



GOUVERNEMENT

Liberté
Égalité
Fraternité



Travaux de modélisation

L'objet de cette fiche est de présenter les travaux de modélisation sous-jacents à la Stratégie Nationale Bas Carbone et à la Programmation pluriannuelle de l'énergie.

L'élaboration de la stratégie française pour l'énergie et le climat repose sur un **important travail de modélisation prospective**. La Direction générale de l'Energie et du Climat **élabore des scénarios énergie-climat**, c'est-à-dire des trajectoires de consommation et production d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre basées sur des hypothèses d'évolutions de paramètres technologiques et comportementaux. **Deux scénarios principaux sont construits :**

- **Le scénario AME** (scénario « avec mesures existantes ») est un scénario qui vise à estimer l'effet des mesures déjà adoptées sur la trajectoire de gaz à effet de serre. Il permet de donner un point de comparaison avec le scénario de la SNBC ;
- **Le scénario AMS** (scénario « avec mesures supplémentaires ») est le scénario de référence pour l'atténuation visant à parvenir à nos objectifs. Ce scénario sous-tend la SNBC et la PPE.

La construction de l'AMS **n'est pas un exercice de prévision mais bien 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. Il s'agit pour l'Etat de fixer, parmi les différentes trajectoires possibles, un scénario-cible tenant compte de l'ensemble des contraintes physiques, sociales, économiques, et environnementales.

Ce scénario AMS permet d'identifier les leviers d'actions **pour baisser nos émissions de gaz à effet de serre**. Il sert de base à la fixation des **budgets carbone**¹, objectifs, trajectoires et orientations du projet de SNBC-3 à l'horizon 2030 et du projet de PPE 3.

Il a également vocation à nourrir les **autres documents de planification**, qu'ils soient produits par l'Etat, les collectivités, ou bien encore les entreprises.

A l'horizon 2030, par exemple, le scénario AMS trace un chemin permettant de réduire de 50% les émissions brutes de gaz à effet de serre par rapport à 1990, alors que le scénario AME montre que les mesures adoptées jusqu'au 31 décembre 2023 permettent déjà de réduire de 39,5% ces émissions sur la même période (Figure 1).

¹ il s'agit de plafonds d'émissions de gaz à effet de serre à ne pas dépasser exprimés en moyenne annuelle par période de 5 ans en millions de tonnes d'équivalent CO₂, déclinés par secteurs d'activité et par gaz à effet de serre

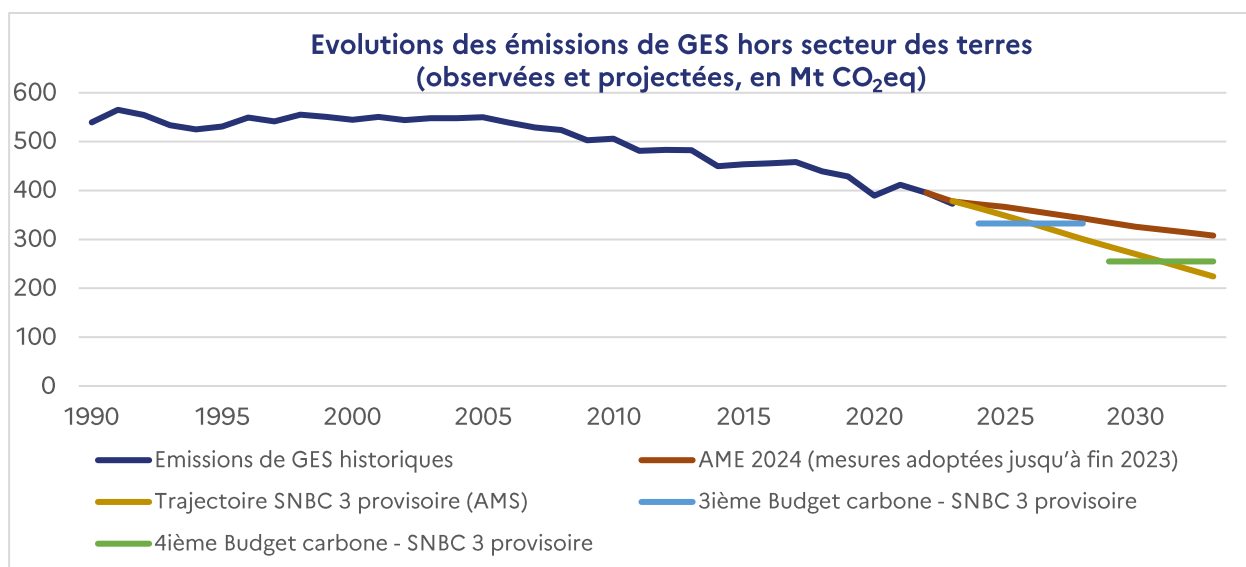


Figure 1 : Evolutions des émissions brutes de gaz à effet de serre en Mt CO₂eq – scénarios AME2024 et AMS (SNBC 3 provisoire) (Sources : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, CITEPA, Secten 2024 ; Modélisations DGEC)

Cet exercice de modélisation complète de notre économie, de nos approvisionnements énergétiques, des disponibilités des différentes ressources, de leur bouclage économique, et des émissions, **repose sur un ensemble de modélisations sectorielles** mobilisant des outils internes et des prestations externes (CIRED, Solagro, Enerdata, Citepa, etc.).

Les **modélisations sectorielles**, alimentées par près de 2000 hypothèses arrêtées à l'issue d'un travail de concertation et de dialogue avec les parties prenantes et établies en prenant en compte les politiques et mesures de soutien supplémentaires nécessaires, permettent d'estimer certaines données d'activités sectorielles, comme par exemple le trafic de véhicules, le nombre de rénovations énergétiques de logements, la taille des cheptels ou les consommations d'énergie.

Les modèles sont utilisés de façon à fixer des cibles sectorielles et à identifier les politiques publiques permettant de sécuriser l'atteinte de ces cibles, de façon itérative.

Les **résultats des modélisations sectorielles sont agrégés**, d'abord sur la forme de bilans d'énergie, puis sous la forme d'inventaires d'émissions de GES, de façon cohérente avec les données statistiques publiées annuellement.



L'exercice de modélisation est enfin complété par une **vérification spécifique pour s'assurer de la cohérence d'ensemble (« bouclage »)**. Il incombe 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** (quantité d'énergie, capacité industrielle des filières et disponibilités de compétences, ressources financières, etc.) **aux besoins**

qui se dégagent du scénario-cible, **d'évaluer ses incidences économiques et leur acceptabilité**, et de **confirmer la stabilité globale du modèle et sa robustesse**, en s'appuyant sur les travaux du Gouvernement et de l'ensemble des parties prenantes.

Un aspect important de cet exercice de modélisation consiste également à **anticiper le rôle que pourra jouer chaque acteur** (Etat, collectivités, acteurs économiques, citoyens) **pour apporter des solutions**.

L'évolution des principales dynamiques sociales est également prise en compte dans cet exercice de scénarisation. 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.

Enfin, le scénario est également un moyen d'étudier les impacts sur les **différents enjeux environnementaux** et de les prendre en compte.

COMPARAISON DU SCENARIO PROVISOIRE DE REFERENCE DE LA SNBC 3 A L'HORIZON 2030 (« AMS RUN 2 ») AVEC D'AUTRES SCENARIOS POUR ATTEINDRE LA NEUTRALITE CARBONE

Pour mieux appréhender ce que représente le scénario provisoire AMS de la SNBC 3 à l'horizon 2030 en termes d'effort et de choix technologiques et sociaux, il est utile de le comparer à d'autres scénarios atteignant la neutralité carbone.

En particulier, l'Ademe (Agence de la transition écologique) a mené en 2021 un important travail de prospective qui a permis de construire **4 scénarios de transition**, quatre chemins « types », cohérents et contrastés, pour conduire la France vers la neutralité carbone² :

- **Scénario S1** : Il donne une **place plus importante aux actions d'économie d'énergie et de sobriété choisie ou contrainte**. Des transformations importantes dans les façons de se déplacer, se chauffer, s'alimenter, acheter et utiliser des équipements, permettent **l'atteinte de la neutralité carbone sans impliquer de technologies de captage et de stockage de carbone**. Ce scénario repose sur la diffusion importante de solutions techniques existantes.
- **Scénario S2** : Il mobilise une **moindre sobriété que le premier scénario et une plus grande diversité de leviers d'innovation organisationnelle, technologique, d'aménagement du territoire dans le cadre d'une planification collective**. Des transformations importantes dans les façons de se déplacer, se chauffer, s'alimenter, acheter et utiliser des équipements, permettent l'atteinte de la neutralité carbone sans impliquer de technologies de captage et stockage de carbone.
- **Scénario S3** : Il donne une **place plus importante aux innovations techniques et technologiques de production et de consommation d'énergie et dans une moindre mesure que dans les deux précédents scénarios aux économies d'énergies**. Il mobilise des technologies de stockage du carbone à la sortie des grandes installations industrielles et de production d'énergie (CCS), mais pas de technologies de captage du carbone directement dans l'air.
- **Scénario S4** : Il étudie **l'hypothèse d'une prolongation de la hausse des besoins énergétiques sans qu'il y ait besoin de transformations importantes dans les façons de se déplacer, se chauffer, s'alimenter, etc.** La persistance des modes de vie actuels mène à des consommations d'énergies et des émissions des gaz à effet de serre plus importantes. Un développement important de technologies de captage et de stockage de carbone, est

² <https://www.ademe.fr/les-futurs-en-transition/>

nécessaire pour respecter l'objectif de neutralité carbone. Ce pari réparateur apparaît donc très risqué.

Ces quatre scénarios atteignent la neutralité carbone, mais avec des points de passage différents en 2030. Le graphique ci-dessous montre les émissions totales brutes françaises en 2030 dans ces différents scénarios. Le scénario de référence de la SNBC 2 atteint -43% d'émissions brutes de GES en 2030 par rapport à 1990. Le scénario de référence provisoire de la SNBC 3 atteint -50% d'émissions de GES en 2030 par rapport à 1990, compatible avec l'objectif fixé par le gouvernement à cet horizon. Les scénarios de l'Ademe atteignent entre -44% et -54% d'émissions en 2030 par rapport à 1990. A titre de comparaison, le scénario AME 2024 (scénario qui vise à estimer l'effet des mesures adoptées jusqu'à fin 2023 sur la trajectoire de GES) atteint -39,5% d'émissions en 2030 par rapport à 1990.

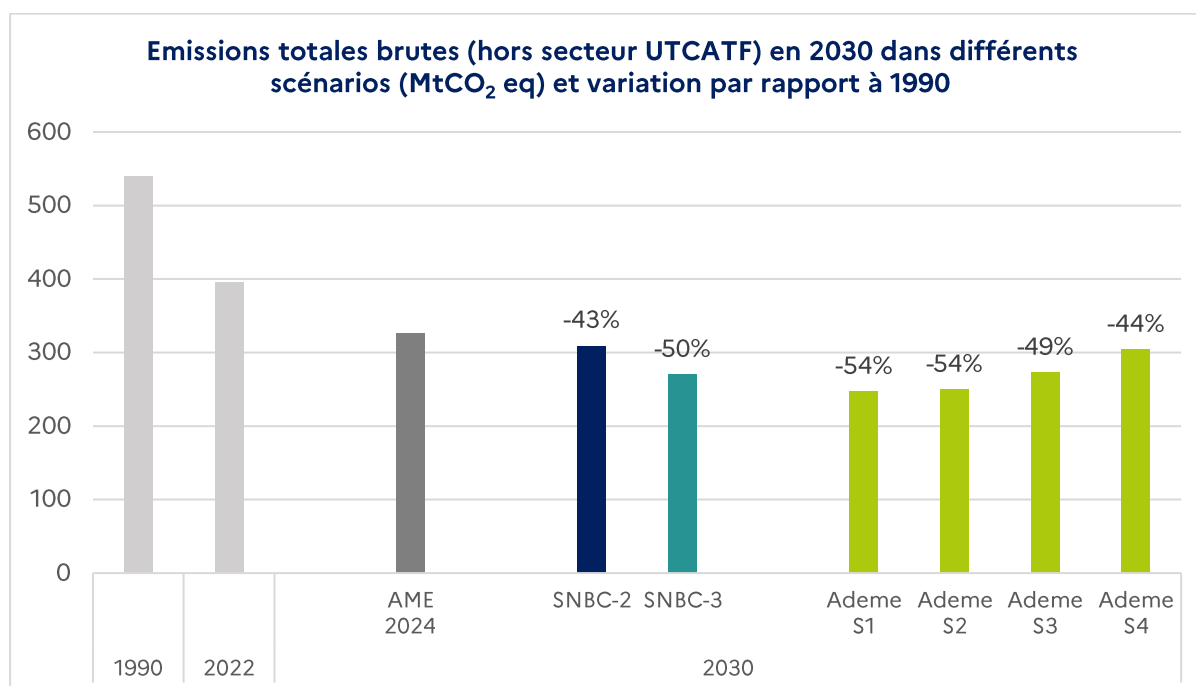


Figure 2 : Emissions totales projetées en 2030 selon différents scénarios (ADEME, SNBC 2 et SNBC 3 provisoire) en Mt CO₂eq et variation par rapport aux émissions de 1990 (Sources : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, Citepa, Secten 2024 ; Travaux ADEME ; modélisations DGEC).