées sur des comportements selon une approche théorique, qui peuvent différer des comportements réels, pouvant amener à surestimer les économies d'énergie induites par les gestes d'isolation.

► Limites du calcul de capacité de financement :

- Le calcul de la capacité de financement ne tient pas compte d'autres emprunts éventuellement contractés par les ménages, pouvant réduire davantage leur capacité de financement.
- A l'inverse, ce calcul ne tient pas compte du patrimoine des ménages, hors épargne financière disponible. Ce patrimoine pourrait augmenter la capacité de financement de certains ménages. De plus, le calcul prévoit également que chaque ménage préserve une épargne de précaution (correspondant à trois mois de revenu), non mobilisable – cette hypothèse diminue la capacité de financement des ménages.
- Certaines hypothèses, telle que la durée du crédit (impossibilité de contracter un crédit de plus de 7 ans) et le taux d'intérêt, sont fortement structurantes et influencent les résultats.
- Le calcul de la capacité de financement des ménages, qui attribue aux ménages de chaque dixième de niveau de vie l'épargne disponible moyenne des ménages de ce niveau de vie, peut masquer d'importantes hétérogénéités dans l'épargne effectivement disponible des ménages au sein d'un même dixième de niveau de vie. De plus, cette méthode de calcul implique de probables effets de seuil entre les ménages des différents dixièmes de vie, pouvant impacter le nombre de gestes finançables.
- Comme pour le calcul de rentabilité, le déficit de capacité de financement est calculé à l'échelle individuelle et les montants affichés constituent une borne basse du besoin d'intervention publique nécessaire à la compensation du déficit.

► Résultats de l'analyse

La SNBC 3 conduirait à des investissements bas-carbone supplémentaires des ménages de 74 Md€₂₀₂₄ entre le scénario de transition et le scénario tendanciel, en cumulé sur la période 2025 - 2030

Dans le scénario AMS, les gestes d'isolation thermique et de changement d'équipements (achat de voitures électriques et de pompes à chaleur) **correspondent à des investissements de 74 Md€₂₀₂₄** en cumulé sur la période 2025 – 2030, soit 12,3 Md€₂₀₂₄/an en plus des 15,9 Md€₂₀₂₄/an dans l'AME (soit une hausse de +77 % par rapport à l'AME - cf. **Tableau 4**). Ces besoins d'investissements bas-carbone sont établis sur un périmètre restreint des besoins d'investissements supplémentaires totaux¹³⁶.

Ces besoins d'investissements constituent une fraction des besoins d'investissements supplémentaires bas-carbone totaux et sont cohérents avec les chiffrages de la Stratégie pluriannuelle des financements de la transition écologique et de la politique énergétique nationale (SPAFTE).

¹³⁶ De légères différences peuvent exister entre les estimations, en raison de différences d'hypothèses et de méthodologie, notamment sur la prise en compte d'une définition restreinte des rénovations d'ampleurs.

	Isolation thermique	Pompes à chaleur	Voitures électriques	Total
Montant total des investissements à réaliser en AME (en milliards d'€₂₀₂₄/an)	5,5	2,1	8,3	15,9
Montant total des investissements supplémentaires à réaliser en AMS par rapport à l'AME (en milliards d'€₂₀₂₄/an)	2,1	3,4	6,8	12,3
Répartition des investissements supplémentaires entre les différents gestes	17 %	28 %	55 %	100 %
Hausse des investissements en pourcentage des investissements de l'AME par geste	38 %	162 %	82 %	77 %

Tableau 4 : Montant total des investissements bas-carbone à réaliser par les ménages en AME et AMS en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030 en milliards d'€₂₀₂₄ / an pour les trois gestes étudiés.

Le montant d'investissements bas-carbone supplémentaires augmente dans l'absolu avec le dixième de niveau de vie. Le surcroît d'investissements totaux à réaliser par les ménages dans le scénario avec mesures supplémentaires par rapport au scénario avec mesures existantes est plus important en absolu pour les ménages les plus aisés, en raison de leurs situations initiales (équipements en véhicules plus nombreux, plus grandes surfaces à rénover, consommation d'énergie plus élevée) (cf. **Figure 22**). Cependant, rapporté aux investissements réalisés dans l'AME, c'est parmi les dixièmes de vie les plus faibles que le surcroît d'investissement est le plus important. Dans l'ensemble, la hausse relative est comprise entre 76 % et 80 %.

Répartition des investissements du scénario AME et AMS par dixième de niveau de vie en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030 pour les trois gestes étudiés

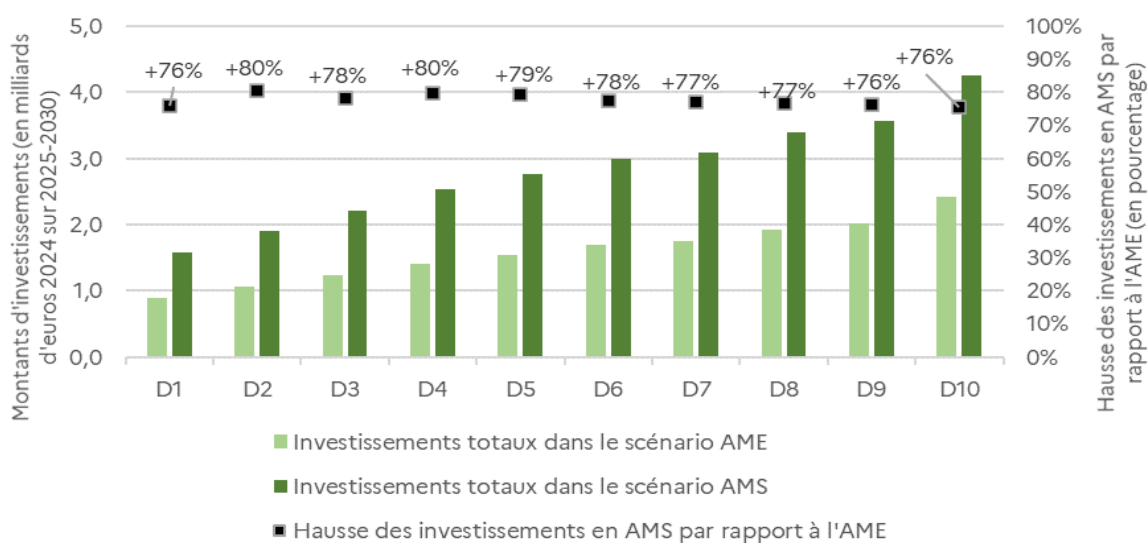


Figure 22 : Répartition des investissements du scénario AME et AMS par dixième de niveau de vie en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030 pour les trois gestes étudiés

Note de lecture : le scénario avec mesures supplémentaires prévoit 1,6 Md€₂₀₂₄/an sur la période 2025 – 2030 d'investissements pour les ménages du premier dixième de niveau de vie contre 0,9 Md€₂₀₂₄/an sur la période 2025 – 2030 dans le scénario avec mesures existantes. Ce surcroît représenterait une hausse de 76 % des investissements prévus en AME.

Par ailleurs, ce surcroît d'investissement serait réparti à parts sensiblement égales entre gestes en faveur des véhicules et gestes en faveur du logement : en cumulé sur la période 2025 – 2030, 55 % de ce surcroît correspond à des investissements dans les voitures électriques, 17 % à des investissements dans des isolations thermiques, et 28 % à des investissements dans des pompes à chaleur¹³⁷ (cf. **Tableau 4**).

Par rapport à l'AME, la moitié des investissements bas-carbone additionnels portés par les ménages seraient finançables et déjà estimés rentables, ou bien finançables et concernés par l'interdiction progressive de location des passoires thermiques.

Du fait de la réglementation, la mise en location des logements considérés comme des passoires énergétiques (diagnostic de performance énergétique F ou G) sera progressivement interdite. Il est ici considéré que les gestes d'isolation qui concernent ces logements sont induits par une réglementation. En revanche, les installations de pompes à chaleur pour ces logements, bien que pouvant permettre une amélioration de la note DPE, ne sont pas considérées comme des gestes induits par une réglementation, pour des raisons de modélisation.

L'analyse croisée de la VAN des investissements bas-carbone par dixième de niveau de vie et de la capacité des ménages à les financer montre que parmi les montants d'investissements bas-carbone supplémentaires entre l'AME et l'AMS, 45 % seraient finançables et estimés rentables, ou finançables et concernés par l'interdiction progressive de location des passoires thermiques¹³⁸ (cf. **Tableau 5).** Ces estimations sont réalisées hors aides publiques. Avec les mesures de politiques publiques existantes, **un nombre plus élevé de gestes deviennent en pratique rentables.** Les investissements additionnels dans la rénovation des logements (isolation thermique et pompes à chaleur) seraient principalement limités par leur manque de rentabilité, et ce quel que soit le dixième de niveau de vie : en ne tenant pas compte des aides publiques existantes, 20 % des investissements supplémentaires dans l'isolation thermique seraient finançables et rentables, ou finançables et concernés par l'interdiction de location des passoires thermiques. Cette part est également de 20 % pour les investissements supplémentaires en pompes à chaleur. Ces résultats sont détaillés dans les graphiques en annexe. En parallèle, seuls les investissements prévus pour les ménages des trois premiers

¹³⁷ En absolu, ces hausses représentent respectivement +41 Md€₂₀₂₄, +13 Md€₂₀₂₄ et +20 Md€₂₀₂₄.

¹³⁸ Ce que désignent les termes « rentables », « finançables », « contraints » est défini précisément dans la première partie « Méthodologie et définitions ».

dixièmes de niveaux de vie ne feraient pas l'objet d'une capacité de financement suffisante (cf. **Figure 23**).

Par rapport à l'AME, plus de la moitié des investissements bas-carbone additionnels, portés par les ménages, seraient estimés rentables. En outre, 12 % des investissements ne seraient pas finançables

Il ressort de l'analyse de rentabilité que 51 % des montants d'investissements bas-carbone supplémentaires entre l'AME et l'AMS portés par les ménages seraient rentables ou induits par une réglementation. Il existerait cependant des investissements non-rentables quel que soit le dixième de niveau de vie considéré (cf. **Figure 24). 49 % du montant total d'investissements supplémentaires à réaliser ne serait pas rentable et cette part est supérieure à 47 % pour tous les dixièmes de niveau de vie (cf. **Figure 24**). Au total, sur la période 2025 - 2030, 36 Md€₂₀₂₄ d'investissements supplémentaires ne seraient pas rentables. Cette part serait de 25 % pour les voitures électriques. Au total, le déficit de rentabilité des investissements étudiés s'élèverait à 11 Md€₂₀₂₄ sur l'ensemble de la période considérée, c'est-à-dire qu'un rééquilibrage parfaitement ciblé de 11 Md€₂₀₂₄ en faveur des investissements bas-carbone supplémentaires cibles ou au détriment des investissements carbonés permettrait de rendre rentables les 36 Md€₂₀₂₄ d'investissements additionnels estimés non rentables. Ces estimations sont réalisées hors aides publiques. Avec les mesures de politiques publiques existantes, un nombre plus élevé de gestes deviennent en pratique rentables.**

Parmi les montants d'investissements bas-carbone supplémentaires entre l'AME et l'AMS, portés par les ménages, 12 % des montants seraient concernés par un déficit de capacité de financement des ménages concernés. Parmi l'ensemble des investissements bas-carbone additionnels, la part non finançable serait plus faible que la part non rentable pour l'ensemble des gestes, avec respectivement 11 %, 4 % et 16 % pour les isolations thermiques, les pompes à chaleur et les voitures électriques. Pour les ménages de chacun des trois premiers dixièmes de niveau de vie, respectivement 73 %, 54 % et 31 % des gestes supplémentaires ne seraient pas finançables, tandis que pour les ménages des sept derniers dixièmes, plus de 94 % des gestes seraient finançables (cf. **Figure 23**). Au total, 9,0 Md€₂₀₂₄ d'investissements supplémentaires à réaliser sur la période 2025 - 2030 seraient non finançables, soit 12 % des investissements supplémentaires nécessaires. Ces investissements non finançables correspondraient à un déficit de capacité de financement total de 4,8 Md€₂₀₂₄.

Enfin, les investissements additionnels dans les véhicules électriques seraient estimés davantage rentables et finançables que ceux dans les logements qui pâtissent d'un manque de rentabilité. Parmi les trois gestes étudiés, les investissements dans les voitures électriques sont ceux qui seraient les plus rentables et finançables pour les ménages (à hauteur de 65 % des montants concernés), la majorité des montants restants étant concernés par un déficit de capacité de financement. De fait, en l'absence d'intervention publique, plus de 70 % des ménages des deux premiers dixièmes de niveau de vie n'auraient pas la capacité de financement suffisante pour acheter une voiture électrique neuve, et cette part reste élevée (41 %) pour les ménages du troisième dixième. Toutefois, la part des achats de véhicules neufs

dans les immatriculations est relativement faible – en 2025, selon le SDES¹³⁹, 77 % des achats de voitures particulières étaient des véhicules d'occasion. L'acquisition de voitures d'occasion étant particulièrement fréquente pour les ménages des premiers dixièmes de niveau de vie, la décarbonation du parc automobile est encouragée par des mesures d'accompagnement ciblées sur ces ménages, comme le *leasing social*.

Ces résultats moyennés masquent une importante variabilité selon les revenus ou la zone de résidence. **En effet, le montant du surcroît d'investissements bas-carbone à la fois rentable ou contraint par une réglementation et finançable croît avec le niveau de vie et la part de ces investissements dans l'ensemble des investissements étudiés est plus faible pour les trois premiers dixièmes de niveau de vie** – elle s'élèverait respectivement à 10 %, 19 % et 32 % pour les dixièmes 1 à 3 – et dépasserait 48 % pour les dixièmes supérieurs (cf. **Figure 24**).

Certains canaux invitent à considérer les déficits de rentabilité estimés et de capacité de financement analysés ici comme un minorant de besoin d'intervention publique. En effet, ces analyses reposent sur une hypothèse de ciblage fin de l'intervention publique pour chaque catégorie de ménage considérée dans la modélisation. De plus, l'analyse n'intègre pas l'ensemble des gestes à réaliser et ne considère pas les contraintes non monétaires à même de freiner les investissements. Enfin, les calculs se basent sur un raisonnement en économies d'énergies conventionnelles pour les isolations, pouvant amener à surestimer les économies d'énergie des isolations.

Des simulations complémentaires ont été effectuées en calculant la rentabilité à partir d'estimations des gains réels de consommation d'énergie : dans ce cas, pour l'isolation thermique, l'intégralité des 2,1 Md€₂₀₂₄/an supplémentaires que les ménages doivent investir dans le scénario AMS par rapport au scénario AME apparaît non-rentable. Ce résultat demeure toutefois fortement sensible aux hypothèses retenues concernant le taux d'actualisation (8 %) et de la durée d'amortissement de l'investissement (30 ans). Afin d'évaluer cette sensibilité, des simulations supplémentaires ont été réalisées en économies d'énergie réelles et en faisant varier ces deux paramètres. Ainsi, en considérant par exemple un taux d'actualisation de 4 % et une durée d'amortissement de 40 ans, 0,2 Md€₂₀₂₄/an des 2,1 Md€₂₀₂₄/an supplémentaires à investir en isolation thermique en AMS par rapport à l'AME deviendraient rentables en économies d'énergies réelles. Ces résultats soulignent la forte dépendance des conclusions aux choix méthodologiques retenus. Par ailleurs, si les économies d'énergie réelles peuvent être moindres que les économies d'énergie conventionnelles, elles reflètent les co-bénéfices des gestes de rénovation sur le confort de vie et des sorties de précarité énergétique des ménages.

En parallèle, certains canaux invitent à considérer le déficit de rentabilité comme étant un majorant de besoin d'intervention publique. A titre d'exemple, l'analyse n'inclut pas l'augmentation relative de la valeur des logements rénovés à la revente.

¹³⁹ SDES (2026), [Immatriculations de voitures en 2025 : le marché du neuf baisse, celui de l'occasion résiste | Données et études statistiques](#)

		Isolation thermique	Pompes à chaleur	Voitures électriques	Total	
Montants annuels moyens sur 2025-2030 en Md€ ₂₀₂₄ /an						
Investissements	Investissements totaux		2,1	3,4	6,8	12,3
	Rentables ou contraints	Finançables	0,4 (dont 0,1 contraints)	0,7	4,4	5,5
		Non finançables	0,0	0,0	0,7	0,8
	Non rentables et non contraints	Finançables	1,4	2,6	1,3	5,4
		Non finançables	0,2	0,1	0,4	0,7
	Déficits	Déficit de rentabilité		1,0	0,7	0,1
En % des investissements non rentables		63%	28%	7%	32%	
Déficit de capacité de financement		0,1	0,1	0,6	0,8	
En % des investissements non finançables		43%	59%	58%	56%	

Tableau 5 : Enveloppe d'investissements par geste répartis en fonction de leur rentabilité et de leur caractère finançable en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030 pour les trois gestes étudiés. Les calculs de rentabilité ne tiennent pas compte des mesures existantes (notamment les aides publiques) à l'exception des obligations de rénovation et de la fiscalité énergétique existante. Avec les mesures de politiques publiques existantes, un nombre plus élevé de gestes deviennent en pratique rentables.

Note de lecture : dans le scénario avec mesures supplémentaires, 12,3 Md€₂₀₂₄/an sur la période 2025 – 2030 seraient investis par les ménages dans l'isolation thermique de leurs logements, l'installation de pompes à chaleur et l'achat de véhicules électriques neufs par rapport au scénario avec mesures existantes. Sur ces 12,3 Md€₂₀₂₄/an, 6,3 Md€₂₀₂₄/an correspondent à des investissements rentables par rapport aux investissements contrefactuels considérés ou bien concernés par l'interdiction de mise en location de passoires thermiques, et le déficit de rentabilité des investissements considérés s'élève à 1,9 Md€₂₀₂₄/an. Enfin, sur la période 2025 – 2030, sur les 12,3 Md€₂₀₂₄/an considérés, 10,9 Md€₂₀₂₄/an correspondent à des investissements finançables, et le déficit de capacité de financement est de 0,8 Md€₂₀₂₄/an.

Répartition des investissements supplémentaires selon leur caractère financier par dixième de niveau de vie en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030 - Montants en Md€₂₀₂₄ pour les trois gestes étudiés

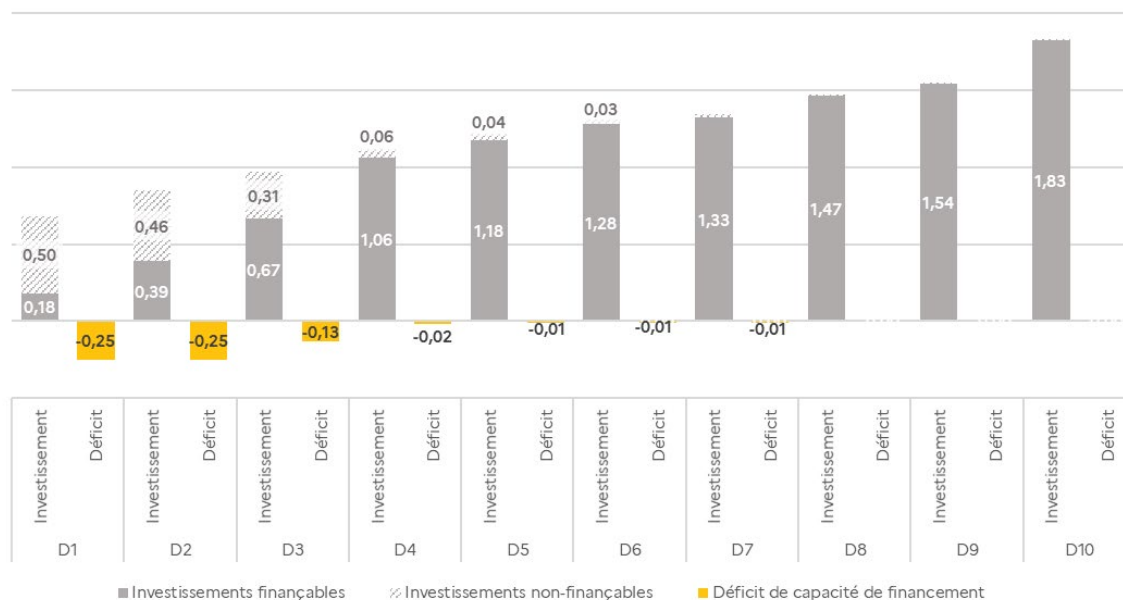


Figure 23 : Répartition des investissements supplémentaires selon leur caractère financier par dixième de niveau de vie en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030 - Montants en Md€₂₀₂₄ pour les trois gestes étudiés (Source : calculs CGDD, 2025).

Note de lecture : en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030, les ménages du troisième dixième de niveau de vie sont supposés investir 0,98 Md€₂₀₂₄ supplémentaires par an dans le scénario AMS par rapport au scénario AME. Sur ce 0,98 Md€₂₀₂₄, 0,67 sont financiables, 0,31 ne le sont pas et 0,13 Md€₂₀₂₄ suffiraient à rendre financiables les 0,31 qui ne le sont pas.

Répartition des investissements supplémentaires selon leur caractère rentable ou concerné par l'interdiction de mise à la location des passoires thermiques par dixième de niveau de vie en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030 - Montants en Md€₂₀₂₄ pour les trois gestes étudiés

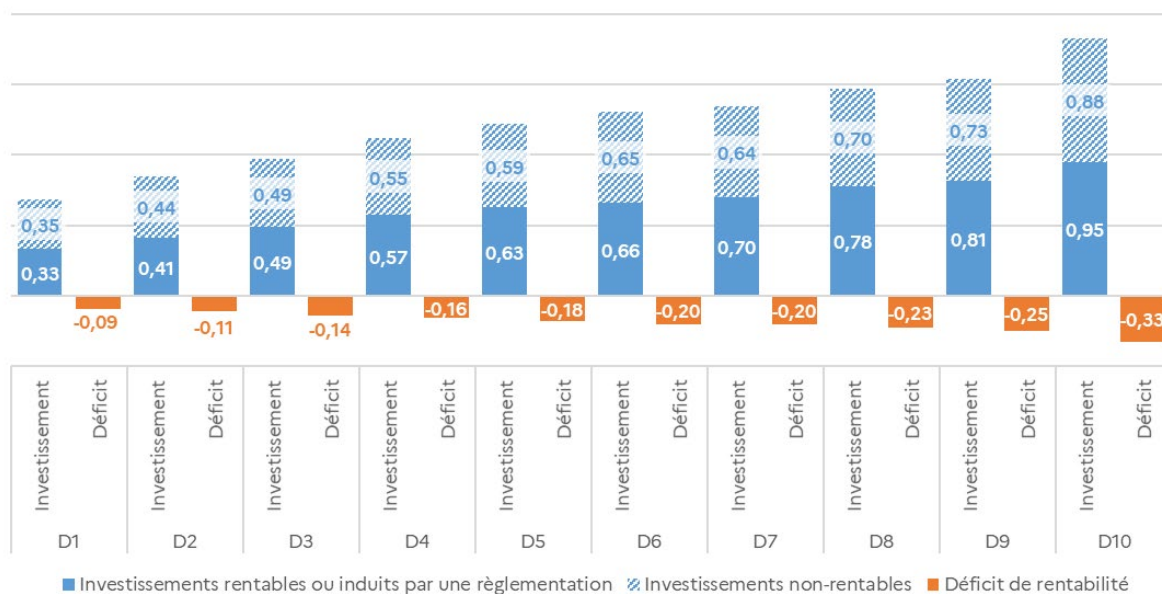


Figure 24 : Répartition des investissements supplémentaires selon leur caractère rentable ou concerné par l'interdiction de mise à la location des passoires thermiques par dixième de niveau de vie en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030 - Montants en Md€₂₀₂₄ pour les trois gestes étudiés (Source : calculs CGDD, 2025). Ces estimations sont réalisées hors aides publiques. **Avec les mesures de politiques publiques existantes, un nombre plus élevé de gestes deviennent en pratique rentables.**

Note de lecture : en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030, les ménages du troisième dixième de niveau de vie sont supposés investir 0,98 Md€₂₀₂₄ supplémentaires par an dans le scénario AMS par rapport au scénario AME. Sur ce milliard d'euros, 0,49 sont des investissements rentables ou contraints par l'interdiction de mise en location de passoires thermiques, 0,49 sont des investissements non rentables et le déficit de rentabilité atteint 0,14 Md€₂₀₂₄.

Les politiques publiques de soutien à la décarbonation visent à combler ces déficits de rentabilité et de capacité de financement, de manière différenciée selon le niveau de revenu

Les analyses présentées dans cette partie sont réalisées avant prise en compte des dispositifs de soutien public (hors fiscalité de l'énergie) déployées par l'État de manière additionnelle par rapport à l'AME¹⁴⁰, afin de compenser les déficits de rentabilité et de capacité de financement.

Les pouvoirs publics visent à accompagner les acteurs qui en ont le plus besoin afin d'assurer la faisabilité de la transition pour tous. Ces mesures tiennent par exemple compte des revenus et pourront tenir compte de l'accessibilité aux solutions de mobilité, le type de logement et le mode de chauffage (cf. Partie Compléments I.G – Orientation Economie 8). L'ensemble doit

¹⁴⁰ L'analyse intègre toutefois des hypothèses relatives à l'évolution des prix de l'énergie, notamment une compensation partielle sur les carburants.

être analysé dans un contexte de contraintes fortes sur les finances publiques, pouvant jouer sur l'équilibre entre le mix de politiques publiques climatiques mobilisées (par exemple : réglementation, tarification, prêts et garanties, subvention).

Dans le cas d'un déficit de rentabilité, l'intervention publique a pour but d'inciter à la réalisation des investissements bas carbone en améliorant leur rentabilité relative à l'aide, notamment, de la fiscalité, ou de les déclencher à l'aide de réglementations. En particulier, une meilleure tarification de l'externalité climatique contribuerait à limiter la rentabilité des activités brunes et à soutenir la rentabilité privée relative des activités bas-carbone. Dans le cas hypothétique où ce renchérissement s'appuierait en partie sur de la tarification, l'utilisation des recettes pour des mesures de soutien public favorables à la décarbonation permettrait de limiter le surcoût total pour l'acteur en comparaison d'une situation sans tarification. Le déficit de rentabilité de l'investissement peut être en tout ou partie comblé par une hausse de la valeur verte du logement, non intégré dans les estimations de ce rapport. Enfin, la mise en œuvre de réglementations peut conduire à l'investissements dans des actifs non rentables.

Dans le cas d'un déficit de financement, l'intervention publique peut proposer des instruments de financement **aux acteurs les plus contraints**. Tout d'abord, des instruments de financement privés existent pour les investissements bas-carbone : la mise en place de solutions bancaires de financement permet, par exemple dans le secteur de la rénovation de déclencher la décision d'investissement en présence d'une contrainte de financement. Certaines banques proposent ainsi des crédits dédiés à la rénovation énergétique des logements. En parallèle, le levier réglementaire peut également être mobilisé pour déclencher les investissements non rentables des acteurs pour la transition écologique (cf. Partie Compléments I.G - Orientation Economie 2). Par exemple, les obligations de verdissement des flottes permettent de développer à moyen terme l'offre de véhicules électriques pour le parc automobile secondaire et donc d'offrir d'autres alternatives pour les ménages les plus contraints, qui achètent plus souvent des véhicules d'occasion. Enfin, les soutiens publics permettent de soutenir les ménages les plus modestes en présence de contraintes de capacité de financement. A titre d'exemple, dans le résidentiel, les prêts garantis ou à taux bonifié comme l'éco-prêt à taux zéro (éco-PTZ), ou encore les subventions versées dans le cadre de MaPrimeRénov', permettent de pallier le déficit de capacité de financement, notamment en ciblant les ménages modestes. Un propriétaire-occupant qui dispose d'une faible capacité d'emprunt pourra ainsi choisir d'investir dans la rénovation avec l'**accompagnement** adéquat. D'autres soutiens directs existent, comme les Certificats d'économie d'énergie (CEE) et des aides proposées par certaines collectivités locales¹⁴¹, ciblés en priorité sur les ménages les plus modestes. Pour les véhicules électriques, le bonus écologique pour les ménages permet de réduire le défaut de capacité de financement que peuvent rencontrer les acquéreurs de voitures électriques neuves. Les aides sont différenciées pour le bonus en fonction du revenu et le dispositif de leasing social, reconduit en 2025, vise plus spécifiquement les ménages modestes. Les dispositifs de soutien public visent ainsi à permettre aux ménages modestes d'acquérir un véhicule électrique lorsqu'ils n'ont pas la capacité de financement suffisante, alors même que cette acquisition peut être rentable pour eux en considérant le coût total de possession.

¹⁴¹ France Rénov' (2025), [Le guide des aides financières 2025](#) et le [portail des aides locales aux travaux](#) de l'Anil.

L'ensemble de ces instruments peut toutefois également améliorer la rentabilité estimée par les ménages, rappelant l'importance d'une analyse croisée des contraintes de financement et des enjeux de rentabilité.

Enfin, dans le cadre de cette analyse, les freins non financiers, qui peuvent être cruciaux pour le déclenchement de l'investissement et justifier à ce titre une intervention publique, ne sont pas étudiés. En particulier, des dispositifs informationnels peuvent être mobilisés pour inciter à la réalisation des investissements. À titre d'exemple, dans la rénovation des logements, MonAccompagnateurRénov' vise à permettre de mieux comprendre les aides existantes et d'identifier les aides éventuelles qui peuvent être octroyées.



3. Analyse de l'impact de la décarbonation sur la facture énergétique

Résumé, principaux enseignements :

Les hypothèses du scénario de référence de la SNBC 3 sur les acquisitions de voitures électriques et de pompes à chaleur, sur les rénovations énergétiques ainsi que sur l'évolution des prix des énergies permettent d'estimer, à l'aide du modèle Prometheus, une évolution des montants des factures énergétiques des ménages.

Les résultats de cette analyse montrent que, sous ces hypothèses, dans le scénario AMS et par rapport au scénario AME, la facture énergétique globale des ménages baisserait en moyenne à horizon 2030 (avec une baisse sur la facture transport et une hausse plus limitée sur la facture logement), puis baisserait plus fortement à l'horizon 2050, grâce aux économies d'énergie permises par la transition.

Sous les hypothèses retenues, le taux de précarité énergétique baisserait légèrement en 2030. Pour les ménages les plus modestes, la facture logement baisserait.

La décarbonation, et l'accompagnement des ménages les plus vulnérables pour la réaliser, permet en parallèle de réduire leur exposition aux prix des énergies fossiles.

Par rapport à l'année 2023 (année marquée par des prix de l'énergie particulièrement élevés), les scénarios AME et AMS conduiraient tous deux à une baisse de la facture énergétique moyenne des ménages, cette baisse étant plus marquée dans le scénario AMS.

Un test de sensibilité simulant un choc de hausse des prix de l'énergie en 2030, de magnitude comparable à celui observé en 2022, montre qu'il conduirait à un accroissement du différentiel de facture énergétique entre l'AMS et l'AME, traduisant une résilience accrue de la France face à l'exposition aux prix de l'énergie dans le scénario AMS.

L'impact sur la facture des ménages est toutefois très variable selon le profil du ménage et selon qu'il réalise des investissements dans des équipements bas carbone ou non.

► Méthodologie

Les résultats présentés sont estimés à l'aide du modèle de microsimulation Prometheus (version juin 2025), développé par le service de l'économie, verte et solidaire (SEVS) du Commissariat général au développement durable (CGDD). Il mobilise des données de l'Insee (enquête nationale Logement appariée avec les fichiers fiscaux, Recensements de la population, Comptes nationaux, enquêtes Revenus fiscaux et sociaux), du Ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité et des Négociations internationales sur le Climat et la Nature (enquête nationale Transports et Déplacements, comptes du Logement, comptes des Transports, bilans énergétiques de la France, bases de données sur les prix des énergies de la DGEC et du SDES) et du Centre d'études et de recherche économique sur l'énergie sur les consommations énergétiques (Ceren).

L'ensemble de ces données permet d'estimer chaque année les consommations individuelles des ménages en énergies domestiques et en carburants automobiles, ainsi que les factures correspondantes, sur un échantillon représentatif de 27 000 ménages résidant en France

métropolitaine. Les hypothèses issues des scénarios SNBC permettent de modifier les projections pour intégrer les paramètres de décarbonation (électrification, efficacité énergétique, sobriété) pour permettre d'évaluer les factures en AME et AMS pour l'année 2030.

Les dépenses énergétiques du logement prises en compte dans Prometheus sont celles des résidences principales, les dépenses de carburants prises en compte sont celles des véhicules des ménages et des entrepreneurs individuels. Les dépenses liées aux modes alternatifs à la voiture ne sont pas prises en compte. Les factures estimées dans cet exercice le sont en euros constants 2024, toutes taxes comprises (TTC).

► Cadrage de l'évaluation

L'évaluation de l'impact de la transition écologique planifiée par la SNBC est faite en comparaison d'une évolution « en tenant compte des mesures existantes ». Le scénario AMS sous-tendant la SNBC est ainsi comparé à un scénario avec mesures existantes (AME) contrefactuel. Le scénario AME retenu dans l'analyse des factures des ménages est basé sur le scénario contrefactuel retenu dans l'analyse macroéconomique, actualisé pour certaines chroniques afin de tenir compte de certaines évolutions plus récentes¹⁴².

En AME comme en AMS, les projections de prix des énergies fossiles s'appuient sur le cadrage de prix fourni par la Commission européenne (voir partie III.A.2). En AMS, le taux d'incorporation des bioénergies (biocarburants, biocarburants avancés, biométhane, e-méthane) est plus élevé qu'en AME, ce qui entraîne un surcoût, les biocarburants, biométhane et e-méthane étant plus onéreux que les énergies fossiles. En AMS, le volume de gaz circulant dans les réseaux étant plus faible qu'en AME en lien avec la plus faible consommation d'énergie, le coût unitaire par MWh d'utilisation du réseau de gaz est plus élevé, ce qui engendre un surcoût, pris en compte dans l'analyse.

Dans les estimations qui suivent, un transfert monétaire vers les ménages les plus modestes a été simulé¹⁴³.

Le différentiel d'évolution de la facture des ménages aux différentes échelles temporelles dépend ainsi du différentiel de prix des énergies d'une part, de la baisse des consommations énergétiques permises par la transition énergétique d'autre part ainsi qu'à l'évolution de la répartition des consommations entre vecteurs énergétiques.

¹⁴² Pour les transports le scénario AME retenu est pour les évolutions de trafic le scénario AME 2024, et pour l'évolution du parc de voitures le scénario AME 2023 avec un ajustement pour intégrer les dernières évolutions constatées de ralentissement des ventes de voitures particulières et de réduction forte du diesel dans les ventes de voitures particulières en 2023-2024. Les scénarios AME 2023 et AME 2024 sont disponibles ici : <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenarios-avec-mesures-existantes>

¹⁴³ Dans le cadre des travaux d'analyse, un transfert monétaire de 100€ pour les quatre premiers déciles a été simulé.

► Résultats de l'analyse

À horizon 2030, les variations des consommations et des prix des énergies pourraient conduire à une baisse de la facture énergétique moyenne globale

La facture énergétique¹⁴⁴ moyenne des ménages en France métropolitaine en 2030 serait inférieure dans le scénario avec mesures supplémentaires par rapport au scénario avec mesures existantes (-22 €/an), soit -0,7 % de la facture moyenne. Cette baisse résulterait d'une diminution de la facture énergétique moyenne liée aux déplacements en voitures (- 70 €/an), partiellement compensée par une plus faible hausse de la facture énergétique liée au chauffage des logements (+ 48 €) (cf. **Tableau 6**)

Dans le secteur des transports, le prix des carburants augmenterait plus en AMS qu'en AME, en lien avec l'accroissement du taux d'incorporation des biocarburants. Cet effet haussier serait toutefois plus que compensé par la baisse de consommations liée à l'électrification des véhicules (trois fois plus efficace énergétiquement que les moteurs thermiques) et la diminution des kilomètres parcourus en voiture (covoiturage, report modal).

Dans le secteur du logement, les prix du gaz et du fioul augmenteraient dans l'AMS par rapport à l'AME notamment en lien avec l'augmentation du taux d'incorporation du biométhane et la hausse du coût des réseaux de gaz. En moyenne pour l'ensemble des ménages, la facture énergétique logement augmenterait par rapport à l'AME, l'évolution des consommations énergétiques (baisse des consommations de gaz et de fioul, légère croissance des consommations d'électricité, le passage aux pompes à chaleur – trois fois plus efficace énergétiquement que les chaudières thermiques) étant insuffisante pour compenser cet effet prix. L'effet global des mesures de transition de l'AME et de l'AMS resterait baissier.

Au global, l'effet de l'AMS par rapport à l'AME sur la facture énergétique des ménages serait baissier pour l'ensemble des ménages, la baisse de facture pour le transport en voiture liée à l'AMS étant supérieure à la hausse de la facture pour le logement (cf. Tableau 6).

	Logement	Transport	Total
Ecart AME 2030 - 2023	-317 €	-456 €	-773 €
Ecart AMS 2030 - 2023	-268 €	-527 €	-795 €
Ecart AMS 2030 - AME 2030	48 €	-70 €	-22 €

Tableau 6 : Factures énergétiques moyennes des ménages entre les différents scénarios (AME, AMS) en 2030, et en 2023 (Source : modèle Prometheus, CGDD, 2025) - En euros constants 2024.

Par ailleurs, par rapport à 2023¹⁴⁵, quel que soit le scénario considéré, la facture moyenne baisse fortement, pour le logement comme pour le transport. Au total, la facture énergétique moyenne baisse de 795 € en AMS (-19,5 % de la facture énergétique moyenne) et de 773 € en

¹⁴⁴ C'est-à-dire les dépenses énergétiques directes des ménages en logement (chauffage, eau, cuisson, électroménager) et en transport (carburant des voitures thermiques), en excluant les investissements associés.

¹⁴⁵ L'année 2023 est retenue comme année de référence, s'agissant de la dernière année que le modèle Prometheus permet actuellement de simuler.

AME (-18,9 % de la facture énergétique moyenne) par rapport à 2023, l'ampleur des baisses observées tenant en partie au fait que l'année de référence 2023 correspond à un niveau particulièrement haut des prix de l'énergie.

La légère baisse de la facture énergétique moyenne en 2030 entre l'AMS et l'AME est le résultat d'une baisse des consommations (en raison d'une meilleure efficacité énergétique liée à l'électrification et des gestes de sobriété) et d'une hausse des prix, la baisse des consommations l'emportant sur la hausse de prix (cf. **Figure 25**). Les résultats sont hétérogènes par type d'énergie, car liés aux évolutions des quantités consommées de ces énergies et de leur prix. L'impact sur la facture énergétique pour chaque ménage est ainsi très variable selon les énergies consommées et selon que ce ménage réalise investisse dans des actifs bas-carbones ou non.

Répartition de la variation de facture entre le scénario AMS et le scénario AME en 2030 entre les variations de prix et les variations de volume d'énergie consommée pour chaque énergie



Figure 25 : Répartition de la variation de facture entre le scénario AMS et le scénario AME en 2030 entre les variations de prix et les variations de volume d'énergie consommée pour chaque énergie. (Source : modèle Prometheus, CGDD, 2025) - En euros constants 2024.

Note de lecture : la baisse de facture énergétique en AMS par rapport au scénario AME est de 22 € en moyenne en 2030. Cette baisse de 22 € est le résultat de baisses de consommations (effet volume) pour un montant de facture équivalent à 92 € et d'une hausse des prix (effet prix) pour un montant de facture équivalent à 57 €, et d'un effet croisé de 13 € correspondant à la composante résiduelle liée au fait que les prix et les consommations varient simultanément. Les barres jaunes sont relatives au secteur du logement, les barres orange relatives au secteur du transport.

Le taux de précarité énergétique (calculé, d'après la définition de l'Observatoire national de la précarité énergétique, sur le seul périmètre du logement, et défini au sens monétaire comme la proportion des ménages appartenant aux trois premiers dixièmes de niveau de vie dont la

facture énergétique du logement représente plus de 8 % du revenu) serait plus faible de 0,2 point dans le scénario AMS que dans le scénario AME en 2030.

Par ailleurs, le taux de précarité énergétique au sens monétaire repose sur les factures énergétiques des ménages : il ne permet pas de suivre les ménages en situation de privation (c'est-à-dire ceux restreignant fortement l'usage du chauffage dans leur logement, et pour qui leurs factures énergétiques sont inférieures à 8 % du revenu). Un certain nombre de mesures du scénario AMS visent à sortir des passoires énergétiques, limitant les besoins énergétiques des logements et permettant à une partie des ménages de sortir d'une situation de privation.

À horizon 2050, les variations des consommations et des prix des énergies tireraient davantage la facture énergétique à la baisse

À long terme, la facture énergétique moyenne baisserait à la fois dans les logements et dans les transports. À horizon 2050, la facture moyenne dans les transports continue à diminuer : le différentiel d'électrification (57 % en AME contre 100 % en AMS) et de demande (-20 % liés à la sobriété, au report modal et au covoiturage) permettent une réduction de facture moyenne dans les transports de 51 %. Si la facture logement augmente à court terme en lien avec une hausse moyenne des prix de l'énergie, elle baisse plus fortement à partir de 2035, en lien avec les gains d'efficacité énergétique.

Les estimations sont ici réalisées à partir des variations moyennes des prix et de consommations énergétiques et non à partir de Prometheus.

Évolution des factures énergétiques annuelles moyennes des ménages : transport (5a), logement (5b) et totales (5c) et entre le scénario AME et le scénario AMS entre 2030 et 2050

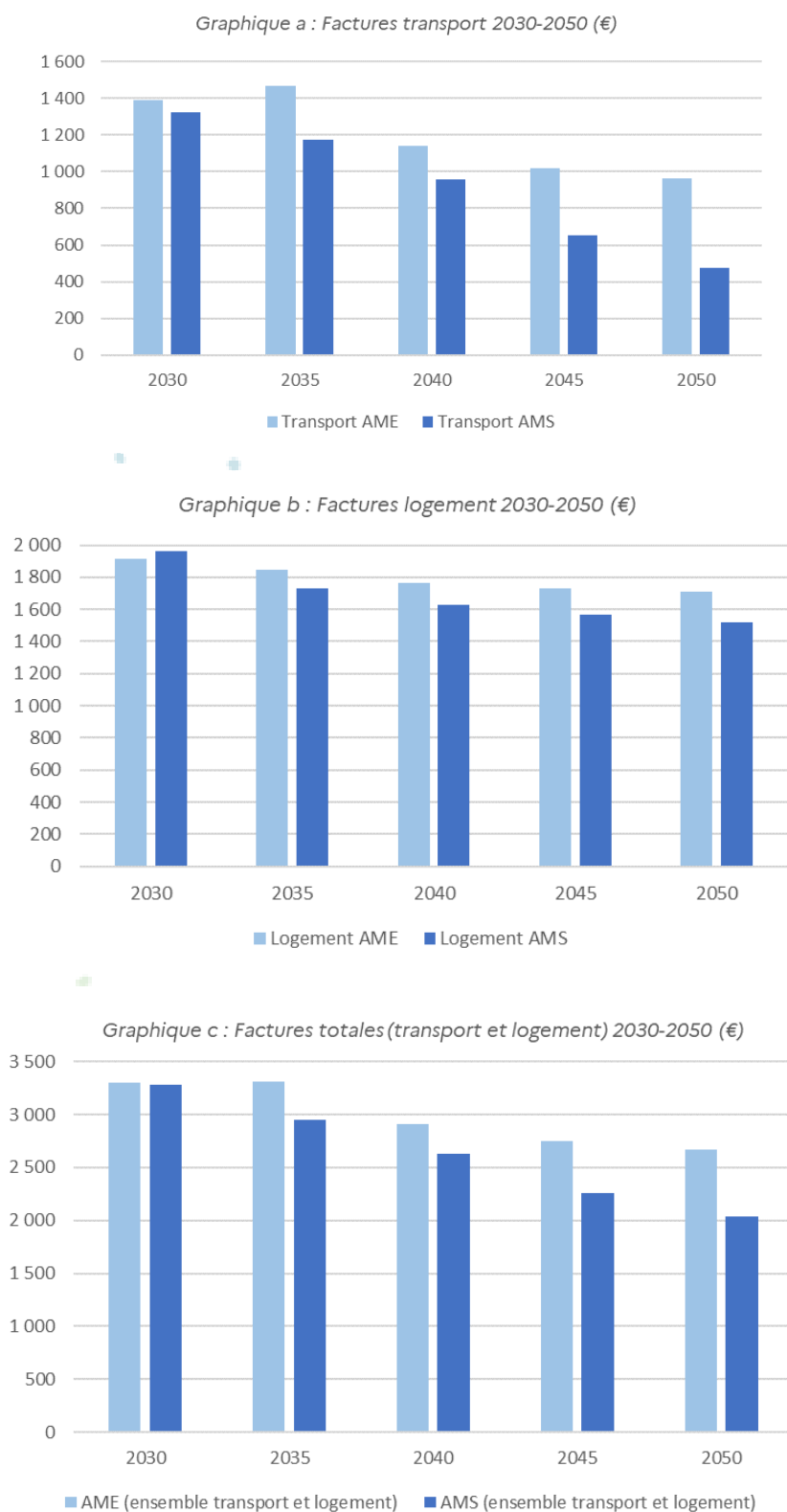


Figure 26 : Évolution des factures énergétiques annuelles moyennes des ménages : transport (5a), logement (5b) et totales (5c) et entre le scénario AME et le scénario AMS entre 2030 et 2050 - En euros constants 2024.

La baisse de facture énergétique liée à la décarbonation est plus importante pour les ménages les plus modestes

La facture énergétique globale serait plus faible en AMS qu'en AME en 2030 pour presque tous les quarts de niveau de vie (cf. **Figure 27**). En décomposant le différentiel de facture entre l'AMS et l'AME selon le logement et le transport, on constate que la facture énergétique transport est en baisse pour tous les quarts de niveau de vie, tandis que la facture énergétique du logement ne baisse que pour le Q1 (25 % des ménages les plus modestes).

En niveau (cf. **Figure 27**), les ménages du Q1 (les 25 % des ménages modestes) auraient l'écart de facture entre AMS et AME le plus avantageux¹⁴⁶. Viennent ensuite les ménages du Q2, qui bénéficient en partie de l'aide. Puis viennent les ménages du Q4, les plus gros consommateurs d'énergie, et pour qui la réduction des consommations d'énergie est la plus bénéfique. En part du revenu (cf. **Figure 28**), ce sont les ménages les plus modestes qui bénéficient des gains les plus importants, à la fois parce que ce sont ceux dont les baisses en niveau sont les plus fortes, et parce que leurs revenus sont les plus faibles.

Décomposition de la variation de facture énergétique répartie entre logement et transport par quart de niveau de vie dans le scénario AMS par rapport au scénario AME en 2030

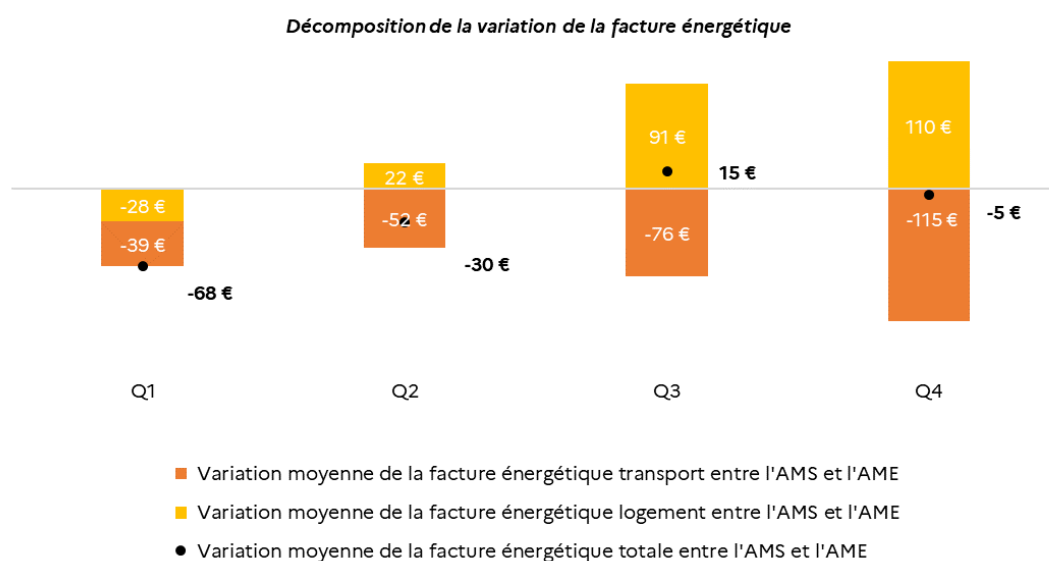


Figure 27 : Décomposition de la variation de facture énergétique répartie entre logement et transport par quart de niveau de vie dans le scénario AMS par rapport au scénario AME en 2030. Les quarts de niveau de vie séparent la population en quatre groupes d'effectif égal en fonction de leur niveau de vie. (Source : modèle Prometheus, CGDD, 2025) - En euros constants 2024.

Note de lecture : En moyenne, les ménages du premier quart de niveau de vie (les 25 % des ménages les plus modestes) font l'objet d'une baisse de facture énergétique totale de 68 € dans le scénario en AMS par rapport au scénario en AME en 2030. Cette baisse se décompose entre une baisse de 28 € en énergie de logement et une baisse de 39 € en dépenses de carburant.

¹⁴⁶ Etant donné qu'ils représentent le cœur des mesures d'accompagnement mobilisées dans l'étude.

Décomposition du taux d'effort énergétique réparti entre logement et transport par quart de niveau de vie dans le scénario AMS par rapport au scénario AME en 2030

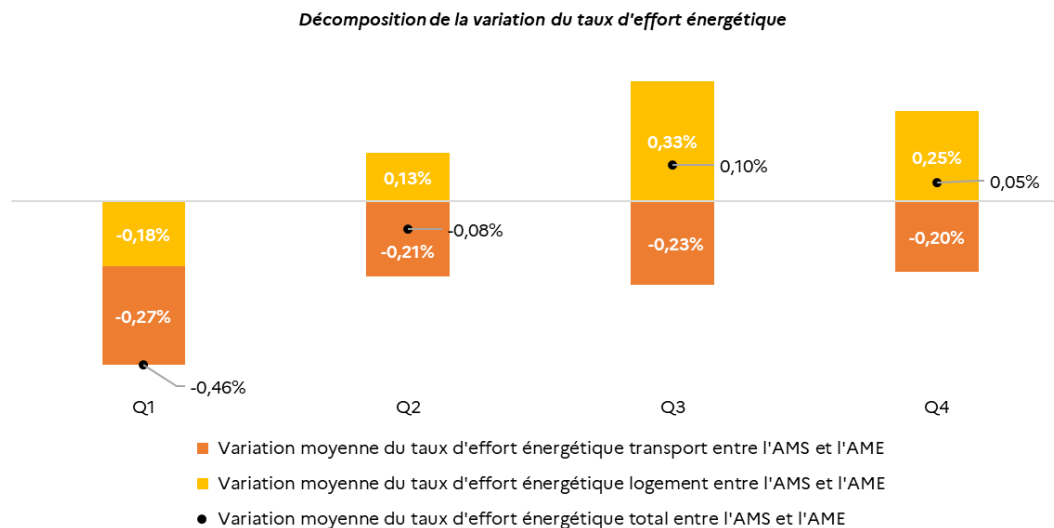


Figure 28 : Décomposition du taux d'effort énergétique réparti entre logement et transport par quart de niveau de vie dans le scénario AMS par rapport au scénario AME en 2030. Le taux d'effort énergétique d'un groupe (quart de niveau de vie) est calculé en rapportant la facture énergétique moyenne du groupe à son revenu moyen. (Source modèle Prometheus, CGDD) - En euros constants 2024.

Note de lecture : En moyenne, les ménages du premier quart de niveau de vie font l'objet d'une baisse de taux d'effort énergétique de 0,46 pt dans le scénario en AMS par rapport au scénario en AME. Cette baisse se décompose entre une baisse de 0,18 pt de la part du revenu consacré à la facture en énergie de logement et une baisse de 0,27 pt de la part du revenu consacré à la facture en énergie de transport.

Les variations de facture diffèreraient selon le profil des ménages, représentant un enjeu pour l'intervention publique

La diversité des situations des ménages considérés dans Prometheus permet d'analyser les résultats en fonction de plusieurs paramètres : taux d'équipements en véhicules, nombre de kilomètres parcourus, taille des logements, zone géographique...

Du côté du transport, le gain de facture lié à l'électrification du parc serait plus élevé pour les ménages possédant davantage de véhicules et parcourant plus de kilomètres. La variation de la facture énergétique moyenne des ménages permise par les mesures supplémentaires croît avec la taille du parc de véhicules détenu par les ménages (la taille du parc de véhicules étant corrélée au niveau de mobilité et donc de facture transport globale). Le gain de facture croît également avec les kilomètres parcourus, par exemple pour les ménages situés en zone rurale.

En parallèle, la hausse de facture énergétique dans les logements augmenterait avec la taille des logements. Les ménages vivants éloignés des pôles ou en grande couronne disposent en moyenne de logements plus grands et sont en moyenne plus souvent chauffés au fioul, qui est l'énergie fossile qui diminue le plus au profit de pompes à chaleur performantes qui réduisent la consommation d'énergie ou, dans une moindre mesure, de chauffages bois moins chers. La

facture logement diminue ainsi en moyenne pour les logements situés loin des pôles, là où elle augmente pour les logements situés en zone périurbaine et dans les communes centrales.

Ces phénomènes, déterminant les quantités d'énergies consommées, expliquent qu'en moyenne **les gains seraient plus importants pour les ménages ruraux, situés hors attraction des villes, que les ménages habitants en zone urbaine, dans un pôle ou dans une couronne** (cf. **Figure 29** et **Figure 30**). Ces résultats sont toutefois très dépendants des hypothèses sur la répartition des baisses de consommation. Or, concernant le transport, le report modal de la voiture vers des modes doux ou les transports en commun, ou encore le recours au covoiturage, est moins aisé à mesure que l'on s'éloigne des pôles.

Toutefois, la facture énergétique des ménages ne réalisant pas d'investissements bas-carbone augmenterait. Un ménage qui continue à rouler au gazole ou à l'essence verra sa facture augmenter entre AME et AMS, en lien avec la hausse de coût liée à l'incorporation de biocarburants alors qu'un ménage qui bascule vers l'électrique verra sa facture baisser en lien avec la baisse de consommation énergétique. De même, un ménage se chauffant au gaz ou au fioul et n'effectuant pas de changement de vecteur verra sa facture augmenter, alors qu'un ménage basculant vers un système de pompe à chaleur ou de chauffage bois verra sa facture baisser en lien avec les gains d'efficacité énergétique (PAC) et de prix du bois inférieur, l'isolation des bâtiments étant par ailleurs favorable à la baisse des consommations et aux économies de facture.

Ainsi, les variations de facture peuvent être différentes d'un ménage à l'autre, y compris au sein d'un même espace géographique, la transition énergétique permettant d'accéder à des baisses de facture.

Décomposition de la variation de facture énergétique par catégorie de commune dans le zonage en aire d'attraction des villes, répartie entre logement et transport, dans le scénario AMS par rapport au scénario AME en 2030

Décomposition de la variation de la facture énergétique

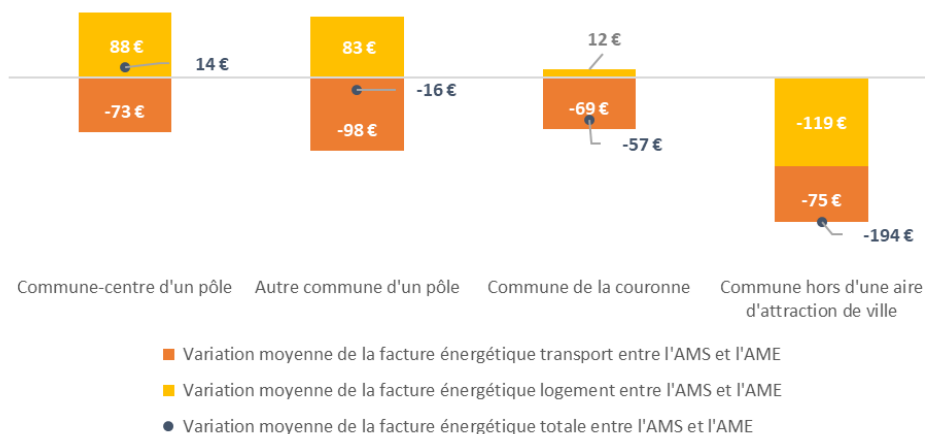


Figure 29 : Décomposition de la variation de facture énergétique par catégorie de commune dans le zonage en aire d'attraction des villes, répartie entre logement et transport, dans le scénario AMS par rapport au scénario AME en 2030. (Source : modèle Prometheus, CGDD, 2025) - En euros constants 2024.

Note de lecture : En moyenne, les ménages qui résident hors attraction des villes font l'objet d'une baisse de facture énergétique totale de 194 € dans le scénario en AMS par rapport au scénario en AME en 2030. Cette baisse se décompose entre une baisse de 119 € en énergie de logement et une baisse de 75 € en dépenses de carburant.

Décomposition du taux d'effort énergétique par catégorie de commune dans le zonage en aire d'attraction des villes, réparti entre logement et transport, dans le scénario AMS par rapport au scénario AME en 2030

Décomposition de la variation de taux d'effort énergétique

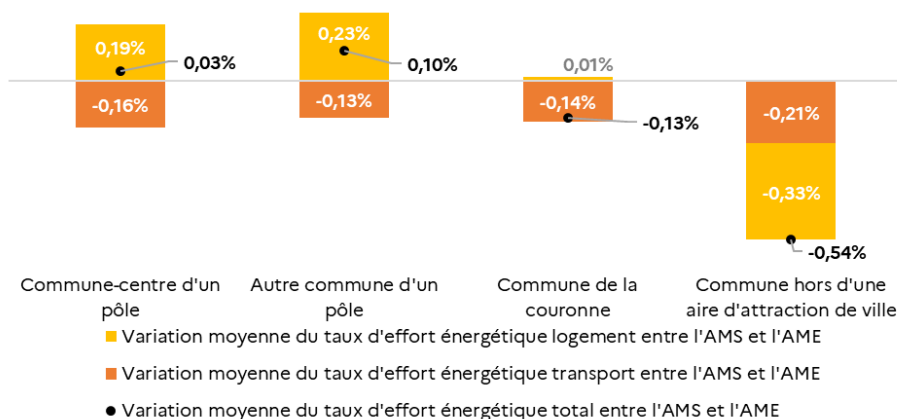


Figure 30 : Décomposition du taux d'effort énergétique par catégorie de commune dans le zonage en aire d'attraction des villes, répartis entre logement et transport, dans le scénario AMS par rapport au scénario AME en 2030. Le taux d'effort énergétique d'un groupe (catégorie de commune) est calculé en rapportant

la facture énergétique moyenne du groupe à son revenu moyen. (Source : modèle Prometheus, CGDD, 2025)
- En euros constants 2024.

Note de lecture : En moyenne, les ménages qui résident hors attraction des villes font l'objet d'une baisse de 0,54 pt de leur de taux d'effort énergétique entre le scénario et le scénario AME en 2030. Cette baisse est la résultante une baisse de 0,33 pt de la part du revenu consacrée à la facture en énergie de logement et d'une baisse de 0,21 pt de la part du revenu consacrée à la facture en énergie de transport.

Test de sensibilité : Impact d'un choc de hausse des prix de l'énergie sur les factures des ménages

La mise en œuvre de la transition bas-carbone dans le scénario « Avec mesures supplémentaires » permet **également de réduire l'exposition des ménages à l'évolution des prix des énergies fossiles**. Pour évaluer cet effet, un test de sensibilité est réalisé en simulant une hausse des prix de l'énergie en 2030 similaire à celle observée sur les marchés mondiaux en 2022. Dans ce contexte, le prix du baril de pétrole brut atteint 102 € (contre 85 € dans le scénario central) et les prix du gaz importé 35 €/GJ (contre 9 €/GJ dans le scénario central).

En AME, ce choc conduit à une hausse de facture énergétique des ménages de 242 € en moyenne par rapport au scénario central en 2030. En AMS, grâce aux mesures de transition, la hausse de facture par rapport au scénario central n'est que de 142 €. Ainsi, en cas de hausse du prix des énergies fossiles, le différentiel entre l'AMS et l'AME s'accroît pour atteindre 123 € en 2030, **traduisant une résilience accrue de la France face à l'exposition aux prix de l'énergie dans le scénario AMS**.

Même dans cette variante avec prix des énergies fossiles plus élevés, et grâce à la mise en œuvre de la SNBC 3 (dont un basculement vers des énergies bas-carbone, ainsi qu'une baisse de la consommation totale d'énergie), les factures énergétiques des ménages sont toujours en baisse (- 653 €) par rapport à 2023 (année marquée par des prix de l'énergie particulièrement élevés).

IV. Analyse des impacts environnementaux et sanitaires

A. Conduite d'une évaluation environnementale stratégique de la SNBC 3

La SNBC fait partie des plans et programmes qui doivent faire l'objet d'une évaluation environnementale (dite « Évaluation Environnementale Stratégique » (EES)) conformément à l'article R. 122-17 du code de l'environnement. L'EES est un processus itératif visant à assurer un niveau élevé de prise en compte des considérations environnementales dans son élaboration. Elle rend compte des effets potentiels ou avérés sur l'environnement de la mise en œuvre de la SNBC 3 et permet d'analyser et de justifier les choix retenus au regard de ces éléments. Elle sert à éclairer différents acteurs dont le public sur les suites à donner au regard des enjeux environnementaux et ceux relatifs à la santé humaine lors de sa mise en œuvre.

L'EES de la SNBC 3 a été réalisée sous la responsabilité de l'autorité en charge de son élaboration, la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) du ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité et des Négociations internationales sur le climat et la nature.

B. Analyse des incidences de la SNBC 3 sous le prisme de 10 enjeux environnementaux se dégageant de l'état initial de l'environnement

La conduite de l'état initial de l'environnement a permis d'identifier **10 enjeux environnementaux** au prisme desquels la SNBC 3 a ensuite été examinée :

1. Réduire les **émissions territoriales** et les **émissions importées de gaz à effet de serre (GES)** ;
2. Préserver la ressource en **eau (eau)** ;
3. Préserver les **sols** et assurer une gestion équilibrée de l'espace (**sols**) ;
4. Limiter l'épuisement des **ressources minérales** et développer l'économie circulaire (**ressources**) ;
5. Renforcer la **résilience des territoires au changement climatique** et limiter les risques naturels (**résilience**) ;
6. Préserver et restaurer la **biodiversité** et les services écosystémiques (**biodiversité**) ;
7. Limiter les **risques technologiques (risques tech.)** ;
8. Préserver et améliorer **le cadre de vie et la santé publique (santé)** ;
9. Lutter contre la **pollution de l'air** extérieur et intérieur (**air**) ;
10. Prévenir et gérer les **déchets (déchets)** ;

Ces enjeux ont principalement été identifiés compte tenu des effets du changement climatique déjà observés sur la ressource en eau, les sols, la biodiversité, les risques naturels, le cadre de vie et la santé publique, auxquels les principaux secteurs émetteurs de gaz à effet serre ajoutent une pression. Par ailleurs, l'ampleur des transformations déjà à l'œuvre pour conduire la décarbonation de notre pays appelle également à une vigilance particulière sur les ressources minérales, les risques technologiques et les déchets.

C. Résumé des impacts de la SNBC 3 sur l'environnement

1. Rappel des principes généraux de l'évaluation des incidences notables probables de la mise en œuvre de la SNBC 3

Cette section présente un résumé de l'évaluation des incidences notables probables de la mise en œuvre de la SNBC 3, par comparaison à un scénario tendanciel (i.e scénario « avec mesures existantes » ou AME¹⁴⁷) sur les 10 enjeux environnementaux retenus à l'issue de l'état initial.

Pour chaque enjeu environnemental, l'analyse a visé à :

- **Evaluer les incidences probables** de la mise en œuvre du scénario de référence et des orientations de la SNBC 3.
- **Recenser les recommandations environnementales** proposées dans le cadre de la démarche d'EES pour éviter, réduire et compenser les impacts.

Les incidences notables probables sur l'environnement ont été analysées en fonction de leur **caractère positif ou négatif, direct ou indirect, temporaire ou permanent**.

Le caractère positif ou négatif a été gradué : Incidences positives majeures (++), Incidences positives limitées (+), Incidences incertaines (+/-), Incidences neutres (0), Incidences neutres à négatives limitées (0/-), Incidences négatives limitées (-), Incidences négatives majeures (- -).

Le **caractère direct ou indirect, temporaire ou permanent** a été estimé en considérant que :

- Les incidences **directes** sont les conséquences immédiates de la SNBC 3, c'est-à-dire sans intermédiaire entre la SNBC 3 et l'effet.
- Les incidences **indirectes** résultent d'une relation de cause à effet, dans l'espace et le temps, ayant pour origine la SNBC 3 ou l'un de ses impacts directs.
- Une incidence **temporaire** signifie qu'elle s'estompe dans le temps.
- Une incidence **permanente** perdurera à long terme.

¹⁴⁷ Le scénario AME disponible à date est le scénario AME construit en 2024. Il intègre les dernières données disponibles, ainsi que l'impact des politiques et mesures adoptées jusqu'au 31 décembre 2023.

2. Une incidence globalement positive comportant des points d'attention spécifiques

L'analyse des incidences notables probables de la mise en œuvre de la SNBC 3 au prisme des 10 enjeux identifiés, par comparaison à un scénario tendanciel (i.e scénario « avec mesures existantes » ou AME¹⁴⁸) **met en avant des incidences probables entièrement positives ou neutres sur la plupart des enjeux environnementaux considérés.**

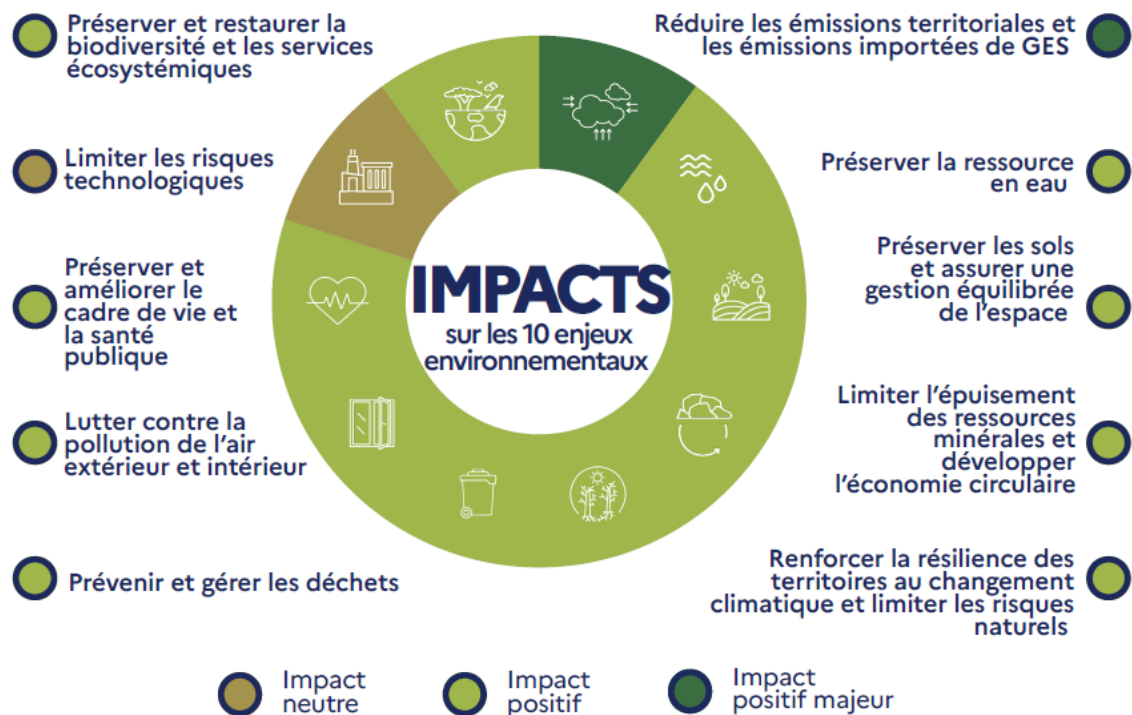


Figure 31 : Synthèse qualitative des incidences résiduelles de la SNBC 3 sur l'environnement

Sur la réduction des émissions territoriales et des émissions importées de GES, l'incidence de la mise en œuvre de la SNBC est jugée positive majeure. La SNBC 3 vise à réduire de manière significative les émissions de gaz à effet de serre (GES) territoriales, en mobilisant tous les acteurs et l'ensemble des leviers. Elle permet d'atteindre la neutralité carbone en 2050. En matière d'empreinte carbone et d'émissions importées, elle contribue au respect de l'objectif indicatif d'atteindre une empreinte carbone inférieure à 215 Mt CO₂e en 2050 tout en visant une cible de 160 Mt CO₂e.

Concernant les autres enjeux environnementaux retenus, à l'exception de l'enjeu n°7 « limiter les risques technologiques », les incidences de la mise en œuvre de la SNBC sont jugées positives limitées. La réduction de l'utilisation des énergies fossiles, l'évolution des

¹⁴⁸ Le scénario AME disponible à date est le scénario AME construit en 2024. Il intègre les dernières données disponibles, ainsi que l'impact des politiques et mesures adoptées jusqu'au 31 décembre 2023.

pratiques agricoles (notamment via le développement des systèmes agroécologiques¹⁴⁹ et le déploiement des techniques d'agriculture de précision¹⁵⁰ en privilégiant une approche intégrée et systémique des systèmes de production français), la promotion de la sobriété dans les déplacements et les modes de consommation et le développement de l'économie circulaire, contribuent principalement à réduire la pression sur l'environnement par rapport à la situation tendancielle (eau, sols, ressources minérales). Concernant la biodiversité, les incidences positives principales concernent les secteurs de l'agriculture et de l'utilisation des terres à travers la diversification des cultures et le développement d'infrastructures agroécologiques, le maintien des prairies permanentes et des zones humides, l'adaptation des forêts au changement climatique, le renouvellement forestier, ainsi que le boisement hors forêt.

Ces effets positifs sont toutefois atténués par certains points qui appellent à la vigilance :

- Certains leviers de décarbonation sont susceptibles d'accroître la pression sur la **ressource en eau** ou sur les **ressources minérales**. C'est notamment le cas de l'électrification des transports, des technologies de captage et stockage du carbone et du développement des énergies renouvelables. Dans le secteur du bâtiment, l'ampleur des rénovations et éventuelles constructions neuves va également nécessiter des ressources et pourrait engendrer certaines tensions ;
- L'augmentation des besoins en eau sous l'effet du changement climatique (notamment l'augmentation de l'évapotranspiration des plantes en agriculture) est susceptible de provoquer des tensions sur la **ressource en eau** ;
- Les évolutions envisagées dans le scénario de référence entraînent des changements significatifs de modes d'occupation **des sols** et le scénario modélisé met en avant des enjeux de concurrence entre les différents modes d'occupation des sols, qu'il convient d'anticiper ;
- L'augmentation de la **mobilisation de la biomasse**, telle que prévue dans la SNBC 3, s'accompagne de défis environnementaux avec un accroissement potentiel de la pression sur les **ressources en eau, les sols et la biodiversité** ;
- Concernant le **cadre de vie et la santé publique**, la substitution des combustibles fossiles par d'autres sources d'énergies peut entraîner un déplacement des impacts environnementaux vers les nouveaux sites de production. Par ailleurs, certaines technologies rencontrent encore des défis liés à leur acceptabilité sociale ;

¹⁴⁹ Les systèmes agroécologiques sont caractérisés par une évolution systémique des pratiques agricoles, par exemple l'allongement des rotations et la diversification des cultures notamment via l'introduction de davantage de légumineuses, le renforcement de l'autonomie protéique et fourragère des élevages (notamment en développant les systèmes pâturants), la sobriété en intrants, le développement des infrastructures agroécologiques, ou encore l'augmentation du stockage de carbone des sols via des pratiques permettant de préserver et d'augmenter leur teneur en matière organique (mise en place de cultures intermédiaires, développement des haies et de l'agroforesterie intraparcellaire, préservation des prairies permanentes, etc.).

¹⁵⁰ Les techniques d'agriculture de précision visent à optimiser les pratiques et notamment à améliorer leur efficacité pour réduire l'usage des ressources et en particulier le recours à l'azote minéral, à l'eau et aux produits phytopharmaceutiques. Il s'agit par exemple du développement des outils d'aide à la décision, de l'ajustement de la dose d'azote, du recours à des pratiques et matériels d'épandage et des formes d'engrais moins émissives, de la sélection variétale, etc.

- Une vigilance particulière devra être portée aux effets de la combustion des déchets et à l'utilisation de biomasse en chauffage vis-à-vis des **polluants atmosphériques** ;
- Le remplacement des équipements (chaudières, convecteurs), les travaux de rénovation ou le renouvellement du parc de véhicules ainsi que l'apparition de flux de déchets spécifiques, tels que les batteries en fin de vie ou les bornes de recharge nécessitant des filières de recyclage spécialisées, appellent à la vigilance quant à l'enjeu de **gestion des déchets**.

Concernant les risques technologiques, l'incidence de la mise en œuvre de la SNBC est jugée **neutre**. Les incidences positives observées dans plusieurs secteurs en lien avec la réduction de l'utilisation de carburants fossiles, sont en effet contrebalancées par la **hausse des risques technologiques induits par certaines solutions décarbonées**. Cela concerne notamment le secteur de l'industrie avec l'utilisation croissante de l'hydrogène comme alternative aux énergies fossiles, et le secteur de l'énergie avec la hausse de la production de chaleur renouvelable ou de récupération et l'emploi d'hydrogène. Ces risques sont néanmoins limités par une mobilisation raisonnée de ces leviers dans la SNBC 3.

3. Caractère direct ou indirect et temporaire ou permanent des incidences identifiées

Les incidences de mise en œuvre de la SNBC 3 pour **les secteurs de l'agriculture, de l'énergie et de l'UTCATF** sont estimées globalement **directes sur la plupart des enjeux considérés**, de par leurs interactions plus directes avec l'environnement (sol, eau, cadre de vie, etc.). Les incidences des **orientations transversales** sont estimées **plus indirectes** sur la plupart des enjeux considérés.

Au global, les **incidences des orientations sectorielles de la SNBC** sont estimées **plutôt directes sur l'enjeu principal de la SNBC 3** à savoir la réduction des émissions territoriales de GES et la baisse de l'empreinte carbone nationale, ainsi que sur les **risques technologiques**, les **ressources minérales** et **l'économie circulaire** et la **pollution de l'air**. Les incidences de la SNBC 3 sont estimées **plus indirectes pour les autres enjeux**.

Les **incidences de la SNBC** sont **plutôt permanentes sur l'enjeu premier de la SNBC, c'est à dire la réduction des émissions de GES**, ainsi que sur la plupart des enjeux sur lesquels elle a une incidence importante. Pour le **secteur UTCATF**, l'incidence sur la réduction des émissions de GES a été estimée temporaire compte tenu des projections pessimistes sur le puits de carbone forestier après 2050.

Les **incidences sur l'eau, les ressources minérales et les déchets de la mise en œuvre de la SNBC 3 par les secteurs des transports, des bâtiments, et de l'énergie** sont considérées **temporaires** car principalement liées à la phase de « déploiement » des technologies : électrification du parc, mise en rebut des anciens véhicules, rénovation énergétique, conception des dispositifs de chauffage décarbonés, déploiement des énergies renouvelables et des technologies de captage et stockage du carbone. Concernant les **risques technologiques**, les incidences de la mise en œuvre de la SNBC 3 sont estimées temporaires pour plusieurs items (empreinte, mobilisation des acteurs, recherche) considérant que les

« risques technologiques » induits directement ou indirectement par la mise en œuvre de la SNBC 3, par exemple avec l'implantation de nouvelles usines liées à la réindustrialisation, pourront être mieux appréhendés et gérés dans les années à venir.



D. Mesures ERC retenues compte tenu des incidences notables probables identifiées

Des mesures techniques pour éviter, réduire et compenser la mise en œuvre des orientations de la SNBC, dites mesures « ERC », ont été identifiées suite à cette évaluation. Elles devront être prises en compte, notamment au niveau des projets, pour s'assurer de la réduction de l'impact sur l'environnement des projets découlant de la SNBC à un seuil incompressible.

	Compte-tenu des incidences les plus notables identifiées, les mesures ERC à renforcer ou à déployer proposées sont les suivantes
Transports	- Intégrer de nouveaux critères tels que l'éco-conception et la recyclabilité, par exemple au dispositif existant de score environnemental, qui prend déjà en compte l'empreinte carbone liée à la production et à l'acheminement des véhicules, afin d'élargir l'évaluation pour l'attribution des aides à l'acquisition et l'application des dispositifs fiscaux¹⁵¹. - Inciter davantage à réduire le poids moyen des voitures particulières neuves. - Renforcer le réemploi et le recyclage des batteries de véhicules électriques, en améliorant les performances de collecte et en développant les capacités industrielles nationales nécessaires à la récupération et la régénération des métaux critiques en vue de leur réincorporation dans la chaîne de valeur des batteries ou sous forme de sels consommables par l'industrie. Cela nécessite la mobilisation conjointe des filières à responsabilité élargie des producteurs (REP), des metteurs sur le marché des batteries, des industriels du recyclage et des pouvoirs publics. - Encourager l'électrification des bateaux fluviaux pour une moindre pollution et perturbation des écosystèmes. - Privilégier l'implantation des infrastructures de transport (notamment ferroviaires) sur des sites déjà artificialisés. Pour les projets nécessitant de nouvelles infrastructures (prévues par la SNBC 3 ou non), compenser l'artificialisation par des actions de renaturation. - Employer de l'acier bas carbone pour la production des rails et du béton bas carbone pour les traverses.
Agriculture	- Encourager la limitation des besoins d'apports totaux d'engrais, minéraux comme organiques, tout en préservant la performance économique des exploitations et notre souveraineté alimentaire, notamment en réduisant les surplus de fertilisation azotée.
Industrie	- Mettre en place des politiques publiques de recyclage des matériaux fortement consommateurs d'eau (métallurgie, papier-carton). - Veiller à l'application de la réglementation ICPE, qui encadre les risques technologiques, du code minier (pour le stockage géologique de CO₂ et de tout autre gaz) et de la réglementation sur le transport de matières dangereuses (notamment pour le transport de CO₂ et d'hydrogène). Des mesures de réduction du risque sont imposés à chaque fois que cela est nécessaire. - Utiliser des technologies de combustion avancées accompagnées de procédés de filtrage et de traitement des émissions, pour réduire les émissions de particules et de polluants et permettre leur capture avant libération. En particulier, la réglementation nationale impose le recours à des systèmes performants de traitement des fumées

¹⁵¹ Depuis le 1^{er} février 2025, le score environnemental intervient également dans le calcul de la taxe annuelle incitative relative à l'acquisition de véhicules légers à faibles émissions et pour l'évaluation de l'avantage en nature lié à la mise à disposition d'un véhicule.

	sortant des installations de production de chaleur ou d'électricité à partir de biomasse, permettant l'atteinte de valeurs limites d'émissions, notamment par la mise en œuvre des meilleures techniques disponibles (MTD) applicables à ces installations classées, celles-ci pouvant être durcies en fonction du contexte local. - Optimiser les procédés de production d'hydrogène par électrolyse pour réduire les consommations d'eau. - Éviter l'implantation d'installations à risque élevé à proximité de zones sensibles (habitations, établissements recevant du public). - Privilégier, lorsque cela est possible, des technologies et fluides présentant un profil de risque plus faible. - Renforcer les exigences de sécurité pour les installations utilisant de l'hydrogène (détection de fuites, ventilation, dispositifs anti-explosion). - Encadrer strictement le stockage et la manipulation des CSR (conditions de stockage, limitation des volumes, surveillance thermique). - Adapter les normes de sécurité pour les fluides frigorigènes alternatifs (hydrocarbures, ammoniac).
Bâtiments	- Renforcer la lutte contre la fraude à la rénovation énergétique et contre le démarchage abusif afin de préserver la qualité des rénovations et ainsi assurer des gains énergétiques et GES optimaux. - Privilégier l'utilisation de matériaux recyclés ou issus de sources durables pour la fabrication des PAC et des matériaux d'isolation. - Mettre en place des programmes de recyclage et de réemploi pour les pompes à chaleur et les matériaux d'isolation en fin de vie (en lien avec la filière à responsabilité élargie des producteurs (REP) produits et matériaux de construction du secteur du bâtiment (PMCB)). - Concevoir de manière intégrée les réseaux de chaleur urbain et le système de gestion des eaux pluviales, pour que cette eau puisse servir au refroidissement des RCU et réduire la dépendance aux sources d'eau traditionnelles. - Éviter toute fuite des fluides frigorigènes utilisés, car ils ont un potentiel de réchauffement climatique très important. A cette fin, il est prévu que toutes les installations de plus de 12 kW soient régulièrement inspectées¹⁵².
Production d'énergie	- Mesures ERC identifiées dans l'EES de la PPE 3. - Respecter les dispositions du guide BRGM-Ineris de 2023 sur la maîtrise des risques sismiques dans les travaux de géothermie.
Déchets	- Appliquer au plus tôt le « Best available techniques Reference Document on Landfills », dit « BREF LAN », réglementation européenne, dont l'entrée en vigueur est prévue en 2033, qui prescrira la mise en place des meilleures techniques disponibles pour le captage et le traitement des pollutions atmosphériques des ISDND. - Privilégier le stockage des biodéchets dans des bâtiments fermés avec traitement d'air pour limiter les nuisances olfactives. - Mettre en place des mesures d'ilotage et inciter à une rotation rapide des lots de combustibles, afin de limiter les risques d'incendie liés aux CSR.
UTCATF	- Mettre en place et pérenniser des politiques publiques pour adapter la forêt française aux nouvelles conditions climatiques et limiter les impacts négatifs associés : pérennisation de l'aide au renouvellement forestier en cohérence avec le PNACC 3, qui prévoit notamment que le dispositif doit intégrer des critères environnementaux structurants dans l'objectif d'un renouvellement forestier diversifié et résilient, et établissement d'une stratégie nationale pour l'adaptation des forêts au changement

¹⁵² Décret n°2010-349 du 31 mars 2010 relatif à l'inspection des systèmes de climatisation et des pompes à chaleur réversibles

	climatique intégrée au prochain PNFB (programme national de la forêt et du bois), mise en œuvre de la stratégie nationale de défense des forêts et des surfaces non boisées contre les incendies et des obligations légales de débroussaillage, etc. ; - Renforcer la résilience et l'adaptabilité de la filière forêt-bois dans un contexte de baisse de l'accroissement net forestier et de multiplication des crises, en développant les usages matière du bois (et en particulier les usages à longue durée de vie), les capacités de valorisation d'essences peu transformées (bois feuillus, bois de crise), en augmentant la durée de vie des produits bois et le recyclage et le réemploi des produits bois en fin de vie. - Promouvoir une gestion forestière durable attentive aux cycles de l'eau et du carbone.
Empreinte carbone	- Appliquer à tout projet de réindustrialisation la réglementation relative à l'évaluation environnementale, qui impose la réalisation d'une étude d'impact, incluant une étude faune-flore, lorsque les incidences négatives notables du projet le justifient. Celle-ci permet d'identifier les potentiels impacts négatifs et impose le déploiement d'une séquence « ERC » (Eviter Réduire Compenser) de manière à limiter l'impact sur la biodiversité, et par extension sur les services écosystémiques. - Appliquer à tout projet de réindustrialisation la réglementation ICPE, qui impose des valeurs limites d'émissions de manière à garantir un bon niveau de qualité de l'air et de l'eau. Une étude des risques sanitaires est notamment demandée dans le cadre des demandes d'autorisations environnementales (ICPE) à obtenir pour avoir le droit d'exploiter une nouvelle usine. - Optimiser les consommations d'eau des procédés de production relocalisés sur le territoire. - Optimiser l'empreinte au sol des relocalisations industrielles sur le territoire dans le cadre du ZAN en privilégiant notamment l'implantation des industries sur des sols déjà artificialisés ou des friches. - Inciter les relocalisations industrielles à mettre en place des démarches d'économie circulaire sur le territoire.
Numérique	- Adopter de nouvelles normes européennes d'écoconception applicables aux terminaux numériques, notamment via les deux actes délégués pris en application du règlement ESPR¹⁵³ (2024/1781) qui porteront sur la réparabilité des EEE¹⁵⁴ (adoption prévue en 2027) et sur le contenu recyclé et la recyclabilité des EEE (adoption prévue en 2029). - Réfléchir pour les futures stratégies portant sur le numérique à l'association systématique d'objectifs de préservation écologique dans les chaînes de valeur et les projets territoriaux.
Aménagement du territoire	/
Financement de la transition	- Engager une réflexion sur l'inclusion dans les mécanismes de financement pertinents, d'un critère explicite de préservation de la ressource en eau (efficacité hydrique, prévention des pollutions) et de restauration écologique, afin d'éviter des projets qui réduisent les émissions mais aggravent les pressions sur les écosystèmes.
Mobilisation des acteurs	/
Recherche	- Mettre en place une évaluation systématique et indépendante des risques technologiques dès les phases amont de la recherche et du développement pour les recherches à risque majeur et intégrer des critères de soutenabilité, de sécurité et de précaution dans les appels à projets et les financements publics.

¹⁵³ EcoDesign for Sustainable Products Regulation (Règlement sur l'écoconception des produits durables)

¹⁵⁴ Équipements Électriques et Électroniques

Emplois et compétences	/
Natura 2000	Éviter toute atteinte à l'intégrité des sites Natura 2000 dans le déploiement des projets structurants liés à la SNBC 3 : Identification en amont, à l'échelle nationale et régionale, des zones d'exclusion pour les projets à fort impact. Réalisation d'une évaluation des incidences Natura 2000 dès les phases de planification stratégique (et non uniquement au stade projet). Priorisation des implantations en dehors des sites Natura 2000 et de leurs zones d'influence écologique.
Biomasse	Commun : - Transposer la directive RED III, dans ses volets relatifs aux critères de durabilité et de réduction des émissions de GES pour la biomasse forestière et au principe d'utilisation en cascade de la biomasse. - Publier les textes pour reconnaître les certifications de gestion durable des haies et de distribution de bois issu de haies gérées durablement. - Mettre en place une priorisation des usages de la biomasse (intégrée dans le corps de la SNBC), qui favorise les usages matières à longue durée de vie, dont les produits biosourcés, sur les usages énergétiques, et priorisera les usages énergétiques ne disposant pas d'alternative de décarbonation techniquement et économiquement viable. - Réviser la stratégie nationale de mobilisation de la biomasse (SNMB) suite aux nouveaux objectifs de la SNBC 3 et veiller à la cohérence réciproque entre la SNMB et les schémas régionaux biomasse (SRB), dont la révision se fera selon un calendrier spécifique à chaque région. - Mettre en place des mesures pour inciter à la récolte raisonnée des résidus de culture à des fins énergétiques. - Renforcer l'expertise des cellules biomasse sur les ressources agricoles (et la disponibilité de données actuelles et projetées). - Systématiser l'étude de la viabilité du plan d'approvisionnement de chaque projet consommateur de biomasse pour des usages non-alimentaires demandeurs d'aides publiques, notamment sa cohérence avec la capacité estimée des écosystèmes agricoles et forestiers à fournir la biomasse correspondante, y compris en projection. Biocarburants : - Privilégier le développement des biocarburants hors première génération pour ne pas concurrencer les ressources alimentaires. - Utiliser des terres marginales et dégradées pour cultiver des cultures destinées aux biocarburants, ou utiliser des cultures intermédiaires à vocation énergétique et éviter la conversion de terres naturelles ou agricoles à surfaces d'intérêt écologique. Biogaz : - Respecter les exigences minimales de sécurité à adopter lors de la conception, de la construction et de l'exploitation d'une installation de méthanisation. - Réduire le temps de stockage des effluents d'élevage avant méthanisation afin d'éviter les rejets de GES¹⁵⁵.

	- Installer des torchères afin de brûler les gaz relâchés en cas de surpression¹⁵⁶. - Effectuer des concertations associant l'ensemble des parties prenantes lors des études préalables, communiquer régulièrement sur l'impact environnemental et économique de la production d'énergie renouvelable à partir de déchets organiques décarbonant le réseau de gaz naturel. Biomasse solide : - Elaborer et mettre en œuvre le second PNFB (Programme National Forêt Bois) pour la biomasse forestière et la SNMB. - Mettre en œuvre la Stratégie Nationale sur la Biodiversité (SNB) et les plans qui en découlent (PASF, PNA vieilles forêts). - Prioriser le remplacement des appareils domestique aux bois moins performants et l'installation de nouveaux équipements aux logements sans autre alternative « bas carbone » en tenant compte des enjeux locaux de qualité de l'air.
CCUS	- Eviter de recourir à la technologie de capture et de stockage du carbone fossile pour les émissions qui peuvent être abattues par des solutions de décarbonation technico-économiquement viables. - Renforcer la maîtrise des risques liés aux infrastructures de capture, transport et stockage du CO₂ en intégrant des exigences de sécurité et de suivi (détection précoce des fuites, suivi des pressions et des flux). - Garantir un confinement durable du CO₂ stocké en s'appuyant sur une caractérisation approfondie des sites, une maîtrise technique des procédés d'injection et un suivi à long terme des stockages, afin de réduire les risques de pollution des eaux et de l'air, de sismicité et de mouvements de terrain, et d'atteinte à la biosphère. - Sécuriser l'intégrité des puits de forage sur l'ensemble de leur cycle de vie. - Limiter les impacts sur la biodiversité et les milieux naturels lors du déploiement des infrastructures de captage, de stockage et de transport du CO₂ (choix des sites, limitation de l'artificialisation, continuités écologiques, restauration de milieux). - Encadrer la gestion des solvants et des déchets dangereux issus des procédés de capture du CO₂ afin de réduire leurs impacts environnementaux. - Limiter au strict nécessaire le recours au DACCS. - Encourager la recherche et le développement visant à réduire les consommations en eau et en énergie des procédés de captage du CO₂. - Prendre en compte l'impact sur les ressources minérales, et en particulier les matériaux critiques, dans le développement des technologies de capture du CO₂.

E. Un suivi des incidences sur l'environnement de la SNBC 3

Compte tenu des impacts environnementaux potentiels identifiés de la SNBC 3, des indicateurs spécifiques ont été définis afin de suivre, dans le temps, l'évolution des pressions exercées sur les milieux et d'évaluer ainsi les effets de la SNBC sur l'environnement.

Un nombre restreint d'indicateurs représentatifs des évolutions a été préféré à un nombre trop important, difficiles à réunir et tout aussi difficiles à interpréter et à suivre dans le temps. Bien que n'étant pas exhaustifs, l'intérêt de ces indicateurs sera d'alerter sur les tendances

d'évolution, afin de pouvoir réagir en cas d'augmentation de la pression sur les milieux, et de mener des investigations complémentaires si nécessaire.



V. Bilan du budget carbone 2019-2023

A. Synthèse

Le code de l'environnement (L. 222-1 D du code de l'environnement) prévoit que le Gouvernement présente au Parlement un bilan du budget carbone et l'analyse des résultats atteints par rapport aux plafonds prévus pour la période écoulée au moment de la publication des nouveaux budgets carbone et de la SNBC révisée.

La publication en juin 2025 de l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre (GES) au format Secten 2025, fournissant une donnée consolidée des émissions de l'année 2023, a permis de solder définitivement le deuxième budget carbone couvrant la période 2019-2023¹⁵⁷, fixé par la deuxième Stratégie nationale bas-carbone (SNBC). Ce budget carbone 2019-2023, plafond d'émissions de gaz à effet de serre à ne pas dépasser sur la période, avait été fixé à partir du scénario « Avec Mesures Supplémentaires » de la SNBC 2, exercice de modélisation permettant de construire des trajectoires de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre dans l'ensemble des secteurs émetteurs de l'économie (transports, bâtiments, industrie, agriculture, production et transformation d'énergie, déchets) et des trajectoires d'absorption de GES pour le secteur de l'utilisation des sols et de la forêt.

Le solde définitif du budget carbone sur la période 2019-2023 est très satisfaisant, avec une marge annuelle moyenne de 18 Mt CO₂e hors puits de carbone, et de 9 Mt CO₂e avec puits. Ce bilan ne doit toutefois pas éclipser une situation plus contrastée en fonction des secteurs : les secteurs des **bâtiments**, de la **production d'énergie** ou encore de l'**agriculture**, respectent leur contribution au budget carbone, avec une marge respective de 8, 6 et 2 Mt CO₂e par an en moyenne, et respectent également les répartitions sectorielles annuelles indicatives. Les secteurs des **transports** et de l'**industrie**, respectent aussi leur contribution au budget carbone 2019-2023 avec une marge de 2 Mt CO₂e par an en moyenne pour les deux secteurs, bien que leurs émissions annuelles se situent parfois au-delà des répartitions sectorielles annuelles indicatives. Enfin, les secteurs des **déchets** et de l'**utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (UTCATF)** se situent au-delà de leurs contributions théoriques au budget carbone, avec un dépassement annuel moyen de 2 Mt CO₂e et 8 Mt CO₂e¹⁵⁸.

La période 2019-2023 a été marquée par de nombreuses avancées de l'action publique pour la transition écologique, avec notamment l'adoption de la loi énergie-climat (2019), la loi d'orientation des mobilités (2019), la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (2020), la loi « climat et résilience » (2021), ou encore la loi pour l'industrie verte (2023) qui ont permis d'initier et d'ancrer dans la durée des baisses d'émissions de gaz à effet de serre dans tous les secteurs. Cette période a également été marquée par une succession de

¹⁵⁷ Les évaluations de solde des budgets carbone passés, en l'occurrence ici de la période 2019-2023, n'ont pas vocation à être réitérées à chaque nouvelle sortie d'inventaire.

¹⁵⁸ <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/suivi-des-emissions-gaz-effet-serre>

crises, et d'événements conjoncturels, ayant eu de fortes incidences sur l'activité économique du pays et sur les émissions en résultant. Ainsi, la crise sanitaire due au Covid-19, les impacts de la guerre en Ukraine, l'augmentation des prix de l'énergie, la découverte de phénomène de corrosion sous contrainte sur certains réacteurs nucléaires, ou encore les hivers doux ont eu des conséquences sur les émissions de GES de tous les secteurs. Ces éléments renforcent le besoin de disposer d'un suivi de la mise en œuvre du scénario de référence de la SNBC 2 pour distinguer les causes structurelles ou conjoncturelles ayant conduit aux réductions des émissions de GES françaises, et identifier les leviers sur lesquels la France est engagée sur la bonne trajectoire, mais également ceux où elle accuse un retard compte tenu des hypothèses prises au moment de l'adoption de la SNBC 2. Ce travail a donc été réalisé, en comparant les évolutions effectivement réalisées sur la période dans les différents secteurs émetteurs avec les hypothèses prises dans le scénario « AMS » de référence de la SNBC 2 au moment de son adoption et de la fixation du budget carbone 2019-2023 et de ses déclinaisons sectorielles. Plusieurs travaux publiés en 2026 analysent également les baisses d'émissions récentes pour comprendre les facteurs sous-jacents et estimer leur part conjoncturelle (DG Trésor¹⁵⁹, Citepa¹⁶⁰, HCC¹⁶¹...).

a - Secteur des Bâtiments

Sur la période 2019-2023, les conditions climatiques favorables ont permis au **secteur des bâtiments** d'enregistrer des émissions réelles inférieures à celles qui auraient été observées avec un climat conforme aux normales. Bien que le respect de la part du budget carbone affectée aux bâtiments ne soit pas remis en cause sans les effets climatiques, la marge s'en retrouve fortement atténuée : en prenant les données d'émissions du secteur corrigées des variations climatiques, celle-ci n'est plus que de 5 Mt CO₂e, contre 8 avec les émissions réelles. La décarbonation du secteur résulte en partie de la réduction des consommations d'énergie hors effet climatique, notamment sur le poste chauffage, attribuée à deux éléments : d'une part, les rénovations thermiques aidées des bâtiments, ayant conduit à des gains conventionnels d'énergie importants, et d'autre part, les changements de consommation des acteurs et notamment une hausse de la sobriété. La réduction des émissions observée sur le secteur est également associée à la décarbonation du mix énergétique, sans doute influencée par un effet prix, notamment sur le gaz. Les efforts doivent donc se poursuivre pour pérenniser la baisse des émissions dans ce secteur.

¹⁵⁹ DG Trésor (2026). « Quelle part conjoncturelle dans l'évolution récente des émissions de gaz à effet de serre françaises ? » Trésor-éco

¹⁶⁰ Citepa (2026). « Mieux comprendre les évolutions des émissions de gaz à effet de serre : deux analyses ciblées sur les secteurs Résidentiel et Transport publiées par le Citepa »

¹⁶¹ Haut conseil pour le climat (2026). « Dangers climatiques : la France face à ses responsabilités ». 8^{ème} rapport annuel du HCC »

b - Secteur de la production et transformation d'énergie

Dans le secteur de la **production et transformation d'énergie**, la hausse des coûts de l'énergie, liée à la conjoncture géopolitique internationale, ainsi que les appels à la sobriété lancés par le gouvernement, ont contribué à réduire la demande énergétique. Les conditions climatiques y ont également participé. Du côté de la production électrique, la découverte du phénomène de corrosion sous contrainte a réduit l'offre d'électricité décarbonée, nécessitant de recourir davantage à des moyens de production fossile, et ce notamment en 2022. Concernant l'intégration des énergies renouvelables, le constat est similaire : si les quantités d'énergies renouvelables injectées dans le réseau suivent la trajectoire du scénario de référence de la SNBC 2, les objectifs de déploiement en capacité tels que fixés dans la PPE 2 ne sont pas respectés. La décarbonation des systèmes de production de chaleur est bien engagée sur la bonne voie : pour les réseaux de chaleur, si la part d'énergie renouvelable et de récupération est en avance sur les objectifs de la planification énergétique, le volume total de chaleur livrée est quant à lui en retard.

c - Secteur de l'agriculture

La réduction des émissions du **secteur agricole** est tirée par la baisse des émissions de l'élevage et des cultures. La diminution des livraisons d'engrais sur la période a permis de réduire les émissions associées aux cultures. Même si cet indicateur progresse plus rapidement que les projections du scénario de référence de la SNBC 2, cette évolution s'explique en grande partie par la forte hausse du prix des engrais.

d - Secteur des transports

En ce qui concerne les **transports**, la crise du covid a joué un rôle important dans le respect des objectifs fixés par la SNBC 2. La hausse tendancielle du volume de déplacement des voyageurs a été plus faible que celle projetée par le scénario de référence, en lien avec les restrictions de déplacements survenus en 2020 et 2021, et la conjoncture socio-économique moins bonne que prévue. La mobilité totale est restée en-deçà de son niveau d'avant crise, le développement du télétravail ayant permis une réduction des déplacements courte distance. Le report modal pour les voyageurs s'est opéré depuis les modes carbonés (voiture, avion) vers les modes décarbonés (transports collectifs terrestres et vélo), même s'il reste en-deçà des objectifs de la SNBC 2. La fréquentation des transports en commun urbains a connu un léger recul suite à la crise sanitaire, en lien avec le développement du télétravail, mais repart à la hausse. Le trafic ferroviaire est en revanche dynamique, le trafic aérien hexagonal est en recul, dans un report modal favorable au ferroviaire. La pratique du vélo a fortement progressé en lien avec le développement des aménagements cyclables même si elle n'atteint pas la cible de la SNBC2. L'électrification des ventes de voitures particulières dépasse largement les objectifs fixés par la SNBC 2, la part des voitures électriques dans le parc roulant restant pour l'instant modérée compte-tenu du caractère récent de l'électrification. Le ralentissement général des ventes a limité les gains d'efficacité énergétique, en limitant la pénétration de véhicules moins

émetteurs dans le parc. S'agissant du transport de marchandises, la conjoncture socio-économique a freiné les volumes transportés, tandis que le report modal, en particulier vers le fret ferroviaire, a accusé un certain retard.

e - Secteur de l'industrie

Pour le secteur de l'**industrie**, la consommation d'énergie a diminué entre 2019 et 2023, liée en partie à des mesures d'efficacité énergétique engagées par les industriels et soutenues par l'Etat et à des efforts de sobriété réalisés par le secteur, mais s'expliquant également par la hausse des coûts de l'énergie subie par le secteur en 2022 et 2023. Les volumes de production des industries grandes consommatrices d'énergie ont fortement baissé sur les deux dernières années de la période. De même, le mix énergétique de l'industrie a été largement transformé par les incidences de cette crise énergétique : la part de gaz a reculé sur la période contrairement aux hypothèses du scénario de référence de la SNBC 2, quand le recours à la chaleur commercialisée a largement progressé. Le respect du budget carbone a également été permis par la réduction des émissions de procédés industriels, qui ont diminué plus vite que les émissions associées aux combustions sur la période.

f - Secteur des déchets

Bien que le volume de déchets ménagers et assimilés traité ait diminué entre 2019 et 2023, et que les filières de valorisation énergétique et matière aient progressé, même de façon inégale, le secteur des déchets peine encore à se décarboner. Ce constat s'explique principalement par la décomposition du méthane dans les ISDND, dont le taux de captage est à la baisse sur la période, et reste nettement inférieur aux projections du scénario de référence de la SNBC 2.

g - Secteur UTCATF

Il est à noter que le **secteur UTCATF** est un secteur où l'incertitude des résultats actuels et projetés reste importante à l'heure actuelle. La crise forestière qu'a connue le territoire hexagonal sur la période 2019-2023 ne permet pas au secteur de respecter le budget carbone fixé. Le ralentissement de la croissance des arbres, la hausse de la mortalité et des prélèvements ont pour conséquence une diminution de la quantité de carbone séquestrée chaque année par les écosystèmes forestiers (même si le stock de carbone continue de croître). En outre, la forêt contribue en aval à séquestrer du carbone à travers l'usage de bois-matériaux. Bien que l'on assiste à une croissance de la récolte commercialisée destinée au bois énergie (avec toutefois un recul entre 2023 et 2024), celle-ci semble s'accompagner d'une diminution des volumes auto-consommés, témoignant d'une structuration progressive de la filière. La part de bois allouée in-fine (premier usage et résidus de transformation) à des usages matière est en avance sur le scénario de la SNBC 2 (35 % en 2021 contre 30 % prévu en 2030 dans la SNBC 2).

B. Note de lecture

La trajectoire de réduction d'émissions issue de la SNBC 2 et les budgets carbone qui en découlent reposent sur un exercice de projection, engageant différentes hypothèses. Ce scénario de référence n'est pas prescriptif, mais indicatif : toutes les hypothèses qui ont permis sa construction ne doivent donc pas être vues comme des objectifs à atteindre. Ainsi, il ne représente pas un plan d'action, mais sert de référence afin de suivre le pilotage de la transition énergétique.

Aussi, le scénario de référence « Avec Mesures Supplémentaires » prend pour année de référence l'année 2015. Ainsi, pour la plupart des indicateurs, la divergence entre les données observées et projetées débute en 2015, ce qui explique les écarts sur l'année 2019 entre les données observées et projetées. En outre, des changements de méthodologie ont également pu conduire à des variations significatives pour certaines données observées. Dès lors, afin d'assurer la cohérence technique avec les méthodologies retenues lors de la conception de la SNBC 2, et permettre la comparaison avec les données observées dans les troisièmes parties des analyses sectorielles, des ajustements techniques ont été effectués.

Sauf indication contraire en note de bas de page, les chiffres traitant des émissions de gaz à effet de serre (GES) sont issus du Citepa¹⁶². Pour le secteur des transports, les données relatives aux circulations proviennent du SDES¹⁶³. Concernant l'agriculture, les statistiques agricoles proviennent des données Agreste¹⁶⁴.

¹⁶² Citepa, Secten 2025, accessible en ligne à : https://www.citepa.org/wp-content/uploads/2025/06/Citepa_Secten-2025.pdf

¹⁶³ Services des données et études statistiques (SDES), Chiffres clés des transports, Edition 2025, accessible en ligne à l'adresse : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-des-transport-edition-2025-0?rubrique=56&dossier=1337>

¹⁶⁴ Agreste, Statistique agricole annuelle 2025, accessible en ligne à : <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/SAA-SeriesLongues/detail/>

C. Transport

1. Bilan du budget carbone 2019-2023, émissions de GES

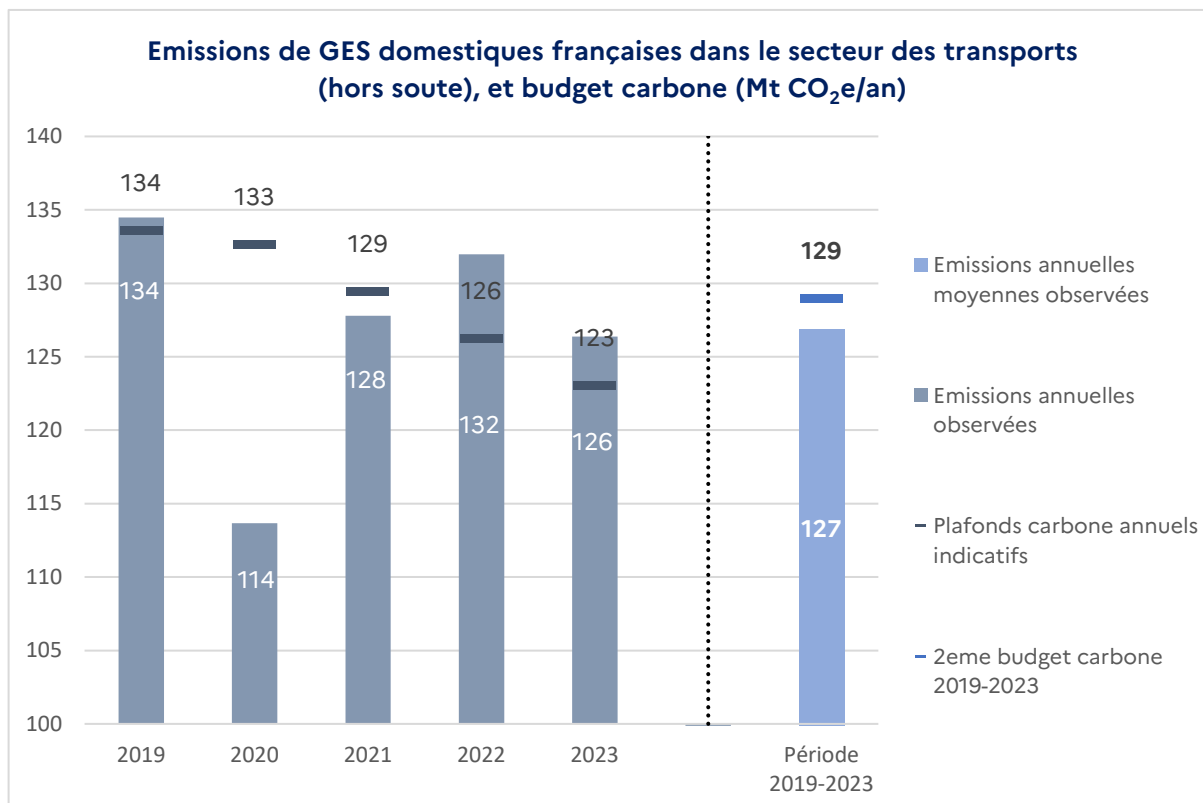


Figure 32 : Emissions de GES domestiques françaises dans le secteur des transports (hors soutes), plafonds carbone indicatifs, et budget carbone annuel 2019-2023 (sources : Citepa, DGEC)

La SNBC 2 prévoyait un budget carbone de 129 Mt CO₂e/an en moyenne¹⁶⁵ (645 Mt CO₂e au total) pour le secteur des transports (hors soutes internationales) sur la période 2019-2023. Ce **budget carbone est respecté**, avec une marge de 2 Mt CO₂e/an (11 Mt CO₂e au total). Le secteur des transports se place en deçà des budgets carbone annuels indicatifs pour les années 2020 et 2021, années marquées par la crise Covid, mais au-dessus des budgets carbone annuels indicatifs pour les années 2019, 2022, et 2023.

¹⁶⁵ Le code de l'environnement (Article D. 222-1-B) prévoit la réalisation d'un ajustement technique des budgets carbone pour chaque période si les changements de méthodologie des inventaires d'émissions de gaz à effet de serre conduisent à des modifications de plus de 1 % des valeurs des années de référence ayant servi pour les scénarios de la SNBC (1990, 2005 et 2015). Ces ajustements « techniques » ont vocation à conserver la cohérence de la trajectoire initialement retenue, en maintenant les mêmes réductions sectorielles et par gaz en « valeur relative » par rapport à l'année 2005. **Les budgets carbone annuels indicatifs de la deuxième période, ont été ajustés au regard de l'inventaire national 2025 des émissions de gaz à effet de serre du Citepa (Secten 2025) :** https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/20260616-Ajustement_BC-2019-2023_vF_0.pdf

2. Rappel des principaux leviers de la SNBC 2 :

La décarbonation du secteur des transports reposait sur cinq leviers majeurs, engageant plusieurs hypothèses¹⁶⁶ structurantes dans le scénario de référence de la SNBC2¹⁶⁷ :

- **Décarbonation complète de l'énergie consommée par les véhicules** (dans le scénario de référence : électrification des ventes de voitures particulières (VP) neuves (représentent respectivement 35 % et 100 % des ventes en 2030 et 2050 contre 1 % en 2015), électrification des ventes de VUL neufs ; électrification des ventes de PL neufs (conjointement dans la SNBC 2 avec une part de bioGNV; ainsi qu'une part de biocarburants)).
- **Performance énergétique des véhicules** (dans le scénario de référence : pour les VP thermiques neuves, consommation de 4 L/100km à horizon 2030 et 2 L/100km en 2050 contre 5,7 L/100 km en 2015, et consommation de 20 L/100km pour les PL diesels neufs contre 33 L/100 km en 2015).
- **Report modal** (dans le scénario de référence : hausse du nombre de déplacements en vélo de 3 % en 2015 à 12 % en 2030, l'offre de transport en commun augmente de 60 % en 2050).
- **Optimisation de l'usage des véhicules** (dans le scénario de référence : le taux d'occupation des VP croît de 1,63 voy/véh en 2015 à 1,7 en 2030 et 1,88 en 2050, tandis que le taux de chargement des PL évolue de 9,75 t/PL en 2015 à 10,5 en 2030 et 12,2 en 2050).
- **Maîtrise de la hausse du trafic voyageurs et marchandises** (dans le scénario de référence : pour les voyageurs, limitation de la hausse des déplacements en voyageurs.km à +26 % entre 2015 et 2050 contre + 30 % en tendanciel ; pour le fret, limitation de la hausse des volumes transportés à + 40 % entre 2015 et 2050 contre 80 % en tendanciel). En véhicules.km, les variations du scénario de référence étaient de -2 % en 2030 par rapport à 2015 pour les VP.km, puis une stabilisation jusqu'à 2050, et de +12 % pour les PL.km entre 2015 et 2050.

¹⁶⁶ La liste des hypothèses décrites ci-dessous n'est pas exhaustive, pour plus de détails, se référer à la Synthèse du scénario de référence de la stratégie française pour l'énergie et le climat, accessible en ligne à l'adresse : <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenario-de-reference>

¹⁶⁷ Les chiffres rappelés en partie 2 et inscrits dans les documents de planification publiés en septembre 2020 sont issus des modélisations réalisées à partir des données de référence de 2015. Depuis, des changements de méthodologie ont conduit à des variations significatives pour certaines données observées. Dès lors, afin d'assurer la cohérence technique avec les méthodologies retenues lors de la conception de la SNBC 2, et permettre la comparaison avec les données observées en partie 3, des ajustements techniques ont été effectués.

3. Analyse des facteurs de l'évolution récente des émissions des transports vis-à-vis des cibles du scénario de référence de la SNBC 2

► Transport de voyageurs

Décarbonation de l'énergie consommée

Le scénario de référence de la SNBC 2 visait le développement de l'électrification des immatriculations de voitures particulières (VP) neuves en part de marché. Le niveau d'électrification projeté dans le scénario a largement été dépassé sur la période, porté par des politiques ambitieuses au niveau européen (règlements européens en matière de réduction d'émissions des véhicules neufs) et national (aides à l'acquisition de véhicules peu polluants, déploiement de bornes de recharge ouvertes au public...) : 17 % des voitures particulières neuves immatriculées en 2023 étaient électriques, contre une cible de 11 %. Malgré le ralentissement global des ventes de voitures particulières observé entre 2020 et 2022, s'expliquant notamment par la crise covid ayant perturbé les chaînes d'approvisionnement et généré une pénurie de semi-conducteurs, **l'objectif de ventes de VP neuves électriques en absolu a également été atteint** : le scénario de référence de la SNBC 2 visait une multiplication par cinq des immatriculations entre 2018 et 2022, conformément au *Contrat Stratégique de la Filière Automobile 2018-2022*¹⁶⁸ ; ces dernières ont progressé d'un facteur 6,5. La part de ventes de voitures particulières hybrides rechargeables neuves observée est également plus importante que celle modélisée dans le scénario de référence de la SNBC 2.

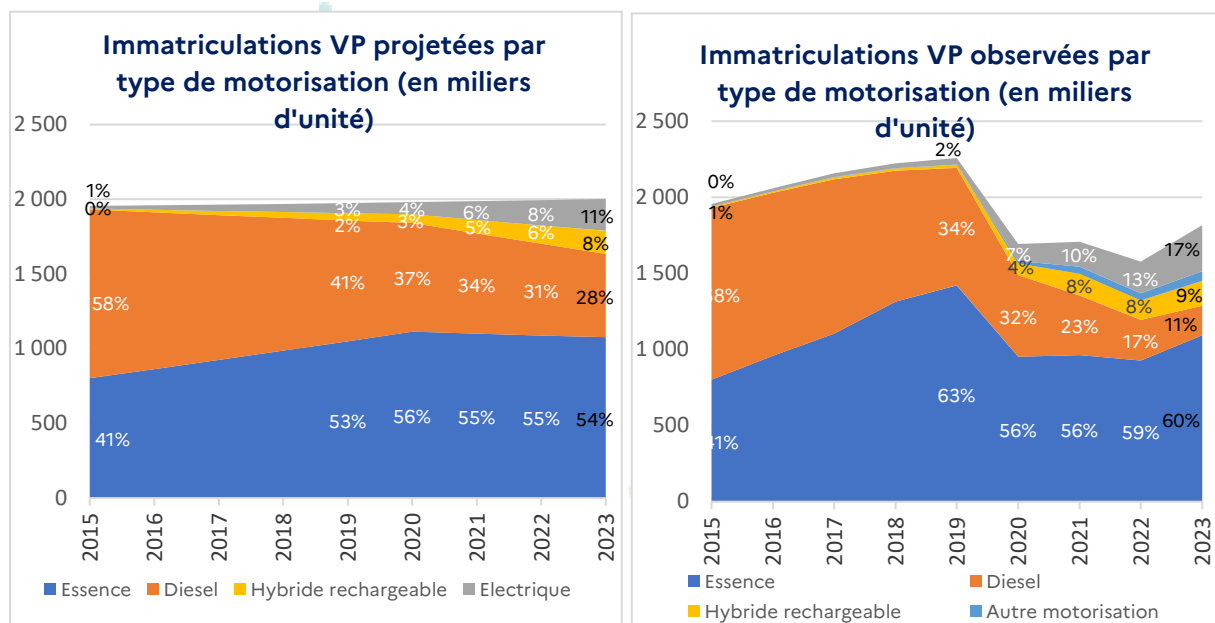


Figure 33 : Figure a (à gauche) : Immatriculations VP projetées par type de motorisation (source : DGEC) / Figure b (à droite) : Immatriculations VP observées par type de motorisation (source : SDES)

¹⁶⁸ Conseil National de l'Industrie, *Contrat Stratégique de la filière Automobile 2018-2022*, accessible en ligne à l'adresse : <https://pfa-auto.fr/wp-content/uploads/2018/09/DP-SCF-Automobile.pdf>

Concernant le segment des autobus et autocars, le scénario de référence de la SNBC 2 projetait un développement de l'électrification et du bioGNV dans les immatriculations de véhicules neufs. Les cibles de motorisation alternatives au diesel ont largement été dépassées : la part de ventes d'autobus et autocars électriques a largement progressé pour atteindre 12 % des ventes en 2023, contre 8 % projetée. Les motorisations au gaz, ont représenté 22 % des ventes d'autobus et autocars neufs en 2023, contre 6 % projetée. La part de marché du diesel recule, et n'occupe plus que 58 % des ventes, contre 82 % dans le scénario de référence de la SNBC 2.

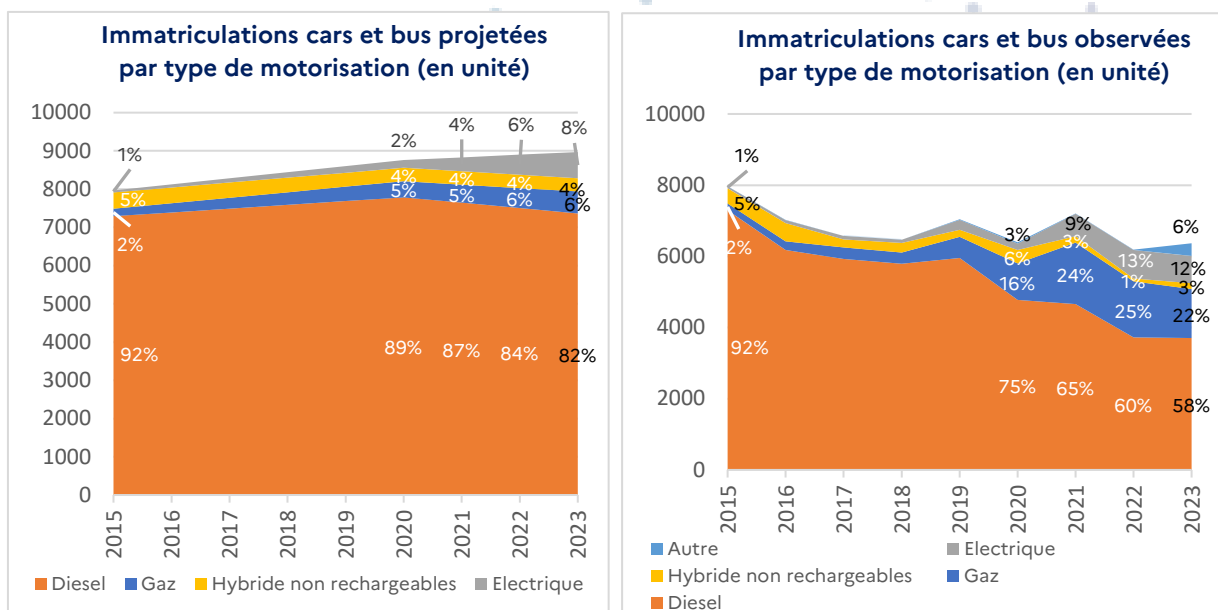


Figure 34 : Figure a (à gauche) : Immatriculations autobus et autocar projetées par type de motorisation (source : DGEC) / Figure b (à droite) : Immatriculations autobus et autocars observées par type de motorisation (source : SDES)

Performance énergétique des véhicules

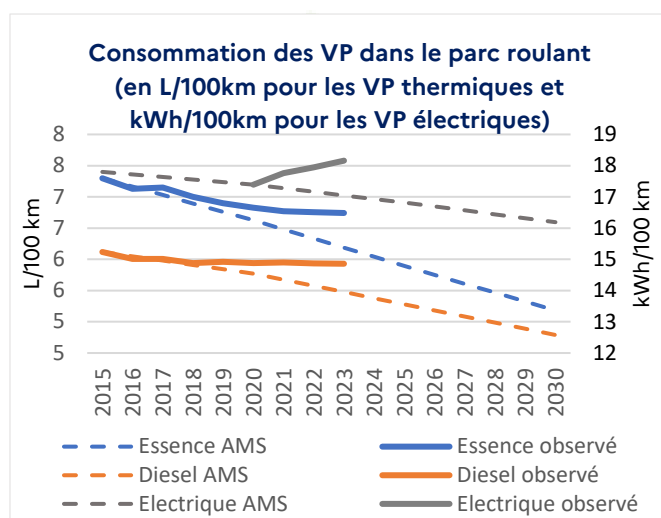
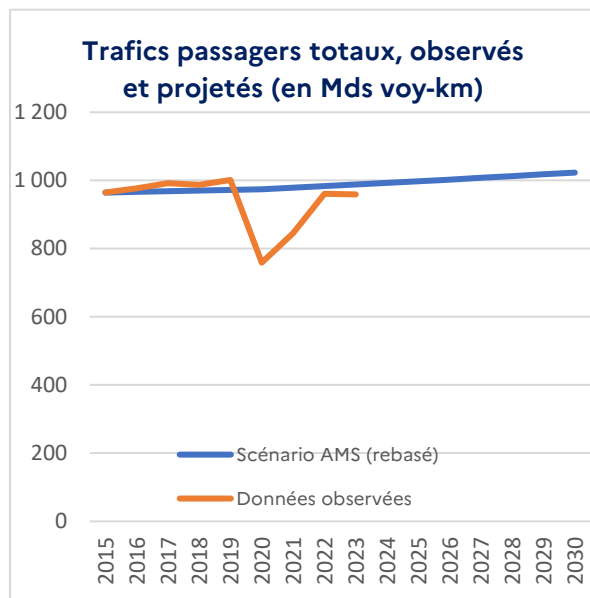


Figure 35 : Consommation pour 100 km des VP par motorisation (données parc roulant) (sources : DGEC, SDES)

Les gains d'efficacité énergétique observés dans le parc roulant ont été en retrait du scénario de référence de la SNBC 2. L'alourdissement des véhicules (1,29 tonnes en moyenne en 2012 contre 1,33 tonnes en 2022), a contrebalancé en partie les gains énergétiques réalisés sur les motorisations (en moyenne, une voiture émet 1,2 % de GES de moins qu'une voiture de même poids, carburant et puissance immatriculée l'année précédente). Pour favoriser l'achat de véhicules plus légers, un malus masse a été mis en place en 2022. Le ralentissement des ventes limite aussi la

pénétration de véhicules moins émetteurs, et contribue au vieillissement du parc (âge moyen de 9,1 ans en moyenne en 2012 contre 10,5 ans en 2022)¹⁶⁹.

Demande et report modal



La crise sanitaire a induit une réduction importante des volumes de voyageurs-km (-24 % au total entre 2019 et 2020), qui s'est traduite par une baisse des émissions associées en 2020 et 2021. Les déplacements reprennent à des niveaux en-deçà des volumes observés avant la crise (-4 % entre 2019 et 2022), et sont inférieurs à ceux projetés par la SNBC 2 (961 mds voy.km observés en 2022 contre 983 projetés). Ces évolutions des niveaux de trafics peuvent s'expliquer par un contexte socio-économique différent, une hausse du prix des carburants ainsi que des évolutions engendrées par le covid (recours au télétravail).

Figure 36 : Trafics passagers totaux (en milliards de voyageurs-km) observés et projetés (sources : DGEC / SDES)

Le scénario de référence de la SNBC 2 visait une **baisse de la part modale des voitures au profit des transports en commun, du ferroviaire et des mobilités douces** (la cible projetée en 2028 dans la *Stratégie de Développement de la Mobilité Propre*¹⁷⁰ était un report de -5 points par rapport à 2015 pour la voiture, reporté vers les transports en commun et le ferroviaire (+ 3 points) et le vélo (+ 2 points)). La tendance observée depuis 2015 s'inscrit dans cette dynamique, bien qu'à un rythme plus faible que celui projeté dans le scénario de référence. Sur un périmètre hors vélo, la part modale de la voiture diminue de 0,6 points contre 1,5 % projeté en 2023, tandis que les déplacements en autobus et autocars diminuent d'un demi-point, contre une augmentation visée de 0,4 %. En revanche, la part modale du ferroviaire est en ligne avec les projections du scénario de référence, passant de 10,9 % en 2015 à 12,1 % en 2023, pour 12 % visé, soit une croissance de +1,2 point de part modale.

Le ralentissement du report modal en milieu urbain par rapport aux objectifs s'explique en 2020 et 2021 par la crise du covid, qui a entraîné une diminution de la fréquentation des transports collectifs, puis par le développement du télétravail. La crise semble avoir contribué

¹⁶⁹ SDES, juillet 2023, *Quels freins à la baisse des émissions de gaz à effet de serre du parc automobile*, accessible en ligne à l'adresse : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/media/6498/download?inline>

¹⁷⁰ Ministère de la transition écologique, janvier 2019, *Stratégie de développement de la mobilité propre*, annexée à la planification pluriannuelle de l'énergie, accessible en ligne à l'adresse : <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27e%CC%81nergie.pdf>

à l'évolution des habitudes de mobilité des Français. Ces effets sont néanmoins difficiles à quantifier, et d'autres éléments conjoncturels peuvent aussi expliquer le recul de certains déplacements, comme l'inflation ou l'augmentation du prix des carburants. La **généralisation du télétravail** a contribué à réduire les déplacements domicile-travail, bien que les « effets rebonds » qu'il induit soient délicats à mesurer¹⁷¹.

Le trafic ferroviaire a cru fortement de 13%. En parallèle le trafic aérien hexagonal est en repli de 7,5%, dans un report modal favorable au ferroviaire.

La pratique du vélo connaît une **progression importante** par rapport à son niveau d'avant crise, en lien avec les politiques de développement d'aménagements cyclables et le Plan vélo : + 37 % de déplacements en 2023 par rapport à 2019¹⁷², et un presque doublement de la part modale des personnes prenant le vélo pour aller travailler entre 2015 et 2022 (de 2,0% à 3,6% des déplacements)¹⁷³ ; le scénario de référence de la SNBC 2 visait un triplement de la part modale du vélo entre 2015 et 2024.

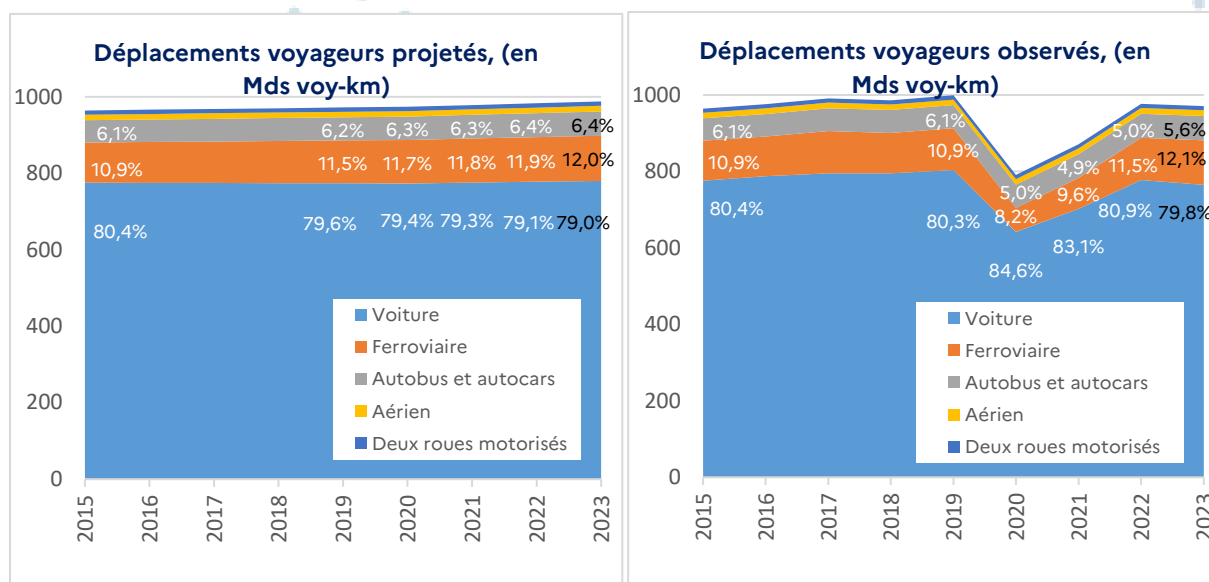


Figure 37 : Figure a (à gauche) : Déplacements voyageurs projetés, part modale et volume (source : DGEC) / Figure b (à droite) : Déplacements voyageurs observés, part modale et volume (source : SDES)

Emissions du secteur aérien

Les émissions de GES liées aux **transports aériens français** ont représenté 3 % du total domestique (hors soutes internationales) sur la période 2019-2023, et ont décru de 11 % entre 2019 et 2023.

¹⁷¹ France Stratégie, IGEDD, Novembre 2024, Note d'Analyse n°146, Les impacts territoriaux du télétravail, angle mort des politiques publiques, accessible en ligne à l'adresse : https://www.strategie.gouv.fr/files/2025-01/fs-2024-na146-teletravail-28_novembre_0.pdf

¹⁷² https://reseau-velo-marche.org/app/uploads/2025/09/Rapport_PNF_2023_VF.pdf

¹⁷³ Source : recensements de la population, volet emploi – domicile-travail (Insee)

Cette baisse peut s'expliquer par une diminution des déplacements professionnels en avion, en lien avec une plus grande « dématérialisation » des échanges (pérennisation des visioconférences post Covid), par le report modal vers le ferroviaire, ainsi que par des mesures visant à limiter l'usage de l'avion lorsque des alternatives existent (l'article 145 de la *loi Climat et résilience 2021* interdit l'exploitation de lignes aériennes lorsqu'une alternative d'une durée inférieure à deux heures trente assurée par le réseau ferroviaire existe).

Au contraire, le trafic international de passagers aériens en France (émissions non comptabilisées dans le secteur transport de la SNBC 2) poursuit sa croissance, et a dépassé de 1 % son niveau d'avant crise au dernier trimestre 2023¹⁷⁴.

► Transport de marchandises

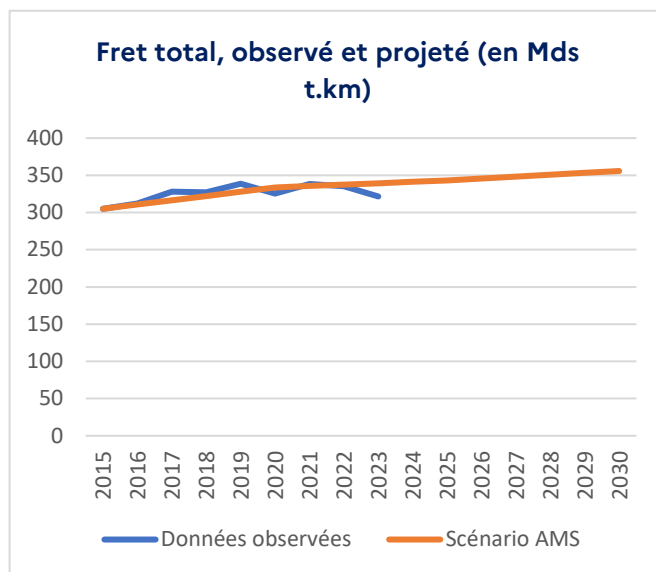
Décarbonation de l'énergie consommée et performance énergétique des véhicules

Les émissions de GES liées aux **transports de marchandises par poids lourds (PL)** ont représenté 23 % du total sur la période 2019-2023, et ont décru de 6 % entre 2019 et 2023. Le scénario de référence de la SNBC 2 visait un objectif de décarbonation des poids lourds neufs construit à partir d'un mix entre électrification, développement du bioGNV et recours aux biocarburants. Compte-tenu de la révision du bouclage biomasse et de la priorisation du biogaz vers d'autres secteurs, la stratégie de décarbonation des PL repose désormais dans la SNBC 3 sur l'électrification. Les projections **d'immatriculations de poids lourds électriques neufs ont été atteintes**, ces derniers représentant 1 % des ventes en 2023 et a continué à croître jusqu'en 2025 où les immatriculations de PL électriques représentent 2,3 % des ventes en ligne avec la cible de la SNBC2.

Les gains d'efficacité énergétique sont en ligne avec les projections du scénario de référence de la SNBC 2 (32,8 L/100 km observés en moyenne sur 2019-2023 contre 33,4 L/100 km projeté).

¹⁷⁴ Direction Générale de l'Aviation Civile, Note de conjoncture 4^{ème} trimestre 2023, accessible en ligne à l'adresse : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/note_conjoncture_trafic_aerien_4emetrimestre2023.pdf¹⁷⁵
Ministère de la Transition Ecologique, Octobre 2024, Synthèse du scénario avec mesures existantes 2024 (AME 2024), (chiffres rebasés sur le Secten 2025), accessible en ligne à l'adresse : <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenarios-avec-mesures-existantes>

Demande et report modal



En ce qui concerne le fret, la **réduction** des volumes de marchandises transportées induite par la crise Covid a été plus faible que celle observée pour le trafic voyageur (-7 % en 2020 par rapport à 2019). Après avoir repris dès 2021 au niveau de l'avant crise, le transport de marchandises a décru sur deux années consécutives. Il se situe en 2023 en dessous du niveau modélisé par le scénario de référence de la SNBC 2 (339 mds t.km projeté contre 322 mds t.km observé). Ici aussi, la décroissance peut en partie s'expliquer par un contexte socio-économique défavorable.

Figure 38 : Fret total, observé et projeté (en mds t.km)
(sources : DGEC, SDES)

La **SNBC 2 visait une stabilisation des parts modales**, notamment pour le fret ferroviaire, qui connaît depuis plusieurs années un large recul. En 2021 et 2022, la **part de marchandises transportées par le rail** a connu un rebond important, avant de décroître à son plus bas niveau en 2023, et **reste en-deçà de la cible du scénario de référence de la SNBC 2** (9,1 % observé contre 11,9 % projeté). Le transport fluvial recule également, passant de 2,4 % en 2019 à 1,8 % en 2023.

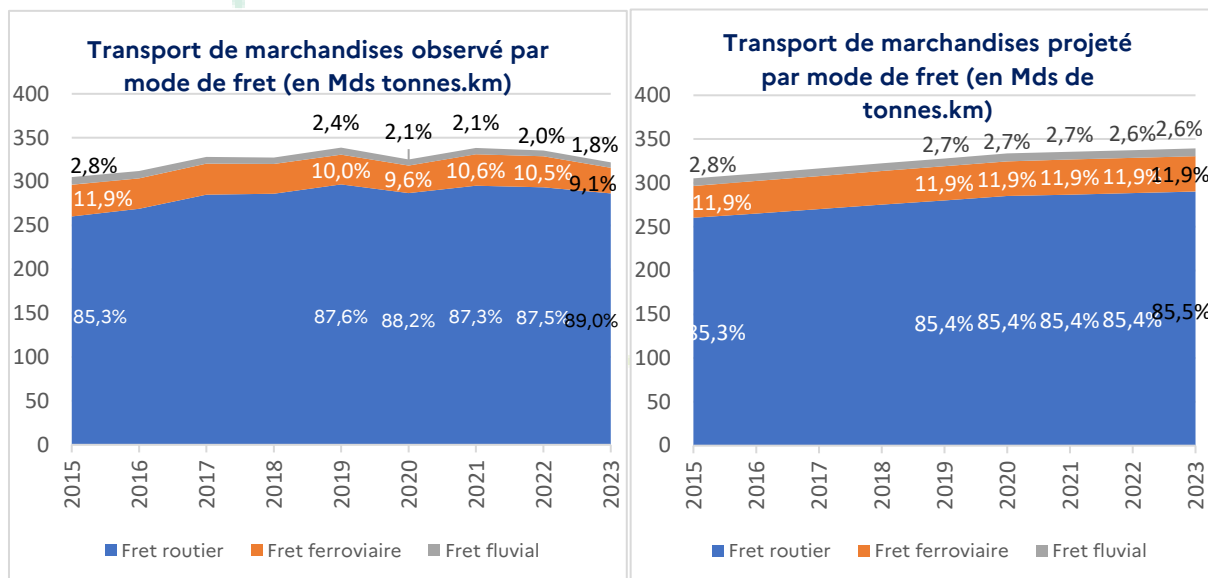


Figure 39 : Figure a (à gauche) : Transport de marchandises observé par mode de fret (en mds de t.km) (source : SDES) / Figure b (à droite) : Transport de marchandises projeté par mode de fret (en mds de t.km) (source : DGEC)

Décarbonation des véhicules utilitaires légers

Les émissions de GES liées aux **véhicules utilitaires légers (VUL)** ont représenté 15 % du total sur la période 2019-2023, et ont décru de 4 % entre 2019 et 2023. A l'instar des trafics VP et PL, les volumes de déplacements en VUL ont diminué de 4 % en 2023 par rapport à 2019. La croissance du trafic ayant été plus importante que celle projetée entre 2015 et 2019, les déplacements en VUL se situent en 2023 au niveau modélisé par le scénario de référence de la SNBC 2. La part des ventes de VUL électriques neufs suit également le scénario de référence de la SNBC 2 : 8 % des immatriculations concernent des VUL électriques neufs, contre 7 % modélisé par la SNBC 2. Toutefois, à l'instar des voitures particulières, les gains énergétiques observés ne sont pas aussi importants que ceux modélisés : un gain énergétique d'un point a été observé sur la période, alors que le scénario de référence de la SNBC 2 tablait sur une réduction de 4 % de consommation de carburant.

4. Les politiques actuellement en vigueur permettent d'envisager une poursuite de la baisse des émissions dans les transports dans les prochaines années

Le Scénario « Avec Mesures Existantes » 2024¹⁷⁵ est un exercice de prospective permettant d'évaluer la trajectoire actuelle d'émissions de gaz à effet de serre de la France, en prenant en compte l'ensemble des politiques publiques déjà adoptées jusqu'au 31 décembre 2023.

Dans le scénario AME 2024, **les émissions des transports baissent de 17 % en 2030 par rapport à 2022** en lien avec l'électrification du parc roulant sous l'effet des règlements européens (hors assouplissements décidés pour l'année 2025 après la date de modélisation) et des politiques nationales (avec l'hypothèse d'un maintien des aides à l'acquisition de véhicules électriques jusqu'en 2027), le renforcement du taux d'incorporation des biocarburants via la TIRUERT et les tendances de baisse des consommations énergétiques. En 2030, les émissions dépassent de 10 Mt CO₂e l'objectif de la SNBC 2 (110 Mt CO₂e au lieu de 100 Mt CO₂e).

Au-delà de 2030 les émissions de GES continuent de baisser en raison du renouvellement du parc roulant et des règlements européens qui fixent des objectifs de long terme sur la baisse des émissions des véhicules neufs et des objectifs de taux d'incorporation de carburants durables dans l'aérien, pour atteindre 41 Mt CO₂e en 2050.

¹⁷⁵ Ministère de la Transition Ecologique, Octobre 2024, Synthèse du scénario avec mesures existantes 2024 (AME 2024), (chiffres rebasés sur le Secten 2025), accessible en ligne à l'adresse : <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenarios-avec-mesures-existantes>

5. Vers la SNBC 3

Ce bilan a permis d'identifier les leviers les mieux engagés et de mettre en lumière les points de vigilance. Ce travail continu est par ailleurs nécessaire afin d'aligner les hypothèses structurantes de la SNBC 3 sur les dynamiques en cours, et d'amener l'Etat à pérenniser ou renforcer son action.

- **Sur un certain nombre de leviers, les objectifs ont été atteints**, et la SNBC 3 vise à aller plus loin : l'électrification du parc de VP est plus rapide dans la SNBC 3, avec des objectifs plus ambitieux que la SNBC 2 en lien avec les règlements européens renforcés en matière d'émissions de CO₂ des véhicules neufs.
- **Pour d'autres leviers, les dynamiques vont dans le bon sens, mais accusent toutefois un léger retard par rapport aux hypothèses du scénario de référence de la SNBC 2**. Il est alors primordial de poursuivre les efforts pour rester sur les trajectoires projetées dans la SNBC 3. Le report modal voyageurs s'est ainsi effectué dans un sens favorable aux modes décarbonés sans toutefois atteindre pleinement le niveau de report modal visé.
- **Certains leviers essentiels ne sont pas engagés sur la bonne trajectoire**. Ces derniers ne sont pas remis en cause dans la SNBC 3, car ils sont structurants pour respecter les objectifs de décarbonation du secteur. Il est alors indispensable prendre des orientations fortes afin d'inverser la tendance. C'est notamment le cas du fret ferroviaire, où la *Stratégie Nationale pour le Développement du Fret Ferroviaire* publiée en septembre 2021 et adoptée par décret en mars 2022¹⁷⁶ vise à doubler sa part modale en 2030 passant ainsi de 9 % à 18 %.
- **Enfin, certaines orientations prises lors de la SNBC 2 sont revues dans la SNBC 3**. Par exemple, l'électrification du parc est plus importante et se substitue au développement du bioGNV désormais limité en raison des contraintes liées au bouclage biomasse et de la priorisation du biogaz vers d'autres secteurs.

¹⁷⁶ Décret n° 2022-399 du 18 mars 2022 approuvant la stratégie pour le développement du fret ferroviaire, accessible en ligne à : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000045382203>

D. Agriculture

1. Bilan du budget carbone 2019-2023, émissions de GES

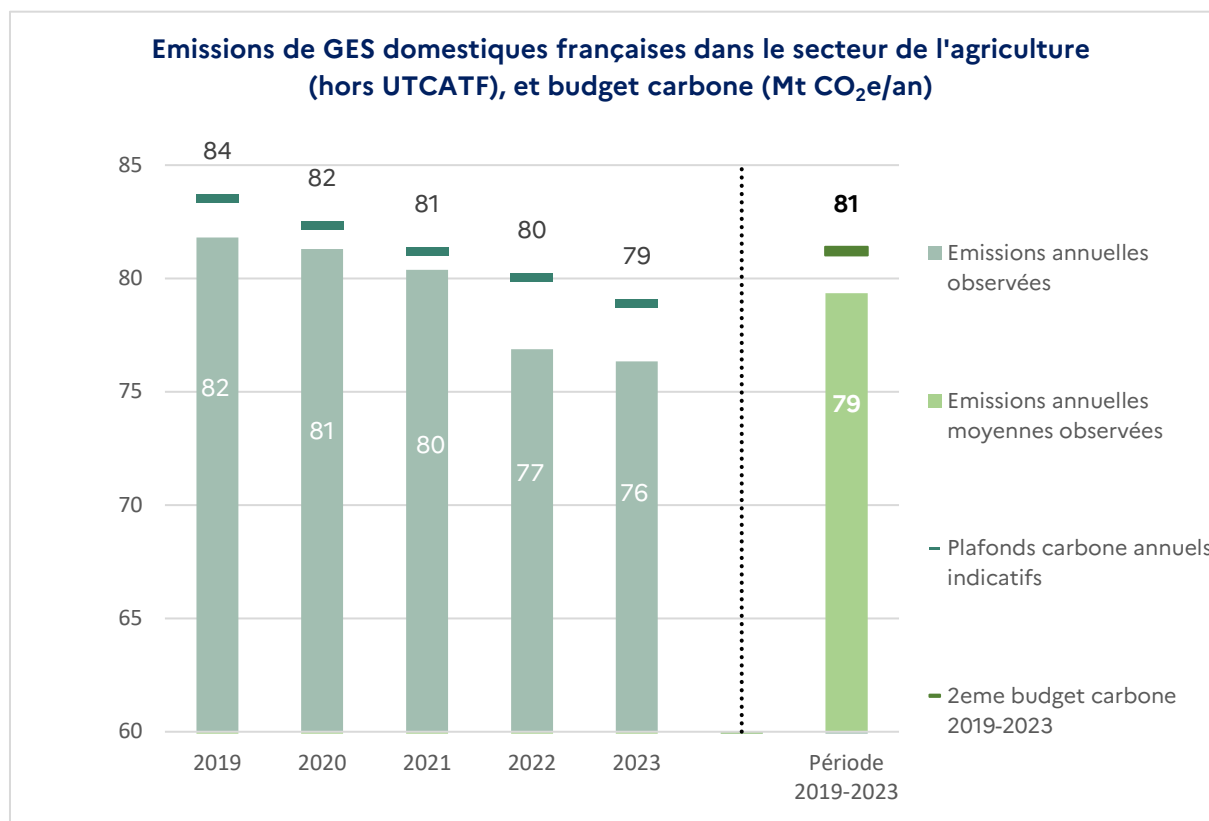


Figure 40 : Emissions de GES domestiques françaises dans le secteur de l'agriculture (hors UTCATF), plafonds carbone indicatifs, et budget carbone annuel 2019-2023 (sources : Citepa, DGEC)

La SNBC 2 prévoyait un budget carbone de 81 Mt CO₂e/an en moyenne¹⁷⁷ (406 Mt CO₂e au total) pour le secteur de l'agriculture sur la période 2019-2023. **Ce budget carbone est respecté**, avec une marge de 2 Mt/an (9 Mt CO₂e au total). Le secteur de l'agriculture se place en deçà des budgets carbone annuels indicatifs pour toutes les années, avec une marge allant de 0,8 Mt CO₂e (en 2020) à 3,2 Mt CO₂e (en 2022).

¹⁷⁷ Le code de l'environnement (Article D. 222-1-B) prévoit la réalisation d'un ajustement technique des budgets carbone pour chaque période si les changements de méthodologie des inventaires d'émissions de gaz à effet de serre conduisent à des modifications de plus de 1 % des valeurs des années de référence ayant servi pour les scénarios de la SNBC (1990, 2005 et 2015). Ces ajustements « techniques » ont vocation à conserver la cohérence de la trajectoire initialement retenue, en maintenant les mêmes réductions sectorielles et par gaz en « valeur relative » par rapport à l'année 2005. **Les budgets carbone annuels indicatifs de la deuxième période, ont été ajustés au regard de l'inventaire national 2025 des émissions de gaz à effet de serre du Citepa (Secten 2025) :** https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/20260616-Ajustement_BC-2019-2023_vF_0.pdf

2. Rappel des principaux leviers de la SNBC 2 :

La décarbonation du secteur de l'agriculture reposait sur 3 leviers majeurs, relevant du développement des principes de l'agroécologie et de l'agriculture de précision, engageant plusieurs hypothèses structurantes¹⁷⁸ dans le scénario de référence de la SNBC 2¹⁷⁹ :

- **Réduction des émissions associées à l'élevage :** réduction des émissions de la fermentation entérique et meilleure gestion des effluents via la couverture des fosses et la méthanisation.
- **Réduction des émissions liées aux cultures :** meilleure gestion de la fertilisation permettant notamment une diminution du recours aux engrais minéraux azotés, évolution des cultures (davantage de cultures à bas niveaux d'intrants, développement des légumineuses permettant de fixer l'azote atmosphérique), recours accru à des pratiques agricoles respectueuses et plus intégrées.
- **Réduction des émissions associées aux consommations énergétiques** des engins et infrastructures agricoles.

En outre, la transition du secteur de l'agriculture permet également de **réduire ses émissions indirectes**, et de contribuer à la **décarbonation d'autres secteurs** :

- Le recours plus faible à la fertilisation minérale induit une **réduction des émissions industrielles** liées à la production des engrais minéraux.
- Les changements de pratiques agricoles (agroforesterie, développement de couverts végétaux, maintien des surfaces de prairies et de milieux humides) permettent une **réduction des émissions des sols agricoles** (comptabilisée dans le secteur UTCATF).
- Enfin, la valorisation des effluents d'élevage ou le développement de cultures intermédiaires à vocation énergétique accroît la disponibilité en biogaz et en biocarburants, et **accroît la production d'énergie décarbonée**.

Il faut enfin noter que la transition du secteur agricole permet de réduire l'empreinte carbone de la France (réduction des importations d'engrais minéraux et de concentrés – notamment soja – pour l'alimentation des animaux).

¹⁷⁸ La liste des hypothèses décrites ci-dessous n'est pas exhaustive, pour plus de détails, se référer à la Synthèse du scénario de référence de la stratégie française pour l'énergie et le climat, accessible en ligne à l'adresse : <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenario-de-reference>

¹⁷⁹ Les chiffres rappelés en partie 2 et inscrits dans les documents de planification publiés en septembre 2020 sont issus des modélisations réalisées à partir des données de référence de 2015. Depuis, des changements de méthodologie ont conduit à des variations significatives pour certaines données observées. Dès lors, afin d'assurer la cohérence technique avec les méthodologies retenues lors de la conception de la SNBC 2, et permettre la comparaison avec les données observées en partie 3, des ajustements techniques ont été effectués.

3. Analyse des facteurs de l'évolution récente des émissions de l'agriculture vis-à-vis des cibles du scénario de référence de la SNBC 2

► Bilan des émissions liées à l'élevage

Les émissions de GES liées à l'élevage ont représenté en moyenne 61 % des émissions de l'agriculture sur la période 2019-2023, et ont décliné de 8 % entre 2019 et 2023, soit un rythme annuel de -1,6 %. L'élevage bovin contribue pour 84 % à ces émissions.

Le scénario de référence de la SNBC 2 projetait également une **réduction des émissions de méthane par tête de bovin**, via une réduction des émissions de la fermentation entérique et une meilleure gestion des déjections. Depuis 2010, on observe une tendance à la croissance des émissions de méthane par tête (+0,1 %/tête/an), mais celle-ci est plus faible que les tendances d'augmentation du poids moyen par tête (+0,6 %/tête/an en moyenne entre 2010 et 2024 pour les bovins finis) et d'augmentation de la production laitière par tête (+1,2 %/tête/an en moyenne entre 2010 et 2024)¹⁸⁰. Les émissions de méthane par tête augmentent donc moins vite que la production par tête ce qui correspond à une **diminution de l'intensité carbone du lait et de la viande français**. Cette évolution s'explique notamment par le développement du stockage des effluents et l'augmentation de la productivité dans les élevages¹⁸¹. En particulier sur la période 2019-2023, on observe un ralentissement de la tendance et une stabilisation des émissions par tête.

La méthanisation, permettant de réduire les émissions de méthane liées aux déjections, se développe à un rythme soutenu. Ainsi, l'**objectif de production de biométhane** indiqué par la PPE 2 a été **dépassé** (9 TWh de biométhane ont été injectés dans le réseau en 2023, contre une cible de 6 TWh)¹⁸². Afin de renforcer les efforts de décarbonation de l'élevage bovin, l'Etat s'est engagé en 2024 à travers son *plan gouvernemental renforcé de reconquête de notre souveraineté sur l'élevage*¹⁸³ à financer des innovations et pratiques visant à baisser les émissions à travers des appels à projets.

¹⁸⁰ Ces données sont obtenues à partir de l'inventaire Secten et de la Statistique agricole annuelle Agreste, ces dernières étant accessible en ligne à : <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/SAA-SeriesLongues/detail/>

Citepa, Secten 2025, accessible en ligne à : https://www.citepa.org/wp-content/uploads/2025/06/Citepa_Secten-2025.pdf

¹⁸¹ Haut Conseil pour le Climat, Janvier 2024, accélérer la transition climatique avec un système alimentaire bas carbone, résilient et juste, accessible en ligne à https://www.hautconseilclimat.fr/wp-content/uploads/2024/01/2024_HCC_Alimentation_Agriculture_25_01_webc_vdef_c.pdf

¹⁸² Commission de Régulation de l'Energie, décembre 2024, Bilan technique et économique des installations de production de biométhane injecté (hors STEP et ISDND), accessible en ligne à https://www.cre.fr/fileadmin/Documents/Rapports_et_etudes/2024/Rapport_Bilan_technique_economique_biomethane_injecte.pdf

¹⁸³ Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire, mai 2024, accessible en ligne à : <https://agriculture.gouv.fr/sia2024-lancement-du-plan-gouvernemental-renforce-de-reconquete-de-notre-souverainete-sur-lelevage>

► Bilan des émissions liées aux cultures

Les émissions de GES liées aux cultures ont représenté 27 % des émissions sur la période, et ont decru de 10 % entre 2019 et 2023, soit un rythme annuel de réduction de -2,1 %. L'usage d'engrais et d'amendements minéraux contribue pour 50 % à ces émissions. **Le volume d'azote livré en fertilisation minérale est en baisse** depuis les années 2018-2019, et se situe en dessous des projections du scénario de référence de la SNBC 2 (1,6 MtN observé en 2022 contre 1,8 MtN projeté dans le scénario de référence de la SNBC 2). Cette baisse s'explique principalement par une très forte augmentation du prix des engrais¹⁸⁴ (+150 % entre début 2020 et mi 2022), liée dans un premier temps à la crise Covid puis accentuée par l'envolée des prix de l'énergie suite à la guerre en Ukraine. De plus, les mauvaises conditions climatiques et l'évolution des cours mondiaux ont amené certains exploitants à abandonner des cultures, comme le maïs, pour se tourner vers d'autres nécessitant moins de charges, notamment en engrais, comme le tournesol¹⁸⁵. D'autre part, le **développement du bio**, dont le cahier des charges interdit l'usage d'engrais minéraux, **est inférieur aux modélisations du scénario de référence de la SNBC 2**. Après plus de 10 ans d'une croissance, le secteur biologique connaît une crise profonde depuis 2021 : le rythme de conversion de SAU est en baisse (6 % des SAU en grandes cultures est certifiée en agriculture biologique en 2023, contre 23 % modélisée dans le scénario de référence de la SNBC 2), et une diminution de la consommation globale est aussi enregistrée depuis 2020¹⁸⁶. Pour pallier à ce retard, le gouvernement a mis en place et renforcé des outils visant à accroître la demande de produits bio (notamment en restauration collective avec l'objectif de la loi EGalim d'au moins 20 % des achats de produits bio et a apporté un

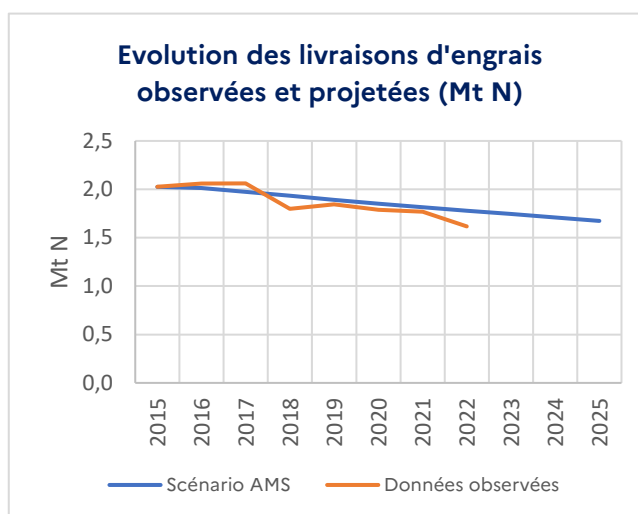


Figure 41: Evolution des livraisons d'engrais observées et projetées (en MtN) (sources : UNIFA, DGEC)

¹⁸⁴ FranceAgriMer, octobre 2024, Étude sur le fonctionnement général du marché des engrais minéraux dans la situation spécifique des filières grandes cultures, accessible en ligne : https://www.franceagrimer.fr/content/download/74960/document/ETU-MUL-Engrais_mineraux_et_grandes_cultures_2024.pdf

¹⁸⁵ Les Echos, juillet 2023, Trop assoiffé, la culture du maïs perd du terrain en France, accessible en ligne à : <https://www.lesechos.fr/industrie-services/conso-distribution/trop-assoiffee-la-culture-du-mais-perd-du-terrain-en-france-1958387>

¹⁸⁶ Secrétariat Général à la Planification Ecologique, Mai 2024 Agriculture : synthèse de la mise en œuvre du plan, accessible à : <https://www.info.gouv.fr/upload/media/content/0001/10/ab728de5a80b653b6fd41721d8da13a9008120f9.pdf>

soutien financier aux exploitations en difficulté (104 M€ débloqués en 2023 à travers différents dispositifs d'aide)^{187 188}.

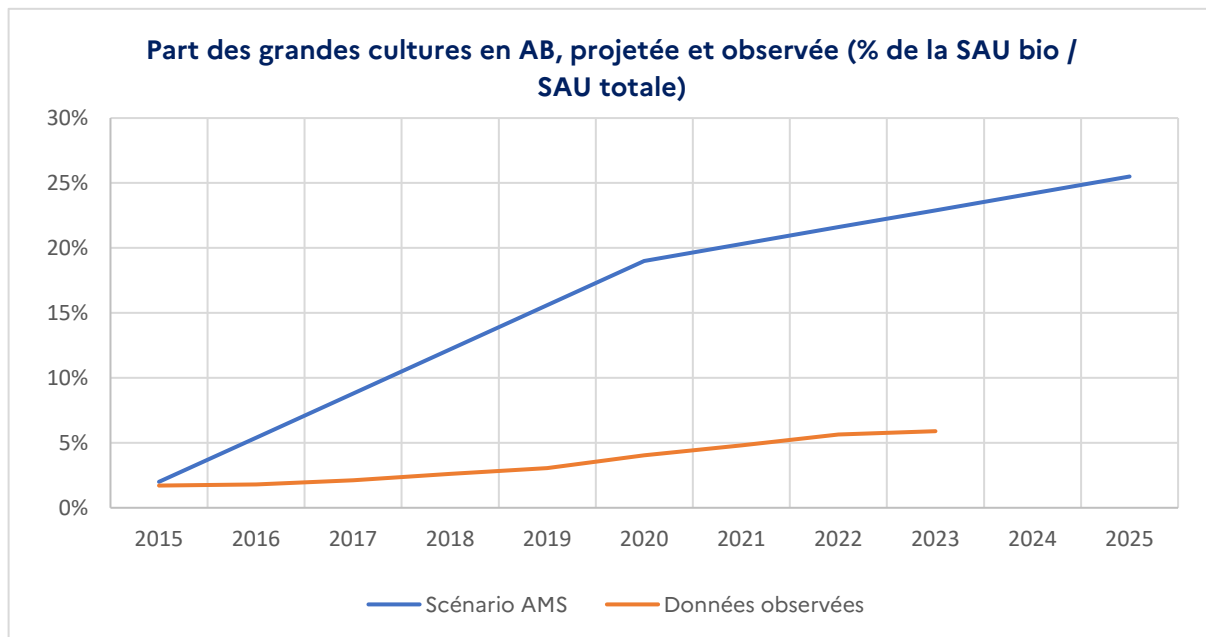


Figure 42 : Part des grandes cultures en agriculture biologique (rapport de SAU), observée et projetée (sources : l'Agence Bio, DGEC)

Le **développement des légumineuses**, qui permettent de fixer l'azote atmosphérique, ralentit après une période de croissance importante lors de la décennie précédente. En raison notamment des aléas climatiques, d'un manque de compétitivité par rapport aux importations, des fluctuations des prix de marché et d'une moindre valorisation par rapport à d'autres productions, les évolutions de surfaces depuis 2021 présentent une instabilité pour les légumineuses à graines, alors que les légumineuses fourragères (illustrée ci-dessous par les prairies artificielles enssemencées exclusivement de légumineuses fourragères) ont poursuivi leur hausse. Grâce à ces dernières, les surfaces de légumineuses dépassent les projections du scénario de référence de la SNBC 2 sur la période 2019-2023. Enfin, les rendements des cultures protéagineuses suivent une tendance à la baisse, comme le pois protéagineux. La Stratégie nationale sur les protéines végétales, publiée par le gouvernement en 2021, repose sur une approche à l'échelle de l'ensemble du système alimentaire. Elle vise à agir sur les différents

¹⁸⁷ Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire, décembre 2023, Agriculture Biologique : augmentation de l'enveloppe budgétaire de soutien aux exploitations en agriculture biologique ayant subi des pertes économiques importantes, accessible en ligne à : <https://agriculture.gouv.fr/agriculture-biologique-augmentation-de-lenveloppe-budgetaire-de-soutien-aux-exploitations-en>

¹⁸⁸ Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire, mars 2023, Circulaire ministérielle sur la mise en œuvre d'un fonds d'urgence pour accompagner les exploitations en agriculture biologique en difficulté, accessible en ligne à : https://draaf.normandie.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/20230323-circ_fond_urgence_bio.pdf

maillons des chaînes de valeur et en valorisant la complémentarité entre les filières végétales et animales pour encourager le développement des légumineuses¹⁸⁹.

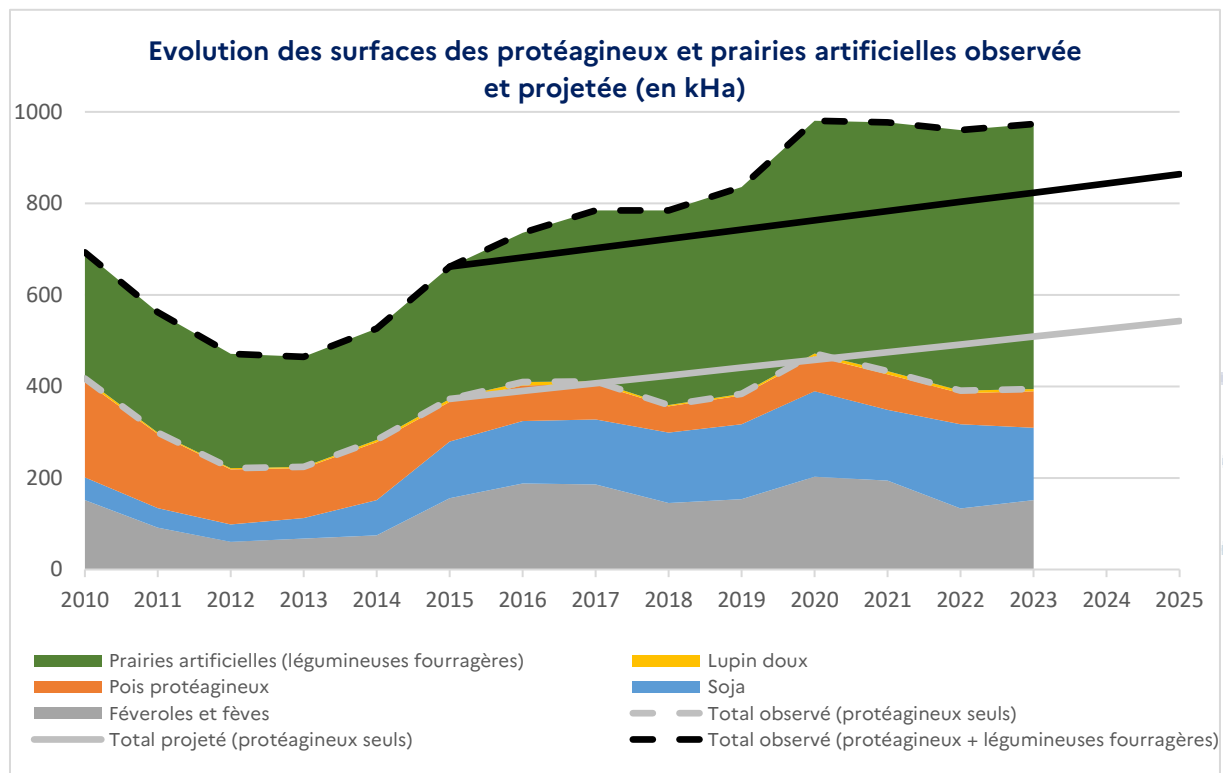


Figure 43 : Evolution des surfaces de protéagineux et prairies artificielles observée et projetée (en kHa)
(sources : Agreste, DGEC)

► Bilan des émissions énergétiques

Les émissions de GES liées aux consommations énergétiques ont représenté 13 % des émissions sur la période, et sont restées stables entre 2019 et 2023. Dans ce secteur, les objectifs de long terme de la SNBC 2 sont ambitieux, visant une décarbonation complète à l'horizon 2050.

¹⁸⁹ Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire, décembre 2021, Stratégie nationale sur les protéines végétales, accessible en ligne à : <https://agriculture.gouv.fr/batir-notre-souverainete-alimentaire-en-protéines-vegetales-0>

4. Les politiques actuellement en vigueur permettent d'envisager une poursuite de la baisse des émissions dans l'agriculture dans les prochaines années

Le Scénario « Avec Mesures Existantes » (AME) 2024¹⁹⁰ est un exercice de prospective permettant d'évaluer la trajectoire actuelle d'émissions de gaz à effet de serre de la France, en prenant en compte l'ensemble des politiques publiques déjà adoptées avant le 31 décembre 2023.

Dans le scénario AME 2024, les émissions de l'agriculture baissent de 5,9 % en 2030 par rapport à 2022, du fait de la poursuite de la réduction des apports minéraux azotés, de l'augmentation de la surface des légumineuses et du développement de l'agriculture biologique (atteignant 21 % des surfaces de grandes cultures en 2030) en cohérence avec le Plan Stratégique National 2023-2027, ainsi que de la diminution des émissions de l'élevage. En 2030, les émissions du scénario AME 2024 dépassent de 3 Mt CO₂e l'objectif de la SNBC 2 (72 Mt CO₂e au lieu de 69), justifiant le besoin de nouvelles mesures explorées dans le scénario « Avec Mesures Supplémentaires » (AMS).

Au-delà de 2030, les émissions de GES continuent de baisser dans l'AME 2024 et atteignent alors 63 Mt CO₂e en 2050 contre 46 Mt CO₂e projetés dans la SNBC 2.

5. Vers la SNBC 3

Ce bilan a permis d'identifier les leviers les mieux engagés et de mettre en lumière les points de vigilance. Ce travail continu est par ailleurs nécessaire afin d'aligner les hypothèses structurantes de la SNBC 3 sur les dynamiques en cours, et d'amener l'Etat à pérenniser ou renforcer son action.

- **Sur un certain nombre de leviers, les objectifs ont été atteints.** La SNBC 3 reprend ou ajuste les hypothèses dans un souci de crédibilité vis-à-vis des tendances, tandis que des mesures politiques sont prises pour sécuriser ces avancées : par exemple, le Gouvernement s'est engagé lors du Conseil de Planification Ecologique du 31 mars 2025 à la préparation d'un plan de souveraineté « Engrais »¹⁹¹, de sorte à pérenniser la baisse de consommation de fertilisants azotés. Après un maximum en 2022, le prix des engrais s'est réduit mais reste durablement plus élevé que la situation pré-2020 (+60 %). L'entrée en vigueur de la surtaxe sur les engrais russes et biélorusses devrait également contribuer à une augmentation du prix des engrais.
- **Pour d'autres leviers, les dynamiques vont dans le bon sens**, mais accusent toutefois un léger retard par rapport aux hypothèses du scénario de référence de la SNBC 2. Il est

¹⁹⁰ Ministère de la Transition Ecologique, Octobre 2024, Synthèse du scénario avec mesures existantes 2024 (AME 2024), (chiffres rebasés sur le Secten 2025), accessible en ligne à l'adresse : <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenarios-avec-mesures-existantes>

¹⁹¹ Elysée, mars 2025, 4^{ème} conseil de planification écologique, accessible en ligne à : <https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2025/03/31/4eme-conseil-de-planification-ecologique>

alors primordial de poursuivre les efforts pour rester sur les trajectoires projetées dans le nouvel exercice. Ainsi, concernant la production de légumineuses, le Gouvernement s'est engagé en mars 2025 lors du Conseil de Planification Ecologique à poursuivre le soutien à la production de légumineuses à travers le « Plan protéines végétales ». Par ailleurs, la Stratégie nationale pour l'alimentation, la nutrition et le climat (SNANC), détermine, comme le prévoit la loi Climat et Résilience, les orientations de la politique de l'alimentation et de la nutrition à horizon 2030. Elle s'articule avec les autres stratégies et plans d'action nationaux, et notamment le volet alimentation de la SNBC, pour assurer la cohérence de l'action publique sur les leviers à mobiliser pour accompagner la transition vers une alimentation saine et durable pour tous. La transformation des environnements alimentaires tout comme la sensibilisation et l'éducation à l'alimentation, à travers des politiques déclinées à l'échelle régionale et territoriale, seront mobilisées pour atteindre l'ensemble des objectifs, y compris ceux définis dans la SNBC.

- **Certains leviers essentiels ne sont pas engagés sur la bonne trajectoire.** Ces derniers ne sont pas remis en causes dans la SNBC 3, car ils sont indispensables pour respecter les objectifs de décarbonation du secteur. C'est le cas par exemple du développement de l'agriculture biologique, soutenue à travers le programme Ambition Bio 2027.
- Comme lors des précédents exercices, la SNBC 3 ne se limitera pas à l'atténuation des gaz à effet de serre, elle assurera la cohérence globale en synergie avec les autres enjeux essentiels comme l'adaptation au changement climatique (à travers la gestion équilibrée de l'eau, la modification d'itinéraires agronomiques ou des choix de système) ; la préservation de la biodiversité ; la préservation des stocks de carbone des écosystèmes, le maintien de la fertilité des sols avec un retour suffisant de matière organique et d'éléments nutritifs ; l'enjeu de protection des cultures tout en diminuant les impacts environnementaux liés aux intrants.

E. Industrie

1. Bilan du budget carbone 2019-2023, émissions de GES

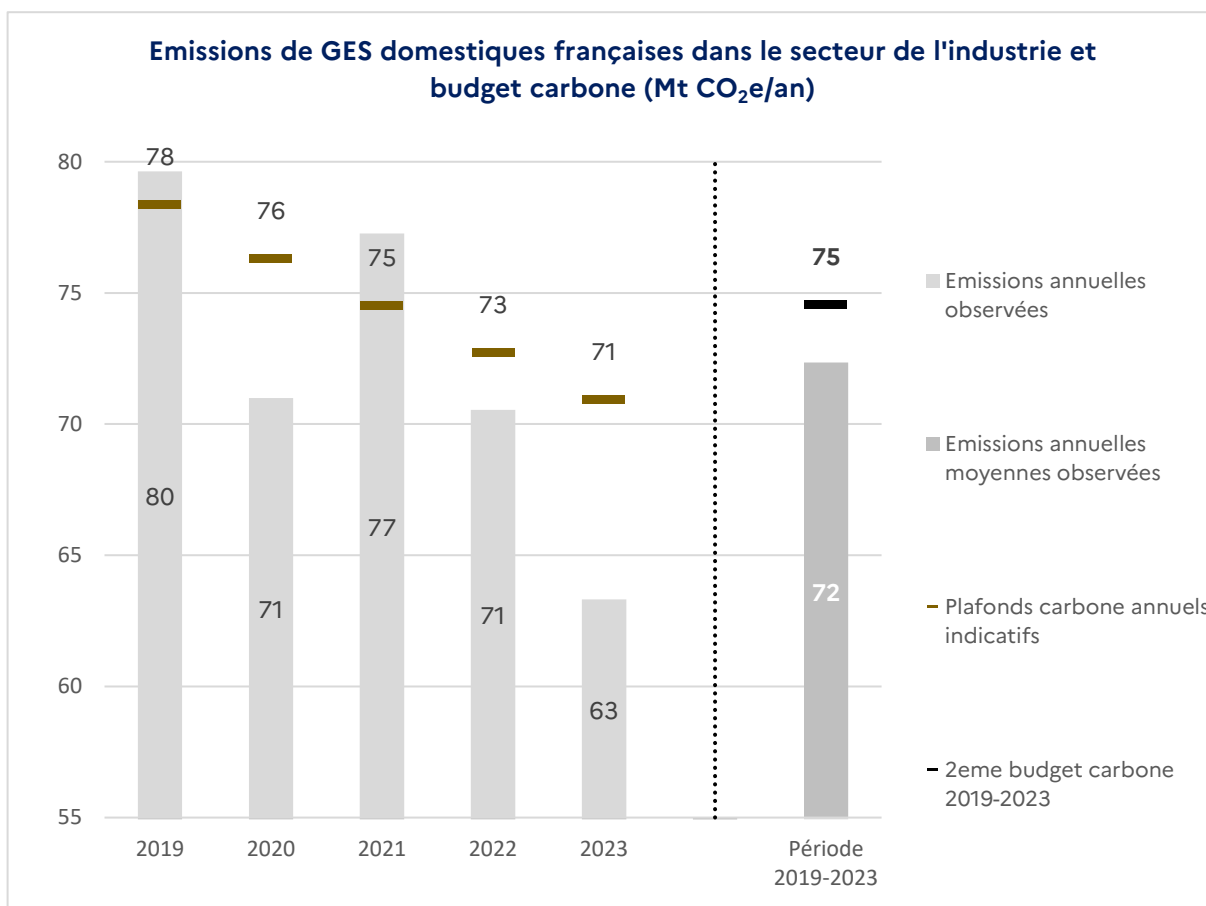


Figure 44 : Emissions de GES domestiques françaises dans le secteur de l'industrie, plafonds carbone indicatifs, et budget carbone annuel 2019-2023 (sources : Citepa, DGEC)

La SNBC 2 prévoyait un budget carbone de 75 Mt CO₂e/an en moyenne¹⁹² (373 Mt CO₂e au total) pour le secteur de l'industrie sur la période 2019-2023. **Ce budget carbone est respecté**, avec une marge de 2 Mt CO₂e/an (11 Mt CO₂e au total). Le secteur de l'industrie se place en deçà des budgets carbone annuels indicatifs pour les années 2020 (crise covid), 2022 et 2023, mais au-dessus pour les années 2019 et 2021 (relance post-covid).

¹⁹² Le code de l'environnement (Article D. 222-1-B) prévoit la réalisation d'un ajustement technique des budgets carbone pour chaque période si les changements de méthodologie des inventaires d'émissions de gaz à effet de serre conduisent à des modifications de plus de 1 % des valeurs des années de référence ayant servi pour les scénarios de la SNBC (1990, 2005 et 2015). Ces ajustements « techniques » ont vocation à conserver la cohérence de la trajectoire initialement retenue, en maintenant les mêmes réductions sectorielles et par gaz en « valeur relative » par rapport à l'année 2005. **Les budgets carbone annuels indicatifs de la deuxième période, ont été ajustés au regard de l'inventaire national 2025 des émissions de gaz à effet de serre du Citepa (Secten 2025) :** https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/20260616-Ajustement_BC-2019-2023_vF_0.pdf

2. Rappel des principaux leviers de la SNBC 2 :

Le secteur de l'industrie comprend différents sous-secteurs, auxquels il sera fait référence dans la suite du bilan : « Chimie », « Agro-alimentaire », « Métallurgie », « Minéraux non métalliques », « Papier, carton », « Construction », « Biens d'équipements, matériels de transport », « Autres industries manufacturières ». Les émissions du secteur de l'industrie peuvent être distinguées selon deux catégories. D'un côté, les émissions énergétiques qui résultent de la combustion de combustibles fossiles pour la production de chaleur, de vapeur ou d'électricité utilisée dans les processus industriels, et de l'autre les émissions non-énergétiques, ces dernières résultant des processus de fabrications. A noter : les activités liées à la production d'énergie (raffinage, centrale de production d'électricité, extraction de combustibles) ne sont pas retenues dans le secteur de l'industrie manufacturière.

La décarbonation du secteur de l'industrie reposait sur 5 leviers majeurs, engageant plusieurs hypothèses structurantes¹⁹³, dans le scénario de référence de la SNBC 2¹⁹⁴ :

- **Réduction de la consommation d'énergie** : la consommation d'énergie finale décroît de 14 % en 2030 et 19 % en 2050 par rapport à 2015. Ceci est permis par des gains d'efficacité énergétique compris entre 20 % et 40 % entre 2015 et 2040 en fonction du potentiel des filières. La récupération d'énergie de 15 TWh de chaleur fatale est également projetée en 2050.
- **Décarbonation de l'énergie utilisée** : électrification du secteur (38 % de l'énergie finale consommée en 2015, contre 41 % en 2030 et 74 % en 2050 projetée dans le scénario de référence de la SNBC 2), conversion au biogaz (12 % de la consommation en 2050) et à la biomasse solide (12 % de la consommation en 2050).
- **Réduction des émissions non énergétiques** : amélioration des procédés industriels (recours, par exemple, au ciment bas-carbone), substitution des gaz fluorés par des fluides à faible potentiel de réchauffement, recours à de l'hydrogène décarboné qui diminue la consommation de gaz non énergétique.
- **Réduction de l'intensité matière de l'économie** : recours accru au recyclage, qui permet de réduire les consommations d'énergie et les besoins en matière (par exemple, le taux d'incorporation de matières premières recyclées (MPR) dans la production d'éthylène passe de 6 % à 80 % entre 2015 et 2050 dans le scénario de référence de la SNBC 2 – la production d'éthylène à base de MPR requiert 80 % d'énergie en moins). L'éco-conception des produits est aussi plébiscitée.
- **Captage et stockage des émissions incompressibles** : déploiement progressif après 2030 de technologies de capture et stockage de carbone (CSC) sur des sources d'émissions de CO₂ concentrées (procédés industriels et combustion d'énergie à partir

¹⁹³ La liste des hypothèses décrites ci-dessous n'est pas exhaustive, pour plus de détails, se référer à la Synthèse du scénario de référence de la stratégie française pour l'énergie et le climat, <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenario-de-reference>

¹⁹⁴ Les chiffres rappelés en partie 2 et inscrits dans les documents de planification publiés en septembre 2020 sont issus des modélisations réalisées à partir des données de référence de 2015. Depuis, des changements de méthodologie ont conduit à des variations significatives pour certaines données observées. Dès lors, afin d'assurer la cohérence technique avec les méthodologies retenues lors de la conception de la SNBC 2, et permettre la comparaison avec les données observées en partie 3, des ajustements techniques ont été effectués.

de biomasse), permettant d'éviter de l'ordre de 15 Mt CO₂e à l'horizon 2050¹⁹⁵. Ce levier ne sera donc pas développé dans le cadre du bilan 2019-2023 du fait d'un déploiement envisagé post 2030.

En outre, le maintien de la production industrielle en France, ainsi que la **relocalisation de certaines productions** destinées à la consommation domestique, permettent de réduire l'empreinte carbone française, notamment grâce à la production d'électricité décarbonée. En ce sens, le scénario de référence de la SNBC 2 s'appuyait sur des hypothèses de maintien de la compétitivité des entreprises françaises vis-à-vis de leurs concurrents internationaux : celle-ci était rendue possible par la mise en place d'un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières régulé au niveau européen prévenant les fuites de carbone, et d'accords commerciaux ambitieux. Un soutien à l'innovation et la création de nouvelles filières stratégiques étaient également prévus dans le cadre du scénario.

Par ailleurs, le scénario de référence de la SNBC 2 était construit autour d'une **consommation plus durable des acteurs**, l'engagement d'allongement des durées de vie des produits ainsi que **d'avantage de réemploi et de recyclage**. De plus, la réduction de certaines consommations dans d'autres secteurs d'activité (moindre usage d'intrants de synthèse dans l'agriculture par exemple) pouvait engager une réduction de la production de certaines filières.

Conséquences de ces deux effets, le scénario de référence de la SNBC 2 visait une stabilisation du volume de production des industries grandes consommatrices d'énergie (IGCE) entre 2015 et 2050, à des niveaux variables en fonction des filières. La valeur ajoutée totale de l'industrie diffuse augmentait quant à elle de 50 % entre 2015 et 2050.

3. Analyse des facteurs de l'évolution récente des émissions de l'industrie vis-à-vis des cibles du scénario de référence de la SNBC 2

Le scénario de référence de la SNBC 2 modélisait la consommation d'énergie de l'industrie selon deux types d'approches, en fonction du type d'industrie considéré :

- D'un côté, les industries grandes consommatrices d'énergie (IGCE), dont les consommations d'énergie sont déduites de leur production physique. On considère ici la sidérurgie, l'aluminium, l'ammoniac, la pétrochimie de base, le chlore, le ciment, le verre, le sucre et les papiers-pâtes, qui représentent plus de la moitié de la consommation finale d'énergie de l'industrie au moment de l'élaboration du scénario de référence de la SNBC 2.
- De l'autre, les autres industries dites « diffuses ». Les consommations d'énergies sont déduites des valeurs ajoutées, auxquelles est associée une intensité énergétique (exprimée en tep/VA). Un facteur de décorrélation est projeté pour refléter les gains énergétiques.

¹⁹⁵ 5 Mt CO₂e issus de procédés directement évités dans le secteur industriel, et 10 Mt CO₂e à partir de bioénergie avec Captage et Stockage de CO₂ (BECCS), à la fois dans l'industrie et la production d'énergie.

A partir de cette distinction, cette note se concentrera sur l'évolution des productions physiques des industries grandes consommatrices d'énergie.

D'autre part, l'Etat s'est fortement engagé sur la décarbonation de l'industrie, à travers des mesures, des plans d'actions ou à l'aide d'instruments économiques s'appliquant sur tous les leviers mentionnés en partie 2. Ainsi, le **Système d'échange de quotas d'émission européen (SEQE-UE), opéré à l'échelle européenne**, est un instrument central de la décarbonation du secteur de l'industrie : 68 % des émissions de l'industrie française y sont soumises en 2023. Le prix de la tonne de CO₂e a été multiplié par un facteur 3 entre 2020 et 2022, incitant davantage les industriels à engager des actions d'efficacité énergétique et de décarbonation. En outre, afin de renforcer sa capacité à planifier la mise en œuvre des technologies de décarbonation dans l'industrie, le gouvernement a présenté le 13 décembre 2023 les contrats de transition écologique signés par les entreprises exploitant les **50 sites industriels les plus émetteurs**¹⁹⁶. En complément des contrats, et dans une optique de réduction des émissions de l'ensemble du secteur industriel, **sept feuilles de route correspondant aux travaux de quatre comités stratégiques de filière** ont été remises au ministre de l'industrie au 31 décembre 2023.

► Evolution des productions pour les ICGE

Hormis l'éthylène dont la production augmente entre 2015 et 2020, toutes les **filières IGCE voient leur production physique rester stable** dans le **scénario de référence de la SNBC 2** sur la période 2015-2023, et a fortiori, 2019-2023. Hormis, les filières chlore, éthylène et papier-cartons, toutes les productions ont été relativement stable entre 2015 et 2019, avant de subir une décroissance en 2020, année de la crise-covid. Le rebond post-covid enregistré en 2021 permet à toutes les filières de **retrouver des niveaux de production pré-crise**, sauf pour **l'acier qui reste à un niveau significativement plus bas** (la production de 2021 est à un volume 10 % moins important que celle enregistrée avant la crise). Cette diminution de la production s'explique en partie par une **moindre demande d'acier** dans certains secteurs consommateurs, notamment le secteur automobile en raison de la crise des semi-conducteurs qui a amené les entreprises à réduire leurs activités et leur achat de matière première¹⁹⁷. De plus, la production française est également soumise à la **concurrence accrue d'acier extra-européen**.

¹⁹⁶ Gouvernement, Contrats de transition écologique des 50 sites industriels les plus émetteurs, <https://www.entreprises.gouv.fr/priorites-et-actions/transition-ecologique/decarboner-lindustrie/contrats-de-transition-ecologique>

¹⁹⁷ ADEME, mars 2024, Bilan National du Recyclage 2012-2021, <https://www.ademe.fr/wp-content/uploads/2024/12/Bilan-national-du-recyclage-2012-2021.pdf>

La crise énergétique subie en 2022-2023 a grandement affecté les filières IGCE, particulièrement exposées à la hausse de leur coût de production, contribuant dès lors à une baisse de leur production. Ainsi, à l'exception des filières sucre et éthylène, tous les secteurs industriels subissent une **décroissance de leur production en 2022 et 2023**, à des niveaux variables, la filière de l'acier étant particulièrement affectée par cette crise.

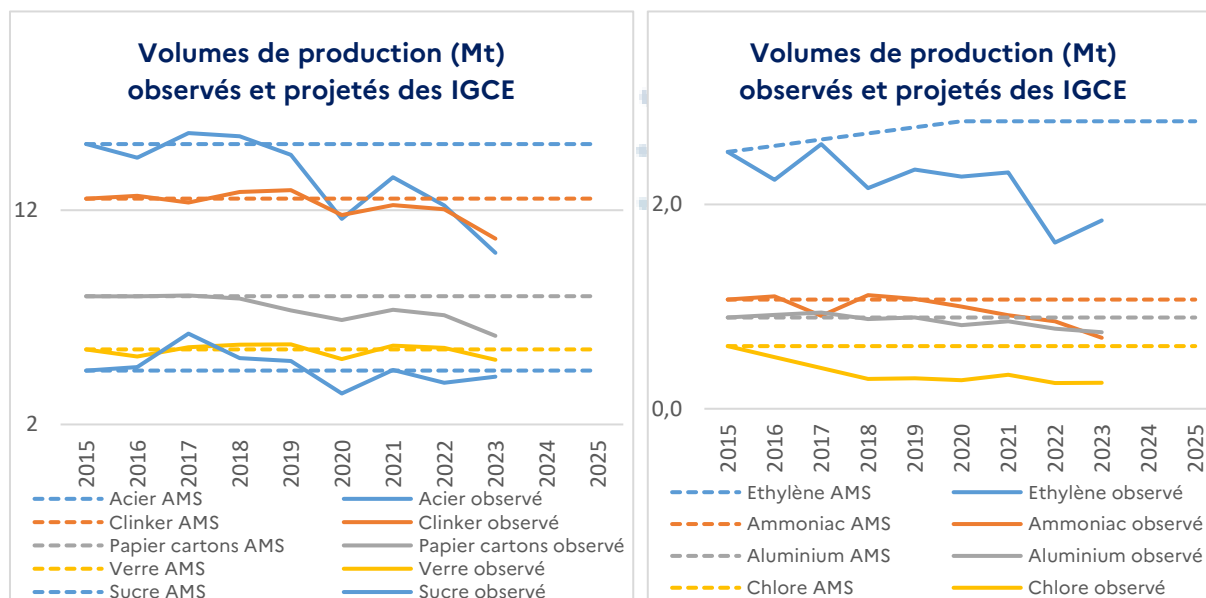


Figure 45 : Volumes de production (Mt) observés et projetés des IGCE dans le scénario de référence (AMS) de la SNBC 2 (sources : Citepa, DGEC).

► Réduction de la consommation d'énergie

La **baisse de production** mentionnée dans la partie précédente a mécaniquement **contribué à réduire la consommation d'énergie finale** du secteur de l'industrie. On constate ainsi une nette diminution de la consommation énergétique sur les années 2020, 2022 et 2023, qui suit la baisse de production des IGCE, et est donc grandement corrélée à la conjoncture socio-économique. Toutefois, on observe un découplage depuis 2015 entre l'Indice de Production Industrielle¹⁹⁸, et la consommation d'énergie finale, qui indique que la **réduction de la consommation d'énergie semble également revêtir une part structurelle**, liée aux améliorations des procédés et aux opérations de sobriété engagées par les industriels¹⁹⁹.

Ces gains d'efficacité peuvent être estimés en s'intéressant à l'évolution de l'intensité énergétique de l'industrie²⁰⁰. Entre 2015 et 2023, cette dernière a diminué de 15 %. Il convient néanmoins de rester prudent sur cet indicateur, dans la mesure où **il ne traduit pas directement**

¹⁹⁸ L'indice de production industrielle est un indicateur fourni par l'Insee, permettant de suivre l'évolution de l'activité industrielle et de la construction en France. Il mesure l'évolution de la valeur ajoutée. La description de cet indicateur est accessible en ligne à l'adresse : <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/source/indicateur/p1646/presentation>

¹⁹⁹ Ici, ainsi que dans le reste de la note, les consommations d'énergie sont corrigées des variations climatiques, de sorte à pouvoir les comparer avec les projections. Ainsi, les variations climatiques ne sont pas un facteur explicatif de la baisse/hausse des consommations énergétiques telles que présentées ici et dans la suite de la note.

²⁰⁰ L'intensité énergétique de l'industrie correspond ici au rapport consommation d'énergie/PIB.

les gains d'efficacité énergétique réalisés par le secteur : par exemple, son évolution à la baisse pourrait être corrélée à une montée en gamme de la production accompagnée d'une hausse du PIB généré, ou un report de la production industrielle vers des industries moins intensives en énergie, sans que le PIB associé n'ait évolué.

Afin d'aider les acteurs à réduire leur consommation d'énergie, **le gouvernement s'est largement engagé à travers différents appels à projets inclus dans le plan France Relance** : l'appel à projet INDUSEE, ouvert entre le 1^{er} août 2020 et le 1^{er} octobre 2020, a ciblé particulièrement les projets d'efficacité énergétique, pour une réduction annuelle de GES de 0,93 Mt CO₂e^{201 202} (ce qui représente 1 % des émissions du secteur en 2019). Cet appel à projets a ensuite été poursuivi et élargi à la décarbonation des procédés par l'appel à projets DECARBIND, ouvert en mars 2021 et clos en octobre 2021. Cet appel à projets a quant à lui contribué à réduire les émissions annuelles de GES de 1,81 Mt CO₂e (ce qui représente 2 % des émissions du secteur en 2019)²⁰³. Cet effort s'est poursuivi avec le plan France 2030, qui a notamment permis d'assurer plusieurs relèves pour l'appel à projets DECARBIND depuis 2022.

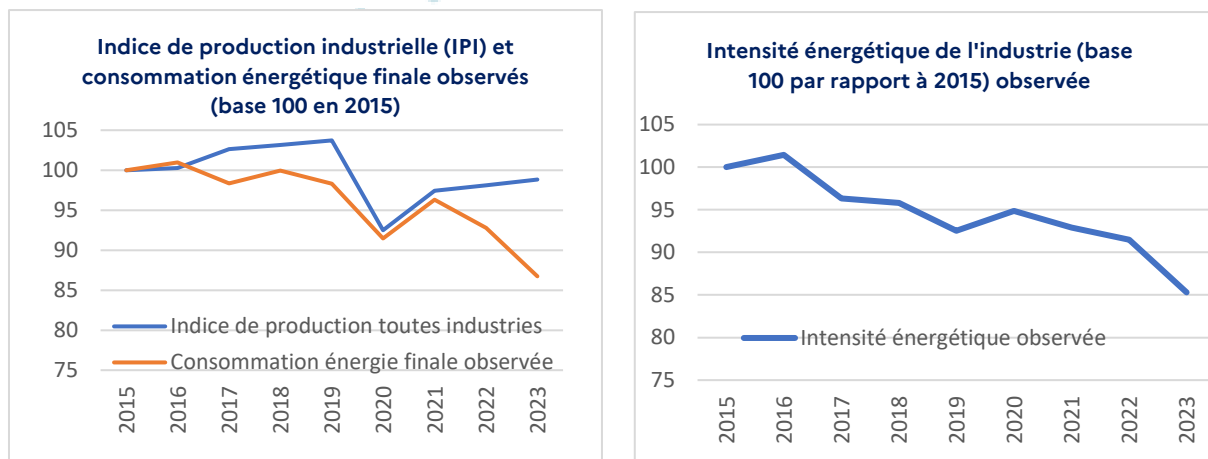


Figure 46 : Figure a (à gauche) : Indice de production industrielle (IPI), et consommation énergétique finale observés (base 100 en 2015) (sources : SDES, INSEE) / Figure b (à droite) : Intensité énergétique de l'industrie observée (base 100 par rapport à 2015) (source : INSEE)

²⁰¹ France Stratégie, Comité d'évaluation du plan France Relance, janvier 2024, Rapport final, volume 2, Evaluation des dispositifs, Chapitre 9 : le soutien à la décarbonation de l'industrie, https://www.strategie-plan.gouv.fr/files/files/Publications/Rapport/fs-2024-rapport-france_reliance_vol_ii_9_decarbonation_industrie_1.pdf

²⁰² Ces réductions d'émissions ont été calculées par l'Ademe, avant mise en œuvre et à isoproduction projetée.

²⁰³ Ici, la réduction d'émissions ne concerne pas uniquement des gains d'efficacité énergétique, mais également des gains d'émissions sur les procédés.

► Décarbonation de l'énergie utilisée

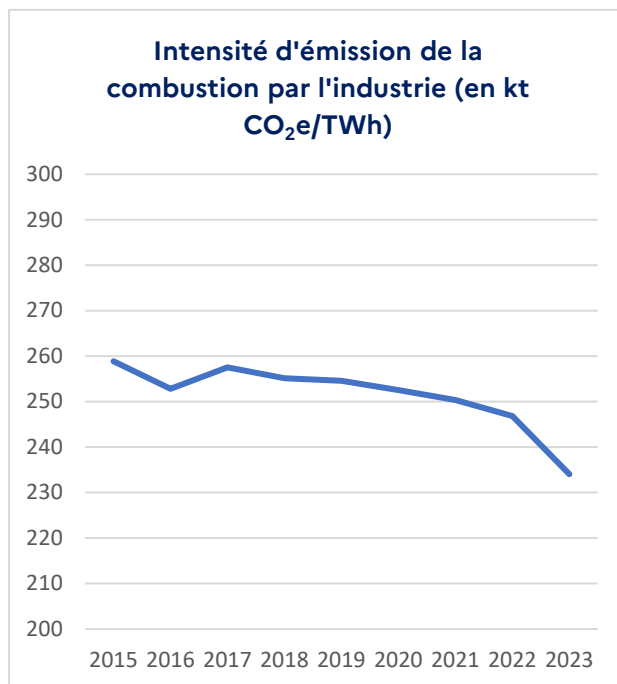


Figure 47: Intensité d'émission de la combustion par l'industrie (en kt CO₂e/TWh) (sources : SDES, Citepa)

La combustion dans le secteur de l'industrie a représenté en moyenne **58 %** des émissions de GES du secteur de l'industrie sur la période 2019-2023. Cette part a évolué de 57 % en 2019 à 59 % en 2023, signe que **les émissions liées à la combustion diminuent légèrement moins rapidement que les émissions non énergétiques dans le secteur**²⁰⁴ : (les émissions associées à la combustion ont baissé de 18 %, tandis que les émissions non énergétiques ont baissé de 24 % sur la période 2019-2023, voir partie E.1). Toutefois, on observe une baisse significative de l'intensité d'émissions de la combustion dans le secteur de l'industrie, qui s'accélère à partir de 2021 : en effet, cette dernière décroît de 2 % entre 2019 et 2021, tandis que la baisse est de 8 % entre 2021 et 2023.

Cette réduction d'émissions associées à la combustion (qui correspondent aux émissions énergétiques, voir note de bas de page 188) **s'explique par les évolutions de mix énergétique observée dans le secteur de l'industrie :**

La part de charbon (hors hauts fourneaux)²⁰⁵ a diminué pour ne représenter plus que 2 % de la consommation énergétique finale du secteur, soit 6,75 TWh en 2023²⁰⁶. Pour comparaison, le scénario de référence de la SNBC 2 projetait également la part du charbon à 2 % en 2023. 90 % de la consommation de charbon se répartit entre le secteur de la chimie, de la sidérurgie (hors hauts-fourneaux) et des produits minéraux non métalliques (ciment, verre, etc.). En juin 2023,

²⁰⁴ Ici, les émissions de la combustion correspondent aux émissions énergétiques du secteur de l'industrie, dans la mesure où les émissions associées à la production d'électricité et de chaleur livrée sont comptabilisées dans le secteur production d'énergie. Toutefois, l'intensité des émissions de la combustion (en kt CO₂e/TWh) se calcule en excluant les consommations énergétiques associées à l'électricité et la chaleur livrée, comme leurs émissions ne sont pas nulles. De fait, le graphique ne permet pas d'observer l'intensité carbone de l'énergie consommée, tout comme il ne permet pas de mesurer la composante électrification.

²⁰⁵ La consommation de charbon des hauts-fourneaux, considérée comme faisant partie du secteur de la transformation d'énergie par convention statistique internationale, est exclue de la consommation d'énergie physique de l'industrie. Les émissions liées à la consommation de charbon des hauts-fourneaux sont donc comptabilisées dans les émissions non-énergétiques.

²⁰⁶ La consommation de charbon des hauts-fourneaux, considérée comme faisant partie du secteur de la transformation d'énergie par convention statistique internationale, est exclue de la consommation d'énergie physique de l'industrie. Les émissions liées à la consommation de charbon des hauts-fourneaux sont donc comptabilisées dans les émissions non-énergétiques.

²⁰⁶ Les chiffres présentés dans le reste de la sous partie proviennent du SDES, bilan énergétique de la France pour 2023, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/bilan-energetique-de-la-france-pour-2023-0>

France Chimie estimait que les projets de chaleur bas-carbone et d'efficacité énergétique déjà engagés au sein du secteur, en particulier avec le soutien de France Relance, permettraient d'économiser 2,8 TWh de charbon supplémentaire à horizon 2025²⁰⁷.

La part de gaz naturel a également largement reculé de 14 % entre 2019 et 2023, et représente 36 % de la consommation énergétique finale du secteur en 2023, contrairement aux modélisations du scénario de référence de la SNBC 2. L'exercice projetait la part du gaz à 42 % en 2023. Ici, la réduction de la part du gaz dans le mix s'explique par la très forte hausse des prix sur cette énergie : les dépenses rapportées à l'énergie consommée ont plus que doublé entre 2019 et 2023.

La part de produits pétroliers reste quant à elle relativement constante sur la période 2019-2023, et représente toujours 10 % de la part des consommations énergétiques du secteur en 2023, contre un niveau de 7 % projeté dans le scénario de référence de la SNBC 2. Cette consommation provient, pour environ 60 %, des sous-secteurs des produits minéraux non métalliques et de la construction.

Enfin, **l'électrification des procédés** observée sur la période 2019-2023 est légèrement plus importante que celle projetée par la SNBC 2 : l'électricité représente en 2023 une part de 37 %, contre 36 % modélisé. Ici également, l'augmentation du prix de l'électricité a été importante, les dépenses rapportées à l'énergie consommée ayant doublé entre 2019 et 2023.

Enfin, la **part d'EnR thermiques et déchets**²⁰⁸ est en deçà de la projection réalisée dans le scénario de référence de la SNBC 2 (6 % en 2023 contre 9 % projetée).

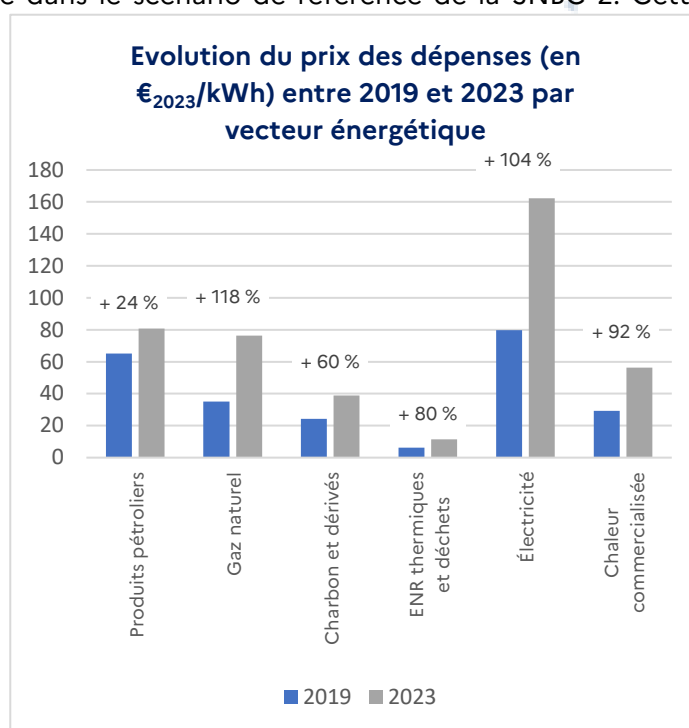


Figure 48: Evolution du prix des dépenses (en €₂₀₂₃/kWh) entre 2019 et 2023 par vecteur énergétique (source : SDES)

²⁰⁷ Gouvernement, juin 2023, Feuille de route de décarbonation de la chimie en France, <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/Priorites-et-actions/Transition-ecologique/feuille-de-route-chimie.pdf>

²⁰⁸ Les trois principaux vecteurs énergétiques de cette catégorie sont les Combustibles Solides de Récupération (CSR), la biomasse et le biogaz.

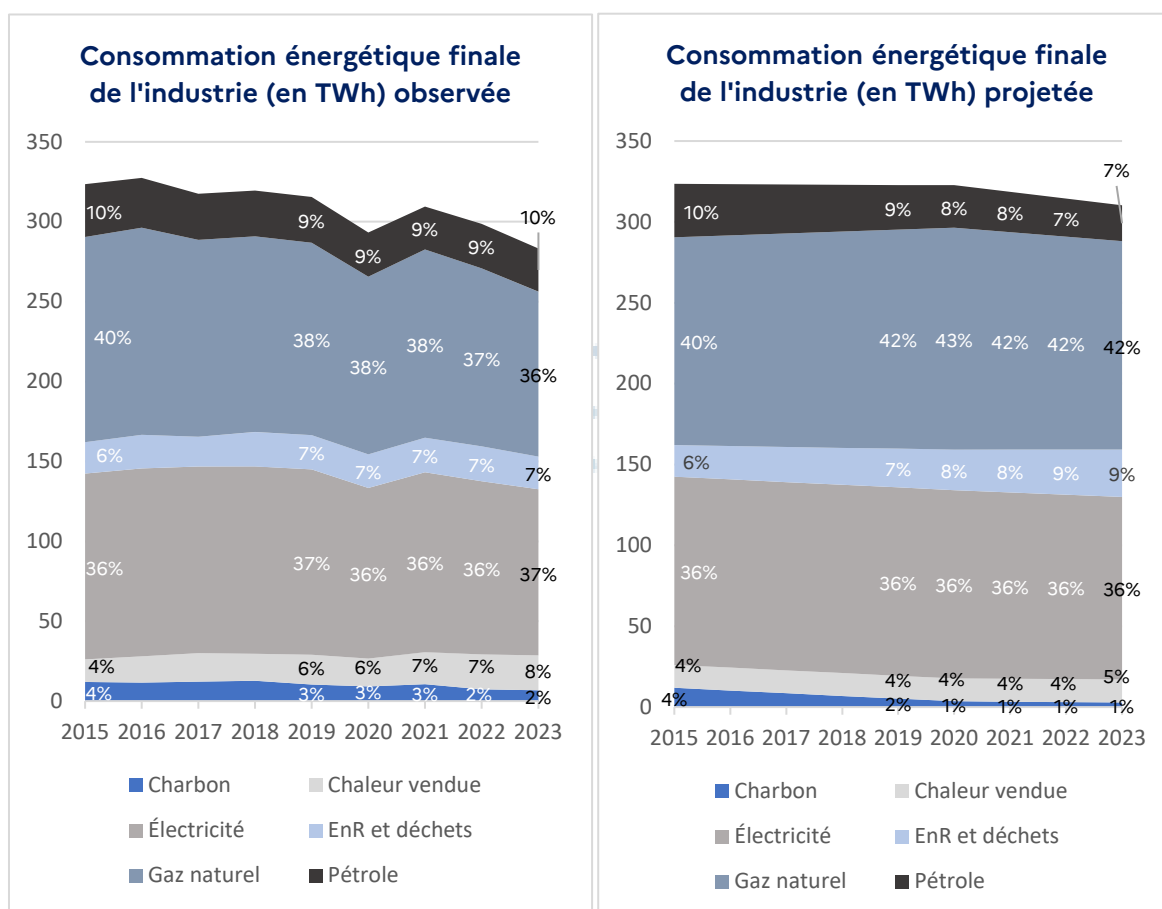


Figure 49 : Figure a (à gauche) : Consommation énergétique finale de l'industrie (en TWh) observée (source : SDES) / Figure b (à droite) : Consommation énergétique finale de l'industrie (en TWh) projetée (source : DGEC)

► Réduction des émissions non énergétiques

Les émissions non énergétiques de l'industrie liées aux procédés ont représenté en moyenne 42 % des émissions totales du secteur sur la période 2019-2023. Celles-ci ont diminué de 24 % entre 2019 et 2023, passant de 34 Mt CO₂e à 26 Mt CO₂e. On constate depuis 2015 une diminution structurelle de l'intensité d'émission des procédés²⁰⁹, malgré un rebond en 2021. Les biais associés à cet indicateur sont les mêmes que ceux de l'intensité énergétique de l'industrie, présentés plus haut. De la même manière, bien que l'intégralité de la baisse de

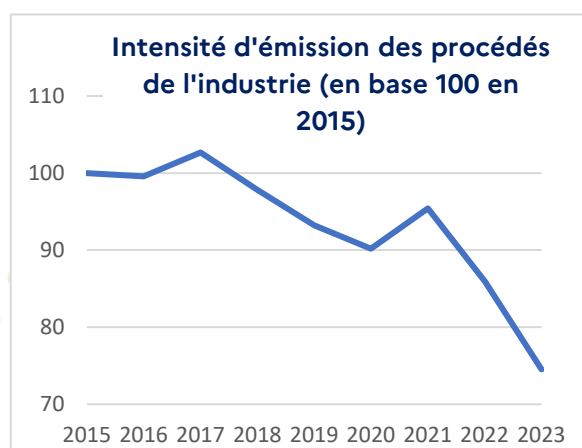


Figure 50: Intensité d'émission des procédés de l'industrie (base 100 en 2015) (sources : Citepa, INSEE)

²⁰⁹ Cette intensité d'émissions des procédés résulte de la division des émissions non énergétiques du secteur (source CITEPA) par l'indice de production industriel (toutes industries confondues) déjà utilisé précédemment (source INSEE).

l'intensité d'émissions des procédés ne puisse pas être imputée à des gains sur les procédés, une partie significative relève d'une action structurelle.

Dans la filière du ciment, par exemple, la quasi-totalité des émissions proviennent de la fabrication du clinker, le principal composant utilisé aujourd'hui dans le ciment. Décarboner la production de ciment passe alors principalement par la réduction de la teneur moyenne en clinker des ciments. Celle-ci a déjà diminué de 2 % entre 2015 et 2021, passant de 77 % à 75 %. La feuille de route de décarbonation de la filière « Ciment », signée en 2023, fixe ainsi un objectif de réduction de cette teneur à 68 % en 2030, correspondant à un gain de près de 10 % des émissions de la filière par rapport à 2015²¹⁰.

4. Réduction de l'intensité matière

Le scénario de référence de la SNBC 2 reposait sur une hypothèse d'une économie plus circulaire. Une économie plus circulaire permet de réduire l'intensité matière, qui correspond au volume de matière première mobilisée sur le volume de produits fini et permet également de limiter la quantité d'énergie utilisée.

Le scénario de référence de la SNBC 2 projetait **des trajectoires d'incorporation de matières premières recyclées (MPR) dans les IGCE**. Pour les filières du verre, du plastique et du papier/carton, les taux d'incorporation observés sont similaires aux données projetées dans le scénario de référence entre 2015 et 2021. On notera toutefois la décroissance importante du taux d'incorporation du plastique recyclé entre 2020 et 2021 (-29 %) et la stabilisation de celui du papier entre 2019 et 2021. La trajectoire de l'aluminium diverge légèrement de la projection à partir de 2019, tandis que le taux d'incorporation de ferraille dans la production d'acier diminue depuis 2015. Un facteur d'explication peut être la baisse des débouchés en ferrailles contenant des impuretés du fait de la transition de la filière fonte, avec le passage à des fours à induction, nécessitant des qualités supérieures de ferrailles²¹¹.

²¹⁰ Gouvernement, Mai 2023, Feuille de route de décarbonation de la filière ciment, <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/Priorites-et-actions/Transition-ecologique/feuille-de-route-ciment.pdf>

²¹¹ ADEME, mars 2024, Bilan National du Recyclage 2012-2021, accessible en ligne à l'adresse : <https://www.ademe.fr/wp-content/uploads/2024/12/Bilan-national-du-recyclage-2012-2021.pdf>

Plusieurs évolutions réglementaires ont été conduites à l'échelle européenne et françaises de manière à accroître le recyclage. On peut citer par exemple la loi AGECE²¹², ayant rendu possible le fait de fixer par décret des obligations d'incorporation de matières recyclées dans les produits et matériaux, ou encore la loi Climat et Résilience²¹³ qui interdit d'ici 2025 les emballages composés de polymères non recyclables.

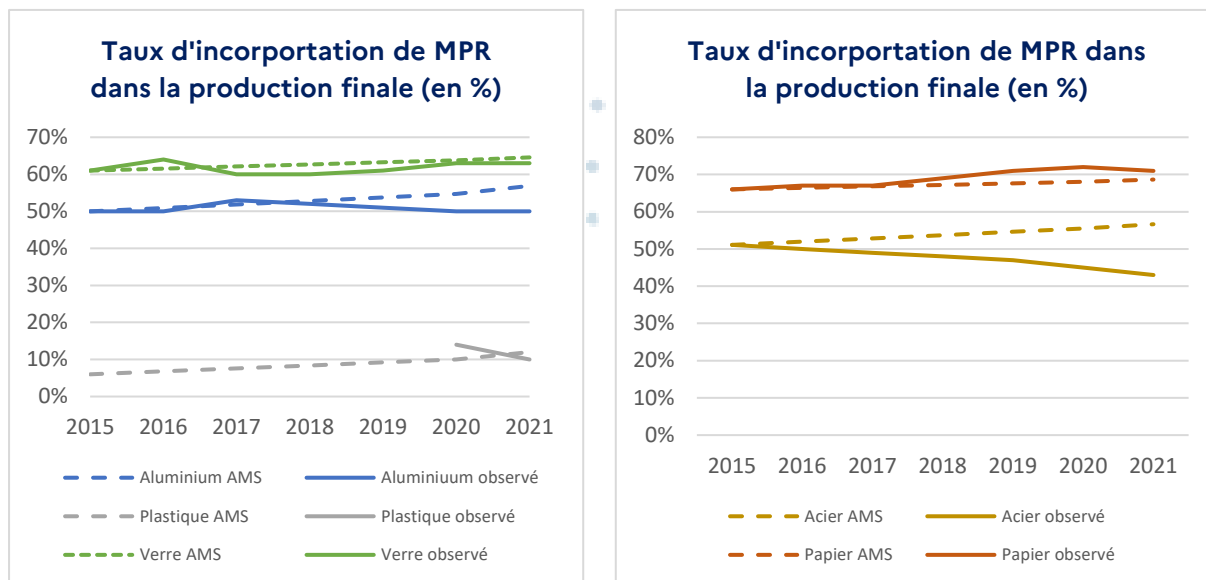


Figure 51 : Taux d'incorporation de MPR dans la production finale observés et projetés dans le scénario de référence de la SNBC 2 (AMS) (sources : ADEME, DGEC)

²¹² Loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire

²¹³ Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets

5. Les politiques actuellement en vigueur permettent d'envisager une poursuite de la baisse des émissions dans l'industrie dans les prochaines années

Le Scénario « Avec Mesures Existantes » 2024²¹⁴ est un exercice de prospective permettant d'évaluer la trajectoire actuelle d'émissions de gaz à effet de serre de la France, en prenant en compte l'ensemble des politiques publiques déjà adoptées jusqu'au 31 décembre 2023.

Dans le scénario AME 2024, les émissions de l'industrie baissent de 14 % de 2022 à 2030 pour atteindre 61 Mt CO₂e, contre 55 Mt CO₂e projetées dans la SNBC 2. Cette évolution est principalement due aux appels à projets de décarbonation de France 2030 (décarbonation des mix énergétiques, efficacité énergétique accrue ou changements de procédés) et à l'émergence de premiers projets de capture et stockage du carbone. De 2030 à 2050, les émissions continuent de décroître lentement avant de réaugmenter significativement lors des 5 dernières années pour finalement dépasser légèrement en 2050 les émissions de 2030 (-13 % de 2022 à 2050). Ceci s'explique par la poursuite de certains efforts de décarbonation, en particulier avec le développement du CCUS, mais qui se trouvent contrebalancés par la très forte hausse à horizon 2050 de la production d'H₂ pour produire des carburants synthétiques (qui se fait en AME 2024 à 50 % par du vaporeformage du méthane même en 2050).

6. Vers la SNBC 3

Ce bilan a permis d'identifier les leviers les mieux engagés et de mettre en lumière les points de vigilance. Ce travail continu est par ailleurs nécessaire afin d'aligner les hypothèses structurantes de la SNBC 3 sur les dynamiques en cours, et d'amener l'Etat à pérenniser et renforcer son action.

- **Sur un certain nombre de leviers, les objectifs ont été atteints, et la SNBC 3 vise à aller plus loin.** En particulier, les émissions du secteur de l'industrie ont en moyenne décru de 6 % par an sur la période 2019-2023 ; ce plus rapidement que les autres secteurs. Pour ce qui est de la filière ciment, la réduction du taux de clinker déjà observée dans la production française en 2021, ainsi que les objectifs annoncés par la filière aux horizons 2030 et 2050 permettent de réduire la production de clinker de manière comparable aux projections de la SNBC 3. En ce sens, l'Etat et l'Union Européenne renforcent leurs outils existants et mettent en place de nouveaux dispositifs afin d'inciter et d'accompagner les acteurs dans leur décarbonation. : à l'échelle de l'Etat, l'appel d'offres « Grands projets industriels de décarbonation » (AO GPID) a été lancé le 31 décembre 2024 et a été conçu pour accompagner la décarbonation profonde des sites industriels. Au niveau européen, la mise en place du Mécanisme d'Ajustement Carbone aux Frontières permettra, de soumettre les produits importés à une

²¹⁴ Ministère de la Transition Ecologique, Octobre 2024, Synthèse du scénario avec mesures existantes 2024 (AME 2024), (chiffres rebasés sur le Secten 2025), <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenarios-avec-mesures-existantes>

tarification équivalente à celle pratiquée en Europe et ainsi lutter contre les fuites de carbone ; laquelle s'accompagnera, pour les secteurs concernés et afin d'éviter une double protection contre les fuites de carbone, d'une disparition progressive des quotas gratuits alloués à l'industrie lourde dans le cadre du SEQUE-UE entre 2026 et 2024. Les recettes générées par la tarification carbone sont fléchées afin de financer le développement de nouvelles technologies industrielles, notamment dans le cadre du Fonds pour l'Innovation dont la France est un important bénéficiaire.

- **Pour d'autres leviers, les dynamiques vont dans le bon sens, mais accusent toutefois un léger retard par rapport aux hypothèses du scénario de référence de la SNBC 2.** La part de biomasse solide et de déchets dans le mix énergétique final de l'industrie, par exemple, croît moins rapidement que dans le scénario de référence de la SNBC 2. Leur développement reste toutefois essentiel dans le nouvel exercice de projection, car indispensable pour les usages hautes températures difficiles à électrifier. Au vu du caractère limité de la ressource, l'usage de biomasse se fait en lien avec le principe de hiérarchisation des usages retenu par le gouvernement (ordre de mérite pour l'utilisation de la biomasse) : dans ce cadre, les usages hautes températures dans l'industrie sont plus prioritaires, par exemple, que l'utilisation de biomasse dans le secteur du bâtiment. Cet ordre de mérite permet d'assurer une allocation efficiente des ressources contraintes, en priorisant dans un premier temps les usages alimentaires et matériels sur les usages énergétiques, puis en identifiant dans un second temps les utilisations pour lesquelles la biomasse constitue une voie de décarbonation incontournable. Le gouvernement reste pleinement mobilisé afin de soutenir les investissements dans la chaleur renouvelable, notamment à travers l'appel à projets BCIAT (Biomasse chaleur pour l'industrie, l'agriculture et le tertiaire). Le gouvernement soutient par ailleurs la R&D pour des projets de petits réacteurs modulaires calogènes dans le cadre de France 2030.
- **Certains leviers essentiels ne sont pas engagés sur la bonne trajectoire.** C'est par exemple le cas du taux d'incorporation de matières premières recyclées dans l'acier. La France est l'un des pays moteurs à l'échelle de l'Union Européenne pour soutenir la sidérurgie européenne, appelant à un plan d'urgence pour la filière²¹⁵. Ce dernier rappelle la nécessité de développer une industrie sidérurgique circulaire, en encourageant davantage la recherche sur le recyclage des ferrailles, en restreignant les exportations de ferrailles vers les pays tiers qui limitent la disponibilité de matière première, et en imposant des exigences d'éco-conception sur l'acier produit sur le territoire de l'UE et l'acier importé de l'étranger.

²¹⁵ Ministère de l'Economie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique, février 2025, Déclaration conjointe de la Belgique, Italie, Espagne, France, Luxembourg, Roumanie et Slovaquie appelant à un plan d'action d'urgence pour la sidérurgie européenne, <https://presse.economie.gouv.fr/sommet-sur-le-futur-de-lindustrie-siderurgique-europeenne/>

F. Bâtiment

1. Bilan du budget carbone 2019-2023, émissions de GES

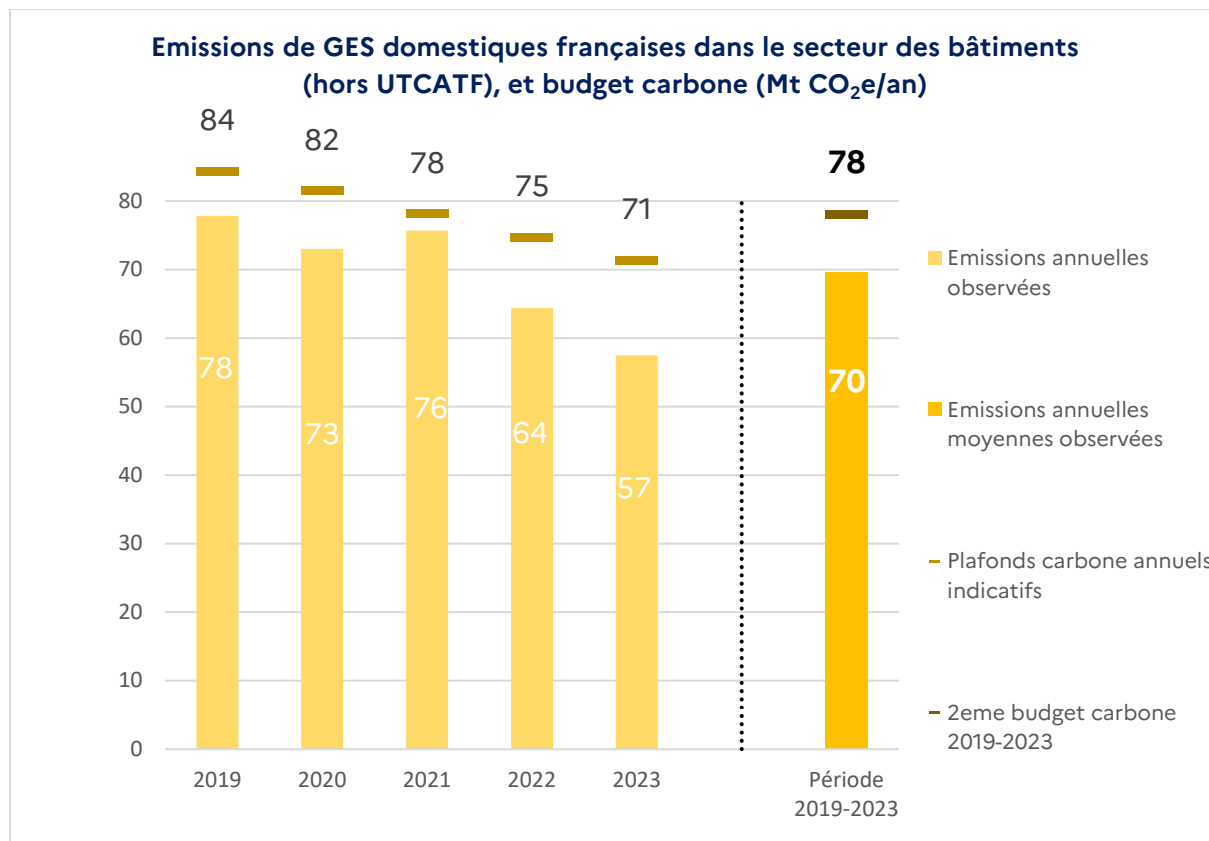


Figure 52 : Emissions de GES domestiques françaises dans le secteur des bâtiments, plafonds carbone indicatifs, et budget carbone annuel 2019-2023 (sources : Citepa, DGEC)

La SNBC 2 prévoyait un budget carbone de 78 Mt CO₂e par an en moyenne²¹⁶ (390 Mt CO₂e au total) pour le secteur des bâtiments sur la période 2019-2023. Ce budget carbone est respecté, avec une marge de 8 Mt/an. De plus, les plafonds d'émissions annuelles, prévus à titre indicatif par la SNBC 2 ont été respectés pour toutes les années, avec une marge allant de 3 Mt CO₂e (en 2021) à 14 Mt CO₂e (en 2022 et 2023).

²¹⁶ Le code de l'environnement (Article D. 222-1-B) prévoit la réalisation d'un ajustement technique des budgets carbone pour chaque période si les changements de méthodologie des inventaires d'émissions de gaz à effet de serre conduisent à des modifications de plus de 1 % des valeurs des années de référence ayant servi pour les scénarios de la SNBC (1990, 2005 et 2015). Ces ajustements « techniques » ont vocation à conserver la cohérence de la trajectoire initialement retenue, en maintenant les mêmes réductions sectorielles et par gaz en « valeur relative » par rapport à l'année 2005. **Les budgets carbone annuels indicatifs de la deuxième période, ont été ajustés au regard de l'inventaire national 2025 des émissions de gaz à effet de serre du Citepa (Secten 2025) :** https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/20260616-Ajustement_BC-2019-2023_vF_0.pdf

2. Rappel des principaux leviers de la SNBC 2 :

La décarbonation du secteur des bâtiments reposait sur quatre leviers majeurs, engageant plusieurs hypothèses structurantes²¹⁷ dans le scénario de référence de la SNBC 2²¹⁸ :

- **Mesures d'efficacité énergétique dans l'ancien via la rénovation énergétique des bâtiments** (les gains d'efficacité énergétique sont obtenus à la fois grâce à des gestes d'isolation, mais également via des changements de système de chauffage, plus performants – les chiffres indiqués intègrent ces deux composantes). Ainsi, dans le secteur résidentiel, un objectif moyen de 370 000 rénovations complètes équivalentes²¹⁹ jusqu'à 2030 est fixé, en visant 700 000 en 2050 ; dans le secteur tertiaire, le rythme de rénovation du parc visé est de 3 % par an, porté par un dispositif éco-énergie tertiaire visant entre-autre à réduire la consommation de 60 % en 2050 (par rapport à une année de référence qui ne peut être antérieure à 2010) sur les bâtiments > 2000 m² (respectivement 50 % entre 1000 m² et 2000 m² et 40 % entre 500 m² et 1000 m²).
- **Décarbonation des sources d'énergie** : dans le résidentiel, interdiction des ventes de chaudières au fioul en 2035 ; dans le résidentiel neuf, la part de pompes à chaleur (PAC) augmente dans les maisons individuelles (MI) et dans les logements collectifs (LC), tout comme la part de réseaux de chaleur urbain (RCU). La biomasse et le solaire/géothermie se développent également dans les zones géographiques propices, tandis que la part du gaz diminue. Dans le tertiaire neuf, le gaz recule quand le fioul disparaît en 2030. Les PAC et le chauffage urbain progressent largement.
- **Intégration d'objectifs de décarbonation dès la construction neuve** : les constructions neuves deviennent des bâtiments basses consommation, ce grâce à l'intégration de normes plus ambitieuses, comme la Règlementation Environnementale 2020 (RE 2020) Ainsi, en 2050 dans le scénario de référence, les bâtiments tertiaires neufs consomment 30 % de besoin en chauffage en moins que ceux construits en 2015). Dans le parc de logements résidentiels, 1/3 des logements sont construits après 2015.
- **Réduction de la consommation d'énergie via des efforts de sobriété** : dans le secteur résidentiel, baisse de 1 °C de la température moyenne de consigne pour le chauffage, tandis que des hypothèses de sobriété sont également prises en compte dans le tertiaire

En outre, la décarbonation du secteur des bâtiments présente des externalités sociales positives et permet de réduire les émissions indirectes du secteur :

²¹⁷ La liste des hypothèses décrites ci-dessous n'est pas exhaustive, pour plus de détails, se référer à la Synthèse du scénario de référence de la stratégie française pour l'énergie et le climat: <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenario-de-reference>

²¹⁸ Les chiffres rappelés en partie 2 et inscrits dans les documents de planification publiés en septembre 2020 sont issus des modélisations réalisées à partir des données de référence de 2015. Depuis, des changements de méthodologie ont conduit à des variations significatives pour certaines données observées. Dès lors, afin d'assurer la cohérence technique avec les méthodologies retenues lors de la conception de la SNBC 2, et permettre la comparaison avec les données observées en partie 3, des ajustements techniques ont été effectués.

²¹⁹ Le nombre de rénovations complètes équivalentes est obtenu en divisant la quantité totale de gain énergétique sur l'ensemble des rénovations énergétiques sur une année par le gain unitaire moyen d'une rénovation complète estimé ici à 250 kWh EF/m²/an

- **Recours accru aux produits de construction et équipements les moins carbonés et ayant de bonnes performances énergétiques et environnementales**, qui permettent de réduire les émissions associées à la construction des bâtiments (comptabilisées dans le secteur industrie) ;
- **Réduction de la précarité énergétique via le ciblage prioritaire des passoires thermiques dans les rénovations ;**

Lutte contre l'artificialisation des sols et réduction des émissions de carbone induite par l'urbanisation, permettant également de réduire les distances de transport.

3. Analyse des facteurs de l'évolution récente des émissions des bâtiments vis-à-vis des cibles du scénario de référence de la SNBC 2

► Diminution de la consommation d'énergie dans les bâtiments – Effet rénovation et changements de comportements

Les émissions liées au chauffage, à l'eau chaude sanitaire, et la cuisson ont représenté 85 % du total sur la période 2019-2023 (66 % imputées au résidentiel et 34 % au tertiaire), et ont diminué de 28 % entre 2019 et 2023 (la baisse est de 29 % dans le résidentiel et 26 % dans le tertiaire). Le poste chauffage représente la majorité de la consommation énergétique associée : dans le résidentiel, environ 82 % de la consommation énergétique provient du chauffage sur la période, contre 12 % pour l'eau chaude sanitaire et 6 % pour la cuisson²²⁰.

²²⁰ SDES, mars 2025, Tableau de suivi de la rénovation énergétique dans le secteur résidentiel : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/tableau-de-suivi-de-la-renovation-energetique-dans-le-secteur-residentiel>

Le **secteur des bâtiments** est particulièrement **thermosensible** : les consommations dépendent largement des variations climatiques, comme illustré dans le graphique ci-contre. Ainsi, pour évaluer le rôle des autres composantes dans l'évolution des consommations d'énergie et d'émissions de GES (par exemple, les politiques publiques ou encore les changements de comportements), il est nécessaire de considérer des données corrigées des variations climatiques (CVC). Sur la période 2019-2023, les hivers relativement doux (à l'exception de 2021) ont contribué à réduire les consommations énergétiques, et, par conséquent, ont entraîné une réduction des émissions de GES. Sur la période 2019-2023, la composante climatique concourt à réduire les émissions de 5 %, toutes choses égales par ailleurs. Ce facteur ne remet pas en cause le respect du deuxième budget carbone. Toutefois, quand la marge est de 8 Mt/an avec les données réelles, elle n'est plus que de 5 Mt/an avec les données CVC.

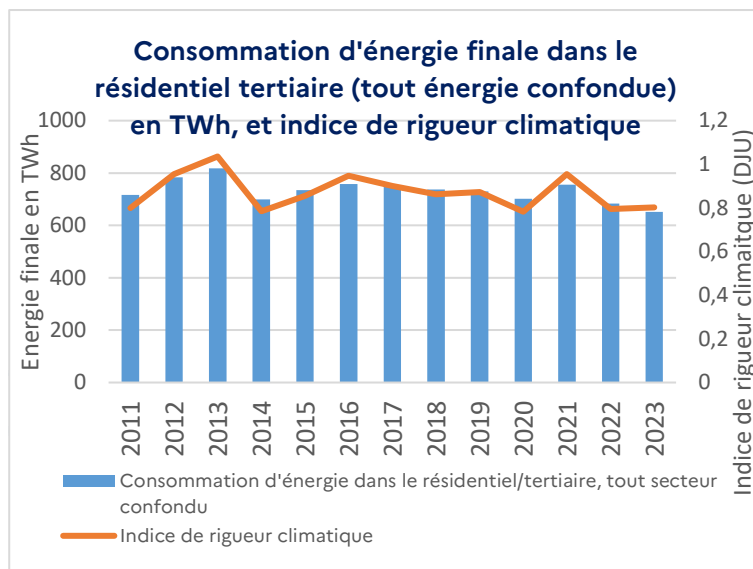


Figure 53: Consommation d'énergie finale dans le résidentiel tertiaire (tout énergie confondue) en TWh, et indice de rigueur climatique (source : SDES)

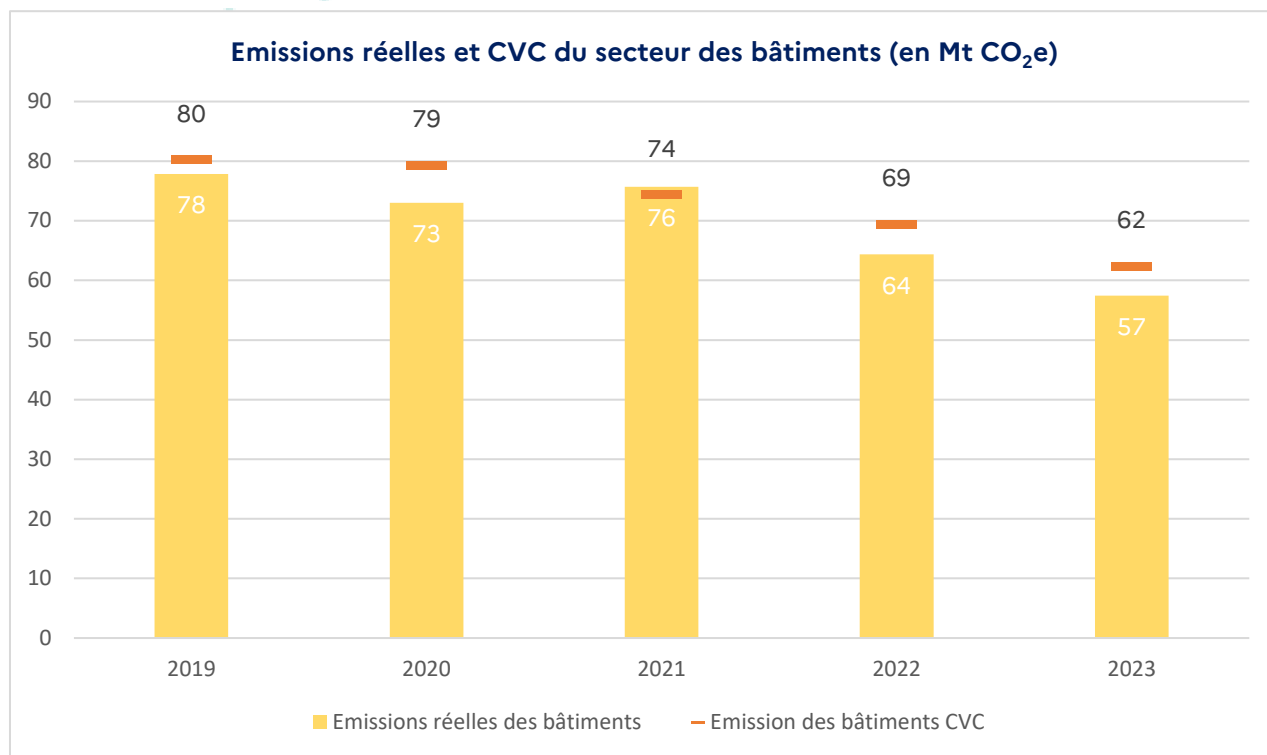


Figure 54: Emissions réelles et CVC du secteur des bâtiments (en Mt CO₂e) (source : Citepa)

Dans le secteur résidentiel

Le scénario de référence de la SNBC 2 projetait une **baisse de 4,6 % de la consommation d'énergie finale par m² entre 2019 et 2023 dans les résidences principales pour le chauffage**. Entre 2019 et 2022, les données observées²²¹ témoignent d'une réduction de la consommation de 3,7 %, malgré des facteurs défavorables comme un rebond de la consommation enregistré en 2020 lors de la crise Covid et des périodes de confinement. Cette baisse est imputable à différents facteurs, comme l'effet prix, le plan de sobriété, mais également la montée en puissance des rénovations énergétiques des bâtiments, permise par la **massification et la simplification des aides dédiées par l'Etat**.

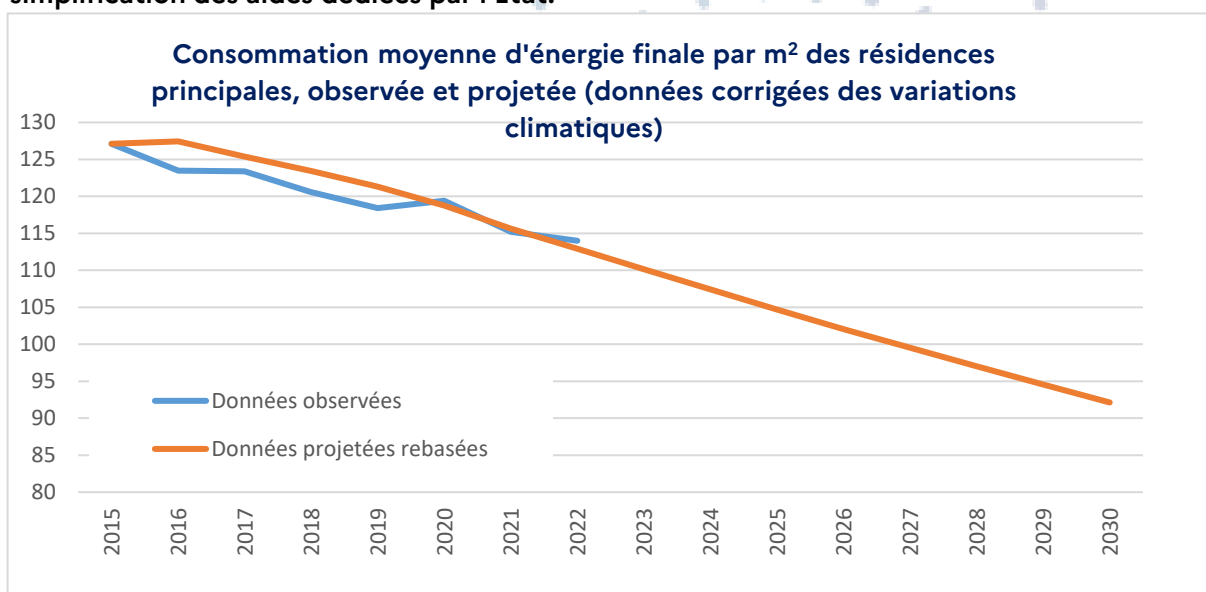


Figure 55: consommation moyenne d'énergie finale par m² des résidences principales pour le chauffage, observées et projetées (données corrigées des variations climatiques) (sources : SDES, DGEC)

Lancé au 1^{er} janvier 2020, le dispositif MaPrimeRenov' géré par l'Agence Nationale de l'Habitat (Anah) remplace le crédit d'impôt à la transition énergétique (partiellement en 2020 et totalement à partir de 2021) et l'aide « Habiter Mieux Sérénité » à partir de 2022. Les obligations d'économie d'énergie associées aux Certificats d'Economie d'Energie (CEE) ont quant à elles quasiment été multipliées par deux entre la troisième période (2015-2017) et la quatrième période (2018-2021), passant de 283 TWh cumac à 533TWh cumac par an, et poursuivent leur augmentation sur la cinquième période (2022-2025) pour atteindre 775 TWh cumac par an. **Ainsi, entre 2019 et 2023, les moyens financiers consacrés à la rénovation énergétique des bâtiments, hors aides des collectivités locales, ont augmenté de 34 % entre 2019 et 2023**, passant de 6,76 Mds € à 9,07 Mds €. En 2023, 7,07 Mds € étaient dédiés à la

²²¹ SDES, mai 2024, Bilan énergétique de la France en 2023, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/bilan-energetique-de-la-france-en-2023-donnees-provisaires-0>

rénovation du parc de logements résidentiels, tant privé que social. Le budget de l'Etat consacré au financement de MaPrimeRénov' (MPR)²²² a représenté 37 % de ces dépenses.²²³

En 2021, les gains énergétiques conventionnels annuels permis par ces quatre aides (corrigés du cumul d'aides)²²⁴ sont estimés à 11 TWh, et enregistrent une hausse de 44 % par rapport à 2020.²²⁵ Le scénario de référence de la SNBC 2 fixait un objectif moyen de 370 000 rénovations énergétiques équivalentes sur la période 2015-2030. Le recroisement des données, réalisé sur l'année 2021, indique que le nombre de rénovations énergétiques aurait été supérieur à cet objectif cette année-là^{226 227}.

Il convient toutefois de **rester prudent face à ces résultats**, et ce pour plusieurs raisons : d'une part, l'indicateur de rénovation globale équivalente mentionné dans la SNBC 2 ne s'est pas généralisé, et ne bénéficie pas d'un suivi consolidé. D'autre part, 2021 semble avoir été une année où le volume de rénovation énergétique a été particulièrement important, notamment permis par un volume conséquent de CEE. Une baisse importante des économies d'énergie réalisées a ensuite été observée entre 2022 et 2023 par rapport à 2021²²⁸. En outre, il est délicat d'analyser l'évolution des gains énergétique permis par une aide publique indépendamment des autres, du fait des cumuls d'aides. On constate toutefois que pour les rénovations d'ampleur aidées par MaPrimeRénov'²²⁹, malgré une hausse de logements aidés entre 2021 et 2023 (de 58 000 à 71 500), les gains d'énergies conventionnels totaux sont restés stables sur la période (0,87 TWh par an)²³⁰. Enfin, ces gains énergétiques restent calculés de manière conventionnelle et n'intègrent pas, par définition, l'« effet rebond » lié à la hausse de la température de chauffage par les ménages après une rénovation, par exemple si le ménage adapte sa température à son budget pour cet usage.

Au-delà des aides, **le gouvernement a également renforcé le volet réglementaire** pour répondre à son double objectif de massification des rénovations énergétiques et éradication de la

²²² Et les autres aides budgétaires portées par l'Anah, à savoir MaPrimeRénov' Sérénité, MaPrimeRénov' Copropriétés, Loc'Avantages avec travaux.

²²³ Crédits de paiement versés par les programmes dans le cadre du financement de MaPrimeRénov' p174, p362, p135 et revenus générés par les quotas carbone ; Effort financier de l'État en faveur de la rénovation énergétique des bâtiments, Annexe au projet de loi de finances pour 2025, <https://www.budget.gouv.fr/documentation/file-download/28469>

²²⁴ Bien que supprimée au premier janvier 2021, le CITE a bénéficié à 188 000 logements en 2021 pour des travaux engagés antérieurement.

²²⁵ SDES, Les rénovations énergétiques aidées du secteur résidentiel entre 2016 et 2021, octobre 2024 : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-renovations-energetiques-aidees-du-secteur-residentiel-entre-2016-et-2021>

²²⁶ Les calculs menés en interne permettent d'aboutir à 478 000 rénovations énergétiques équivalentes sur l'année 2021. Ce chiffre est estimé à partir du gain énergétique annuel permis grâce aux rénovations aidées. Les 11 TWh annuel sont divisés par la surface moyenne des logements français (92,3 m² estimé par le SDES dans l'étude les conditions de logement des ménages résidant en France en 2020), puis divisés à nouveau par le gain unitaire moyen d'une rénovation considéré dans le scénario de référence de la SNBC 2 (250 kWh EF/m²/an).

²²⁷ Le manque de données consolidées pour les années 2022 et 2023 contraint l'analyse sur les deux dernières années du BC 2019-2023.

²²⁸ Effort financier de l'État en faveur de la rénovation énergétique des bâtiments, Annexe au projet de loi de finances pour 2025, <https://www.budget.gouv.fr/documentation/file-download/28469>

²²⁹ On entend par rénovation d'ampleur les rénovations aidées par l'Anah qui respectent les conditions suivantes : au moins deux sauts de classe DPE et au moins deux gestes d'isolation

²³⁰ SDES, Les rénovations énergétiques d'ampleur aidées par l'Anah en 2023, décembre 2024 : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-renovations-energetiques-dampleur-aidees-par-lanah-en-2023>

précarité énergétique. Ainsi, la Loi « Climat et Résilience » de 2021²³¹ a rendu opposable le Diagnostic de Performance Énergétique (DPE), homogénéisé les méthodes de calcul et y a associé un calendrier permettant d'obliger les logements les moins performants à être rénovés pour pouvoir être loués :

- Depuis le 1^{er} janvier 2025, les logements classés G doivent être rénovés pour être loués ;
- Au 1^{er} janvier 2028, les logements classés F seront concernés ;

Entre le 1^{er} janvier 2022 et le 1^{er} janvier 2024²³², la part de logements classés A est passée de 2 % à 3 %, tandis que la part de logements classés B a augmenté de 3 % à 5 %. Les passoires énergétiques (correspondant aux logements classés F ou G) reculent de 17 % à 14 % au 1^{er} janvier 2024.

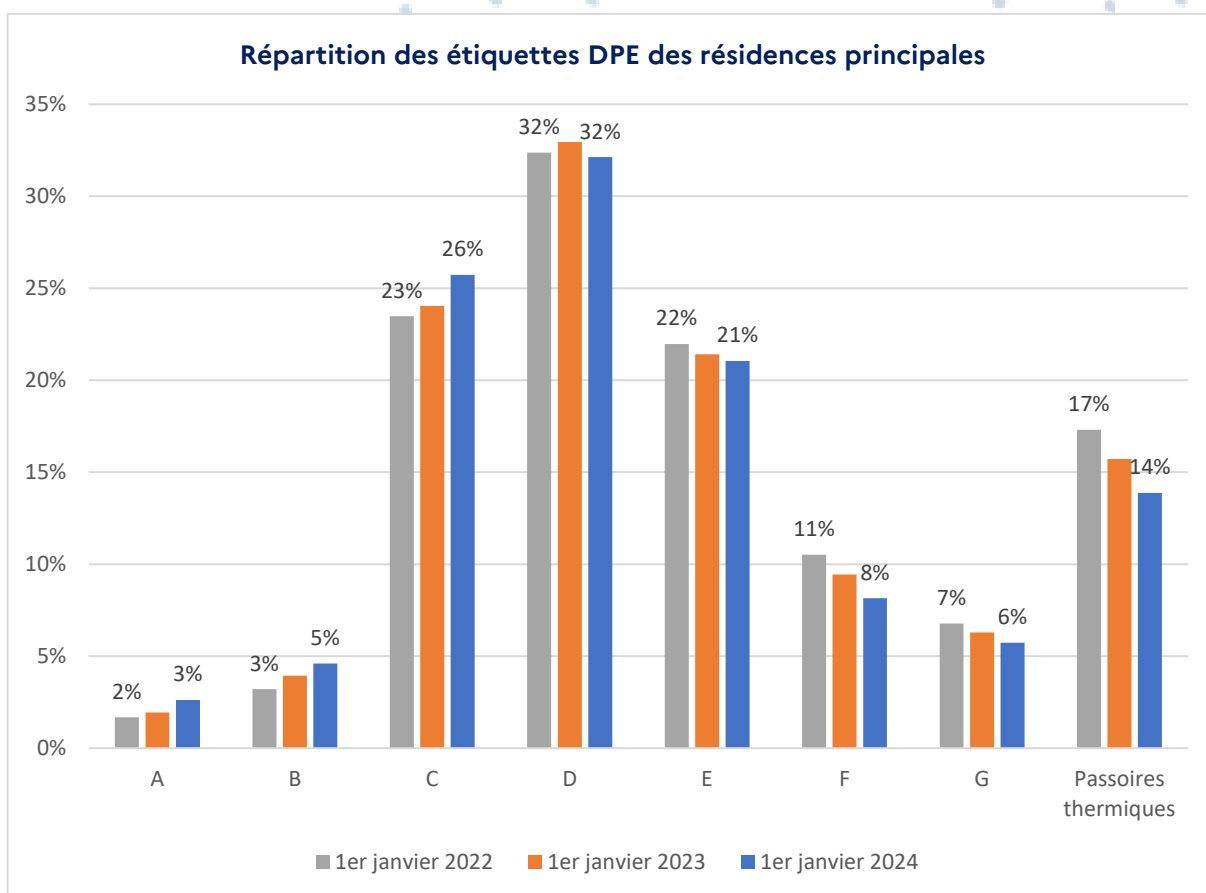


Figure 56: Répartition des étiquettes DPE des résidences principales au premier janvier 2022, 2023 et 2024 (source SDES)

La baisse de la consommation énergétique s'explique également par des **changements de comportement des acteurs**. Ces derniers sont directement liés à la hausse des prix du gaz et de l'électricité, telle qu'illustrée sur la figure ci-dessous. Cette hausse des prix est

²³¹ Loi n°2021-1104, août 2021, accessible en ligne à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924>

²³² SDES, décembre 2024, le parc de logements par classe de performance énergétique au 1er janvier 2024, accessible en ligne à l'adresse : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/le-parc-de-logements-par-classe-de-performance-energetique-au-1er-janvier-2024>

principalement la résultante de trois phénomènes s'étant produits entre 2021 et 2023 : la reprise économique post-Covid en 2021, la guerre en Ukraine, mais aussi l'indisponibilité de certaines centrales nucléaires en 2022 réduisant la production électrique française. Pour réduire la consommation énergétique, le gouvernement a appelé l'ensemble des acteurs économiques à la sobriété énergétique. A ce titre, il a publié en octobre 2022 un plan de sobriété énergétique²³³ afin de sensibiliser davantage les acteurs et proposer des mesures concrètes afin d'accompagner la réduction de la consommation d'énergie.

Dans le secteur tertiaire

Le scénario de référence de la SNBC 2 modélisait une **réduction de la consommation d'énergie finale** de 8 % sur la période 2019-2023. Les données corrigées des variations climatiques observées témoignent d'une réduction de 13 % entre 2019 et 2023, due à la fois à la hausse des prix de l'énergie en 2022 et 2023 (80 % de la réduction de consommation d'énergie sur la période 2019-2023 s'observe entre 2022 et 2023) et aux obligations du dispositif « éco-énergie tertiaire » en vigueur depuis 2019.

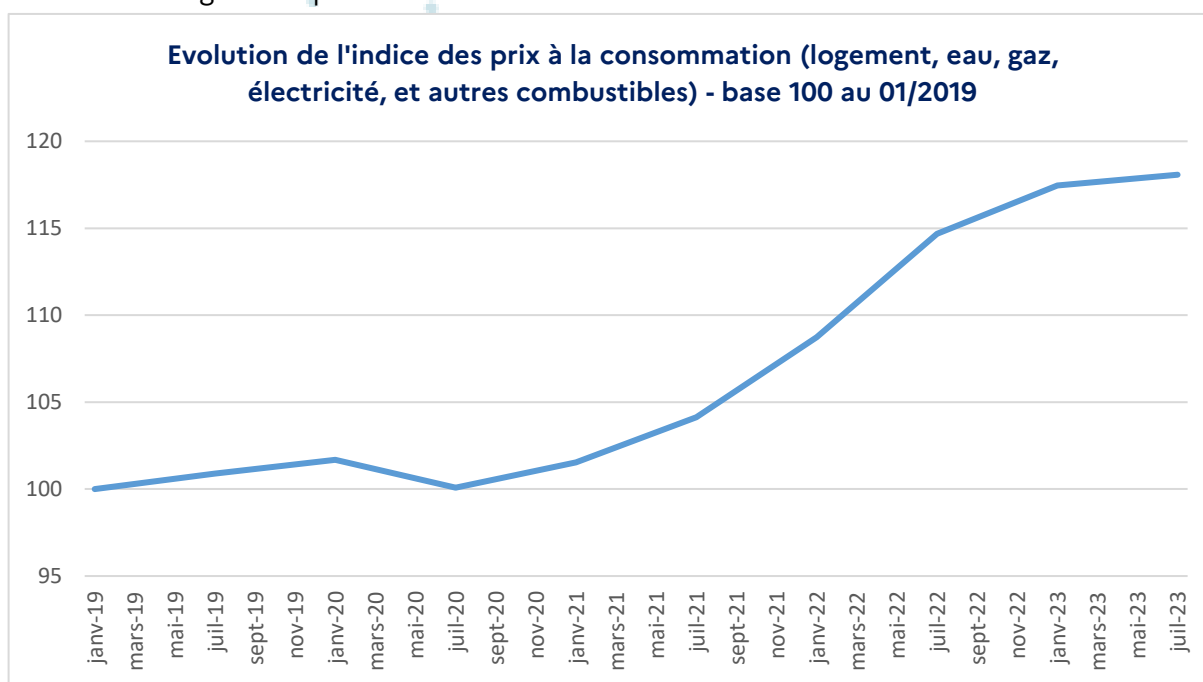


Figure 57: Evolution de l'indice des prix à la consommation (logement, eau, gaz, électricité, et autres combustibles) – base 100 au 01/2019 (source INSEE)

► Décarbonation des sources d'énergie

Dans le secteur résidentiel

Au-delà de la baisse de la consommation d'énergie, il est surtout primordial de **décarboner l'énergie de chauffage utilisée** pour réduire les émissions de GES associées. Le fioul et le gaz

²³³ Gouvernement, octobre 2022, Plan de sobriété énergétique, accessible en ligne à l'adresse : <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/dp-plan-sobriete.pdf>

sont les deux modes de chauffage les plus émetteurs : l'ADEME estime²³⁴ que la quantité de GES émise pour chauffer annuellement un mètre carré est de 57,2 kg CO₂e pour un chauffage au fioul, et 39 kg CO₂e pour un chauffage au gaz. Ce chiffre est 10 fois inférieur pour une pompe à chaleur en France hexagonale, avec 3,95 kg CO₂e émis.

Evolution des consommations énergétiques finales

Entre 2015 et 2023, les dynamiques d'évolution des consommations énergétiques ont été plus rapides que celles projetées dans le scénario de référence de la SNBC 2, avec une accélération notable à partir de 2019²³⁵ : la **part de fioul** dans la consommation énergétique finale du secteur résidentiel est **passée de 16 % à 13 %** entre 2019 et 2023, contre 16 % projeté en 2023 dans la SNBC 2, tandis que **celle de gaz a reculé de quatre points** sur la même période, contre 1 % projeté. Au contraire, la **part de PAC a quant à elle plus que doublé entre 2019 et 2023**, alors qu'elle restait relativement stable dans le scénario de référence.

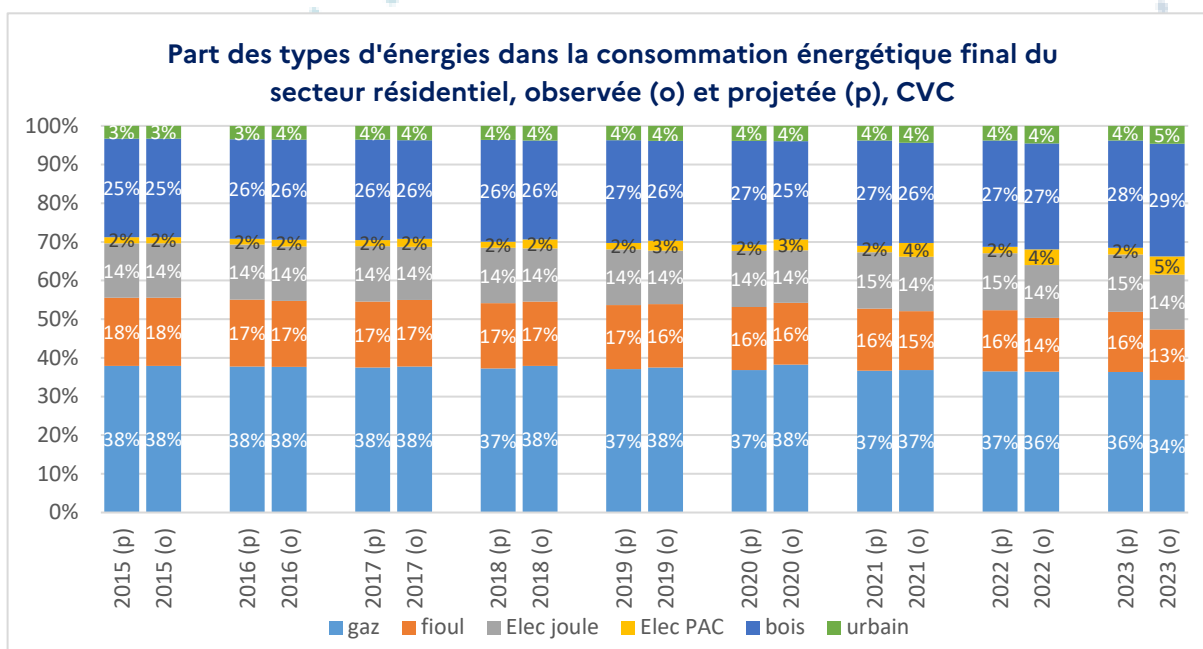


Figure 58: Part des types d'énergies dans la consommation énergétique finale du secteur résidentiel, observée (o) et projetée (p) (sources : DGEC, SDES)

²³⁴ ADEME, janvier 2024, quel est l'impact carbone de votre chauffage, <https://agirpourlatransition.ademe.fr/particuliers/maison/chauffage/simulateur-impact-carbone-chauffage#:~:text=Le%20simulateur%20de%20l'E2%80%99ADEME%20vous%20permet%20d'E2%80%99C3%A9valuer%20simplement,par%20an%20en%20comparant%20plusieurs%20modes%20de%20chauffage.>

²³⁵ SDES, mars 2025, consommation d'énergie par usage du résidentiel, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/consommation-denergie-par-usage-du-residentiel>

Evolution de la part des modes de chauffage

Ces résultats se traduisent également dans l'évolution de la part des modes de chauffage²³⁶, avec toutefois une nuance sur le gaz. Ainsi, bien que la part observée de chaudières au fioul dans les logements résidentiels décline plus rapidement que la trajectoire modélisée par le scénario de référence de la SNBC 2 (9 % observé en 2023 contre 10 % projeté), **la part de chaudières à gaz se stabilise à 36 % entre 2019 et 2023**, contre une réduction projetée de 2 points sur la période. La part de PAC dans les modes de chauffage, quant à elle, continue sa croissance entre 2019 et 2023, passant de 6 % à 9 %. On notera ici des **différences significatives entre la part de mode de chauffage et la consommation énergétique finale associée à ces modes de chauffage, décrite dans la sous-partie précédente** (par exemple, la PAC représente 5 % de consommation énergétique finale, pour 9 % des logements équipés d'un tel mode de chauffage). Ces différences peuvent alors s'expliquer par les différences de rendement énergétique (les PACs ont un coefficient de performance de 4, ce qui permet de fournir 4 kWh d'énergie pour 1 kWh d'électricité consommée), par la consommation énergétique de modes de chauffage d'appoint (notamment la consommation de bois) mais également des effets d'isolation des logements, qui réduisent les besoins énergétiques (les PACs étant davantage installées dans des logements bénéficiant d'une meilleure isolation).

Ces dynamiques illustrées dans les deux paragraphes ci-dessus sont le fruit de plusieurs facteurs. Comme évoqué précédemment, il est probable qu'un **effet prix** ait impacté la répartition des consommations énergétiques : il est sûrement la cause principale de la diminution de la part de gaz dans la consommation, celle-ci ne s'étant pas observée dans la part de type de chauffage. La mise en place de plusieurs politiques publiques par le gouvernement permet également d'expliquer ces évolutions : les aides facilitant les remplacements de chaudières par des modes de chauffage moins émetteurs ont été renforcées à partir de 2019. De plus, **l'Etat a également renforcé sa réglementation sur la construction neuve, notamment à travers la RE2020**, qui est effective depuis le premier janvier 2022 dans le résidentiel, de sorte à systématiser le recours à la chaleur renouvelable. De plus, il est également interdit depuis le 1^{er} juillet 2022 d'installer une chaudière fioul neuve, alors que le scénario de référence de la SNBC 2 projetait cette interdiction en 2035.

²³⁶ La part des modes de chauffage est calculée par rapport au nombre de logements et non par rapport à la surface chauffée. Ces données sont toutefois calculées par le SDES, et accessible via l'étude mentionnée dans la note de bas de page précédente

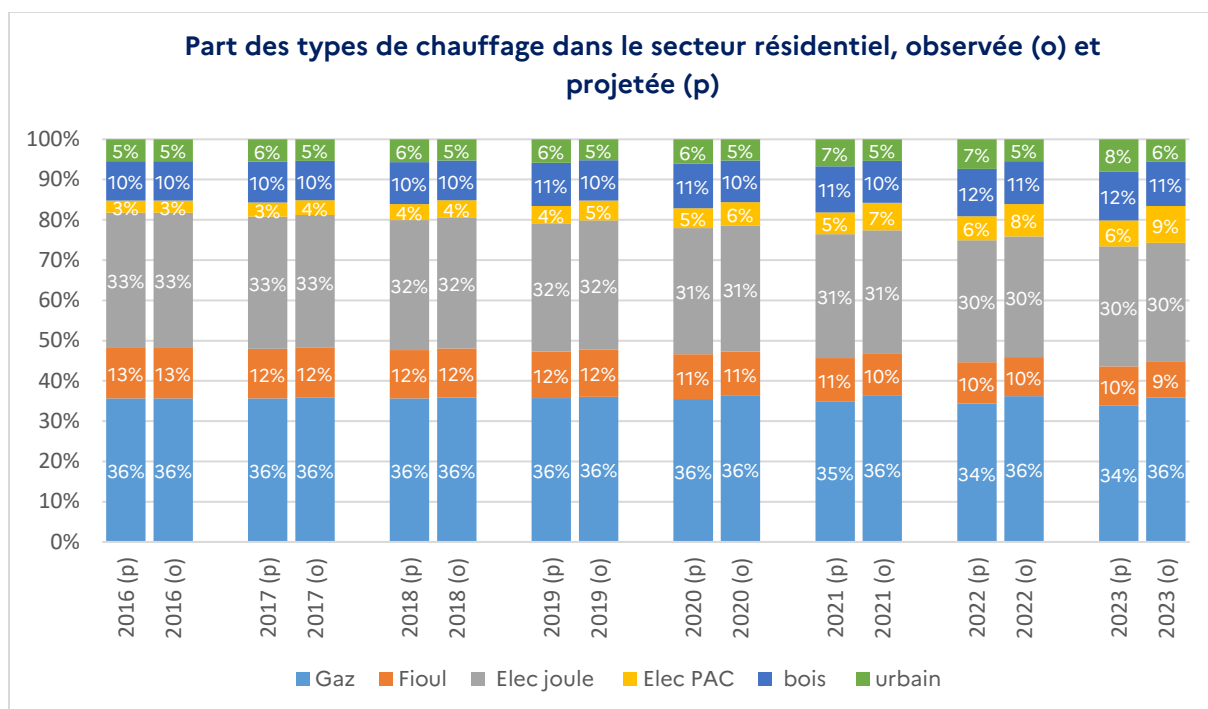


Figure 59: Part des types de chauffage dans le secteur résidentiel, observée (o) et projetée (p) (sources : DGEC, SDES)

Dans le secteur tertiaire

Dans le secteur tertiaire, les évolutions des types d'énergie dans la consommation énergétique finale semblent être moins marquées que dans le secteur résidentiel, et les tendances de consommation moins linéaires. La part du fioul dans la consommation énergétique finale a fortement décru entre 2015 et 2016, avant de se stabiliser autour de 12 %. En 2023, la part de cette énergie est supérieure d'un point à la valeur projetée dans le scénario de référence de la SNBC 2. La part de gaz a quant à elle connu une croissance continue entre 2015 et 2020, passant de 26 % à 29 %, avant de revenir en 2023 à son niveau de 2015, bien qu'une décroissance de 4 points était projetée dans le scénario de référence. Le constat est similaire pour l'électricité, qui a vu sa part dans la consommation énergétique finale rester stable sur la période 2015 - 2023 : en 2023, la part de cette énergie est de 53 % contre 58 % dans le scénario de référence. De même, le scénario de référence projetait la sortie du charbon dès 2020, qui reste stable dans la consommation énergétique finale du secteur tertiaire (0,4 %).

Seule la part d'énergies renouvelables (EnR) thermiques et de déchets connaît une croissance stable sur la période 2015-2023, passant de 3 % à 5 % sur la période. Elle reste toutefois un point en dessous du niveau projeté dans le scénario de référence de la SNBC 2.

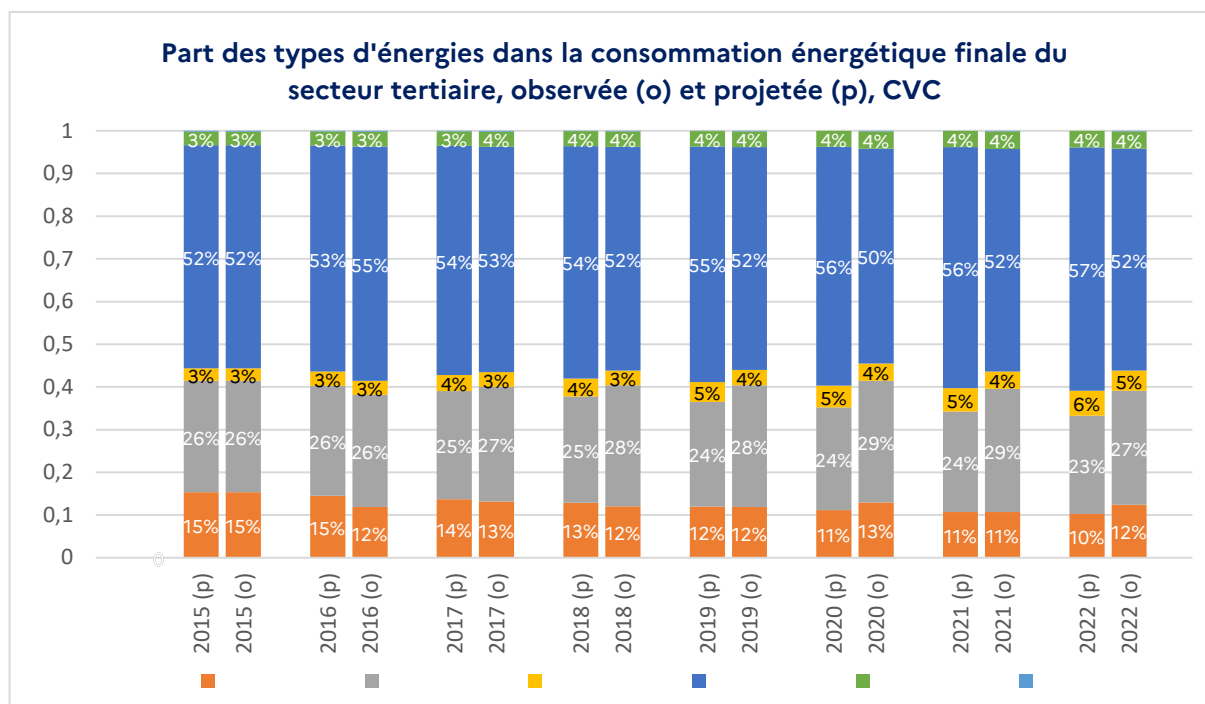


Figure 60: Part des types d'énergies dans la consommation énergétique finale du secteur tertiaire, observée (o) et projetée (p), corrigée des variations climatiques (CVC) (sources : DGEC, SDES)

► Construction neuve induisant des exigences de décarbonation dès la construction

Dans le secteur résidentiel

Afin de permettre entre autres la décarbonation des nouvelles constructions, l'Etat a souhaité accélérer sa réglementation : **en 2020, la France a fait évoluer sa réglementation thermique (RT2012) en une réglementation environnementale (RE2020)**. Cette réglementation, qui s'applique depuis le 1^{er} janvier 2022, intègre désormais des indicateurs sur l'impact carbone de la construction et de l'usage des bâtiments, en complément des indicateurs existants sur la consommation d'énergie, et fixe des seuils pour 2012, 2025, 2028 et 2032²³⁷. Ainsi, le plafond fixé pour la consommation d'énergie primaire (Cep) est de 75 kWh_{ep}/m².an pour les maisons individuelles et accolées, et de 85 kWh_{ep}/m².an pour les logements collectifs. Ces valeurs fixées par la RE2020 sont moins ambitieuses que celle considérée dans le scénario de référence de la SNBC 2, 50 kWh_{ep}/m².an, seuil indépendant du type de logement considéré. Au-delà des exigences imposées, un dispositif de suivi est associé à la RE 2020, l'observatoire de la RE 2020²³⁸. Cet outil permet d'analyser l'effet de la réglementation sur les constructions neuves.²³⁹ Concernant les maisons individuelles (respectivement les logements collectifs), il est alors intéressant d'observer que, pour le coefficient Cep, 94 % (resp. 45 %) des nouvelles

²³⁷ Décret n° 2021-1004 du 29 juillet 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine

²³⁸ Observatoire de la RE2020 : <https://re-batiment2020.cstb.fr/opee/>

²³⁹ Les statistiques de l'Observatoire sont réalisées sur les « Déclarations attestant l'achèvement et la conformité des travaux » (DAACT) reçues entre le 01/01/2022 et le 01/05/2022 (pour les bâtiments soumis à la RE 2020)

constructions présentent une consommation au moins 25 % inférieure au seuil maximal. Pour le coefficient $I_{c_énergie}$, c'est alors 99 % (resp. 76 %) des nouvelles constructions qui sont au moins 25 % moins émettrices que la valeur maximale réglementaire.

Dans le secteur tertiaire

Le scénario de référence de la SNBC 2 projetait également des hypothèses sur la construction neuve dans le secteur tertiaire. Bien que la RE 2020 s'applique depuis le 1^{er} juillet 2022 à certains bâtiments de ce secteur (bureaux et bâtiments d'enseignements primaires et secondaires), et fixe au même titre que pour le secteur résidentiel des seuils de consommation d'énergie et d'émissions de GES sur la phase d'utilisation, il est toutefois délicat de pouvoir les comparer avec les résultats des modélisations du scénario de référence de la SNBC 2, les indicateurs ne relevant pas du même périmètre (sur le tertiaire, le scénario de référence est construit sur des hypothèses en énergie finale, tandis que les seuils fixés par la RE2020 le sont en énergie primaire). En ce qui concerne la répartition surfacique des modes de chauffage dans le neuf, l'hypothèse était une progression importante des réseaux de chaleur urbains entre 2015 et 2023 (de 28 % en 2019 à 34 % en 2023), et une décroissance importante de la part de gaz (de 45 % en 2019 à 35 % en 2023). La part de PAC projetée augmente quant à elle assez légèrement sur la même période (de 22 % à 24 %). Les données centralisées sur l'Observatoire de la RE 2020 des Déclarations attestant l'achèvement et la conformité des travaux témoignent de la prédominance des PAC dans les nouveaux bureaux construits.²⁴⁰

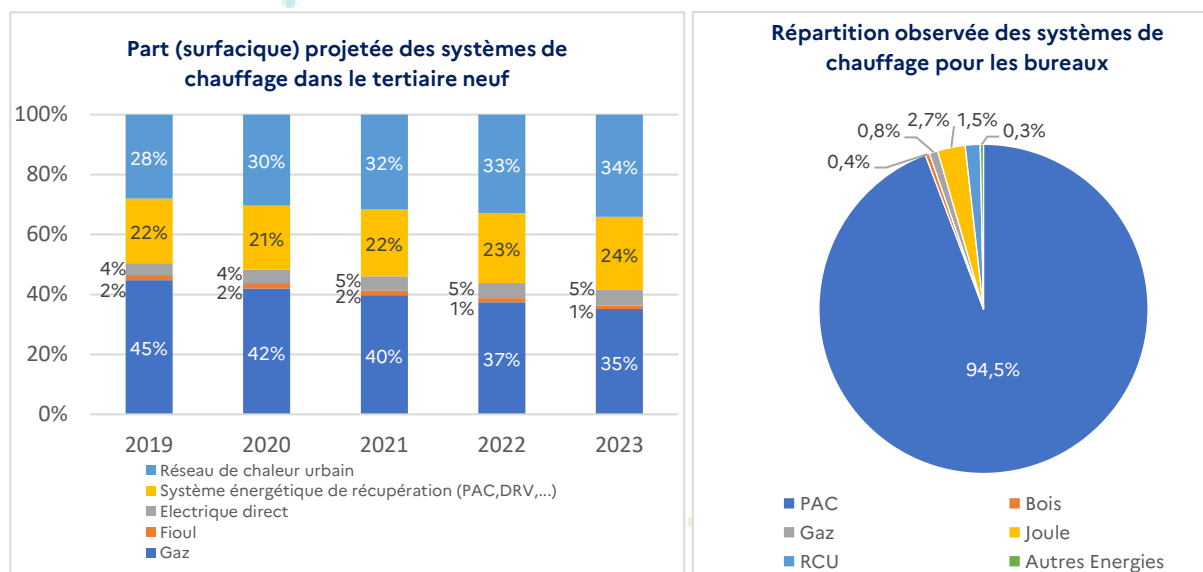


Figure 61 : Figure a (à gauche) : Part (surfacing) projetée des systèmes de chauffage dans le tertiaire neuf (source DGEC) / Figure b (à droite) : Répartition observée des systèmes de chauffage pour les bureaux (source Observatoire de la RE2020)

²⁴⁰ Il est important de souligner la différence de périmètres entre les données projetées (des parts surfacing sur l'ensemble de la surface tertiaire) et les données observées (des parts en nombre de bureaux)

4. Les politiques actuellement en vigueur permettent d'envisager une poursuite de la baisse des émissions dans l'industrie dans les prochaines années

Le Scénario « Avec Mesures Existantes » 2024²⁴¹ est un exercice de prospective permettant d'évaluer la trajectoire actuelle d'émissions de gaz à effet de serre de la France, en prenant en compte l'ensemble des politiques publiques déjà adoptées jusqu'au 31 décembre 2023.

Dans le scénario AME 2024, les émissions sont réduites de 31 % entre 2022 et 2030 et de 55 % entre 2022 et 2050 dans le secteur des bâtiments. Les émissions continuent de diminuer après 2030 sous l'effet des obligations de rénovation, bien que soit anticipé un délai et un respect partiel de la trajectoire fixée par la Loi Climat et Résilience. Les systèmes de chauffage continuent de se décarboner. Alors qu'il restait un million de logements chauffés au fioul en 2030, ceux-ci disparaissent en 2036 suite à la mesure de sortie du fioul. Le nombre de logements chauffés au gaz augmente légèrement entre 2020 et 2030 (+2 %) mais baisse globalement entre 2050 et 2020 (-10 %).

5. Vers la SNBC 3

Ce bilan a permis d'identifier les leviers les mieux engagés et de mettre en lumière les points de vigilance. Ce travail continu est par ailleurs nécessaire afin d'aligner les hypothèses structurantes de la SNBC 3 sur les dynamiques en cours, et d'amener l'Etat à pérenniser ou renforcer son action.

- **Sur un certain nombre de leviers, les objectifs ont été atteints**, et la SNBC 3 vise à aller plus loin : par exemple, dans le résidentiel, la part de gaz et de fioul dans la consommation énergétique finale baisse plus rapidement que dans le scénario de référence de la SNBC 2. Toutefois, il faut garder à l'esprit que cette baisse semble relever d'une dimension conjoncturelle, notamment pour le gaz, dans la mesure où les prix étaient élevés en 2022 et 2023, tandis que la part de chaudière gaz dans les logements est restée stable. La diminution de la part de gaz et de fioul devra encore accélérer pour parvenir à respecter nos nouveaux objectifs climatiques. Le nouvel exercice de modélisation projetée ainsi une sortie plus rapide de ces énergies fossiles à l'horizon 2030, une sortie des chaudières fioul à l'horizon 2035 et le remplacement progressif de la majorité des chaudières à gaz.
- **Pour d'autres leviers, les dynamiques vont dans le bon sens, mais accusent toutefois un léger retard par rapport aux hypothèses du scénario de référence de la SNBC 2.** Il est alors primordial de poursuivre les efforts pour rester sur les trajectoires projetées dans la SNBC 3 : même si la réduction de consommation énergétique s'avère suivre les projections du scénario de référence de la SNBC 2, la part de passoires énergétiques

²⁴¹ Ministère de la Transition Ecologique, Octobre 2024, Synthèse du scénario avec mesures existantes 2024 (AME 2024), (chiffres rebasés sur le Secten 2025), <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenarios-avec-mesures-existantes>

importante et les gains énergétiques associés aux rénovations d'ampleur aidés par MPR stagnent en 2022 et 2023. Les évolutions apportées au dispositif MaPrimeRenov' au 1er janvier 2024 permettent ainsi de renforcer le ciblage vers les passoires thermiques et d'augmenter le nombre de rénovations d'ampleur. Par ailleurs, au premier juillet 2024, le gouvernement a fait évoluer la méthode de calcul des seuils du DPE pour les plus petits logements, afin de corriger un biais statistique pénalisant les petites surfaces. Ainsi, 140 000 logements environ devraient sortir de la catégorie des passoires thermiques dans le relevé 2025 en raison de ce nouveau mode de calcul, sur 4 240 000 estimés en 2024.

- **Enfin, certains leviers essentiels ne sont pas engagés sur la bonne trajectoire.** Ces derniers ne sont pas remis en cause dans la SNBC 3, car ils sont structurants pour respecter les objectifs de décarbonation du secteur. Il est alors indispensable de prendre des orientations fortes afin d'inverser la tendance. C'est notamment le cas de la consommation de gaz dans le tertiaire, dont la part dans le mix n'a pas été réduite. Les changements de systèmes de chauffage devraient s'accroître davantage à mesure que les échéances fixées par le décret Eco-Energie Tertiaire se rapprochent.

G. Production et transformation d'énergie

1. Bilan du budget carbone 2019-2023, émissions de GES

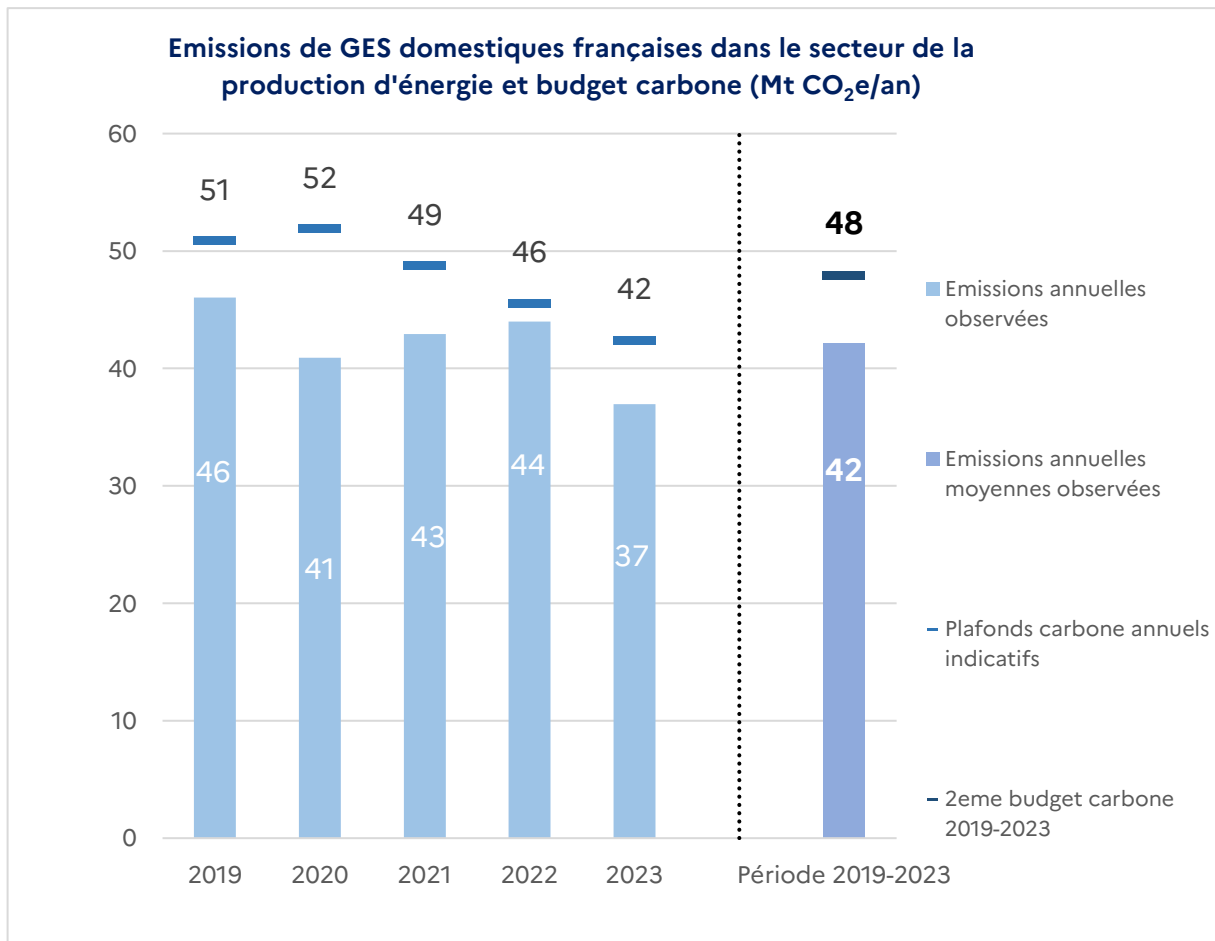


Figure 62: Emissions de GES domestiques françaises dans le secteur de la production d'énergie, plafonds carbone indicatifs, et budget carbone annuel 2019-2023 (source : Citepa, DGEC)

La SNBC 2 prévoyait un budget carbone de 48 Mt CO₂e/an en moyenne²⁴² (240 Mt CO₂e au total) pour le secteur de la production d'énergie sur la période 2019-2023. **Ce budget carbone est respecté**, avec une marge de 6 Mt/an (29 Mt CO₂e au total). Le secteur de la production d'énergie se place tous les ans en-deçà des budgets carbone annuels indicatifs, avec une marge allant de 1,6 Mt CO₂e/an en 2022 à 11 Mt CO₂e/an en 2020.

²⁴² Le code de l'environnement (Article D. 222-1-B) prévoit la réalisation d'un ajustement technique des budgets carbone pour chaque période si les changements de méthodologie des inventaires d'émissions de gaz à effet de serre conduisent à des modifications de plus de 1 % des valeurs des années de référence ayant servi pour les scénarios de la SNBC (1990, 2005 et 2015). Ces ajustements « techniques » ont vocation à conserver la cohérence de la trajectoire initialement retenue, en maintenant les mêmes réductions sectorielles et par gaz en « valeur relative » par rapport à l'année 2005. **Les budgets carbone annuels indicatifs de la deuxième période, ont été ajustés au regard de l'inventaire national 2025 des émissions de gaz à effet de serre du Citepa (Secten 2025).**

2. Rappel des principaux leviers de la SNBC 2

Dans la nomenclature SECTEN, le secteur « industrie de l'énergie » comprend les émissions de la production d'énergie (centrales électriques, production de chaleur, incinération de déchets avec récupération d'énergie), les émissions liées à la transformation d'énergie (raffineries, transformation de combustibles minéraux solides...) et l'extraction et la distribution d'énergie (pétrole, gaz naturel, charbon, géothermie, etc.). La décarbonation du secteur reposait sur plusieurs leviers, engageant chacun plusieurs hypothèses structurantes²⁴³ dans le scénario de référence de la SNBC 2²⁴⁴ :

- Pour l'électricité :
 - o **Augmentation de la production d'électricité** en lien avec l'électrification des différents secteurs consommateurs d'énergie (transports, bâtiments et industrie principalement) : la quantité totale d'énergie produite augmente de 18 % entre 2015 et 2050.
 - o **Décarbonation de la production d'électricité** : à court terme, le solaire et l'éolien connaissent une forte croissance dans le scénario de référence, et la part d'énergie fossile diminue (les centrales à charbon s'arrêtent en 2022). A long terme, le mix électrique repose en totalité sur de l'énergie décarbonée (énergies renouvelables, nucléaire, bioénergie, gaz décarboné)
- Chaleur commercialisée :
 - o **Augmentation de la chaleur livrée en réseau de chaleur** en lien avec la croissance de la demande pour les logements résidentiels en zone urbaine
 - o **Décarbonation de la production de chaleur** : La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte de 2015 fixe l'objectif de multiplier par 5 la quantité de chaleur (et de froid) renouvelables et de récupération livrée par les réseaux de chaleur urbains (RCU) entre 2012 et 2030. En 2022, le fioul disparaît du bouquet énergétique des RCU dans le scénario de référence, et le charbon disparaît en 2028. En 2050, le mix énergétique de la chaleur commercialisée repose sur un mix entre biomasse et déchets (35 %), chaleur de récupération industrielle (25 %), géothermie (25 %) et gaz décarboné.
- Capacité de raffinage :
 - o Conversion de la filière raffinage vers des produits et combustibles liquides et gazeux à partir de la biomasse, et **baisse de la quantité de produits pétroliers raffinés**, tout en assurant les capacités de raffinage en adéquation avec les besoins nationaux
- Valorisation énergétique des déchets : traité dans la partie déchets

²⁴³ La liste des hypothèses décrites ci-dessous n'est pas exhaustive, pour plus de détails, se référer à la Synthèse du scénario de référence de la stratégie française pour l'énergie et le climat, <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenario-de-reference>

²⁴⁴ Les chiffres rappelés en partie 2 et inscrits dans les documents de planification publiés en septembre 2020 sont issus des modélisations réalisées à partir des données de référence de 2015. Depuis, des changements de méthodologie ont conduit à des variations significatives pour certaines données observées. Dès lors, afin d'assurer la cohérence technique avec les méthodologies retenues lors de la conception de la SNBC 2, et permettre la comparaison avec les données observées en partie 3, des ajustements techniques ont été effectués.

3. Analyse des facteurs de l'évolution récente des émissions de la production d'énergie vis-à-vis des cibles du scénario de référence de la SNBC 2

► Production d'électricité

La **production d'électricité représente 44 % des émissions du secteur**, provenant de la combustion d'énergies fossiles (gaz, fioul, charbon). Les énergies renouvelables (biomasse, solaire, éolien ou hydraulique) et le nucléaire ne représentent pas d'émissions comptabilisées dans ce secteur, bien que leur empreinte carbone, calculée sur l'ensemble du cycle de vie, ne soit pas nulle. Le scénario de référence de la SNBC 2 projetait une hausse d'un pourcent de la production électrique par an entre 2019 et 2023, en lien avec l'électrification des usages et la conjoncture socio-économique. En réalité, la production d'électricité a diminué de 8 % entre 2019 et 2023, avec des variations significatives sur la période, en lien avec l'évolution de plusieurs facteurs. Premièrement, la production d'électricité étant thermosensible, les hivers 2019-2020, 2020-2021 et 2022-2023, particulièrement doux, ont entraîné une diminution de la consommation énergétique. Deuxièmement, la découverte du phénomène de corrosion sous contrainte apparu sur plusieurs réacteurs nucléaires a entraîné une indisponibilité d'une partie de la capacité nucléaire française, entraînant une diminution de la production électrique. Enfin, la guerre en Ukraine et la reprise économique post-covid ont contribué à augmenter le prix de l'électricité entre 2021 et 2023. La hausse des prix, et le Plan sobriété mis en place par le gouvernement afin de limiter la tension sur le réseau, ont poussé les acteurs à changer leur comportement, et à réduire leur consommation électrique.²⁴⁵

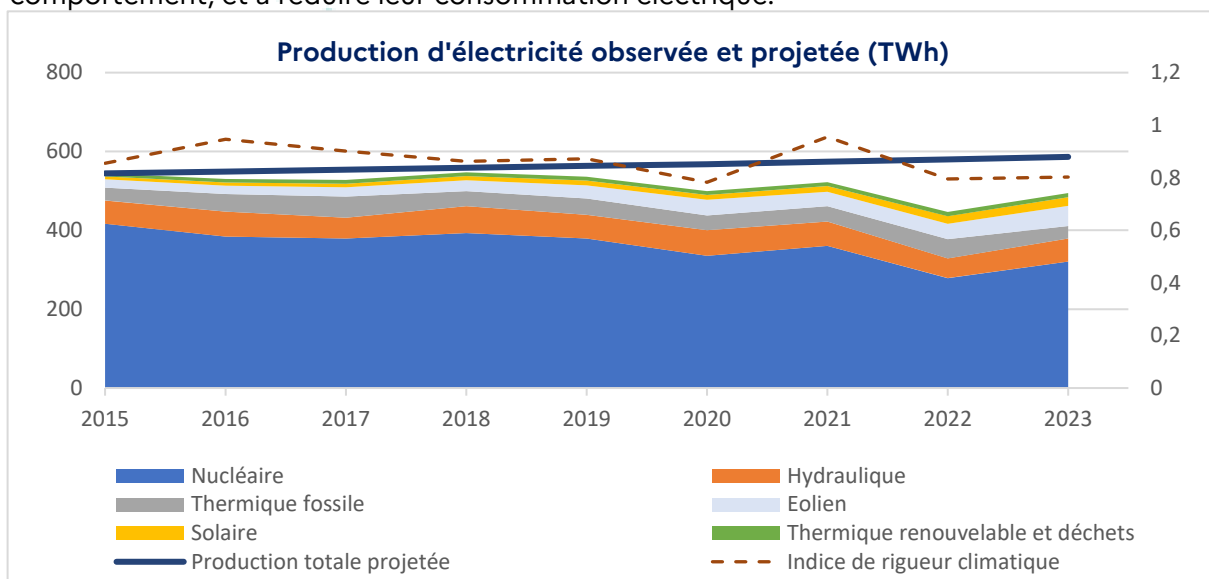


Figure 63: production d'électricité observée et projetée (TWh) (source : RTE, DGEC)

²⁴⁵ RTE, Analyses et données de l'électricité, <https://analysesetdonnees.rte-france.com/>

La baisse des émissions observée sur la période est également permise par l'évolution du mix électrique, bien que sujet à des variations significatives entre 2019 et 2023, illustrée ci-dessous par l'évolution de l'intensité carbone de l'électricité produite.

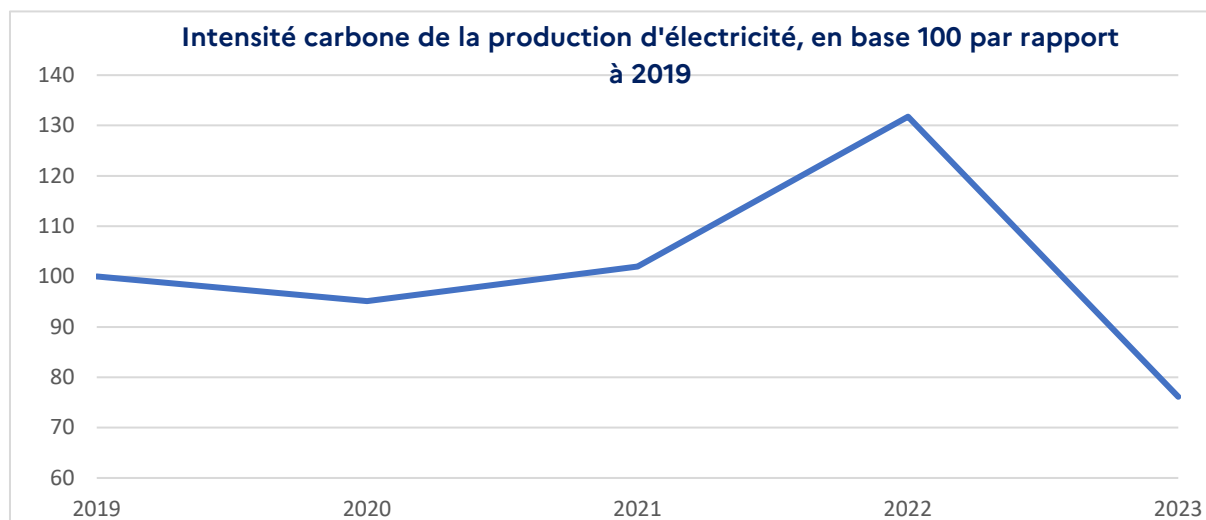


Figure 64: Intensité carbone de la production d'électricité, en base 100 par rapport à 2019 (source : RTE, Citepa, DGEC)

Ici encore, **cette évolution résulte d'un contexte conjoncturel majoritairement défavorable à la décarbonation de l'électricité produite**, se faisant principalement ressentir en 2022 : la diminution de la production d'énergie bas-carbone liée à l'indisponibilité des moyens de production a contribué à recourir davantage aux énergies fossiles. La crise française de production nucléaire a eu de fortes incidences sur la production nucléaire, en recul de 30 % en 2022 par rapport à la moyenne de 2001-2021. De plus, la sécheresse longue enregistrée en 2022 a réduit la production hydraulique en France à son plus bas niveau depuis 1976. Les centrales thermiques ont été particulièrement sollicitées en 2022. L'objectif d'arrêter les centrales électriques fonctionnant au charbon, initialement prévu pour 2022, n'a dans ce contexte pas été tenu. Quatre centrales étaient encore en activité en janvier 2020 en France : Le Havre, Cordemais, Saint-Avold et Gardanne. La centrale du Havre a cessé de fonctionner le 31 mars 2021, tandis que celle de Gardanne a officiellement fermé à l'été 2021. Pour sécuriser l'approvisionnement du pays dans un contexte de tension énergétique, la centrale à charbon de Saint-Avold a été relancée en 2022 après un arrêt annoncé comme définitif le 31 mars, tandis que celle de Cordemais a également été prolongée. La sortie du charbon est désormais prévue pour 2027, en visant la conversion de ces centrales à la biomasse.

D'un autre côté, les températures plus douces des hivers 2019-2020, 2020-2021 et 2022-2023 ont permis une moindre production d'électricité fossile, selon le principe d'ordre de mérite : les moyens de production électrique sont mobilisés dans l'ordre croissant de leur coût marginal de production. Les énergies renouvelables et nucléaires ayant un coût marginal nul ou faible, elles sont systématiquement les premières appelées. Ainsi, lorsque la consommation baisse, la part de fossile dans le mix diminue, et celle des énergies renouvelables augmente.

Ainsi en 2023, le mix électrique est sur la trajectoire des modélisations issues du scénario de référence de la SNBC 2. Le nucléaire, dont la part de production observée est légèrement en deçà des projections (65 % observé contre 67 % modélisé en 2023), est compensé par la part plus importante de solaire (12 % observé contre 11 % modélisé en 2023) et d'hydraulique (5 % observé contre 4 % modélisé en 2023).

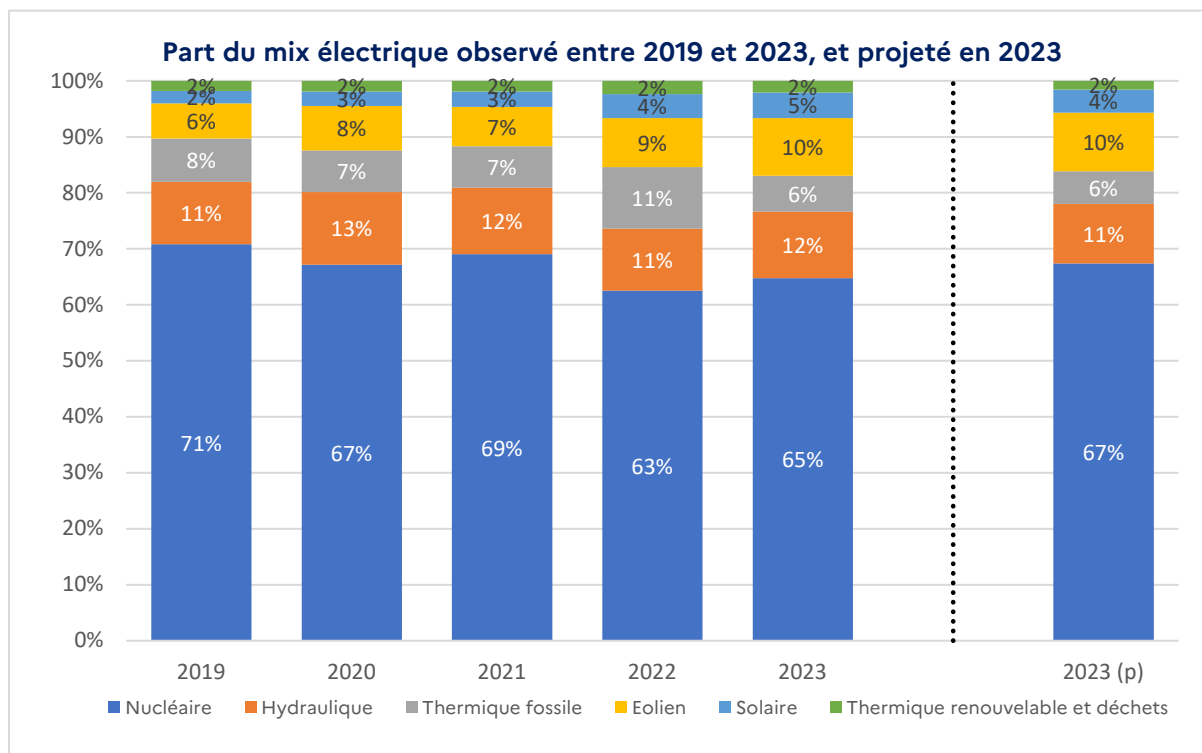


Figure 65: Part du mix électrique observé entre 2019 et 2023, et projeté en 2023 (source : RTE, DGEC)

Toutefois, il est à noter que la France est en retard sur le déploiement de ces capacités photovoltaïques et éolienne compte tenu des objectifs inscrits dans la PPE 2 (cf. le bilan de la PPE 2). En revanche, **La cible de la PPE 2 de 25,7 GW de puissance installée pour l'hydroélectricité a été atteinte en 2023.**

► Production de chaleur commercialisée, et mix énergétique de la chaleur livrée par les réseaux de chaleur

Le chauffage urbain a représenté 13 % des émissions du secteur sur la période 2019-2023, et enregistré une baisse de 5 %, après avoir connu une hausse importante en 2021, et un niveau historiquement bas en 2022. Le sous poste chauffage urbain inclut la **chaleur commercialisée** (par réseau de chaleur, mais également celle commercialisée hors réseaux de chaleur).

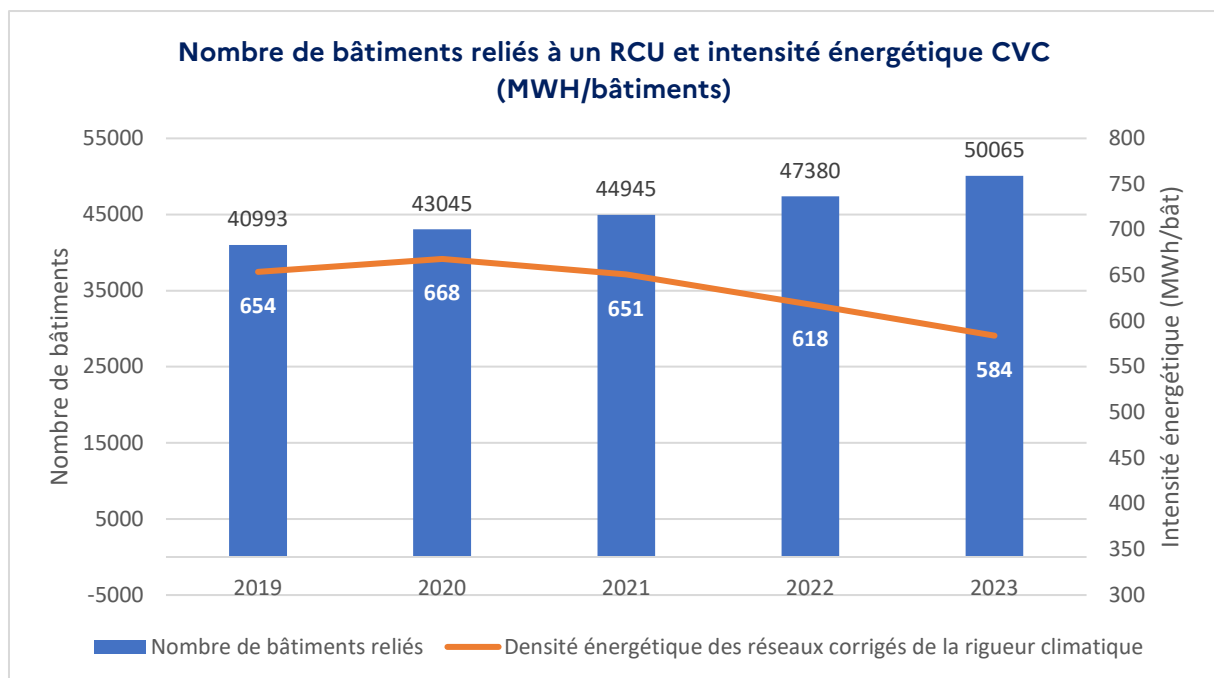


Figure 66: Nombre de bâtiments reliés à un RCU et intensité énergétique CVC (MWh/bâtiments) (source : FEDENE)

La **production de chaleur commercialisée** (nette des pertes de distribution) corrigée des variations climatiques a cru entre 2019 et 2022, avant de connaître une baisse en 2023 suite à une crise de l'offre. Non corrigée des variations climatiques, celle-ci avait diminué en 2022 par rapport à 2021, en raison d'un hiver particulièrement doux. En 2023, les moyens de production d'électricité thermique, incluant les **moyens de production de chaleur en cogénération** (hors RCU muni d'un tel équipement), ont été moins sollicitée pour les raisons mentionnées précédemment. Ainsi, les centrales ont moins produit et vendu de chaleur à des utilisateurs tiers, souvent des industriels (21,6 TWh en 2023 contre 24,8 TWh en 2022)²⁴⁶. En revanche, la hausse des émissions sur l'année 2023 pourrait être expliquée par la hausse de production de chaleur commercialisée hors RCU hors cogénération²⁴⁷. **Les réseaux de chaleur urbains (RCU)**, quant à eux, ont livré aux consommateurs une quantité de chaleur (nette des pertes de distribution) en légère hausse en 2023 par rapport à 2019 (elle passe de 25 TWh à 26 TWh), abstraction faite du pic observé en 2021 (30 TWh) lié à des conditions climatiques moins

²⁴⁶ SDES, avril 2025, Bilan énergétique de la France pour 2023, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/bilan-energetique/fr/pdf/bilan-energetique-france-2023.pdf>

²⁴⁷ Citepa, juin 2025, Secten 2025, <https://www.citepa.org/donnees-air-climat/donnees-gaz-a-effet-de-serre/secten/>

favorables. Cette croissance de la chaleur produite s'explique par le développement du nombre de bâtiments reliés à des RCU (50 000 en 2023 contre 41 000 en 2019) et des longueurs desservies (6 000 km en 2019 contre 7 500 en 2023), soutenu par le Fonds chaleur, mais est contrebalancée par les changements de comportements des usagers vers plus de sobriété et par des bâtiments plus performants²⁴⁸ (mesurés par la densité énergétique des réseaux dans le graphique).

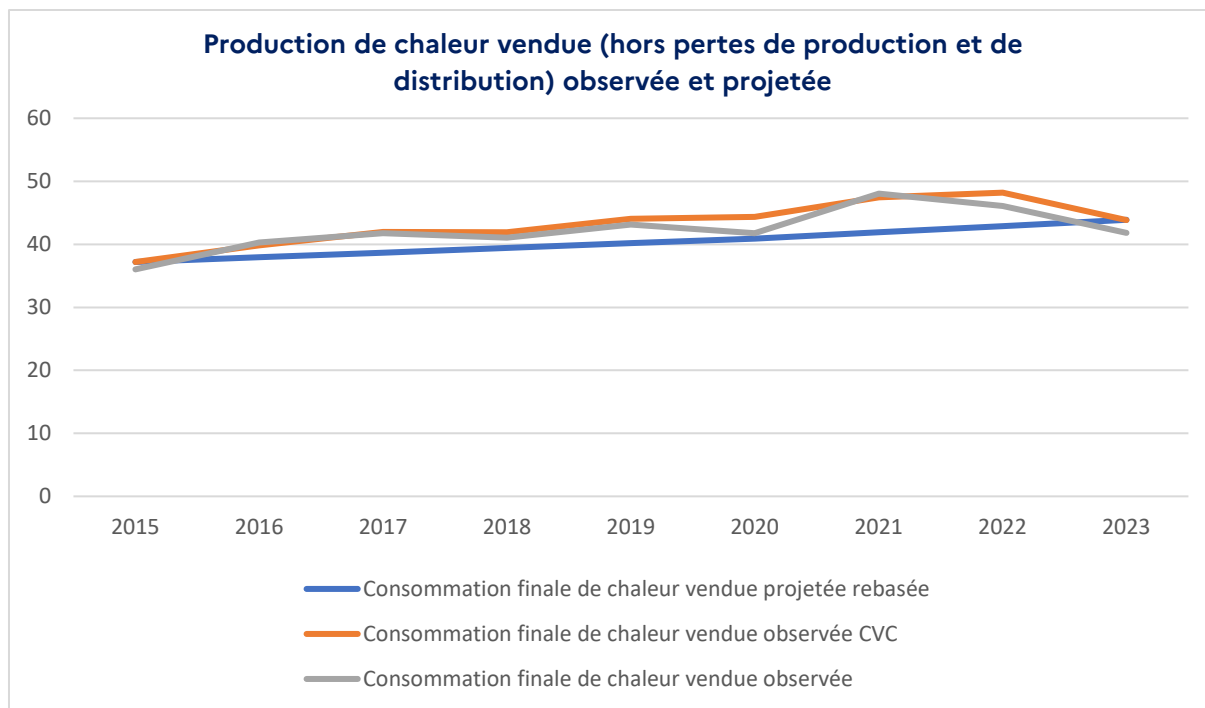


Figure 67: Production de chaleur vendue (hors pertes de production et de distribution), observée (CVC) et projetée (source : DGEC, SDES)

En ce qui concerne le **mix énergétique des réseaux de chaleur**, le scénario de référence de la SNBC 2 projetait une sortie du fioul à horizon 2022, et une forte réduction de la consommation de charbon par rapport à 2019. Les données recueillies dans le cadre de l'Enquête des réseaux de chaleur et de froid (EARCF) témoignent du recul important du charbon sur la période, limité à 0,8 % de la production de chaleur des réseaux en 2023 contre 2,6 % dans les modélisations. Si la part de fioul dans le mix énergétique des réseaux n'est pas nulle, elle ne représente plus que 0,3 % de la production de chaleur des réseaux en 2023. La part de chaleur fatale industrielle valorisée dans les réseaux de chaleur est divisée par 2 entre 2019 et 2023, alors qu'elle devait atteindre 8 % en 2023. Sur le plan des énergies décarbonées, le développement de ces énergies dans le mix en 2023 est globalement en avance sur la modélisation du scénario de référence de la SNBC 2, bien que ce ne soit pas le cas pour chacune d'entre-elles. La part des combustibles solides décarbonés (biomasse et déchets) dans la production de chaleur dépasse de 4 points les projections de la SNBC 2 (56,6 % observé contre 53,0 % modélisé), tout comme

²⁴⁸ FEDENE, Enquête des réseaux de chaleur et froid, édition 2024 : https://reseaux-chaleur.cerema.fr/sites/reseaux-chaleur-v2/files/fichiers/2024/12/241119_Rapport-2024-vf.pdf

la part de gaz décarboné qui dépasse de 2 points les projections de la SNBC 2. En revanche, la part de la géothermie dans la production de chaleur est restée quasi stable entre 2019 et 2023, passant de 5,7 à 5,5 %, quand le scénario de référence de la SNBC 2 projetait cette part à 7,2 % dans le mix énergétique des réseaux de chaleur en 2023. Selon la FEDENE, la livraison de chaleur renouvelable et de récupération (corrigée des variations du climat) a été multipliée par 2,5 entre 2012 et 2023. Toutefois, en valeur absolue CVC, la quantité de chaleur renouvelable et de récupération livrée par les RCU est légèrement en retard sur l'objectif de la PPE 2, atteignant 19,4 TWh contre 24,4 TWh visé. Toutefois, le taux moyen de 60 % de chaleur EnR&R en 2023 est dépassé, atteignant 62%.

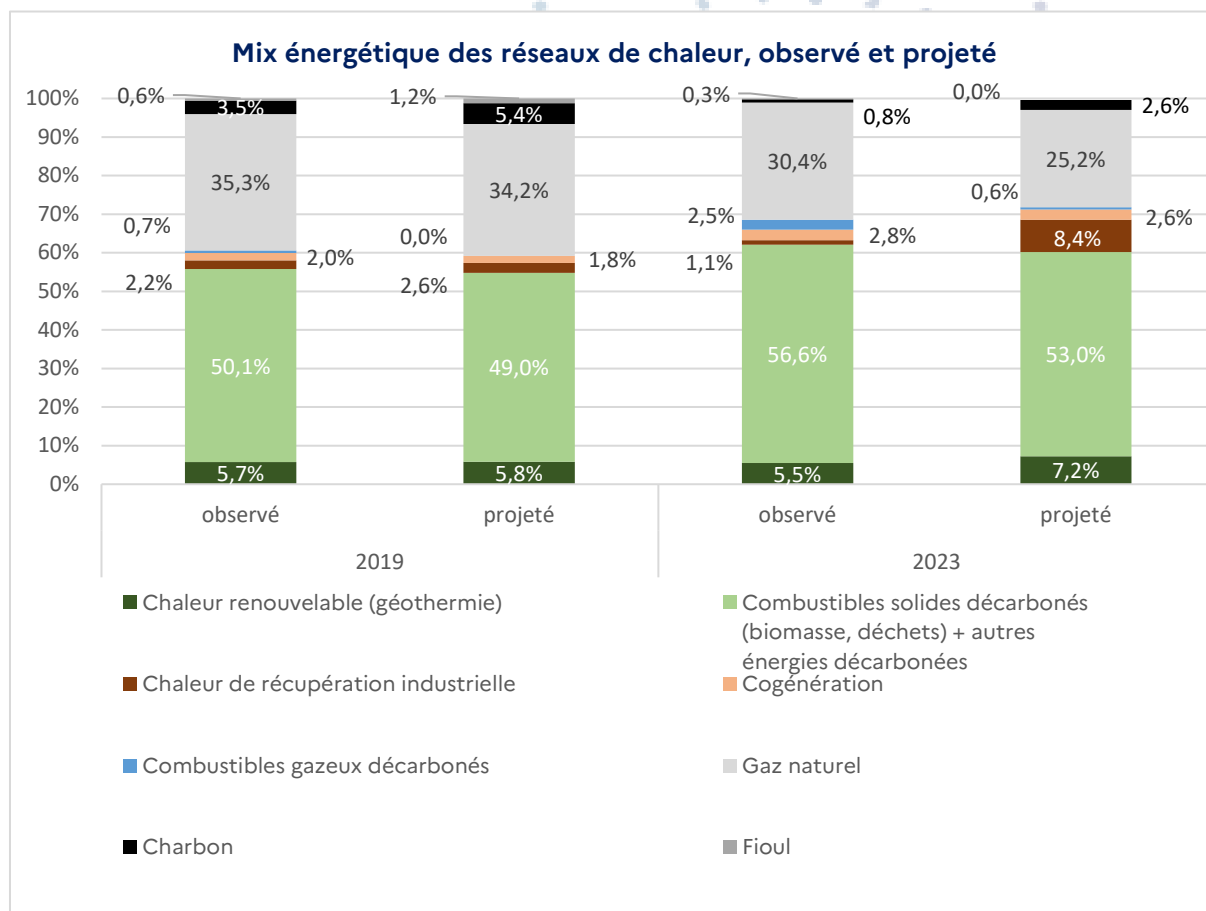


Figure 68: mix énergétique des réseaux de chaleur, observé et projeté (source : DGEC, SDES)

► Raffinage de produits pétroliers

Depuis plusieurs années, le secteur du raffinage connaît une décroissance tendancielle de la production, notamment en lien avec la décroissance de la demande intérieure, la concurrence extra-internationale intense. Ainsi, le scénario de la SNBC 2 projetait la poursuite de la décroissance tendancielle de la production brute de produits pétroliers raffinés (-10 % entre 2019 et 2023). La production de produits pétroliers raffinés a chuté de 27 % en 2020 suite à la crise sanitaire, et malgré la crise économique, la production est restée atone en 2021, la faute à des maintenances et à la conversion de la raffinerie de Grandpuits en une plateforme sans pétrole. En 2022, l'activité a retrouvé une dynamique plus favorable en dépit des mouvements sociaux et des blocages ayant eu lieu au cours de l'année, du fait du regain de la demande et des incertitudes sur les approvisionnements extérieurs. En 2023, l'activité poursuit sa hausse. Les émissions suivent alors les dynamiques de la production de brute, bien que l'on observe toutefois une décroissance de l'intensité carbone de la production brute de produits pétroliers raffinés (- 11 % entre 2023 et 2021).

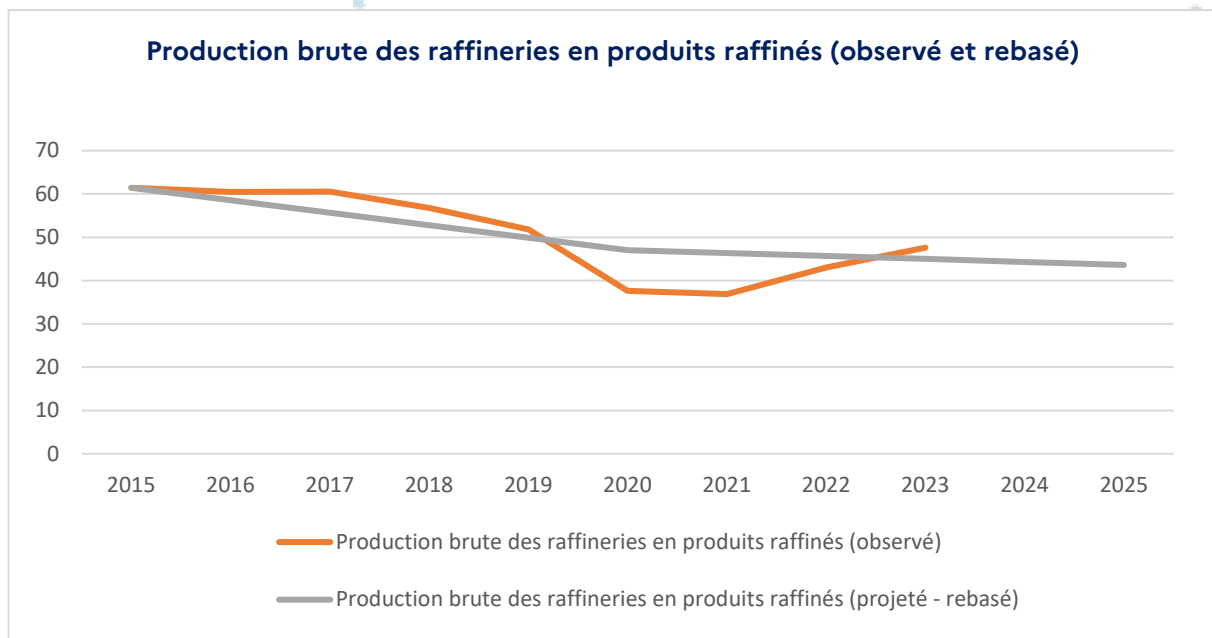


Figure 69: Production brute des raffineries en produits raffinés (observée et rebasée)

4. Les politiques actuellement en vigueur permettent d'envisager une poursuite de la baisse des émissions de la production d'énergie dans les prochaines années

Le Scénario « Avec Mesures Existantes » (AME) 2024²⁴⁹ est un exercice de prospective permettant d'évaluer la trajectoire actuelle d'émissions de gaz à effet de serre de la France, en prenant en compte l'ensemble des politiques publiques déjà adoptées avant le 31 décembre 2023.

Dans ce scénario, les émissions de gaz à effet de serre liées à la production d'énergie diminuent de 30 % entre 2022 et 2030, principalement sous l'effet de la fermeture progressive des centrales à charbon et au fioul, et sous l'effet de la baisse du volume de chaleur livrée par les réseaux de chaleur. Entre 2030 et 2050, ces émissions stagnent du fait de la constance des volumes de production d'électricité à partir de gaz et de la production de chaleur (légère baisse).

Cet exercice permet à ce stade pour le secteur de l'énergie d'atteindre 30,7 Mt CO₂e à l'horizon 2030, 0,8 Mt CO₂e en-dessous de l'objectif fixé par la SNBC 2 actuellement en vigueur.

5. Vers la SNBC 3

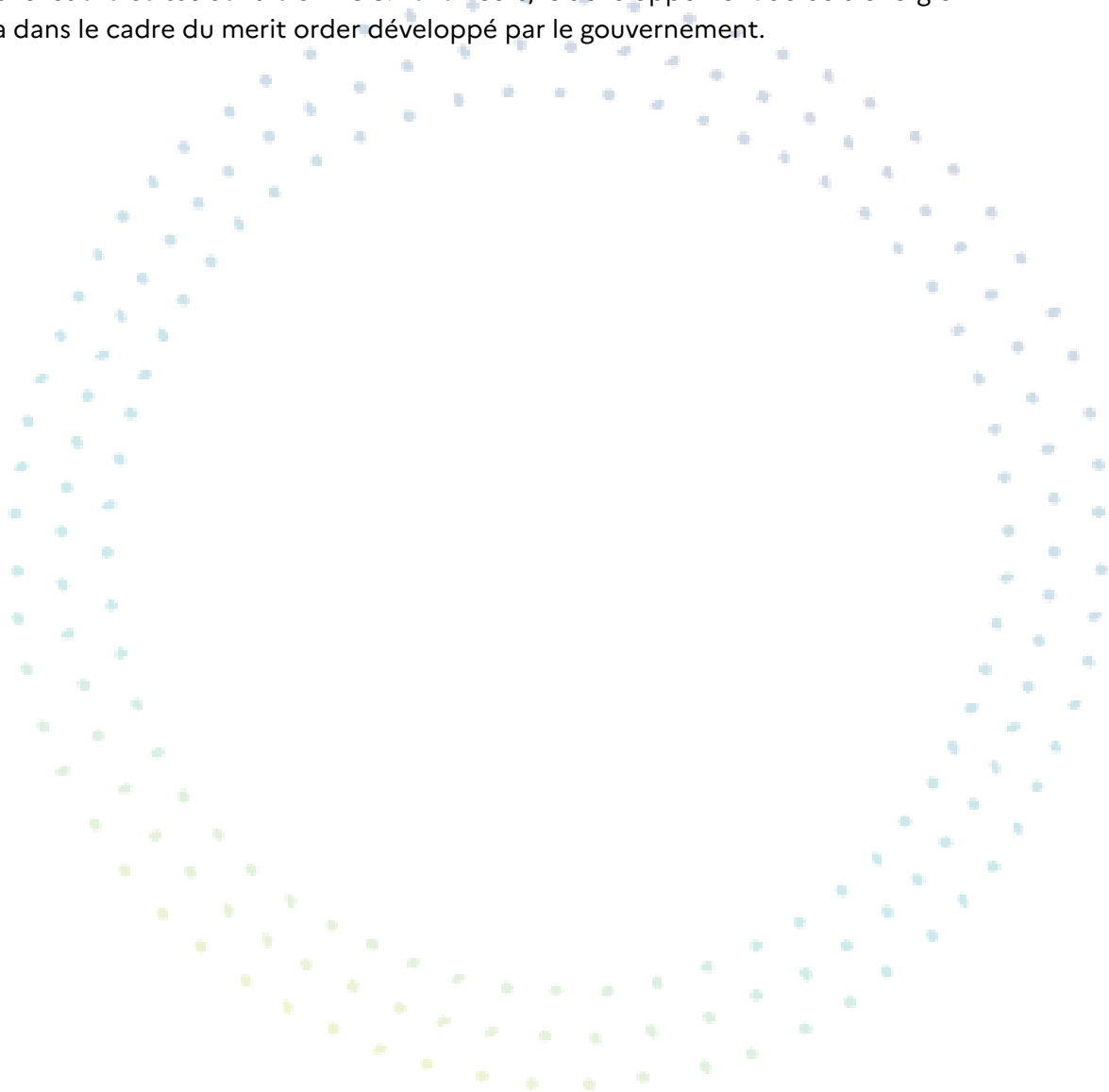
Ce bilan a permis d'identifier les leviers les mieux engagés et de mettre en lumière les points de vigilance. Ce travail continu est par ailleurs nécessaire afin d'aligner les hypothèses structurantes de la SNBC 3 sur les dynamiques en cours, et d'amener l'Etat à pérenniser ou renforcer son action.

- **Sur un certain nombre de leviers, les objectifs ont été atteints**, et la SNBC 3 vise à aller plus loin : c'est notamment le cas de la décarbonation du mix énergétique des réseaux de chaleur, où la part de chaleur livrée issue d'énergie renouvelable et de récupération dépasse les objectifs de développement de la filière fixés par la PPE 2. Toutefois, l'objectif n'a pas été atteint en quantité de chaleur livrée, même corrigée des variations climatiques, et requiert d'accompagner davantage le déploiement des réseaux de chaleur. En ce sens, l'Etat et les opérateurs s'engagent pour développer des solutions : de nouveaux outils numériques, notamment les cartographies développées par la start-up d'Etat France Chaleur Urbaine et l'outil EnRezo du CEREMA qui identifient les zones à potentiel de déploiement de réseaux, permettront de renforcer la mobilisation pour la création des réseaux de chaleur et de froid, en complément des actions de sensibilisation déjà réalisées.
- **Pour d'autres leviers, les dynamiques vont dans le bon sens, mais accusent toutefois un léger retard par rapport aux objectifs indiqués dans la PPE**. Bien qu'ayant largement

²⁴⁹ Ministère de la Transition Ecologique, Octobre 2024, Synthèse du scénario avec mesures existantes 2024 (AME 2024), (chiffres rebasés sur le Secten 2025), accessible en ligne à l'adresse : <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenarios-avec-mesures-existantes>

été réduite sur la période, une part non nulle d'électricité est toujours produite à partir de charbon, et l'objectif de fermeture des centrales, initialement fixé en 2022, n'a pas pu être tenu. Ce dernier est fixé en 2027 dans la SNBC 3.

- **Pour certains leviers, les hypothèses prises au moment de la SNBC 2 évoluent pour s'inscrire dans le contexte actuel.** C'est notamment le cas de la biomasse, où le contexte actuel a évolué par rapport à la SNBC 2. En effet, les ressources en bois-énergie et de biomasse en général sont devenues des facteurs limitants, d'où des objectifs revus à la baisse dans la SNBC 3. Par ailleurs, le développement du bois-énergie s'inscrira dans le cadre du merit order développé par le gouvernement.



H. Déchets

1. Bilan du budget carbone 2019-2023, émissions de GES

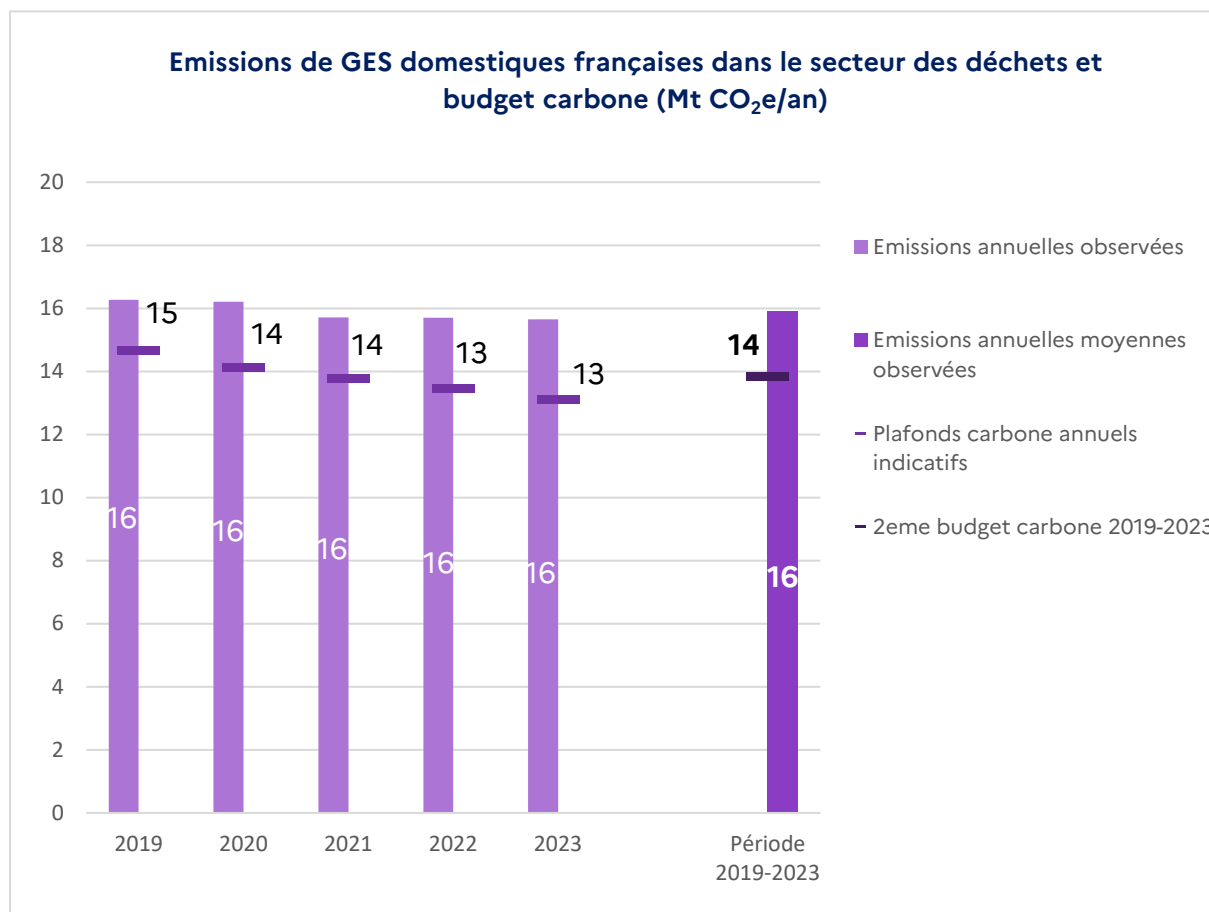


Figure 70: Emissions de GES domestiques françaises dans le secteur des déchets, plafonds carbone annuels indicatifs, et budget carbone 2019-2023 (sources : Citepa, DGEC)

La SNBC 2 prévoyait un budget carbone de 14 Mt CO₂e/an en moyenne²⁵⁰ (69 Mt CO₂e au total) pour le secteur des déchets sur la période 2019-2023. **Ce budget carbone n'est pas respecté**, avec un écart de +2 Mt/an (surplus de 10 Mt CO₂e au total, cumulés sur la période). Le secteur des déchets se place toutes les années au-dessus des budgets carbone annuels indicatifs sur la période 2019-2023.

²⁵⁰ Le code de l'environnement (Article D. 222-1-B) prévoit la réalisation d'un ajustement technique des budgets carbone pour chaque période si les changements de méthodologie des inventaires d'émissions de gaz à effet de serre conduisent à des modifications de plus de 1 % des valeurs des années de référence ayant servi pour les scénarios de la SNBC (1990, 2005 et 2015). Ces ajustements « techniques » ont vocation à conserver la cohérence de la trajectoire initialement retenue, en maintenant les mêmes réductions sectorielles et par gaz en « valeur relative » par rapport à l'année 2005. **Les budgets carbone annuels indicatifs de la deuxième période, ont été ajustés au regard de l'inventaire national 2025 des émissions de gaz à effet de serre du Citepa (Secten 2025) :** https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/20260616-Ajustement_BC-2019-2023_vF_0.pdf

2. Rappel des principaux leviers de la SNBC 2

La décarbonation du secteur des déchets reposait sur 3 leviers majeurs, engageant plusieurs hypothèses structurantes²⁵¹ dans le scénario de référence de la SNBC 2²⁵² :

- **Réduction de la quantité de déchets produits** : les déchets ménagers et assimilés²⁵³ (DMA) passent de 84,9 Mt en 2010 à 75,1 Mt en 2050 dans le scénario de référence de la SNBC 2. En moyenne, le scénario prévoit que chaque français produise 20 % de déchets en moins d'ici 2050. Cette réduction s'explique par une consommation plus durable, avec un allongement de la durée de vie des produits, également plus réparables et plus réutilisables.
- **Orientation des déchets vers les filières de valorisation, en privilégiant d'abord la valorisation matière** (recyclage, réutilisation, valorisation organique par le biais du compostage et de la méthanisation), **puis la valorisation énergétique** (cogénération, co-incinération²⁵⁴, incinération avec valorisation énergétique ou production thermique avec déchets de bois), la valorisation matière et énergétique permettant de réduire drastiquement la quantité de déchets ultimes stockée, et donc les émissions liées au stockage en décharge. Dans le scénario de référence de la SNBC 2 la part de déchets valorisés en matière passe de 55 % en 2010 à 86 % en 2050, avec une quantité de déchets méthanisés multipliée par 7²⁵⁵. La part de déchets valorisés énergétiquement reste stable (11 % en 2050 contre 12 % en 2010). La part d'incinération avec valorisation énergétique baisse (de 64 % à 36 % entre 2010 et 2050), tandis que la co-incinération s'accroît fortement (de 5 % à 24 % sur la même période). Enfin, l'élimination des déchets qui représentait 33 % des volumes en 2010, ne compte plus que pour 3 % en 2050.
- **Amélioration du taux de captage de méthane dans les ISDND** : dans les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND), le taux de captage du méthane émis par la décomposition des déchets passe de 49 % en 2016 à 85 % en 2050 dans le scénario de référence de la SNBC 2.

²⁵¹ La liste des hypothèses décrites ci-dessous n'est pas exhaustive, pour plus de détails, se référer à la Synthèse du scénario de référence de la stratégie française pour l'énergie et le climat, <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenario-de-reference>

²⁵² Les chiffres rappelés en partie 2 et inscrits dans les documents de planification publiés en septembre 2020 sont issus des modélisations réalisées à partir des données de référence de 2015. Depuis, des changements de méthodologie ont conduit à des variations significatives pour certaines données observées. Dès lors, afin d'assurer la cohérence technique avec les méthodologies retenues lors de la conception de la SNBC 2, et permettre la comparaison avec les données observées en partie 3, des ajustements techniques ont été effectués.

²⁵³ Les déchets ménagers et assimilés (DMA) correspondent aux déchets issus des ménages, ainsi que les déchets collectés par le service public de gestion des déchets dont le producteur n'est pas un ménage, conformément à l'article R2224-23 du code général des collectivités territoriales.

²⁵⁴ On entend par co-incinération l'usage de déchets comme combustible de substitution, que ce soit pour la production d'énergie ou de matériaux. L'utilisation de combustibles solides de récupération pour produire de l'énergie, ou de déchets en cimenterie pour produire du clinker, sont des exemples de co-incinération.

²⁵⁵ La méthanisation est classée comme une filière de valorisation matière, dans la mesure où le digestat peut être utilisé comme un amendement dans les sols. Toutefois, cette dernière permet également de produire du biogaz, et ainsi être valorisée en énergie.

3. Analyse des facteurs de l'évolution récente des émissions des déchets vis-à-vis des cibles du scénario de référence de la SNBC 2

Le stockage des déchets a représenté 72 % des émissions liées aux déchets sur la période 2019-2023. Ces émissions sont principalement liées au méthane issu de la dégradation des déchets fermentescibles dans les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND). Les émissions associées sont restées stables entre 2019 et 2023, malgré une légère baisse en 2021. Cette relative stabilité s'explique en réalité par l'inertie des émissions liées au stockage des déchets : en 2023, le méthane généré par le stockage des déchets provenait à 15,9 % de déchets stockés entre 2021 et 2023, à 43,7 % de déchets stockés entre 2011 et 2020, à 21,8 % de déchets stockés entre 2001 et 2010 et à 16,8 % de déchets stockés avant 2001. Les émissions de ce sous-secteur n'incluent pas les émissions associées au recyclage (comptabilisées dans le secteur de l'industrie comme des intrants de production), ni à la valorisation énergétique (comptabilisées dans le secteur de l'énergie dans la nomenclature Secten du Citepa). La sous-catégorie « **Autres traitements des déchets solides** », qui a représenté 5 % des émissions sur la période, intègre les émissions associées au compostage industriel (dégradation aérobie des déchets) et à la méthanisation (dégradation anaérobie des déchets). Celle-ci a d'ailleurs décru de 22 % entre 2019 et 2023. La sous-catégorie « **incinération sans récupération d'énergie** » a quant à elle représenté 9 % des émissions moyennes entre 2019 et 2023, enregistrant une réduction de 25 % des émissions entre 2019 et 2023. Les baisses observées sur ces deux sous-secteurs sont probablement dues à la réduction de la quantité de déchets traités sur la période (développée dans la sous-partie 3.a.i). Enfin, les **émissions associées au traitement des eaux usées ont représenté 13 % du total sur la période**, et sont restées stables.

► Réduction de la quantité de déchets produits et traités, et évolution de la part des différentes filières de traitement

Quantité de déchets traités

La modélisation du secteur des déchets se concentre non pas sur les déchets produits, mais sur les déchets traités dans les installations recevant des déchets ménagers et assimilés (DMA). Bien que l'un des principaux leviers de réduction d'émission du secteur des déchets soit la baisse de la quantité de déchets produits, engageant mécaniquement une réduction de la **quantité de déchets traités, le scénario de référence de la SNBC 2 visait une légère hausse de la quantité de déchets traités entre 2019 et 2023**. En effet, les tonnages de DMA traités progressent dans le scénario de référence de 78,5 à 79 Mt sur la période, s'expliquant par les hypothèses de conjoncture socio-économique. Il faut cependant nuancer cette hausse : sur le long terme, la SNBC 2 projette une trajectoire à la baisse de la quantité de déchets traités, à mesure que les pratiques de consommation et de production décrite en partie 2 se mettent en place. La tendance est globalement à la baisse sur 2020-2030.

Les données issues de l'enquête ITOM de l'Ademe²⁵⁶, puis retraitées par le Citepa pour correspondre au périmètre de la modélisation, témoignent de la **réduction de la quantité de déchets traités (DMA)**, qui passe de 78,5 à 72,1 Mt entre 2019 et 2023.

Evolution de la part de déchets traités dans les différentes filières de traitement

Le scénario de référence de la SNBC 2 projetait également une évolution de l'orientation des déchets traités, en privilégiant la valorisation matière, puis énergie.

Ici, bien que les données observées témoignent dans l'ensemble d'une **redirection des déchets vers ces filières valorisations matière/énergie, celle-ci est inégale en fonction des filières de traitement des déchets**. La **part de déchets recyclés** atteint 51 % en 2023²⁵⁷, en cohérence avec les projections du scénario de référence de la SNBC 2. La **part de DMA valorisée énergétiquement** dépasse les projections représentant 20 % des déchets traités en 2023 contre 18 % en 2023 dans le scénario de référence. **La part de déchets compostés** diminue entre 2019 et 2023, passant de 11 % à 10 %, contrairement à la croissance projetée dans le scénario de référence de la SNBC 2, de 12 % à 14 %.

En revanche, **la part de déchets traités en Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) est restée plus importante que celle prévue dans le scénario de référence de la SNBC 2 avec une baisse de 22 % à 18 % entre 2019 et 2023, contre 15 % projetés**. Il faut toutefois souligner que la décroissance observée suit le rythme de la projection entre 2019 et 2023, mais que le retard pris entre 2015 et 2019 n'a pas été rattrapé. La décroissance observée s'explique en partie par la trajectoire d'augmentation de la Taxe Générale sur les Activités

²⁵⁶ Ademe, Le traitement des Déchets Ménagers et Assimilés - ITOM 2022, Août 2024, <https://bibliothèque.ademe.fr/economie-circulaire-et-dechets/7546-le-traitement-des-dechets-menagers-et-assimiles-itom-2022.html>

²⁵⁷ 2023 correspond ici en réalité à une donnée moyenne 2022-2023.

Polluantes (TGAP) fixée en 2019 s'appliquant aux ISDND²⁵⁸. Cette taxe est due par les installations de stockage ou de traitement des déchets, et aux entreprises qui transfèrent des déchets vers un autre Etat. En 2023, la TGAP coûtait 52 €/T pour les déchets enfouis, et en moyenne 15 €/T pour les déchets incinérés²⁵⁹. Bien que cette taxe s'applique sur les entreprises qui prennent en charge les déchets, les producteurs de déchets sont en pratique indirectement impactés par la répercussion de la taxe sur les coûts de traitement. De plus, les échéances fixées par la Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte (LTECV) se sont imposées aux acteurs en 2020 et 2025, et les ont ainsi engagés à mettre en œuvre des actions afin de limiter leur quantité de déchets produits. Pour rappel, la LTECV fixait des objectifs tels que :

- La réduction de 50 % de la quantité de déchets mis en décharge à l'horizon 2025 par rapport à 2010 ;
- La réduction de 50 % des produits manufacturés non recyclables avant 2020 par rapport à 2010 ;
- La réduction de 30 % des déchets non dangereux non inertes envoyés en décharge d'ici à 2020 et de 50 % d'ici à 2025 par rapport à 2020 ;
- La valorisation de 55 % des déchets non dangereux non inertes, notamment organiques ;
- En 2020 et 65% en 2025, via notamment la généralisation du tri à la source des biodéchets.

²⁵⁸ Ministère de l'Action et des Comptes Publics, Circulaire du 27 juin 2019, Taxe Générale sur les Activités Polluantes, https://www.douane.gouv.fr/sites/default/files/bod/src/dana/da/Energie-environnement-loi%20de%20finances_19-025.pdf

²⁵⁹ Selon le rendement énergétique des installations, des tarifs différents s'appliquent. Compte tenu de leur rendement (supérieur à 65%), la majorité des installations d'incinération se voient appliquer une TGAP de 15€/T.

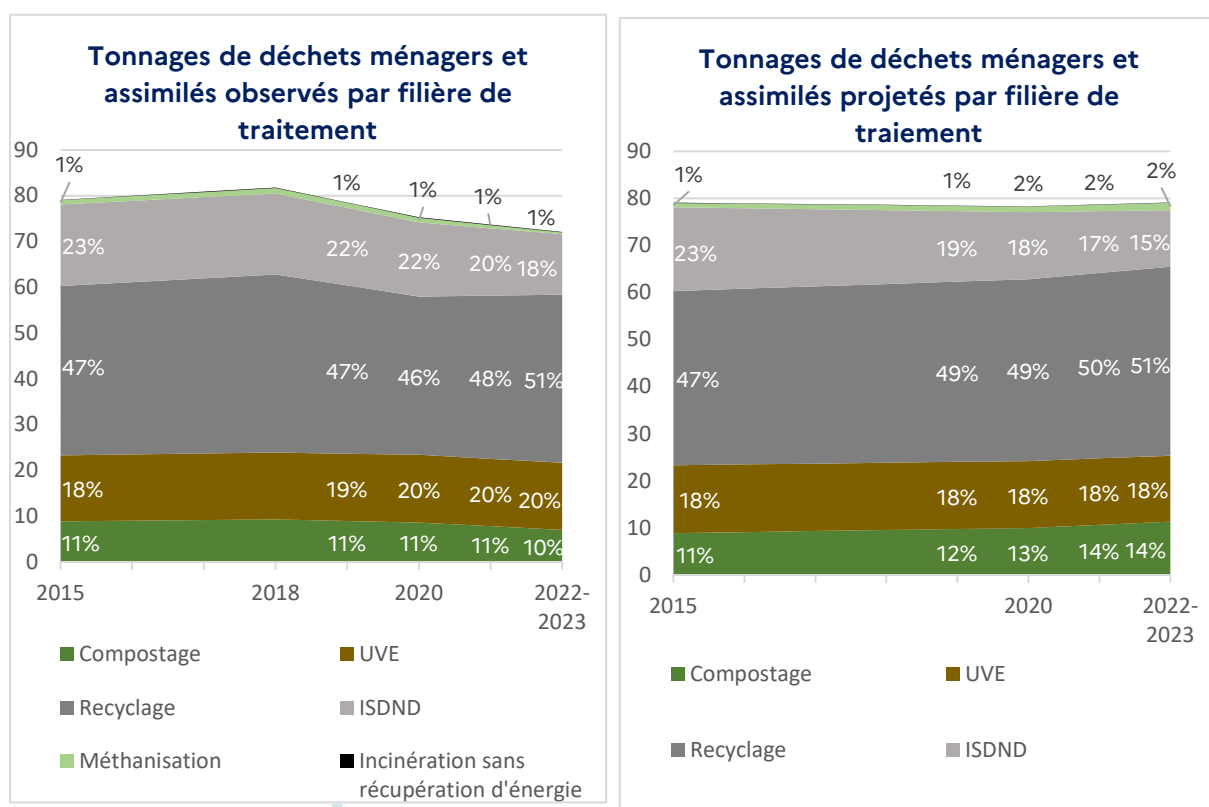


Figure 71 : Figure a (à gauche) : Tonnage de DMA observés par filière de traitement (sources : ADEME, Citepa) / Figure b (à droite) : Tonnage de déchets ménagers et assimilés projetés par filière de traitement (source : DGECC)

► Amélioration des différentes filières de traitement

L'une des hypothèses les plus structurantes de la SNBC 2 réside dans la réduction des émissions de méthane en installation de stockage. Ce taux de captage est calculé en prenant la part de méthane torché et valorisé par rapport à la quantité totale de méthane produite, estimée selon la méthodologie du GIEC.

Sur la période, les émissions liées à la dégradation des déchets fermentescibles en installations de stockage représentaient 72 % des émissions du secteur. Le scénario de référence de la SNBC 2 projetait une amélioration du taux de captage du méthane dans les ISDND de 8 % entre 2016 et 2023. Selon les données du Citepa, le taux de

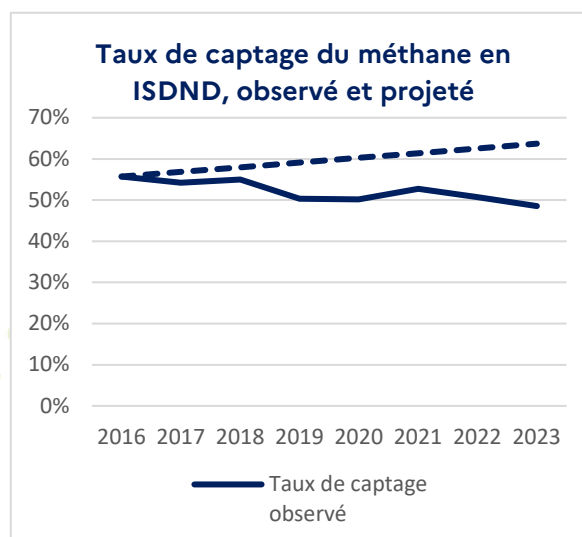


Figure 72: Taux de captage du méthane en ISDND, observé et projeté (sources : DGECC, Citepa)

captage apparent²⁶⁰ a en réalité diminué entre 2015 et 2023, passant de 57 % à 49 %²⁶¹. Bien que la quantité de méthane produite au niveau des ISDND diminue légèrement, en lien avec la diminution de déchets stockés, c'est la baisse plus importante de la quantité de méthane brûlée qui induit la réduction du taux de captage. Il est toutefois délicat d'identifier clairement quelles sont les raisons de cette baisse, cette dernière explique en grande partie le non-respect du budget carbone dans le secteur des déchets. Cette diminution apparente de la quantité de méthane brûlée pourrait s'expliquer par des variations de la qualité des données disponibles.

4. Les politiques actuellement en vigueur permettent d'envisager une poursuite de la baisse des émissions des déchets dans les prochaines années

Le Scénario « Avec Mesures Existantes » (AME) 2024²⁶² est un exercice de prospective permettant d'évaluer la trajectoire actuelle d'émissions de gaz à effet de serre de la France, en prenant en compte l'ensemble des politiques publiques déjà adoptées avant le 31 décembre 2023.

Les émissions du secteur des déchets atteignent 14 Mt CO₂e en 2030, soit une réduction de 14 % par rapport à 2022. L'AME 2024 n'atteint pas l'objectif fixé dans la SNBC 2 de 11 Mt CO₂e en 2030. Au-delà de 2030, les émissions du secteur continuent à baisser pour atteindre 9 Mt CO₂e en 2050, soit -42 % en 2050 par rapport à 2022. Cette baisse d'émissions est principalement due à la baisse des émissions de méthane en installation de stockage.

5. Vers la SNBC 3

Ce bilan a permis d'identifier les leviers les mieux engagés et de mettre en lumière les points de vigilance. Ce travail continu est par ailleurs nécessaire afin d'aligner les hypothèses structurantes de la SNBC 3 sur les dynamiques en cours, et d'amener l'Etat à pérenniser ou renforcer son action.

- **Sur un certain nombre de leviers, les objectifs ont été atteints**, et la SNBC 3 vise à poursuivre ces dynamiques. Par exemple, la valorisation matière des déchets à travers

²⁶⁰ Le taux de captage apparent correspond au rapport du méthane capté sur le méthane produit selon le modèle de premier ordre utilisé par le GIEC. Dans le cadre de la SNBC, et par souci de cohérence avec les inventaires de gaz à effet de serre réalisés par le CITEPA, ce taux de captage apparent est calculé **en prenant en compte les émissions produites par la totalité des déchets stockés depuis les années 1950**, dans l'ensemble des ISDND situées en France hexagonale (qu'elles soient en exploitation, post-exploitation ou en phase d'observation). Ce taux de captage apparent diffère du taux de captage le plus souvent utilisé par la profession, qui est calculé uniquement sur les installations de stockage en exploitation. Mathématiquement, le taux de captage apparent est plus faible que le taux de captage des seules installations en exploitation, car il prend en compte la production de méthane des installations qui ne sont plus exploitées, en plus de la production issue des installations en exploitation.

²⁶¹ Citepa/"CRT" édition 12/2024

²⁶² Ministère de la Transition Ecologique, Octobre 2024, Synthèse du scénario avec mesures existantes 2024 (AME 2024), (chiffres rebasés sur le Secten 2025), accessible en ligne à l'adresse : <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenarios-avec-mesures-existantes>

le recyclage se situe au niveau projeté dans la SNBC 2. L'Etat s'engage de sorte à étendre les filières de recyclage à d'autres produits. Ainsi, depuis le 1^{er} janvier 2025, les emballages de produits utilisés ou consommés par les professionnels (dans la restauration, mais également dans l'industrie ou les autres commerces) sont également concernés par le principe de Responsabilité Elargie des Producteurs (REP), au même titre que le sont les emballages ménagers depuis 1992.

- **Pour d'autres leviers, les dynamiques vont dans le bon sens, mais accusent toutefois un léger retard par rapport aux hypothèses du scénario de référence de la SNBC 2.** Le stockage en ISDND par exemple, reste trop important en comparaison aux projections, malgré la baisse enregistrée depuis 2019. Celle-ci devrait se poursuivre et s'accélérer compte tenu de la hausse programmée de la TGAP jusqu'en 2025.
- **Certains leviers essentiels ne sont pas engagés sur la bonne trajectoire,** et il est nécessaire de prendre des mesures fortes pour inverser la tendance. Le taux de captage du méthane en ISDND a baissé entre 2019 et 2023, contrairement aux projections de la SNBC 2. Des nouvelles mesures réglementaires relatives aux ISDND sont entrées en vigueur en 2024, renforçant notamment la prévention de fuite de gaz à effet de serre (l'exploitant doit désormais établir un plan de détection et de réparation des fuites). L'autorité de contrôle pourra, si nécessaire, être mobilisée pour s'assurer de la mise en œuvre de ces dispositions et offrir un retour d'expérience de leurs bénéfices afin d'envisager d'éventuelles mesures supplémentaires.

I. Utilisation des Terres, Changements d'Affectation des Terres et Forêt (UTCATF)

1. Bilan du budget carbone 2019-2023, émissions de GES

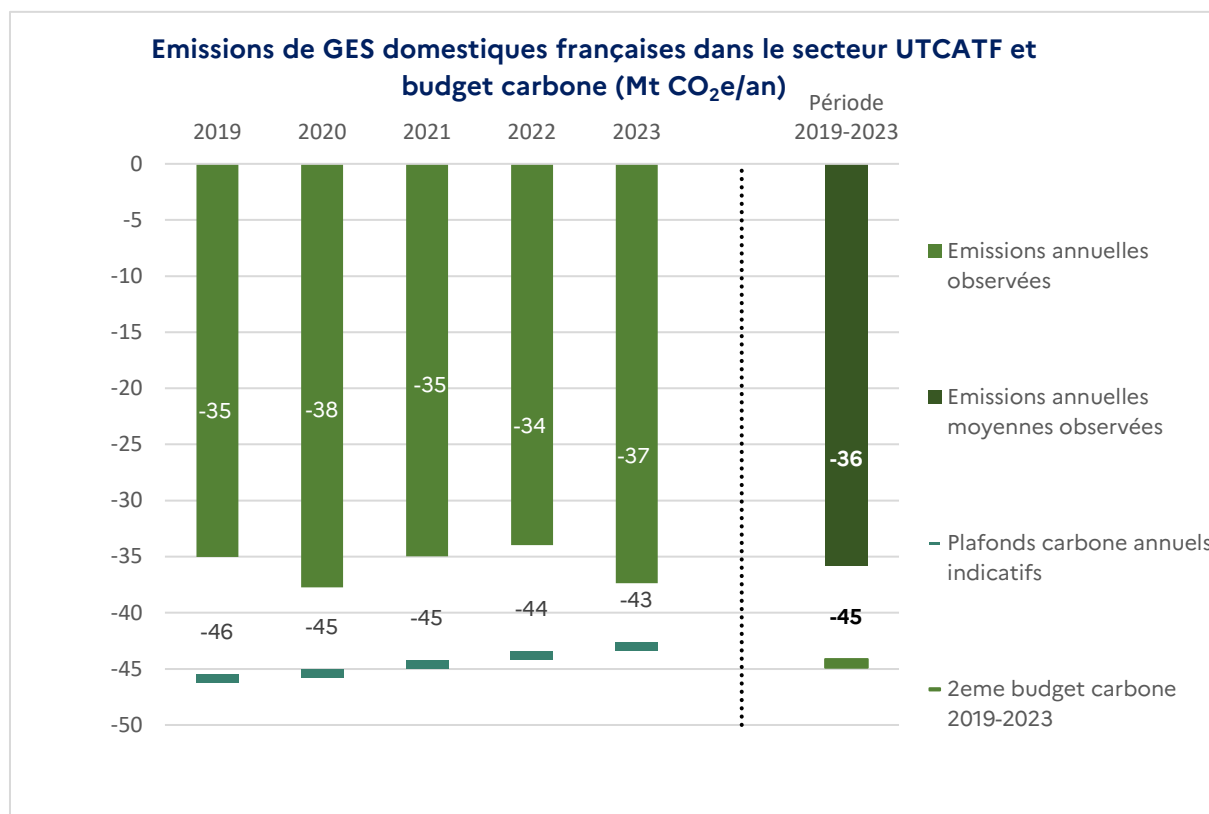


Figure 73: Emissions de GES domestiques françaises dans le secteur UTCATF, plafonds carbone indicatifs, et budget carbone annuel 2019-2023 (sources : Citepa, DGEC)

La SNBC 2 prévoyait un budget carbone de -45 Mt CO₂e/an en moyenne²⁶³ (-223 Mt CO₂e au total) pour le secteur UTCATF sur la période 2019-2023. Ce **budget carbone n'est pas respecté**, avec un écart de +9 Mt CO₂e/an (-43 Mt CO₂e au total). Les absorptions réalisées par le secteur UTCATF n'atteignent pas les budget carbone annuels indicatifs pour l'ensemble des années de la période, avec un écart allant de +6 Mt CO₂e/an en 2023 à +11 Mt CO₂e/an en 2022.

²⁶³ Le code de l'environnement (Article D. 222-1-B) prévoit la réalisation d'un ajustement technique des budgets carbone pour chaque période si les changements de méthodologie des inventaires d'émissions de gaz à effet de serre conduisent à des modifications de plus de 1 % des valeurs des années de référence ayant servi pour les scénarios de la SNBC (1990, 2005 et 2015). Ces ajustements « techniques » ont vocation à conserver la cohérence de la trajectoire initialement retenue, en maintenant les mêmes réductions sectorielles et par gaz en « valeur relative » par rapport à l'année 2005. **Les budgets carbone annuels indicatifs de la deuxième période, ont été ajustés au regard de l'inventaire national 2025 des émissions de gaz à effet de serre du Citepa (Secten 2025) :** https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/20260616-Ajustement_BC-2019-2023_vF_0.pdf

2. Rappel des principaux leviers de la SNBC 2

L'inventaire du secteur UTCATF (Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie) correspond à un bilan des flux annuels de carbone avec l'atmosphère de trois principaux réservoirs de carbone : la biomasse vivante, la biomasse morte et les sols. Les évolutions d'émissions et absorptions de gaz à effet de serre au sein de ce secteur correspondent principalement à des dynamiques d'évolutions propres aux écosystèmes concernés (par exemple, la capacité d'une forêt à stocker du carbone est dépendante de son âge), des changements d'affectation des terres ou des pratiques anthropiques. Le secteur UTCATF est organisé en sous-secteurs correspondants aux grandes catégories d'usage des terres définies par le GIEC dans ses lignes directrices pour les inventaires nationaux : Forêts, Cultures, Prairies, Zones artificielles, Zones humides, Autres terres. En France, comme dans la majorité des grands pays forestiers, le secteur UTCATF est marqué par la catégorie « forêts » qui représente des stocks et flux de carbone importants au sein de la biomasse ligneuse et des sols. Ainsi, c'est sur ce sous-secteur que se concentre la majeure partie des orientations de la SNBC 2.

La forêt française, contribue de plusieurs manières à l'atténuation du changement climatique et notamment via :

- La séquestration et le stockage du carbone en forêt ;
- Le stockage de carbone dans les produits bois ;
- La substitution bois matériau ;
- La substitution bois énergie.

Ainsi, pour permettre à la forêt de remplir son rôle sur ces trois leviers, mais également de sorte à l'adapter aux effets du changement climatique, la SNBC 2 reposait sur 2 leviers majeurs, engageant également plusieurs hypothèses²⁶⁴ structurantes dans son scénario de référence²⁶⁵ :

- **En amont**, assurer la **conservation du puit carbone forestier** et augmenter sa **résilience** via l'amélioration de la gestion sylvicole, le développement du boisement avec des essences plus productives (20 kha de plantation hors forêt en 2030), réduction du défrichage et du déboisement en réduisant l'artificialisation des sols. Les prélèvements sont également augmentés (65 Mm³ en 2030 contre 44 Mm³ en 2015).
- **En aval**, **prioriser l'usage du bois** récoltés vers le bois-matériaux et moins de bois-énergie (30 % en 2030 contre 25 % en 2015), avec en parallèle une part plus importante de déchets bois valorisés énergétiquement (55 % en 2030 contre 35 % en 2015). En outre, un allongement du temps de vie des produits bois (sciages et panneaux) est aussi projeté.

²⁶⁴ La liste des hypothèses décrites ci-dessous n'est pas exhaustive, pour plus de détails, se référer à la Synthèse du scénario de référence de la stratégie française pour l'énergie et le climat, accessible en ligne à l'adresse : <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenario-de-reference>

²⁶⁵ Les chiffres rappelés en partie 2 et inscrits dans les documents de planification publiés en septembre 2020 sont issus des modélisations réalisées à partir des données de référence de 2015. Depuis, des changements de méthodologie ont conduit à des variations significatives pour certaines données observées. Dès lors, afin d'assurer la cohérence technique avec les méthodologies retenues lors de la conception de la SNBC 2, et permettre la comparaison avec les données observées en partie 3, des ajustements techniques ont été effectués.

Au-delà de la forêt, le scénario de référence de la SNBC 2 suppose pour le secteur UTCATF le **ralentissement de l'artificialisation des sols**, avec pour objectif l'atteinte du Zéro Artificialisation Nette en 2050, avec également la limitation de la décroissance de la surface de prairies.

3. Analyse des facteurs de l'évolution récente des émissions du secteur UTCATF vis-à-vis des cibles du scénario de référence de la SNBC 2

► Un puit carbone forestier en décroissance depuis les années 2010 qui se stabilise sur la période 2019-2023 malgré la crise

Les forêts françaises ont permis de séquestrer annuellement -48,8 Mt CO₂e sur la période 2019-2023 en moyenne. Le volume de carbone séquestré diminue par rapport à 2014-2018 (-53,3 Mt CO₂e/an séquestrés) et 2009-2013 (-67,1 Mt CO₂e/an séquestré).

Dans l'hexagone et en Corse, une crise forestière importante sur la période 2019-2023

Les forêts en France hexagonale et en Corse couvrent en 2023 17,5 millions d'hectares, soit 32 % du territoire national²⁶⁶. La **surface forestière poursuit sa croissance**, à un rythme estimé à 100 000 ha par an depuis les années 2010. Cette croissance surfacique est supérieure à celle projetée dans la SNBC 2, qui l'estimait à 60 000 ha sur la période 2019-2023 (ce chiffre comportant 40 000 ha d'expansion naturelle, et 20 000 ha de nouvelles forêts plantées).

Toutefois, malgré cette expansion surfacique, la **croissance du volume total d'arbres ralentit**, sous les effets du changement climatique : en effet, l'IGN observe un bilan net des flux d'évolutions du volume de bois sur pied des forêts divisé par deux en 10 ans (+41,7 Mm³/an sur la période 2005-2013 à +19,5 Mm³/an sur la période 2014-2022). Cette dynamique s'explique par :

- **Un ralentissement de la croissance des arbres** (87,9 Mm³/an entre 2014-2022 contre 91,5 Mm³/an entre 2005-2013). Ce phénomène s'explique en partie par les épisodes de sécheresse et les canicules, qui conduisent à un stress hydrique et thermique, qui ralentit la photosynthèse et par conséquent la production de biomasse.
- **Un doublement de la mortalité en 10 ans** (de 7,4 Mm³/an sur la période 2005-2013 à 15,2 Mm³/an sur la période 2014-2022). Ce phénomène s'est amplifié en raison des conditions climatiques difficiles pour les arbres (sécheresse et températures élevées), mais favorisant le développement des insectes ravageurs. En 2018, une crise des scolytes sur les épicéas et les sapins a débuté dans le Grand-Est et en Bourgogne-Franche-Comté, à la suite de deux hivers 2018-2019 et 2019-2020 particulièrement doux qui n'ont pas permis d'éliminer les larves de scolytes qui auraient hiverné sous écorce. Le frêne a également été impacté par la chalarose. La multiplication et l'aggravation

²⁶⁶ Les chiffres indiqués dans cette sous-partie i), ainsi que dans la sous-partie suivante ii) sont issus du Memento 2024, produit par l'IGN et accessible en ligne à l'adresse : https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/memento_2024.pdf

des épisodes de feux de forêt a également participé à l'augmentation de la mortalité forestière.

- **Une hausse des prélèvements** (53,1 Mm³/an sur la période 2014-2022, contre 47,2 Mm³/an sur la période 2005-2013), qui s'explique en partie par la hausse des coupes sanitaires d'épicéas victimes de sécheresse (elles sont passées de 5,1 Mm³/an à 9,0 Mm³/an en moins de 10 ans).

Toutefois, cette crise de la mortalité ne se reflète pas entièrement dans les relevés d'émissions du Citepa²⁶⁷ : en effet, il y a un transfert de carbone depuis la biomasse vivante vers le stock de bois mort, créant un flux de stockage temporaire²⁶⁸.

Face à cette situation, le gouvernement se mobilise afin d'assurer la gestion durable et la vocation multifonctionnelle, à la fois écologique, sociale et économique, des bois et forêts. Les mesures mises en place visent notamment une adaptation des peuplements et des essences, avec également un renforcement de la défense des forêts contre les incendies. Les résultats de ces politiques publiques sont néanmoins peu quantifiables, notamment sur des pas de temps courts. Le puits de carbone que représentent le renouvellement forestier engagé avec des arbres plus résilients ne sera significatif que lors de l'arrivée à maturité des peuplements : ces effets ne seront ainsi pas observables avant 2045 ou 2050.

Les forêts en outre-mer, neutres en carbone mais sujettes au défrichement

Les forêts des cinq départements et régions d'outre-mer (Guadeloupe, Martinique, Guyane, Mayotte, La Réunion) représentent 8,2 millions d'hectare, dont 8,0 uniquement en Guyane, où le taux de boisement atteint 97 %. Cette forêt, constituée à 95 % de forêt primaire, contient une quantité de carbone stockée de l'ordre de 2,6 milliards de tonnes. Les connaissances au moment de la rédaction de la SNBC 2 ne permettaient pas de modéliser le sens des variations de ces stocks, **les forêts d'outre-mer étaient alors considérées neutres en carbone dans les projections de la SNBC 2**, avec l'hypothèse que l'accroissement compense la mortalité et les prélèvements²⁶⁹. Toutefois, les défrichements, qui modifient l'utilisation des sols, sont susceptibles de générer du déstockage de carbone. C'est en particulier le cas en Guyane, où se situe un tiers des émissions liées aux défrichements de l'inventaire français.

Il est alors primordial de limiter les défrichements pour contribuer à la préservation de ces forêts. En Guyane, si une partie du défrichement correspond à des zones dédiées à l'agriculture conformément au schéma d'aménagement régional sur la bande littorale, une partie importante des défrichements et déboisements est due aux activités minières (environ 1 500 ha/an), dont l'orpaillage. La lutte contre l'orpaillage illégal en Guyane constitue un enjeu

²⁶⁷ La crise de la mortalité se reflétait dans le SECTEN 2024, qui n'intégrait pas la composante bois mort dans son inventaire, d'après l'hypothèse que le nouveau bois mort compensait l'ancien. L'excès de mortalité recensé depuis 2015 ne permet plus de travailler sous cette hypothèse.

²⁶⁸ La cinétique de dégradation du bois mort semble afficher un temps de demi-vie d'une dizaine d'années.

²⁶⁹ Les évolutions de méthodologie d'inventaires et de modèles permettent désormais d'intégrer les flux de carbone des outres-mers hors Guyane.

majeur de politique publique allant bien au-delà des enjeux de défrichement, sur lequel l'Etat agit depuis de nombreuses années, notamment via la mission Harpie.

► Une récolte en bois et un usage bois-énergie en augmentation

Comme mentionné précédemment, les **prélèvements augmentent en moyenne** depuis le début des années 2000, en cohérence avec les politiques publiques de mobilisation des ressources en bois. D'après l'inventaire forestier 2024, le volume annuel des prélèvements est en moyenne de 53,1 millions de mètres cubes (Mm³/an) sur la période 2014-2022, représentant une augmentation de 12,5 % par rapport à la période 2005-2013, avec une incertitude statistique de l'ordre de 2,9 Mm³/an. Cette hausse de la récolte est toutefois moins importante que celle prévue dans le scénario de référence de la SNBC 2, fondée sur le Programme national de la forêt et du bois (2016-2026), malgré une augmentation des coupes sanitaires²⁷⁰ observée sur la période (elles représentaient 1,5 % de la récolte en 2018, 5,5 % en 2019 et 8,9 % en 2023). Ainsi, l'augmentation observée de la récolte entre 2019 et 2023 est de 3 %, contre 9 % modélisés dans le scénario de référence de la SNBC 2.²⁷¹

En outre, la tendance observée depuis 5 ans sur le volume de bois commercialisé indique une proportion de plus en plus importante au bois-énergie, contrairement aux orientations de la

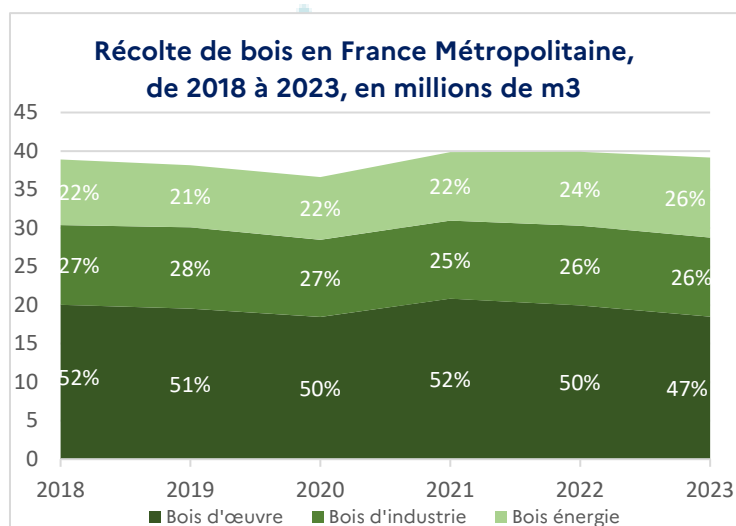


Figure 74: Récolte de bois en France Métropolitaine, de 2018 à 2023, en millions de m³ (source : Agreste)

s'explique sûrement par une structuration de la filière et un report de bûches autoconsommées vers du bois commercialisé type pellet²⁷³.

SNBC 2 : sur la période 2019-2023, la part de bois-énergie commercialisée est passée de 21 % à 26 %, tandis que la part de bois destinée au bois d'œuvre a diminué (de 51 % à 47 %), tout comme la part de bois destinée à l'industrie (28 % à 26 %). La croissance du bois-énergie totale, incluant également le bois auto-consommé²⁷² reste toutefois à nuancer. En effet, bien que le volume de bois-énergie commercialisé augmente, le volume autoconsommé semble diminuer sur la période, ce qui

²⁷⁰ Le terme de coupe sanitaire désigne des coupes exceptionnelles sur des parcelles infestées, visant à limiter la propagation de l'épidémie

²⁷¹ Agreste, janvier 2025, Récolte de bois et production de sciages en 2023, accessible en ligne à l'adresse : <https://www.agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/Chd2501/detail/>

²⁷² Le bois auto-consommé représentait environ 17 Mm³ en 2021.

²⁷³ France Stratégie, juillet 2023, Vers une planification de la filière forêt-bois, accessible en ligne à l'adresse : https://www.strategie.gouv.fr/files/files/Publications/Rapport/2023-07-20-na_124-filiere_foret-bois.pdf

Il faut également rappeler que les parts indiquées ci-dessus représentent les destinations en premier usage. En effet, une partie des co-produits du bois d'œuvre et du bois d'industrie (connexes de transformation) est valorisée pour produire de l'énergie. Ainsi, en 2021, sur 52 Mm³ récoltés en France métropolitaine (IGN), 34 Mm³ ont été utilisés in fine en bois-énergie (soit 65 %), contre 18 Mm³ en bois matériau (soit 35 % de la récolte), comprenant des sciages pour la construction, l'aménagement intérieur et extérieur, l'ameublement, une vaste gamme de panneaux, des papiers, cartons et autres produits issus de la chimie du bois, ainsi qu'une grande variété d'articles en bois. Cette répartition des usages (35 % bois matériaux, 65 % bois énergie) situe toutefois la filière en avance sur le scénario de référence de la SNBC 2 (la part de bois matériaux étant de 25 % en 2015, et n'atteignant 30 % qu'en 2030).

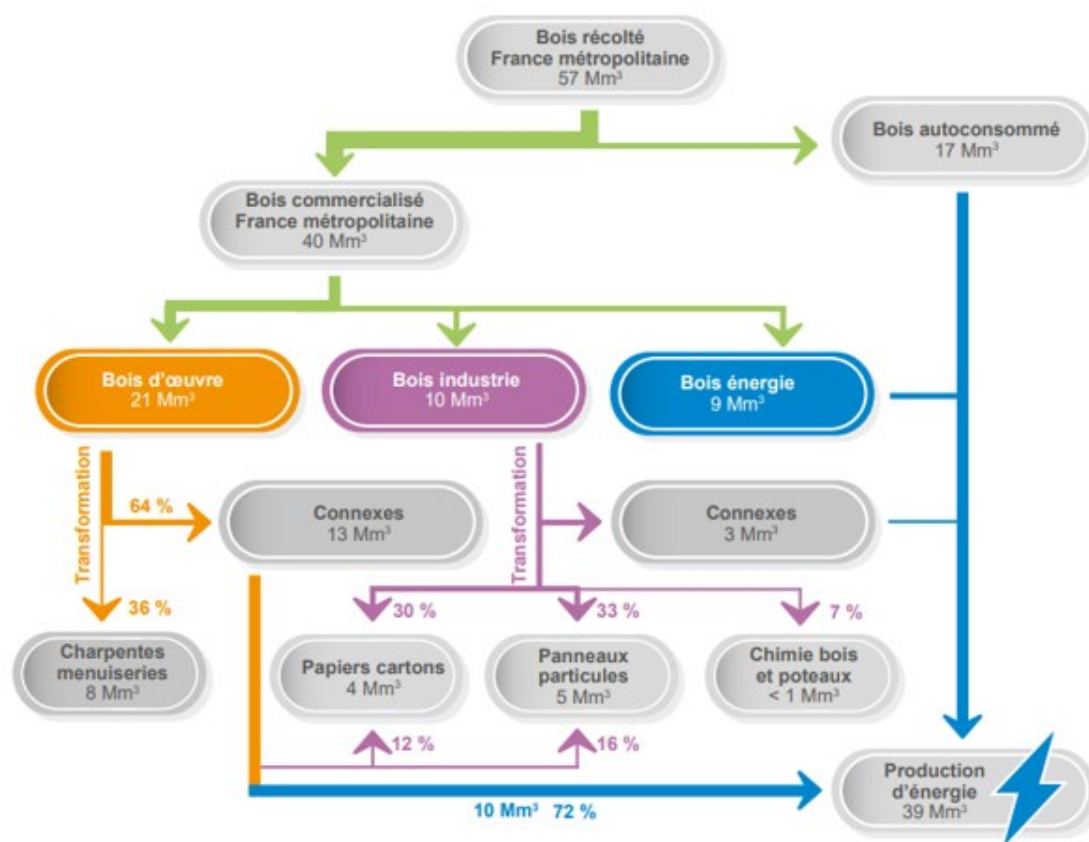


Figure 75: Production et flux de bois en France métropolitaine sur l'année 2021 (source : France Stratégie)²⁷⁴

La croissance du bois-énergie a sûrement pu être permise par les nombreuses aides financières apportées à la filière, comme par exemple le Fonds Chaleur, ou encore les appels à projets « Biomasse chaleur pour l'industrie du bois » (BCIB) et « Biomasse chaleur pour l'industrie, l'agriculture et le tertiaire » (BCIAT).

²⁷⁴ Les données de France Stratégie proviennent des indicateurs de gestion durable mis à jour tous les 5 ans par l'IGN (<https://foret.ign.fr/IGD/fr/indicateurs/3.2>). Les données partagées correspondent à une moyenne 2018-2021.

Sur la période 2019-2023, le gouvernement a également agi de sorte à renforcer la filière bois-matériaux, avec les appels à projet « Industrie performante des produits bois » (IPPB) et « Industrialisation de produits et systèmes constructifs bois et autres biosourcés » (SCB).

Enfin, **les pertes observées** (la récolte correspond aux bois commercialisés, mais n'inclut pas les pertes d'exploitations, comptées dans les prélèvements) sont **en deçà du niveau projeté dans la SNBC 2** (21 % de pertes observées contre 28 % projetées)²⁷⁵.

► Gestion des sols permettant de conserver le stock de carbone

En 2022, le territoire métropolitain était couvert à 9,5 % par des sols artificialisés. Ce chiffre était de 5,7 % en 1982, et témoigne d'une augmentation de la surface artificialisée de l'ordre de 52 000 ha par an. Cette artificialisation s'explique en grande partie par la décohabitation des ménages et la croissance démographique, qui augmentent le besoin de logements et donc de surface à allouer. Le scénario de référence de la SNBC 2 était construit sur l'hypothèse du respect d'un niveau « Zéro Artificialisation Nette » (ZAN) vers 2050, depuis inscrit dans la loi en 2021. **Entre 2019 et 2022, le rythme d'artificialisation s'est infléchi**, passant de 37 800 ha par an, soit une réduction de 30 % par rapport au rythme enregistré entre 1982 et 2010²⁷⁶.

Le scénario de référence de la SNBC 2 était également construit sur une hypothèse de maintien des surfaces de prairies, ces dernières étant particulièrement efficaces pour stocker du carbone. Les données observées indiquent une stabilisation de la surface de prairies permanentes²⁷⁷.

4. Les politiques actuellement en vigueur peinent à freiner la décrue historique du puit carbone du secteur UTCATF

Le Scénario « Avec Mesures Existantes » 2024²⁷⁸ est un exercice de prospective permettant d'évaluer la trajectoire actuelle d'émissions de gaz à effet de serre de la France, en prenant en compte l'ensemble des politiques publiques déjà adoptées jusqu'au 31 décembre 2023.

Dans l'AME 2024, le puits forestier poursuit sa dégradation mais à un rythme plus lent que lors des années 2010-2020. Cette dégradation est liée principalement à la baisse de l'accroissement biologique. La récolte augmente légèrement de 2020 à 2030 pour atteindre et se stabiliser à 55 Mm³, et ne vient donc pas réduire davantage le puits à partir de 2030. Le dernier paramètre du puits forestier, la mortalité, augmente légèrement à horizon 2025 par rapport aux niveaux

²⁷⁵ CITEPA, SECTEN 2024, différence entre le flux de CO2e associé aux prélèvements et aux récoltes

²⁷⁶ AGRESTE, février 2024, Sols artificialisés : + 66 % en 40 ans, mais un ralentissement depuis 2010, accessible en ligne à l'adresse : https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/Pri2501/Primeur2025-1_TERUTI.pdf

²⁷⁷ AGRESTE, avril 2024, Statistiques agricoles annuelles 2023 – chiffres provisoires, accessible en ligne à l'adresse : <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/Chd2408/detail/>

²⁷⁸ Ministère de la Transition Ecologique, Octobre 2024, Synthèse du scénario avec mesures existantes 2024 (AME 2024) (chiffres rebasés sur le Secten 2025), accessible en ligne à l'adresse : <https://ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/scenarios-avec-mesures-existantes>

très élevés des années 2020 (de l'ordre de 38 Mt CO₂e) avant de décroître à horizon 2030 (33 Mt CO₂e) et de réaugmenter à horizon 2050 (36 Mt CO₂e).

Ainsi, le puits du secteur des terres poursuit sa décrue historique (-65 % de 2022 à 2030 et -81 % de 2022 à 2050), principalement tirée par la décroissance du puits forestier (-22 % de 2022 à 2030 et -31 % de 2022 à 2050) et par la hausse des conversions de prairies permanentes en cultures à partir de 2030. En particulier, la décroissance du puits forestier est principalement liée à une baisse de l'accroissement (sécheresses) et à la légère hausse de la récolte de 2020 à 2030.

Toutefois, il faut à nouveau rappeler que les résultats de ces politiques publiques sont peu quantifiables sur des pas de temps courts, et qu'il faudra attendre plusieurs dizaines d'années pour que les effets soient visibles.

5. Vers la SNBC 3

Le secteur UTCATF est encore un secteur pour lequel l'incertitude des résultats actuels et projetés est importante. Depuis la publication de la SNBC 2, en parallèle de la chute du puits forestier constatée en France, des travaux scientifiques et techniques structurants ont été menés, notamment par l'IGN et le FCBA, permettant de mieux renseigner l'évolution des écosystèmes forestiers dans un contexte de changement climatique et d'augmentation des événements de perturbation naturelle. Ces travaux amènent l'Etat à réévaluer ses projections en rééquilibrant les différents leviers du secteur UTCATF et en renforçant son action pour améliorer ses performances.

- **Sur un certain nombre de leviers, les objectifs ont été atteints**, et la SNBC 3 vise à aller plus loin : la part de la récolte de bois dédiée à des usages matières de long terme- à horizon 2050 est revue à la hausse par rapport aux projections du scénario de référence de la SNBC 2, avec un renforcement de la gouvernance de la biomasse et une logique d'usage en cascade de cette ressource.
- **Pour d'autres leviers, les dynamiques vont dans le bon sens, mais accusent toutefois un léger retard par rapport aux hypothèses du scénario de référence de la SNBC 2, pouvant traduire une évolution du contexte amenant à réévaluer certaines hypothèses.** Les trajectoires sont alors quelque peu ajustées pour coller aux dynamiques forestières observées. Par exemple, le rythme de prélèvements est revu à la baisse dans le nouvel exercice, s'éloignant des objectifs de 65 Mm³ à horizon 2030 et 83 Mm³ à horizon 2050 dans le scénario de référence SNBC 2. Ce changement est en cohérence avec les derniers travaux prospectifs de l'IGN sur l'évolution probable du puits de carbone forestier à horizon 2050.
- **Certaines hypothèses prises dans la SNBC 2 sont revues dans la SNBC 3, puisqu'elles ne correspondent plus au contexte du secteur.** C'est par exemple le cas de certains paramètres clés de l'évolution du puits de carbone forestier, comme la mortalité et l'accroissement naturel, qui sont directement affectés par le changement climatique et les perturbations naturelles dont la fréquence augmente. En effet, l'évolution de la

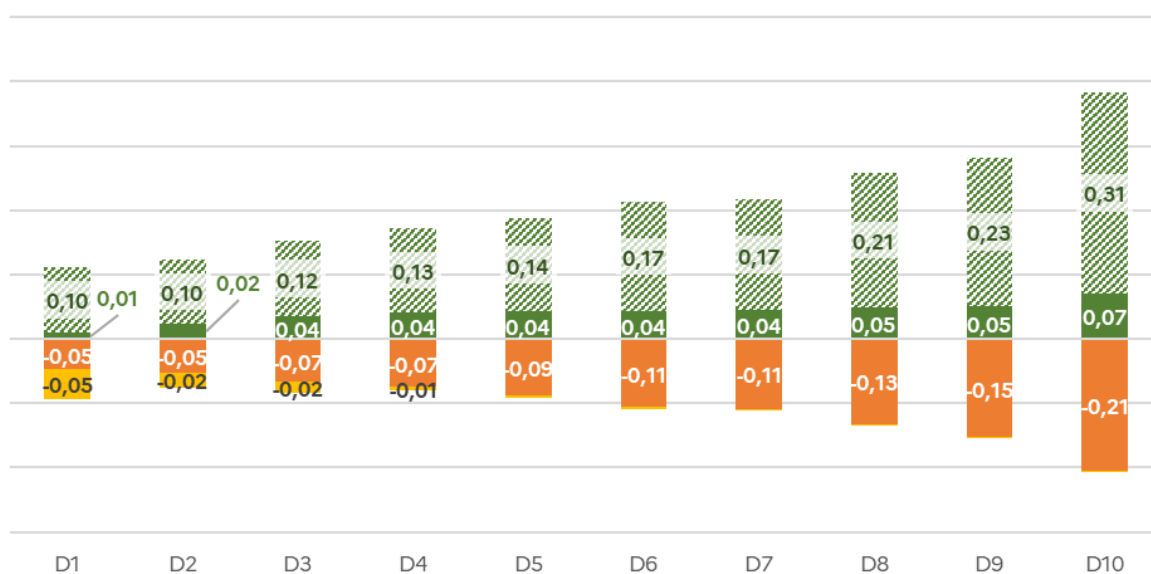
mortalité est revue à la hausse et celle de l'accroissement naturel à la baisse par rapport à la SNBC 2, au regard des nouvelles connaissances scientifiques.



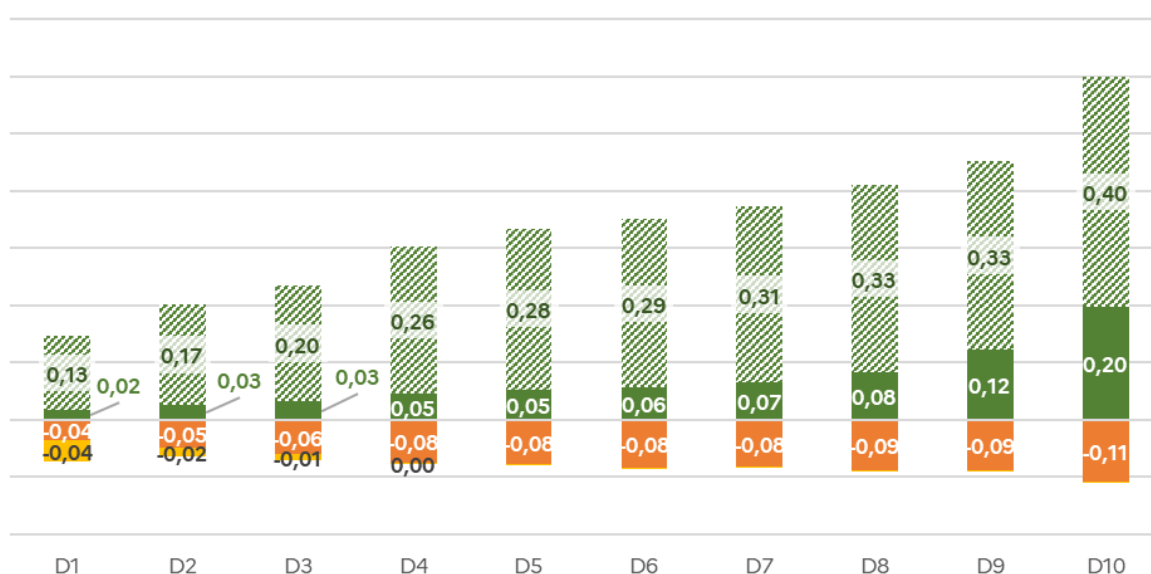
VI. Annexe à l'étude des impacts macro-économiques et des impacts sociaux-économiques

■ Annexes de l'évaluation microéconomique relative aux impacts sociaux :

Répartition des investissements supplémentaires dans les isolations thermiques par dixième de niveau de vie en moyenne annuelle sur la période 2025-2030



Répartition des investissements supplémentaires dans les pompes à chaleur par dixième de niveau de vie en moyenne annuelle sur la période 2025-2030



Répartition des investissements supplémentaires dans les véhicules électriques par dixième de niveau de vie en moyenne annuelle sur la période 2025-2030

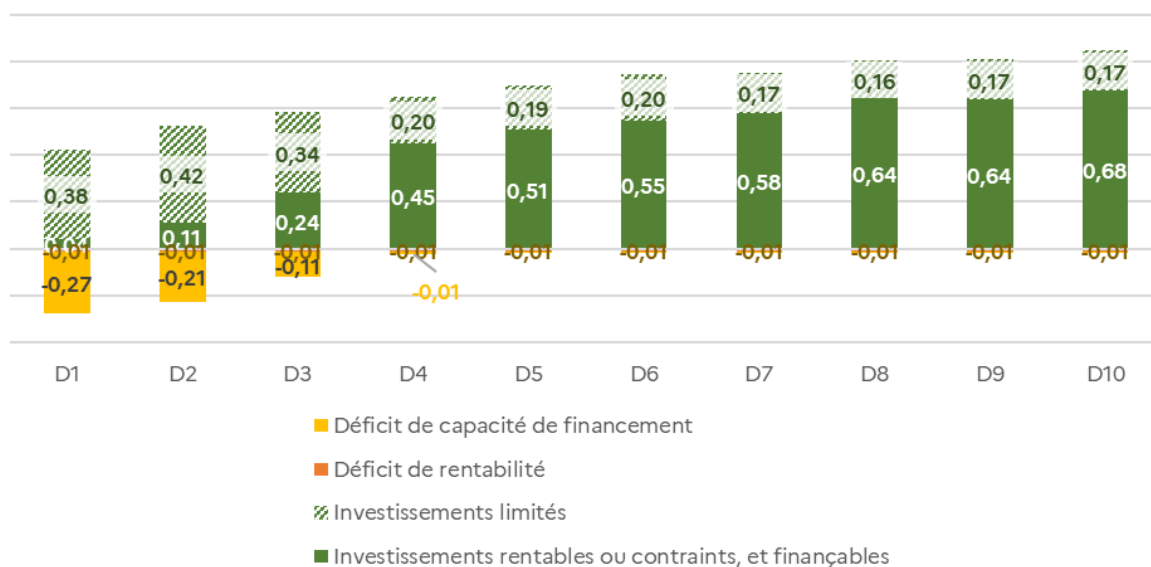


Figure 76 : Répartition des investissements supplémentaires estimés rentables (ou contraints par une réglementation) et finançables et limités (non-rentables et non-contraints, ou non-finançables) en fonction du geste considéré et du dixième de niveau de vie des ménages en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030 (Source : calculs CGDD, 2025) - Montants en milliards d'€₂₀₂₄

Note de lecture 1 : en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030, les ménages du huitième dixième de niveau de vie sont supposés investir 0,26 Md€₂₀₂₄ supplémentaires par an dans le scénario AMS par rapport au scénario AME dans les isolations thermiques. Sur ces 0,26 milliard, 0,05 sont rentables et finançables et 0,21 ne le sont pas. Les 0,21 milliard qui ne sont pas rentables et finançables ne le sont pas en raison d'un déficit de rentabilité des isolations thermiques.

Note de lecture 2 : en moyenne annuelle sur la période 2025 – 2030, les ménages du deuxième dixième de niveau de vie sont supposés investir 0,53 Md€₂₀₂₄ supplémentaires par an dans le scénario AMS par rapport au scénario AME dans les voitures électriques. Sur ces 0,53 milliard, 0,11 sont rentables et finançables et 0,42 ne le sont pas. Les 0,42 milliard qui ne sont pas rentables et finançables ne le sont pas en raison d'un déficit de capacité de financement des ménages du deuxième dixième et 0,22 milliard permettrait de les rendre finançables.

► Méthodologie de calcul de la valeur actuelle nette

L'analyse de rentabilité a recours au calcul de la valeur actuelle nette (VAN) de l'investissement bas-carbone par rapport à un contrefactuel carboné, qui correspond au gain économique estimé par l'agent réalisant l'investissement en tenant compte du surcoût à l'investissement initial (CAPEX) et de la différence actualisée des coûts d'utilisation (OPEX) sur sa durée de vie de référence (notée T dans la formule ci-dessous). Le taux d'actualisation, noté ρ dans la formule ci-dessous, est pris à 8 %.

Une VAN positive caractérise ainsi un investissement considéré comme économiquement rentable.

$$VAN = CAPEX_{\text{carboné}} - CAPEX_{\text{bas-carbone}} + \sum_{t=0}^T \frac{(OPEX_{\text{carboné}} - OPEX_{\text{bas-carbone}})}{(1 + \rho)^t}$$

Tous les montants mentionnés au cours de ce chapitre sont en €₂₀₂₄, et ne tiennent donc pas compte de l'inflation.

► Méthodologie de calcul de la capacité de financement

Pour chaque action et chaque ménage, la capacité financière du ménage est comparée au coût initial de l'investissement pour évaluer si l'action est finançable ou non. La capacité financière du ménage est donc estimée ici comme étant la somme de son patrimoine financier et de sa capacité d'endettement, à laquelle on soustrait un quart de son revenu annuel en tant qu'épargne de précaution.

$$\text{Capacité financement} = \text{Patrimoine financier} + 7 \times 0,35 \times (\text{Revenus} - \text{Intérêts} - \text{Loyer ou Remboursements emprunt immobilier}) - \frac{\text{Revenus}}{4}$$

Si la capacité financière du ménage est supérieure aux coûts initiaux de l'investissement, alors l'investissement est considéré comme finançable. Sinon, le montant manquant pour rendre l'investissement finançable est appelé « déficit de capacité de financement ».