



GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

DIRECTION GÉNÉRALE DE
L'ÉNERGIE ET DU CLIMAT

Synthèse du scénario avec mesures existantes 2024

AME 2024

Projections climat et énergie 2050

Octobre 2024

TABLE DES MATIERES

I. RESUME EXECUTIF.....	6
II. INTRODUCTION, OBJET DE L'EXERCICE.....	12
III. METHODE D'ELABORATION.....	14
IV. PRINCIPAUX CHANGEMENTS PAR RAPPORT A L'AME 2023	18
V. PRINCIPAUX RESULTATS GLOBAUX ET SECTORIELS	22
A. RESULTATS GENERAUX.....	22
1) Gaz à effet de serre :	22
2) Consommation d'énergie	25
B. RESULTATS SECTORIELS	26
1) Industrie.....	26
2) Transports.....	29
3) Bâtiments.....	32
4) Agriculture.....	36
5) Déchets.....	40
6) Energie	43
7) Secteur des terres et de la forêt - UTCATF	46
VI. HYPOTHESES ET RESULTATS DETAILLES.....	50
A. PARAMETRES DE CADRAGE.....	50
1) Population	50
2) PIB.....	51
3) Prix des énergies.....	51
Prix des énergies fossiles.....	51
Projection du prix des énergies TTC.....	51
4) Prix du carbone.....	52
B. INDUSTRIE.....	53
1) Contexte, nouvelles mesures intégrées au scénario.....	53
2) Niveaux de production	54
Pour les IGCE.....	54
Pour l'industrie diffuse	57
3) Mix énergétiques.....	58
4) Efficacité énergétique	60
5) Recyclage.....	61
6) Consommations non-énergétiques.....	61
7) Capture, stockage et utilisation du CO ₂	62
8) Analyse des Résultats	64
C. TRANSPORTS.....	69
1) Contexte, nouvelles mesures intégrées au scénario.....	69
2) Véhicules	71
Les voitures particulières	71
Les véhicules utilitaires légers	74
Les poids lourds.....	75
Les autobus et autocars.....	76
L'aérien : efficacité énergétique et développement des carburants durables.....	77
3) Les trafics.....	77
Les trafics voyageurs hexagone.....	77
Les trafics marchandises hexagone	79
Les trafics aériens (hexagone, outre-mer et soutes internationales).....	79
Les soutes internationales	80

4) Analyse des résultats.....	81
D. BATIMENTS.....	83
1) Contexte, nouvelles mesures intégrées au scénario.....	83
2) Résidentiel.....	86
Mesures considérées dans la modélisation.....	86
Parc de logements.....	87
Chauffage.....	88
Autres usages.....	90
Résultats.....	92
3) Tertiaire.....	94
Mesures considérées dans la modélisation.....	94
Parc.....	94
Chauffage.....	95
Autres usages.....	97
Hors CEREN.....	99
Résultats.....	101
4) Analyse des résultats.....	102
E. AGRICULTURE.....	107
1) Contexte, nouvelles mesures intégrées au scénario.....	107
2) Evolution des régimes alimentaires.....	109
3) Elevage.....	110
Evolution des cheptels.....	110
Principaux paramètres de calculs des émissions liées à l'élevage.....	111
4) Cultures.....	113
Evolution des surfaces.....	113
5) Consommation d'énergie.....	119
6) Analyse des Résultats.....	119
F. SECTEUR DES TERRES ET DE LA FORET - UTCATF.....	124
1) Contexte, nouvelles mesures intégrées au scénario.....	124
2) Forêts.....	128
Accroissement et mortalité des forêts.....	128
Niveaux de récolte.....	130
Boisement et accrus forestiers.....	131
Produit bois : Développer l'usage matériau du bois et l'économie circulaire.....	132
Séquestration de carbone dans le bois mort et dans les sols.....	134
3) Autres utilisation des terres.....	134
Cultures et prairies.....	134
Zones artificialisées.....	135
Zones et humides et autres.....	137
4) Résultats du modèle.....	137
Retour sur le fonctionnement du modèle UTCATF du CITEPA.....	137
Puits forestier.....	138
Prairies permanentes et cultures.....	139
Zones artificialisées.....	140
Zones humides et autres.....	141
5) Analyse des résultats.....	142
Forêt.....	142
Produits bois.....	143
UTCATF.....	143
G. DECHETS.....	145
1) Contexte, nouvelles mesures intégrées au scénario.....	145
2) Déchets solides.....	147
(A) Niveaux d'activité retenus.....	147
(B) Déchets dangereux.....	149
(C) Déchets hospitaliers.....	149
(D) Feux ouverts.....	149

3)	<i>Facteurs d'émission</i>	150
(A)	Stockage de déchets non dangereux (CRF 5A).....	150
(B)	Traitements biologiques (CRF 5B).....	153
(C)	Incinération et feux ouverts (RF 5C).....	153
4)	<i>Eaux usées</i>	155
(A)	Niveaux d'activité retenus	155
(B)	Facteurs d'émission	156
5)	<i>Analyse des Résultats</i>	156
H.	PRODUCTION D'ENERGIE.....	158
1)	<i>Contexte, nouvelles mesures intégrées au scénario</i>	158
2)	<i>Mix électrique</i>	159
3)	<i>Production de chaleur</i>	161
4)	<i>Rendements et pertes</i>	162
5)	<i>Production de biocombustibles et de carburants de synthèse</i>	164
6)	<i>Production d'hydrogène</i>	165
7)	<i>Analyse des Résultats</i>	166
I.	GAZ FLUORES	168
J.	SCENARISATION POUR LES DEPARTEMENTS ET REGIONS D'OUTRE-MER	173
1)	<i>Principales hypothèses et principaux résultats</i>	173
2)	<i>Cadrage</i>	175
3)	<i>Production d'électricité</i>	175
6)	<i>Industrie – Transports – Résidentiel – tertiaire - Agriculture</i>	176
4)	<i>Emissions non-energetiques</i>	177
5)	<i>Bilan d'énergie en 2050</i>	178
6)	<i>Trajectoire d'émissions</i>	179
K.	BILANS DE L'ENERGIE	181
1)	<i>Bilan énergétique total</i>	181
2)	<i>Consommation et production de biomasse</i>	182
3)	<i>Consommation d'Electricité</i>	183
L.	TRAJECTOIRE D'EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE.....	185
1)	<i>Dynamique des trajectoires d'émissions</i>	185
2)	<i>Comparaison avec les précédents scénarios AME</i>	187
3)	<i>Atteinte des objectifs de réduction d'émissions</i>	188
4)	<i>Incertitudes de la trajectoire</i>	190
	ANNEXE 1. EMISSIONS DE GES (FORMAT SECTEN)	193
	ANNEXE 2. BILANS DE L'ENERGIE (PERIMETRE HEXAGONE + DROM)	194
	ANNEXE 3. CONSOMMATION DE MATERIAUX (IGCE) PAR USAGE.....	198
	ANNEXE 4: PARAMETRES DE CALCUL AU FORMAT INVENTAIRE DES EMISSIONS DE L'AGRICULTURE LIEES A L'ELEVAGE	201

Coordination

Samuel LAVAL – DGEC – Sous-direction de l'action climatique

Courriel : samuel.laval@developpement-durable.gouv.fr

Rédacteurs et rédactrices

Samuel LAVAL, Isabelle CABANNE, Yanis CHAIGNEAU, Charles CHEVALIER, Alban GRANIER, Manon NAGY, Auriane BUGNET – DGEC, sous-direction de l'action climatique

Contributeurs et contributrices externes

Anaïs DURAND – Citepa (agriculture)

Stéphanie BARRAULT – Citepa (gaz fluorés)

Vincent MAZIN – Citepa (déchets)

Grégoire BONGRAND - Citepa

Frédéric PINTO DA ROCHA – Enerdata (Energie)

Les contributeurs et contributrices indiqués ici sont celles et ceux qui ont participé à la rédaction du présent rapport. La sous-direction de l'action climatique remercie l'ensemble des personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration du scénario présenté dans le rapport, en particulier au sein de la DGEC et des nombreux ministères impliqués.

I. Résumé exécutif

A l'heure où le monde est engagé dans une course contre-la-montre existentielle face à l'urgence climatique, la France doit poursuivre ses efforts dans la transition écologique.

Les émissions de gaz à effet de serre de la France ont baissé ces dernières années, et la France s'est fixée des objectifs ambitieux de réduction de gaz à effet de serre et d'une Stratégie pour les atteindre : la Stratégie nationale bas carbone (SNBC).

Le scénario « Avec Mesures Existantes » permet 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 climatiques adoptées, et de mesurer ainsi l'effort restant à parcourir pour atteindre ces objectifs.

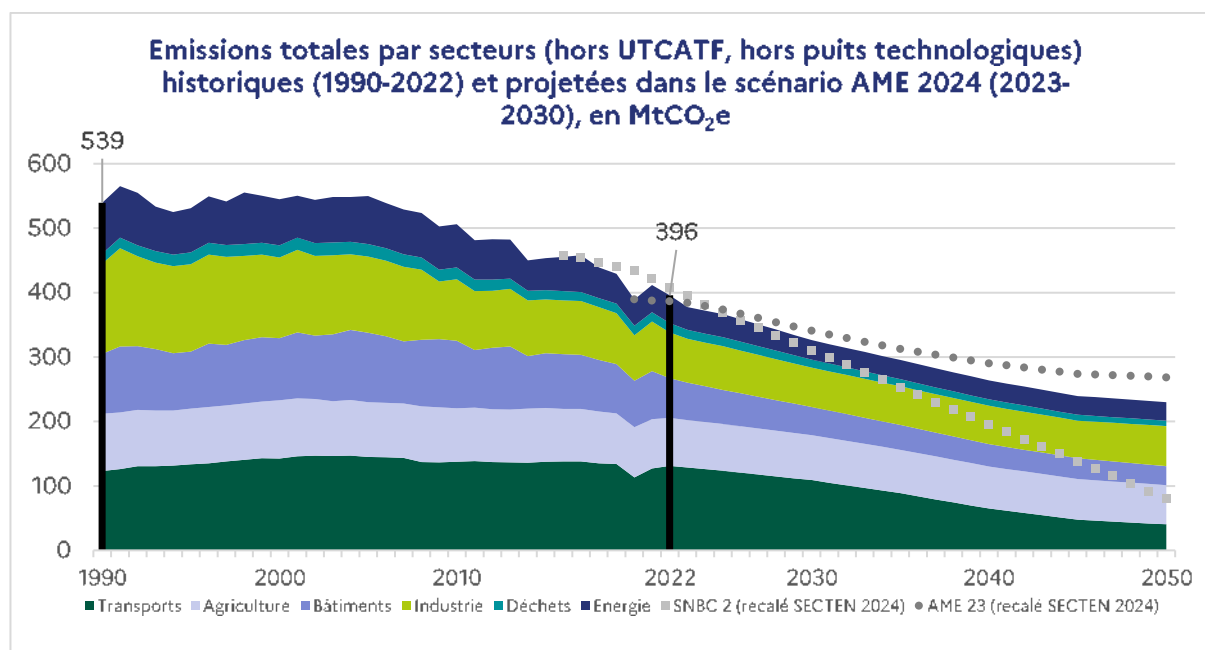
Fruit d'un travail interministériel et d'une modélisation reposant sur plusieurs milliers d'hypothèses, le scénario AME est un scénario énergie-climat qui donne à voir les trajectoires de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre à la fois au niveau global et dans chacun des principaux secteurs émetteurs de gaz à effet de serre dans le cas où aucune mesure supplémentaire ne serait mise en œuvre, en considérant les évolutions anticipées de ces secteurs et l'effet de l'ensemble des politiques et mesures existantes. C'est un scénario théorique qui permet d'éclairer le débat public en évaluant l'influence des mesures déjà adoptées sur les émissions futures, éclairant ainsi les décisions à prendre pour atteindre les différents objectifs énergétiques et climatiques français.

Par rapport à l'édition précédente, le scénario AME 2024 intègre les nouvelles politiques climatiques adoptées en 2022-2023, parmi lesquelles :

- **La révision du Règlement européen sur les émissions des véhicules neufs**, qui interdit notamment la vente de voitures thermiques à partir de 2035, ainsi que les Règlements ReFuelEU Aviation et FuelEU Maritime, qui fixent notamment des seuils de Carburants Aériens Durables à incorporer dans les carburants aériens et maritimes, à horizon 2030, 2040 et 2050. Ces Règlements déterminent fortement les hypothèses de mix énergétiques des transports.
- **La loi « industrie verte »** qui vise à accélérer la réindustrialisation du pays, ainsi que les **lois d'accélération des énergies renouvelables et du nucléaire** et la poursuite du plan **France 2030** pour investir massivement dans les technologies innovantes et soutenir la transition écologique.
- **Le plan stratégique national de la France pour la Politique Agricole Commune (PAC) 2023-2027**, qui réhausse l'ambition de transition écologique du secteur agricole, notamment par l'éco régime et la conditionnalité renforcée en matière d'environnement.

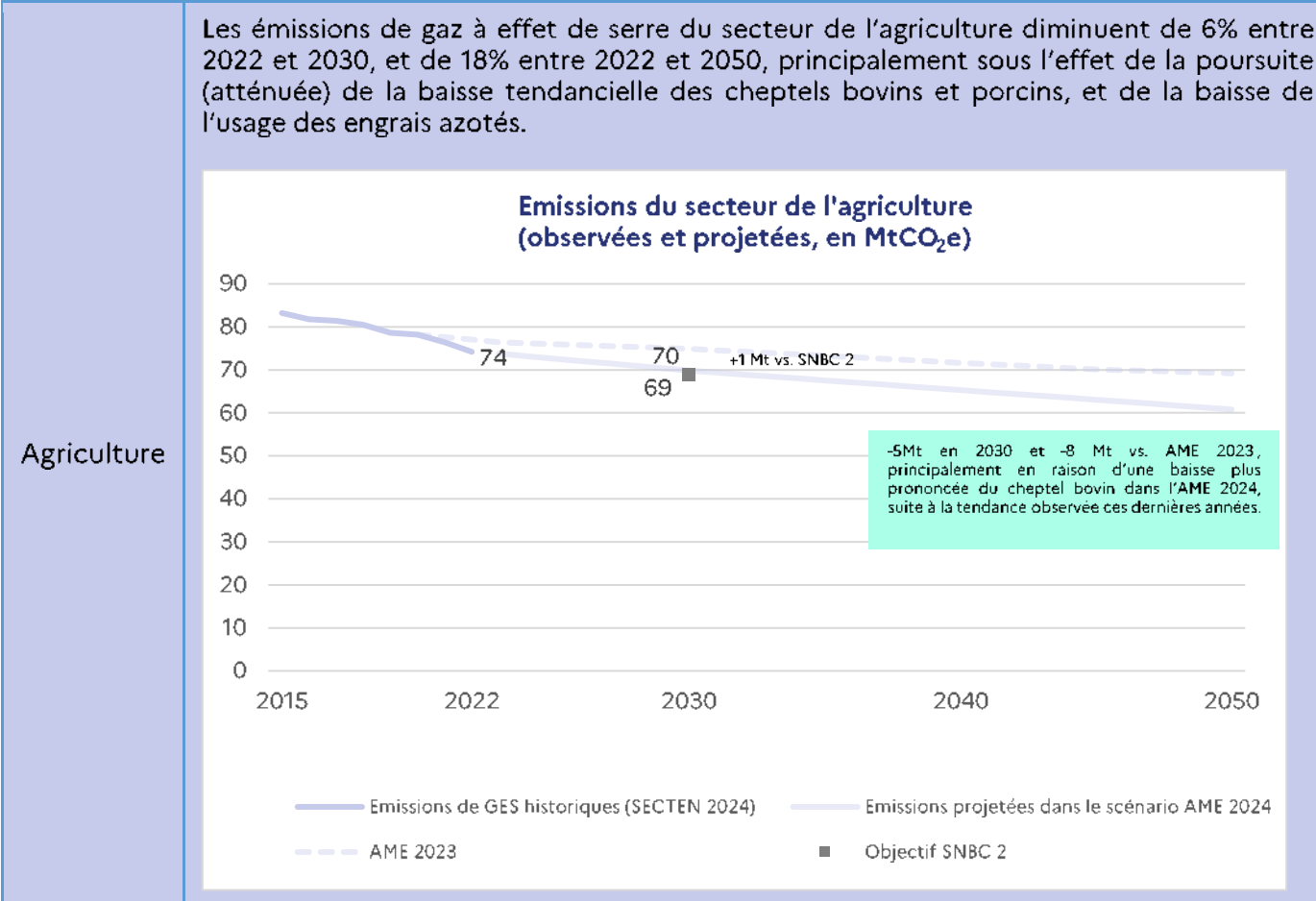
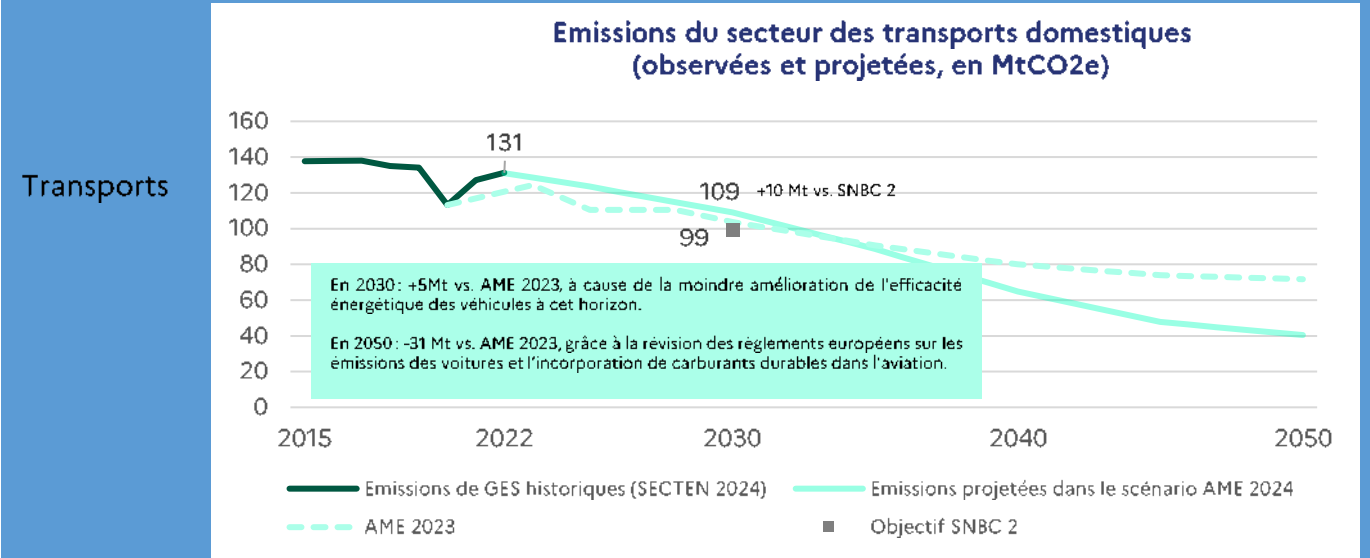
Les grands enseignements de l'AME 2024 sont les suivants :

- L'AME 2024 atteint 326 MtCO₂e en 2030, soit une réduction d'émissions de 39,5% comparé à 1990. Cela signifie que, dans un scénario théorique où aucune nouvelle mesure climatique ne serait adoptée après le 31 décembre 2023, les émissions continueraient de baisser jusqu'à -39,5 % en 2030 par rapport à 1990, sous l'effet des politiques et mesures déjà adoptées et de l'évolution de facteurs exogènes.
- La baisse des émissions dans le précédent exercice (AME 2023), qui prenait en compte l'ensemble des mesures adoptées jusqu'au 31 décembre 2021, atteignait -37 % en 2030 par rapport à 1990. Les mesures adoptées en 2022 et 2023 permettent d'engager une baisse supplémentaire de 15Mt à horizon 2030, soit 3,5 % des émissions actuelles.
- En 2030, le niveau d'émissions atteint par le scénario AME 2024 est 3 MtCO₂e au-dessus de l'objectif de la Stratégie nationale bas carbone en vigueur (SNBC 2) de -40 % d'émissions brutes par rapport à 1990, et 56 MtCO₂e au-dessus de l'objectif futur de 270 MtCO₂e de la SNBC 3, fixé par la planification écologique et correspondant à une réduction de 50% des émissions brutes par rapport à 1990.
- Sans mesures supplémentaires, les émissions de gaz à effet de serre du scénario AME 2024 continuent de baisser après 2030, sans pour autant atteindre la neutralité carbone. Cela reflète le fait que les transformations structurelles pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 nécessitent des mesures supplémentaires à celles déjà adoptées.



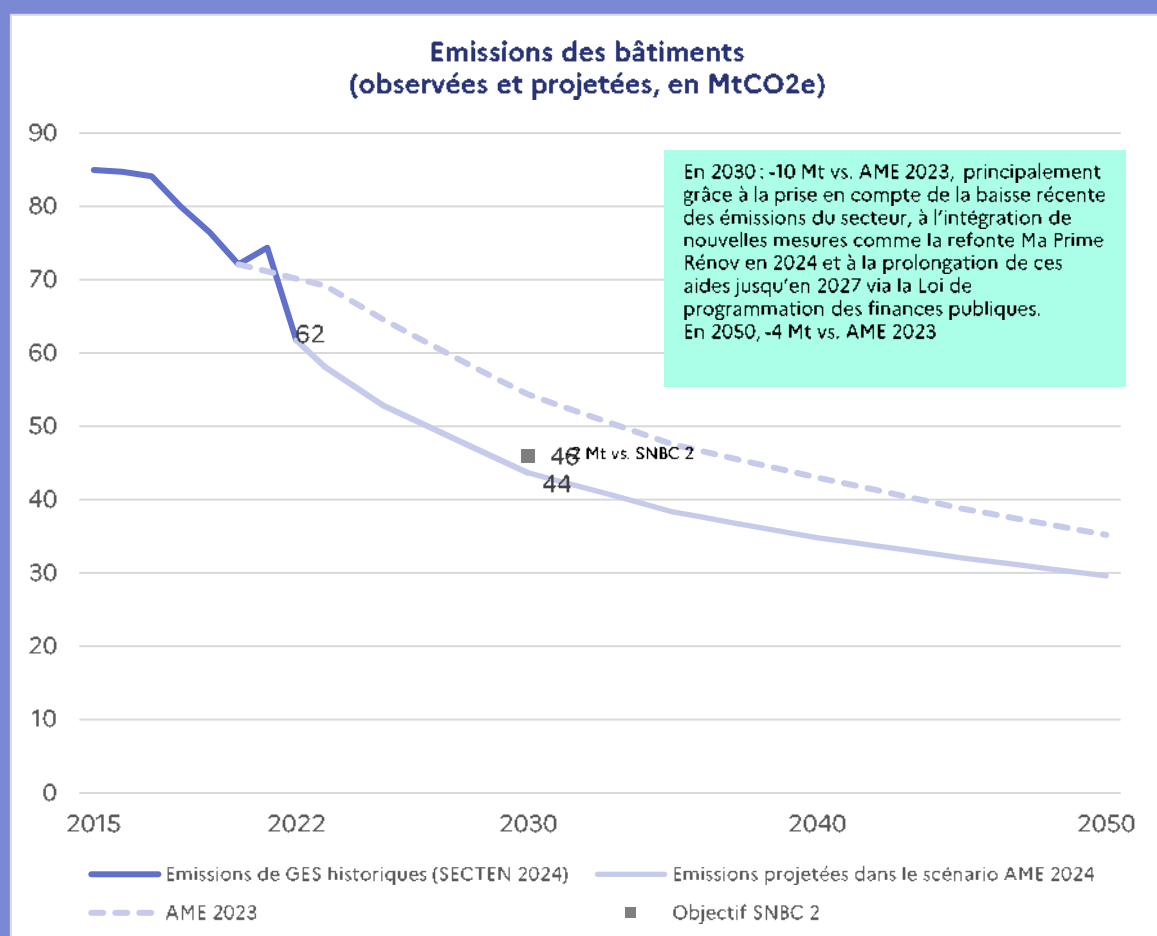
Des baisses d'émissions dans l'ensemble des secteurs émetteurs dans le scénario AME 2024 :

Les émissions du secteur des transports (hors soutes internationales) diminuent de 17% entre 2022 et 2030, et de 63% entre 2022 et 2050, principalement sous l'effet du Règlement européen sur les émissions des véhicules neufs, de l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules grâce au renouvellement du parc, du report modal vers les transports collectifs et le vélo et du développement du covoiturage.



Les émissions du secteur des bâtiments diminuent de 29% entre 2022 et 2030 et de 52% 2022 et 2050, principalement sous l'effet des réglementations qui permettent de diminuer les consommations fossiles : obligation de rénovation des passoires thermiques et des logements avec un DPE E, Dispositif Eco Energie Tertiaire, interdiction d'installations de nouvelles chaudières fioul.

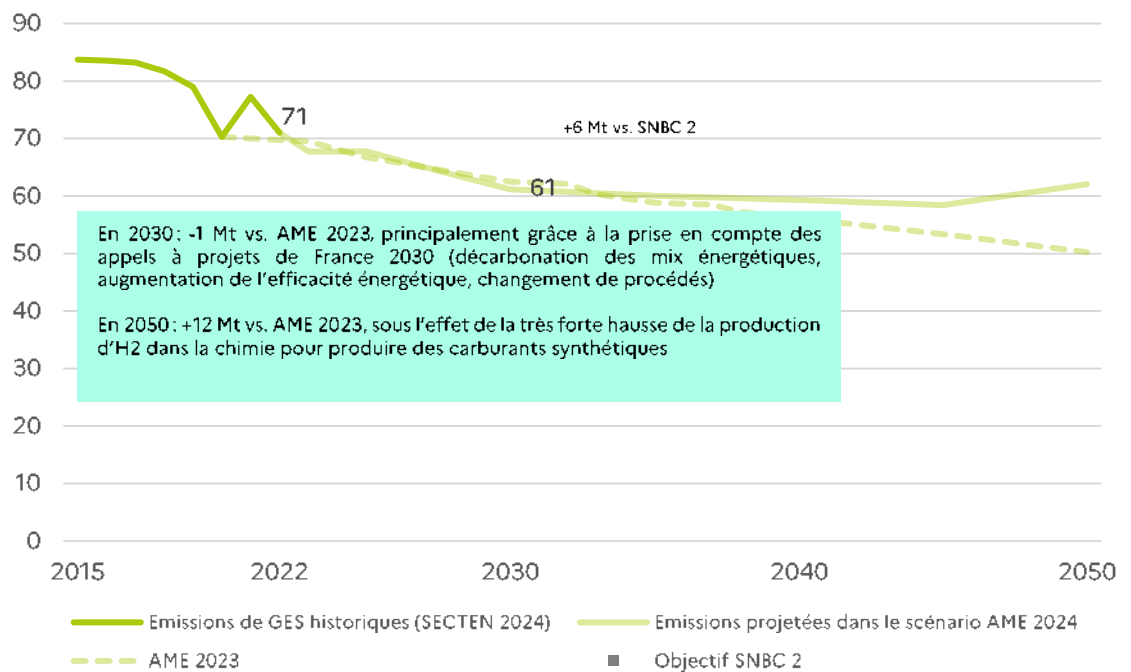
Bâtiments



Industrie

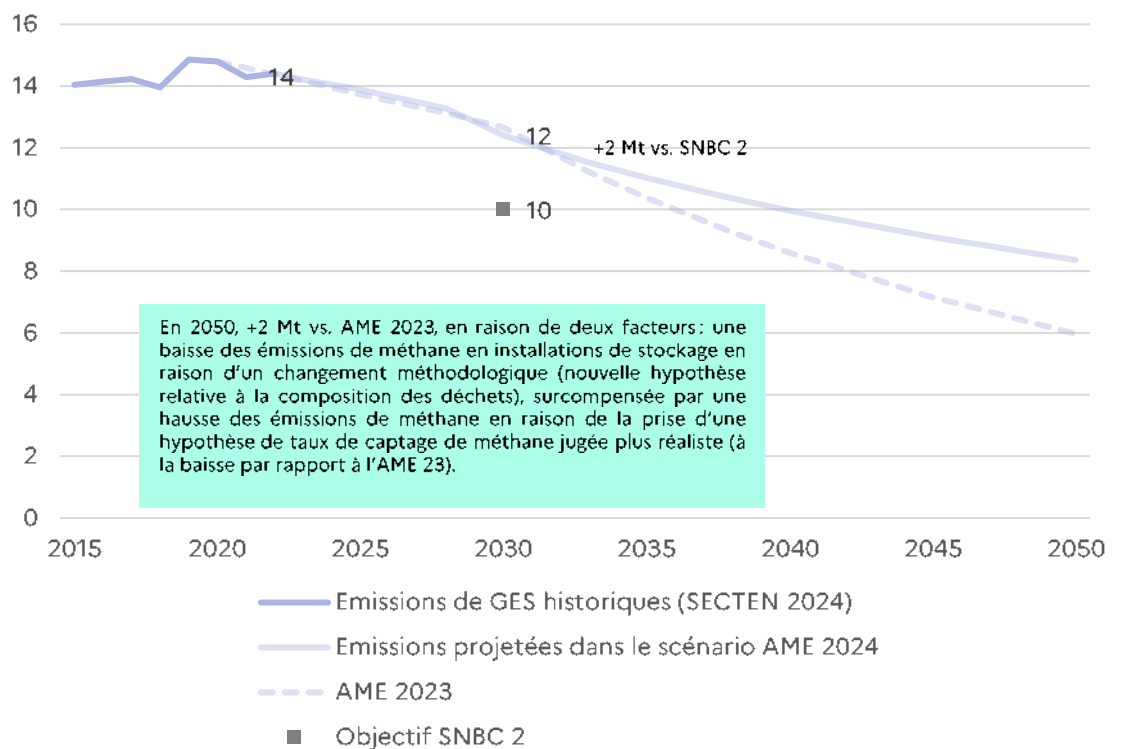
Les émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'industrie diminuent de 14% entre 2022 et 2030, et de 13% entre 2022 et 2050, principalement sous l'effet des financements France 2030 pour la décarbonation des mix énergétiques, l'efficacité énergétique et les changements de procédés, et sous l'effet du développement de la capture technologique.

Emissions du secteur de l'industrie (observées et projetées, en MtCO₂e)



Les émissions du secteur des déchets diminuent de 14% entre 2022 et 2030 et de 42% entre 2022 et 2050, principalement sous l'effet de la réduction des émissions de méthane en installations de stockage.

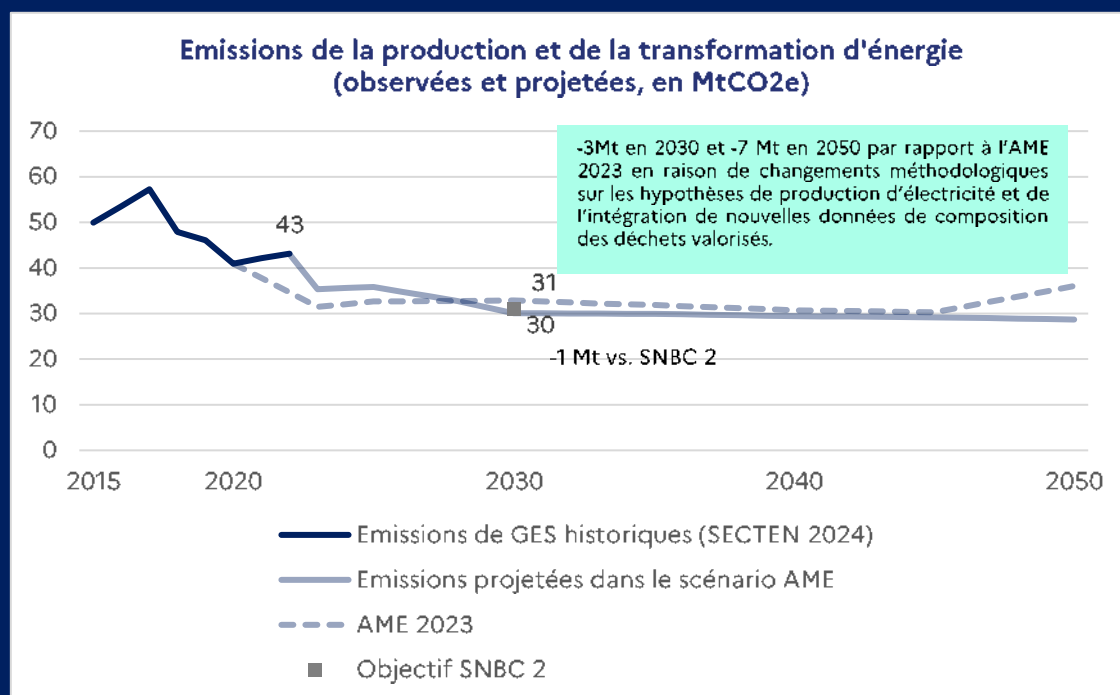
Emissions du secteur des déchets (observées et projetées, en MtCO₂e)



Déchets

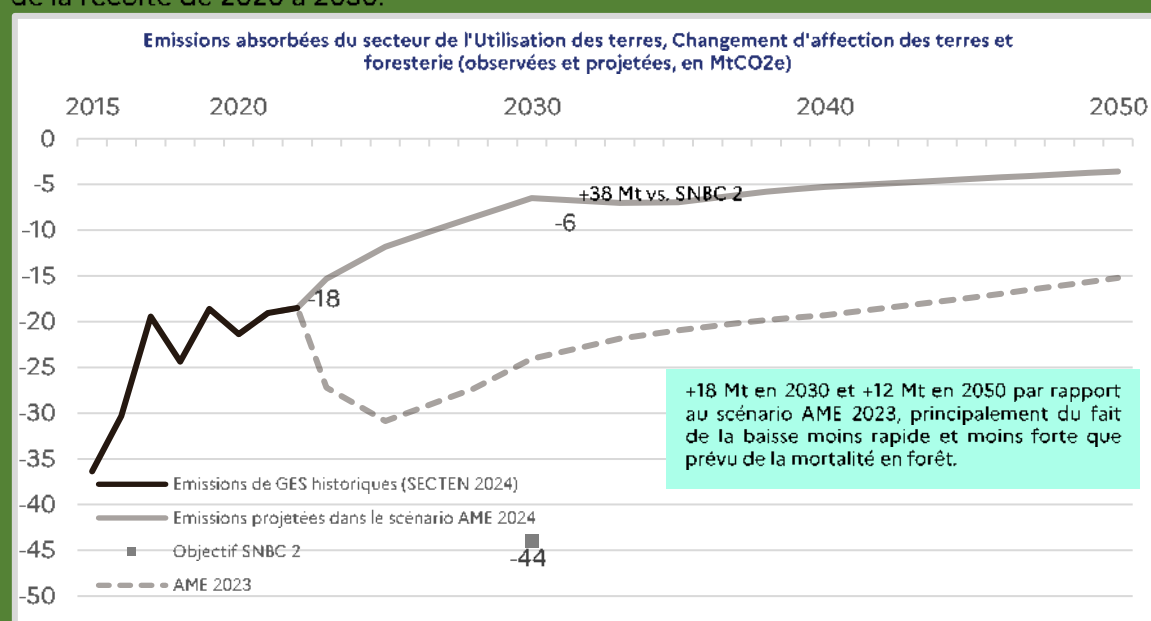
Les émissions de gaz à effet de serre liées à la production d'énergie diminuent de 30% entre 2022 et 2030 et de 34% entre 2022 et 2050, principalement sous l'effet de la fermeture progressive des centrales à charbon et au fioul.

Energie



Le puits du secteur des terres et des forêts poursuit sa décroissance (-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.

UTCATF



II. Introduction, objet de l'exercice

A l'heure où le monde est engagé dans une course contre-la-montre existentielle face à l'urgence climatique, la France doit poursuivre ses efforts dans la transition écologique.

L'objectif ? Réduire drastiquement nos émissions de gaz à effet de serre afin d'atteindre la neutralité carbone en 2050 et réduire notre empreinte carbone en tenant compte des émissions importées, pour contribuer pleinement à l'effort mondial exigé par l'Accord de Paris. Contenir l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et poursuivre l'action menée pour limiter l'élévation des températures à 1,5 °C est un devoir collectif. Chaque dixième de degré compte dans la lutte contre le changement climatique et la préservation de nos écosystèmes, alors que le changement climatique est d'ores et déjà perceptible dans le quotidien des Français.

Ainsi, il est nécessaire d'évaluer l'effet des politiques et mesures existantes, déjà en place, afin de mesurer le chemin déjà effectué et celui qu'il reste à parcourir. C'est l'objet du scénario « Avec Mesures Existantes » (AME). Le scénario AME est un scénario énergie-climat qui donne à voir les trajectoires de consommation 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. Il permet d'éclairer la décision publique en indiquant les trajectoires actuelles sur lesquelles nous placent les politiques adoptées. Comparer les scénarios AME et suivre la progression des trajectoires d'un exercice à l'autre permet de mesurer à la fois les effets des nouvelles politiques publiques adoptées et la marche à franchir pour atteindre les objectifs que la France s'est fixée. A chaque nouvel exercice, les nouvelles mesures et suppression de mesures sont prises en compte, ainsi que les dernières données historiques permettant d'évaluer le plus finement possible l'effet des mesures existantes. Le scénario AME se distingue du scénario « Avec Mesures Supplémentaires » (AMS), qui vise à construire une trajectoire cible atteignant les différents objectifs énergétiques et climatiques de la France. La dernière version du scénario AMS de la France correspond au scénario de la deuxième version de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC); la prochaine version correspondra au scénario de référence de la SNBC-3, et intégrera notamment des politiques et mesures supplémentaires pour atteindre l'objectif de -50 % d'émissions brutes en 2030 par rapport à 1990.

La construction et la mise à jour régulière d'un scénario AME est également une obligation du Règlement sur la Gouvernance de l'Union de l'énergie et de l'action climatique (UE 2018/1999). En effet, les Etats-Membres doivent communiquer un scénario prospectif « avec mesures existantes » (AME) et un scénario prospectif « avec mesures supplémentaires » (AMS). Une version actualisée de ces scénarios doit être transmise à la Commission tous les deux ans. En pratique :

- La Direction générale de l'énergie et du climat est chargée de réaliser ces scénarios et le rapportage.
- Concernant le scénario AMS, c'est le scénario de référence de la Stratégie nationale bas carbone qui est transmis.
- Concernant le scénario AME, un nouveau scénario est construit régulièrement (tous les deux ans jusqu'en 2023, tous les ans depuis) et transmis à la Commission tous les deux ans. La dernière transmission a été effectuée au printemps 2023, le rapport de synthèse de l'AME 2023 est disponible ici¹. Ce rapport présente la nouvelle version de l'AME.

¹ <https://www.ecologie.gouv.fr/scenarios-prospectifs-energie-climat-air>

Ce rapport décrit la méthodologie et les principaux enseignements de la mise à jour 2024 du scénario AME («AME 2024»), intégrant les dernières données disponibles et l'ensemble des politiques et mesures adoptées jusqu'au 31 décembre 2023. Après une description de la méthodologie utilisée et des principaux changements par rapport à sa précédente version (AME 2023), la partie V. présente les principales hypothèses retenues dans chacun des secteurs émetteurs, ainsi que les principaux résultats sectoriels et globaux. La partie VI détaille ensuite ces éléments pour chaque secteur et présente les résultats de manière détaillée.

III. Méthode d'élaboration

Méthodologie de modélisation :

L'élaboration du scénario AME repose sur un **important travail de modélisation prospective**. La Direction générale de l'Energie et du Climat, au sein du Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires (MTECT), construit dans ce cadre un scénario énergétique et climatique visant à décrire une trajectoire résultant des politiques et mesures déjà en place. Ce travail n'est pas un exercice de prévision mais d'évaluation de politiques publiques : il s'agit pour l'Etat d'estimer l'impact des différentes politiques en vigueur, afin d'évaluer l'écart au scénario de référence de la Stratégie nationale bas-carbone en vigueur.

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, etc.). Les modélisations sectorielles, alimentées par près de 2000 hypothèses arrêtées à l'issue de travaux de concertation et de dialogue avec les parties prenantes, 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 **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 GES, de façon cohérente avec les données statistiques publiées annuellement.

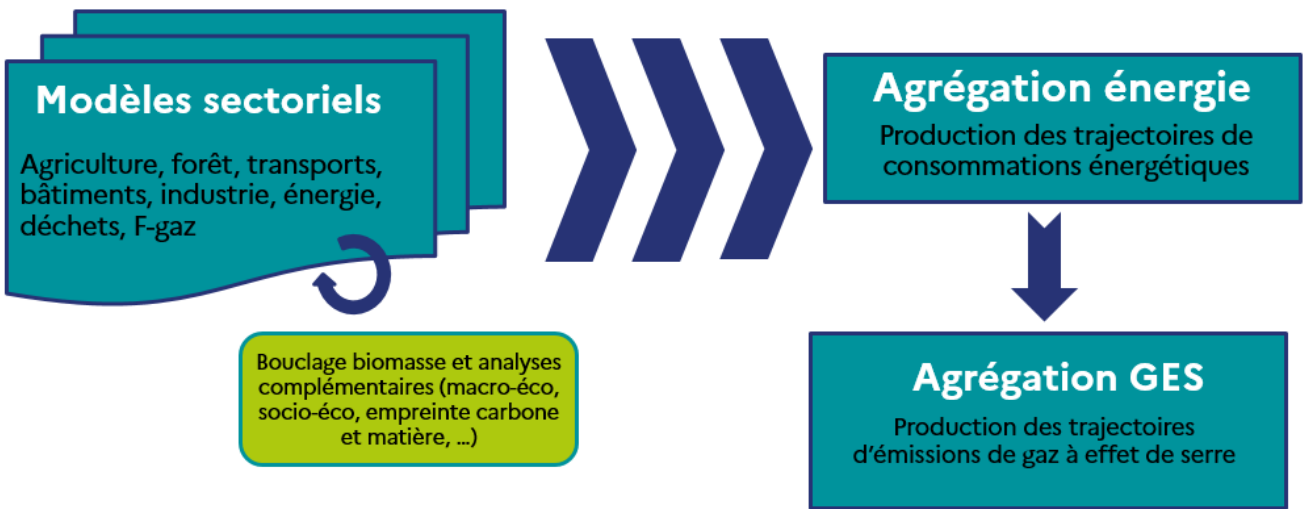


Figure 1. Processus de modélisation de l'AME 2024

En termes de modélisation, le processus reprend assez largement celui utilisé en 2023, mis à part dans le secteur bâtiments où des nouveaux modèles ont été utilisés pour le chauffage résidentiel et tertiaire et dans le secteur UTCATF où un nouveau modèle a été construit pour assurer une plus grande cohérence avec les nouvelles méthodologies de l'inventaire Citepa.

Tableau 1. Détail des outils et modèles utilisés

Secteur	Outil utilisé	Opéré par
Agriculture et alimentation	MOSUT, module Citepa	Solagro, Citepa
Forêt	Calculateur forêt bois et module Citepa*	DGEC, Citepa

Sols	Calculateur artificialisation, module Citepa*	DGEC, Citepa
Résidentiel – usage chauffage	Modèle ResIRF du CIRED*	CIRED, DGEC
Résidentiel et tertiaire – usage climatisation	Modèle MICO de l'Ademe	DGEC
Résidentiel et tertiaire – autres usages	Calculs DGEC	DGEC
Tertiaire – usage chauffage	Modèle Vivaldi de l'Ademe*	DGEC
Construction neuve	Résidentiel : outil ANTONIO de l'Ademe Tertiaire : calculs DGEC	DGEC
Transports	Modév (trafics)	CGDD
	Modèle de demande marchandises	DGITM
	Outil de modélisation du parc roulant à partir des immatriculations	DGEC
	Aérien (trafics)	DGAC
Industrie – niveaux de production	Pepit0 (outil Negawatt Ademe)	DGEC
Industrie – consommations d'énergie	EnerMed	Enerdata
Production d'énergie	EnerMed	Enerdata
Déchets	Outil Ademe, Module CITEPA	DGEC, Citepa
F-gaz	Module Citepa	Citepa
Agrégations GES	Modules Citepa	Citepa

* nouveauté AME 2024

Ce travail de modélisation est soumis à plusieurs sources d'incertitudes. Elles touchent à la fois les données historiques en lien avec la construction de l'inventaire d'émissions de gaz à effet de serre produit par le Citepa² et les bilans d'énergie du SDES, les hypothèses faites sur les effets des politiques publiques actuelles ou encore le paramètres de cadrage (population, croissance du PIB ou encore sur l'impact du changement climatique). Des éléments sur ces incertitudes et leurs effets sur les trajectoires sont indiqués dans la suite du rapport.

L'AME est mis à jour tous les ans : cela consiste à réajuster les trajectoires et les leviers d'action au fil de l'eau, afin de coller au mieux aux dernières données disponibles et d'évaluer l'effet des nouvelles politiques et mesures.

Règles et principes pour la construction de l'AME :

Le rôle de l'AME est de montrer ce qu'il se passerait sans aucun rehaussement d'ambition ni nouvelle mesure à compter d'une date donnée³, en tenant compte uniquement des mesures existantes et de l'évolution anticipée des facteurs exogènes (exemple : évolution de la population, du cheptel...).

² 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 2022 l'incertitude combinée en % des émissions totales, avec UTCATF est estimée à 6,9%.

³ En pratique cette date est en général fixée à 6 mois avant la publication du scénario afin de fixer les hypothèses pour les travaux techniques de modélisation

Le but de l'AME n'est pas pour autant de fournir une trajectoire « tendancielle ». En effet, un scénario tendanciel ou probable intégrerait certaines politiques et mesures dont la poursuite n'a pas encore été formellement actée (exemple : les aides à la rénovation énergétique des logements), alors que l'AME ne prend en compte que les mesures adoptées. Il ne s'agit pas non plus de poursuivre la trajectoire historique, car certaines politiques et mesures conduisent à infléchir à la baisse ou à la hausse des trajectoires par rapport à l'historique. L'enjeu est donc plutôt de s'assurer que l'effet des politiques et mesures actuelles est bien pris en compte tout au long de la trajectoire, d'une manière conservatrice afin de montrer une évolution générale théorique, sans aucune nouvelle mesure supplémentaire par rapport aux politiques actuelles.

Le graphique suivant montre les émissions projetées dans les précédents scénarios AME et les émissions observées (d'après le dernier inventaire du Citepa).

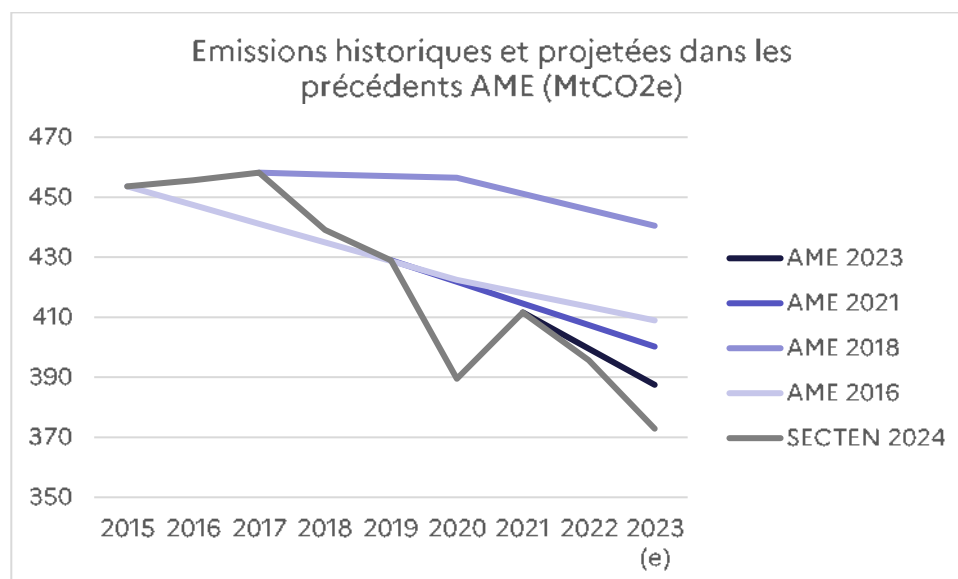


Figure 2. Emissions historiques et projetées dans les précédents AME (MtCO2e)

L'AME 2024 prend uniquement en compte les politiques et mesures adoptées jusqu'au 31 décembre 2023 (contre décembre 2021 pour le précédent exercice AME 2023).

L'AME étant défini par le Règlement européen dit « gouvernance », il est soumis à un certain nombre de règles et de lignes directrices :

- La prise en compte des données de cadrage de la Commission (prix des énergies et du CO₂, PIB notamment)
- La non-prise en compte de mesures non formellement actées : les directives adoptées mais non transposées ou encore les financements prévus mais non votés, ne peuvent être inclus dans l'AME
- La date limite de prise en compte des politiques et mesures incluses dans l'AME ne doit pas être plus tardive que la date de rapportage.

En plus de ces règles, la DGEC suit un certain nombre de « bonnes pratiques » basée sur son expérience de construction des scénarios AME :

- Définition de l'ensemble des hypothèses et des politiques et mesures à intégrer en lien étroit avec les directions concernées : DGPE, DGE, DGITM, DHUP, DE...
- Lorsqu'un objectif a été nouvellement fixé dans la loi (exemple : objectifs du PSN, objectif de 5% maximum de vente de véhicules > 123gCO₂/km en 2030, mais aussi loi de

programmation des finances publiques...), il est pris en compte car cela constitue une avancée et traduit une certaine ambition, mais sa prise en compte peut être partielle, de manière conservatrice, si les mesures existantes ne permettent pas de sécuriser l'objectif et/ou si les données historiques les plus récentes montrent que la trajectoire pour l'atteindre n'est pas respectée. Cette évaluation est refaite à chaque nouvel exercice.

- Pour les politiques qui ne sont pas assorties d'objectifs chiffrés, l'évaluation des effets est réalisée en lien étroit avec les administrations concernées.

IV. Principaux changements par rapport à l'AME 2023

La mise à jour du scénario AME permet d'intégrer :

- L'ensemble des **nouvelles politiques et mesures** adoptées et entrées en vigueur depuis le dernier exercice et d'évaluer leurs effets. En l'occurrence, l'AME 2024 intègre les nouvelles politiques et mesures entre le 31 décembre 2021 et le 31 décembre 2023. Les principales nouvelles politiques et mesures sont détaillées ci-dessous, et l'ensemble des nouvelles politiques et mesures sont détaillées pour chaque secteur dans le corps du rapport.
- Les dernières **données historiques**, qui peuvent amener à modifier certaines hypothèses par rapport au dernier exercice : par exemple, de nouvelles données ont conduit à revenir sur les hypothèses prises dans le dernier exercice sur l'évolution des consommations des véhicules (voitures, utilitaires, poids lourds), le respect des objectifs du décret tertiaire, le taux de captage de méthane dans les installations de stockage de déchets non-dangereux. A l'inverse, certaines hypothèses ont été revues à la hausse pour prendre en compte les récentes évolutions de marché, comme l'électrification des poids lourds ou la production de biogaz.
- De **nouveaux modèles** : des nouveaux modèles ont été utilisés, notamment dans les secteurs des bâtiments et LULUCF. Nouveauté importante de l'AME 2024 : le secteur du numérique fait désormais l'objet d'une modélisation explicite.

Les principales politiques climatiques adoptées dans cette période et influençant les résultats de l'AME sont :

- **La révision du Règlement (UE) sur les normes de performance en matière d'émissions de CO2 pour les voitures particulières neuves et les véhicules utilitaires légers neufs (adopté en février 2023)** : ce nouveau Règlement fixe notamment des seuils d'émissions à ne pas dépasser dans les ventes de véhicules neufs pour les constructeurs à différentes échéances, et interdit la vente de véhicules particuliers et véhicules utilitaires légers neufs thermiques à partir de 2035. Il détermine donc fortement les hypothèses de mix énergétiques des ventes de véhicules neufs et donc la décarbonation du parc de véhicules.
- **L'adoption des Règlements (EU) ReFuelUE Aviation et FuelUE Maritime**, qui fixent notamment des seuils de Carburants Aériens Durables à incorporer dans les carburants aériens et maritimes, à horizon 2030, 2040 et 2050. Ces Règlements déterminent donc fortement la décarbonation des avions et navires à court et long terme.
- **L'annonce d'une sixième période d'obligations CEE** : le dispositif des CEE est fondé sur une obligation pour les fournisseurs d'énergie (les obligés) de réaliser ou déclencher des opérations d'économies d'énergie, obligation fixée pour une période de quatre ou cinq ans. Actuellement, la cinquième période débutée en 2022 court jusqu'en 2025. Une consultation a été lancée sur la 6^{ème} période des CEE. Cette 6^{ème} période est donc intégrée à la modélisation, notamment dans le secteur des bâtiments où cela permet d'accélérer les actions de rénovation énergétique.
- **La loi n°2023-1195 du 18 décembre 2023 de programmation des finances publiques pour les années 2023 à 2027** : cette loi fixe des orientations pluriannuelles pour les finances publiques, et permet de donner une certaine visibilité sur la poursuite de plusieurs financements et subventions. Elle est notamment intégrée dans la modélisation des bâtiments, dans l'hypothèse faite d'une poursuite jusqu'en 2027 des aides à la rénovation énergétique.
- **La loi n°2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables** : adoptée en 2023, la loi «APER» vise à planifier l'installation d'énergies

renouvelables dans le territoires en remettant les territoires et les collectivités au centre des décisions, à simplifier les démarches pour lever les lourdeurs administratives et améliorer la sécurité juridique des projets, à mobiliser les terrains déjà artificialisés ou sans enjeux environnementaux majeurs pour déployer les énergies renouvelables et à partager et redistribuer la valeur générée par les énergies renouvelables. Elle est donc intégrée à la modélisation du secteur de la production d'énergie, et permet notamment d'actualiser les hypothèses de déploiement de capacités de production d'électricité à partir de sources renouvelables (éolien terrestre, éolien en mer, solaire...), en plus de la prise en compte des tendances récentes.

- **La loi n°2023-491 du 22 juin 2023 relative à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes** : cette loi permet d'accélérer les projets de construction des réacteurs EPR2 et de prolonger les installations nucléaires en service. Elle est intégrée à la modélisation dans les hypothèses de production d'électricité à partir d'énergie nucléaire.
- **L'adoption du Plan stratégique national** : La version actuellement en vigueur du plan stratégique National (PSN) de la France pour la Politique Agricole Commune (PAC) 2023-2027 a été approuvée le 13 décembre 2023 par la Commission européenne. Il cherche à améliorer la compétitivité durable des filières, la création de valeur, la résilience des exploitations et la sobriété en intrants au service de la sécurité alimentaire. Il contribue à l'atteinte des objectifs du Pacte vert et de la neutralité carbone, en combinaison avec d'autres outils de politique publique déployés à cet effet, en mettant l'accent sur la diversification des cultures, la préservation des prairies, les synergies entre cultures et élevage, la production des légumineuses, une présence renforcée d'infrastructures écologiques en particulier les haies, et le développement de l'agriculture biologique. Il est intégré aux modélisations du secteur agricole, et rehausse l'ambition à court terme sur plusieurs hypothèses (développement de l'agriculture biologique et des légumineuses notamment).
- **La poursuite du plan « France 2030 » sur les années récentes**, plan d'investissement pour développer l'industrie française, investir massivement dans les technologies innovantes et soutenir la transition écologique. Les nouveaux financements apportés en 2022 et 2023 par France 2030 ont notamment été intégrés aux modélisations du secteur de l'industrie, ce qui mène à un rehaussement d'ambition dans l'évolution des mix énergétiques et de l'efficacité énergétique dans plusieurs branches.
- **La loi n°2023-973 du 23 octobre 2023 relative à l'industrie verte** : cette loi vise à accélérer la réindustrialisation du pays et à faire de la France le leader de l'industrie verte en Europe. Elle est intégrée aux modélisations du secteur Industrie et mène à des légers rehaussements des hypothèses de production industrielles, en particulier dans les secteurs stratégiques.

NB : les directives adoptées au niveau européen mais non encore transposée dans le droit français (comme la réforme du marché carbone et l'introduction d'un nouveau marché carbone pour les secteurs des transports et bâtiments ou encore la Directive sur la performance énergétique des bâtiments) ne sont pas prise en compte dans le scénario AME.

Le tableau ci-dessous permet de visualiser les principaux changements dans les différents secteurs.

Secteur	Nouvelles mesures intégrées à l'AME 2024	Prise en compte des dernières tendances historiques	Changements méthodologiques
Transports	-Electrification des véhicules: Intégration de la révision du Règlement (UE) sur les normes de performance en matière d'émissions de CO2 pour les voitures particulières neuves et les véhicules utilitaires légers neufs (adopté en février 2023) -Intégration du Règlement ReFuelEU Aviation (adopté en septembre 2023) -Intégration du Règlement FuelEU Maritime (adopté en septembre 2023)	-Efficacité énergétique des véhicules: Recul sur l'intégration de l'objectif 2030 de baisse de consommation des véhicules (article 103 de la loi « climat et résilience » au vu des données historiques) -Electrification des véhicules: Rehaussement des hypothèses de ventes de poids lourds, véhicules utilitaires légers, bus et cars électriques et abaissement des hypothèses de ventes de poids lourds, bus et cars au gaz naturel pour véhicules (GNV) au vu des récentes annonces des constructeurs et des progrès technologiques -Ventes de véhicules neufs: Intégration des tendances récentes de baisse des ventes de véhicules neufs (ce qui ralentit la pénétration des véhicules neufs électriques et/ou peu émetteurs dans le parc)	Méthodologie transports : rebasage sur l'inventaire 2024
Bâtiments	-CEE : Prise en compte de la 6^{ème} période du dispositif des certificats d'économie d'énergie (CEE) annoncée dans le projet de Stratégie française énergie climat -MaPrimeRenov' : Prise en compte de la loi de programmation des finances publiques qui donne des objectifs de poursuite des aides à la rénovation énergétique jusqu'en 2027	-Rehaussement de la trajectoire de construction neuve à court terme par rapport au précédent AME (lié à l'accélération observée du phénomène de décohabitation) mais baisse à long terme par rapport au précédent AME (moindre croissance prévisionnelle des résidences secondaires et vacantes) -Atteinte partielle plus prudente des objectifs dispositif « éco-énergie tertiaire » au vu des dernières données disponibles -Baisse consommation bâtiments : pris en compte de la baisse de consommation énergétique dans les logements ces dernières années	-Nouveau modèle bâtiments : Changement de modèles pour le chauffage résidentiel (Res-IRF) et tertiaire (Vivaldi) -Hausse importante des consommations énergétiques des data centers (meilleure modélisation du numérique, intégration des dernières données disponibles)
Déchets	Unités de Valorisation Energétiques (UVE): intégration de la nouvelle obligation de tri à la source des biodéchets	-Taux de captage du méthane : Recul sur l'hypothèse d'évolution du taux de captage de méthane en installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND) par rapport à l'AME 2023 (intégration des dernières données, prise en compte des incertitudes)	-Unités de Valorisation Energétiques (UVE) : Prise en compte des dernières lignes directrices du GIEC (modification des facteurs d'émissions des déchets). Intégration de nouvelles données issues de la Fnade.
Energie	-Prise en compte de la loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables (loi APER adoptée en 2023)	-Hausse du taux d'incorporation de biogaz dans le réseau de gaz (sur la base des projets en cours)	Production d'électricité : prise en compte des données de production 2023 RTE et

	-Prise en compte de la loi relative à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes (adoptée en 2023)		prolongement du niveau actuel de production d'électricité à partir de gaz (dans l'AME 2023 : la production d'électricité à partir de gaz servait de variable d'ajustement entre la production et la consommation d'électricité). - Raffinage : niveaux de raffinage calés sur la consommation (dans l'AME 2023 : reprise de données Ademe).
Agriculture	- Plan Stratégique National : Prise en compte de l'adoption du Plan Stratégique National déclinant la nouvelle Politique Agricole Commune de l'UE	- Evolution cheptel : Prise en compte des dernières données sur la baisse des cheptels bovins ces dernières années (ce qui amène à une baisse des émissions liées à la fermentation entérique à court et long terme).	
Industrie	- France 2030 : Hausses d'ambition sur les mix énergétiques et l'efficacité énergétique dans différents secteurs grâce aux financements « France 2030 » déjà actés - Réindustrialisation : légères hausses de productions industrielles par rapport au dernier AME	- CCUS : Prise en compte de l'avancée des travaux sur la stratégie CCUS et des derniers projets connus	
Numérique			Modélisation explicite du numérique

V. Principaux résultats globaux et sectoriels

A. Résultats généraux

1) GAZ A EFFET DE SERRE :

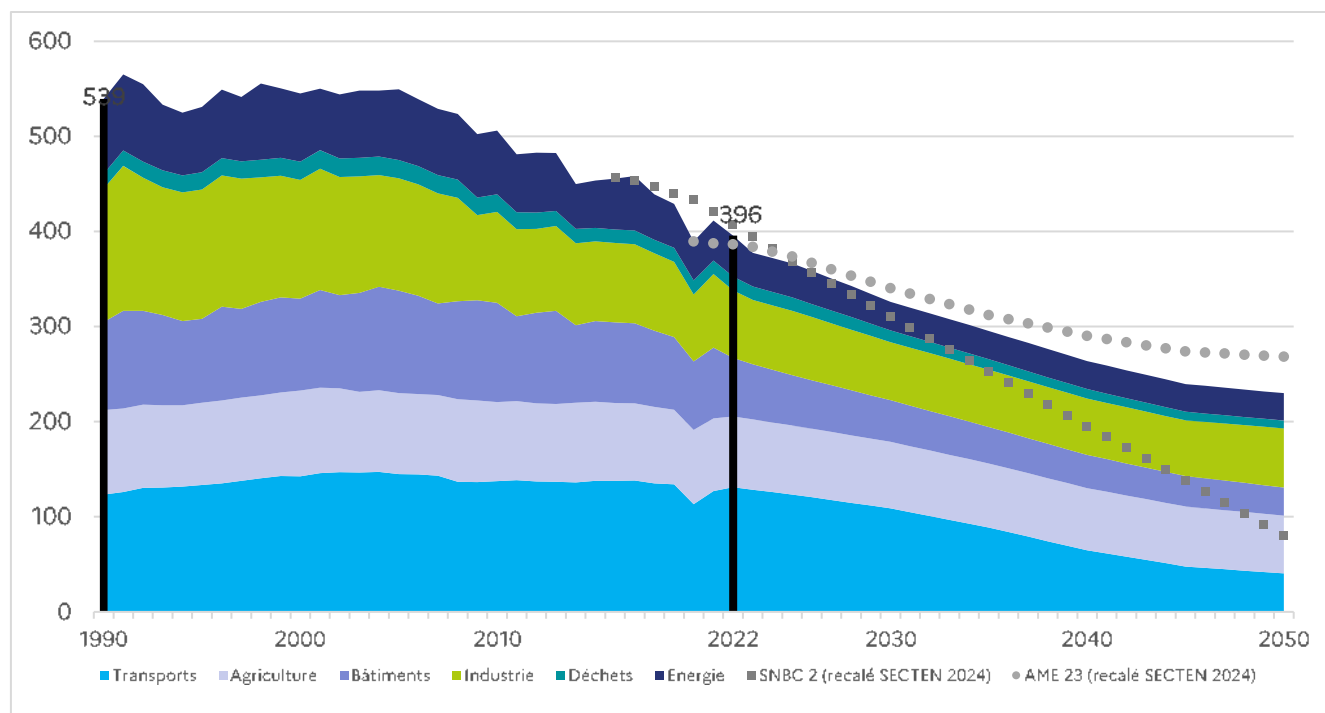


Figure 3. Emissions totales par secteurs (hors UTCATF, hors puits technologiques) historiques (1990-2022) et projetées (2023-2050) dans l'AME 2024 (MtCO₂e, périmètre Kyoto)

L'AME 2024 atteint 326 MtCO₂e en 2030, soit une réduction des émissions brutes (hors secteur UTCATF) de 39,5% comparé à 1990. Cela signifie que, dans un scénario théorique où aucune nouvelle mesure climatique ne serait adoptée après le 31 décembre 2023, les émissions continueraient de baisser jusqu'à -39,5 % en 2030 par rapport à 1990, sous l'effet des politiques et mesures déjà adoptées et de l'évolution de facteurs exogènes.

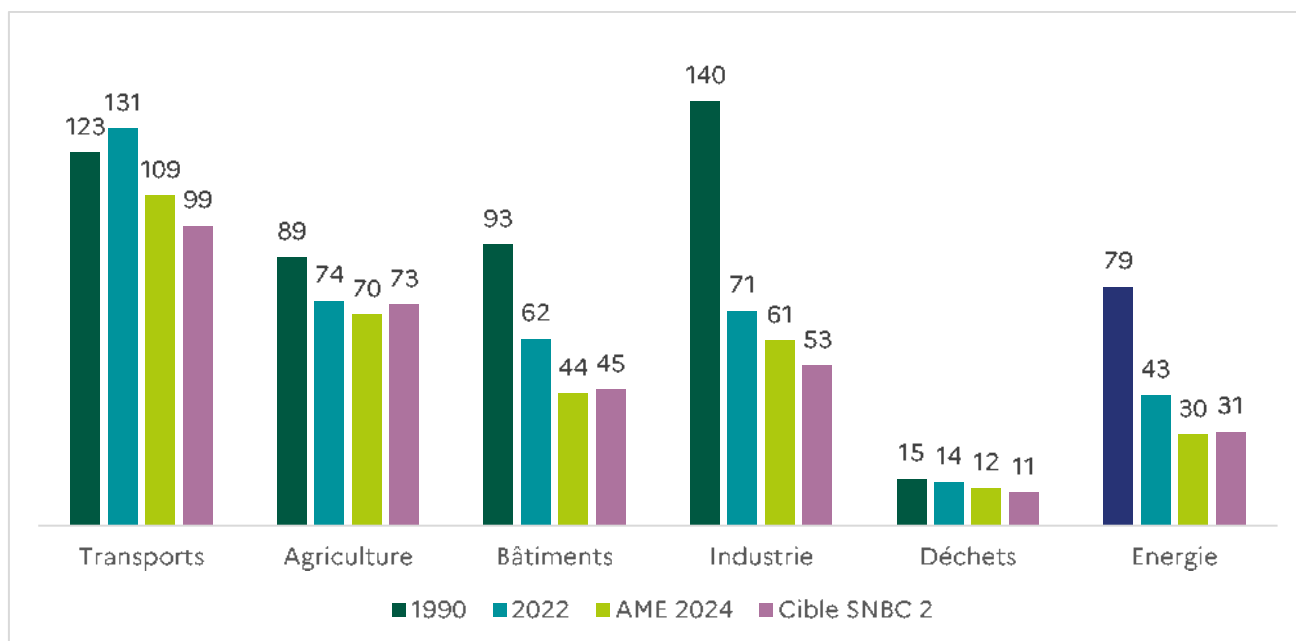


Figure 4. Répartition de l'effort par secteur. Emissions annuelles domestiques de GES réalisées en 1990 et 2022. Horizon 2030 : AME 2024 et SNBC 2 (MtCO₂e, périmètre Kyoto)

L'ensemble des secteurs baisse ses émissions dans le scénario AME 2024 entre aujourd'hui et 2030.

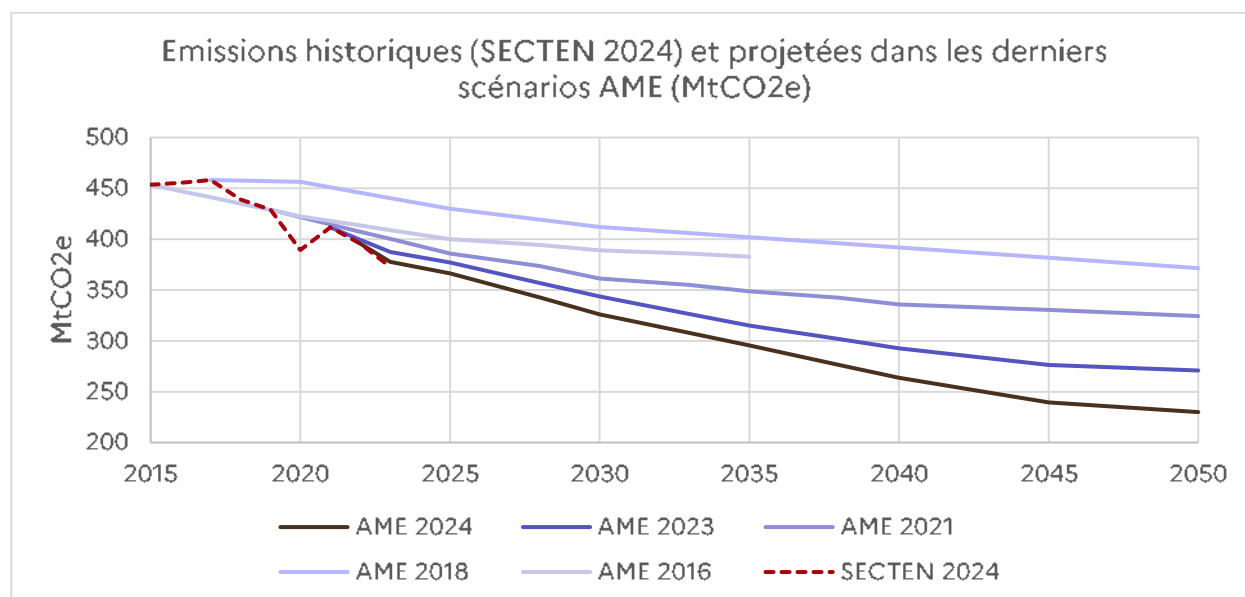


Figure 5. Emissions historiques et projetées en AME (MtCO₂e). Les projections des précédents AME sont rebasées sur les données du dernier inventaire SECTEN.

La baisse des émissions brutes dans l'AME 2024 est légèrement plus importante que dans l'AME 2023 qui atteignait -37 % d'émissions brutes en 2030 par rapport à 1990. Elle permet d'atteindre un niveau très proche de l'objectif de -40% brut (hors UTCATF) en 2030 (objectif actuel fixé dans la loi au L100-4 du code de l'énergie, sans prise en compte du rehaussement de l'ambition acté au niveau européen dans la future SNBC 3). Enfin, c'est 17 MtCO₂e au-dessus de l'objectif de la SNBC 2 (ajusté à l'inventaire 2024) qui atteignait -42 % d'émissions brutes par rapport à 1990 et 56 MtCO₂e au-dessus de l'objectif futur de 270 MtCO₂e de la SNBC 3 correspondant à une réduction de 50% des émissions brutes par rapport à 1990.

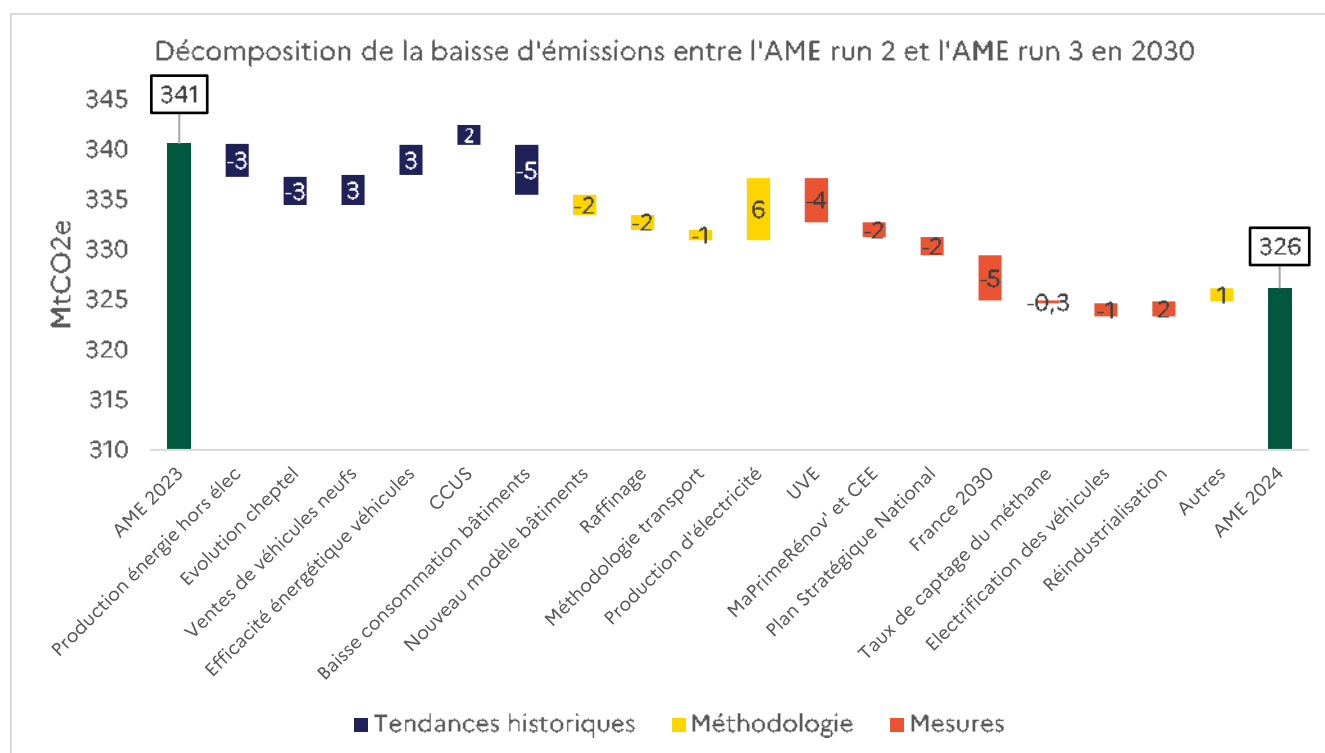


Figure 6. Décomposition de la baisse d'émissions entre l'AME 2023 et l'AME 2024 en 2030. Les projections de l'AME 2023 sont rebasées sur le dernier inventaire SECTEN.

Le graphique ci-dessus montre la décomposition de l'évolution des émissions en 2030 entre l'AME 2023 et l'AME 2024, en répartissant les évolutions en trois catégories détaillées en section IV : celles issues de l'actualisation d'hypothèses sur la base de nouvelles données ou tendances historiques, celles issues de changements méthodologiques, et celles issues de la prise en compte des nouvelles politiques et mesures. Les barres représentent l'effet de chacune des modifications entre l'AME 2023 et l'AME 2024 détaillées dans le tableau de la section IV. Ainsi, ce graphique montre que les politiques et mesures prises depuis l'AME 2023 (entre le 1^{er} janvier 2022 et le 31 décembre 2023) expliquent la majorité de la baisse d'émissions en 2030 entre l'AME 2023 et l'AME 2024. La modification de la méthodologie a un impact limité sur l'explication de la réduction des émissions en 2030, les modifications dans le secteur des bâtiments étant environ compensée par d'autres dans le secteur de l'énergie. De même, la prise en compte des dernières données historiques n'a qu'un effet léger à la hausse pour les émissions.

A l'horizon 2050, les émissions hors UTCATF sont de 230 MtCO₂e, loin donc de l'objectif de division par au moins six des émissions à cet horizon fixé à l'article L100-4 du code de l'énergie (soit un maximum de 90 MtCO₂e). Cet écart avec l'objectif de long terme est principalement dû à deux raisons :

- d'une part, les mesures existantes influent principalement sur les trajectoires de très court terme. Il n'est pas étonnant que toutes les mesures pour atteindre les objectifs de moyen et long terme n'aient pas encore été prises aujourd'hui, de nouvelles politiques et mesures seront adoptées dans les prochaines décennies pour accentuer la trajectoire de baisses d'émissions ;
- d'autre part, l'estimation des effets des mesures est plus incertain à long terme. Comme évoqué dans la partie « incertitudes », le choix est fait dans l'AME d'estimer les effets des politiques publiques de façon conservatrice, et ce d'autant plus en cas de fortes incertitudes, afin de montrer une trajectoire future prudente.

Au total, les émissions nettes (avec UTCATF) sont de 226 MtCO₂e en 2050, soit une réduction de 57 % par rapport aux émissions de 1990. Les transformations structurelles pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 nécessitent des mesures supplémentaires à celles déjà adoptées

2) CONSOMMATION D'ÉNERGIE

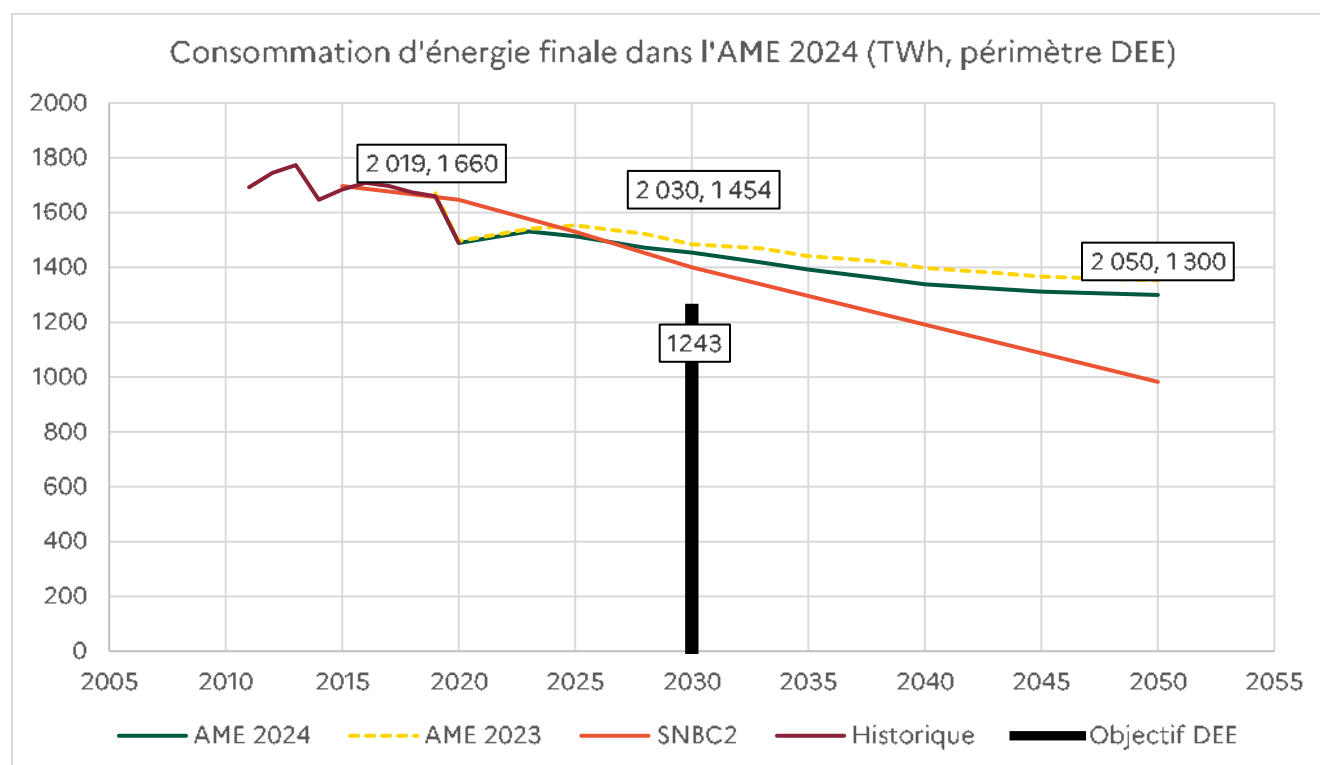


Figure 7. Consommation d'énergie finale dans l'AME 2024 (TWh, périmètre DEE). Le périmètre de cette directive couvre les consommations finales à usages énergétiques (exclut les consommations à usages non-énergétiques) ainsi que les soutes aériennes, mais exclut les soutes maritimes et l'énergie ambiante (chaleur dans l'environnement pour les pompes à chaleur).

Concernant la consommation d'énergie finale, le scénario montre que les mesures existantes entraînent déjà une baisse de 16% au périmètre de la Directive sur l'Efficacité Énergétique (DEE) par rapport à 2012, pour un objectif de 1243 TWh (baisse d'environ 30% par rapport à 2012). Cette consommation atteint 1300 TWh en 2050 avec les mesures existantes.

B. Résultats sectoriels

1) INDUSTRIE

En 2022, les **émissions de l'industrie** s'élevaient à 71 MtCO₂e, soit environ 18 % des émissions nationales. Trois secteurs représentent 72 % des émissions de l'industrie : la métallurgie (16 MtCO₂e), la chimie (17 MtCO₂e) les minéraux non-métalliques et les matériaux de construction (19 MtCO₂e) (Citepa, Secten 2024). Par ailleurs, les 50 sites industriels les plus émetteurs sont responsables de 55 % des émissions du secteur.

Réduire les émissions de l'industrie nécessite une transformation en profondeur de ce secteur via la mobilisation de différents leviers, dont l'efficacité énergétique, le passage d'énergies fossiles à des énergies bas-carbone (électricité bas-carbone, hydrogène décarboné, biomasse/biogaz, déchets), la décarbonation des procédés de production (électrification, remplacement du carbone par de l'hydrogène dans les réactions chimiques, abattement de gaz fluorés ou de protoxyde d'azote), le captage, l'utilisation et le stockage du carbone, ainsi que l'utilisation efficace des ressources et la sobriété (augmentation du recyclage, réduction du taux de clinker, moindre consommation de plastique, etc.).

Mesures considérées dans la modélisation :

L'ensemble des mesures de l'AME 2023 sont considérées dans l'AME 2024, avec quelques modifications dans la prise en compte. De nouvelles mesures sont également intégrées, à l'exemple des dynamiques lancées dans le cadre des feuilles de route des 50 sites industriels les plus émetteurs ayant abouti à la signature de contrats de transition écologique, mais également les appels à projets de France 2030 pour la décarbonation de l'industrie, les objectifs de la loi industrie verte et la prise en compte de la 6^{ème} période CEE. Les différentes politiques publiques et mesures prises en compte dans les AME 2023 et 2024 sont recensées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2: Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Industrie

	AME 2023	AME 2024	Traduction dans la modélisation (Indirecte = non intégré directement dans les modèles, mais soutient la fixation de certaines hypothèses)
Marché carbone	Annonce du paquet « fit for 55 » et son impact sur la trajectoire des quotas ETS gratuits à court terme, baisse du plafond d'émissions		Indirecte
CEE	Mise en place de la 5e période des CEE	Mise en place de la 6^{ème} période des CEE	Indirecte
Fonds chaleur	Prolongation du Fonds chaleur jusqu'à fin 2024 (en accord avec le Projet de Loi de Finances pour 2024)		Indirecte
H2	1 ère édition de la Stratégie Nationale H2 (visant en particulier la décarbonation des usages existants de l'H2 et la décarbonation de l'industrie)		Indirecte
Loi AGECE	Loi AGECE, notamment via le développement de nouvelles filières REP		Directe (plastique)
BEGES	Mise à jour du décret sur les bilans de GES des entreprises, avec une extension au scope3		Indirecte
Conditionnalité des aides publiques	Obligation de produire une trajectoire de décarbonation pour les entreprises aidées par l'APE à partir de 2020 (art. 66 de la LRF3 de 2020)		Indirecte
Feuilles de route	Prise en compte des feuilles de routes industrielles produites par les CSF, en particulier de leur dimension CCUS	Comme en AME 2023 + Feuilles de route des 50 sites les plus émetteurs, en particulier pour les volumes captables de CO2 en 2050	Directe (CCUS)

Appels à projets	Appels à projets de France Relance (1,2 Md€ sur 2021-2022) sur le verdissement de l'industrie : décarbonation, efficacité énergétique, et BCIAT.	Appels à projets de France 2030 pour la décarbonation de l'industrie, en particulier IZF Decarb Ind et IZF Decarb Flash	Directe (sidérurgie, efficacité énergétique, mix énergétiques)
Réindustrialisation	-	Loi industrie verte	Directe (balances commerciales)

Résultats GES :

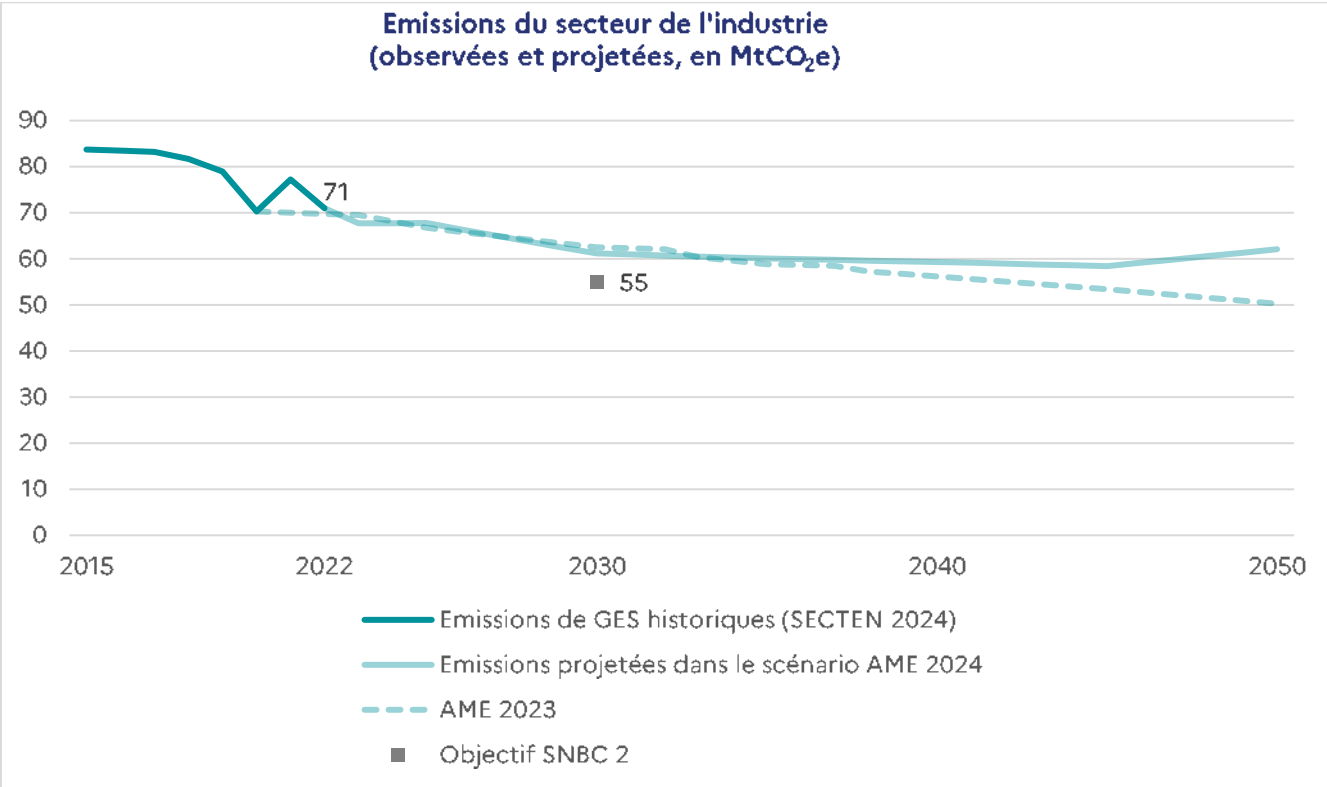


Figure 8. Evolution des émissions du secteur de l'industrie manufacturière et de la construction en Mt CO₂e (source : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, CITEPA, Secten 2024 ; modélisations DGEC)

Dans le scénario AME 2024, les émissions de l'industrie baissent de 14% de 2022 à 2030 pour atteindre 61MtCO₂e. 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 aux débuts de la capture technologique. 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).

Par rapport à l'AME 2023, l'AME 2024 émet 1,4 MtCO₂e de moins en 2030 et 11,8 MtCO₂e de plus en 2050.

En 2030, les évolutions les plus marquantes par rapport à l'AME 2023 sont la forte baisse des émissions de la métallurgie (-1,7 MtCO₂e) grâce au lancement d'unités de production d'acier

décarboné (DRI), la hausse des émissions de la chimie (+1,0 Mt CO₂e) due à la hausse de production d'hydrogène pour les carburants de synthèse, dont 50% à base fossile et la baisse des émissions de l'agroalimentaire (-0,7 Mt CO₂e).

Il est également possible d'analyser cette baisse des émissions par rapport à l'AME 2023 en ciblant l'impact des politiques et mesures supplémentaires mises en place de janvier 2022 à fin décembre 2023 :

- La majeure partie de la baisse d'émissions par rapport à l'AME 2023 s'explique par la prise en compte des appels à projets de France 2030 dans cet AME 2024, que ce soit par la décarbonation des mix énergétiques, par une efficacité énergétique accrue ou par des changements de procédés (exemple de la réduction directe du minerai de fer). La baisse annuelle dans l'AME 2024 relative aux appels à projets de France 2030 est cohérente en ordre de grandeur avec la baisse annuelle attendue par le Rapport du Comité de surveillance des investissements d'avenir de 4 Mt des émissions⁴.
- Un autre effet conséquent est la baisse du volume capté de CO₂ projeté dans l'AME 2024 par rapport à l'AME 2023 (1,4 MtCO₂ capté en AME 2024 à comparer à 3,2 MtCO₂ capté en AME 2023), en raison d'un changement méthodologique dans le choix des projets retenus (exclusion à horizon 2030 des projets non retenus dans les scénarios « tendanciels » des feuilles de route).
- Suite à la loi du 23 octobre 2023 relative à l'industrie verte, les niveaux de production ont été augmentés, traduisant la politique de réindustrialisation.

⁴ Rapport du Comité de surveillance des investissements d'avenir, rendu le 30 juin 2023 : https://www.info.gouv.fr/upload/media/organization/0001/01/sites_default/files_contenu_piec_e-jointe_2023_06_rapport_devaluation_csia_france_2030_vf_-_publique.pdf

2) TRANSPORTS

Les transports constituent le premier secteur émetteur de gaz à effet de serre (GES) en France : ses émissions se sont élevées à 131 Mt CO₂e en 2022, soit environ 33 % des émissions nationales, un niveau relativement stable depuis 2009.

Ses deux grands sous-secteurs sont le transport de voyageurs, où les émissions de GES liées aux voitures particulières sont de 69 Mt CO₂e en 2022 et le transport de marchandises, où les émissions de GES liées aux poids lourds représentent 31 Mt CO₂e en 2022 (Citepa, Secten 2024).

Réduire les émissions du secteur des transports nécessite d'agir sur l'ensemble des leviers : maîtrise de la demande, report modal, augmentation du taux d'occupation pour le transport de voyageurs (ou taux de chargement des véhicules pour le transport de marchandises), amélioration de la performance énergétique des moyens de transport, progression de la part de véhicules électriques produits en France et électrification des moyens de transport/utilisation d'énergies décarbonées telles les biocarburants.

Les modélisations du secteur transport reposent sur plusieurs modèles. Les trafics terrestres sont modélisés à l'aide du modèle multimodal de déplacements MODEV du Commissariat général au développement durable (CGDD). Pour la demande de transports de marchandises, le modèle de demande de la DGITM est utilisé. Les trafics aériens sont modélisés à l'aide du modèle de trafic de la Direction générale de l'aviation civile (DGAC). L'électrification des parts de marché des différentes énergies des véhicules sont déterminées en fonction des règlements européens sur les véhicules puis traduites dans le mix du parc roulant à l'aide du modèle de parcs de véhicules de la DGE.

Nouvelles mesures intégrées à l'AME 2024 : L'AME 2024 intègre plusieurs nouvelles mesures importantes. En particulier, l'AME 2024 intègre les nouveaux règlements européens sur les véhicules qui renforcent les obligations de réduction des émissions des véhicules neufs à horizon 2030 et imposent la fin de vente des voitures et véhicules utilitaires légers thermiques en 2035, ainsi que les règlements Refuel Aviation et Fuel EU Maritime qui imposent des trajectoires d'incorporation de carburants durables. Ces règlements actés dans le cadre du paquet Fit for 55 ont un très fort impact sur la décarbonation du secteur des transports post-2030. A horizon 2030, l'impact est plus limité. Le plan covoiturage adopté en 2022 est également intégré, et mène à une augmentation du taux d'occupation des véhicules par rapport à l'AME 2023.

Mesures non intégrées et ajustements par rapport au précédent AME : Au niveau européen, les règlements non encore actés au 31 décembre (règlement sur les poids lourds) ainsi que les directives non encore transposées en droit français (directives relatives à l'ETS) n'ont pas été intégrées. Certaines mesures ont été intégrées de manière plus conservatrice que dans l'AME 2023. Par exemple, l'objectif de la loi climat-résilience d'avoir 5% maximum des véhicules particuliers neufs pouvant dépasser le seuil de 123 gCO₂/km en 2030 avait été pleinement intégré dans le précédent AME ; ici, étant donné les dernières données disponibles, sa prise en compte est partielle (la moitié de l'objectif est atteint). Concernant les immatriculations des voitures, le niveau des immatriculations jusqu'en 2030 a été abaissé par rapport au précédent AME, en lien avec la baisse constatée depuis 2020. Cette baisse des immatriculations se traduit par un renouvellement du parc moins rapide, et donc une moindre électrification du parc roulant.

Le tableau suivant récapitule les principales politiques et mesures intégrées à la modélisation.

Tableau 3: Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Transports

Mode	Mesure	AME 2023	AME 2024	Traduction modélisation (Indirecte = non intégré directement dans les modèles, mais soutient la fixation de certaines hypothèses)
VP	Règlement européen sur les véhicules imposant aux constructeurs des réductions d'émissions sur leurs véhicules neufs vendus sous peine d'amende	Ancien règlement de 2019 (réduction de -37,5% en 2030 par rapport à 2021)	Nouveau règlement de 2023 (-55% de réduction au lieu de -37,5% en 2030) et fin des véhicules thermiques en 2035	Directe
VP	Objectif de la loi climat-résilience : max 5% des véhicules neufs peuvent dépasser 123gCO2 WLTP en 2030	Pris en compte	Pris en compte de manière partielle : moitié de la trajectoire entre aujourd'hui et 2030	Directe
VP	Obligation d'incorporation de véhicules à faibles émissions lors du renouvellement des flottes d'entreprises	Vient en soutien de l'atteinte du règlement européen sur les véhicules	Vient en soutien de l'atteinte du règlement européen sur les véhicules	Indirecte
VUL	Règlement européen sur les véhicules	Ancien règlement de 2019 (objectif de réduction de -31% en 2030 vs 2021)	Nouveau règlement (objectif de réduction des émissions de 50% en 2030 et fin de vente des thermiques en 2035)	Directe
PL	Règlement européen sur les PL	Règlement de 2019	Règlement de 2019 (renforcement 2024 du règlement non intégré car non acté avant le 31/12/2023)	Directe
Biocarburants terrestres	TIRUERT	Taux d'incorporation stables post-2022	Taux de TIRUERT inscrits dans la loi de finance (jusqu'en 2025) puis stables	Directe
Demande voyageurs	Mesures en faveur du vélo	Plan vélo ; traduction à travers un X3 de la pratique du vélo	Plan vélo ; traduction à travers un X3 de la pratique du vélo	Directe
Demande voyageurs	Mesures en faveur du covoiturage	Taux d'occupation stable	Plan covoiturage ; prise en compte à travers une hausse du taux d'occupation des véhicules de +2%	Directe
Aviation	Règlement européen Refuel EU sur le développement de carburants durables dans l'aviation	non encore adoptée ; 1% de carburants durables dans le cadre de la feuille de route du secteur	Refuel EU pris intégralement en compte	Directe
Aviation	ETS1 pour l'aviation	ETS1 (antérieur au Fit55)	ETS1 (antérieur au Fit55); le renforcement de l'ETS1 n'est pas intégré dans le présent AME car n'a pas été encore transposé dans le droit français le 31/12/2023	Directe
Maritime	Fuel EU Maritime	non	intégré	Directe

Résultats GES :

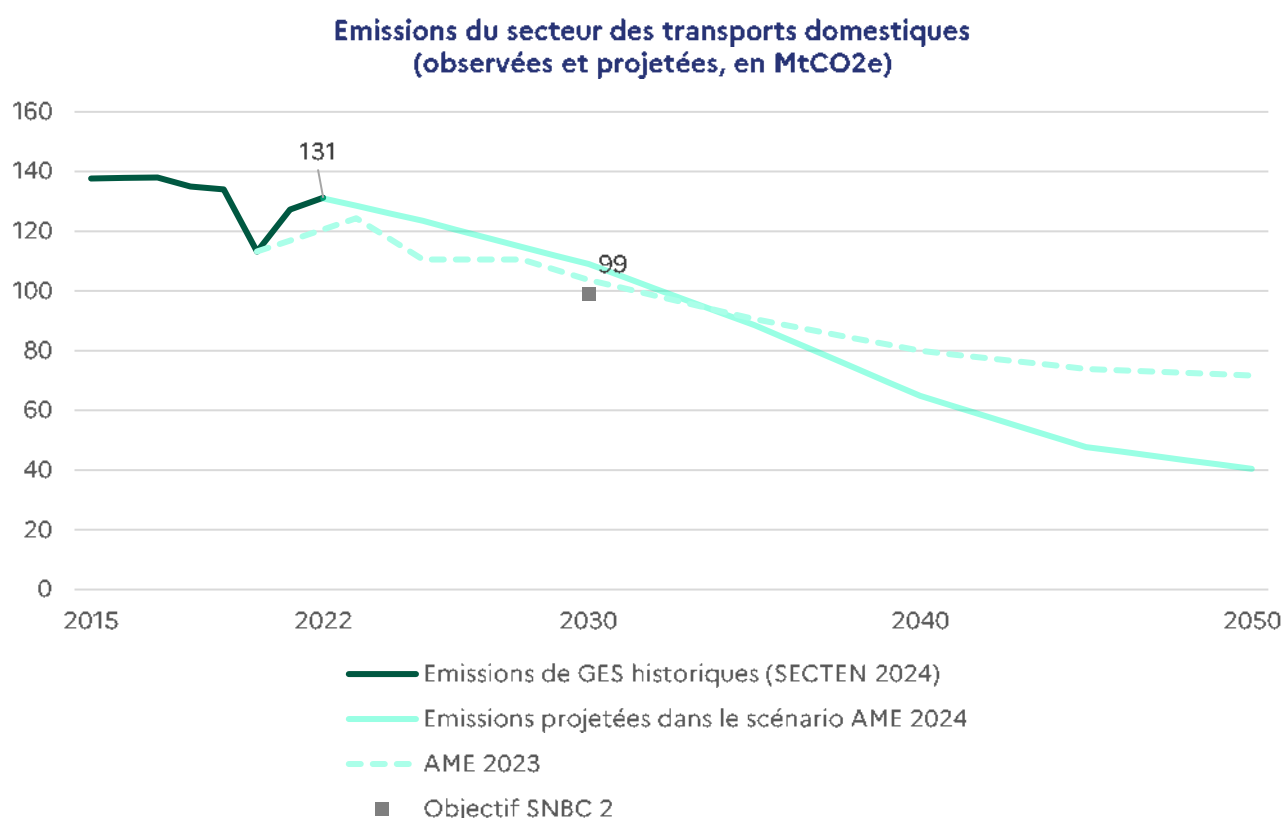


Figure 9. Evolution des émissions du secteur des transports domestiques en Mt CO₂e (source : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, CITEPA, Secten 2024 ; modélisations DGEC)

Les émissions de GES baissent de 17% en 2030 par rapport à 2022 en lien avec l'électrification du parc roulant, le renforcement du taux d'incorporation des biocarburants, la baisse des consommations énergétiques. En 2030, les émissions à horizon 2030 dépassent de 10 MtCO₂e l'objectif de la SNBC2 (109 MtCO₂e au lieu de 99 MtCO₂e).

Au-delà de 2030 les émissions de GES continuent de baisser en raison des délais de renouvellement du parc roulant et des règlements européens qui fixent des objectifs de long terme sur la baisse des émissions des véhicules neufs, la sortie des véhicules thermiques, les taux d'incorporation de carburants durables dans l'aérien pour atteindre 40 MtCO₂e en 2050.

Les émissions du secteur des transports dans l'AME2024 sont ainsi légèrement supérieures au précédent AME en 2030 : **109 MtCO₂e au lieu de 103MtCO₂e**. Cette légère hausse à l'horizon 2030 par rapport au précédent AME est principalement due au ralentissement de renouvellement du parc roulant (ce qui freine la pénétration des véhicules électriques et/ou moins émetteurs, et augmente les émissions d'environ 3 MtCO₂e/an en 2030) et aux hypothèses plus conservatrices sur l'efficacité énergétique des véhicules (qui jouent également pour environ 3 MtCO₂e/an en 2030). De 2030 à 2050, les émissions dans le cadre du présent AME baissent beaucoup plus rapidement que dans le précédent AME en lien avec les règlements européens renforcés sur les véhicules et l'aviation (Refuel EU). Les émissions à horizon 2050 sont ainsi de 40 MtCO₂e contre 72 MtCO₂e dans l'AME 2023.

3) BATIMENTS

Les **émissions du secteur des bâtiments** sont de 62 Mt CO₂ éq en 2022, ce qui représente 16 % des émissions brutes de la France (Citepa, Secten 2024). Ces **émissions ont entamé une décroissance à partir de la fin des années 2000**. Les **deux sous-secteurs** sont le **résidentiel**, c'est-à-dire les logements (y compris du parc social), responsables de 63 % des émissions du secteur, et le **tertiaire**, regroupant bureaux, surfaces commerciales ou institutionnelles détenus par des acteurs publics (notamment bâtiments de l'Etat et des collectivités locales) et privés, responsable d'environ 37 % des émissions. Dans la comptabilité Secten, seules les émissions directes sont comptabilisées dans ce secteur, les émissions liées à la production d'électricité étant comptées dans la production et transformation d'énergie, les émissions liées aux matériaux de construction dans l'industrie et celles liées à l'artificialisation des sols dans le puits. Ces émissions indirectes représentent environ la moitié des émissions directes.

Réduire plus rapidement les émissions directes du secteur des bâtiments suppose l'accélération de la dynamique de décarbonation des vecteurs de chauffage et une forte réduction de la consommation d'énergie (notamment par des rénovations performantes et de la sobriété), avec un enjeu de bouclage en électricité.

Les modélisations du secteur résidentiel reposent sur plusieurs modèles : le modèle Antonio de l'ADEME pour estimer l'évolution du parc de logements, le modèle Res-IRF pour modéliser les consommations de chauffage des ménages et un modèle développé par le DGEC pour les consommations hors chauffage. Les **modélisations du secteur tertiaire** reposent sur plusieurs modèles : un modèle développé par le DGEC pour l'estimation de l'évolution de la surface du parc tertiaire, le modèle Vivaldi de l'ADEME pour modéliser les consommations de chauffage des bâtiments tertiaires et un modèle développé par la DGEC pour les consommations hors chauffage (semblable au modèle pour le résidentiel). Les besoins en énergie pour la climatisation, pour le résidentiel et le tertiaire, sont estimés à partir du modèle MICO 3 de l'ADEME.

Nouvelles mesures : L'ensemble des mesures de l'AME 2023 sont considérées dans l'AME 2024, avec quelques modifications dans la prise en compte. Par exemple, les aides Ma Prime Rénov' sont prolongées jusqu'en 2027 dans l'AME 2024, en cohérence avec la loi de programme des finances publiques adoptée fin 2023. Dans l'AME 2023, elles n'étaient prolongées que jusqu'à fin 2022 en cohérence avec le projet de loi finance de l'année 2022. La 6^{ème} période de CEE est considérée dans l'AME 2024 alors que l'AME 2023 s'arrête à la 5^{ème} période. Les hypothèses de respect du décret tertiaire ont également été revues à la baisse pour prendre en compte les dernières données disponibles. L'ensemble des modifications entre l'AME 2023 et l'AME 2024 sont présentées dans les parties Résidentiel et Tertiaire dans un tableau comparatif.

Les tableaux suivants montrent les mesures considérées dans la modélisation des secteurs résidentiel et tertiaire :

Tableau 4: Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Résidentiel

		AME 2023	AME 2024	Traduction dans la modélisation
Neuf	Normes de performance	RE2020 (version actuelle) appliquée jusqu'en 2050	RE2020 (version actuelle) appliquée jusqu'en 2050	Directe

Existant	CEE	8€/MWhCumac jusqu'à la fin de la 5 ^{ème} période (31/12/2025)	7,5€/MWhCumac jusqu'à la fin de la 5 ^{ème} période (fin 2025). Prise en compte de la 6 ^{ème} période (2026-2030) avec les mêmes fiches CEE que la 5 ^{ème} période.	Directe
	Fonds chaleur	Prolongement jusqu'à 2022 puis fin (350M€ 2021, 370M€ 2022) soit 41 klgs raccordés en 2021, 43 klgt en 2022	Prolongement jusqu'à fin 2024 puis fin (520M€ en 2023, 850M€ en 2024) soit 45klgts raccordés en 2024, puis 15klgts en 2025 (coupe de pouce CEE et classement automatique des réseaux) puis 4,5klgts de 2026 à 2035 (classement automatique des réseaux uniquement), puis 0	Directe
	Loi climat et résilience, objectif de suppression des passoires	Rénovation de l'ensemble des passoires thermiques du parc locatif en 2028 au niveau D (1/2) ou E (1/2), puis des logements de catégorie E d'ici 2034 au niveau D	Rénovation de l'ensemble des passoires thermiques du parc locatif en 2028 au niveau minimal D, puis des logements de catégorie E d'ici 2034 au niveau minimal D (première classe DPE non soumise à une obligation de décence), avec un taux de respect de 70%, 1 an d'anticipation et 4 ans de retard	Directe
	TVA réduite à 5,5%	TVA réduite à 5,5% contre 10% pour les autres travaux de bâtiments. Supposée maintenue jusqu'en 2050.	Idem AME2023	Directe
	Ma Prime Rénov'	MPR prolongé à son niveau actuel jusqu'à 2022	Refonte de MPR en 2024 ⁵ et prolongation jusqu'à 2027	Directe
	Aides Anah sérénité	Prolongation jusqu'à 2022		
	Eco-PTZ	Prolongation jusqu'à 2022	Prolongation jusqu'à 2027	Directe
	EcoPLS	Prolongation jusqu'à 2022	Prolongation jusqu'à 2027	Directe
	décret individualisation frais chauffage	Pas pris en compte	Pas pris en compte	-
	Fin du fioul	Fin de vente de nouveaux systèmes fioul en 2022	Fin de vente de nouveaux systèmes fioul en 2022 et une dynamique de traitement du stock grâce aux aides MPR	Directe

Tableau 5: Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Tertiaire

	AME 2023	AME 2024	Traduction dans la modélisation (Indirecte = non intégré directement dans les modèles, mais soutient la fixation de certaines hypothèses)
--	----------	----------	--

⁵ <https://www.anah.gouv.fr/anatheque/le-guide-des-aides-financieres-2024>

Neuf	Normes de performance	RE2020 (version actuelle) appliquée jusqu'en 2050	RE2020 (version actuelle) appliquée jusqu'en 2050	Plus ou moins directe
Existant	CEE	8€/MWhCumac jusqu'à la fin de la 5 ^{ème} période (31/12/2025)	7,5€/MWhCumac jusqu'à la fin de la 5 ^{ème} période (fin 2025). Prise en compte de la 6 ^{ème} période (2026-2030) avec les mêmes fiches CEE que la 5 ^{ème} période.	Indirecte
	Fonds chaleur	Prolongement jusqu'à 2022 puis fin (350M€ 2021, 370M€ 2022)	Prolongement jusqu'à fin 2024 puis fin (520M€ en 2023, 850M€ en 2024). Alignement sur la trajectoire résidentielle	Indirecte
	Décret tertiaire	Uniquement la moitié des surfaces assujetties au décret tertiaire respecte la trajectoire en valeur relative. Sur les 50% restant, une partie va respecter les objectifs en valeurs absolues qui sont moins ambitieuses	Uniquement 48% des surfaces assujetties au décret tertiaire respecte les obligations, que ce soit en valeur absolue (VA) ou relative (VR). Une répartition est faite entre les bâtiments qui atteignent déjà les VA, ceux qui vont atteindre les VR et ceux qui vont atteindre les VA.	Directe
	Fin du fioul	Fin de vente de nouveaux systèmes fioul en 2022	Fin de vente de nouveaux systèmes fioul en 2022	Indirecte

Les résultats GES :

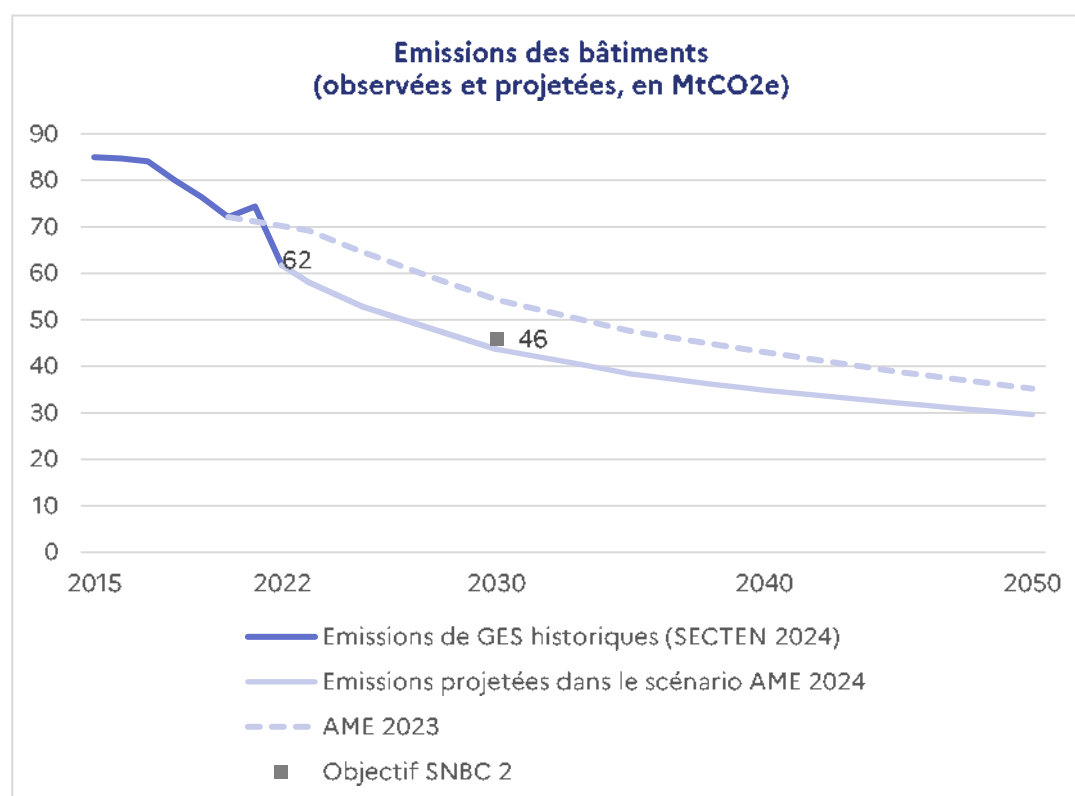


Figure 10. Evolution des émissions du secteur des bâtiments en Mt CO₂e (source : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, CITEPA, Secten 2024 ; modélisations DGEC)

Les émissions du secteur bâtiments atteignent **44 MtCO₂e** en 2030, soit -29% par rapport à 2022. L'AME 24 atteint l'objectif fixé dans la SNBC 2 de 46 MtCO₂e. Les émissions continuent de diminuer après 2030 :

- Pour le résidentiel, sous l'effet des obligations de rénovation (rénovation des logements avec un DPE E en 2034 (21% du parc des logements en 2023 d'après le SDES⁶). Les systèmes de chauffage continuent de se décarboner : alors qu'il restait 1 M 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%).
- Pour le tertiaire, sous l'effet du décret tertiaire (respect des valeurs relatives de -50% en 2040 et -60% en 2050 ou des valeurs absolues).

Le point de passage en 2050 est **30 MtCO₂e**, soit -52% par rapport à 2022.

Les émissions du scénario AME 2024 dans le secteur des bâtiments sont bien en-dessous de celles du scénario AME 2023, et suivent globalement la même tendance. En 2030, l'AME 2024 prévoit **10 MtCO₂e** en moins que dans l'AME 2023 pour le secteur bâtiment ce qui fait qu'il atteint la cible fixée par la SNBC 2 pour ce secteur (44 MtCO₂e pour une cible fixée à 46 MtCO₂e) ; en 2050, l'écart est de **4 MtCO₂e** entre l'AME 2023 et l'AME 2024.

Ces écarts s'expliquent par :

- L'intégration de nouvelles mesures, notamment le prolongement des aides à la rénovation énergétiques « MaPrimeRenov' » et la 6^{ème} période des CEE
- Le changement de l'année de référence : l'année de référence de l'AME 2024 est 2022, année record pour le secteur des bâtiments avec une baisse significative de la consommation énergétique et des émissions (-12,6 MtCO₂e en 2022 par rapport à 2021, Secten 2024). Cette baisse s'explique par un hiver doux en 2022 (baisse des consommations de chauffage), par la mise en place d'un plan sobriété dans le tertiaire et le résidentiel (« Je baisse, j'éteins, je décale ») et par une crise des prix de l'énergie. Ainsi, bien qu'une baisse des émissions ait été modélisée dans l'AME 2023 (-1,3 MtCO₂e entre 2021 et 2022), celle-ci n'atteint pas la baisse d'émissions réelles (-12,6 MtCO₂e entre 2021 et 2022). L'AME 2024 ayant comme année de référence l'année 2022, cette baisse conséquente est bien prise en compte.
- Le changement des modèles et d'hypothèses dans le résidentiel et le tertiaire pour le chauffage : le reste des écarts s'expliquent par le changement de modèles et d'hypothèses entre l'AME 2023 et l'AME 2024 dans les deux sous-secteurs résidentiel et tertiaire. Des détails sont donnés dans les parties sectorielles ci-après.

⁶ SDES, Le parc de logements par classe de performance énergétique au 1er janvier 2023

4) AGRICULTURE

Les **émissions du secteur de l'agriculture** sont de 74 MtCO₂e en 2022, ce qui représente 19% des émissions brutes de la France, dont **59% des émissions liées à l'élevage, 26% liées aux cultures et 14% liées à la combustion dans les engins, moteurs et chaudières des secteurs** (Citepa, Secten 2024). En parallèle, le secteur peut séquestrer du carbone dans les sols (notamment les prairies permanentes) et des systèmes agroforestiers ou en déstocker, ce qui est comptabilisé dans le secteur UTCATF.

Les émissions du secteur sont en décline lente depuis le début des années 2000, sous l'effet conjugué de la baisse du cheptel et d'une baisse de la consommation d'engrais minéraux. Les émissions de l'agriculture sont pour la plupart inhérentes au processus même de production.

Le secteur agricole fait face à de nombreux défis dans le cadre de la transition écologique : assurer la souveraineté alimentaire du pays à long terme tout en s'adaptant au changement climatique et en diminuant les émissions de GES, faire des sols agricoles un puits net de carbone alors qu'ils sont aujourd'hui une source, préserver la biodiversité et l'eau et produire des énergies et matériaux biosourcés pour la décarbonation de l'économie française.

La transition écologique de l'agriculture est également liée à des **enjeux socio-économiques** tels que le renouvellement des agriculteurs et le maintien de leurs revenus.

La modélisation du secteur agricole dans le scénario AME se fait en deux étapes. Dans un premier temps, le modèle MOSUT de Solagro permet de faire le lien entre l'évolution des régimes alimentaires et les niveaux de production, ainsi que de vérifier la cohérence agronomique du système agricole modélisé à partir des hypothèses de calcul. Une modélisation des consommations énergétiques du secteur est également réalisée par MOSUT, puis transmise à Enerdata pour agrégation et recalage sur les données du SDES. Les données en sortie de MOSUT (cheptels, surfaces, quantités d'engrais...) ainsi que les consommations énergétiques obtenues par Enerdata ont ensuite été transmises au Citepa pour en estimer les émissions de GES associées.

En pratique, afin d'assurer la cohérence avec l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre publié par le Citepa, les données brutes fournies par Solagro n'ont pas été directement utilisées (périmètre des variables légèrement différent de celui de l'inventaire). Ce sont donc plutôt les évolutions issues de MOSUT 2020-2030 et 2030-2050 qui ont été reprises par le Citepa pour le calcul des baisses d'émissions au format de l'inventaire. Les données d'activité pour les années intermédiaires ont été interpolées linéairement. Les données concernant l'évolution de certaines pratiques de réduction (couvertures de fosse, matériels et délais d'incorporation post-épandage) ont été établies par le Citepa, en concertation avec les ministères en charge de l'agriculture et de l'écologie.

Nouvelles mesures : L'ensemble des mesures de l'AME 2023 sont intégrées dans l'AME 2024, avec quelques modifications dans la prise en compte. En particulier, le 7^{ème} plan d'action nitrates est considéré alors qu'il s'agissait du 6^{ème} plan dans l'AME 2023. De nouvelles mesures sont également retenues, à l'exemple du Plan Stratégique National 2023-2027 relevant de la Politique Agricole Commune. Celui-ci permet de rehausser l'ambition de transition écologique du secteur agricole, notamment du fait de l'éco régime et de la conditionnalité renforcée en matière d'environnement. On peut également citer les mesures financières déployées dans le cadre de la planification écologique pour l'année 2024, relatives à la plantation et la gestion durable des haies, à la réalisation de diagnostics climat, au soutien à l'agriculture biologique, au déploiement de projets territoriaux dans le cadre du fonds en faveur de la souveraineté et des transitions, au stockage et à l'épandage des effluents. Y figurent également la stratégie nationale biodiversité et le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) 2022-2025. Le plan gouvernemental renforcé de reconquête de notre souveraineté sur l'élevage a également été pris en compte. Celui-ci poursuit l'ambition de produire ce que nous consommons et de préserver cette

capacité pour les prochaines décennies en cohérence avec les évolutions de la consommation. Ce plan a été annoncé en octobre 2023, avec des mesures en vigueur dès 2024.

Les principales politiques et mesures considérées sont recensées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6: Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Agriculture

	AME 2023	AME 2024	Traduction dans la modélisation (Indirecte = non intégré directement dans les modèles, mais soutient la fixation de certaines hypothèses)
Mesures de la loi Climat Résilience	Option végétarienne dans la restauration collective, taxe sur les engrais azotés, etc.)	Idem AME 2023	Indirecte
Loi EGALIM	Action sur les prix, étiquetage des produits alimentaires, etc.	Idem AME 2023	Indirecte
Plan Ecophyto II+	Baisse de l’usage des pesticides	Idem AME 2023	Directe
Plan d’action nitrates	6 ^{ème} plan d’action	7 ^{ème} plan d’action	Directe
Stratégie protéines végétales	Favorisation des régimes alimentaires riches en protéines végétales	Idem AME 2023 + Doublement des surfaces de légumineuses cultivées	Directe
Appels à projets	France Relance	France 2030	Indirecte
Polluants atmosphériques		Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) 2022-2025	Directe
Politique Agricole Commune (PAC)	PAC 2015-2022	Plan Stratégique National 2023-2027	Directe (couverts, légumineuses, haies, bio, etc.)
Haies		Pacte en faveur de la haie + Stratégie Nationale Biodiversité	Directe
Planification écologique		Mesures et financements associés du Projet de Loi de Finances 2024	Indirecte
Elevage		Plan gouvernemental renforcé de reconquête de notre souveraineté sur l’élevage	Indirecte

Les résultats GES :

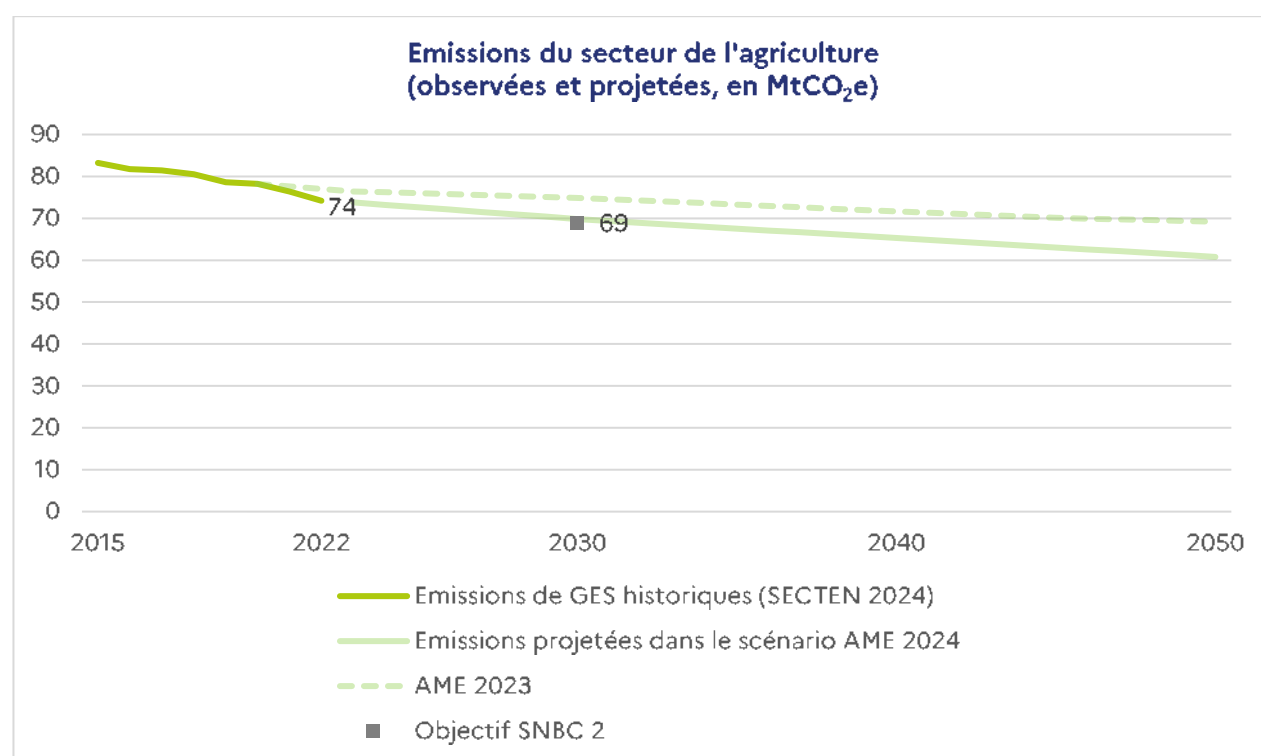


Figure 11. Evolution des émissions du secteur de l'agriculture en Mt CO₂e (source : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, CITEPA, Secten 2024 ; modélisations DGEC)

Dans le scénario AME 2024, les émissions baissent de 5,9% de 2022 à 2030 pour atteindre 70MtCO₂e. Au global, elles baissent de 2022 à 2050 de 18,1%, principalement sous l'effet de la poursuite (légèrement atténuée) de la baisse tendancielle des cheptels bovins et porcins, et dans une moindre mesure de la baisse de l'usage des engrais azotés.

En 2030, l'AME 2024 atteint 70 MtCO₂e, soit 5 MtCO₂e de moins que l'AME 2023 et 1 MtCO₂e de plus que l'objectif fixé dans la SNBC 2 :

- La majeure partie de la baisse des émissions peut s'expliquer par la baisse du cheptel plus prononcée en AME 2024 par rapport à l'AME 2023 (-12% de 2020 à 2030 en AME 2024), qui réduit significativement les émissions de la fermentation entérique. Cette baisse plus marquée provient d'un prolongement (légèrement atténué) de la baisse tendancielle observée ces dernières années (-1,9% par an en moyenne sur le cheptel bovin de 2016 à 2022, selon les chiffres définitifs de la Statistique Agricole Annuelle 2022⁷).
- Un autre effet est la légère baisse des émissions dues aux engrais et amendements minéraux (-0,7 MtCO₂e par rapport à l'AME 2023). Ceci s'explique par la hausse de l'agriculture biologique et l'augmentation des surfaces de légumineuses en cohérence avec le Plan

⁷ Statistique Agricole Annuelle 2022, chiffres définitifs de Décembre 2023 : https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/Chd2319/cd2023-19_SAA2022-D%C3%A9finitive.pdf

Stratégie National 2023-2027. On atteint ainsi 18% des grandes cultures en agriculture biologique en 2030 dans l'AME 2024.

En 2050, l'effet de la baisse du cheptel est majoritaire pour expliquer la baisse de l'AME 2023 à l'AME 2024. En effet, la taille du cheptel bovin baisse plus fortement dans l'AME 2024 pour prendre en compte les dernières tendances historiques observées. La baisse tendancielle est cependant atténuée du fait du plan gouvernemental renforcé de reconquête de notre souveraineté sur l'élevage, qui a pour objectif de réduire la tendance de hausse des importations et de préserver notre souveraineté alimentaire.

5) DECHETS

Le secteur des déchets a émis 14 Mt CO₂e en 2022, soit 3,6 % des émissions brutes de la France (Citepa, Secten 2024).

Ces émissions sont principalement liées au méthane issu de la dégradation des déchets fermentescibles dans les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND), ainsi qu'au méthane et au protoxyde d'azote issu du traitement des eaux usées. Dans une plus faible mesure, le traitement des déchets solides (compostage et méthanisation) ainsi que l'incinération sans récupération d'énergie (notamment des déchets dangereux) contribuent aux émissions du secteur. Les émissions liées au recyclage sont comptées dans l'industrie et celles liées à l'incinération avec valorisation énergétique sont comptées dans l'énergie (nomenclature Secten). Ces émissions sont comparables à celles de 1990, mais en décroissance depuis le milieu des années 2000.

La filière de transformation et de valorisation des déchets contribue par ailleurs à limiter l'empreinte carbone et matière de la France grâce au recyclage de matières premières.

Réduire les émissions du secteur des déchets nécessite d'agir sur la prévention de la production de déchets, la réorientation des déchets vers les filières de valorisation matière et énergétique et le captage du méthane dans les lieux de stockage.

Les modélisations du secteur déchets reposent sur un modèle exploité par le Citepa. Les émissions de gaz à effet de serre du secteur sont estimées sur la base des Lignes Directrices du GIEC⁸ pour les inventaires nationaux⁹. Les données d'activités utilisées dans les modèles de calcul proviennent en partie de données nationales collectées à l'échelle nationale (ADEME pour une part importante) et en partie de données disponibles dans des rapports, bases de données et guides internationaux (GIEC, EEA, documents de recherches, etc.)¹⁰.

Mesures considérées dans la modélisation : L'AME 2024, tout comme l'AME 2023, prend en compte la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (loi AGEC) adoptée le 10 février 2020. Elle couvre plusieurs volets déclinés en cinq axes comprenant la sortie du plastique jetable, la lutte contre le gaspillage ou contre l'obsolescence programmée ainsi que sur une meilleure information du consommateur et une production plus vertueuse.

Les principales mesures contenues dans la loi et reprises dans le scénario AME sont :

- La fin de la mise sur le marché des emballages en plastique à usage unique d'ici 2040, avec des objectifs à diverses échéances temporelles comme la réduction de 20% et l'atteinte de 100% de recyclage pour les emballages plastiques à usage unique d'ici 2025.
- La réduction de 50% du nombre de bouteilles en plastique à usage unique d'ici 2030.
- Une part d'emballages réemployés de 10% sur le marché en 2027
- Des mesures de sensibilisation (garantie légale de conformité, d'empreinte téléphonique, ...)
- La réduction du gaspillage alimentaire de 50% d'ici 2030 par rapport à 2015 pour les entreprises productrices et la restauration commerciale.
- La valorisation des biodéchets par les collectivités
- La création d'un fonds réemploi et réparation (filère textile et chaussures en 2023, jouets en 2022...)

⁸ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

⁹ Lignes Directrices du GIEC de 2006 et son raffinement de 2019
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>

¹⁰ Le Citepa rapporte chaque année ces résultats et méthodologies de façon la plus transparente possible au travers de rapports disponibles en ligne : <https://www.citepa.org/fr/publications/>

- La mise en place de l'économie circulaire dans la commande publique (20 à 100% selon le type de produits)
- La facilité de réparation et de la délivrance de pièces par les producteurs
- La création de nouvelles filières pollueurs-payeurs (voitures, jouets...)

Ces mesures ont été prises en compte autant que possible par leur impact direct sur le volume de déchets, par leur incitation à l'économie circulaire. Elles ont été mises en perspective avec l'évolution démographique. La démarche retenue a été de modéliser globalement l'impact de la loi sur les volumes de déchets. En effet, la réduction d'émission est principalement causée par la réduction de la quantité de déchets.

L'AME 24 est semblable à l'AME 23, à cela près que les hypothèses de captage de méthane dans les ISDND ont été revues à la hausse historiquement (nouvelle méthodologie du Citepa) et les projections à la baisse après discussions avec les services. En parallèle, l'AME 23 utilisait comme base de travail une édition de l'inventaire national (édition 2022) qui a depuis été révisée. L'AME 24 est basé sur la dernière édition de l'inventaire (édition 2024).

Tableau 7: Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Déchets

	AME 2023	AME 2024	Traduction dans la modélisation
Hypothèses de tonnage	Augmentation tendancielle de tonnage, réduction du tonnage liée à la loi AGEC, réorientation entre les filières de traitement des déchets	Idem	Directe
Taux de captage du méthane en ISDND	2020 : 47% 2030 : 85% 2040 : 85% 2050 : 85%	2020 : 50% 2030 : 56% 2040 : 63% 2050 : 70%	Directe
Taux de valorisation du biogaz capté	2020 : 77% 2030 : 85% 2040 : 85% 2050 : 85%	2020 : 83% 2030 : 85% 2040 : 85% 2050 : 85%	Directe
Part de la population raccordée à une STEP	2020 : 81,5% 2030 : 81,5% 2040 : 81,5% 2050 : 81,5%	Idem	Directe
Part de la population raccordée à un traitement autonome	2020 : 17,6% 2030 : 18,5% 2040 : 18,5% 2050 : 18,5%	Idem	Directe
Part de la population sans traitement des eaux	2020 : 1.0% 2030 : 0,0% 2040 : 0,0% 2050 : 0,0%	Idem	Directe

Les résultats GES :

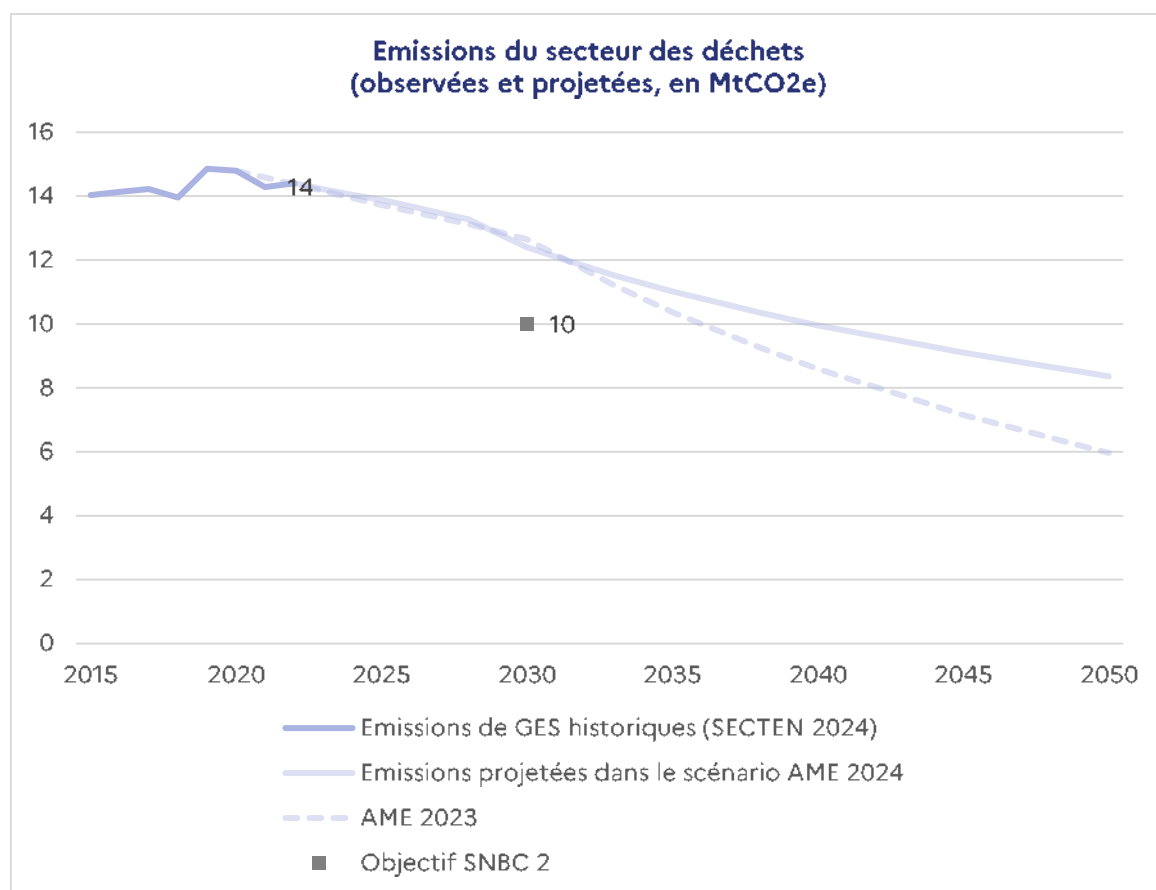


Figure 12 : Evolution des émissions du secteur des déchets en Mt CO₂e (source : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, CITEPA, Secten 2024 ; modélisations DGEC)

Les émissions du secteur déchet atteignent **12 MtCO₂e** en 2030, soit -14% par rapport à 2022. L'AME 24 n'atteint pas l'objectif fixé dans la SNBC 2 de 10 MtCO₂e. Les émissions continuent de diminuer après 2030 pour atteindre **8 MtCO₂e**, soit -42% en 2050 par rapport à 2022. Cette baisse d'émissions est principalement due à la baisse des émissions de méthane en installations de stockage.

Par rapport au précédent AME, les émissions de l'AME 24 diminuent moins à long terme (8,4 MtCO₂eq en 2050 dans l'AME 24 contre 6,0 MtCO₂eq en 2050 dans l'AME 23, Secten 2024). Cette différence s'explique par deux facteurs : une baisse des émissions de méthane en installations de stockage en raison d'un changement méthodologique (nouvelle hypothèse relative à la composition des déchets), surcompensée par une hausse des émissions de méthane en raison de la prise d'une hypothèse de taux de captage de méthane jugée plus réaliste (à la baisse par rapport à l'AME 23).

6) ENERGIE

Le **secteur de la production et de la transformation d'énergie** a émis 43 Mt CO₂e en 2022, soit 11 % des émissions brutes de la France. Ces **émissions sont en décroissance depuis les années 1990**, notamment sous l'effet de la décarbonation de notre système électrique. Les émissions de l'énergie sont réparties entre la production d'électricité (51 %), le chauffage urbain (9 %), le raffinage du pétrole (16 %), la valorisation énergétique des déchets (17 %), ainsi que d'autres transformations et pertes (8 %) (Citepa, Secten 2024). 70 % des émissions du secteur sont couvertes par le marché carbone européen (SEQE-UE).

Remarque : ce secteur couvre la production et la transformation d'énergie, et non son utilisation finale pas les autres secteurs. Tous secteurs confondus, *l'utilisation d'énergie* est la principale source d'émissions de gaz à effet de serre en France (environ 70% des émissions totales hors UTCATF en 2021¹¹).

La décarbonation du secteur se pense à la fois au niveau de la production d'électricité et de la production de chaleur, mais également du raffinage, et de la réponse à la demande croissante d'énergie décarbonée. De plus, les émissions fugitives de combustibles (fuites de méthane) ont vocation à être réduites.

Les hypothèses relatives à la production d'énergie sont issues de ces politiques et mesures existantes et construites différemment d'un poste à l'autre :

- En ce qui concerne l'électricité, les hypothèses sont construites par la Direction de l'énergie en fonction des dynamiques actuelles et du cadre législatif en vigueur. Par rapport à l'AME 2023, l'AME 2024 prend notamment en compte l'adoption en 2023 de la loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables (loi APER).
- En ce qui concerne la chaleur, la production est calculée par Enerdata sur la base de la demande issue des consommations sectorielles (industrie et bâtiments principalement), ainsi que des hypothèses relatives aux mix, aux imports/exports et aux pertes.
- En ce qui concerne les biocombustibles, des hypothèses de production de biogaz ou de biocarburants sont faites en fonction des projets en cours et des effets escomptés du cadre législatif en vigueur
- En ce qui concerne, l'hydrogène, la production est également calculée sur la base de la demande issue des consommations sectorielles (notamment industrie et transports) et d'hypothèses sur le mix énergétique de production
- Enfin, des hypothèses sur les productions de combustibles fossiles sur le territoire français sont faites en fonction des projets en cours et du cadre législatif en vigueur

Les principales nouvelles mesures intégrées à l'AME 2024 sont :

- La loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables
- La loi d'accélération du nucléaire
- Le Fonds chaleur permettant de développer la production de chaleur issue de sources renouvelables
- La TIRUERT qui fixe des objectifs d'incorporation de biocarburants dans les carburants routiers

¹¹ Rapport National d'Inventaire (NIR) édition 2023

Tableau 8: Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Energie

Sous-secteur	Hypothèse	AME 2023	AME 2024
Chaleur	Mix énergétique de la chaleur RCU et hors-RCU	Fin du fioul d'ici 2025, fin du charbon d'ici 2030, le reste à peu près constant	Idem AME 2023
Electricité	Mix de production	Hausse EnR sauf biomasse et hydro ; pas de nouveau nucléaire	Loi APER et loi « nucléaire » de 2023, prise en compte des dernières tendances : Poursuite des rythmes tendanciels d'installation d'EnR ; 6 EPR en plus de la prolongation de réacteurs existants
Raffinage	Activité de raffinage	Maintien des activités de raffinage pour les volumes restants	Idem AME 2023 Changement méthodologique pour mise en cohérence avec les volumes consommés
Biocombustibles	Taux incorporation biogaz	2% à partir de 2025 puis constant	Prise en compte des projets en cours : 5,6 % en 2030 puis constant
Biocombustibles	Taux incorporation biocarburants	LF 2022 : 9,5% essence et 8,6% gazole en 2025 puis constant	LF2024 : 10,5% essence et 9,4% gazole en 2025 puis constant
Hydrogène	Mix de production	Lent développement de capacités de production d'H2 décarboné	Accélération de l'installation d'électrolyseurs, forte augmentation des volumes produits

Résultats GES :

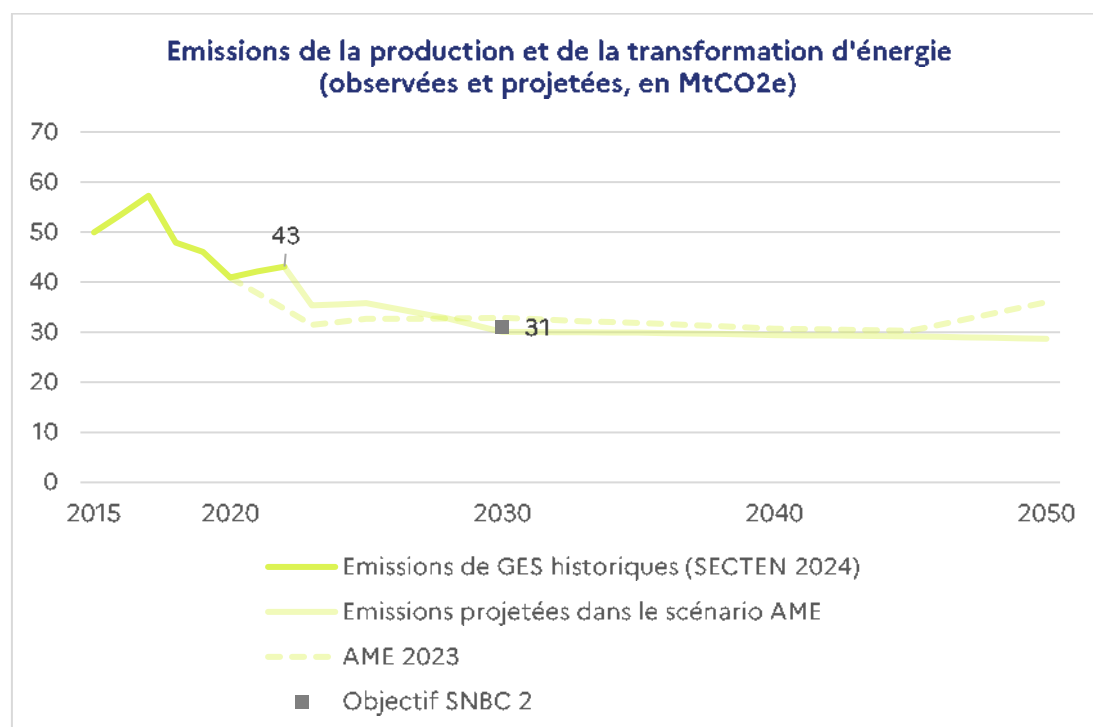


Figure 13 : Evolution des émissions du secteur de la production et de la transformation d'énergie en Mt CO₂e (source: inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, CITEPA, Secten 2024 ; modélisations DGEC)

Dans le scénario AME 2024, 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 production de chaleur (légère baisse).

L'exercice de modélisation AME permet à ce stade pour le secteur de l'énergie d'atteindre 30 MtCO₂e à l'horizon 2030, 1 Mt en-dessous de l'objectif fixé par la SNBC 2 actuellement en vigueur.

C'est 3 Mt de moins que dans l'AME 2023. Les nouvelles mesures (loi d'accélération des énergies renouvelables et loi d'accélération du nucléaire) permettent d'augmenter la production d'électricité décarbonée, mais in fine les émissions dues à la production électrique augmentent par rapport à l'AME 2023 en 2030 à cause du changement de méthodologie de fixation des hypothèses en matière de gaz. En effet, dans l'AME 2023, la production d'électricité à partir de gaz était calibrée pour combler l'écart entre la consommation et la production d'électricité produite par les autres sources. Historiquement, la production d'électricité à partir de gaz n'est pas entièrement corrélée à cet écart entre la consommation et la production d'électricité à partir des autres sources. Par prudence, elle a donc été considérée constante à son niveau de 2023 dans l'AME 2024. La hausse des émissions par rapport à l'AME 2023 due à ce changement de méthodologie pour la fixation des hypothèses de production d'électricité est compensée par la baisse d'émissions sur les unités de valorisation énergétique (due à l'intégration de nouvelles données de la feuille de route de la Fnade).

7) SECTEUR DES TERRES ET DE LA FORÊT - UTCATF

Le **secteur UTCATF** (Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie) est un secteur **permettant des absorptions de CO₂ au global**. En 2022, l'absorption du secteur est de 18,5 MtCO₂e (Citepa, Secten 2024, Périmètre métropole et outre-mer inclus dans l'UE). Le puits de carbone que représente ce secteur a fortement diminué en l'espace de 10 ans, en grande partie à cause des effets du changement climatique, se traduisant par une hausse de mortalité et une baisse de croissance des forêts (sécheresse, canicule, incendies, parasites). En raison du changement climatique, la forêt française, très dépendante des évolutions climatiques, traverse actuellement **une crise de mortalité et de croissance importante faisant chuter son puits de carbone**. Les chercheurs comme les experts ont des difficultés à se prononcer sur sa durée ainsi que sur les perspectives d'une potentielle sortie de crise.

Il convient d'**être prudent de manière générale sur les chiffres avancés** au sein du secteur UTCATF dont le puits est très dépendant du secteur forestier. En effet, pour l'inventaire historique, le calcul des principaux compartiments du secteur forêt (accroissement, mortalité, etc.) pour une année *n* correspond à une moyenne sur 5 années de *n-2* à *n+2*. A titre d'exemple, pour l'année 2023, les résultats définitifs seront connus en 2026 et prendront en compte les moyennes de 2021 à 2025. Par ailleurs, les niveaux d'absorption et d'émission des compartiments forestiers sont élevés car principalement dépendants de l'accroissement, la mortalité et la récolte (l'accroissement est environ égal à 140 MtCO₂e). Une légère évolution de l'un de ces compartiments entraîne *de facto* une fluctuation du puits final pouvant être importante d'une année sur l'autre.

Les principaux sous-secteurs traités ici sont l'écosystème forestier, les produits bois et les autres compartiments UTCATF (cultures, artificialisation, prairies).

Sur ce secteur, les **politiques et mesures** se fondent d'une part sur **des pratiques agroécologiques** en agriculture (plantation et gestion durable des haies, agroforesterie, stockage de carbone dans les sols agricoles...), et d'autre part sur le renouvellement des forêts déperissantes et la dynamisation de la **gestion forestière**, ainsi que, à plus long terme, sur une **stratégie d'adaptation des forêts françaises**.

Le scénario AME 2024 est marqué par l'inclusion de nouvelles mesures qui ont un impact sur le secteur de la forêt et du bois, en particulier les mesures forestières du plan France 2030, le développement du Label bas-carbone, ou encore le démarrage de la RE2020 et son impact sur les modes constructifs. Mais ce scénario est également marqué par un fort déclin du puits forestier dans l'inventaire historique, lié principalement à la prise en compte de l'impact de diverses crises récentes (sécheresses, canicules, scolytes...) sur les forêts françaises.

Les hypothèses et projections réalisées dans l'AME se sont principalement basées sur l'étude IGN-FCBA « Projection des disponibilités en bois et des stocks et flux de carbone du secteur forestier français » publiée en 2024¹². Nous indiquerons dans le corps du texte les moments où nous nous appuyons dessus.

¹² « Projection des disponibilités en bois et des stocks et flux de carbone du secteur forestier français », IGN-FCBA, publiée en 2024. <https://www.ign.fr/projections-bois-carbone-foret-francaise-2023-2024>

Tableau 9 : Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation UTCATF

Levier	Mesure	AME2023	AME2024	Traduction dans la modélisation (Indirecte = non intégré directement dans les modèles, mais soutient la fixation de certaines hypothèses)
Croissance de la forêt/ Production	Politique prioritaire du gouvernement de planter 1Md d'arbres.	France Relance : Mesure de renouvellement forestier, enveloppe de 200M€, 47 000ha renouvelés	France 2030 (150M€) et France Nation Verte (11,5M€) pour le renouvellement forestier des peuplements déperissants, vulnérables ou pauvres.	Indirecte
	Règlement LULUCF	Obligations de rapportage et de conformité à l'objectif de ne pas dégrader le niveau projeté du FRL.	Obligations de rapportage et de conformité à l'objectif de ne pas dégrader le niveau projeté du FRL. La révision du règlement LULUCF oblige à l'augmentation du puits de carbone naturel de 6,7MtCO _{2e} entre les moyennes 2016-2018 et l'année 2030.	Indirecte
	Label Bas Carbone :	Projets labellisés (à prendre en compte) : 17 projets de boisement 3 projets de conversions de taillis en futaies, 13 projets de reconstitutions de forêts dégradées. 24ktCO ₂ potentiel.	Mise en place d'un label de certification pour la séquestration du carbone à travers des méthodologies de boisement et de reboisement. A début 2024 les méthodologies forestières du label représentaient 1,5MtCO _{2e} potentiel.	Directe
	Exploitation forestière et sylviculture performantes		France2030 : 50M€ outils numériques et matériels innovants et engins de sylviculture et d'exploitation forestières plus respectueux de l'environnement	Indirecte
	Loi Incendie 2023		Loi renforçant la prévention et la protection contre les incendies, en particulier en passant les seuils d'obligation de rédaction des Plans Simples de Gestion de 25 à 20ha.	Indirecte
Valorisation énergétique du bois	Fonds chaleur	PPE : maintien du fonds chaleur à 350M€/an	Passage du fonds chaleur à hauteur de 820M€ (à noter qu'une seule partie finance la valorisation du bois énergie)	Indirecte
	Directive RED2	Critères de durabilité de la biomasse.	Critères de durabilité de la biomasse.	Indirecte
	RE 2020 pour les bâtiments neufs	Réduction de 30% de l'impact carbone « composant » (de 640 à 415 kgCO _{2eq} /m ²), favorisant l'utilisation de matériaux bio-sourcés.	Réduction de 30% de l'impact carbone « composant » (de 640 à 415 kgCO _{2eq} /m ²), favorisant l'utilisation de matériaux bio-sourcés.	Indirecte

	Biomasse chaleur		France 2030 : Biomasse Chaleur Industrie du Bois à hauteur de 200M€ (dont une partie du Fonds Chaleur).	Indirecte
	JO 2024		Constructions olympiques avec 40 000 m3 de bois transformés sur la totalité des ouvrages JO dont 45% de bois français. L'ensemble du bois utilisé est certifié gestion durable.	Indirecte
	Contrat de filière		Nouveau contrat stratégique de filière bois sur la période 2023-2026	Indirecte
	Valorisation des produits bois	Mesures de soutien aux industries de transformation du bois (fonds bois 3, AAP modernisation de la première et deuxième transformation du bois).	France 2030 : Appel à projet Systèmes Constructifs Bois : 203M€ Appel à projet Industrie Performante des Produits Bois qui vise à valoriser les bois de crise et les feuillus.	Indirecte
	Recyclage - REP		Mise en place du PMCB (produits matériaux construction du secteur du bâtiment	Indirecte
Biodiversité	SNB		Stratégie Nationale Biodiversité qui acte le Plan d'Action des Sols Forestier et le Plan National Vieux Bois	Indirecte
	Haies		Pacte en faveur de la haie + Stratégie Nationale Biodiversité	Directe
	Politique Agricole Commune		Plan Stratégique National 2023-2027 : éco-régime, conditionnalité renforcée en termes d'environnement, etc.	Directe
Mixte	Planification écologique		Mesures et financements associés du Projet de Loi de Finances 2024	Indirecte

Résultats GES :

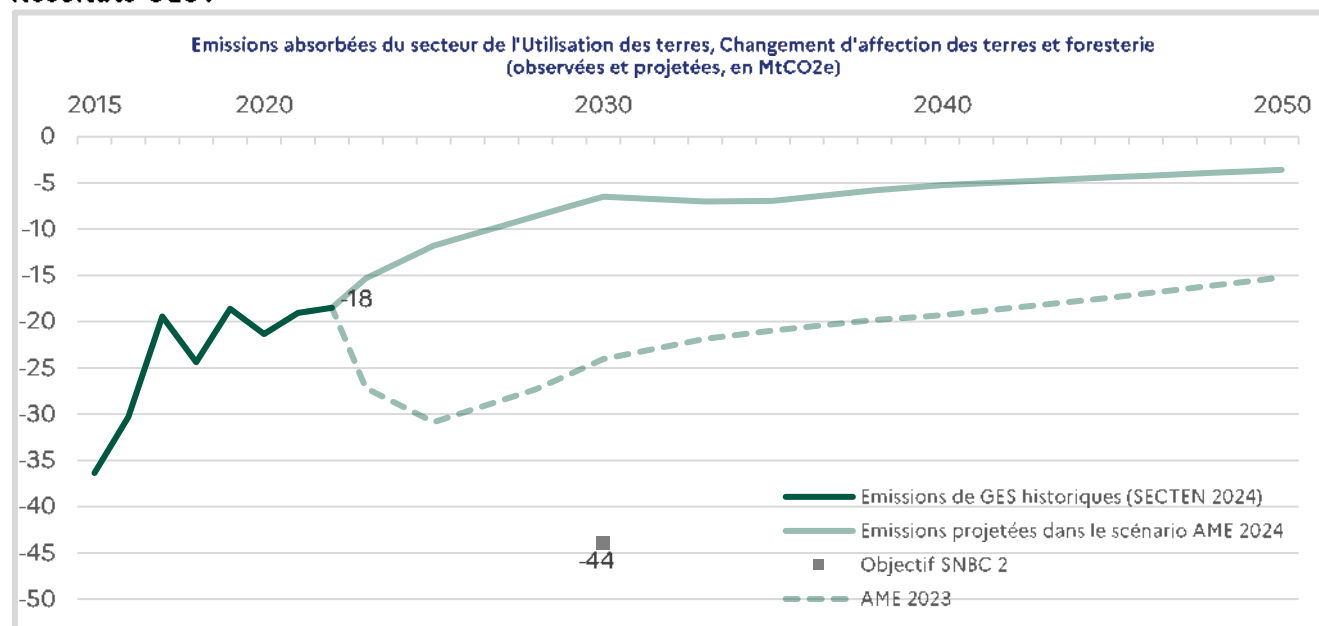


Figure 14 : Evolution des émissions du secteur des terres en Mt CO₂e (source : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, CITEPA, Secten 2024 ; modélisations DGEC)

Dans l'AME 2024, le puits du secteur des terres poursuit sa décroissance 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.

La baisse moins rapide et moins forte que prévu de la mortalité en forêt en AME 2024 par rapport à l'AME 2023 et la SNBC 2 ainsi que la hausse des conversions de prairies permanentes en cultures à partir de 2030 entraîne des écarts conséquents entre ces scénarios. En particulier, le scénario AME 2024 atteint en 2030 -6MtCO₂e tandis que l'AME 2023 atteint -24MtCO₂e et la SNBC2 -44MtCO₂e.

VI. Hypothèses et résultats détaillés

A. Paramètres de cadrage

1) POPULATION

L'AME 2024 utilise le scénario central d'évolution démographique de l'INSEE mis à jour en 2021, comme pour l'AME 2023. Ce scénario est préféré à celui d'Eurostat proposé par la Commission car il reflète de manière plus précise les évolutions démographiques récentes observées en France.

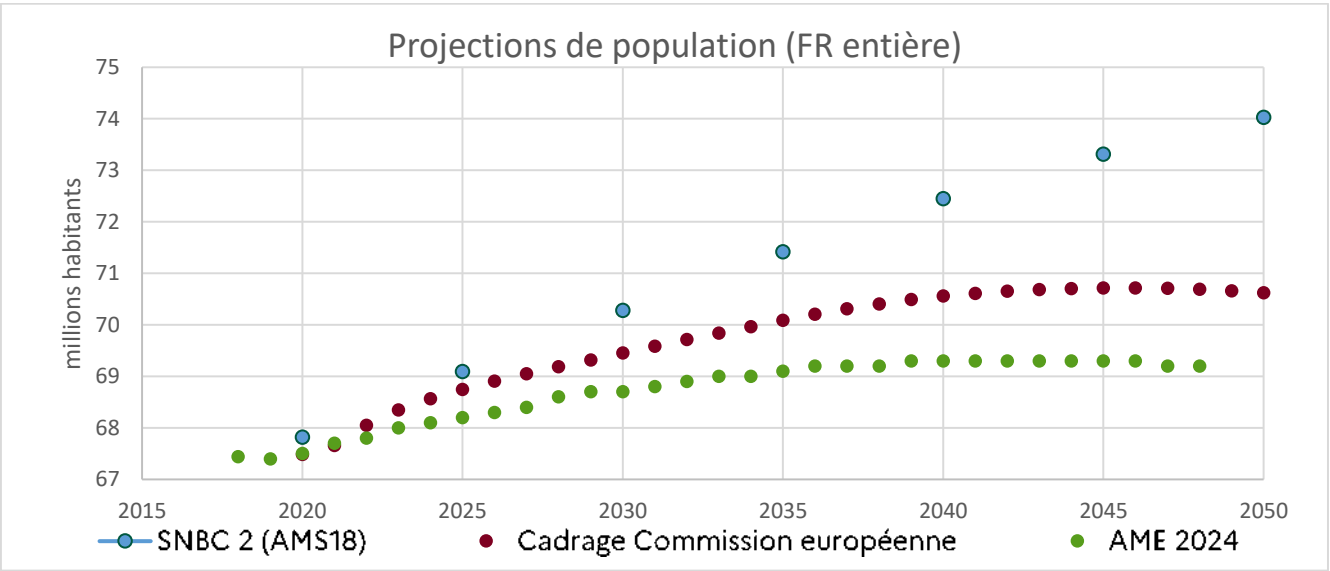


Figure 15. Evolution de la population dans les différents scénarios (périmètre hexagone + DROM)

La répartition entre hexagone et DROM se base sur les projections régionalisées pour le scénario central, publiées par l'INSEE en novembre 2022¹³.

Tableau 10. Répartition de la population entre hexagone et DROM en AME 2023

Population (millions)	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
France	67,15	67,29	67,96	68,55	68,98	69,23	69,28	69,21
Dont hexagone	64,99	65,12	65,75	66,30	66,68	66,87	66,87	66,73
Dont DROM	2,16	2,16	2,21	2,25	2,30	2,36	2,42	2,47

¹³ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/6652134?sommaire=6652140&q=projection+population>

2) PIB

Les hypothèses relatives à la croissance du PIB ont été reprises du cadrage fourni par la Commission Européenne. L'hypothèse de population n'ayant pas été reprise du cadrage de la Commission, les chiffres ont été ajustés de manière à conserver une évolution du PIB/hab similaire, et à reprendre l'évolution de la population du scénario INSEE 2021.

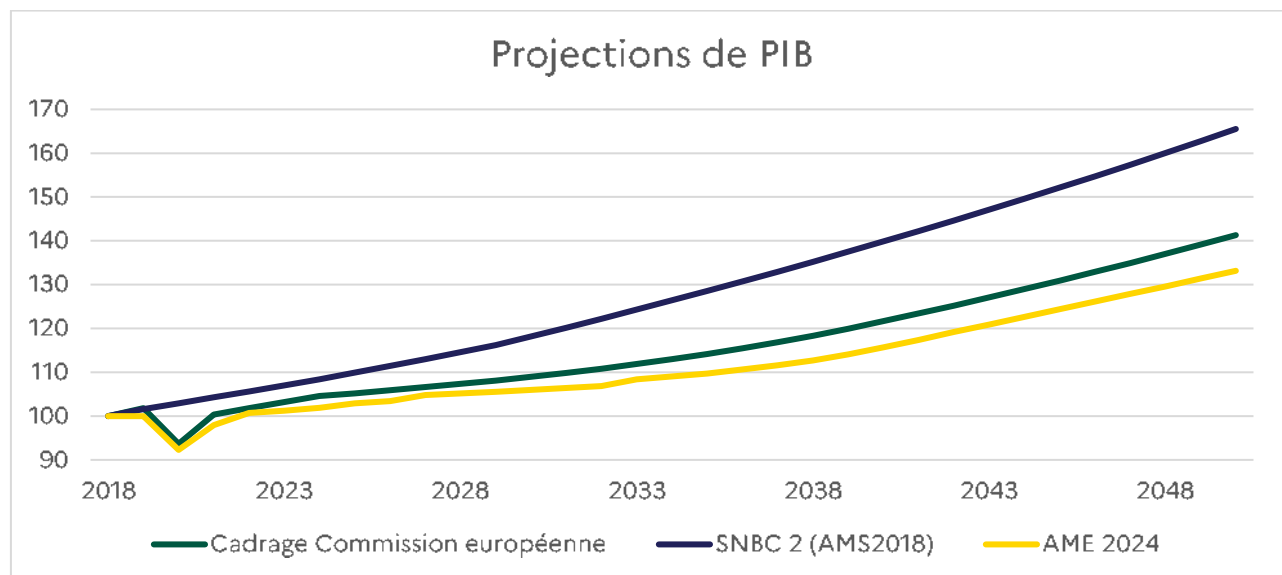


Figure 16. Evolution du PIB dans les scénarios (périmètre hexagone + DROM)

La valeur ajoutée industrielle a été reprise du scénario de référence de la Commission, publié en 2020, comme pour le scénario AME 2023.

3) PRIX DES ENERGIES

Prix des énergies fossiles

Ces prix font partie des hypothèses fixées dans le cadre du cadrage de la Commission européenne. Elles sont intégrées en projection en même temps que les taxes sur l'énergie dans le cadre des modélisations transport et bâtiment.

Tableau 11. Evolution du prix des énergies fossiles (en €2019) – cadrage UE de décembre 2023 pour les projections 2024-2025

en €/MWh	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Pétrole	38,7	24,3	39,6	44,4	49,2	50,5	55,0	62,9
Charbon	8,0	6,1	13,1	12,8	12,1	12,1	12,8	12,8
Gaz	17,3	11,8	30,0	28,8	26,2	32,3	31,6	30,7

Projection du prix des énergies TTC

Les prix TTC des énergies incluent les prix hors taxes et les taxes. Les prix des énergies hors taxes sont eux-mêmes décomposés entre coûts d'approvisionnement en énergie et coûts de transport-distribution. Pour les énergies fossiles, les coûts d'approvisionnement en énergie sont indexés sur l'évolution des cours. Les coûts (en € constants) de transport et distribution restent stables pour l'essence et le gazole, augmentent de 1%/an pour le réseau de transport du gaz réseau et restent stables pour le réseau de distribution pour le gaz. Pour l'électricité, les coûts (en € constants) d'approvisionnement en énergie et capacités sont supposés évoluer au rythme de 1,4%/an jusqu'en 2030 puis restent constants; les coûts de transport et de distribution augmentent de 1%/an jusqu'en 2030 ; les coûts de commercialisation restent stables.

Concernant les taxes, la composante carbone est stable à 44,6 €/tCO₂. Par rapport au précédent AME, l'accise sur le gaz a été augmentée à 16,37€/MWh dans le cadre de la loi de finances 2024. Les autres taux sont stables et supposé stables en projection en AME. La taxation du gazole professionnel est également stable en projection.

4) PRIX DU CARBONE

La directive européenne de renforcement de l'ETS 1 n'ayant pas été transposée dans le droit français au 31/12/2023, elle n'est pas intégrée dans les présentes projections. La trajectoire de prix du carbone retenue est celle du cadrage européen antérieur.

Tableau 12. Evolution du prix du carbone dans l'ETS1

€ ₂₀₂₀	2018	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Prix du carbone dans l'ETS1	16	25	24	80	80	82	85	130	160

Dans le secteur du transport et du bâtiment, le futur ETS2 n'est pas intégré (non encore transposé en droit français). Dans les secteurs de l'industrie et de l'énergie, il n'existe pas de modélisation économique de l'ensemble de ces secteurs. La trajectoire de l'ETS n'est pas intégrée de manière directe, elle vient en soutien des autres hypothèses faites dans le secteur.

B. Industrie

1) CONTEXTE, NOUVELLES MESURES INTEGREES AU SCENARIO

En 2022, les **émissions de l'industrie** s'élevaient à 71 Mt CO₂ éq, soit environ 18 % des émissions nationales. Trois secteurs représentent 72 % des émissions de l'industrie : la métallurgie (16 Mt CO₂ éq), la chimie (17 Mt CO₂ éq) les minéraux non-métalliques et les matériaux de construction (19 Mt CO₂ éq) (Citepa, Secten 2024). Par ailleurs, les 50 sites industriels les plus émetteurs sont responsables de 55 % des émissions du secteur.

Réduire les émissions de l'industrie nécessite une transformation en profondeur de ce secteur via la mobilisation de différents leviers, dont l'efficacité énergétique, le passage d'énergies fossiles à des énergies bas-carbone (électricité bas-carbone, hydrogène décarboné, biomasse/biogaz, déchets), la décarbonation des procédés de production (électrification, remplacement du carbone par de l'hydrogène dans les réactions chimiques, abattement de gaz fluorés ou de protoxyde d'azote), le captage, l'utilisation et le stockage du carbone, ainsi que l'utilisation efficace des ressources et la sobriété (augmentation du recyclage, réduction du taux de clinker, moindre consommation de plastique, etc.).

La modélisation du secteur de l'industrie est réalisée avec principalement deux outils :

- le modèle Pepit0 de l'Ademe permet de réaliser des projections de consommation de produits liés aux industries grandes consommatrices d'énergie (IGCE) à partir des hypothèses de tous les secteurs (évolution des ventes de véhicules, rythme de construction neuve, consommation de biens d'équipements...). Les productions sont déduites via des hypothèses sur l'évolution des balances commerciales.
- Le modèle EnerMED d'Enerdata calcule les consommations d'énergie à partir des niveaux de production par secteur industriel (les IGCE et l'industrie diffuse), ainsi que d'hypothèses sur l'efficacité énergétique, la décarbonation des mix énergétiques et des usages non énergétiques, le recyclage et le CCUS.

Mesures considérées dans la modélisation :

L'ensemble des mesures de l'AME 2023 sont considérées dans l'AME 2024, avec quelques modifications dans la prise en compte. De nouvelles mesures sont également intégrées, à l'exemple des dynamiques lancées dans le cadre des feuilles de route des 50 sites industriels les plus émetteurs, des appels à projets de France 2030 pour la décarbonation de l'industrie, de la loi industrie verte et la prise en compte de la 6^{ème} période CEE.

Les différentes politiques publiques et mesures prises en compte dans les AME 2023 et 2024 sont recensées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13: Récapitulatif des politiques et mesures considérées

	AME 2023	AME 2024	Traduction dans la modélisation (Indirecte = non intégré directement dans les modèles, mais soutien la fixation de certaines hypothèses)
Marché carbone	Annonce du paquet « fit for 55 » et son impact sur la trajectoire des quotas ETS gratuits à court terme, baisse du plafond d'émissions		Indirecte
CEE	Mise en place de la 5e période des CEE	Mise en place de la 6 ^{ème} période des CEE	Indirecte
Fonds chaleur	Prolongation du Fonds chaleur jusqu'à fin 2024 (en accord avec le Projet de Loi de Finances pour 2024)		Indirecte
H2	1 ère édition de la Stratégie Nationale H2 (visant en particulier la décarbonation des usages existants de l'H2 et la décarbonation de l'industrie)		Indirecte
Loi AGECE	Loi AGECE, notamment via le développement de nouvelles filières REP		Directe (plastique)
BEGES	Mise à jour du décret sur les bilans de GES des entreprises, avec une extension au scope3		Indirecte
Conditionnalité des aides publiques	Obligation de produire une trajectoire de décarbonation pour les entreprises aidées par l'APE à partir de 2020 (art. 66 de la LRF3 de 2020)		Indirecte
Feuilles de route	Prise en compte des feuilles de routes industrielles produites par les CSF, en particulier de leur dimension CCUS	Comme en AME 2023 + Feuilles de route des 50 sites les plus émetteurs, en particulier pour les volumes captables de CO2 en 2050	Directe (CCUS)
Appels à projets	Appels à projets de France Relance (1,2 Md€ sur 2021-2022) sur le verdissement de l'industrie : décarbonation, efficacité énergétique, et BCIAT.	Appels à projets de France 2030 pour la décarbonation de l'industrie, en particulier IZF Decarb Ind et IZF Decarb Flash	Directe (sidérurgie, efficacité énergétique, mix énergétiques)
Réindustrialisation	-	Loi industrie verte	Directe (balances commerciales)

2) NIVEAUX DE PRODUCTION

Les niveaux de production sont exprimés en quantités physiques (Mt) pour les IGCE, et en valeur ajoutée (VA en €) pour les industries diffuses.

Pour les IGCE

L'outil Pepit0 de l'ADEME a été utilisé pour modéliser les niveaux de consommation (en Mt) pour chacune des IGCE. A l'issue de ces modélisations, des hypothèses sur l'évolution de la balance commerciale (considéré comme le rapport Production/Consommation) de chaque IGCE permettent d'en déduire les niveaux de production associés.

Dans l'AME 2023, une stabilité au niveau de 2019 des balances commerciales des IGCE avait été considérée, pour l'ensemble des années projetées jusqu'en 2050. Dans l'AME 2024, il a été choisi de traduire les enjeux de réindustrialisation, notamment explicités dans la loi Industrie Verte, pour

augmenter les balances commerciales des IGCE à un niveau intermédiaire entre le scénario AME 2023 (stabilité) et le scénario Avec Mesures Supplémentaires (en cours de construction).

L'intérêt du modèle est de pouvoir assurer la cohérence entre les niveaux de production et les hypothèses prises par ailleurs dans le scénario. Ainsi, les hypothèses annuelles relatives à l'évolution des différents modes dans le secteur des transports, à l'évolution de la construction neuve et des rythmes de rénovation (en quantité et en qualité) dans le secteur du bâtiment et à l'évolution de la consommation d'intrants et de phytosanitaires dans le secteur agricole ont pu être prises en compte. Pour les autres paramètres annuels de Pepit0 non renseignés par les modèles sectoriels (ex. évolution de la consommation par habitant d'équipements électroniques, rythme de construction de nouvelles infrastructures de transports, réduction et ré-emploi des emballages), les hypothèses des scénarios Transition(s) 2050 de l'ADEME (tendanciel et S4) ont été reprises.

Pepit0 contient également des hypothèses de coefficients Production/Consommation à paramétrer pour les différentes filières (IGCE mais aussi d'autres filières, comme par exemple les poids lourds ou bien les céramiques) afin d'obtenir in fine les consommations des IGCE. Pour l'AME 2024, il a été décidé, pour les balances commerciales des filières hors IGCE :

- de ne pas augmenter les balances commerciales initialement excédentaires (qui restent donc au niveau de 2014, l'année de référence du modèle)
- d'augmenter les balances commerciales initialement déficitaires au même rythme que celles des IGCE, avec un seuil à 1 (équilibre Production Consommation)

Tableau 14. Evolution des niveaux de consommations calculés via Pepit0 (Mt)

Mt	2014	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Acier	12,45	11,91	11,83	11,74	11,82	11,90	11,98	12,06
Aluminium	1,37	1,42	1,47	1,53	1,59	1,66	1,73	1,80
Verre	4,93	4,65	4,67	4,69	4,60	4,50	4,41	4,31
Clinker	13,31	12,37	12,09	11,81	10,79	9,77	8,75	7,73
Ammoniac	2,15	2,10	2,05	2,00	2,03	2,05	2,08	2,10
Chlore	1,13	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Ethylène	3,20	2,82	2,57	2,32	2,16	2,00	1,84	1,68
Papiers et cartons	8,35	8,60	8,90	9,20	9,65	10,10	10,54	10,99
Sucre	3,76	3,80	3,84	3,87	3,91	3,94	3,98	4,01
Total	50,65	48,71	48,44	48,18	47,56	46,95	46,33	45,72

Le niveau de consommation global diminue légèrement de 2020 à 2050 (-6%), mais avec des dynamiques contrastées au sein des différentes IGCE. Il en ressort notamment :

- Une hausse de la consommation d'aluminium en lien avec le développement des véhicules électriques ;
- Une baisse importante des consommations liées au BTP (en particulier pour le clinker, mais aussi pour l'acier et le chlore) liée au ralentissement du rythme de construction neuve, l'effet étant accru par rapport à l'AME 2023
- Une baisse marquée de la consommation d'éthylène liée à la mesure de la loi AGECL de fin des emballages plastique à usage unique d'ici 2040, corrélée à une hausse des emballages en papier qui viennent partiellement compenser cet effet.

Le détail des consommations par catégorie d'usage (BTP, énergie, chimie, etc.) est disponible en annexe 3.

Par ailleurs, la production d'acier et d'aluminium a été distinguée par voies de fabrication, avec également un sous-secteur de la sidérurgie lié au modelage de l'acier (« autre sidérurgie »). Il est pris

en compte que les hauts-fourneaux traitent aujourd'hui de la ferraille recyclée à hauteur de 16%, ce taux est supposé constant dans le temps. Par ailleurs, une production annuelle par fours à arc électrique de 4 Mt d'acier à partir de ferrailles et de DRI (dont 2,3 Mt de DRI produits via le futur DRP et 0,5 Mt de DRI importés) permet de remplacer à partir de 2030 la partie correspondante de la production par hauts fourneaux (s'inscrit dans le cadre de France 2030).

A partir de ces données de consommation, il est fait l'hypothèse d'une balance commerciale par secteur qui augmente à un niveau intermédiaire entre le scénario AME 2023 (stabilité par rapport à 2019) et le scénario Avec Mesures Supplémentaires, pour traduire les objectifs de réindustrialisation, en lien avec la loi Industrie verte.

Tableau 15 : Evolutions des balances commerciales de 2019 à 2050

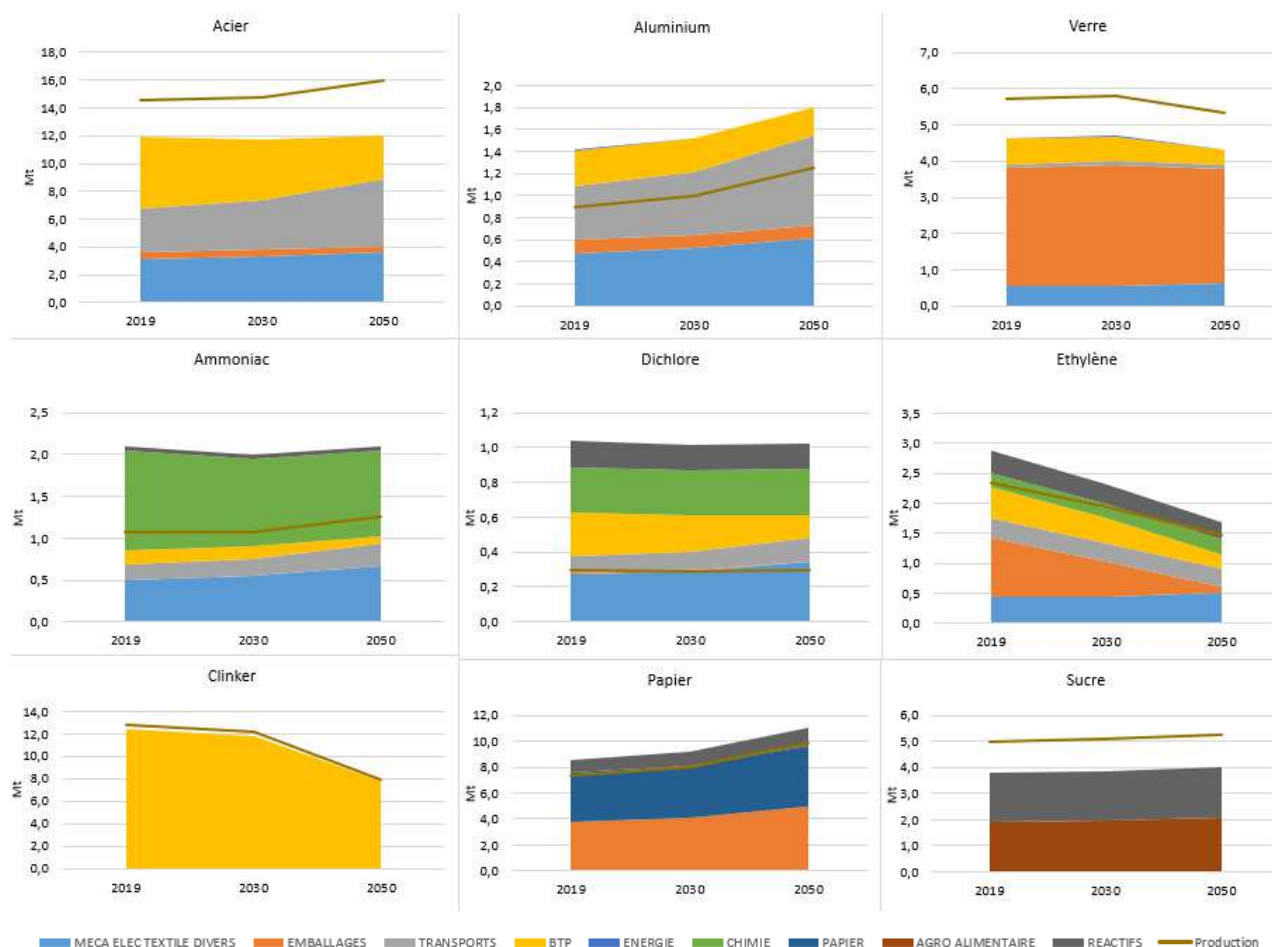
Rapport Production / Consommation	2019	2021	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Acier	1,22	1,14	1,23	1,24	1,24	1,25	1,25	1,26
Aluminium	0,63	0,60	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70
Clinker	1,03	0,99	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Verre	1,23	1,22	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23
Ammoniac	0,51	0,44	0,53	0,54	0,56	0,57	0,58	0,60
Chlore	0,29	0,32	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Ethylène	0,82	0,84	0,83	0,84	0,84	0,85	0,86	0,87
Sucre	1,31	1,20	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31
Papiers et cartons	0,86	0,85	0,87	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90

Tableau 16. Evolution de la production des IGCE (Mt)

Production (Mt)	2019	2021	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Acier	14,59	13,54	14,55	14,75	15,05	15,35	15,65	15,95
<i>dont haut fourneaux</i>	10,13	8,94	9,70	6,31	6,41	6,50	6,60	6,69
<i>dont procédé électrique</i>	4,46	4,60	4,85	5,44	5,64	5,85	6,06	6,27
<i>dont DRI</i>	0,00	0,00	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Aluminium	0,89	0,86	0,95	1,00	1,06	1,13	1,19	1,26
<i>dont aluminium recyclé</i>	0,48	0,43	0,48	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67
Ethylène	2,34	2,31	2,12	1,94	1,82	1,71	1,59	1,47
Chlore	0,30	0,33	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Ammoniac	1,07	0,92	1,08	1,08	1,12	1,17	1,21	1,26
Clinker	12,80	12,22	12,45	12,16	11,11	10,06	9,02	7,97
Verre	5,74	5,67	5,76	5,79	5,67	5,55	5,43	5,32
Papiers et cartons	7,32	7,36	7,71	8,03	8,49	8,95	9,42	9,89
Sucre	4,97	4,56	5,02	5,07	5,12	5,16	5,21	5,25
Total	50,02	47,77	49,95	50,11	49,74	49,37	49,01	48,66

Sources pour 2019-2021 : CITEPA sauf aluminium et papier : reprise des données BNR 2022

Figure 17: Consommation de matière par IGCE en AME 2024



Pour l'industrie diffuse

L'évolution de la part de la valeur ajoutée industrielle (au global et par sous-secteur) a été reprise des données du scénario de référence de la Commission Européenne de 2020. L'évolution de la valeur ajoutée brute a par contre été corrélée aux dernières prévisions de croissance de la commission.

Comme pour l'AME 2023, le secteur de la construction (recouvrant principalement les émissions des engins de chantier) a été individualisé.

Tableau 17. Evolution de la production de l'industrie diffuse (VA en Md€2015)

	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Métaux primaires	25,8	22,8	22,3	22,1	21,8	21,3	20,9	20,7
Chimie	47,2	45,9	43,3	43,8	44,6	45,0	45,8	47,0
Minéraux non-métalliques	8,4	7,5	8,1	8,5	8,8	9,1	9,5	10,0
IAA	45,6	44,1	45,7	46,9	48,5	50,3	53,1	56,4
Equipements	63,6	49,8	55,6	58,7	62,1	66,1	70,2	74,6
Autres (textile, etc.)	23,7	22,3	25,4	26,8	28,4	30,2	32,1	34,0
Total diffus (hors construction)	214,3	192,3	200,4	206,8	214,1	222,0	231,6	242,7
Construction	114,9	101,4	123,8	127,9	132,3	135,6	139,8	144,9

Sources : INSEE tableaux 6.202 et 6.202D. Correspondances : Métaux primaires (A38CH) ; Chimie (A38.CE, A38.CF, A88.22) ; Non-métalliques (A88.23) ; IAA (A17.C1) ; équipements (A38.CK, A38.CL, A88.33) ; Autres (A38.CB, A88.16, A88.17, A88.18, A88.31, A88.32) ; Construction (A5.FZ)

Des facteurs de décorrélation entre la VA et la production physique ont été introduits, pour traduire la montée en gamme et l'innovation technologique contenue dans les produits. Dans l'AME 2023, ce facteur avait été individualisé par sous-secteur, et calculé via une prolongation linéaire de la tendance 2000-2019 (calculé via des données INSEE), qui sous-entendait une forte décorrélation entre les VA et la production physique. En AME 2024, il a été choisi de garder des facteurs de décorrélation proches de 1, pour ne pas sous-estimer les productions physiques et les consommations d'énergie associées.

Tableau 18. Evolution du facteur de décorrélation entre la VA et la production physique

Indice /2019	2019	2021	2030	2035	2040	2045	2050
Métaux primaires	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96
Chimie	1,00	1,00	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95
Minéraux non-métalliques	1,00	1,00	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95
IAA	1,00	1,00	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95
Equipements	1,00	1,00	0,98	0,96	0,95	0,94	0,93
Autres (textile, etc.)	1,00	1,00	0,97	0,95	0,93	0,92	0,90
Total diffus (hors construction)	1,00	1,00	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
Construction	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tableau 19: Evolution de la production de l'industrie diffuse après ajustement des facteurs de décorrélation

	2019	2021	2030	2035	2040	2045	2050
Métaux primaires	25,8	24,5	21,8	21,4	20,8	20,2	19,9
Chimie	47,2	46,3	43,1	43,5	43,6	43,9	44,6
Minéraux non-métalliques	8,4	8,2	8,3	8,6	8,8	9,1	9,5
IAA	45,6	44,9	46,1	47,3	48,7	50,9	53,6
Equipements	63,6	52,1	57,4	59,9	62,8	65,9	69,0
Autres (textile, etc.)	23,7	23,8	26,0	27,0	28,2	29,4	30,6
Total diffus hors construction	214,3	199,7	202,8	207,8	213,1	219,9	227,9
Construction	114,9	108,2	127,9	132,3	135,6	139,8	144,9

3) MIX ENERGETIQUES

Les consommations de 2019 par branche ont été reconstituées par Enerdata en repartant principalement des données de la BDD Odyssée, complétées par des données Eurostat ou SECTEN pour certains secteurs. De manière similaire à l'AME 2023, le secteur de la construction a été isolé, ainsi que les différentes voies de production de l'acier et de l'aluminium.

En AME 2024, l'approche est d'accroître les évolutions de décarbonation prévues dans le cadre de l'AME 2023, qui se basaient principalement sur les financements de verdissement de l'industrie de France Relance, en cohérence avec les financements correspondants de France 2030. Cela conduit à substituer des énergies fossiles par de la biomasse (principalement), et de l'électricité (dans une moindre mesure) à l'horizon 2030. En l'absence de modèle technico-économique, les effets précis de l'évolution du cours de l'ETS et des prix de l'énergie ne sont pas directement modélisés, mais viennent soutenir les autres hypothèses.

Tableau 20. Evolution des mix énergétiques des différentes branches industrielles

Mix énergétique (%)		Charbon	Coke	Produits pétroliers raffinés	Gaz de réseau	Biomasse solide	Déchets	Biocarburants et gaz renouvelable	Chaleur de l'environnement	Électricité	Chaleur vendue	Hydrogène	Total
Métaux primaires													
Dont sidérurgie (hauts fourneaux)	2019	40,2 %	59,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2030	40,1 %	53,9 %	0,0 %	0,0 %	3,0 %	3,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2050	40,1 %	53,9 %	0,0 %	0,0 %	3,0 %	3,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Dont sidérurgie (arc électrique)	2019	3,5 %	0,0 %	2,0 %	22,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	72,5 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2030	3,5 %	0,0 %	2,0 %	22,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	72,5 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	2,0 %	23,0 %	2,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	73,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Dont sidérurgie (réduction directe)	2019	0,0 %	0,0 %	0,0 %	84,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	15,2 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	0,0 %	54,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	15,2 %	0,0 %	30,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	0,0 %	15,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	13,8 %	0,0 %	71,0 %	100,0 %
Dont sidérurgie (mise en forme de l'acier)	2019	5,1 %	2,9 %	0,8 %	43,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	46,7 %	0,7 %	0,0 %	100,0 %
	2030	4,0 %	2,9 %	0,8 %	41,9 %	3,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	46,7 %	0,7 %	0,0 %	100,0 %
	2050	4,0 %	2,9 %	0,8 %	41,9 %	3,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	46,7 %	0,7 %	0,0 %	100,0 %
Dont aluminium (primaire)	2019	0,0 %	0,0 %	2,8 %	25,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	71,3 %	0,8 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	1,2 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	73,0 %	0,8 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	1,2 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	73,0 %	0,8 %	0,0 %	100,0 %
Dont aluminium (recyclé)	2019	0,0 %	0,0 %	2,5 %	64,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	33,5 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	2,5 %	64,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	33,5 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	2,5 %	64,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	33,5 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Dont autres métaux primaires	2019	0,0 %	0,0 %	0,0 %	28,5 %	0,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	67,3 %	4,0 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	0,0 %	22,9 %	3,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	70,1 %	3,0 %	0,9 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	0,0 %	15,0 %	4,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	75,5 %	1,5 %	4,0 %	100,0 %
Chimie													
Dont Ammoniac	2019	0,0 %	0,0 %	0,5 %	93,0 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	6,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	0,5 %	93,0 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	6,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	0,5 %	93,0 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	6,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Dont pétrochimie de base	2019	0,0 %	0,0 %	0,0 %	72,0 %	1,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	14,7 %	12,1 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	0,0 %	72,0 %	1,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	14,7 %	12,1 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	0,0 %	71,0 %	1,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	15,9 %	11,8 %	0,0 %	100,0 %
Dont autres chimies	2019	6,9 %	0,0 %	2,4 %	54,6 %	1,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	24,6 %	9,9 %	0,0 %	100,0 %
	2030	4,5 %	0,0 %	2,4 %	54,6 %	4,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	24,6 %	9,9 %	0,0 %	100,0 %
	2050	4,5 %	0,0 %	2,4 %	54,6 %	4,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	24,6 %	9,9 %	0,0 %	100,0 %
Non-métalliques													
Dont ciment	2019	14,0 %	0,0 %	38,5 %	2,0 %	17,0 %	25,5 %	0,0 %	0,0 %	3,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2030	4,0 %	0,0 %	38,5 %	2,0 %	17,0 %	24,0 %	0,0 %	0,0 %	14,5 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2050	4,0 %	0,0 %	33,5 %	1,0 %	20,0 %	27,0 %	0,0 %	0,0 %	14,5 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Dont verre	2019	0,0 %	0,0 %	9,0 %	67,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	24,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	5,5 %	67,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	27,5 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	2,0 %	67,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	31,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Dont autres non-métalliques	2019	5,9 %	2,4 %	12,8 %	36,9 %	18,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	22,3 %	1,0 %	0,0 %	100,0 %
	2030	2,8 %	0,0 %	1,5 %	43,8 %	18,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	33,1 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	1,0 %	41,2 %	18,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	39,1 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %

Industries agroalimentaires													
Dont Sucre	2019	10,0 %	0,0 %	0,0 %	70,0 %	10,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	10,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2030	4,3 %	0,0 %	0,0 %	69,6 %	11,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	12,2 %	2,3 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	0,0 %	74,6 %	11,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	12,8 %	1,0 %	0,0 %	100,0 %
Dont autres IAA	2019	3,8 %	0,2 %	6,3 %	37,6 %	1,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	42,4 %	7,8 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	1,7 %	37,9 %	6,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	47,8 %	6,6 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	0,0 %	38,0 %	8,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	48,4 %	5,6 %	0,0 %	100,0 %
Equipement	2019	0,8 %	0,8 %	4,0 %	34,0 %	1,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	58,0 %	1,2 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	4,5 %	36,5 %	0,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	58,0 %	0,2 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	4,5 %	36,5 %	0,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	58,0 %	0,2 %	0,0 %	100,0 %
Construction	2019	0,0 %	0,0 %	60,0 %	15,2 %	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	24,6 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	60,5 %	12,5 %	3,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	23,2 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	60,5 %	12,5 %	3,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	23,2 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Autres													
Dont papier-pâtes	2019	0,0 %	0,0 %	2,0 %	32,2 %	25,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,8 %	14,2 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	1,0 %	27,3 %	28,0 %	2,5 %	0,0 %	0,0 %	28,7 %	12,4 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	0,0 %	22,3 %	29,8 %	4,0 %	0,0 %	0,0 %	29,8 %	14,1 %	0,0 %	100,0 %
Dont autres	2019	0,0 %	0,0 %	14,6 %	33,2 %	1,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	48,3 %	2,6 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	13,8 %	28,5 %	5,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	48,7 %	3,9 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	3,6 %	28,5 %	7,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	58,7 %	1,5 %	0,0 %	100,0 %
Ammoniac H2													
Dont papier-pâtes	2019	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2030	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	2050	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %

4) EFFICACITE ENERGETIQUE

L'efficacité énergétique a été légèrement augmentée pour l'année 2025 par rapport à l'AME 2023, à partir de l'analyse de l'effet sur les consommations d'énergie des appels à projets France 2030, en particulier IZF Decarb Ind et IZF Decarb Flash. La hausse de l'efficacité énergétique par rapport à l'AME 2023 est ensuite répercutée sur les années suivantes.

Tableau 21. Evolution de l'efficacité énergétique de l'industrie

%/2021	2025	2030	2050
Métaux primaires			
Dont sidérurgie (hauts fourneaux)	94 %	94 %	92 %
Dont sidérurgie (arc électrique)	99 %	98 %	95 %
Dont sidérurgie (réduction directe)	100 %	98 %	95 %
Autre sidérurgie	100 %	100 %	100 %
Dont aluminium primaire	98 %	97 %	92 %
Dont aluminium recyclé	99 %	98 %	95 %
Dont autres métaux primaires	96 %	95 %	94 %
Chimie			
Dont Ammoniac	94 %	90 %	88 %
Dont pétrochimie de base	97 %	96 %	94 %
Dont autres chimies	96 %	92 %	91 %

Non-métalliques			
Dont clinker	93 %	92 %	90 %
Dont verre	93 %	89 %	84 %
Dont autres non-métalliques	95 %	93 %	92 %
Industrie agroalimentaire			
Dont sucre	94 %	93 %	89 %
Dont autres Industries alimentaires et agricoles	99 %	99 %	97 %
Equipement	99 %	97 %	93 %
Construction	99 %	99 %	97 %
Autres			
Dont papier-pâtes	90 %	89 %	87 %
Dont autres	99 %	99 %	97 %

5) RECYCLAGE

Les données historiques ont été renseignées via le Bilan National du Recyclage 2012-2021 publié par l'ADEME. Dans l'AME 2024, les mesures liées au recyclage issues de la loi AGECE et du plan de relance (pour le plastique) sont prises en compte, ainsi que l'impact de l'évolution du quota carbone sur le marché EU-ETS.

Tableau 22. Evolution du taux d'incorporation des matières premières recyclées (%)

	2021	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Métaux primaires							
Dont sidérurgie	43 %	44 %	47 %	48 %	48 %	49 %	49 %
Dont aluminium	50 %	51 %	51 %	51 %	52 %	53 %	54 %
Chimie							
Dont plastique	14 %	21 %	28 %	29 %	30 %	30 %	31 %
Non-métalliques							
Dont verre	63 %	63 %	64 %	65 %	66 %	66 %	67 %
Autres							
Dont papier-pâtes	71 %	74 %	76 %	77 %	77 %	78 %	78 %

6) CONSOMMATIONS NON-ENERGETIQUES

Les consommations d'énergie à usage non-énergétique (nécessaires aux procédés industriels) sont calculées par EnerMed sur la base d'hypothèses sur la substitution des combustibles, récapitulées dans le tableau ci-dessous. En AME 2024, aucune substitution n'est prise en compte, à l'exception d'un développement modeste de l'usage de l'hydrogène électrolytique dans l'ammoniac.

Tableau 23. Hypothèses de substitution des consommations de combustibles à usages non-énergétiques dans l'industrie

	2019	2030	2050
Sidérurgie	La consommation non énergétique est incluse dans la consommation d'énergie des Hauts fourneaux		

Aluminium			
Coke de pétrole	100 %	100 %	100 %
Biocoke	0 %	0 %	0 %
Anode inerte	0 %	0 %	0 %
Ammoniac			
Gaz (vaporeformage)	100 %	100 %	85%
Hydrogène directe (par électrolyse non considéré dans le scope industrie)	0 %	0 %	15 %
Pétrochimie			
Naphta	100 %	100 %	100 %
Bionaphta	0 %	0 %	0 %
Methanol to Olefins	0 %	0 %	0 %
Autres chimies			
Produits Pétroliers Raffinés	29 %	29 %	29 %
Gaz naturel	71 %	71 %	71 %
Biofuel	0 %	0 %	0 %
Biogaz	0 %	0 %	0 %
Hydrogène	0 %	0 %	0 %
Construction (bitume...)			
Pétrole	100 %	100 %	100 %
Biopétrole	0 %	0 %	0 %
Synthétique fuel	0 %	0 %	0 %
Autres (électronique charbon/fuel, pharmacie gaz naturel)			
Pétrole	100 %	100 %	100 %
Biofuel	0 %	0 %	0 %

7) CAPTURE, STOCKAGE ET UTILISATION DU CO₂

Comme pour l'AME 2023, l'AME 2024 fait intervenir de la capture technologique du carbone (CCUS). Parmi les quantités de CO₂ captées, les quantités stockées sont distinguées de celles qui sont utilisées. Les premières viendront alimenter le puits technologique, les deuxièmes servent de matière première aux carburants de synthèse (les puits comptabilisés dans l'industrie se retrouvent donc en émissions dans les secteurs utilisateurs). Aussi, les émissions biogéniques sont calculées de manière à estimer les émissions négatives générées par les BECCS.

L'AME 2024 ne retient que les projets ayant déjà reçu de premiers financements pour 2030 :

- Le projet "K6" sur la cimenterie d'Eqiom à Lumbres, lauréat de du Fonds innovation européen : 245 ktCO₂/an à partir de 2027-2028 pour la première phase puis une seconde phase en 2030 pour un total de 800 ktCO₂/an. Seule la seconde phase a été intégrée à la modélisation au regard des faibles volumes projetés dans la première.

- Le projet "Calcc" sur le site de production de chaux de Lhoist à Réty : 580 kt/an à partir de 2027-2028, également lauréat de du Fonds innovation européen. Ces volumes ont également été comptés uniquement à partir de 2030, par conservatisme.
- Le projet 3D n'est plus compté dans le scénario tendanciel par Arcelor Mittal des feuilles de route 50 sites donc a été écarté.
- A horizon 2050, le potentiel de captage a été évalué en reprenant les scénarios tendanciels des feuilles de route 50 sites ainsi que le scénario ambitieux pour les projets apparaissant les plus crédibles, sans financement supplémentaire : Egiom Lumbres, Lafarge Saint Pierre la Cour, Lafarge Martres-Tolosane, Vicat Montalieu et Calcia Airvault (4,9 MtCO2e)

Tableau 24. Technologies de capture, stockage et utilisation du CO₂

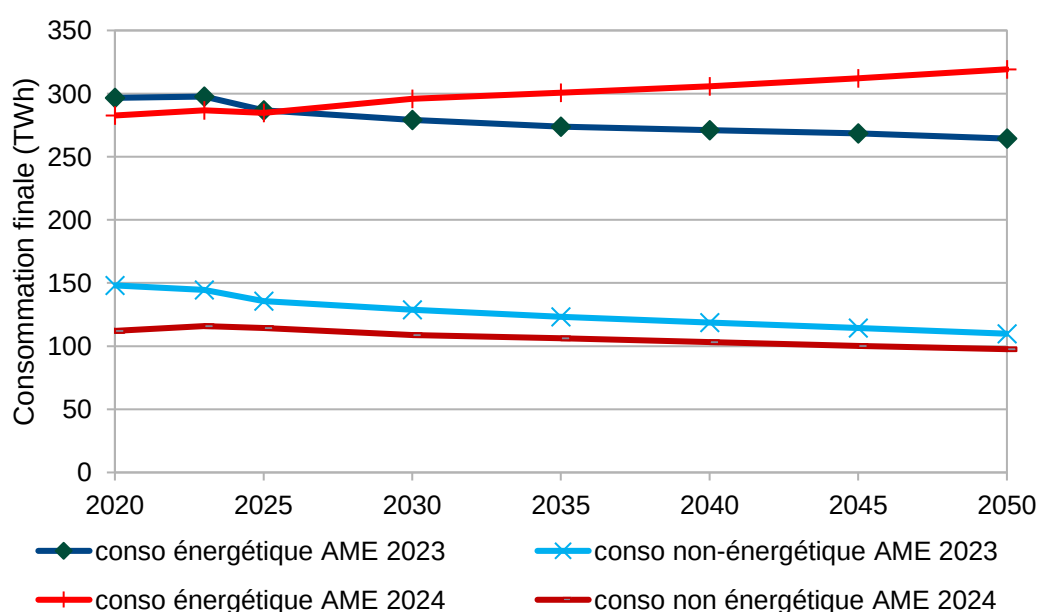
Capture de CO ₂ (MtCO ₂)	AME 2023					
	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Métaux primaires	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Part de CO ₂ biogénique	3 %	3 %	3 %	3 %	2 %	2 %
Part stockée	0 %	15 %	30 %	45 %	60 %	75 %
Part utilisée	100 %	85 %	70 %	55 %	40 %	25 %
Chimie	0,0	0,0	0,4	1,0	1,6	1,9
Part de CO ₂ biogénique	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Part stockée	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Part utilisée	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Non-métalliques	0,0	1,4	2,1	2,7	3,4	4,1
Part de CO ₂ biogénique	14 %	14 %	14 %	14 %	14 %	14 %
Part stockée	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Part utilisée	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Industrie agroalimentaire						
Part de CO ₂ biogénique	19 %	19 %	22 %	25 %	28 %	31 %
Part stockée	80 %	80 %	75 %	70 %	65 %	60 %
Part utilisée	20 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %
Equipement						
Construction						
Autres	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Part de CO ₂ biogénique	61 %	61 %	61 %	60 %	60 %	59 %
Part stockée	80 %	80 %	75 %	70 %	65 %	60 %
Part utilisée	20 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %
TOTAL INDUSTRIE	0,0	1,4	2,5	3,7	5,1	6,4
Production d'électricité	0	0	0	0	0	0
part de CO ₂ biogénique	2,8%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	2,5%
part stockée	80 %	80 %	75 %	70 %	65 %	60 %
part utilisée	20 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %
Production de chaleur	0	0	0	0	0	0
part de CO ₂ biogénique	62 %	62 %	62 %	62 %	62 %	62 %
part stockée	80 %	80 %	75 %	70 %	65 %	60 %
part utilisée	20 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %
Raffinage	0	0	0,1	0,3	0,3	0,4
part de CO ₂ biogénique						
part stockée	80 %	80 %	75 %	70 %	65 %	60 %
part utilisée	20 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %
TOTAL ENERGIE	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,4
DAC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL CO₂ capturé	0,0	1,4	2,6	4,0	5,4	6,8
Dont CCS fossile	0,0	1,2	1,8	2,6	3,1	4,0
Dont CCU fossile	0,0	0,0	0,5	1,1	1,7	2,2

Dont BECCS	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Dont BECCU	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dont DACCS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dont DACCU	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total puits technologique	0,0	1,4	2,1	2,9	3,6	4,6
Total CCU	0,0	0,0	0,5	1,1	1,7	2,2

8) ANALYSE DES RESULTATS

Consommation d'énergie :

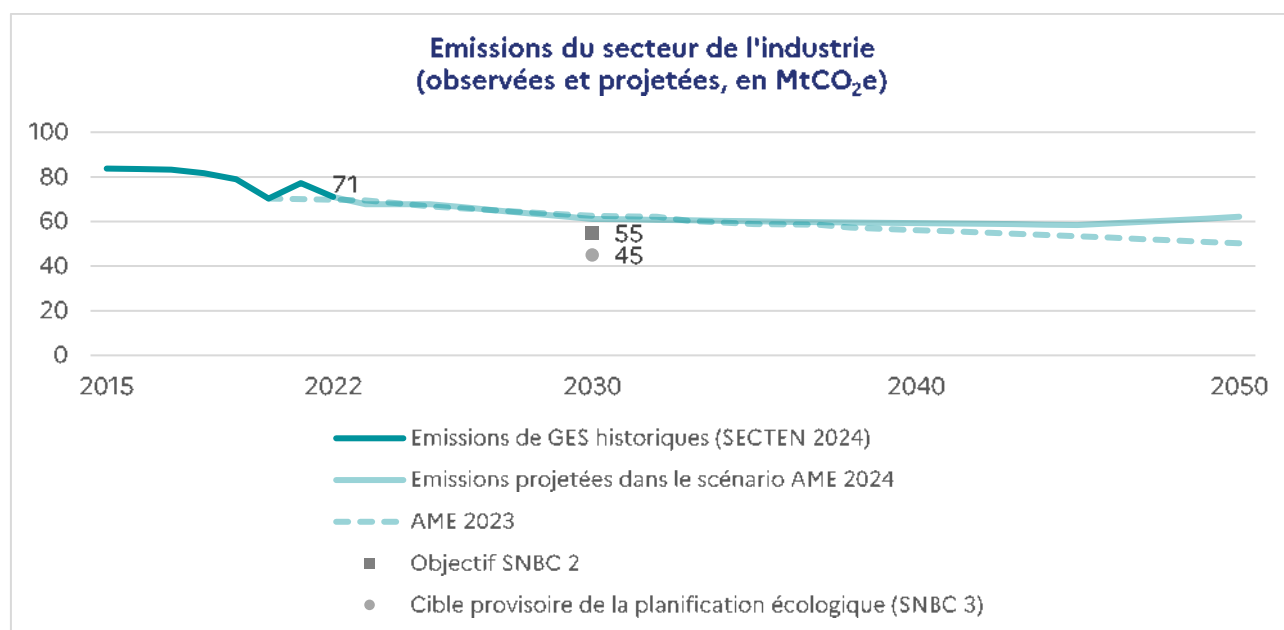
Figure 18. Projections de la consommation énergétique et non-énergétique du secteur industriel (en TWh)



Au total, la consommation non énergétique est légèrement en baisse par rapport à l'AME 2023, notamment de 2025 à 2030, principalement du fait d'un changement méthodologique abaissant la consommation énergétique historique du secteur « autres chimies ». Par contre, la consommation énergétique est tirée vers le haut par la réévaluation à la hausse des facteurs de décorrélation sur l'industrie diffuse.

Gaz à effet de serre :

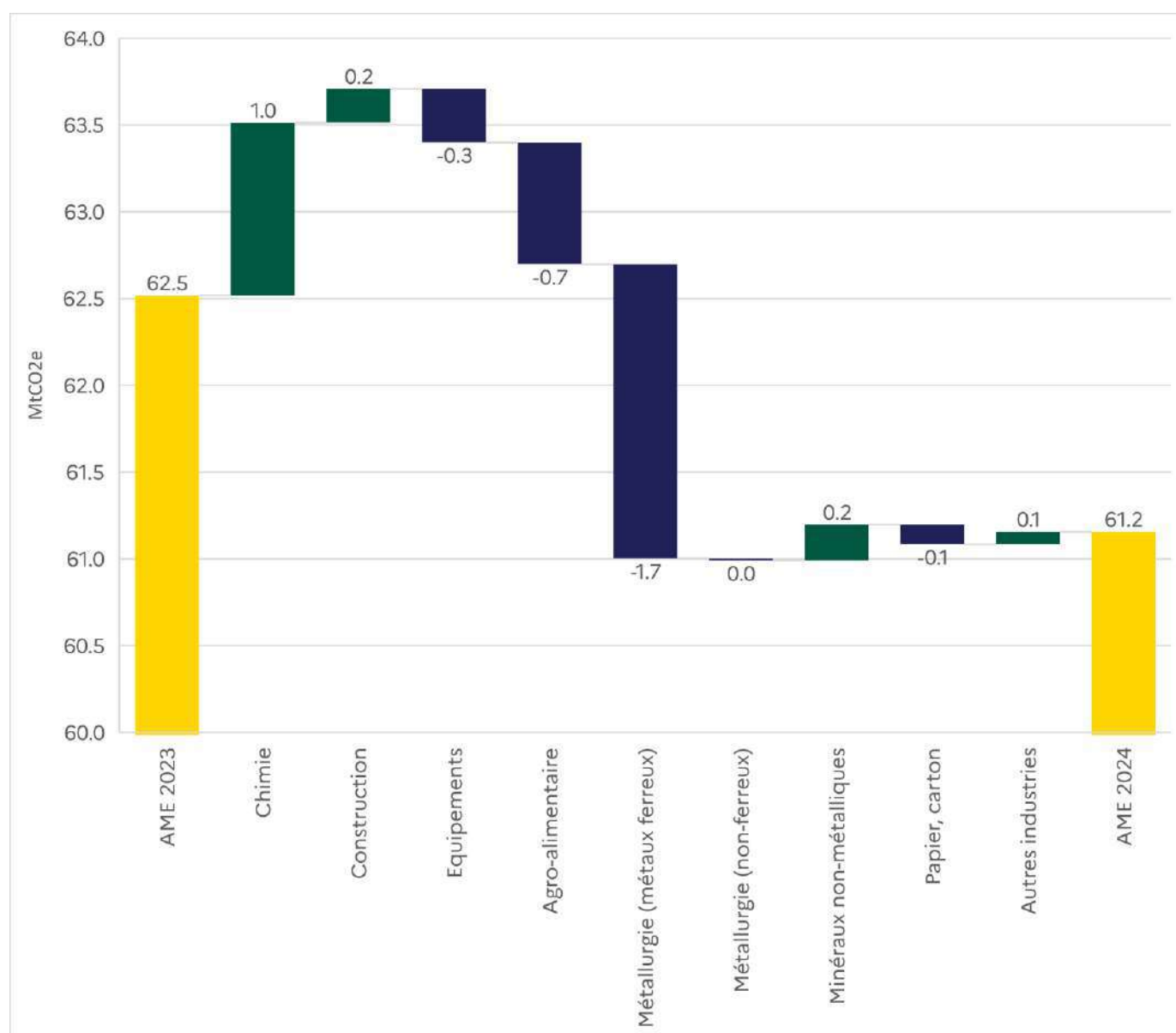
Figure 19: Projections des émissions de l'industrie (en MtCO₂e AR5, périmètre Kyoto)



Dans le scénario AME 2024, les émissions de l'industrie baissent de 14% de 2022 à 2030 pour atteindre 61MtCO₂e. 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 aux débuts de la capture technologique. 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).

En comparaison, l'AME 2024 émet 1,4 MtCO₂e de moins en 2030 et 11,8MtCO₂e de plus en 2050 par rapport à l'AME 2023, principalement du fait de la forte production de e-fuels considérée en AME 2024. Le graphique suivant indique la décomposition de la baisse des émissions de l'AME 2024 par rapport à l'AME 2023 en 2030.

Figure 20: Décomposition de la baisse d'émissions de l'industrie par secteurs entre l'AME 2023 et l'AME 2024 en 2030

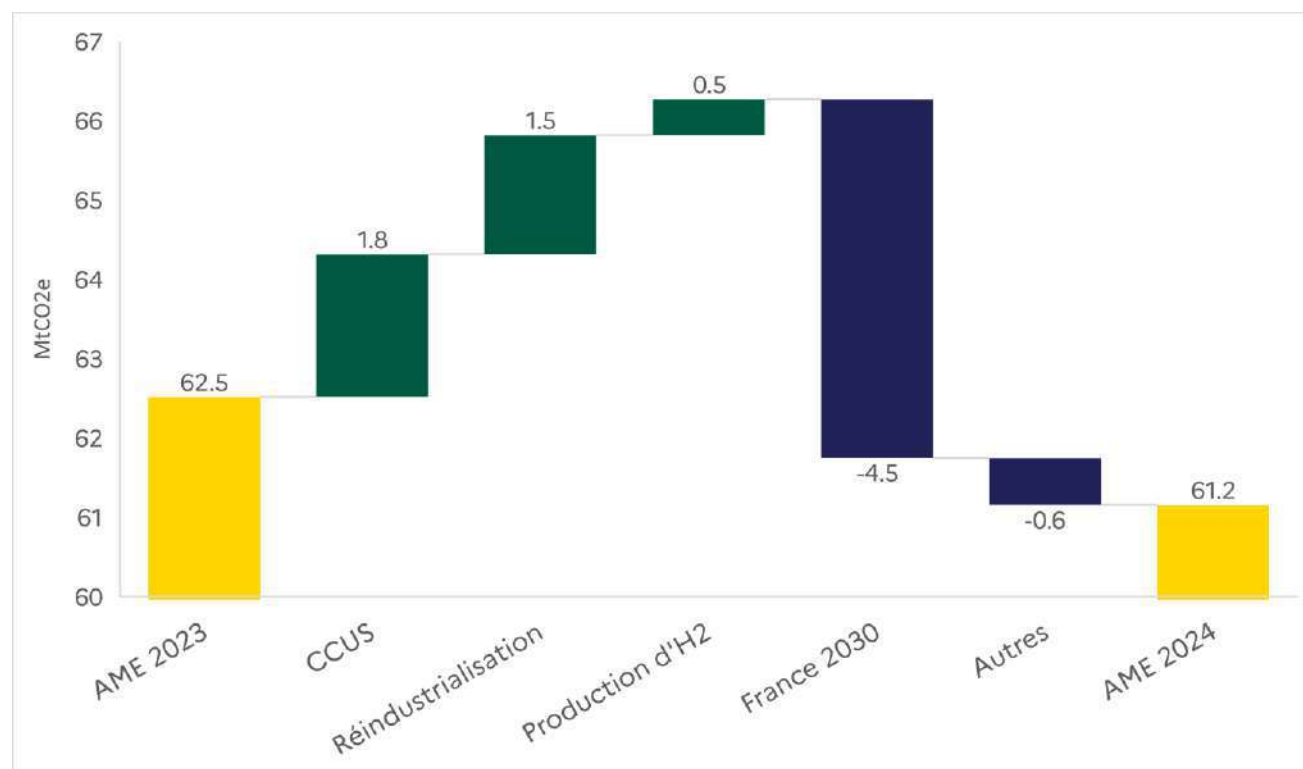


Les évolutions les plus marquantes sont la forte baisse des émissions de la métallurgie (-1,7MtCO₂e), la hausse des émissions de la chimie (+1,0MtCO₂e) et la baisse des émissions de l'agroalimentaire (-0,7MtCO₂e).

- La baisse des émissions de la métallurgie s'explique notamment par le lancement en 2030 de la production annuelle de 3Mt par réduction directe du minerai de fer sur le site de Dunkerque (Arcelor Mittal). Ceci permet donc de décarboner la production de 3Mt d'acier, qui était avant 2030 produite par hauts fourneaux.
- La hausse des émissions de la chimie par rapport à l'AME 2023 provient majoritairement de la production d'H₂ pour produire des carburants synthétiques, l'H₂ étant à 50% produit par vaporeformage du méthane en 2030. Il y a également un volume capté inférieur de 0,2MtCO₂ dans la chimie en AME 2024 par rapport à l'AME 2023.
- La baisse des émissions de l'industrie agroalimentaire par rapport à l'AME 2023 peut s'expliquer par une baisse plus rapide en AME 2024 de la consommation énergétique des produits pétroliers raffinés, en cohérence avec les appels à projet de décarbonation de l'industrie de France 2030.

Il est également possible d'analyser cette baisse des émissions par rapport à l'AME 2023 en ciblant l'impact des politiques et mesures supplémentaires mises en place de Janvier 2022 à fin Décembre 2023.

Figure 21: Décomposition de la baisse d'émissions de l'industrie par politiques et mesures entre l'AME 2023 et l'AME 2024 en 2030



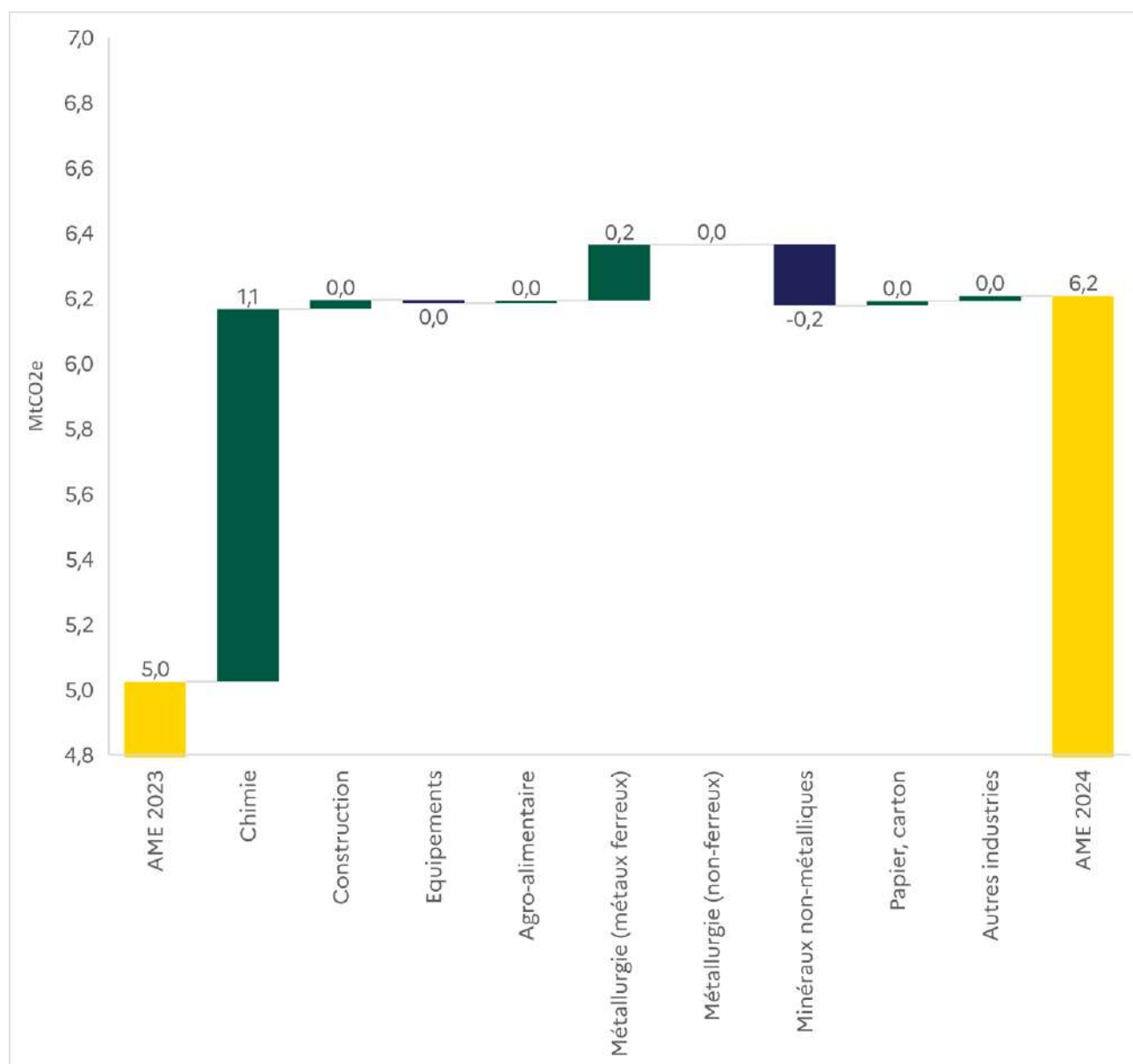
- La majeure partie de la baisse d'émissions s'explique donc par la prise en compte des appels à projets de France 2030 dans cet AME 2024, que ce soit par la décarbonation des mix énergétiques, par une efficacité énergétique accrue ou par des changements de procédés (exemple de la réduction directe du minerai de fer). Cette baisse est cohérente en ordre de grandeur avec la baisse annuelle attendue de 4Mt des émissions industrielles dans le cadre des appels à projets de France 2030¹⁴.
- Un autre effet conséquent est la baisse du volume capté projeté dans l'AME 2024 par rapport à l'AME 2023 (1,4MtCO2 capté en AME 2024 à comparer à 3,2MtCO2 capté en AME 2023). Ceci vient d'un changement de méthodologie dans l'estimation des volumes captés : pour cet AME 2023, seuls les projets « Calcc » et « K6 » ont été considérés, car ils ont déjà reçu des financements européens et sont les plus crédibles à horizon 2030. Le projet 3D a été écarté car Arcelor Mittal ne le considère plus dans le scénario tendanciel des feuilles de route 50 sites.
- Suite à la loi du 23 Octobre 2023 relative à l'industrie verte, les balances commerciales des industries grandes consommatrices d'énergie ont été augmentées, à un niveau intermédiaire entre l'AME 2023 et le scénario « Avec Mesures Supplémentaires » (en cours de construction) résultant en une hausse de 1,5 MtCO2e en 2030.

¹⁴ Rapport du Comité de surveillance des investissements d'avenir, rendu le 30 juin 2023 : https://www.info.gouv.fr/upload/media/organization/0001/01/sites_default/files_contenu_pieci-e-jointe_2023_06_rapport_devaluation_csia_france_2030_vf_-_publique.pdf

- On retrouve également ici l'impact de la production d'H₂ majoritairement par vaporeformage du méthane.

Le tableau ci-dessous montre la décomposition de l'évolution des émissions entre l'AME 2023 et l'AME 2024 en 2050. L'évolution majeure est la très forte hausse de la production d'H₂ dans la chimie pour produire des carburants synthétiques, qui se fait en AME 2024 à 50% par du vaporeformage du méthane (en 2050 comme en 2030).

Figure 22: Décomposition de la hausse d'émissions entre l'AME 2023 et l'AME 2024 en 2050 dans l'industrie



C. Transports

1) CONTEXTE, NOUVELLES MESURES INTEGREES AU SCENARIO

Les transports constituent le premier secteur émetteur de gaz à effet de serre (GES) en France : ses émissions se sont élevées à 131 Mt CO₂e en 2022, soit environ 33 % des émissions nationales, un niveau relativement stable depuis 2009.

Ses deux grands sous-secteurs sont le transport de voyageurs, où les émissions de GES liées aux voitures particulières sont de 69 Mt CO₂e en 2022 et le transport de marchandises, où les émissions de GES liées aux poids lourds représentent 31 Mt CO₂e en 2022 (Citepa, Secten 2024).

Réduire les émissions du secteur des transports nécessite d'agir sur l'ensemble des leviers : maîtrise de la demande, report modal, augmentation du taux d'occupation pour le transport de voyageurs (ou taux de chargement des véhicules pour le transport de marchandises), amélioration de la performance énergétique des moyens de transport, progression de la part de véhicules électriques produits en France et électrification des moyens de transport/utilisation d'énergies décarbonées telles les biocarburants.

Les modélisations du secteur transport reposent sur plusieurs modèles. Les trafics terrestres sont modélisés à l'aide du modèle multimodal de déplacements MODEV du Commissariat général au développement durable (CGDD). Pour la demande de transports de marchandises, le modèle de demande de la DGITM est utilisé. Les trafics aériens sont modélisés à l'aide du modèle de trafic de la Direction générale de l'aviation civile (DGAC). L'électrification des parts de marché des différentes énergies des véhicules sont déterminées en fonction des règlements européens sur les véhicules puis traduites dans le mix du parc roulant à l'aide du modèle de parcs de véhicules de la DGEC.

Nouvelles mesures intégrées à l'AME 2024 : L'AME 2024 intègre plusieurs nouvelles mesures importantes. En particulier, l'AME 2024 intègre les nouveaux règlements européens sur les véhicules qui renforcent les obligations de réduction des émissions des véhicules neufs à horizon 2030 et imposent la fin de vente des voitures et véhicules utilitaires légers thermiques en 2035, ainsi que les règlements Refuel Aviation et Fuel EU Maritime qui imposent des trajectoires d'incorporation de carburants durables. Ces règlements actés dans le cadre du paquet Fit for 55 ont un très fort impact sur la décarbonation du secteur des transports post-2030. A horizon 2030, l'impact est plus limité. Le plan covoiturage adopté en 2022 est également intégré, et mène à une augmentation du taux d'occupation des véhicules par rapport à l'AME 2023.

Mesures non intégrées et ajustements par rapport au précédent AME : Au niveau européen, les règlements non encore actés au 31 décembre (règlement sur les poids lourds) ainsi que les directives non encore transposées en droit français (directives relatives à l'ETS) n'ont pas été intégrées. Certaines mesures ont été intégrées de manière plus conservatrice que dans l'AME 2023. Par exemple, l'objectif de la loi climat-résilience d'avoir 5% maximum des véhicules particuliers neufs pouvant dépasser le seuil de 123 gCO₂/km en 2030 avait été pleinement intégré dans le précédent AME ; ici, étant donné les dernières données disponibles, sa prise en compte est partielle (la moitié de l'objectif est atteint). Concernant les immatriculations des voitures, le niveau des immatriculations jusqu'en 2030 a été abaissé par rapport au précédent AME, en lien avec la baisse constatée depuis 2020. Cette baisse des immatriculations se traduit par un renouvellement du parc moins rapide et donc une moindre électrification du parc roulant.

Le tableau suivant récapitule les principales politiques et mesures intégrées à la modélisation.

Tableau 25. Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Transports

Mode	Mesure	AME 2023	AME 2024	Traduction modélisation (Indirecte = non intégré directement dans les modèles, mais soutient la fixation de certaines hypothèses)
VP	Règlement européen sur les véhicules imposant aux constructeurs des réductions d'émissions sur leurs véhicules neufs vendus sous peine d'amende	Ancien règlement de 2019 (réduction de -37,5% en 2030 par rapport à 2021)	Nouveau règlement de 2023 (-55% de réduction au lieu de -37,5% en 2030) et fin des véhicules thermiques en 2035	Directe
VP	Objectif de la loi climat-résilience : max 5% des véhicules neufs peuvent dépasser 123gCO ₂ WLTP en 2030	Pris en compte	Pris en compte de manière partielle : moitié de la trajectoire entre aujourd'hui et 2030	Directe
VP	Aides et fiscalité incitant au verdissement des véhicules (réajustés chaque année en LF pour la fiscalité) : bonus écologique, leasing social, prime à la conversion, malus CO ₂ et malus poids, taxes sur les véhicules de société	Vient en soutien du règlement sur les véhicules	Vient en soutien du règlement sur les véhicules	Indirecte
VP	Obligation d'incorporation de véhicules à faibles émissions lors du renouvellement des flottes d'entreprises	Vient en soutien de l'atteinte du règlement européen sur les véhicules	Vient en soutien de l'atteinte du règlement européen sur les véhicules	Indirecte
VUL	Règlement européen sur les véhicules	Ancien règlement de 2019 (objectif de réduction de -31% en 2030 vs 2021)	Nouveau règlement (objectif de réduction des émissions de 50% en 2030 et fin de vente des thermiques en 2035)	Directe
VUL	Bonus à l'achat ; obligation de verdissement des flottes	Vient en soutien de l'atteinte du règlement européen sur les véhicules	Vient en soutien de l'atteinte du règlement européen sur les véhicules	Indirecte
PL	Règlement européen sur les PL	Règlement de 2019	Règlement de 2019. (Règlement 2024/1610 non intégré car non acté avant le 31/12/2023)	Directe
PL, bus, cars	Dispositifs de soutien à l'électrification des PL, bus, cars et navettes urbaines	Vient en soutien de l'atteinte du règlement européen sur les véhicules	Vient en soutien de l'atteinte du règlement européen sur les véhicules	Indirecte
Bus et cars	Obligation de verdissements nationales et européennes (directive européenne sur les véhicules propres et règlement européen sur les véhicules lourds)	obligation de verdissement du décret de janvier 2017	Renforcement de l'électrification pour prendre en compte les annonces récentes des constructeurs (en lien avec le règlement 2024/1610, même si non formellement intégré car non acté avant le 31/12/2023)	Directe
Biocarburants terrestres	TIRUERT	Taux d'incorporation stables post-2022	Taux de TIRUERT inscrits dans la loi de finance (jusqu'en 2025) puis stables	Directe

Demande voyageurs et marchandises	Fiscalité	Pas d'ETS2 ; suppression niche fiscale PL à horizon 2030	Pas d'ETS2 (directive non transposée au 31/12/2023) ; maintien de la niche fiscale PL dans l'AME car non supprimée au 31/12/2023	Directe
Demande voyageurs	Transports collectifs	Mesures de la loi d'orientation des mobilités ; 4eme AAP; Grand Paris ; pas de nouvelles LGV en AME	Mesures de la loi d'orientation des mobilités ; 4eme AAP; Grand Paris ; pas de nouvelles LGV en AME	Directe
Demande voyageurs	Mesures en faveur du vélo	Plan vélo ; traduction à travers un X3 de la pratique du vélo	Plan vélo ; traduction à travers un X3 de la pratique du vélo	Directe
Demande voyageurs	Mesures en faveur du covoiturage	Taux d'occupation stable	Plan covoiturage ; prise en compte à travers une hausse du taux d'occupation des véhicules de +2%	Directe
Marchandises	Mesures de soutien au fret ferroviaire	Maintien de l'aide au transport combiné	Maintien de l'aide au transport combiné	Directe
Aviation	Règlement européen Refuel EU sur le développement de carburants durables dans l'aviation	non encore adoptée ; 1% de carburants durables dans le cadre de la feuille de route du secteur	Refuel EU pris intégralement en compte	Directe
Aviation	ETS pour l'aviation	ETS1 (antérieur au Fit55)	ETS1 (antérieur au Fit55); le renforcement de l'ETS1 n'est pas intégré dans le présent AME car n'a pas été encore transposé dans le droit français le 31/12/2023	Directe
Aviation	Corsia	intégré	intégré	Directe
Aviation	Compensation carbone des vols intérieurs	intégré	intégré	Directe
Aviation	Taxe sur les billets d'avion	intégré (au niveau actuel)	intégré (au niveau actuel)	Directe
Aviation	Fin des liaisons aériennes pouvant être réalisées en 2h30 en train	intégré	intégré	Directe
Maritime	Fuel EU Maritime	non	intégré	Directe

2) VEHICULES

Les voitures particulières

- Parcs et immatriculations de voitures

Le parc évolue comme la population. Les immatriculations des véhicules particuliers ont été révisées dans le cadre du présent AME 2024 par rapport à l'AME 2023 pour prendre en compte la baisse des immatriculations observées. Le niveau d'immatriculations est ainsi plus faible dans le présent AME aux horizons 2025 et 2030 (1,9 et 2,0 contre 2,20 et 2,30 millions).

Tableau 26. Parc et immatriculation de voitures particulières

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Parc VP	37,5	37,6	37,9	38,1	38,0	38,4	38,6	38,7	38,7	38,7
Immatriculations VP	2,3	1,7	1,7	1,6	1,9	2,0	2,2	2,3	2,3	2,2

- Mix énergétique et consommations au sein des véhicules neufs

Les projections prennent en compte le nouveau règlement européen Fit 55 qui fixe un seuil de réduction des émissions des voitures neuves de 55% en 2030 par rapport aux émissions de 2021, plus ambitieux que le précédent règlement qui fixait un objectif de 37,5%. Les trajectoires de ventes de voitures électriques sont ainsi réhaussées en projection par rapport au précédent AME : 55% de VE et 5% de VHR contre 30% de VE et 17% de VHR dans le précédent AME. Les parts de marché des voitures électriques ont par ailleurs fortement progressé dans les ventes : 13% de voitures électriques et 8% de VHR en 2022 ; 17% de voitures électriques et 9% de VHR en 2023).

Au niveau des consommations, des trajectoires légèrement plus conservatrices sont retenues pour prendre en compte les dernières données disponibles et les dernières annonces des constructeurs.

Tableau 27. Part de marché par énergie pour les voitures neuves

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Thermiques	97%	89%	82%	79%	67%	40%	0%	0%	0%	0%
dont Essence	63%	57%	59%	62%	53%	32%	0%	0%	0%	0%
dont Diesel	34%	32%	23%	17%	14%	8%	0%	0%	0%	0%
Electrique	2%	7%	10%	13%	26%	55%	100%	100%	100%	100%
Hybride rechargeable	1%	4%	8%	8%	7%	5%	0%	0%	0%	0%

Tableau 28. Part de marché des énergies dans les ventes de voitures neuves

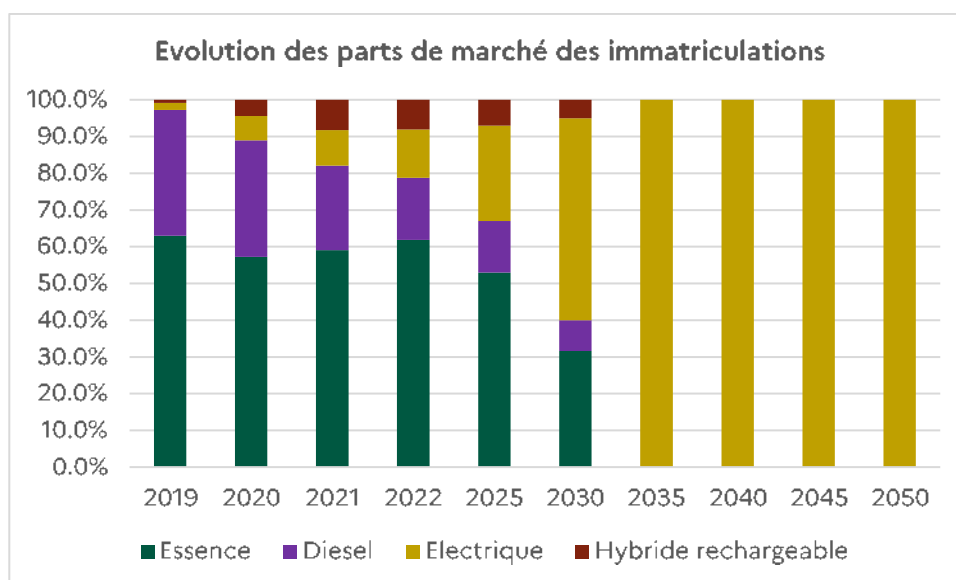


Tableau 29. Consommation moyenne réelle des voitures neuves

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Essence (l/100 km)	6,2	6,1	6,0	5,9	5,7	5,5	-	-	-	-
Diesel (l/100 km)	5,4	5,4	5,4	5,2	5,0	4,9	-	-	-	-
VE (kWh/100 km)	17,8	17,4	17,4	17,4	16,9	16,5	16,4	16,3	16,2	16,1

- Parc roulant de voitures

Même si l'électrification est plus soutenue dans le nouvel AME en lien avec le règlement Fit55, le ralentissement des immatriculations conduit à un ralentissement du renouvellement du parc et donc à un ralentissement du rythme d'électrification exprimé en pourcentage du parc roulant. Par ailleurs l'accroissement de la part de véhicules électriques projetée en fin de période n'a pas le temps de se diffuser massivement dans le parc. Au sein du parc roulant les véhicules électriques représentent ainsi 13% en 2030 contre 12% dans le précédent AME soit une progression de 1 point. La part des VHR est de 3 (contre 9% précédemment). Le ralentissement des ventes, conjuguée à la moindre baisse projetée des consommations a aussi un effet sur la consommation moyenne du parc roulant qui diminue légèrement moins (-12% au lieu de -16%).

Tableau 30. Part de marché des énergies dans le parc roulant de voitures

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Thermiques	99%	99%	98%	97%	92%	83%	63%	39%	21%	12%
dont Essence	29%	31%	33%	34%	39%	54%	48%	31%	16%	9%
dont Diesel	71%	68%	66%	64%	53%	29%	15%	8%	4%	2%
Electrique	0%	0%	1%	1%	4%	13%	33%	58%	78%	88%
Hybride rechargeable	0%	0%	1%	1%	2%	3%	4%	3%	1%	0%

Tableau 31. Consommation moyenne réelle des voitures dans le parc roulant

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Essence (l/100 km)	6,9	6,8	6,8	6,8	6,4	6,0	5,9	5,7	5,6	5,6
Diesel (l/100 km)	6,0	5,9	5,9	5,9	5,8	5,7	5,4	5,4	5,4	5,4
VE (kWh/100 km)	17,8	17,6	17,5	17,4	17,1	16,8	16,6	16,4	16,3	16,3

Les véhicules utilitaires légers

Les projections prennent en compte le nouveau règlement européen de 2023 qui fixe un seuil de réduction des émissions des véhicules utilitaires légers neufs de 50% en 2030 par rapport aux émissions de 2021, plus ambitieux que le précédent règlement qui fixait un objectif de 31 %. Le nouveau règlement acte par ailleurs la fin de vente des véhicules utilitaires légers en 2035.

La prise en compte de ce règlement conduit à une révision à la hausse du taux d'électrification dans les ventes de véhicules neufs de 27% à 50% en 2030 puis à 100% de véhicules électriques en 2050. Au sein du parc roulant cette hausse de l'électrification se traduit par une part de l'électrique dans le parc roulant de 13% en 2030. L'amélioration estimée de l'efficacité énergétique des véhicules thermiques du parc roulant est de 10% entre 2019 et 2030.

- VUL neufs

Tableau 32. Part de marché des énergies au seins des VUL neufs

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Thermiques	98%	98%	97%	95%	84%	49%	0%	0%	0%	0%
Electrique	2%	2%	3%	5%	16%	50%	98%	97%	97%	97%
H2	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	3%	3%	3%

Tableau 33. Consommation moyenne réelle des VUL neufs

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Thermique (l/100km)	7,3	7,0	7,0	7,0	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Electrique (kWh/100km)	30,0	30,0	30,0	30,0	28,8	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6
H2 (kg/100km)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

- Parc roulant de VUL

Tableau 34. Part de marché des énergies au sein du parc roulant de VUL

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Thermiques	99%	99%	99%	99%	97%	87%	64%	34%	14%	7%
Electrique	1%	1%	1%	1%	3%	13%	35%	64%	84%	90%
H2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	3%

Tableau 35. Consommation moyenne réelle des VUL au sein du parc roulant

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Thermique (l/100km)	7,8	7,8	7,8	7,8	7,4	7,0	6,8	6,7	6,5	6,5
Electrique (kWh/100km)	35,0	35,0	35,0	35,0	30,1	28,5	27,9	27,7	27,6	27,6
H2 (kg/100km)	1,6	1,6	1,6	1,6	0,0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

Les poids lourds

Concernant les projections des poids lourds, le règlement européen pris en compte reste celui de 2019. En revanche, l'équilibre d'atteinte de la réduction des émissions des véhicules neufs entre électrification et baisse des consommations est révisé dans le sens de davantage d'électrification et moins d'efficacité énergétique en lien avec les dernières orientations du secteur (futur règlement européen qui fixe des orientations en faveur des véhicules lourds électriques et hydrogène et récentes annonces des constructeurs¹⁵). Les poids lourds électriques représentent 22% des poids lourds neufs en 2030 en AME 2024 contre 8% en AME 2023. La part de poids lourds GNV est limitée à 5% dans le présent scénario. Le temps de diffusion conduit à une part de poids lourds électriques de 7% en 2030 et 19% en 2050. Les gains d'efficacité énergétique sont projetés à 11% pour les véhicules thermiques du parc roulant à horizon 2030.

- Poids lourds neufs

Tableau 36. Part de marché des énergies au sein des poids lourds neufs

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Thermiques	97%	96%	96%	94%	85%	72%	72%	72%	72%	72%
GNV	3%	4%	4%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Electrique	0%	0%	0%	1%	10%	22%	22%	22%	22%	22%
H2	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%

Tableau 37. Consommation moyenne réelle des poids lourds neufs

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Diesel (L/100km)	31,8	31,5	31,2	30,8	29,6	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0
Gaz (kg/100km)	27,7	27,4	27,1	26,8	25,7	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4
Electrique (kWh/100km)	130	130	130	130	125	120	120	120	120	120
H2 (kg/100km)	7,1	7,1	7,0	6,8	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5

- Parc roulant de poids lourds

Tableau 38. Part de marché par énergie des poids lourds du parc roulant

¹⁵ Voir par exemple :

https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20iddri/D%C3%A9cryptage/2023-01-IB0123-biogaz_1.pdf

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Diesel	99%	99%	99%	98%	96%	89%	81%	76%	75%	75%
Gaz	1%	1%	1%	2%	2%	4%	4%	4%	4%	4%
Electrique	0%	0%	0%	0%	1%	7%	15%	19%	19%	19%
H2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%

Tableau 39. Consommation moyenne réelle des poids lourds du parc roulant

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Diesel (L/100km)	33,3	33,0	32,9	32,6	32,0	29,5	28,5	28,0	28,0	28,0
Gaz (kg/100km)	28,0	27,8	27,8	27,8	26,7	25,5	24,7	24,4	24,4	24,4
Electrique (kWh/100km)	136	136	136	136	126	123	121	120	120	120
H2 (kWh/100km)	6,9	6,9	6,9	6,9	6,8	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5

Les autobus et autocars

Le mix énergétique des autobus a été revu par rapport à l'AME 2023 pour intégrer une forte électrification et une très forte réduction de la place du GNV en cohérence avec les orientations du règlement européen renforcé adopté dans le cadre du paquet Fit55. Ce règlement fixe un objectif de 100% d'électrification des autobus urbains neufs vendus à horizon 2035 (90% en 2030). Formellement, l'adoption du règlement est postérieure à la date de prise en compte des mesures. Le taux d'électrification en AME retenu est de 75% en 2030 dans les ventes et 80% en 2050 (prise en compte partielle du règlement). Le mix énergétique des autocars a également été revu pour intégrer davantage d'électrification.

- Autobus et autocars neufs

Tableau 40. Part de marché par énergie des autobus neufs

	2018	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Gazole	81%	61%	54%	24%	12%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
GNV	15%	24%	36%	48%	50%	30%	15%	10%	10%	10%	10%
Electrique	4%	14%	9%	28%	38%	60%	75%	80%	80%	80%	80%
H2	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau 41. Part de marché par énergie des autocars neufs

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Gazole	97%	91%	86%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%
GNV	3%	8%	13%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Electrique	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
H2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau 42. Part de marché par énergie des autobus et autocars neufs (moyenne)

	2018	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Gazole	94%	87%	81%	67%	62%	61%	61%	61%	61%	61%	61%
GNV	5%	8%	16%	24%	25%	20%	15%	13%	13%	13%	13%
Electrique	1%	4%	3%	9%	13%	19%	24%	25%	25%	25%	25%
H2	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

L'aérien : efficacité énergétique et développement des carburants durables

Concernant les consommations énergétiques, il est fait l'hypothèse d'une baisse des consommations énergétiques unitaires de -1,4%/an en projection, similaire à celle des scénarios précédents, en lien avec le renouvellement des flottes.

Concernant le développement des carburants durables, le règlement Refuel Aviation adopté en 2023 est pris en compte dans son intégralité. Cela conduit à une trajectoire de décarbonation très profonde du secteur. La trajectoire d'incorporation des carburants durables croît ainsi à 6% en 2030, 20% en 2035 et 70% en 2050.

Tableau 43. Taux d'incorporation des carburants durables dans l'aérien

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biocarburants	0%	0%	0%	1%	2%	5%	15%	23%	25%	29%
PtL	0%	0%	0%	0%	0%	1%	5%	11%	14%	35%
H2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	6%
kérosène fossile	100%	100%	100%	99%	98%	94%	80%	66%	58%	30%
Consommation totale	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

3) LES TRAFICS

Dans le secteur des transports, les trafics terrestres ont été modélisés par le CGDD avec le modèle MODEV. Les trafics aériens ont été modélisés par la DGAC.

Les trafics voyageurs hexagone

Les trafics terrestres ont été modélisés à l'aide du modèle MODEV, modèle multimodal de déplacements de voyageurs à longue distance prenant en compte l'évolution démographique, la croissance des revenus, les prix, l'offre de transport. Les trafics totaux augmentent de 3% entre 2019 et 2030 et 20% entre 2019 et 2050. La part des transports collectifs (ferrés, et en transports collectifs) croît de 2 points entre 2019 et 2030 et de 5,7 points entre 2019 et 2050. Il est par ailleurs intégré une hypothèse de triplement de la part modale du vélo en lien avec le développement attendu de l'offre. En termes de voyageurs-kilomètres, le trafic voiture reste stable entre 2019 et 2030 et croît de 11% entre 2019 et 2050. En termes de véhicules-kilomètres, le trafic baisse de 2% entre 2019 et 2030 et augmente de 10% entre 2019 et 2050, en lien avec la croissance du taux d'occupation des véhicules de 2%.

Tableau 44. Projection des trafics voyageurs hexagone (Md passagers.kilomètres)

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Voitures	834	669	726	809	822	829	854	879	905	930
TC	173	103	128	166	187	199	220	240	260	280
dont ferrés	112	65	86	118	137	148	164	181	197	213
dont bus et cars	61	38	42	48	50	51	55	59	63	67
Aérien	16	7	10	13	15	15	15	13	14	14
2RM	11	10	10	11	11	11	12	12	12	13
Vélo	6	6	6	6	11	16	16	16	16	16
Total	1040	794	879	1005	1045	1071	1117	1161	1208	1254

Tableau 45. Répartition des trafics voyageurs hexagone (en %)

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
VP	80,2%	84,3%	82,5%	80,5%	78,6%	77,4%	76,5%	75,8%	74,9%	74,2%
TC	16,7%	12,9%	14,6%	16,5%	17,9%	18,6%	19,7%	20,7%	21,5%	22,3%
dont ferrés	10,8%	8,2%	9,8%	11,7%	13,1%	13,8%	14,7%	15,6%	16,3%	17,0%
dont bus et cars	5,9%	4,8%	4,7%	4,8%	4,8%	4,8%	4,9%	5,1%	5,2%	5,3%
Aérien	1,6%	0,9%	1,1%	1,3%	1,4%	1,4%	1,3%	1,2%	1,2%	1,2%
2RM	1,1%	1,2%	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Vélo	0,5%	0,7%	0,6%	0,5%	1,0%	1,5%	1,5%	1,4%	1,3%	1,3%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Les trafics marchandises hexagone

La demande totale en tonnes-km a été modélisée avec un modèle de demande qui relie les trafics de marchandises aux hypothèses d'évolution des autres secteurs (tonnages de production industrielles, évolution de la production et de la consommation agricole par type de produits, évolutions de la construction ...). Le trafic croît de 8% à horizon 2030 et de 14% à horizon 2050. Le partage modal a été modélisé avec le modèle de simulation MODEV. Le partage modal est stable.

Tableau 46. Projection des trafics marchandises hexagone (Gt.km)

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Routier PL	297	287	296	296	308	320	325	329	333	337
Fer	34	31	36	35	35	38	39	39	40	40
Fluvial	8	7	7	7	9	7	7	8	8	8
Ensemble (hors VUL)	339	325	339	338	352	366	371	375	380	385

Tableau 47. Projection des trafics marchandises hexagone (en %)

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Routier	87%	88%	88%	88%	87%	88%	88%	88%	88%	88%
Fer	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Fluvial	3%	2%	2%	2%	3%	2%	2%	2%	2%	2%
Ensemble (hors VUL)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Les trafics aériens (hexagone, outre-mer et soutes internationales)

Les projections du secteur aérien ont été réalisées par la DGAC. Les projections, qui sont particulièrement sensibles aux hypothèses retenues en matière de carburants d'aviation durable (prix¹⁶ et taux d'incorporation, y compris sur les trajets « retours » non couverts par le règlement RefuelEU Aviation, pour les vols extra-communautaires et vols « retour » depuis l'Outre-Mer), prennent également en compte le prix de l'ETS (prix de l'ETS actuel, la transposition de la directive relative au renforcement de l'ETS1 étant postérieure au 31/12/2023), le dispositif Corsia, la compensation carbone sur les vols intérieurs, la taxe sur les billets d'avion. Par ailleurs les projections prennent en compte la fin des liaisons aériennes pouvant être réalisées en moins de 2h30 en train.

A horizon 2030, le trafic hexagonal baisse de 7% par rapport à 2019 (contre une baisse de 5% dans le précédent AME), et le trafic international croît de 20% (contre une hausse de 26% dans le précédent AME). A horizon 2050, le trafic hexagonal diminue de 11% (contre une hausse de 20% dans le précédent AME) et le trafic international croît de 40% (contre un doublement dans le précédent AME). Ces trafics en retrait par rapport au précédent AME sont liés au renchérissement du coût du carburant lié à la forte croissance du développement des carburants durables.

¹⁶ Le niveau de prix retenu est de 1500 €/t à horizon 2050 pour les biocarburants HVO ; 2500€/t pour le BtL, 3250 €/t pour les e-fuels et 4900 €/t pour l'hydrogène.

Tableau 48. Projection des trafics aériens hexagone (Md passagers.km)

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Intérieur hexagone	16,3	7,2	10,1	14,4	14,8	15,2	14,1	13,5	14,4	14,5
Hexagone-OM & intra OM	36,9	19,8	23,3	36,4	40,7	45,3	46,5	48,8	54,9	55,2
International France (1 sens)	184	47	56	128	198	218	222	231	257	259
Total France (2 sens intérieur + 1 sens international)	236,8	74,1	89,4	178,4	253,4	278,4	282,5	292,9	326,4	328,7

Tableau 49. Projection des trafics aériens hexagone, outre-mer et international (index 2019 = 1)

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Trafics hexagone	1,00	0,45	0,62	0,88	0,91	0,93	0,86	0,83	0,89	0,89
Trafics Dom-Com	1,00	0,54	0,63	0,99	1,10	1,23	1,26	1,32	1,49	1,50
Trafics international	1,00	0,26	0,31	0,69	1,08	1,19	1,21	1,26	1,40	1,41
Moyenne	1,00	0,31	0,38	0,75	1,07	1,18	1,19	1,24	1,38	1,39

Les soutes internationales

Pour mémoire, les émissions correspondant aux soutes internationales ne sont pas intégrées dans l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, mais elles y sont mentionnées pour mémoire.

- Les soutes aériennes internationales

Les consommations des soutes aériennes internationales sont estimées en intégrant les projections des trafics et l'évolution des consommations énergétiques. La prise en compte du règlement Refuel Aviation conduit à une forte progression des carburants durables (70% de taux d'incorporation en 2050).

Tableau 50. Consommation des soutes aériennes internationales (TWh)

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
International France										
Biocarburants	0	0	0	0	1	4	11	16	18	20
PtL (e-fuels)	0	0	0	0	0	1	4	7	11	24
H2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
Kérosène fossile	73	30	35	48	71	71	57	46	42	21
Consommation totale	73	30	35	49	73	75	72	70	73	69

- Les soutes maritimes internationales

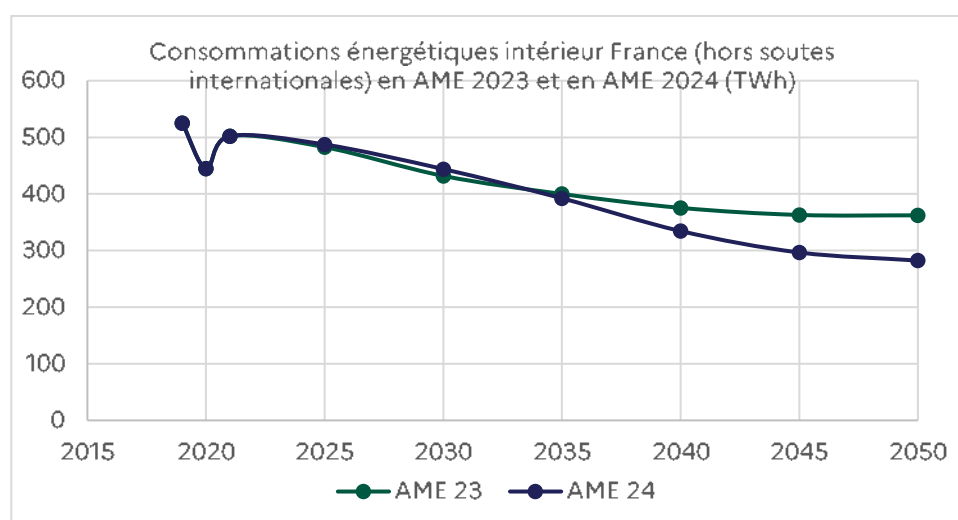
En scénario AME, les consommations énergétiques des soutes maritimes sont baissières, notamment en lien avec des hypothèses de gains d'efficacité énergétique des navires. Le règlement Fuel Maritime conduit à une décarbonation des soutes maritimes. Pour les soutes maritimes, comme aériennes, le besoin en carburants durables au-delà de 2030 est important.

Tableau 51. Consommation des soutes maritimes internationales (TWh)

	2019	2020	2021	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Soutes maritimes internationales	19,7	11,3	12,4	13,5	17,8	16,0	14,6	14,6	14,6	14,6
% e-fuel	0%	0%	0%	0%	0%	1%	8%	21%	63%	74%
% biocarburants	0%	0%	0%	0%	4%	9%	12%	22%	24%	26%

4) ANALYSE DES RESULTATS

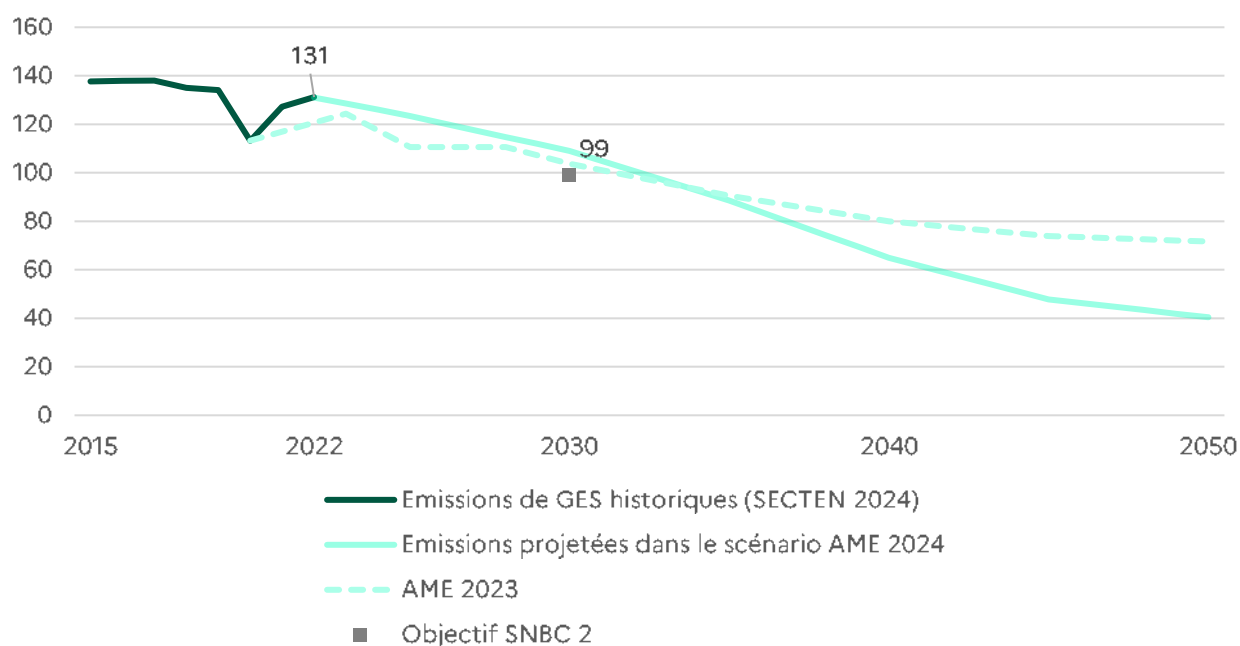
Consommations énergétiques



Dans les projections AME 24, les consommations énergétiques baissent de 15% entre 2019 (année ante-Covid) et 2030, en lien avec les gains d'efficacité énergétique des véhicules et l'électrification du parc roulant (les véhicules électriques étant plus efficaces que leurs homologues thermiques). Cette baisse de consommation énergétique est proche du précédent AME 23. En 2050, les transports consomment presque 100 TWh de moins dans l'AME 2024 que dans l'AME 2023, en lien avec les règlements européens renforcés sur les véhicules.

Gaz à effet de serre

Emissions du secteur des transports domestiques (observées et projetées, en MtCO₂e)



Les émissions de GES baissent de 17% en 2030 par rapport à 2022 en lien avec l'électrification du parc roulant sous l'effet des règlements européens, le renforcement du taux d'incorporation des biocarburants via la TIRUERT et les tendances de baisse des consommations énergétiques. En 2030, les émissions à horizon 2030 dépassent de 10 MtCO₂e l'objectif de la SNBC 2 (109 MtCO₂e au lieu de 99 MtCO₂e).

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 (impliquant notamment la fin de vente des voitures et véhicules utilitaires légers thermiques) et des objectifs de taux d'incorporation de carburants durables dans l'aérien, pour atteindre 40 MtCO₂e en 2050.

Les émissions du secteur des transports dans l'AME2024 sont légèrement supérieures au précédent AME en 2030 : **109 MtCO₂e au lieu de 103MtCO₂e**. Cette légère hausse à l'horizon 2030 par rapport au précédent AME est principalement due au ralentissement de renouvellement du parc roulant (baisse des immatriculations) ce qui freine la pénétration des véhicules électriques et/ou moins émetteurs, et augmente les émissions d'environ 3 MtCO₂e/an en 2030, et aux hypothèses plus conservatrices sur l'efficacité énergétique des véhicules (qui jouent également pour environ 3 MtCO₂e/an en 2030). De 2030 à 2050, les émissions dans le cadre du présent AME baissent beaucoup plus rapidement que dans le précédent AME en lien avec les règlements européens renforcés sur les véhicules et l'aviation (Refuel EU). Les émissions à horizon 2050 sont ainsi de 40 MtCO₂e contre 72 MtCO₂e dans l'AME 2023.

D. Bâtiments

1) CONTEXTE, NOUVELLES MESURES INTEGREES AU SCENARIO

Les **émissions du secteur des bâtiments** sont de 62 Mt CO₂ éq en 2022, ce qui représente 16 % des émissions brutes de la France (Citepa, Secten 2024). Ces **émissions ont entamé une décroissance à partir de la fin des années 2000**. Les **deux sous-secteurs** sont le **résidentiel**, c'est-à-dire les logements (y compris du parc social), responsables de 63 % des émissions du secteur, et le **tertiaire**, regroupant bureaux, surfaces commerciales ou institutionnelles détenus par des acteurs publics (notamment bâtiments de l'Etat et des collectivités locales) et privés, responsable d'environ 37 % des émissions. Dans la comptabilité Secten, seules les émissions directes sont comptabilisées dans ce secteur, les émissions liées à la production d'électricité et de chaleur pour les réseaux étant comptées dans la production et transformation d'énergie, les émissions liées aux matériaux de construction dans l'industrie et celles liées à l'artificialisation des sols dans le puits. Ces émissions indirectes représentent environ la moitié des émissions directes.

Réduire plus rapidement les émissions directes du secteur des bâtiments suppose l'accélération de la dynamique de décarbonation des vecteurs de chauffage et une forte réduction de la consommation d'énergie (notamment par des rénovations performantes, et de la sobriété), avec un enjeu de bouclage en électricité.

Les modélisations du secteur résidentiel reposent sur plusieurs modèles : le modèle Antonio de l'ADEME pour estimer l'évolution du parc de logements, le modèle Res IRF pour modéliser les consommations de chauffage des ménages et un modèle développé par le DGEC pour les consommations hors chauffage. **Les modélisations du secteur tertiaire** reposent sur plusieurs modèles : un modèle développé par le DGEC pour l'estimation de l'évolution de la surface du parc tertiaire, le modèle Vivaldi de l'ADEME pour modéliser les consommations de chauffage des bâtiments tertiaires et un modèle développé par la DGEC pour les consommations hors chauffage (semblable au modèle pour le résidentiel). Les besoins en énergie pour la climatisation, pour le résidentiel et le tertiaire, sont estimés à partir du modèle MICO 3 de l'ADEME.

Nouvelles mesures : L'ensemble des mesures de l'AME 2023 sont considérées dans l'AME 2024, avec quelques modifications dans la prise en compte. Par exemple, les aides Ma Prime Rénov' sont prolongées jusqu'en 2027 dans l'AME 2024, en cohérence avec la loi de programme des finances publiques adoptée fin 2023. Dans l'AME 2023, elles n'étaient prolongées que jusqu'à fin 2022 en cohérence avec le projet de loi finance de l'année 2022. La 6^{ème} période de CEE est considérée dans l'AME 2024 alors que l'AME 2023 s'arrête à la 5^{ème} période. Les hypothèses de respect du décret tertiaire ont également été revues. L'ensemble des modifications entre l'AME 2023 et l'AME 2024 sont présentées dans les parties Résidentiel et Tertiaire dans un tableau comparatif.

Les tableaux suivants montrent les mesures considérées dans la modélisation des secteurs résidentiel et tertiaire :

Tableau 52: Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Résidentiel

		AME 2023	AME 2024	Traduction dans la modélisation
Neuf	Normes de performance	RE2020 (version actuelle) appliquée jusqu'en 2050	RE2020 (version actuelle) appliquée jusqu'en 2050	Directe

Existant	CEE	8€/MWhCumac jusqu'à la fin de la 5 ^{ème} période (31/12/2025)	7,5€/MWhCumac jusqu'à la fin de la 5 ^{ème} période (fin 2025). Prise en compte de la 6 ^{ème} période (2026-2030) avec les mêmes fiches CEE que la 5 ^{ème} période.	Directe
	Fonds chaleur	Prolongement jusqu'à 2022 puis fin (350M€ 2021, 370M€ 2022) soit 41 klgs raccordés en 2021, 43 klgt en 2022	Prolongement jusqu'à fin 2024 puis fin (520M€ en 2023, 850M€ en 2024) soit 45klgs raccordés en 2024, puis 15klgs en 2025 (coupe de pouce CEE et classement automatique des réseaux) puis 4,5klgs de 2026 à 2035 (classement automatique des réseaux uniquement), puis 0	Directe
	Loi climat et résilience, objectif de suppression des passoires	Rénovation de l'ensemble des passoires thermiques du parc locatif en 2028 au niveau D (1/2) ou E (1/2), puis des logements de catégorie E d'ici 2034 au niveau D	Rénovation de l'ensemble des passoires thermiques du parc locatif en 2028 au niveau minimal D, puis des logements de catégorie E d'ici 2034 au niveau minimal D (première classe DPE non soumise à une obligation de décence), avec un taux de respect de 70%, 1 an d'anticipation et 4 ans de retard	Directe
	TVA réduite à 5,5%	TVA réduite à 5,5% contre 10% pour les autres travaux de bâtiments. Supposée maintenue jusqu'en 2050.	Idem AME2023	Directe
	Ma Prime Rénov'	MPR prolongé à son niveau actuel jusqu'à 2022	Refonte de MPR en 2024 ¹⁷ et prolongation jusqu'à 2027	Directe
	Aides Anah sérénité	Prolongation jusqu'à 2022		
	Eco-PTZ	Prolongation jusqu'à 2022	Prolongation jusqu'à 2027	Directe
	EcoPLS	Prolongation jusqu'à 2022	Prolongation jusqu'à 2027	Directe
	décret individualisation frais chauffage	Pas pris en compte	Pas pris en compte	-
	Fin du fioul	Fin de vente de nouveaux systèmes fioul en 2022	Fin de vente de nouveaux systèmes fioul en 2022 et une dynamique de traitement du stock grâce aux aides MPR	Directe

Tableau 53: Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Tertiaire

	AME 2023	AME 2024	Traduction dans la modélisation (Indirecte = non intégré directement dans les modèles, mais soutient la fixation de certaines hypothèses)
--	----------	----------	--

¹⁷ <https://www.anah.gouv.fr/anatheque/le-guide-des-aides-financieres-2024>

Neuf	Normes de performance	RE2020 (version actuelle) appliquée jusqu'en 2050	RE2020 (version actuelle) appliquée jusqu'en 2050	Plus ou moins directe
Existant	CEE	8€/MWhCumac jusqu'à la fin de la 5 ^{ème} période (31/12/2025)	7,5€/MWhCumac jusqu'à la fin de la 5 ^{ème} période (fin 2025). Prise en compte de la 6 ^{ème} période (2026-2030) avec les mêmes fiches CEE que la 5 ^{ème} période.	Indirecte
	Fonds chaleur	Prolongement jusqu'à 2022 puis fin (350M€ 2021, 370M€ 2022)	Prolongement jusqu'à fin 2024 puis fin (520M€ en 2023, 850M€ en 2024). Alignement sur la trajectoire résidentielle	Indirecte
	Décret tertiaire	Uniquement la moitié des surfaces assujetties au décret tertiaire respecte la trajectoire en valeur relative. Sur les 50% restant, une partie va respecter les objectifs en valeurs absolues qui sont moins ambitieuses	Uniquement 48% des surfaces assujetties au décret tertiaire respecte les obligations, que ce soit en valeur absolue (VA) ou relative (VR). Une répartition est faite entre les bâtiments qui atteignent déjà les VA, ceux qui vont atteindre les VR et ceux qui vont atteindre les VA.	Directe
	Fin du fioul	Fin de vente de nouveaux systèmes fioul en 2022	Fin de vente de nouveaux systèmes fioul en 2022	Indirecte

2) RESIDENTIEL

Mesures considérées dans la modélisation

L'AME 2024 s'inscrit globalement dans la continuité de l'AME 2023, en intégrant les mesures existantes les plus récentes. Certains dispositifs sont prolongés jusqu'en 2050, comme les normes de construction neuve de la RE2020. En revanche, les aides budgétaires ne sont pas pérennisées au-delà de l'année 2027, en cohérence avec la loi de programmation des finances publiques adoptée fin 2023¹⁸.

Tableau 54: Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Résidentiel

		AME 2023	AME 2024	Traduction dans la modélisation
Neuf	Normes de performance	RE2020 (version actuelle) appliquée jusqu'en 2050	RE2020 (version actuelle) appliquée jusqu'en 2050	Directe
Existant	CEE	8€/MWhCumac jusqu'à la fin de la 5 ^{ème} période (31/12/2025)	7,5€/MWhCumac jusqu'à la fin de la 5 ^{ème} période (fin 2025). Prise en compte de la 6 ^{ème} période (2026-2030) avec les mêmes fiches CEE que la 5 ^{ème} période.	Directe
	Fonds chaleur	Prolongement jusqu'à 2022 puis fin (350M€ 2021, 370M€ 2022) soit 41 klgs raccordés en 2021, 43 klgt en 2022	Prolongement jusqu'à fin 2024 puis fin (520M€ en 2023, 850M€ en 2024) soit 45klgts raccordés en 2024, puis 15klgts en 2025 (coupe de pouce CEE et classement automatique des réseaux) puis 4,5klgts de 2026 à 2035 (classement automatique des réseaux uniquement), puis 0	Directe
	Loi climat et résilience, objectif de suppression des passoires	Rénovation de l'ensemble des passoires thermiques du parc locatif en 2028 au niveau D (1/2) ou E (1/2), puis des logements de catégorie E d'ici 2034 au niveau D	Rénovation de l'ensemble des passoires thermiques du parc locatif en 2028 au niveau minimal D, puis des logements de catégorie E d'ici 2034 au niveau minimal D (première classe DPE non soumise à une obligation de décence), avec un taux de respect de 70%, 1 an d'anticipation et 4 ans de retard	Directe
	TVA réduite à 5,5%	TVA réduite à 5,5% contre 10% pour les autres travaux de bâtiments. Supposée maintenue jusqu'en 2050.	Idem AME2023	Directe
	Ma Prime Rénov'	MPR prolongé à son niveau actuel jusqu'à 2022	Refonte de MPR en 2024 ¹⁹ et prolongation jusqu'à 2027	Directe
	Aides Anah sérénité	Prolongation jusqu'à 2022		
	Eco-PTZ	Prolongation jusqu'à 2022	Prolongation jusqu'à 2027	Directe

¹⁸ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000048581885>

¹⁹ <https://www.anah.gouv.fr/anatheque/le-guide-des-aides-financieres-2024>

EcoPLS	Prolongation jusqu'à 2022	Prolongation jusqu'à 2027	Directe
décret individualisation frais chauffage	Pas pris en compte	Pas pris en compte	-
Fin du fioul	Fin de vente de nouveaux systèmes fioul en 2022	Fin de vente de nouveaux systèmes fioul en 2022 et une dynamique de traitement du stock grâce aux aides MPR	Directe

Parc de logements

Le parc de logements a été modélisé à partir de l'outil Antonio, développé par l'Ademe, qui permet d'estimer la demande en logements neufs à partir d'hypothèses démographiques et d'occupation du parc.

L'évolution de la population est celle du cadrage du scénario AME (scénario population centrale de l'INSEE), et l'évolution de la taille des ménages passe de 2,17 en 2020 à 1.98 en 2050 (scénario tendanciel du SDES²⁰). Le scénario AME poursuit les tendances récentes pour le taux de résidences secondaires et de logements vacants, tendances accélérées sur la période 2020-2030 dû aux effets rémanents de la crise COVID. Ces taux se stabilisent sur la décennie 2040-2050, en lien avec le ralentissement démographique. Le taux de destruction de logements, la part de maisons individuelles ainsi que la surface moyenne des logements est stable sur la période. Le besoin de logements lié aux situations actuelles de mal-logement est estimé à 988 000 logements²¹, et est résorbé de moitié en 2050.

Tableau 55. Hypothèses AME 2024 sur le parc résidentiel

AME 2024		2020	2030	2040	2050
Démographie	Population totale (Mhab hexagone)	65,3	66,5	67	67
	Personnes par logement	2,17	2,07	2,00	1,98
Destructions - reconstructions	Nb Destructions (milliers)	34	36	39	41
Qualification des résidences principales neuves	% MI dans la construction neuve	45 %	45 %	45 %	45 %
	taille moyenne MI (surface habitable)	115	120	120	120
	taille moyenne LC (surface habitable)	64	68	68	68
Reconversions	Nb de logements créés à partir de surfaces tertiaires existantes (milliers)	5	5	-	-

²⁰ Projections du nombre de ménages à horizon 2030 et 2050 : analyse des modes de cohabitation et de leurs évolutions (<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/projections-du-nombre-de-menages-horizon-2030-et-2050-analyse-des-modes-de-cohabitation-et-de-leurs>)

²¹ Estimations de la Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages du Ministère de la transition écologique

Résidences secondaires	% res sec sur parc total	10 %	11%	11,5%	11,5%
Lgts vacants	taux de vacance des logements	8,14 %	8,76 %	9,38 %	9,38 %
Besoin "en stock" (inadéquation et mal-logement)	Nombre de logements manquant (milliers)	988	823	658	494

L'ensemble de ces hypothèses permet de déduire le besoin de constructions neuves par pas de dix ans. Celui-ci est 385 000 logements par an entre 2020 et 2030, 274 000 entre 2030 et 2040, 95 000 entre 2040 et 2050. La baisse tendancielle est principalement due au ralentissement démographique en fin de période, ainsi qu'une demande en logements vacants et résidences secondaires qui ralentit.

Tableau 56. Résultats AME 2024 sur la construction neuve

AME 2024	2015-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Construction neuve cumulée sur la période	1 759 951	3 852 062	2 739 677	947 061
<i>Dont réponse à l'évolution du nombre de ménages</i>	1 182 763	2 045 474	1 282 174	287 431
<i>dont MI</i>	532 243	920 463	576 978	129 344
<i>dont LC</i>	650 520	1 125 011	705 196	158 087
<i>Dont réponse à l'évolution du nombre de logements vacants</i>	181 000	543 578	450 808	37 026
<i>Dont réponse à l'évolution du nombre de résidences secondaires</i>	225 000	789 872	450 470	45 394
<i>Dont compensation des destructions</i>	171 187	357 337	391 225	413 210
Construction neuve (logements/an)	351 990	385 206	273 968	94 706
<i>Dont résidences principales</i>	270 790	240 281	167 339	70 064

Chauffage

Les consommations énergétiques pour le chauffage sont estimées avec le modèle Res IRF, développé par le CIREN²². Celui-ci vise à décrire l'effet des politiques d'efficacité énergétique sur la dynamique de rénovation énergétique. Le modèle intègre un certain nombre de barrières à l'efficacité énergétique, comme l'effet rebond, les contraintes de crédit, le dilemme propriétaire-locataire et les coûts cachés de la rénovation. Il se concentre actuellement sur les consommations d'énergie (électricité, gaz naturel, fioul domestique, bois-énergie) pour le chauffage. Précédemment, l'AME 2023 était modélisé avec le modèle MENFIS du CSTB. Ce changement de modèle induit de potentiels écarts dans les résultats des modélisations.

Impact du changement climatique

Les hypothèses relatives à l'impact du changement climatique (scénario correspondant au RCP2.6, soit une augmentation de température de l'ordre de 2°C à la fin du siècle) sur le besoin de chauffage et de climatisation ont été modélisées en modifiant annuellement les besoins selon les taux de croissance annuels moyens suivants (calcul DGEC à partir de scénarios climatiques MétéoFrance) :

²² <https://www.centre-cired.fr/res-irf/#:~:text=Res%2DIRF%20est%20un%20mod%C3%A8le,la%20dynamique%20de%20r%C3%A9novation%20%C3%A9nerg%C3%A9tique.>

Nombre de degrés-jour (index 2020)	2020	2025	2030	2040	2050
Evolution de la consommation de chauffage	1,00	0,95	0,91	0,87	0,86

Rénovations :

Le modèle Res IRF fournit le nombre de rénovation par saut de classe énergétique ainsi que le nombre de rénovations dites performantes. Une rénovation est considérée comme performante si elle permet d'atteindre un DPE A ou B voire C si le DPE initial était celui d'une passoire énergétique (F ou G). On constate que le nombre de rénovations performantes chute après 2030 en raison de la fin des aides à la rénovation, puis continue de chuter après 2035 en raison de la fin des obligations de décence (la dernière étant l'obligation de rénovation des logements DPE E en 2034).

Tableau 57. Nombre de rénovations énergétiques performantes

	2020-2025	2025-2030	2030-2035	2035-2040	2040-2045	2045-2050
Moyenne annuelle						
Nombre de rénovations performantes (en milliers/an)	213	280	164	117	95	107

Consommation :

La consommation de fioul décroît linéairement et disparaît autour de l'année 2040; la consommation de gaz diminue 40% entre 2050 et 2020. La consommation d'électricité par les pompes à chaleur est celle qui augmente le plus en relatif (multipliée par 3.6), mais reste assez faible en absolu dans le mix énergétique de 2050. La consommation de bois et de chauffage urbain est globalement stable tandis que la consommation d'électricité joule (pour les convecteurs) est divisée par plus de deux entre 2050 et 2020.

La réduction de consommation énergétique est ainsi globalement portée par une décarbonation des modes de chauffage fossiles vers les pompes à chaleur, beaucoup plus efficaces, et le bois.

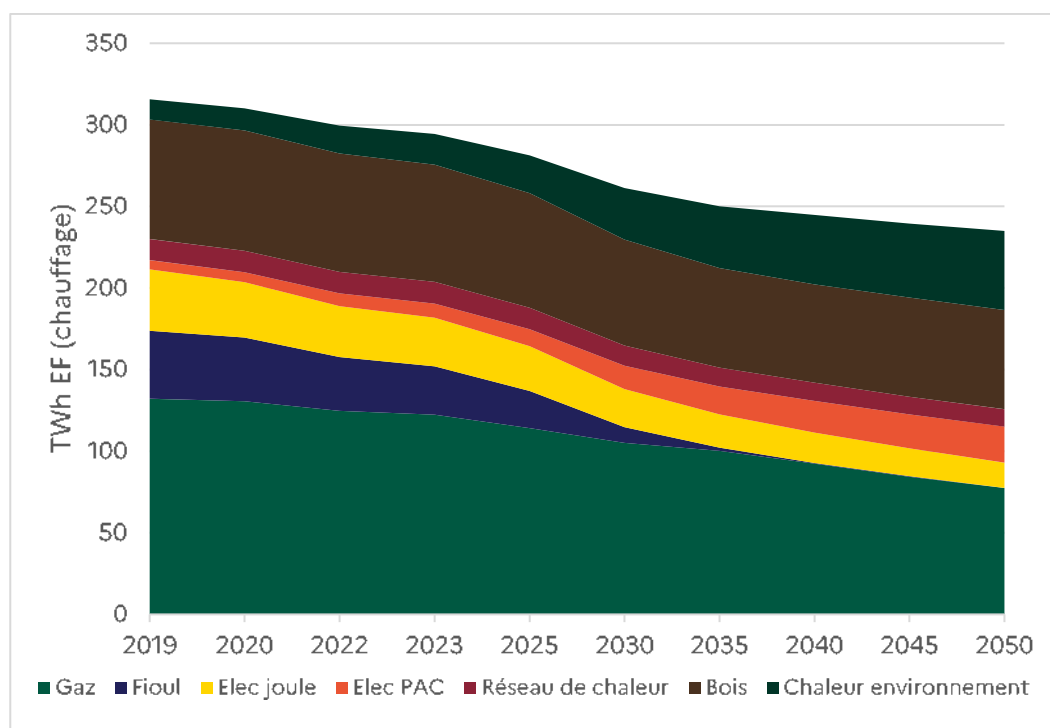


Figure 23. Consommation énergétique de chauffage du parc résidentiel avant recalibration sur les données historiques (TWh EF/an)

Autres usages

Le calcul des consommations hors-chauffage a été réalisé par la DGEC, en fonction des tendances récentes et des scénarios produits par l'ADEME dans le cadre de Transition(s) 2050. Le hors-chauffage comprend l'eau chaude sanitaire (ECS), la cuisson, l'électricité spécifique et la climatisation.

De manière générale, l'évolution de la population est utilisée comme proxy pour évaluer la consommation énergétique du hors-chauffage, à partir des valeurs estimées de consommation par habitant. La consommation par habitant baisse pour l'ECS et la cuisson en raison des améliorations technologiques d'efficacité énergétique. La consommation d'électricité spécifique augmente en raison de l'électrification des usages ainsi que de l'augmentation du nombre d'appareils électroniques par foyers. La consommation de climatisation augmente en raison de besoins croissants en froid. Les données historiques (année 2020) sont issues des données du SDES pour le résidentiel hors chauffage²³.

Les mix énergétiques sont assez stables dans le temps, notamment pour l'eau chaude sanitaire. Le mix de cuisson s'électrifie plus rapidement, en lien avec la réduction de consommation de pétrole/GPL et de gaz. Les consommations d'électricité spécifique et de climatisation sont, par hypothèse, considérées comme exclusivement électriques.

²³ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/consommation-denergie-par-usage-du-residentiel>

Tableau 58. Consommation d'eau chaude sanitaire dans le résidentiel, avant recalibration sur les données historiques

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ECS (kWh/hab/an)	778	750	750	740	740	740	740
Population métropolitaine (Mhab)	65,3	65,9	66,5	66,8	67,0	67,1	67,0
Consommation (TWh énergie finale)	50,8	49,4	49,8	49,5	49,6	49,7	49,6

	Électricité	PAC/CET	Réseau de chaleur	Pétrole/GPL	Gaz naturel	Biomasse	Renouvelables thermiques
2020	42,0%	4,0%	7,0%	12,0%	32,3%	0,7%	2,0%
2025	41,5%	5,0%	7,5%	11,2%	31,8%	1,0%	2,0%
2030	42,0%	7,9%	7,4%	7,8%	31,4%	1,0%	2,5%
2035	42,7%	11,8%	7,2%	4,0%	30,7%	1,1%	2,5%
2040	43,5%	13,0%	7,0%	3,3%	29,5%	1,2%	2,5%
2045	44,2%	15,0%	6,7%	2,3%	28,0%	1,3%	2,5%
2050	45,0%	17,5%	6,6%	0,0%	27,0%	1,4%	2,5%

Tableau 59. Consommation d'énergie pour la cuisson dans le résidentiel, avant recalibration sur les données historiques

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Cuisson (kWh/hab/an)	386	350	340	330	320	310	300
Population métropolitaine (Mhab)	65,3	65,9	66,5	66,8	67,0	67,1	67,0
Consommation (TWh énergie finale)	25,2	23,1	22,6	22,1	21,5	20,8	20,1

	Électricité	Pétrole/GPL	Gaz réseau
2020	45,5%	18,3%	36,2%
2025	50,3%	14,2%	35,6%
2030	55,0%	10,0%	35,0%
2035	57,8%	8,8%	33,5%
2040	60,5%	7,5%	32,0%
2045	63,3%	6,3%	30,5%
2050	66,0%	5,0%	29,0%

Tableau 60. Consommation d'électricité spécifique dans le résidentiel, avant recalibration sur les données historiques

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Electricité spécifique (kWh/hab/an)	1 165	1 154	1 143	1 158	1 174	1 190	1 207
Population métropolitaine (Mhab)	65,3	65,9	66,5	66,8	67,0	67,1	67,0
Consommation (TWh énergie finale)	76	76	76	77	79	80	81

La climatisation est modélisée par le modèle MICO 3 développé par l'Ademe, qui distingue les besoins en fonction de la zone climatique pour l'hexagone.

Tableau 61. Consommation de climatisation dans le résidentiel

TWh par zone climatique	2020	2030	2040	2050
H1A	0,1	0,3	0,5	0,8
H1B	0,1	0,3	0,4	0,5
H1C	0,5	1,1	1,6	1,6
H2A	0,0	0,0	0,0	0,1
H2B	0,1	0,3	0,4	0,5
H2C	0,4	0,9	1,3	1,0
H2D	0,3	0,7	0,8	0,7
H3	2,0	4,4	5,4	4,0
Martinique	0,1	0,2	0,3	0,4
Guadeloupe	0,2	0,3	0,4	0,4
Guyane	0,1	0,1	0,2	0,2
Mayotte	0,0	0,1	0,1	0,2
La Réunion	0,2	0,3	0,7	1,2
Total en TWh	4,0	9,0	12,0	11,4

Résultats

Cette décarbonation des modes de chauffage permet de largement réduire les émissions de gaz à effet de serre. La part des produits pétroliers disparaît presque complètement en 2050. L'électricité et la chaleur environnement (via les pompes à chaleur) sont dominantes.

Les émissions sont ainsi réduites de 31% entre 2030 et 2022 et de 55% entre 2050 et 2022. Les émissions continuent de diminuer après 2030 sous l'effet des obligations de rénovation (rénovation des logements avec un DPE E en 2034 (21% du parc des logements en 2023 d'après le SDES²⁴). Les systèmes de chauffage continuent de se décarboner : alors qu'il restait 1 M 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%).

Par rapport à l'AME 2023, les émissions sont rapidement inférieures (autour de 2030) en raison des mesures énoncées ci-dessus et des changements de modèles. Voir partie 3) *Comparaison entre l'AME 2023 et l'AME 2024 pour les bâtiments* pour une analyse détaillée.

²⁴ SDES, Le parc de logements par classe de performance énergétique au 1er janvier 2023

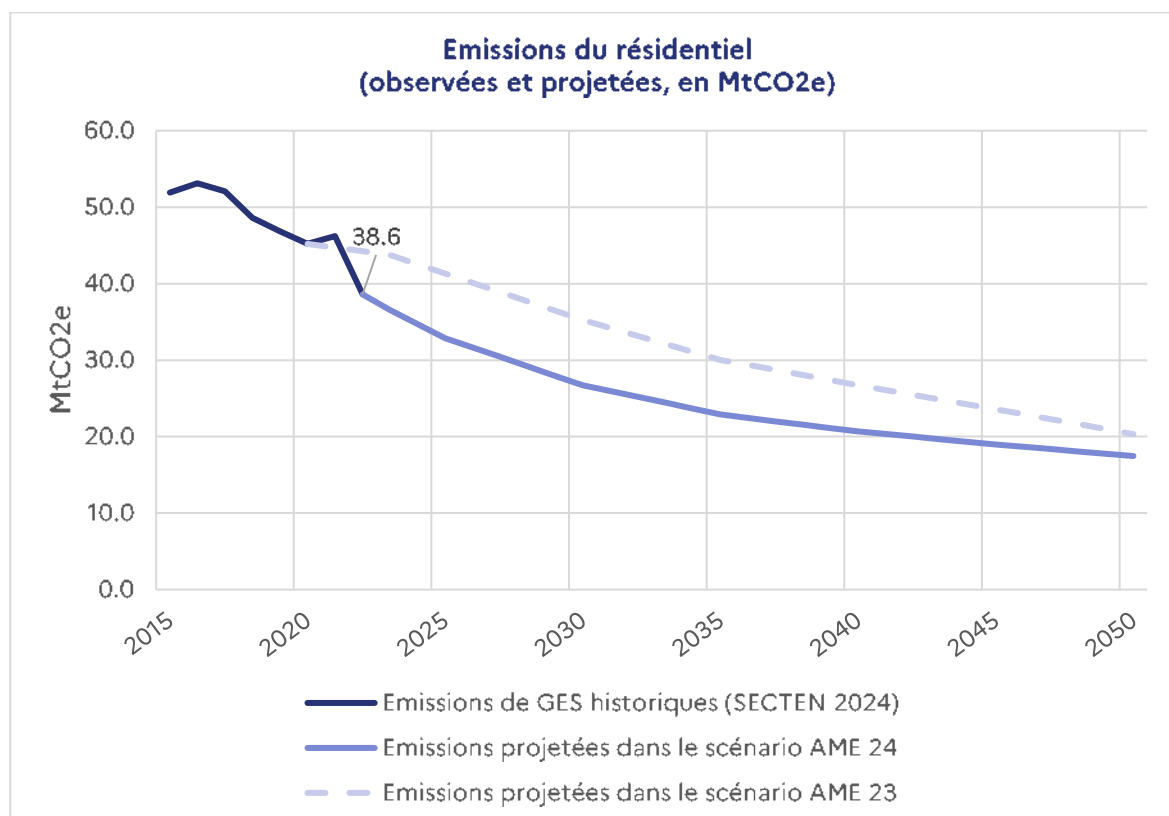
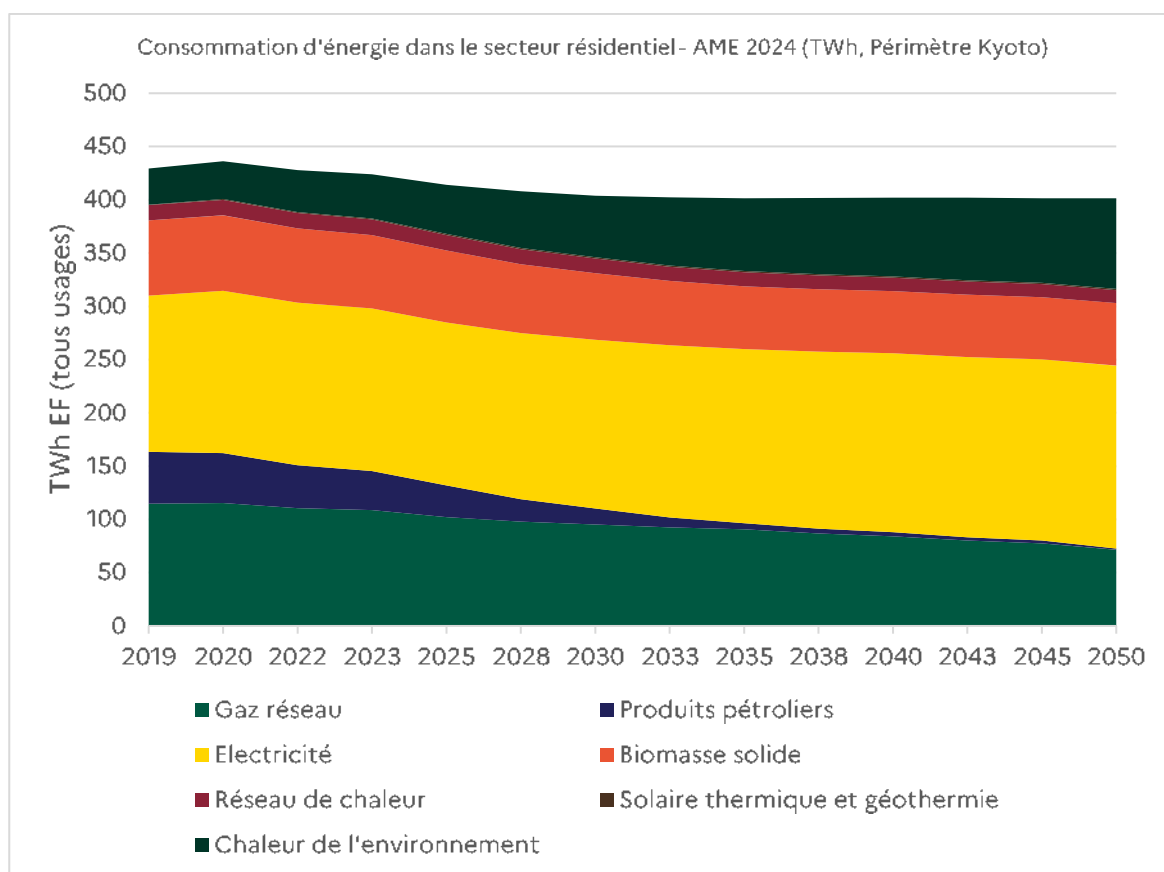


Figure 24. Consommation énergétique totale du parc résidentiel (TWh EF/an) et émissions de gaz à effet de serre (MtCO₂e/an)

3) TERTIAIRE

Mesures considérées dans la modélisation

		AME 2023	AME 2024	Traduction dans la modélisation (Indirecte = non intégré directement dans les modèles, mais soutient la fixation de certaines hypothèses)
Neuf	Normes de performance	RE2020 (version actuelle) appliquée jusqu'en 2050	RE2020 (version actuelle) appliquée jusqu'en 2050	Plus ou moins directe
Existant	CEE	8€/MWhCumac jusqu'à la fin de la 5 ^{ème} période (31/12/2025)	7,5€/MWhCumac jusqu'à la fin de la 5 ^{ème} période (fin 2025). Prise en compte de la 6 ^{ème} période (2026-2030) avec les mêmes fiches CEE que la 5 ^{ème} période.	Indirecte
	Fonds chaleur	Prolongement jusqu'à 2022 puis fin (350M€ 2021, 370M€ 2022)	Prolongement jusqu'à fin 2024 puis fin (520M€ en 2023, 850M€ en 2024). Alignement sur la trajectoire résidentielle	Indirecte
	Décret tertiaire	Uniquement la moitié des surfaces assujetties au décret tertiaire respecte la trajectoire en valeur relative. Sur les 50% restant, une partie va respecter les objectifs en valeurs absolues qui sont moins ambitieuses	Uniquement 48% des surfaces assujetties au décret tertiaire respecte les obligations, que ce soit en valeur absolue (VA) ou relative (VR). Une répartition est faite entre les bâtiments qui atteignent déjà les VA, ceux qui vont atteindre les VR et ceux qui vont atteindre les VA.	Directe
	Fin du fioul	Fin de vente de nouveaux systèmes fioul en 2022	Fin de vente de nouveaux systèmes fioul en 2022	Indirecte

Parc

Sur la base du cadrage macro-économique (PIB, population, emploi tertiaire) ainsi que des tendances récentes de surfaces par employés et par branche (moyenne 2015-2019, données Sitadel, Insee, estimations d'emploi), les projections de parc (en surfaces) ont été calculées par la DGEC.

Pour le scénario AME, on considère une baisse de 0,65%/an pour les bureaux liés au télétravail jusqu'en 2030 traduisant des effets rémanents du COVID²⁵ puis stabilisation.

On considère également une évolution de la répartition de l'emploi tertiaire entre les branches, en lien avec le vieillissement de la population, et les tendances observées sur les dernières années. Une partie de l'emploi de bureau, de l'enseignement recherche et du commerce est transférée vers la branche santé et action sociale.

La combinaison entre l'évolution de la masse salariale par branche et de l'évolution de la surface par employé par branche permet ainsi d'estimer les besoins en surface par pas de dix ans.

²⁵ « Pour 41 % d'entreprises souhaitant gagner des mètres carrés grâce au travail à distance de leurs salariés et deux jours de télétravail hebdomadaires instaurés, la réduction du parc atteindrait 6,5 % », source : <https://www.lesechos.fr/industrie-services/immobilier-btp/teletravail-le-parc-de-bureaux-francilien-pourrait-fondre-de-2-a-12-en-dix-ans-1280390>

Tableau 62. Evolution du parc tertiaire en AME 2024

En milliers de m ²	2020	2030	2040	2050
Bureaux Administration	287 334	275 542	276 002	269 747
Café Hôtel Restaurant	67 244	69 862	70 898	70 213
Commerce	184 230	188 846	189 053	184 659
Enseignement Recherche	167 107	169 585	168 013	162 344
Santé Action Sociale	179 200	197 027	210 960	219 829
Sport Loisir Culture	56 508	58 708	59 579	59 004
Transport	41 815	43 442	44 087	43 661
Total	983 437	1 003 011	1 018 592	1 009 457

A partir de ces estimations, il est possible de déterminer les besoins en construction neuve. Les rythmes de destruction (en % du parc pour chacune des catégories) ont été gardés constants par rapport à la période 2010-2015. On fait également l'hypothèse que des surfaces ne peuvent pas être transférées d'une branche à l'autre (si le nombre de surface de bureaux diminue, elles ne peuvent pas se substituer à la construction neuve de surfaces hospitalières, par exemple). Le besoin en construction neuve est donc la somme entre les surfaces détruites, qui doivent être reconstruites, avec le besoin en nouvelles surfaces lié à une augmentation de la demande en m² pour une branche.

Tableau 63. Construction neuve dans le tertiaire (post-2020)

En milliers de m ²	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Bureaux Administration	6 206	6 412	5 962
Café Hôtel Restaurant	4 554	3 048	2 042
Commerce	13 164	8 970	8 772
Enseignement Recherche	5 841	3 412	3 381
Santé Action Sociale	22 460	19 028	14 324
Sport Loisir Culture	3 337	2 052	1 199
Transport	2 715	1 774	1 146
Total sur la période (10 ans)	58 278	44 696	36 825

Chauffage

Le modèle tertiaire Vivaldi de l'ADEME a été utilisé pour calculer l'évolution des consommations de chauffage des bâtiments tertiaires. Ce modèle donne une représentation technique du parc de bâtiments pour chaque branche et modélise l'évolution des intensités de consommation (en kWh/m²/an). Ces intensités évoluent en fonction d'hypothèses sur le mix énergétique et sur le respect du décret tertiaire. Elles permettent ensuite de calculer une consommation finale du parc tertiaire. Cette méthodologie de modélisation basée sur les intensités de consommation (en kWh/m²/an), elles-mêmes conditionnées au respect du décret tertiaire, permet de prendre en compte implicitement les effets du réchauffement climatique, de la sobriété et d'un potentiel effet rebond sur la consommation finale du secteur.

Décret tertiaire (dispositif éco-énergie tertiaire, DEET)

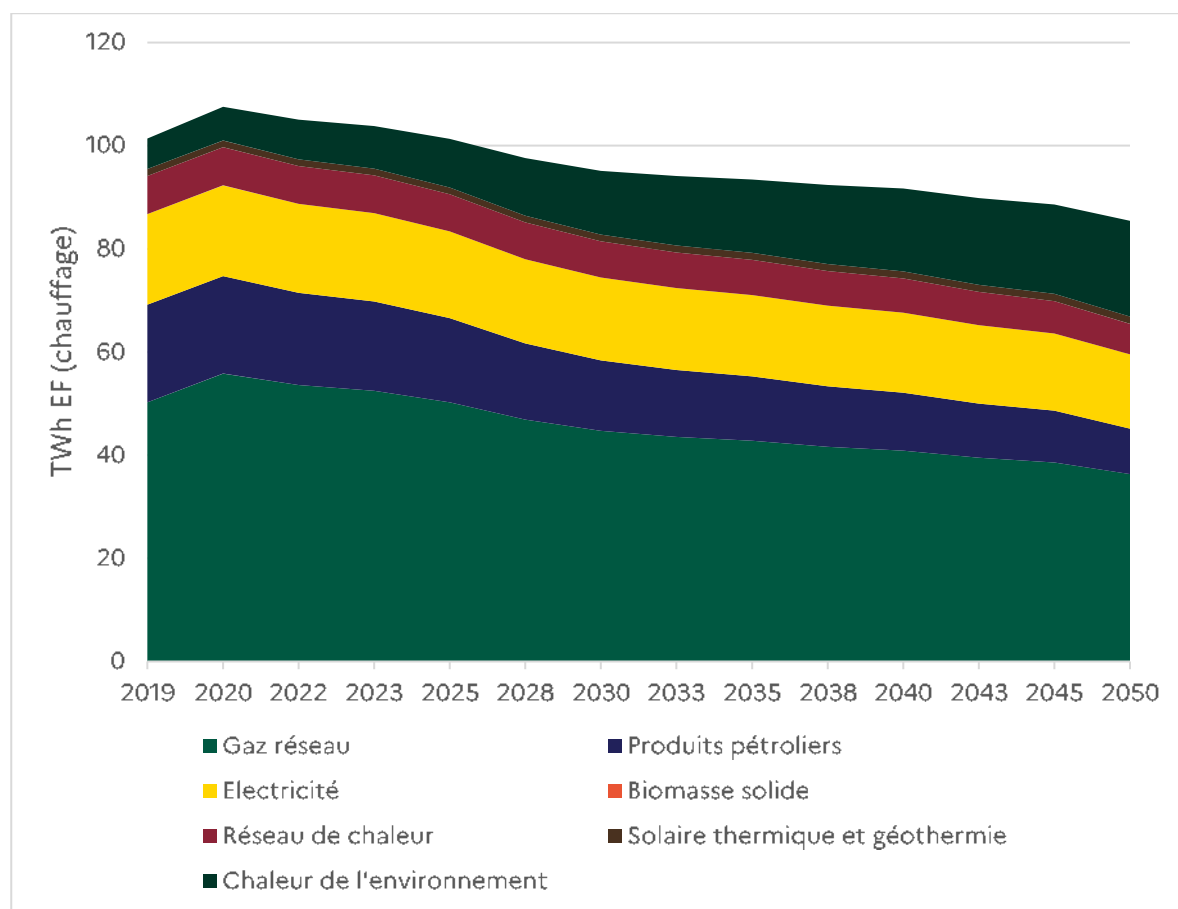
Le décret tertiaire représente la mesure la plus structurante du secteur, adoptée depuis 2019²⁶. Il impose aux surfaces tertiaires de plus de 1000m² des réductions de consommation d'énergie finale de 40% en 2030, 50% en 2040 et 60% en 2050 par rapport à une année de référence fixée entre 2010 et 2019 ou, à défaut, le respect de valeurs seuils appelées valeurs absolues. Sont assujetties les surfaces publiques (Etat et collectivités locales) comme privées. Dans le scénario AME2024, on considère pour chaque branche, un taux de respect du décret pour les surfaces assujetties. Ce taux atteint 48% à l'échelle du parc assujetti, toutes branches confondues. En effet, l'AME2024 prend en compte le risque qu'une partie significative des surfaces échappe à leur obligation, malgré les mesures de contrôle et de sanction mises en place au 31 décembre 2023. A l'échelle du parc global (surfaces assujetties et non assujetties), cela correspond à 38% du parc qui respecte les obligations du décret tertiaire. Par ailleurs, les assujettis ayant le choix entre le respect du décret via des valeurs relatives (-40%, -50% et -60%) ou via des valeurs absolues, et sachant que certains atteignent déjà ces valeurs absolues, le gain énergétique effectif grâce au décret tertiaire ne sera pas strictement de -40%, -50% et -60% mais sera plus faible. Nous avons retenu les gains énergétiques suivants : -33% en 2030 vs. 2010, -43% en 2040 vs. 2010 et -53% en 2050 vs. 2010.

Le modèle Vivaldi estime l'évolution des trajectoires de consommation en kWh/m²/an à partir de ces hypothèses sur le respect du décret tertiaire ainsi que sur la construction neuve et les changements de vecteurs énergétiques. Pour le moment, ce modèle ne traduit pas les économies d'énergie calculées en nombre de rénovations énergétiques de bâtiments tertiaires.

Enfin, le graphique suivant permet de constater l'évolution de la consommation énergétique pour le chauffage par vecteur énergétique pour le parc tertiaire, en énergie finale. La consommation totale baisse d'environ 35% sur la période 2020-2050 (hors chaleur environnement), avec un mix qui se décarbone progressivement via la réduction de consommation de fioul et de gaz. La consommation d'électricité paraît stable mais dissimule une réduction de la consommation d'électricité dite joule (consommation par les convecteurs électriques) au profit d'une consommation d'électricité pour les pompes à chaleur.

²⁶ Décret n° 2019-771 du 23 juillet 2019 relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire

Figure 25. Consommation énergétique de chauffage du parc tertiaire (TWh EF/an), avant recalibration sur les données historiques



Autres usages

Comme pour le résidentiel, le calcul des consommations hors-chauffage a été réalisé par la DGEC, en fonction des tendances récentes et des scénarios produits par l'ADEME dans le cadre de Transition(s) 2050. Le hors-chauffage comprend l'eau chaude sanitaire (ECS), la cuisson, l'électricité spécifique et la climatisation.

Pour le tertiaire, c'est l'évolution de la surface totale qui est utilisée comme proxy pour évaluer la consommation énergétique du hors-chauffage ainsi que les trajectoires d'économies d'énergie retenues pour le décret tertiaire. En effet, on considère d'une part les bâtiments qui ne respectent pas le décret tertiaire : dans ce cas, l'intensité de consommation en kWh/m²/an reste constante dans le temps et la consommation finale évolue car indexée sur l'évolution de la surface totale. D'autre part, on considère les bâtiments qui respectent le décret tertiaire : dans ce cas, on applique les gains énergétiques présentés ci-dessus aux consommations par m² et on indexe également sur l'évolution de la surface totale pour obtenir la consommation finale. En sommant ces deux valeurs, on obtient la consommation finale totale des bâtiments tertiaires pour les usages hors chauffage.

Grâce à l'application du respect du décret tertiaire pour une partie du parc, la consommation finale pour l'ECS (eau chaude sanitaire), la cuisson et l'électricité spécifique diminue. La demande en climatisation, modélisé par le modèle MICO 3 de l'ADEME, augmente en revanche très fortement, en lien avec le réchauffement planétaire. Cette demande est différenciée en fonction des zones climatiques, avec une croissance très forte dans certains territoires. Les régions les plus au nord de

la France ont également une demande importante en climatisation (H1A, H1B, correspondant au tiers Nord de l'hexagone).

En lien avec la décarbonation du mix énergétique du chauffage, le mix énergétique de l'ECS se décarbone, avec une électrification progressive des usages. Le mix de cuisson est plus stable, avec toujours la moitié de la consommation énergétique issue du gaz en 2050.

Tableau 64. Consommation d'eau chaude sanitaire dans le tertiaire

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ECS (kWh/m ²) – hors DEET	24	24	24	24	24	24	24
ECS (kWh/m ²) – suivant DEET	24	20	17	15	14	13	11
Surface tertiaire (Mm ²)	983	993	1 003	1 011	1 019	1 014	1 009
Consommation (TWh énergie finale)	24	23	21	21	21	20	19

	Electricité (PAC incluses)	Gaz réseau	Pétrole/GPL	Bois	Réseau de chaleur urbain	Solaire thermique
2020	30,0%	47,0%	14,9%	0,6%	6,5%	1,0%
2025	32,6%	44,5%	13,9%	0,7%	7,3%	1,0%
2030	35,2%	42,0%	13,0%	0,8%	8,0%	1,0%
2035	36,6%	41,6%	12,0%	0,9%	8,0%	1,0%
2040	38,0%	41,1%	11,0%	0,9%	8,0%	1,0%
2045	39,0%	40,6%	10,5%	1,0%	8,0%	1,0%
2050	40,0%	40,0%	10,0%	1,0%	8,0%	1,0%

Tableau 65. Consommation d'énergie pour la cuisson dans le tertiaire

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Cuisson (kWh/m ²) – hors DEET	12	12	12	12	12	12	12
Cuisson (kWh/m ²) – suivant DEET	12	10	8	8	7	6	6
Surface tertiaire (Mm ²)	983	993	1 003	1 011	1 019	1 014	1 009
Consommation (TWh énergie finale)	12	11	11	10	10	10	10

	Electricité (PAC incluses)	Gaz	Pétrole/GPL	Bois
2020	38,1%	49,1%	12,2%	0,6%
2025	39,3%	49,1%	11,1%	0,6%
2030	40,4%	49,0%	10,0%	0,6%
2035	40,4%	49,0%	10,0%	0,6%
2040	40,4%	49,0%	10,0%	0,6%
2045	40,4%	49,0%	10,0%	0,6%
2050	40,4%	49,0%	10,0%	0,6%

Tableau 66. Consommation d'électricité spécifique dans le tertiaire

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Elec spé (kWh/m ²) – hors DEET	71	71	71	73	76	78	81
Elec spé (kWh/m ²) – suivant DEET	71	60	49	45	41	38	34
Surface tertiaire (Mm ²)	983	993	1 003	1 011	1 019	1 014	1 009
Consommation (TWh énergie finale)	70	67	63	63	64	64	64

L'évolution de la consommation pour l'électricité spécifique est en partie indexée sur l'évolution des besoins pour les terminaux professionnels. Ces besoins augmentent entre 2020 et 2050 et sont issus des modélisations de la DGEC pour le secteur du numérique (voir **Encadré 2. Modélisation de l'empreinte carbone du numérique**).

Tableau 67. Consommation de climatisation dans le tertiaire

TWh par zone climatique	2020	2030	2040	2050
H1A	3,2	3,7	4,5	5,8
H1B	0,9	1,1	1,6	2,3
H1C	1,4	1,7	2,3	3,2
H2A	0,2	0,2	0,3	0,5
H2B	1,0	1,2	1,5	2,1
H2C	1,2	1,4	2,0	2,7
H2D	0,4	0,4	0,6	0,7
H3	2,3	2,7	3,6	4,2
Martinique	0,2	0,2	0,2	0,3
Guadeloupe	0,2	0,2	0,2	0,3
Guyane	0,1	0,1	0,2	0,2
Mayotte	0,0	0,0	0,0	0,0
La Réunion	0,4	0,4	0,5	0,6
Total en TWh	11,5	13,4	17,4	22,8

Hors CEREN

En plus des consommations pour le chauffage et les autres usages (ECS, cuisson, électricité spécifique, climatisation), l'AME 2024 considère les consommations électriques dites « Hors Ceren » c'est-à-dire des consommations qui ne rentrent pas dans les branches considérées ci-dessus. Il s'agit notamment de l'éclairage public, de la consommation des centres de données et des réseaux, de la consommation générale des parties communes d'immeubles, des télécommunications, des entrepôts frigorifiques, des grands établissements de recherche, etc. Cette consommation est estimée à 43TWh en 2020. L'évolution de ces consommations est estimée en s'inspirant des scénarios de Transition(s) 2050 de l'ADEME.

Pour les centres de données, une nouveauté par rapport à l'AME 2023 est la modélisation des consommations induites grâce à un outil de modélisation de la DGEC (voir encadré). La consommation d'électricité pour les data center passe de 13 TWh en 2020 à 20TWh en 2030 et 27 TWh en 2035 et jusqu'à 63 TWh en 2050 dans l'AME 2024, contre 23 TWh en 2050 dans l'AME 2023. En effet, les prévisions les plus récentes (étude ADEME-ARCEP, bilan prévisionnel des consommations de RTE, AIE) tablent sur une augmentation beaucoup plus rapide de la consommation de centres de données que ce qui a été prévu en 2020 (28 TWh en 2035 pour RTE).

L'impact de l'essor de l'intelligence artificielle et du big data, mal quantifié à ce jour, reste un driver important des consommations futures à moyen terme. Cette forte augmentation s'inscrit dans un contexte de forte installation de centres de données sur le territoire, principalement en Ile de France et dans la région PACA. La consommation électrique des réseaux augmente également singulièrement en raison du déploiement des réseaux 5G et 6G (à partir de 2030 – 2035), pour atteindre presque 8TWh en 2030 (dont 5,5TWh uniquement pour les réseaux mobiles), contre 4TWh en 2020.

Encadré 2. Modélisation de l'empreinte carbone du numérique

L'empreinte carbone du numérique s'élevait à 17,2 MtCO₂e en France en 2020 (étude Ademe-Arcep), soit 2,5 % de l'empreinte carbone nationale. La SNBC3 comportera une section transversale dédiée aux enjeux spécifiques du numérique avec des leviers de décarbonation.

Dans ce cadre, un outil de modélisation de l'empreinte carbone du numérique a été développé, principalement basé sur le cadre méthodologique établi dans l'étude de l'Ademe et de l'Arcep en trois volets parus en 2022 et 2023, à partir de la consultation de nombreux experts et acteurs en lien avec ces sujets. Il est repris pour l'AME 2024.

La modélisation structure le champ du numérique en trois grandes « tiers » : les terminaux (équipements de communication, de divertissement, appareils connectés...), les réseaux (filaires et mobiles) et les centres de données. Si le secteur du numérique oblige à évaluer la trajectoire de décarbonations du numérique sous l'angle de l'empreinte carbone (78% de l'empreinte en 2020 provient de la phase de fabrication), la modélisation permet d'informer l'exercice de la SNBC3 au périmètre « inventaire » (comptabilisation des émissions territoriales uniquement), en particulier à travers l'évolution de la consommation énergétique des réseaux, des datacenters et des terminaux.

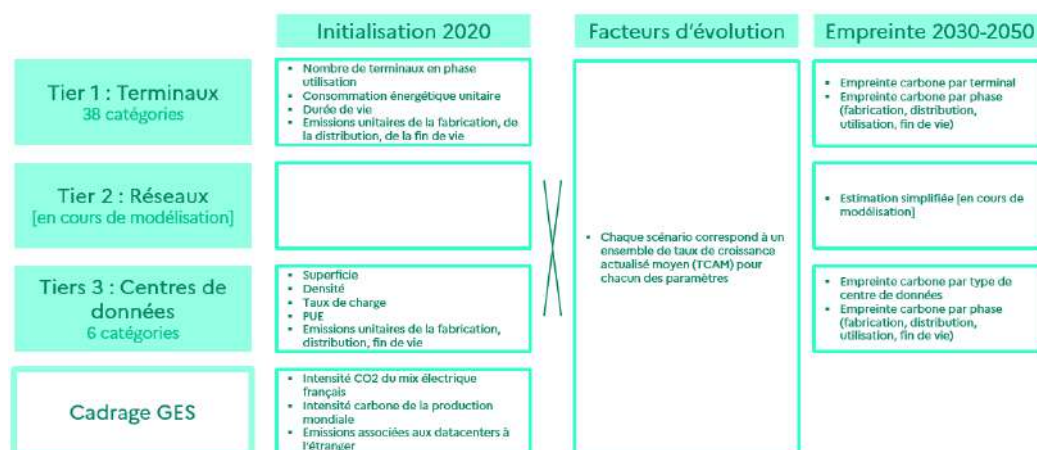
Les principales hypothèses numériques du scénario AME 2024 sont les suivantes :

Terminaux : hausse du nombre de terminaux actifs (+33% d'ordinateurs portables en 2030, +48% de tablettes en 2050, +22% de smartphones en 2050, explosion de l'IoT). Amélioration de l'efficacité énergétique des terminaux (-22% pour les ordinateurs) et hausse de la consommation unitaire en raison d'une hausse de leur taille (+31% en 2030 pour les smartphones). Stabilité de la durée de vie des équipements.

Réseaux : Développement des réseaux 4G et 5G suivant le cahier des charges actuel et sous l'hypothèse d'une hausse du volume de données (entre 5 et 14 fois plus de trafic mobile en 2030 / 2020). Développement de la 6G à partir de 2030 (hausse de la consommation d'énergie à partir de 2035). Evolution tendancielle de la consommation d'énergie des réseaux fixes.

Centres de données : Diminution des centres de données publics et nationaux et des centres de données d'entreprises au profit de centres de données commerciaux. Développement d'HPC et d'hyperscales en lien avec le déploiement de nouveaux usages (IA, mondes virtuels...) et explosion du edge. Hausse de la surface totale de DC installés (+38% en 2030, +154% en 2050) en lien avec la hausse du trafic de données dans les DC (+50 à 60% en 2030) et la relocalisation d'unités. Amélioration du PUE (-20% en 2030, convergence vers 1.2 en 2050), du taux de charge et de la densité.

Figure 26. Description du fonctionnement du modèle numérique utilisé pour le calcul des trajectoires de l'empreinte carbone du secteur et pour la consommation énergétique des terminaux, datacenters et réseaux.



Résultats

Si la consommation de chauffage diminue fortement, la consommation hors-chauffage augmente notamment pour l'électricité spécifique et les centres de données. Cela a pour effet d'augmenter la consommation finale du secteur tertiaire à horizon 2050. L'électricité est l'énergie principale pour le secteur tertiaire en 2050.

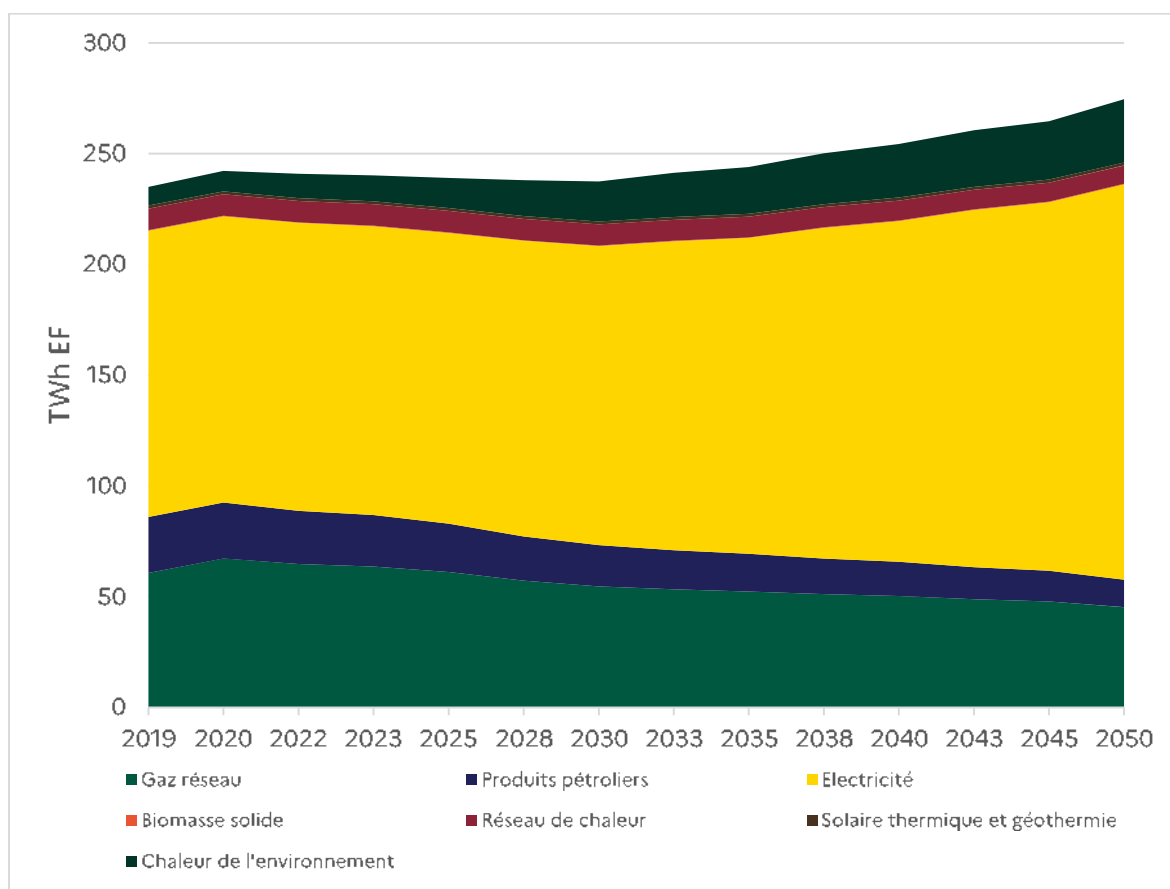


Figure 27. Consommation énergétique totale du parc tertiaire (TWh EF/an)

Les émissions du parc tertiaire sont réduites de 27% entre 2030 et 2022 et de 47% entre 2050 et 2022. Les émissions continuent de diminuer après 2030 sous l'effet du décret tertiaire (respect des valeurs relatives de -50% en 2040 et -60% en 2050 ou des valeurs absolues).

Les projections d'émissions du secteur sont proches de l'AME 2023 bien que légèrement plus faibles.

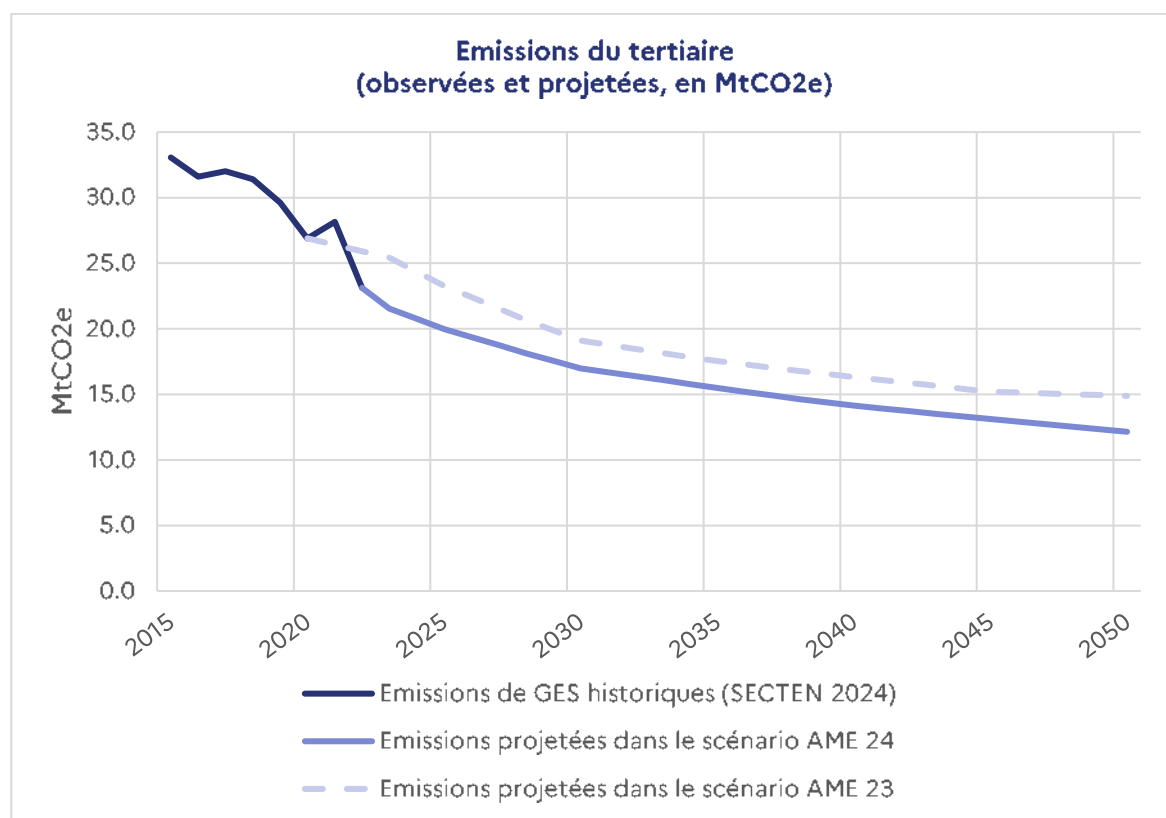


Figure 28. Projections d'émissions de GES totales du parc tertiaire (MtCO₂e/an)

4) ANALYSE DES RESULTATS

Les émissions du secteur bâtiments atteignent **44 MtCO₂e** en 2030, soit -29% par rapport à 2022. L'AME 24 atteint l'objectif fixé dans la SNBC 2 de 46 MtCO₂e. Les émissions continuent de diminuer après 2030 :

- Pour le résidentiel, sous l'effet des obligations de rénovation (rénovation des logements avec un DPE E en 2034 (21% du parc des logements en 2023 d'après le SDES²⁷). Les systèmes de chauffage continuent de se décarboner : alors qu'il restait 1 M 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%).
- Pour le tertiaire, sous l'effet du décret tertiaire (respect des valeurs relatives de -50% en 2040 et -60% en 2050 ou des valeurs absolues).

Le point de passage en 2050 est **30 MtCO₂e**, soit -52% par rapport à 2022.

²⁷ SDES, Le parc de logements par classe de performance énergétique au 1er janvier 2023

L'AME 2024 est significativement meilleur que l'AME 2023 en termes d'émissions de GES. En effet, en 2030, l'AME 2024 prévoit **9 MtCO₂e** en moins que dans l'AME 2023 pour le secteur bâtiment ; en 2050, l'écart est de **4,4 MtCO₂e**.

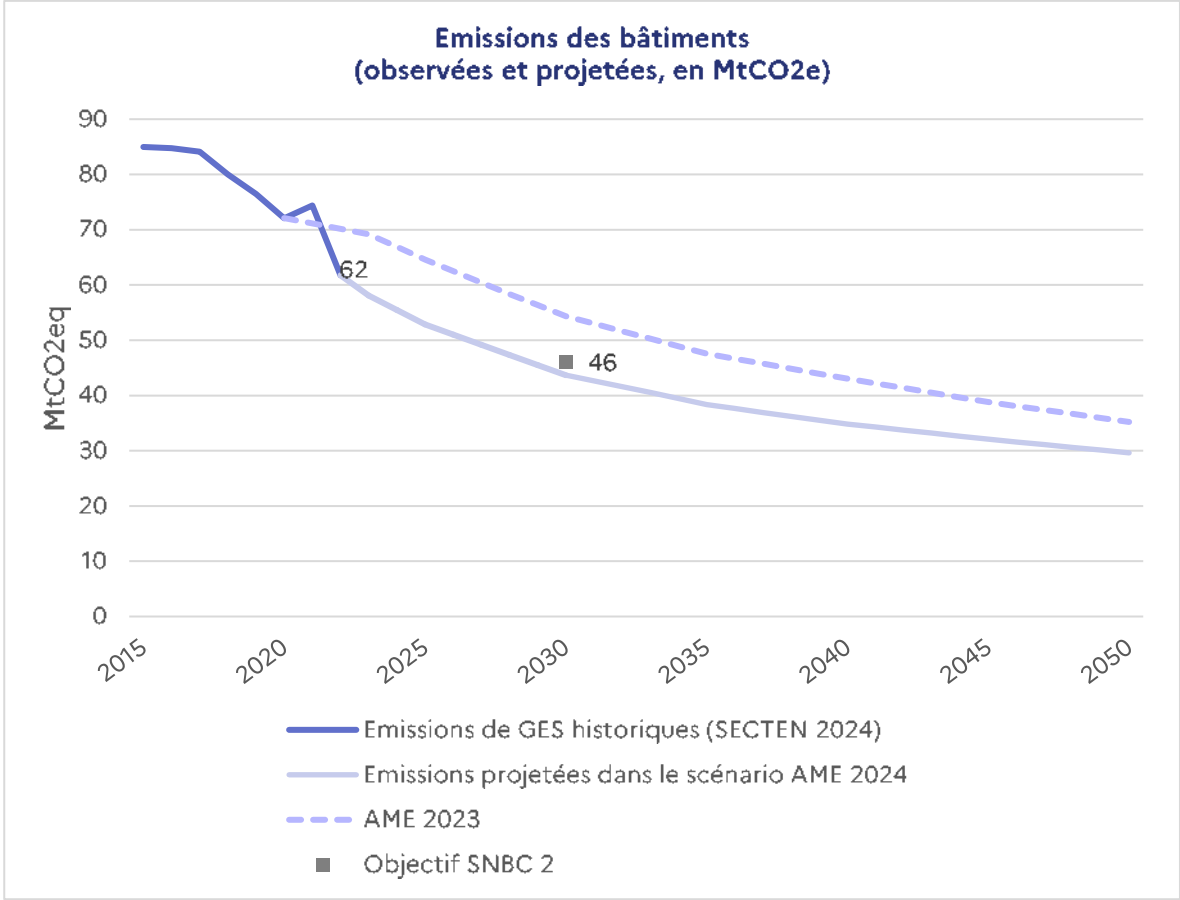


Figure 29. Evolution des émissions du secteur des bâtiments en Mt CO₂e (source : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, CITEPA, Secten 2024 ; modélisations DGEC)

Ces écarts s'expliquent par :

- Le changement de l'année de référence, avec une baisse importante des émissions historiques sur les dernières années
- L'intégration de nouvelles mesures, et notamment de la prolongation d'aides à la rénovation énergétique
- Le changement des modèles dans le résidentiel et le tertiaire pour le chauffage

Changement de l'année de référence :

Dans l'AME 2023, l'année de référence des données de consommation pour le calibrage était 2019. Les consommations et émissions de l'année 2022 étaient donc modélisées. Pour l'AME 2024, la dernière année historique disponible est l'année 2022 (Secten 2024 pour les émissions et SDES pour les consommations). L'année de référence des données de consommation pour le calibrage est donc 2022.

L'écart entre la donnée modélisée (AME 2023) et la donnée réelle (AME 2024) est de 6.6 MtCO₂e.

	AME 2023 (modélisé)	AME 2024 (Secten 2024)
2022	68,3 MtCO ₂ e	61,7 MtCO ₂ e

L'année 2019 (année de référence de l'AME 2023) et l'année 2022 (année de référence de l'AME 2024) ont des profils de consommation et d'émissions très différents : l'année 2022 est une année

record pour le secteur des bâtiments avec une baisse significative de la consommation énergétique et des émissions (-12.6 MtCO₂e en 2022 par rapport à 2021, Secten 2024). Cette baisse s'explique par un hiver doux en 2022 (baisse des consommations de chauffage), par la mise en place d'un plan sobriété dans le tertiaire et le résidentiel (« Je baisse, j'éteins, je décale ») et par une crise des prix de l'énergie. Ainsi, bien qu'une baisse des émissions ait été modélisée dans l'AME 2023 (-1.3 MtCO₂e entre 2021 et 2022), celle-ci n'atteint pas la baisse d'émissions réelles (-12.6 MtCO₂e entre 2021 et 2022). L'AME 2024 ayant comme année de référence l'année 2022, cette baisse conséquente est bien prise en compte.

Ainsi, en recalibrant la trajectoire d'émissions de l'AME 2023 sur les émissions réelles de l'année 2022, on obtient la trajectoire suivante :

Une part importante de l'écart est comblée par cette recalibration sur l'année de référence 2022 (5.1 MtCO₂e).

Le changement des modèles et d'hypothèses dans le résidentiel et le tertiaire pour le chauffage :
Le reste des écarts s'expliquent par le changement de modèles et d'hypothèses entre l'AME 2023 et l'AME 2024 dans les deux sous-secteurs résidentiel et tertiaire.

- **Résidentiel :** Les mesures considérées dans l'AME 2024 sont légèrement plus ambitieuses que celles considérées dans l'AME 2023 (refonte de MPR en 2024, prolongation des aides pour la rénovation pendant 3 ans au lieu d'un an, ajout de la 6^{ème} période CEE, obligation de décence minimum à D, prolongation du fonds chaleur, etc.). Par ailleurs, les consommations de chauffage de l'AME 2024 ont été modélisées par le modèle Res IRF du CIRED, et non plus par le modèle MENFIS du CSTB comme pour l'AME 2023. Ce changement de modèle induit des différences sur les trajectoires de consommation des ménages, en particulier sur les trajectoires de consommation de fioul et de gaz. Res IRF, tout comme le modèle MENFIS, considère la fin de l'installation de chaudières fioul en 2022. Dans Res IRF (AME 2024), avec une hypothèse de durée de vie des chaudières fioul de 20 ans, cela se traduit par une diminution significative de la consommation de fioul dans le résidentiel jusqu'à disparaître en 2040/2045. MENFIS (AME 2023) prévoyait une sortie continue du fioul jusqu'en 2050. A l'inverse, les consommations de gaz sont plus importantes en sortie de Res IRF (AME 2024) qu'en sortie de MENFIS (AME 2023). Ci-dessous, une comparaison des trajectoires de consommation gaz/fioul dans l'AME 2023 recalibré sur 2022 et l'AME 2024.

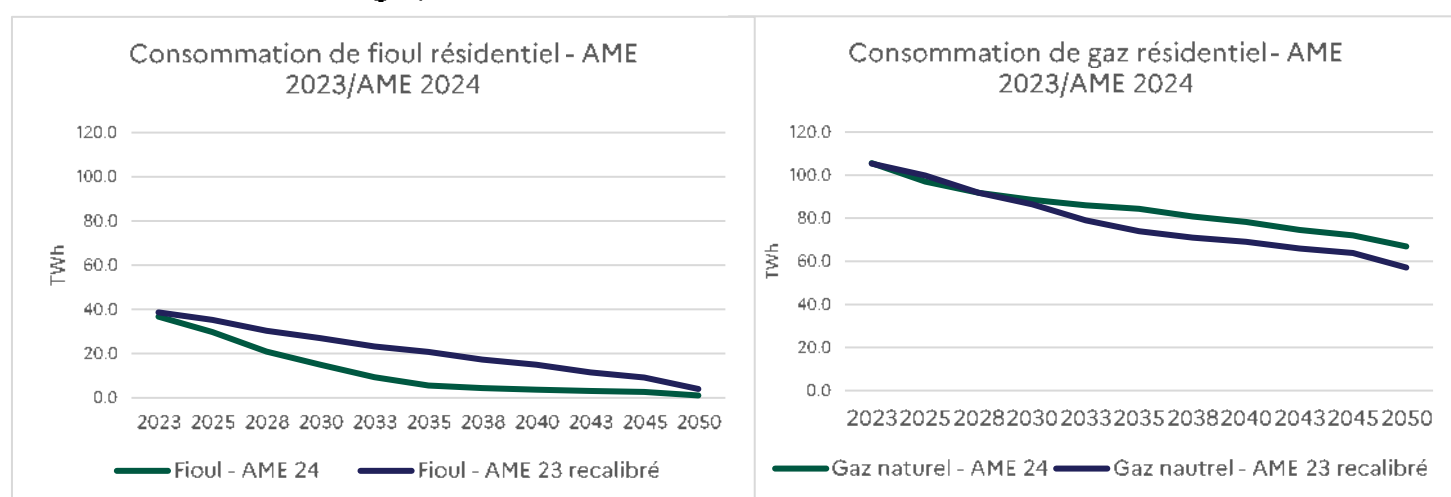


Figure 30. Evolution des consommations de gaz et de fioul dans le résidentiel dans l'AME 2023 et dans l'AME 2024 (TWh)

Res IRF prévoit une sortie plus rapide du fioul par rapport à Menfis (sur la décennie 2030-2040). Cette différence de consommation du fioul entre l'AME 2023 et l'AME 2024, légèrement compensée par une surconsommation de gaz de l'AME 2024 par rapport à l'AME 2023, explique une part importante des écarts d'émissions entre les deux scénarios (3,8 MtCO₂e dont 1,5MtCO₂e liées aux mesures considérées dans l'AME 2024 et pas dans l'AME 2023).

⇒ Cela met en évidence que d'une part, la prolongation des différentes mesures en AME 2024 a un impact significatif sur les réductions d'émissions de GES et d'autre part, une sortie rapide des chaudières fioul est nécessaire pour baisser les émissions à court terme.

- **Tertiaire** : Les mesures considérées dans l'AME 2024 sont légèrement plus ambitieuses que celles considérées dans l'AME 2023 (ajout de la 6^{ème} période CEE) excepté sur les hypothèses de respect du décret tertiaire. Par ailleurs, les consommations de chauffage de l'AME 2024 ont été modélisées par le modèle Vivaldi de l'ADEME, et non plus par un modèle de consommation du CGDD de l'AME 2023. Ce changement de modèle induit des différences sur les trajectoires de consommation des bâtiments tertiaires, en particulier sur les trajectoires de consommation de fioul et de gaz. Ci-dessous, une comparaison des trajectoires de consommation gaz/fioul dans l'AME 2023 recalibré sur 2022 et l'AME 2024.

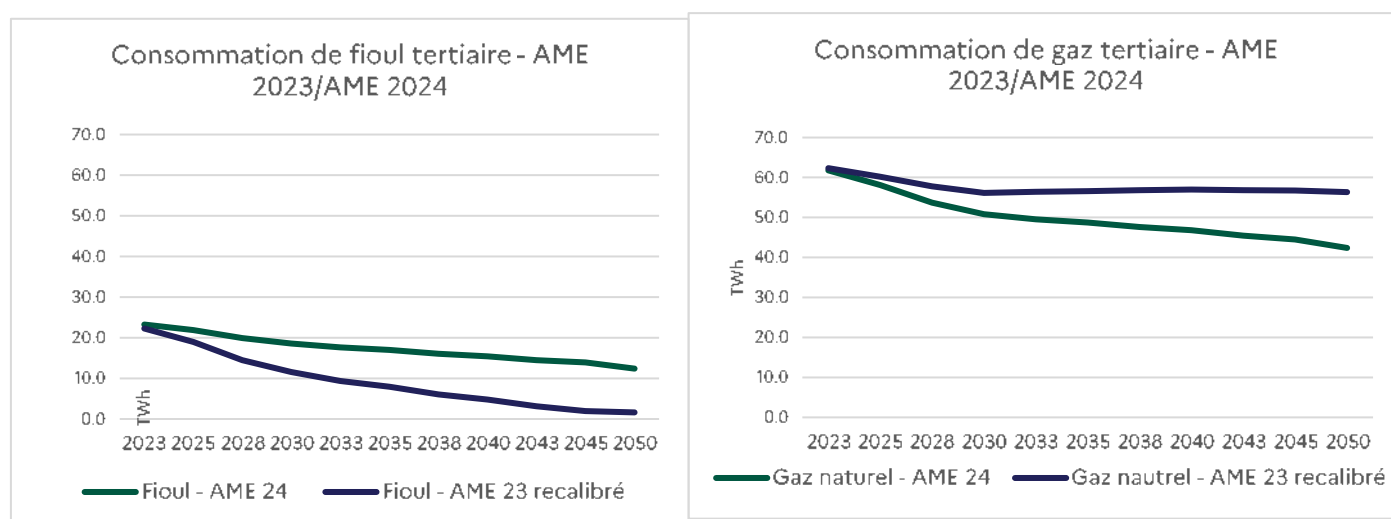


Figure 31. Evolution des consommations de gaz et de fioul dans le tertiaire dans l'AME 2023 et dans l'AME 2024 (TWh)

Vivaldi prévoit une sortie moins rapide du fioul que le modèle du CGDD, et légèrement plus rapide du gaz. Cette dynamique, différente de celle du secteur résidentiel, s'explique par le fait que le tertiaire ne bénéficie pas d'aides à la rénovation (considérées jusqu'en 2027 pour le résidentiel) et n'est pas soumis aux mêmes obligations de rénovation liées à l'obligation de décence (interdiction de mise en location des passoires énergétiques). Enfin, les tendances récentes montrent que les consommations de fioul dans le résidentiel diminuent plus rapidement que dans le secteur tertiaire (-36% de consommation fioul dans résidentiel entre 2022 et 2015 et -14% entre 2022 et 2016 pour le tertiaire, source : données CEREN).

Résultats :

Les écarts entre l'AME 2023 et l'AME 2024 en 2030 peuvent être résumés dans le graphe ci-dessous :

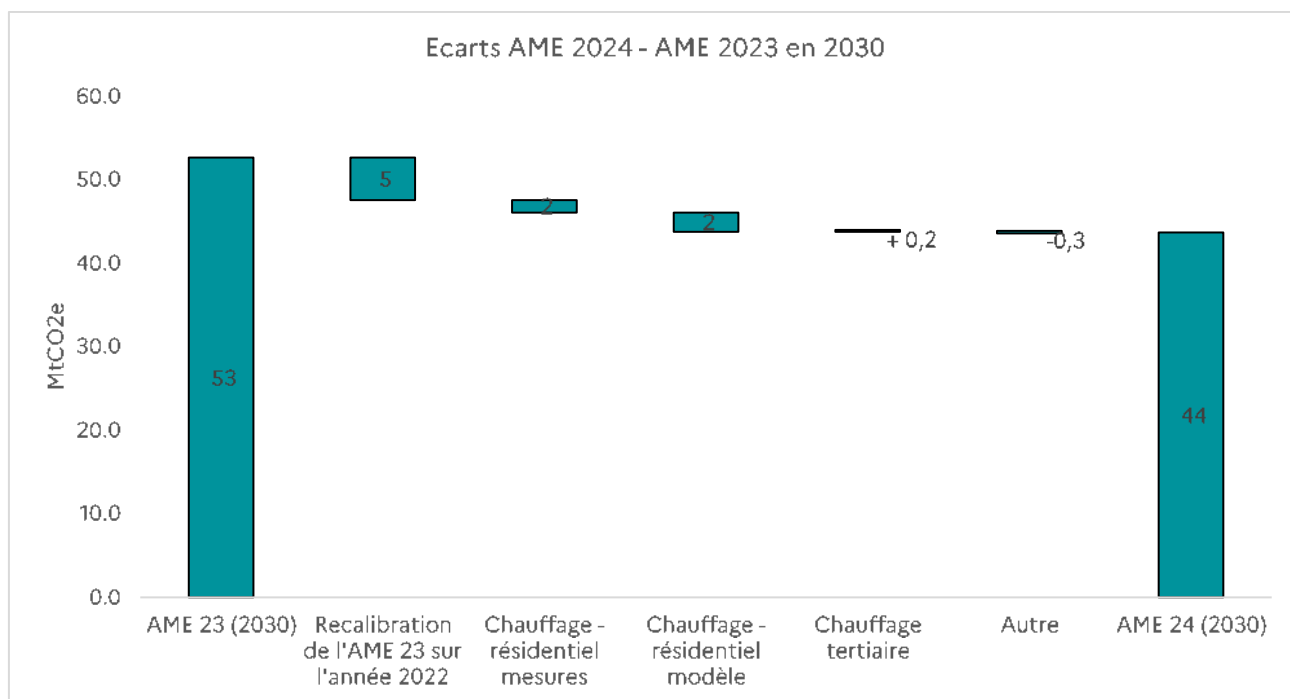


Figure 32. Evaluation de l'écart entre le scénario AME 2023 et le scénario AME 2024

E. Agriculture

1) CONTEXTE, NOUVELLES MESURES INTEGREES AU SCENARIO

Les **émissions du secteur de l'agriculture** sont de 74 MtCO_{2e} en 2022, ce qui représente 19% des émissions brutes de la France, dont **59% des émissions liées à l'élevage, 26% liées aux cultures et 14% liées à la combustion dans les engins, moteurs et chaudières des secteurs** (Citepa, Secten 2024). En parallèle, le secteur peut séquestrer du carbone dans les sols (notamment les prairies permanentes) et des systèmes agroforestiers ou en déstocker, ce qui est comptabilisé dans le secteur UTCATF.

Les émissions du secteur sont en décline lente depuis le début des années 2000, sous l'effet conjugué de la baisse du cheptel et d'une baisse de la consommation d'engrais minéraux. Les émissions de l'agriculture sont pour la plupart inhérentes au processus même de production.

Le **secteur agricole fait face à de nombreux défis dans le cadre de la transition écologique** : assurer la souveraineté alimentaire du pays à long terme tout en s'adaptant au changement climatique et en diminuant les émissions de GES, faire des sols agricoles un puits net de carbone alors qu'ils sont aujourd'hui une source, préserver la biodiversité et l'eau et produire des énergies et matériaux biosourcés pour la décarbonation de l'économie française.

La transition écologique de l'agriculture est également liée à des **enjeux socio-économiques** tels que le renouvellement des agriculteurs et le maintien de leurs revenus.

La modélisation du secteur agricole dans le scénario AME a lieu en deux étapes. Dans un premier temps, le modèle MOSUT de Solagro permet de faire le lien entre l'évolution des régimes alimentaires et les niveaux de production, ainsi que de vérifier la cohérence agronomique du système agricole modélisé à partir des hypothèses de calcul. Une modélisation des consommations énergétiques du secteur est également réalisée par MOSUT, puis transmise à Enerdata pour agrégation et recalage sur les données du SDES. Les données en sortie de MOSUT (cheptels, surfaces, quantités d'engrais...) ainsi que les consommations énergétiques obtenues par Enerdata ont ensuite été transmises au Citepa pour en estimer les émissions de GES associées.

En pratique, afin d'assurer la cohérence avec l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre publié par le Citepa, les données brutes fournies par Solagro n'ont pas été directement utilisées (périmètre des variables légèrement différent de celui de l'inventaire). Ce sont donc plutôt les évolutions issues de MOSUT 2020-2030 et 2030-2050 qui ont été reprises par le Citepa pour le calcul des baisses d'émissions au format de l'inventaire. Les données d'activité pour les années intermédiaires ont été interpolées linéairement. Les données concernant l'évolution de certaines pratiques de réduction (couvertures de fosse, matériels et délais d'incorporation post-épandage) ont été établies par le Citepa, en concertation avec les ministères en charge de l'agriculture et de l'écologie.

Nouvelles mesures : L'ensemble des mesures de l'AME 2023 sont intégrées dans l'AME 2024, avec quelques modifications dans la prise en compte. En particulier, le 7^{ème} plan d'action nitrates est considéré alors qu'il s'agissait du 6^{ème} plan dans l'AME 2023. De nouvelles mesures sont également retenues, à l'exemple du Plan Stratégique National 2023-2027 relevant de la Politique Agricole Commune. Celui-ci permet de rehausser l'ambition de transition écologique du secteur agricole, notamment du fait de l'éco régime et de la conditionnalité renforcée en matière d'environnement. On peut également citer les mesures financières déployées dans le cadre de la planification écologique pour l'année 2024, relatives à la plantation et la gestion durable des haies, à la réalisation de diagnostics climat, au soutien à l'agriculture biologique, au déploiement de projets territoriaux dans le cadre du fonds en faveur de la souveraineté et des transitions, au stockage et à l'épandage des effluents. Y figurent également la stratégie nationale biodiversité et le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) 2022-2025. Le plan

gouvernemental renforcé de reconquête de notre souveraineté sur l'élevage a également été pris en compte. Celui-ci poursuit l'ambition de produire ce que nous consommons et de préserver cette capacité pour les prochaines décennies en cohérence avec les évolutions de la consommation. Ce plan a été annoncé en octobre 2023, avec des mesures en vigueur dès 2024.

Les principales politiques et mesures considérées sont recensées dans le tableau ci-dessous.

	AME 2023	AME 2024	Traduction dans la modélisation (Indirecte = non intégré directement dans les modèles, mais soutient la fixation de certaines hypothèses)
Mesures de la loi Climat Résilience	Option végétarienne dans la restauration collective, taxe sur les engrais azotés, etc.)	Idem AME 2023	Indirecte
Loi EGALIM	Action sur les prix, étiquetage des produits alimentaires, etc.	Idem AME 2023	Indirecte
Plan Ecophyto II+	Baisse de l'usage des pesticides	Idem AME 2023	Directe
Plan d'action nitrates	6 ^{ème} plan d'action	7 ^{ème} plan d'action	Directe
Stratégie protéines végétales	Favorisation des régimes alimentaires riches en protéines végétales	Idem AME 2023 + Doublement des surfaces de légumineuses cultivées	Directe
Appels à projets	France Relance	France 2030	Indirecte
Polluants atmosphériques		Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) 2022-2025	Directe
Politique Agricole Commune (PAC)	PAC 2015-2022	Plan Stratégique National 2023-2027	Directe (couverts, légumineuses, haies, bio, etc.)
Haies		Pacte en faveur de la haie + Stratégie Nationale Biodiversité	Directe
Planification écologique		Mesures et financements associés du Projet de Loi de Finances 2024	Indirecte
Elevage		Plan gouvernemental renforcé de reconquête de notre souveraineté sur l'élevage	Indirecte

2) EVOLUTION DES REGIMES ALIMENTAIRES

Comme dans l'AME 2023, la modélisation agriculture décrit l'évolution des régimes alimentaires. La méthodologie a à nouveau été de traduire, en repartant du régime moyen observé dans l'étude INCA-3, l'évolution nette de la part de la population transitionnant vers des régimes dits « optimisés »²⁸. Ces derniers sont des régimes optimisés d'un point de vue nutritionnel, avec une variante dite « flexitarienne » (avec une consommation fortement réduite de viande) et une variante dite « pescetarienne » (sans consommation de viande). Dans les deux cas, ces régimes optimisés conduisent à une forte augmentation de la consommation journalière de fruits, légumes et de légumineuses, à un remplacement des céréales raffinées par des céréales complètes ou semi-complètes, et à une baisse de la consommation de produits sucrés ou très transformés.

Il est fait l'hypothèse d'une poursuite des tendances historiques d'évolution des comportements alimentaires, faisant apparaître des changements très lents et marqués par un fort effet générationnel²⁹. Cela se traduit par l'adoption en 2050 de régimes optimisés par 15% des « nouveaux adultes »³⁰ et 5% des autres adultes, vers des régimes à 2/3 flexitarien et 1/3 pescétarien.

Tableau 68: Détail des régimes considérés

Grammes/pers/jour	Observé INCA-3	Optimisé - flexitarien	Optimisé - pescetarien
Part des régimes en 2019	100%	0%	0%
Part des régimes en 2030	97%	2%	1%
Part des régimes en 2050	91%	6%	3%
Légumes	168	231	393,5
Fruits frais	118	159	391,5
Noix, graines	3	15	15
Pain et farine raffinés	142	19	18,5
Pain et farine complets ou semi-complets	13	109	121,5
Légumineuses	9,5	97	97
Volaille	31	31	0
Viande bovine	38	5	0
Viande de porc	20	0	0
Viande transformée	40	4	0
Poissons gras	7	16	16
Autres poissons	19	10	10
Lait	80	105	128
Fromage	43	32	30
Œufs	14	19	31,5
Sodas	141	0	0
Jus de fruits	74	107	105

²⁸ Dussiot et al., 2022. Nutritional issues and dietary levers during gradual meat reduction – A sequential diet optimization study to achieve progressively healthier diets. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.09.017>

Fouillet et al., 2022. Plant to animal protein ratio in the diet: nutrient adequacy, long-term health and environmental pressure. <https://doi.org/10.1101/2022.05.20.22275349>

²⁹ Hébel, 2020. Comment les consommateurs accélèrent la transition protéique ? Raison présente, 213, 73-83. <https://doi.org/10.3917/rpre.213.0073>.

³⁰ Les « nouveaux adultes » comprennent toutes les personnes atteignant +18 ans après 2020, d'après les projections INSEE sur l'évolution de la population.

A ces données de consommation s'ajoutent des hypothèses tendancielle sur l'évolution de l'Indice de Masse Corporelle moyen de la population, de la surconsommation en protéines, etc. Une hypothèse de réduction importante des pertes et gaspillages alimentaires, en lien avec la loi AGECE, a également été prise. Ces données de consommation sont ensuite traduites en évolution de production en faisant l'hypothèse d'une relative stabilité (en quantité physique) de la balance commerciale.

3) ELEVAGE

Evolution des cheptels

Pour l'AME 2024, une baisse plus importante des cheptels bovins et porcins a été considérée par rapport à l'AME 2023, au regard de la forte baisse tendancielle observée. A horizon 2030, cette baisse est comparable à la baisse moyenne du cheptel bovin de 2013 à 2022 (-1,2% par an en moyenne). Elle est cependant relativement maîtrisée au regard des évolutions des toutes dernières années (-1,9% par an en moyenne de 2016 à 2022, selon les chiffres définitifs de la Statistique Agricole Annuelle 2022). Entre 2030 et 2050, les évolutions de cheptel envisagées sont basées sur le ralentissement de la baisse tendancielle observée, résultant principalement des dynamiques de renouvellement et d'installation des éleveurs et de l'accompagnement via le plan gouvernemental renforcé de reconquête de notre souveraineté sur l'élevage³¹. Celui-ci poursuit l'ambition de produire ce que nous consommons et de préserver cette capacité pour les prochaines décennies en cohérence avec les évolutions de la consommation.

Des baisses de -13% en 2030 (par rapport à 2020) et -34% en 2050 ont ainsi été retenues pour les vaches allaitantes et des baisses de -11% en 2030 et -24% en 2050 pour les vaches laitières. Pour le cheptel porcin, la baisse retenue est de -10% en 2030 et -30% en 2050. Une baisse plus légère a aussi été retenue pour les ovins, tandis que les autres cheptels restent stables. Le tableau suivant synthétise les résultats par grande catégorie animale.

Tableau 69: Evolution des cheptels en AME 2024 (milliers de têtes)

	2 019	2 020	2 025	2 030	2 035	2 040	2 045	2 050
Vaches laitières	3 485	3 400	3 153	3 026	2 916	2 805	2 695	2 584
Vaches allaitantes	3 970	3 931	3 627	3 420	3 213	3 007	2 801	2 594
Autres bovins	10 596	10 370	9 601	9 109	8 651	8 193	7 735	7 277
Truies	960	952	860	857	810	762	714	667
Autres porcins	12 325	12 353	11 216	11 118	10 500	9 882	9 265	8 647
Caprins	1 290	1 374	1 342	1 374	1 374	1 374	1 374	1 374
Ovins	7 014	6 951	6 635	6 812	6 708	6 604	6 500	6 395
Chevaux	291	289	288	289	289	289	289	289
Mules et ânes	23	21	21	21	21	21	21	21
Poules pondeuses	80 488	82 968	85 098	82 968	82 968	82 968	82 968	82 968
Poulets de chair	150 883	151 538	144 396	151 538	151 538	151 538	151 538	151 538
Autres volailles	62 470	57 482	48 687	57 482	57 482	57 482	57 482	57 482
Lapines reproductrices	511	418	396	418	418	418	418	418

³¹ Plan gouvernemental renforcé de reconquête de notre souveraineté sur l'élevage : <https://agriculture.gouv.fr/sia2024-lancement-du-plan-gouvernemental-renforce-de-reconquete-de-notre-souverainete-sur-lelevage>

Principaux paramètres de calculs des émissions liées à l'élevage

Excrétion azotée

L'excrétion azotée (rejet d'azote par les excréments) des vaches laitières diminue notamment en fonction de la réduction de la teneur moyenne en protéines (aussi appelée Matière Azotée Totale : MAT) de la ration au bâtiment. Comme dans l'AME 2023, il a été pris comme hypothèse dans l'AME 2024 de diminuer de 50% en 2020 à 25% en 2050 la part de vaches laitières avec une part élevée de protéines, comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 70 : Paramètres d'alimentation – Vaches laitières

	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Part des vaches laitières dont la MAT de la ration hivernale est supérieure à 14% (entre 15% et 18%)	50,0%	50,0%	45,8%	41,7%	37,5%	33,3%	29,2%	25,0%
Parte de MAT moyenne pour la ration hivernale des vaches laitières	14,7%	14,7%	14,6%	14,6%	14,5%	14,4%	14,3%	14,3%

L'excrétion azotée diminue ainsi avec le temps pour les vaches laitières en bâtiment (la réduction des apports en protéines se fait uniquement en bâtiment). A la pâture, elle augmente par contre légèrement au fil des années (comme dans l'AME 2023), du fait de l'augmentation du rendement lait considéré dans la modélisation.

Tableau 71 : Evolution de l'excrétion azotée des vaches laitières

	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Excrétion azotée moyenne des vaches laitières au bâtiment (kgN/vache/an)	96.56	97.57	96.84	96.30	95.85	95.39	94.93	94.46
Excrétion azotée moyenne des vaches laitières à la pâture (kgN/vache/an)	142.59	143.94	144.47	144.66	144.97	145.29	145.61	145.92

Fermentation entérique

Comme dans l'AME 2023, il a été considéré un faible ajout de lipides dans les rations d'une partie des bovins en période de bâtiment. La part des bovins concernés en période de bâtiment s'élève à 15% en 2050. Cet apport supplémentaire permet de diminuer les émissions de la fermentation entérique pour les bovins concernés, et ne peut se faire que sur les périodes de bâtiment.

Tableau 72: Evolution de l'ajout de lipides dans la ration des bovins au bâtiment

	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Part des bovins au bâtiment concernés par l'ajout de lipides dans la ration (hors veaux de boucherie)	0,0%	0,0%	1,9%	5,0%	7,5%	10,0%	12,5%	15,0%

Pratiques de réduction de NH₃

Les pratiques réduisant les émissions d'ammoniac (NH₃) ont un impact sur l'ensemble du suivi de l'azote et donc sur l'ensemble des émissions azotées associées (dont les émissions de N₂O). Elles

impactent également les émissions indirectes de N₂O par les sources agricoles (dus à de l'ammoniac volatilisé puis redéposé au sol, et au lessivage des nitrates emportant l'azote en profondeur).

Différentes pratiques de réduction des émissions de NH₃ sont actuellement intégrées dans l'inventaire, et en particulier :

- La couverture de fosse, permettant de réduire les émissions dues aux effluents (bovins, porcins, ovins, caprins),
- Les modes d'épandage (ensemble des animaux).

Les évolutions suivantes ont été appliquées sur la période :

- Pour les couvertures de fosse : on considère une progression pour les porcins, atteignant 51 % de fosses couvertes en 2030 et 75 % en 2050. Cela revient à une augmentation en 2030 de deux points de pourcentage par rapport à l'AME 2024 suite à la dynamique enclenchée par le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques 2022-2025³² et la mesure 2024 de la planification écologique finançant la couverture de fosses. Pour les bovins, ovins et les caprins, les taux de couverture 2020 sont maintenus.
- Pour les modes d'épandage : on considère **une progression des matériels et délais d'incorporation post-épandage**, décrite plus en détails ci-dessous.

Lors de l'épandage, les émissions de NH₃ peuvent être réduites selon le type de matériel utilisé et en diminuant le délai d'enfouissement post-épandage. Les pendillards et injecteurs sont ainsi des matériels d'épandage qui permettent de diminuer fortement les émissions associées, par rapport à un épandage par buse palette. Un épandage par pendillard (sans enfouissement post-épandage) entraîne une réduction de 30% de ces émissions, tandis que l'injecteur permet de diminuer encore davantage ces émissions (réduction > 60%) mais s'avère plus onéreux.

Par rapport à l'AME 2023, la part de buses de 2030 a été diminuée de 4 points de pourcentage, compensée par une hausse de 2 points sur les pendillards et 2 points sur les injecteurs, suite à la dynamique enclenchée par le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques 2022-2025 et la mesure 2024 de financement de matériel d'épandage plus efficient de la planification écologique.

Tableau 73 : Evolution des matériels d'épandage pour le lisier

Part des matériels	2020	2030	2050
Buses	63.9%	52.0%	37.6%
Pendillards	28.5%	38.0%	54.4%
Injecteur	7.5%	10.0%	8.0%

Plus le délai d'enfouissement post-épandage est faible, plus les émissions associées sont réduites. Les hypothèses de l'AME 2023, obtenues par prolongation des tendances 2005-2020, ont été reprises pour l'évolution de ces délais, pour le lisier et le fumier. On a une réduction de la part des délais d'enfouissement >24h, en particulier pour le fumier.

Tableau 74 : Evolution des délais d'incorporation post-épandage pour le lisier

	2020	2030	2050

³² https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/23028_PREPA_BATweb.pdf

Dans les 4h	18.9%	19.0%	22.0%
Entre 4h et 12h	7.2%	8.0%	11.0%
Entre 12h et 24h	12.6%	14.0%	16.0%
>24h	10.3%	10.0%	7.0%
non incorporé	51.0%	49.0%	44.0%

A noter : la catégorie « dans les 4h » comporte les injecteurs

Tableau 75 : Evolution des délais d'incorporation post-épandage pour le fumier

	2020	2030	2050
Dans les 4h	12.6%	17.4%	29.9%
Entre 4h et 12h	9.9%	10.9%	12.2%
Entre 12h et 24h	19.7%	18.6%	15.6%
>24h	27.0%	24.0%	13.3%
non incorporé	30.9%	29.0%	29.0%

La prise en compte de ces différentes hypothèses nous permet d'aboutir à l'établissement de facteurs de réduction moyens sur la période (par rapport à 2020), présentés ci-dessous.

Tableau 76 : Réduction moyenne obtenue pour l'épandage des lisiers et fumiers (hors digestats) par rapport à 2020

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Réduction moyenne obtenue pour l'épandage des lisiers par rapport à 2020	/	-2.4%	-4.8%	-7.2%	-9.6%	-12.0%	-14.4%
Réduction moyenne obtenue pour l'épandage des fumiers par rapport à 2020	/	-2.2%	-4.4%	-6.9%	-9.4%	-12.0%	-14.5%

Les méthodologies détaillées des calculs ainsi que les facteurs d'abattement associés aux pratiques sont présentées dans OMINEA 2024. Des paramètres de calcul supplémentaires ont été ajoutés en annexe 4.

4) CULTURES

Evolution des surfaces

Plusieurs évolutions significatives ont été retenues pour la modélisation des cultures, du fait des nouvelles politiques publiques et mesures considérées dans cet AME 2024 par rapport à l'AME 2023.

En particulier, le Plan Stratégique National 2023-2027 possède plusieurs mesures utiles pour faire advenir un système agricole moins émetteur de gaz à effet de serre et plus soucieux de son empreinte sur la biodiversité. On peut notamment citer l'écorégime, qui est un paiement direct aux exploitants agricoles qui s'engagent à mettre en place sur l'ensemble de leur exploitation des pratiques agronomiques favorables au climat et à l'environnement selon trois voies possibles :

- La voie des pratiques : diversification des cultures, non-labour d'au moins 80 % des prairies permanentes ainsi qu'une couverture d'au moins 75 % des inter-rangs des surfaces en cultures permanentes.
- La voie de la certification : Agriculture Biologique, certification Haute Valeur Environnementale rénovée, etc.
- La voie des éléments favorables à la biodiversité : au moins 7 % d'infrastructures agroécologiques ou de terres en jachères sur la surface agricole utile de l'exploitation.

On peut également citer comme nouveauté du PSN 2023-2027 la conditionnalité renforcée en matière d'environnement. Tout exploitant agricole recevant des paiements directs ou annuels dans le cadre de la Politique Agricole Commune doit notamment se conformer aux exigences des bonnes conditions agricoles et environnementales (BCAE). Il y en a neuf, et on peut mentionner par exemple la BCAE 1 « Obligation du maintien des prairies permanentes », la BCAE 6 « Interdiction de sols nus durant les périodes sensibles » incitant aux couverts et la BCAE 7 assurant un socle minimal de rotation des cultures.

Le PSN 2023-2027 porte un objectif d'atteinte de 18% de la SAU en agriculture biologique en 2027, associé à une hausse de 36% du montant consacré aux aides à la conversion vers l'agriculture biologique, ainsi qu'à une valorisation de l'agriculture biologique dans l'écorégime. Cet objectif de 18% a été repris comme hypothèse de la part des grandes cultures en agriculture biologique en 2030 et 2050 dans la modélisation AME 2024 (il est estimé que la part de la SAU en bio et la part des grandes cultures en bio atteindront les mêmes valeurs).

A noter : la part de la SAU en agriculture biologique a diminué pour la première fois en 2023, atteignant 10,4% (-1,3% par rapport à 2022). En parallèle, le Fonds « Avenir Bio » a été abondé en 2024 de 5 millions d'euros pour atteindre 18 millions d'euros, afin de redonner une dynamique aux conversions en agriculture biologique.

Un autre objectif que mentionne explicitement le PSN 2023-2027 est le doublement des surfaces de légumineuses d'ici 2030, associé à une augmentation de l'enveloppe des aides aux légumineuses fourragères, à graines et à l'écorégime. Pour les mêmes raisons, il a donc été choisi d'augmenter les surfaces de légumineuses de 1Mha en 2020 à 2Mha en 2030 et de maintenir ces surfaces jusqu'en 2050.

Les surfaces de couverts ont aussi été augmentées dans l'AME 2024 au regard de la voie des éléments favorables à la biodiversité de l'écorégime et de la BCAE 6 « Interdiction de sols nus durant les périodes sensibles » du PSN, ainsi que de la mise en œuvre des diagnostics et d'accompagnement des agriculteurs face au changement climatique dans le cadre de la planification écologique en 2024. Ils augmentent de 3Mha en 2020 à 3,5Mha en 2030 et 2050 (à comparer à 3,1 et 3,2Mha respectivement dans l'AME 2023). Parmi ces couverts, la part des cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE) passe de 4% en 2020 à 7% en 2030 et 10% en 2050.

Une autre modification majeure a été apportée par rapport à l'AME 2023. En cohérence avec la baisse des cheptels, il a été choisi de diminuer la production de fourrages de manière à conserver un surplus fourrager du même ordre de grandeur que celui de 2020. Le surplus fourrager est un indicateur de l'adéquation entre la production totale de fourrages et les besoins alimentaires des bovins, et se calcule comme la différence entre la production de fourrages et la demande en fourrage des cheptels (pouvant ensuite être rapportée à la production de fourrage pour obtenir un pourcentage). Dans l'AME 2024, on passe ainsi d'un surplus fourrager de 17,4% en 2020 à 17,9% en 2030 et 19,6% en 2050 (la légère augmentation provient notamment de l'objectif du Plan Stratégique National de maintien des prairies permanentes sur la période 2023-2027).

Cette diminution de la production de fourrages se traduit par une baisse des prairies permanentes et par une baisse des surfaces de cultures fourragères (à l'exception des prairies artificielles qui augmentent de 2020 à 2030 et 2050 pour atteindre l'objectif des 2Mha de légumineuses). De 2020 à 2030, une légère baisse de 6% des prairies permanentes peu productives est traduite dans la modélisation. Ce résultat est en cohérence avec l'objectif de maintenir les prairies permanentes dans le cadre du PSN 2023-2027, notamment en lien avec la BCAE 1. A horizon 2050, la baisse se poursuit à un rythme proche de la baisse tendancielle (-1Mha de 2030 à 2050), et affecte à la fois les prairies permanentes productives (semées depuis plus de 6 ans) et les prairies permanentes peu productives, de façon égale. Cette évolution est corrélée à la baisse du cheptel post 2030 et ne

contrevient pas aux politiques publiques décidées jusqu'en 2024 dont les objectifs de surfaces en prairies sont fixés avant l'horizon 2030 (2027 pour le PSN en vigueur).

La surface de la SAU libérée par ces baisses de production fourragère a été affectée aux cultures de céréales et oléo protéagineux, qui augmente de 3,2% de 2020 à 2030 et de 15,5% de 2020 à 2050, permettant également de répondre à l'augmentation des surfaces en légumineuses. Ceci a pour effet d'augmenter entre 2030 et 2050 la consommation d'engrais et amendements minéraux ainsi que les émissions dédiées.

Enfin, MOSUT permet également de modéliser l'évolution du linéaire de haies. Avec la mise en place de la mesure de soutien à la plantation de haies pour la planification écologique (année 2024 uniquement), le linéaire de haie gagne 7000 kml de haies en net (prenant en compte les destructions de haies) de 2020 à 2030. Une stabilité du linéaire de haies a ensuite été considérée de 2030 à 2050.

Les tableaux suivants récapitulent l'évolution des surfaces par sous-catégorie composant la SAU, ainsi que la production associée à ces surfaces (en tonne de matière sèche (MS) pour les fourrages et prairies, en tonne pour les autres cultures). Ces résultats sont obtenus à la suite de la modélisation effectuée sur MOSUT.

Tableau 77 : Evolution des surfaces de grandes cultures et prairies (kha)

kha		2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Céréales	Blé tendre d'hiver	4 983	4 226	4 374	3 883	4 132	4 381	4 630	4 879
	Blé tendre de printemps	16	41	30	38	40	43	45	48
	Blé dur d'hiver	239	218	228	201	214	226	239	252
	Blé dur de printemps	7	34	17	31	33	35	37	39
	Seigle et méteil	29	32	37	29	31	33	35	37
	Orge et escourgeon d'hiver	1 305	1 180	1 295	1 301	1 296	1 292	1 287	1 282
	Orge et escourgeon de printemps	639	794	683	875	872	869	866	863
	Avoine d'hiver	49	42	48	39	41	44	46	48
	Avoine de printemps	38	56	46	52	55	59	62	65
	Maïs (grain et semence)	1 521	1 730	1 495	1 589	1 584	1 578	1 572	1 566
	Sorgho	70	94	62	86	91	97	103	108
	Triticale	305	262	304	240	256	271	287	302
	Autres céréales non mélangées	64	101	76	93	98	104	110	116
	Mélanges de céréales (hors méteil)	111	102	111	94	100	106	112	118
	Riz	14	14	12	13	14	15	15	16
Oléagineux	Colza d'hiver (et navette)	1 105	1 110	1 159	1 044	1 103	1 163	1 222	1 282
	Colza de printemps (et navette)	2	3	2	2	3	3	3	3
	Tournesol	602	777	841	807	804	801	798	795
	Lin oléagineux	22	32	30	30	30	30	30	30
	Autres oléagineux	10	10	10	9	10	10	11	11
Protéagineux	Féveroles et fèves	63	76	115	193	192	191	191	190
	Pois protéagineux	154	203	276	512	510	508	507	505
	Lupin doux	3	6	5	5	5	5	5	5
	Soja	164	187	291	473	471	469	467	466
	Mélange pois	31	35	50	50	50	50	50	50
	Autres protéagineux	0	1	0	0	0	0	0	0
Autres grandes cultures	Choux, racines et tubercules fourragers	21	24	22	24	24	24	24	24
	Betteraves industrielles	446	421	391	372	371	370	368	367
	Pommes de terre	210	216	204	191	191	190	189	189
Fourrage annuel	Maïs fourrage et ensilage (plante entière)	1 436	1 419	1 425	1 434	1 364	1 295	1 226	1 156
	Autres fourrages annuels	288	301	279	242	236	230	224	218
Prairies artificielles		476	508	581	701	698	696	693	690
Prairies temporaires		2 661	2 649	2 524	2 312	2 124	1 936	1 747	1 559

Prairies permanentes	Prairies naturelles ou semées depuis plus de 6 ans	7 105	7 153	7 155	7 146	6 953	6 760	6 566	6 373
	STH peu productives (parcours, landes, alpages)	2 454	2 431	2 208	1 831	1 785	1 738	1 691	1 644
Total grandes cultures et prairies		26 644	26 488	26 383	25 942	25 781	25 619	25 458	25 297

Tableau 78. Evolution des autres surfaces (kha)

	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Vignes hors raisin de table	795	799	765	715	712	709	707	704

Tableau 79 : Evolution des productions de grandes cultures et prairies

Tonnes de MS pour les fourrages et prairies, tonnes pour les autres cultures		2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Céréales	Blé tendre d'hiver	39 411	28 951	30 425	25 250	26 877	28 504	30 131	31 758
	Blé tendre de printemps	107	259	181	226	241	255	270	284
	Blé dur d'hiver	1 523	1 152	1 189	1 004	1 069	1 134	1 199	1 263
	Blé dur de printemps	42	174	82	152	161	171	181	191
	Seigle et méteil	137	134	143	117	124	132	139	147
	Orge et escourgeon d'hiver	9 248	6 515	7 841	6 820	6 797	6 774	6 751	6 728
	Orge et escourgeon de printemps	4 478	3 883	3 350	4 064	4 051	4 037	4 023	4 009
	Avoine d'hiver	234	165	190	144	153	162	171	181
	Avoine de printemps	173	227	176	198	211	223	236	249
	Maïs (grain et semence)	13 112	13 888	10 694	10 445	10 407	10 369	10 331	10 293
	Sorgho	361	437	252	326	347	368	389	410
	Triticale	1 661	1 221	1 423	1 065	1 133	1 202	1 271	1 339
	Autres céréales non mélangées	228	313	249	288	306	325	343	362
	Mélanges de céréales (hors méteil)	439	362	433	362	362	362	362	362
	Riz	84	77	68	71	75	80	85	89
Oléagineux	Colza d'hiver (et navette)	3 517	3 284	3 926	2 948	3 116	3 284	3 452	3 620
	Colza de printemps (et navette)	7	6	5	6	6	6	7	7
	Tournesol	1 294	1 608	1 710	1 595	1 589	1 583	1 577	1 571
	Lin oléagineux	46	60	55	60	60	60	60	60
	Autres oléagineux	13	15	17	14	14	15	16	17

Protéagineux	Féveroles et fèves	172	148	213	303	302	301	300	299
	Pois protéagineux	595	559	681	1 148	1 144	1 140	1 135	1 131
	Lupin doux	7	13	12	13	13	13	13	13
	Soja	429	407	549	841	838	835	832	828
	Mélange pois	121	120	150	120	120	120	120	120
	Autres protéagineux	0	1	1	1	1	1	1	1
Autres grandes cultures	Choux, racines et tubercules fourragers	994	1 071	960	1 071	1 071	1 071	1 071	1 071
	Betteraves industrielles	38 013	26 163	28 058	22 248	22 167	22 086	22 005	21 924
	Pommes de terre	8 686	8 819	7 899	7 663	7 635	7 607	7 580	7 552
Fourrage annuel	Maïs fourrage et ensilage (plante entière)	16 323	16 526	15 882	14 781	14 065	13 349	12 633	11 918
	Autres fourrages annuels	1 080	1 184	1 184	1 184	1 184	1 184	1 184	1 184
Prairies artificielles		3 300	3 575	3 811	4 198	4 181	4 163	4 146	4 129
Prairies temporaires		16 305	16 508	14 932	12 278	11 274	10 270	9 266	8 263
Prairies permanentes	Prairies naturelles ou semées depuis plus de 6 ans	29 772	31 626	31 073	30 099	29 272	28 444	27 617	26 790
	STH peu productives (parcours, landes, alpages)	2 849	3 420	3 060	2 455	2 392	2 328	2 265	2 201

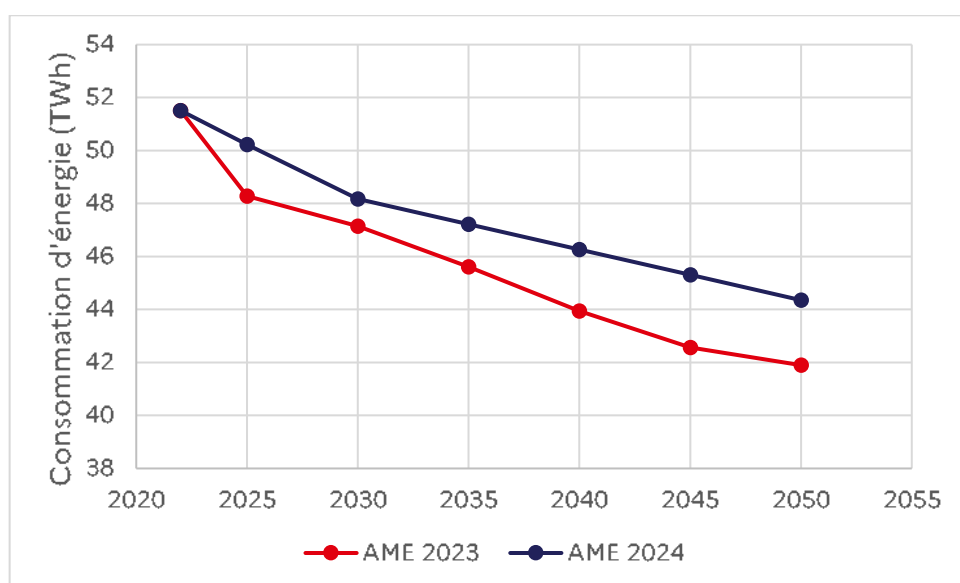
5) CONSOMMATION D'ÉNERGIE

La consommation d'énergie est calculée via l'outil MOSUT en fonction des hypothèses prises sur l'évolution des cultures et de l'élevage, et d'une hypothèse d'évolution tendancielle pour les gains d'efficacité énergétique des serres et bâtiments. Le parc d'engins agricoles, principal consommateur d'énergies fossiles du secteur, a été modélisé grâce au rapport du CGAAER portant sur les consommations d'énergie du secteur agricole³³. L'évolution du nombre d'engins du parc a été estimée sur la base du dernier recensement Agreste de 2013, en considérant de plus un renouvellement du parc sur 28 ans ainsi que des ventes annuelles d'engins constantes (ce qui est le cas ces cinq dernières années). Cette nouvelle méthode revient à réhausser la trajectoire du nombre d'engins modélisée par rapport à l'AME 2023 : on passe dans l'AME 2024 de 975 000 engins en 2020 à 870 000 en 2050, alors que dans l'AME 2023, il s'agissait d'une baisse de 800 000 en 2020 à 500 000 en 2050. Le parc reste fortement carboné à horizon 2050, les engins fonctionnant aux biocarburants apparaissant dans les ventes en 2030, suivi par les engins au bio-GNV en 2035, leurs parts respectives dans les ventes atteignant 5% et 3% en 2050, ce qui ne représente que 2% et 1% du parc roulant total (mêmes proportions que dans l'AME 2023).

6) ANALYSE DES RESULTATS

Consommation d'énergie

Figure 33. Consommation d'énergie finale du secteur agriculture

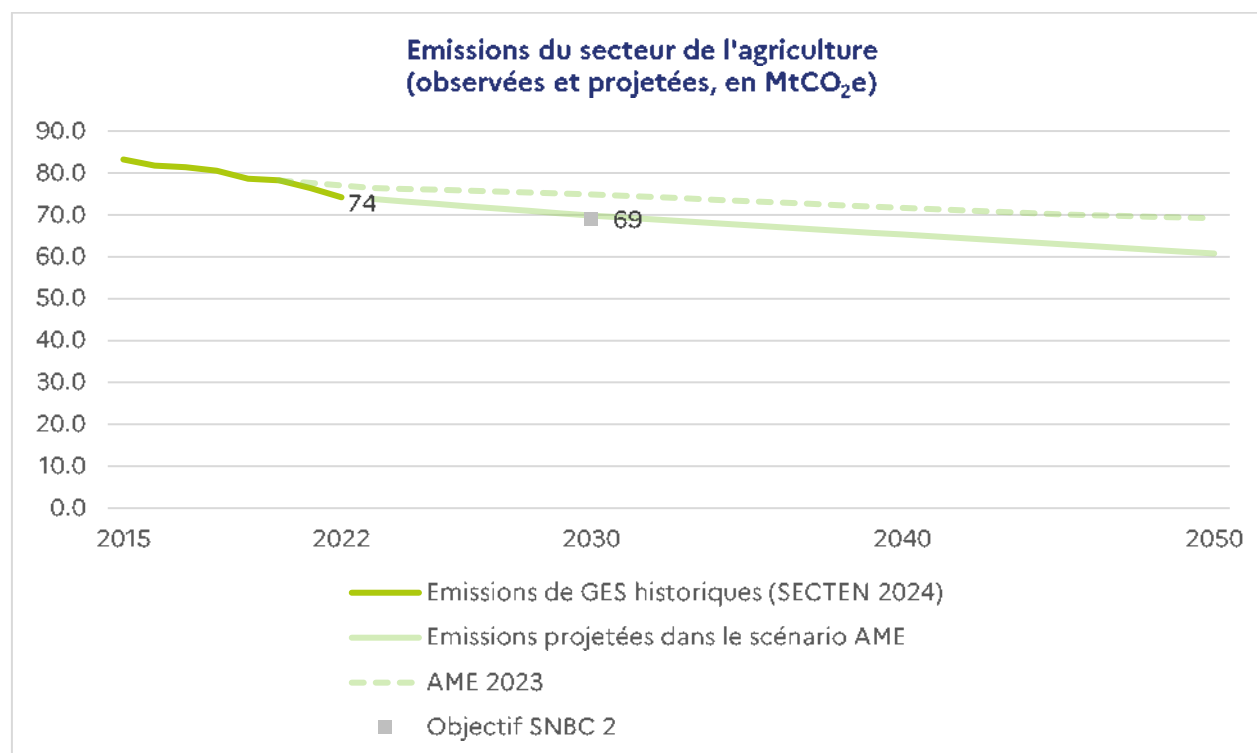


On retrouve bien ici la hausse de consommation énergétique de l'agriculture par rapport à l'AME 2023, engendré par le réhaussement de la trajectoire d'engins entre l'AME 2023 et l'AME 2024.

³³ Décarbonner 100% de l'énergie utilisée en agriculture à l'horizon 2050 : c'est possible ! Hervé Lejeune, Michel Vallance, CGAAER – MASA, avril 2022

Gaz à effet de serre :

Figure 34: Projections d'émissions de GES du secteur agricole (MtCO₂e/an)

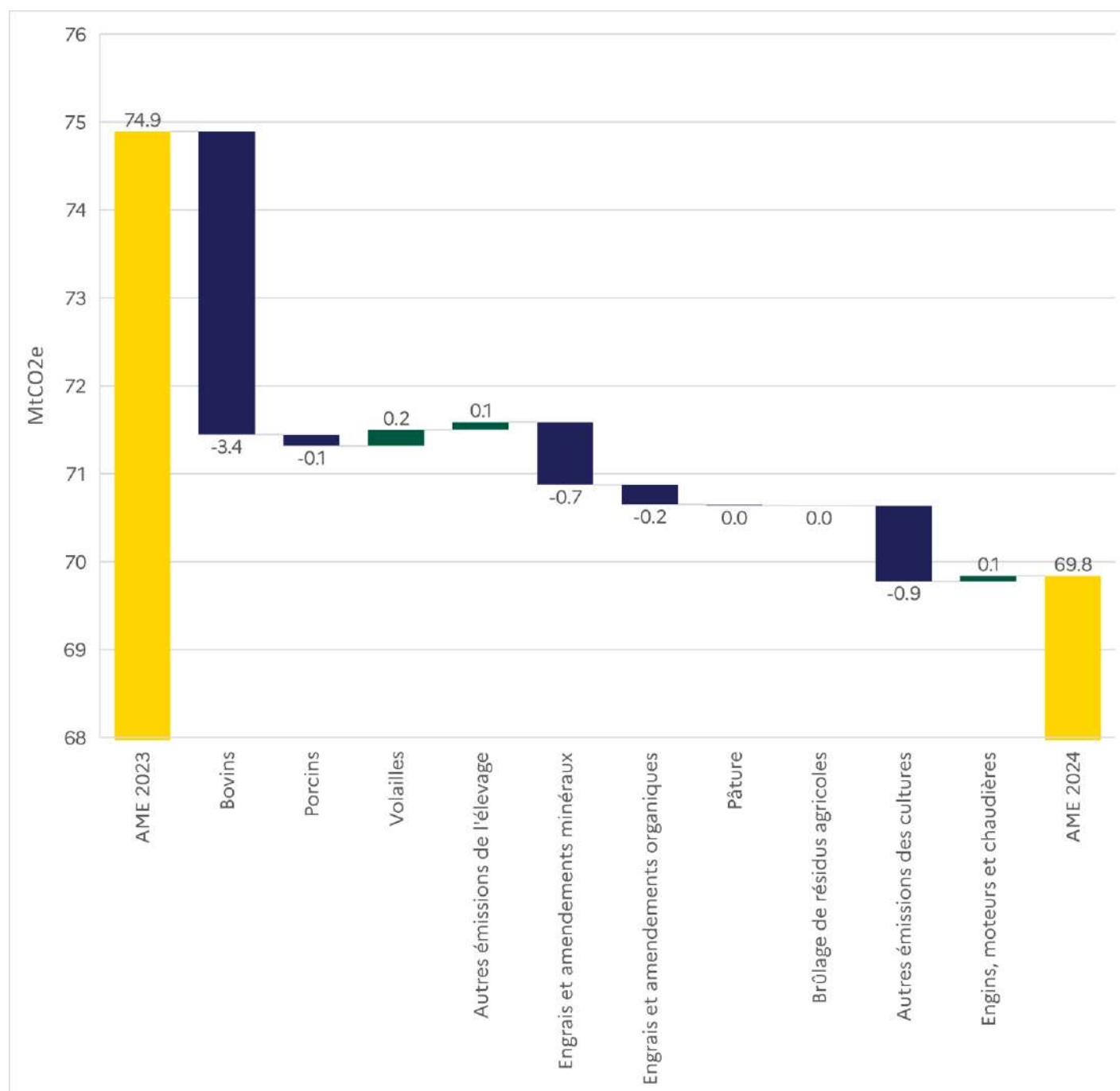


Dans le scénario AME 2024, les émissions baissent de 5,9% de 2022 à 2030 pour atteindre 70MtCO₂e. Au global, elles baissent de 2022 à 2050 de 18,1%, principalement sous l'effet de la poursuite (légèrement atténuée) de la baisse tendancielle des cheptels bovins et porcins, et dans une moindre mesure de la baisse de l'usage des engrais azotés.

Les émissions projetées dans ce scénario AME 2024 sont plus faibles de 5,1MtCO₂e en 2030 et de 8,4MtCO₂e en 2050, par rapport à l'AME 2023.

Interprétation des résultats :

Figure 35: Décomposition de la baisse d'émissions de l'agriculture entre l'AME 2023 et l'AME 2024 en 2030



Le graphique ci-dessus montre la décomposition de la baisse d'émissions entre l'AME 2023 et l'AME 2024 en 2030.

- La majeure partie de la baisse des émissions peut s'expliquer par la baisse du cheptel plus prononcée en AME 2024 par rapport à l'AME 2023 (-12% de 2020 à 2030 en AME 2024), qui réduit significativement les émissions de la fermentation entérique. Cette baisse plus marquée provient d'un prolongement (légèrement atténué) de la baisse

tendancielle observée ces dernières années (-1,9% par an en moyenne sur le cheptel bovin de 2016 à 2022, selon les chiffres définitifs de la Statistique Agricole Annuelle 2022³⁴).

- Un autre effet est la légère baisse des émissions dues aux engrais et amendements minéraux (-0,7MtCO₂e en 2030 par rapport à l'AME 2023). Ceci s'explique par la hausse de l'agriculture biologique et des surfaces de légumineuses, en cohérence avec le Plan Stratégique National 2023-2027. On atteint ainsi 18% des grandes cultures en agriculture biologique en 2030 dans l'AME 2024.
- Le dernier effet notable est la baisse de 0,9MtCO₂e par rapport à l'AME 2023 des autres émissions des cultures, qui s'explique par la baisse des émissions indirectes de N₂O (dues à de l'ammoniac volatilisé puis redéposé au sol, et au lessivage des nitrates emportant l'azote en profondeur), engendrée par la baisse des apports azotés.

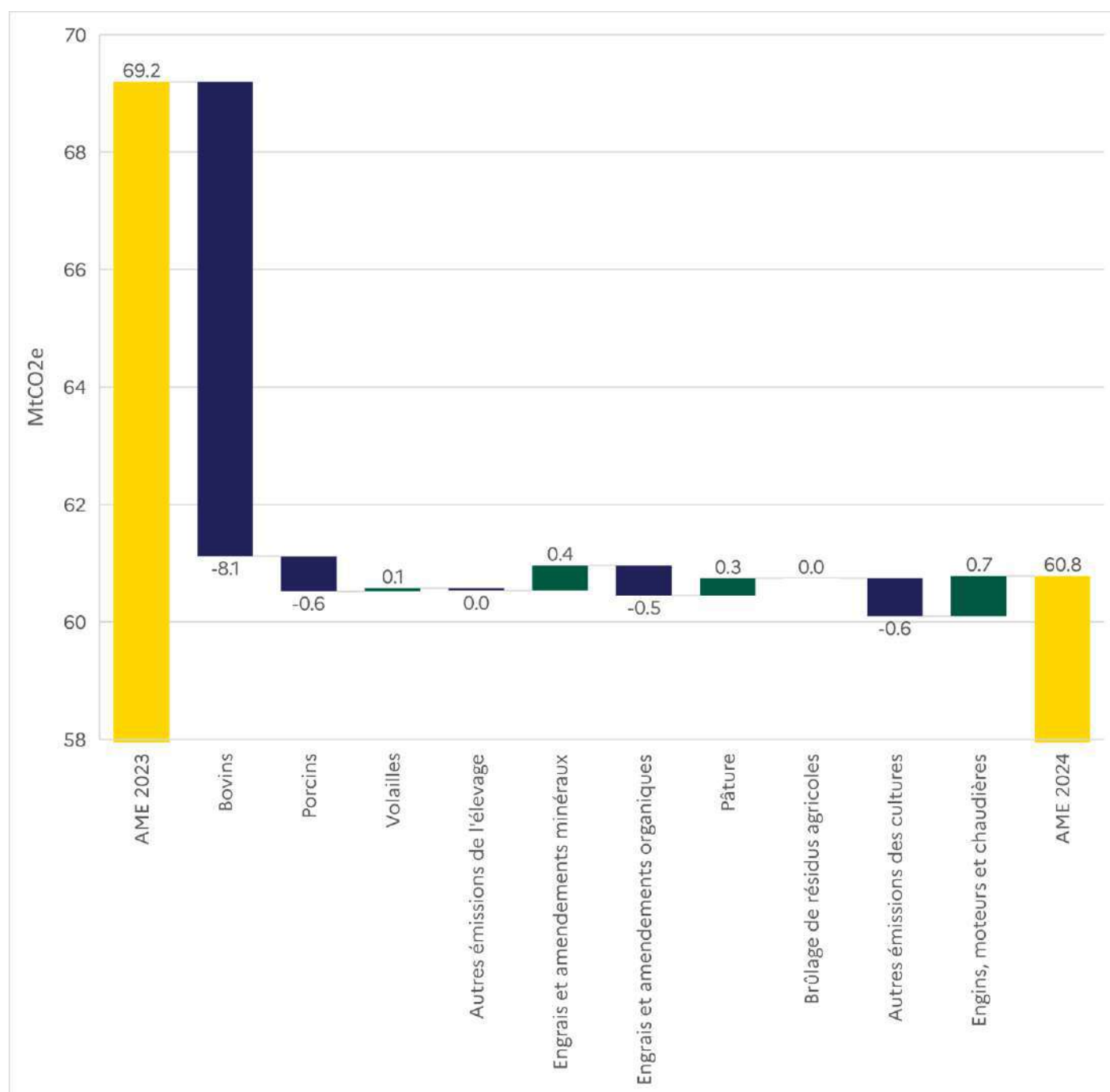
En 2050, le graphique ci-dessous montre que l'effet du cheptel est majoritaire pour expliquer la baisse de l'AME 2023 à l'AME 2024. Dans l'AME 2024, le cheptel bovin baisse de 30% en 2050 par rapport à 2020. La baisse du cheptel porcin passe aussi de -18% de 2020 à 2050 dans l'AME 2023 à -30% dans l'AME 2024, justifiant la baisse des émissions associées. Ces baisses plus accentuées sont justifiées par la prise en compte des dernières tendances observées. La baisse tendancielle est cependant atténuée du fait du plan gouvernemental renforcé de reconquête de notre souveraineté sur l'élevage, qui a pour objectif de réduire la tendance de hausse des importations et de préserver notre souveraineté alimentaire.

Cette évolution provoque une baisse de 8,1MtCO₂e en 2050 par rapport à l'AME 2023, à comparer à la baisse totale de l'agriculture de 8,4MtCO₂e de l'AME 2024 par rapport à l'AME 2023.

- On retrouve également une baisse des émissions des engrais et amendements organiques (-0,5MtCO₂e par rapport à l'AME 2023), cohérente avec la baisse supplémentaire des cheptels.
- Malgré des surfaces en agriculture biologique plus importantes qu'en AME 2023, on note à l'horizon 2050 une légère hausse des émissions des engrais et amendements minéraux (+0,4MtCO₂ par rapport à l'AME 2023). Celle-ci s'explique par une hausse des surfaces de grandes cultures augmentant de 2030 à 2050 dans l'AME 2024. En effet, dans ce scénario, entre 2030 et 2050, de nombreuses prairies sont remplacées par des surfaces de céréales et oléo protéagineux, nécessitant une utilisation supplémentaire d'engrais minéraux (la baisse du cheptel ne permettant pas de fournir suffisamment d'engrais organiques).
- Enfin, la dernière variation significative est la hausse des émissions des engins et consommations énergétiques (+0,7MtCO₂e par rapport à l'AME 2023). Elle provient de la hausse du nombre d'engins considérés dans l'AME 2024, l'évolution de ceux-ci étant modélisée de façon plus précise qu'en AME 2023.

³⁴ Statistique Agricole Annuelle 2022, chiffres définitifs de Décembre 2023 : https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/Chd2319/cd2023-19_SAA2022-D%C3%A9finitive.pdf

Figure 36: Décomposition de la baisse d'émissions de l'agriculture entre l'AME 2023 et l'AME 2024 en 2050



F. Secteur des terres et de la forêt - UTCATF

1) CONTEXTE, NOUVELLES MESURES INTEGREES AU SCENARIO

Le **secteur UTCATF** (Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie) est un secteur **permettant des absorptions de CO₂ au global**. En 2022, l'absorption du secteur est de 18,5 MtCO₂e (Citepa, Secten 2024, Périmètre métropole et outre-mer inclus dans l'UE). Le puits de carbone que représente ce secteur a fortement diminué en l'espace de 10 ans, en grande partie à cause des effets du changement climatique, se traduisant par une hausse de mortalité et une baisse de croissance des forêts (sécheresse, canicule, incendies, parasites). En raison du changement climatique, la forêt française, très dépendante des évolutions climatiques, traverse actuellement **une crise de mortalité et de croissance importante faisant chuter son puits de carbone**. Les chercheurs comme les experts ont des difficultés à se prononcer sur sa durée ainsi que sur les perspectives d'une potentielle sortie de crise.

Il convient d'**être prudent de manière générale sur les chiffres avancés** au sein du secteur UTCATF dont le puits est très dépendant du secteur forestier. En effet, pour l'inventaire historique, le calcul des principaux compartiments du secteur forêt (accroissement, mortalité, etc.) pour une année *n* correspond à une moyenne sur 5 années de *n-2* à *n+2*. A titre d'exemple, pour l'année 2023, les résultats définitifs seront connus en 2026 et prendront en compte les moyennes de 2021 à 2025. Par ailleurs, les niveaux d'absorption et d'émission des compartiments forestiers sont élevés car principalement dépendants de l'accroissement, la mortalité et la récolte (l'accroissement est environ égal à 140 MtCO₂e). Une légère évolution de l'un de ces compartiments entraîne *de facto* une fluctuation du puits final pouvant être importante d'une année sur l'autre.

Les principaux sous-secteurs traités ici sont l'écosystème forestier, les produits bois et les autres compartiments UTCATF (cultures, artificialisation, prairies).

Sur ce secteur, les **politiques et mesures** se fondent d'une part sur **des pratiques agroécologiques** en agriculture (plantation et gestion durable des haies, agroforesterie, stockage de carbone dans les sols agricoles...), et d'autre part sur le renouvellement des forêts dépérissantes et la dynamisation de la **gestion forestière**, ainsi que, à plus long terme, sur une **stratégie d'adaptation des forêts françaises**.

Le scénario AME 2024 est marqué par l'inclusion de nouvelles mesures qui ont un impact sur le secteur de la forêt et du bois, en particulier les mesures forestières du plan France 2030, le développement du Label bas-carbone, ou encore le démarrage de la RE2020 et son impact sur les modes constructifs. Mais ce scénario est également marqué par un fort déclin du puits forestier dans l'inventaire historique, lié principalement à la prise en compte de l'impact de diverses crises récentes (sécheresses, canicules, scolytes...) sur les forêts françaises.

Les hypothèses et projections réalisées dans l'AME se sont principalement basées sur l'étude IGN-FCBA « Projection des disponibilités en bois et des stocks et flux de carbone du secteur forestier français » publiée en 2024³⁵. Nous indiquerons dans le corps du texte les moments où nous nous appuyons dessus.

³⁵ « Projection des disponibilités en bois et des stocks et flux de carbone du secteur forestier français », IGN-FCBA, publiée en 2024. <https://www.ign.fr/projections-bois-carbone-foret-francaise-2023-2024>

Principales mesures :

Levier	Mesure	AME2023	AME2024	Traduction dans la modélisation (Indirecte = non intégré directement dans les modèles, mais soutient la fixation de certaines hypothèses)
Croissance de la forêt/ Production	Politique prioritaire du gouvernement de planter 1Md d'arbres.	France Relance : Mesure de renouvellement forestier, enveloppe de 200M€, 47 000ha renouvelés	France 2030 (150M€) et France Nation Verte (11,5M€) pour le renouvellement forestier des peuplements déperissants, vulnérables ou pauvres.	Indirecte
	Règlement LULUCF	Obligations de rapportage et de conformité à l'objectif de ne pas dégrader le niveau projeté du FRL.	Obligations de rapportage et de conformité à l'objectif de ne pas dégrader le niveau projeté du FRL. La révision du règlement LULUCF oblige à l'augmentation du puits de carbone naturel de 6,7MtCO ₂ e entre les moyennes 2016-2018 et l'année 2030.	Indirecte
	Label Bas Carbone :	Projets labellisés (à prendre en compte) : 17 projets de boisement 3 projets de conversions de taillis en futaies, 13 projets de reconstitutions de forêts dégradées. 24ktCO ₂ potentiel.	Mise en place d'un label de certification pour la séquestration du carbone à travers des méthodologies de boisement et de reboisement. A début 2024 les méthodologies forestières du label représentaient 1,5MtCO ₂ e potentiel.	Directe
	Exploitation forestière et sylviculture performantes		France 2030 (50M€) et France Nation Verte (13,6M€) : outils numériques et matériels innovants et engins de sylviculture et d'exploitation forestière plus respectueux de l'environnement.	Indirecte
	Loi Incendie 2023		Loi renforçant la prévention et la protection contre les incendies, en particulier en passant les seuils d'obligation de rédaction des Plans Simples de Gestion de 25 à 20ha.	Indirecte
Valorisation du bois	Fonds chaleur	PPE : maintien du fonds chaleur à 350M€/an	Passage du fonds chaleur à hauteur de 820M€ (à noter que seule une partie finance la valorisation du bois énergie).	Indirecte
	Directive RED2	Critères de durabilité de la biomasse.	Critères de durabilité de la biomasse.	Indirecte
	RE 2020 pour les bâtiments neufs	Réduction de 30% de l'impact carbone « composant » (de 640 à 415 kgCO ₂ eq/m ²),	Réduction de 30% de l'impact carbone « composant » (de 640 à 415 kgCO ₂ eq/m ²), favorisant	Indirecte

		favorisant l'utilisation de matériaux bio-sourcés.	l'utilisation de matériaux bio-sourcés.	
	Biomasse chaleur		France 2030 : Biomasse Chaleur Industrie du Bois à hauteur de 200M€ (dont une partie du Fonds Chaleur).	Indirecte
	JO 2024		Constructions olympiques avec 40 000 m3 de bois transformés sur la totalité des ouvrages JO dont 45% de bois français. L'ensemble du bois utilisé est certifié gestion durable.	Indirecte
	Contrat de filière		Nouveau contrat stratégique de filière bois sur la période 2023-2026.	Indirecte
	Valorisation des produits bois	Mesures de soutien aux industries de transformation du bois (fonds bois 3, AAP modernisation de la première et deuxième transformation du bois).	France 2030 : Appel à projet Systèmes Constructifs Bois : 203M€ Appel à projet Industrie Performante des Produits Bois qui vise à valoriser les bois de crise et les feuillus.	Indirecte
	Recyclage - REP		Mise en place du PMCB (produits matériaux construction du secteur du bâtiment.	Indirecte
Biodiversité	SNB		Stratégie Nationale Biodiversité qui acte le Plan d'Action des Sols Forestier et le Plan National Vieux Bois.	Indirecte
	Haies		Pacte en faveur de la haie + Stratégie Nationale Biodiversité.	Directe
	Politique Agricole Commune		Plan Stratégique National 2023-2027 : éco-régime, conditionnalité renforcée en termes d'environnement, etc.	Directe
Mixte	Planification écologique		Mesures et financements associés du Projet de Loi de Finances 2024.	Indirecte

Méthode de projections :

Dans l'AME 2024, un nouvel outil, développé par le Citepa, a été utilisé pour modéliser le secteur UTCATF. Cet outil a pour but d'automatiser le calcul annuel des résultats d'émissions et de puits du secteur UTCATF, en réalisant des projections prenant pour base les changements d'usage des sols historiques et un certain nombre d'hypothèses sectorielles. Ces hypothèses, renseignées à minima en 2030 et 2050 et obtenues principalement à partir des modélisations des secteurs de l'agriculture et de la forêt sont principalement :

- la déclinaison des surfaces de la métropole (surfaces de forêt, prairies, cultures, vergers, vignes, zones artificielles et autres surfaces) en 2030 et 2050, obtenues par la modélisation du secteur de l'agriculture sur MOSUT
- les apports et modes de gestion des prairies et cultures, également mis en cohérence avec les sorties MOSUT du secteur agriculture
- l'évolution du linéaire de haies
- les volumes de récolte de bois en forêt et leur allocation en produits bois
- la mortalité en forêt
- l'accroissement forestier

- l'évolution annuelle de la surface boisée et des surfaces d'accrus forestiers
- la consommation de bois énergie

Le modèle du Citepa permet ensuite de calculer les flux annuels de changement d'usage des sols des principales catégories du secteur UTCATF (forêts, prairies, cultures, zones humides, artificialisation et autres surfaces).

Les prochaines sections détailleront la manière dont les modélisations sectorielles ont été menées pour obtenir les hypothèses du modèle UTCATF, et notamment l'hypothèse centrale de la répartition des surfaces métropolitaines, retranscrite ci-dessous.

Tableau 80: Surfaces métropolitaines renseignées en hypothèses du modèle

	2020	2030	2050
Forêt totale	18 460	18 779	19 014
Prairies totales	8 197	7 679	6 857
Cultures annuelles	21 696	21 776	22 157
Vergers	179	167	165
Vignes	572	512	505
Zones artificielles	4 776	4 967	5 182
Autres	1 040	1 040	1 040

2) FORETS

Accroissement et mortalité des forêts

Afin de projeter l'accroissement et la mortalité des forêts, l'étude IGN-FCBA³⁶ a été utilisée, et a permis d'actualiser les hypothèses de l'AME2024. Cette étude modélise de nombreux scénarios de la trajectoire du puits forestier en fonction du changement climatique (scénarios Ci), du niveau de récolte (scénarios Ai et Bi) et des politiques de renouvellement forestier (scénarios Ri). La mortalité et l'accroissement sont dépendants de la sensibilité des peuplements au changement climatique. Ainsi, l'étude a réalisé trois scénarios d'effets du climat :

- Un scénario « optimiste » (Bi_Ri_C1) : Baisse résiduelle de l'accroissement et légère hausse de la mortalité
- Un scénario « pessimiste » (Bi_Ri_C3) : Forte baisse de l'accroissement et hausse de la mortalité
- Un scénario « succession de crises » (Bi_Ri_C2) : Grande variation de la mortalité et de l'accroissement au cours du temps.

Le choix a été fait d'utiliser le scénario « succession de crises » et de le lisser temporellement afin de pouvoir réaliser une interprétation annualisée en termes d'émission et d'absorption de CO₂e. Pour ce faire, le scénario B2_R2_C2 a été adapté pour correspondre à une récolte de 55Mm³/an constante par rapport à l'historique jusqu'en 2050, et a ainsi été renommé 55Mm³_R2_C2. La composante R2 a été retenue pour le scénario AME : elle traduit un scénario d'atteinte plus progressif des objectifs de plantation d'arbres de France 2030 par rapport aux scénarios de composante R1.

³⁶ « Projection des disponibilités en bois et des stocks et flux de carbone du secteur forestier français », IGN-FCBA, publiée en 2024. <https://www.ign.fr/projections-bois-carbone-foret-francaise-2023-2024>

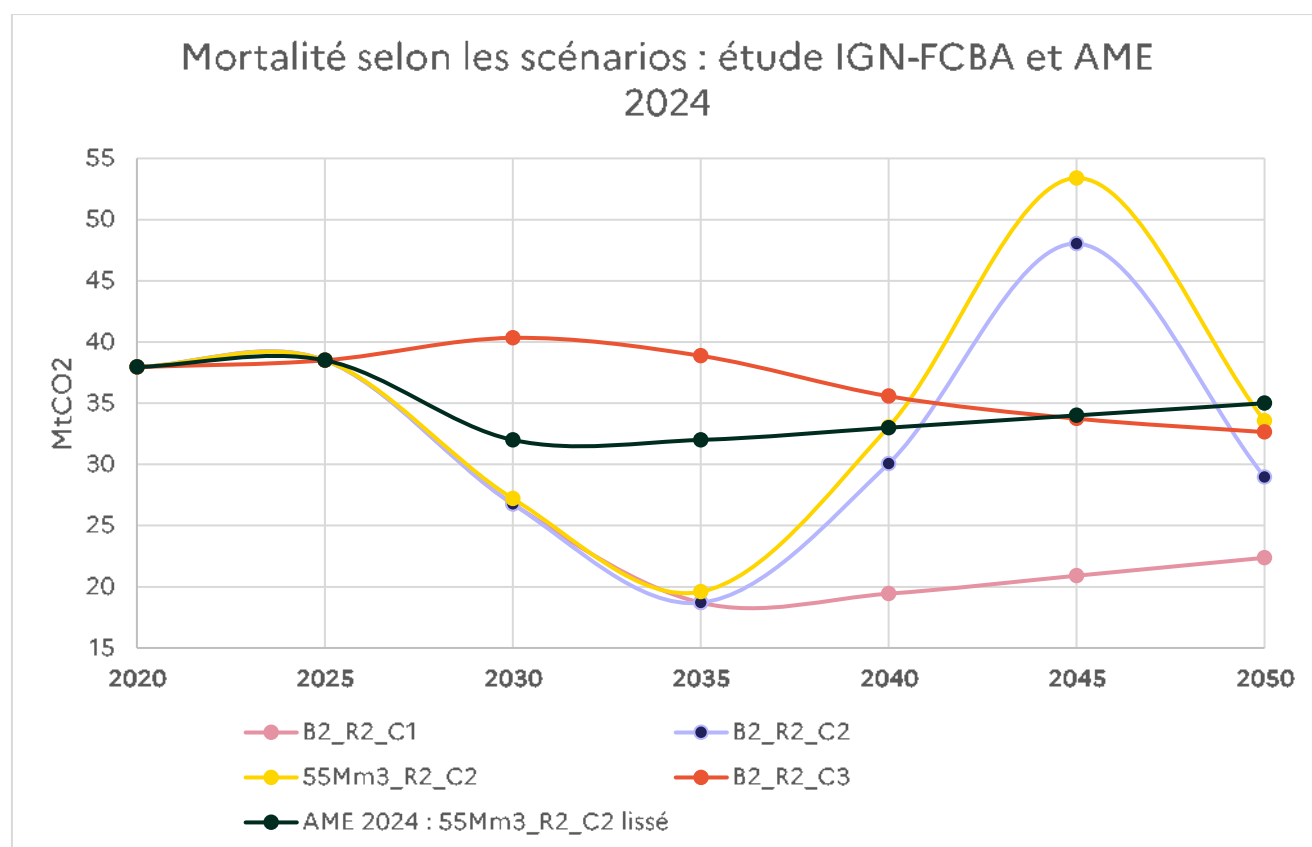


Figure 37 – Mortalité annuelle en forêt selon les scénarios (mortalité en MtCO2 émises)

On peut noter que le scénario calculé (55Mm3_R2_C2 lissé) dépasse en 2050 la mortalité du scénario pessimiste (B2_R2_C3). Cette valeur plus élevée pour 2050 s'explique par le niveau de récolte utilisé par les différents scénarios : la récolte annuelle en bois du scénario AME (55Mm3) est plus faible que celle des scénarios de mortalité optimiste et pessimiste présentés ici (B2 = 63Mm3 sur 2030-2050). Lorsque la récolte augmente, la mortalité baisse légèrement car une partie de la récolte se fait sur des bois de crise. Ainsi, un recalage est réalisé sur le scénario vague de crise, puis sur le scénario AME lissé afin de prendre en compte cet effet « baisse de la récolte – hausse de la mortalité ».

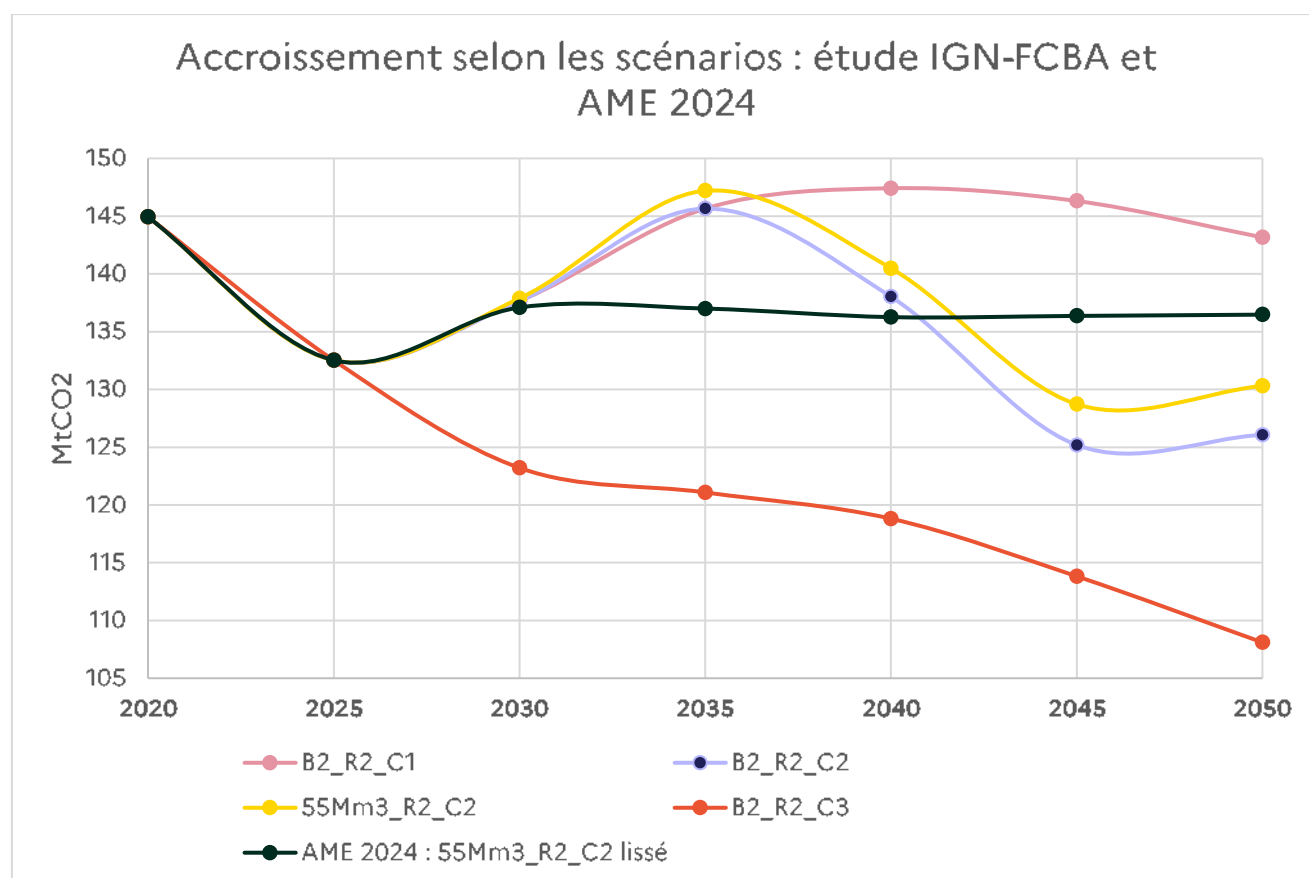


Figure 38 – Accroissement annuel selon les scénarios (accroissement en MtCO₂ capturées)

	2020	2030	2040	2050
Mortalité	37,95	32,00	33,00	35,00
Accroissement	144,93	137,10	136,26	136,47

Tableau 81: Valeurs de mortalité et d'accroissement retenues pour l'AME 2024 (MtCO₂)

Niveaux de récolte

En plus de l'accroissement brut et de la mortalité, le troisième paramètre essentiel pour la forêt est le niveau de prélèvement. Les récoltes projetées sont proposées en volume et en MtCO₂ grâce à un facteur de conversion simplifié de 0,9 t CO₂/m³. Le périmètre de la récolte modélisée dans cet exercice correspond au bois issu de la forêt arrivant en scierie pertes déduites.

On considère que la récolte augmentera légèrement dans les prochaines années pour atteindre 55Mm³ à partir de 2030 (de l'ordre de 50Mm³ en 2020) et rester ensuite stable car :

- La loi incendie de 2023 permettra de mettre en gestion de nouveaux peuplements via l'abaissement du seuil d'obligation des plans simples de gestion (PSG) de 25 à 20 hectares.
- Le plan de renouvellement forestier permet de valoriser davantage les bois des crises, les dossiers déposés et engagés dans ce cadre l'ont été en majorité dans les zones sinistrées par les scolytes. Les appels à projet étant annualisés et leur dotation budgétaire non encore pérennisée, l'AME 2024 ne considère pas cette politique publique au-delà de 2025.

- La potentielle hausse de récolte se base prioritairement sur l'augmentation de la gestion de la petite forêt privée, il n'existe pas encore à ce jour de politiques publiques claires concernant ce levier.

A partir des 55Mm³ de la récolte, on en déduit les prélèvements totaux (incluant les racines et les pertes) via les hypothèses de pertes d'exploitation (21%) et d'expansion racinaire (23%).

	2015	2021	2025	2030	2050	2080
Récolte (Mm³)	47,9	53,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Prélèvements (Mm³)	74	86	86	86	86	86

Tableau 82 : Evolution de la récolte et des prélèvements

La récolte est ensuite exportée selon la destination du bois, et en particulier le bois d'œuvre (BO) et le bois d'industrie (BI). Ces niveaux sont modélisés dans le scénario et augmentent légèrement en considérant que la récolte est tirée par une augmentation de l'industrialisation, suite aux appels à projet Système Constructif Bois (SCB) et Bois Chauffage pour l'Industrie du Bois (BCIB).

ktco2e	2020	2030	2040	2050
Feuillus BO	4409	4781	4835	5145
Résineux BO	10859	11604	11720	11721
Feuillus BI	4332	4954	5070	5026
Résineux BI	4782	6047	5354	5096

Tableau 83 : Evolution de la récolte de bois d'œuvre et de bois d'industrie

Boisement et accrus forestiers

Les boisements concernent les forêts plantées sur des zones non forestières tandis que les accrus forestiers concernent les zones d'embroussaillage naturel (sans volonté humaine de boiser), souvent sur des surfaces en déprise agricole.

Les hypothèses de boisement sont directement corrélées aux résultats de la méthodologie « boisement » du label bas carbone, en considérant que les surfaces boisées annuellement se stabiliseront lors des prochaines décennies.

Les hypothèses d'accrus naturels s'appuient sur la vitesse de déprise agricole des dernières années, en considérant d'une part que la déprise agricole diminue, et d'autre part qu'une augmentation de valorisation des terres non-utilisées aura lieu.

	2015	2021	2025	2030	2050
--	------	------	------	------	------

Accrus naturels (kha/an)	80,3	76,6	50	25	15
Boisement hors forêt (kha/an)	0	0	2	2	2

Tableau 84 : Evolution des accrus naturels et du boisement

Pour les nouvelles forêts, accrus naturels ou plantations, des taux de croissance dépendant de l'âge sont utilisés.

Biomasse aérienne et racinaire (tCO ₂ /ha/an)	<20 ans	>20 ans
Accroissement biologique accrus	5	3,7
Accroissement biologique plantations	8	12

Tableau 85 : Taux de croissance en AME 2024

Produit bois : Développer l'usage matériau du bois et l'économie circulaire

Le puits des produits bois est dépendant de trois hypothèses principales :

- L'allocation de la récolte : une allocation vers des produits à longue durée de vie augmentera le puits de produits bois.
- La hausse de la réutilisation des matériaux, symbolisée par une hausse de la durée de demi-vie des produits bois.
- La part de déchets recyclés : permet une réinjection des déchets dans le stock de produits bois.

Allocation de la récolte

L'allocation de produits bois concerne les sciages ainsi que les panneaux. En considérant les récents appels à projet en cours sur la valorisation du bois d'œuvre et la réindustrialisation de la filière bois française, on estime que l'allocation vers les produits bois augmente légèrement.

Part de la récolte (%)	2021	2025	2030	2050
Produits bois	20,0%	21,2%	21,6%	22,2%
dont sciages	8,5%	9,4%	9,5%	10,1%
Emballages en bois	2,6%	3,0%	3,1%	3,5%
Ameublement	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%
Agencement et menuiseries	1,1%	1,2%	1,2%	1,2%
Couverture / charpente	4,0%	4,2%	4,2%	4,1%
Parquets/lambris	0,7%	0,8%	0,8%	1,0%
dont panneaux et isolants	11,5%	11,8%	12,1%	12,1%
panneaux et isolants	10,0%	10,2%	10,5%	10,5%
contreplaqués	1,5%	1,6%	1,6%	1,6%

Tableau 86 : Allocation de la récolte dans les produits bois

Les hypothèses de demi-vie des produits bois sont directement reprises sur celle du CITEPA (OMINEA) :

Demi-vie Sciages (ans)	22
-------------------------------	-----------

Emballages en bois	3
Ameublement	10
Agencement et menuiseries	15
Couverture / charpente	50
Parquets/lambris	30
Demi-vie Panneaux (ans)	25
Demi-vie Contreplaqués (ans)	30
Demi-vie Papier (ans)	7
Demi-vie Bois Mort (ans)	10

Tableau 87 : Hypothèses de demi-vie des produits bois

Concernant le papier, l'allocation reste stable, traduisant une baisse prévisionnelle de la consommation mais également de la volonté de tendre vers un rééquilibrage de la balance commerciale.

Part de la récolte (%)	2021	2025	2030	2050
Destination finale – Papier	7,1%	7,2%	7,2%	7,2%

Tableau 88 : Allocation de la récolte en papier

Pour le bois énergie (BE), le périmètre ici identifié correspond à la somme de la récolte du bois énergie autoconsommé, commercialisé, ainsi que des connexes qui sont utilisés énergétiquement. Une hypothèse de légère baisse du bois énergie est réalisée au regard de la hausse de transformation des produits bois.

	2021	2025	2030	2050
Destination finale - Energie	63,6%	61,6%	61,2%	60,6%

Tableau 89 : Allocation de la récolte en bois énergie

A noter que la somme des pourcentages n'est pas égale à 100% (différence de l'ordre de 10%). Cet écart est dû aux différences qui existent entre les données de récolte liées à l'inventaire du Citepa et les données d'enquête récoltées auprès des industries de transformation.

Part de déchets bois recyclés

Lorsque les déchets bois sortent du stock de produits bois, ces derniers sont soit réinjectés dans le stock à travers le recyclage, soit brûlés pour produire de l'énergie, soit enfouis. On considère une augmentation du recyclage matériaux via la mise en place des filières REP.

Ces hypothèses ont été retravaillées par rapport à l'AME2023 afin de gagner en clarté sur le devenir des déchets.

Destination déchets bois (%)	2021	2025	2030	2050
Matière	40	45	50	65
Energie	47	44	45	30
Enfouissement	13	11	5	5

Tableau 90 : Devenir des déchets bois

Réutilisation

Contrairement au précédent AME 2023, la prise en compte du recyclage dans le stock de produit bois n'est plus calculée via un allongement de la durée de demi-vie des matériaux, mais via la réinjection dans le stock de produits bois. Ainsi, l'allongement de durée de demi-vie des matériaux prend maintenant en compte uniquement la réutilisation des produits bois.

Augmentation durée de demi-vie (an)	2021	2025	2030	2050
emballages bois	0,0	0,1	0,1	0,2
ameublement	0,0	0,2	0,4	0,8
agencement menuiseries	0,0	0,3	0,6	1,2
couverture charpente	0,0	1,0	2,0	4,0
parquet lambris	0,0	0,6	1,2	2,4
papier	0,0	0,0	0,0	0,0
panneaux	0,0	0,5	1,0	2,0

Tableau 91 : Augmentation des durées de demi-vie des produits bois

Séquestration de carbone dans le bois mort et dans les sols

Les puits de carbone du bois mort et dans les sols font l'objet d'hypothèses dans un scénario spécifique (appelé INV+). Ces puits et leurs évolutions ne sont pas comptabilisés à ce jour dans les inventaires nationaux faute de données suffisantes mais font l'objet de travaux pour être intégrés. Les hypothèses actuelles sur ces compartiments, en particulier pour le puits des sols forestiers, montrent une évolution positive du puits du fait de leur meilleure prise en compte au sein des itinéraires sylvicoles.

Concernant le carbone dans les sols à horizon 2050, nous nous appuyons sur la fourchette basse du taux de séquestration dans les sols forestiers détaillé par l'étude 4p1000 afin de rester conservateur. Concernant le bois mort, nous utilisons une formule de demi-vie du bois mort, fonction de la mortalité, afin de calculer son potentiel de puits, en prenant l'hypothèse d'une demi-vie égale à 10ans.

A noter que ces deux compartiments sont comptabilisés à 2050 en tant qu'analyse de sensibilité mais ne peuvent être pris en compte au niveau juridique tant qu'ils ne seront pas intégrés au sein des inventaires nationaux.

	2020	2025	2030	2050
Puits de carbone dans les sols forestier (MtCO ₂)	8,2	8,2	8,2	8,2
Puits de carbone dans le bois mort (MtCO ₂ e)	10	16,2	5,9	2,8

Tableau 92 : Puits de carbone supplémentaires en INV+

3) AUTRES UTILISATION DES TERRES

Cultures et prairies

Pour les terres agricoles, les principaux flux de carbone sont liés aux changements d'utilisation des terres et vont concerner aussi bien les sols que la biomasse. En premier lieu, ce sont les changements d'usage des sols entre cultures et prairies qui contribuent à la majeure partie des flux. Néanmoins, les changements internes à une catégorie, par exemple entre cultures et vergers, peuvent aussi être significatifs.

Dans ce scénario AME 2024, les surfaces de prairies permanentes diminuent par rapport à 2020, de l'ordre de 6 % en 2030 et 16% en 2050. Une partie de ces prairies délaissées sont transformées en cultures, qui augmentent de 80kha de 2020 à 2030 et de 380 kha de 2030 à 2050. Les surfaces d'arboriculture baissent également légèrement, tout comme les surfaces de vigne. Les haies augmentent de 2020 à 2030 (+7000 kml) avant de rester stables, en cohérence avec l'objectif 2024 de hausse nette du linéaire de haies.

Tableau 93: Evolution des surfaces métropolitaines de cultures et prairies, en hypothèses du modèle du Citepa

	2020	2030	2050
Prairies totales	8 197	7 679	6 857
Cultures annuelles	21 696	21 776	22 157
Vergers	179	167	165
Vignes	572	512	505

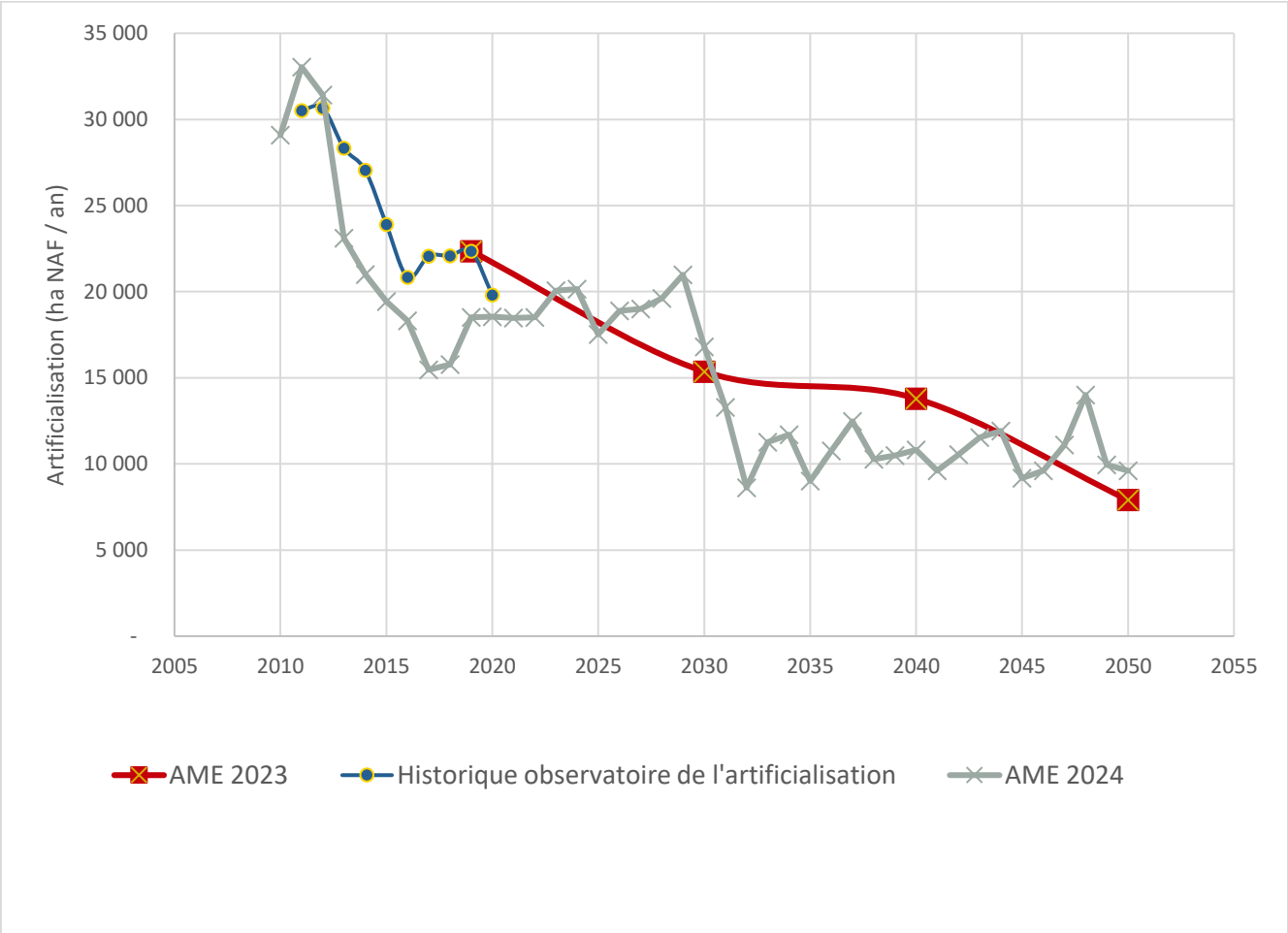
Au niveau des sols, les parts d'apports d'azote (apports faibles, moyens, élevés sans fumier et élevés avec fumier) aux différentes cultures ont été maintenus constantes par rapport à 2020. Les modes de gestion par culture (labour, travail profond sans retournement et semis direct) ont été ajustés à l'aide des résultats de surfaces de terres arables avec semis directs obtenus à l'aide de MOSUT.

Zones artificialisées

Les surfaces artificialisées en 2030 et 2050, renseignées en paramètres d'entrée du modèle UTCATF du Citepa, ont été obtenues via une modélisation reprenant les hypothèses faites dans le secteur du bâtiment sur la construction neuve (logements et tertiaires). Le modèle UTCATF a ensuite pu traduire ces hypothèses en une trajectoire d'artificialisation annuelle, en surfaces et en émissions.

Les résultats surfaciques sont présentés ci-dessous. En historique, la trajectoire s'avère légèrement différente de celle de l'observatoire de l'artificialisation, les périmètres de comptabilisation des surfaces artificialisées étant légèrement différents de ceux du Citepa. En particulier, la trajectoire de l'AME 2024 correspond à de l'artificialisation nette, c'est-à-dire après avoir retranché le flux de désartificialisation (qui s'avèrent faibles en pratique).

Tableau 94: Evolution du rythme d'artificialisation et comparaison à d'autres scénarios



Zones et humides et autres

Peu d'hypothèses ont été réalisées pour ces secteurs, les surfaces fournies en hypothèses du modèle UTCATF proviennent de la modélisation sur MOSUT qui considère une évolution stable.

4) RESULTATS DU MODELE

Retour sur le fonctionnement du modèle UTCATF du CITEPA

Avant de procéder à l'analyse des résultats en sortie du modèle, il convient de rentrer un peu plus dans le détail de son fonctionnement.

En pratique, le modèle est calibré sur les changements d'usage des sols de la période 2004-2014, première période 100% spatialement explicite. Pour chacune de ces années, l'outil stocke une matrice de probabilités annuelles moyennes de conversion entre les différentes sous catégories d'utilisation des terres.

- Loi de probabilité :

	Grains and oilseeds	Protein crops	Temporary grassland	Industrial culture	Permanent grassland	Vegetable crops, flowers	Permanent crops	...
Grains and oilseeds	85%	2%	5%	2%	3%	1%	0%	
Protein crops	84%	4%	4%	0%	5%	0%	0%	
Temporary grassland	3%	0%	96%	0%	0%	0%	0%	
Industrial culture	84%	0%	2%	9%	0%	3%	0%	
Permanent grassland	15%	0%	9%	0%	74%	0%	0%	
Vegetable crops, flowers	24%	0%	2%	4%	0%	66%	1%	
Permanent crops	0%	0%	1%	0%	0%	0%	98%	
...								

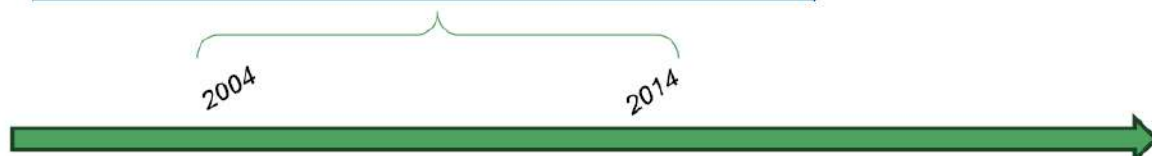


Figure 39 : Exemple de matrice des probabilités annuelles moyennes de conversion

En projection, la matrice de probabilité est modifiée chaque année pour s'adapter aux contraintes de surfaces en 2030 et 2050 des différentes catégories d'utilisation des sols (forêts, prairies, etc.) qui ont été fournies en hypothèses du modèle. Le modèle est ainsi « forcé » de s'adapter pour obtenir en sortie ces surfaces en 2030 et 2050. Les autres hypothèses renseignées en paramètres de l'outil permettent ensuite de déduire l'évolution des émissions et puits de chaque catégorie d'usage des sols, à partir de l'évolution projetée des surfaces.

Il est à noter que la période historique post 2015 n'a pas été considérée pour calibrer le modèle car seuls les régimes de changement agricoles sont disponibles pour cette période, et ceux-ci sont particulièrement volatils et engendrent des dynamiques peu probables en projection.

Pour identifier précisément l'influence de nos hypothèses sur les émissions et puits des différentes catégories d'utilisation des sols, les prochains graphiques représentent les projections sans contrainte de surfaces, en plus de la projection de l'AME 2024. Il est à noter que ces graphiques présentent les résultats au périmètre de la métropole en MtCO₂ (seul le CO₂ est compté), sans considérer la composante de faible ampleur « incendies et drainage ».

Puits forestier

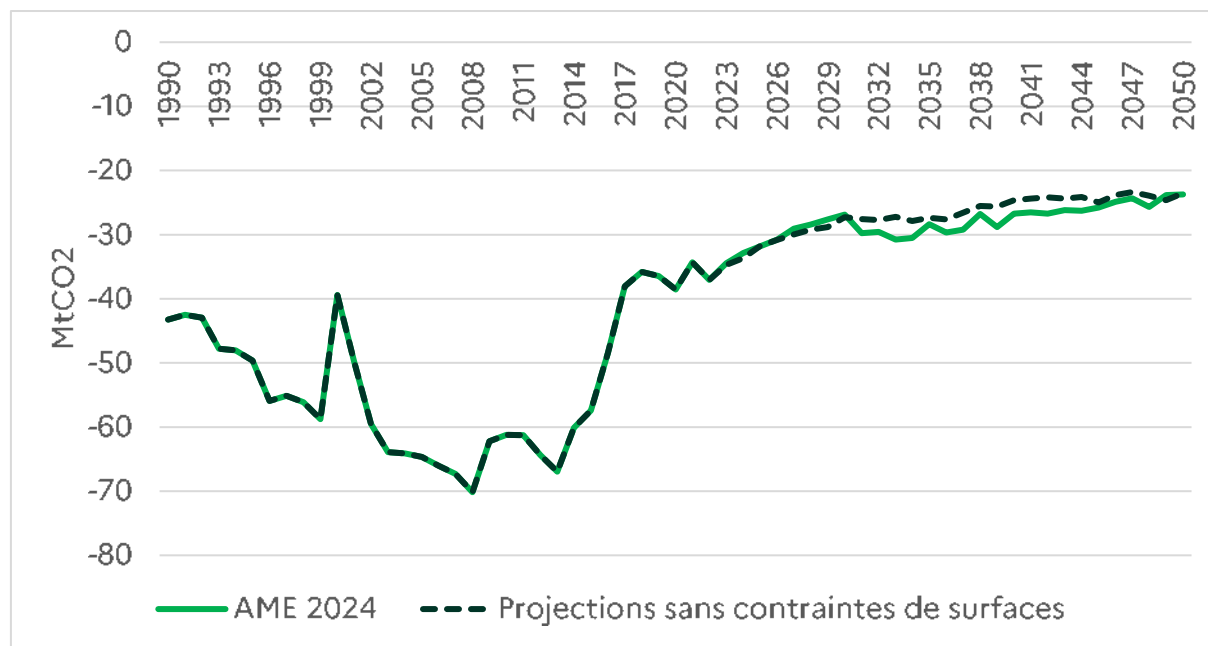


Figure 40 : Evolution du puits forestier selon les scénarios

On peut remarquer que l'évolution du puits forestier est peu dépendante des contraintes de surfaces forestières fournies en hypothèses, car la projection sans contrainte suit une dynamique similaire. Elle marque en AME 2024 une prolongation de la dégradation du puits forestier, débutée dans les années 2010.

Prairies permanentes et cultures

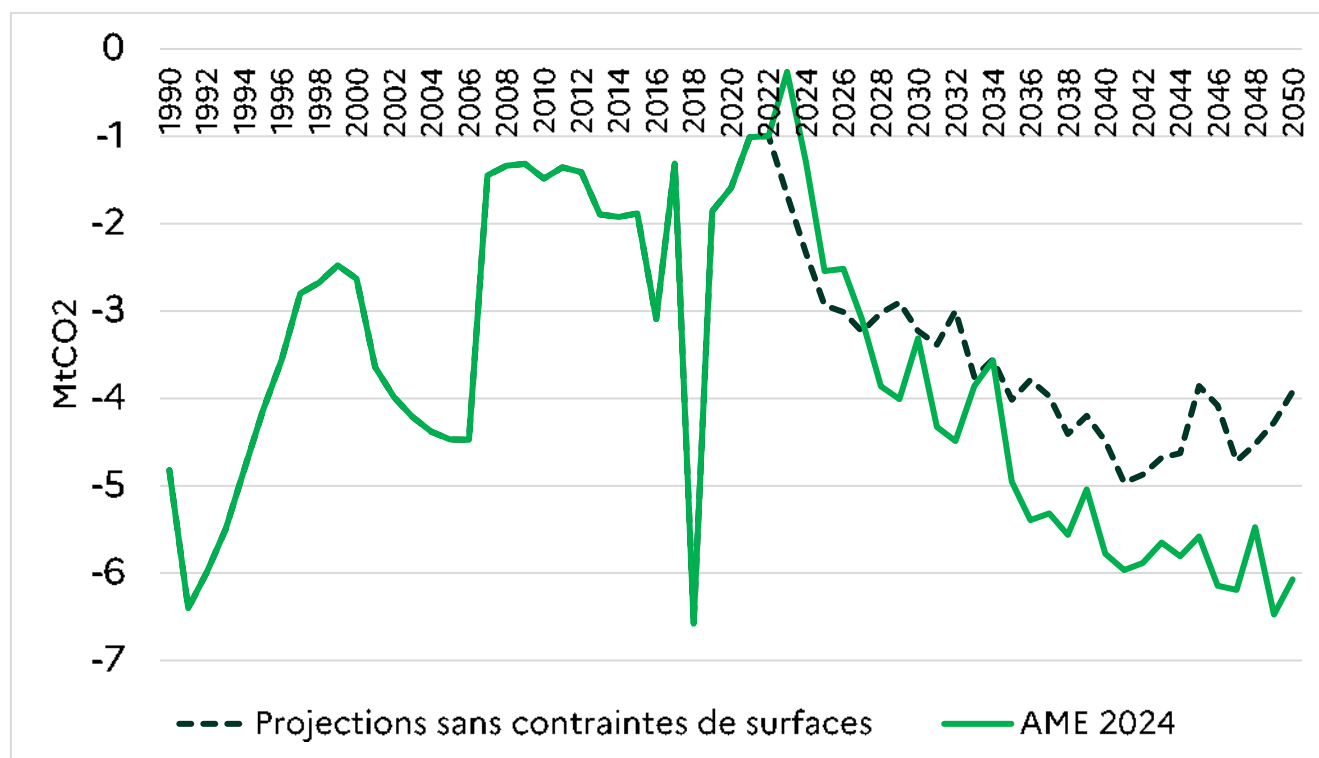


Figure 41 : Evolution du puits de prairies permanentes selon les scénarios

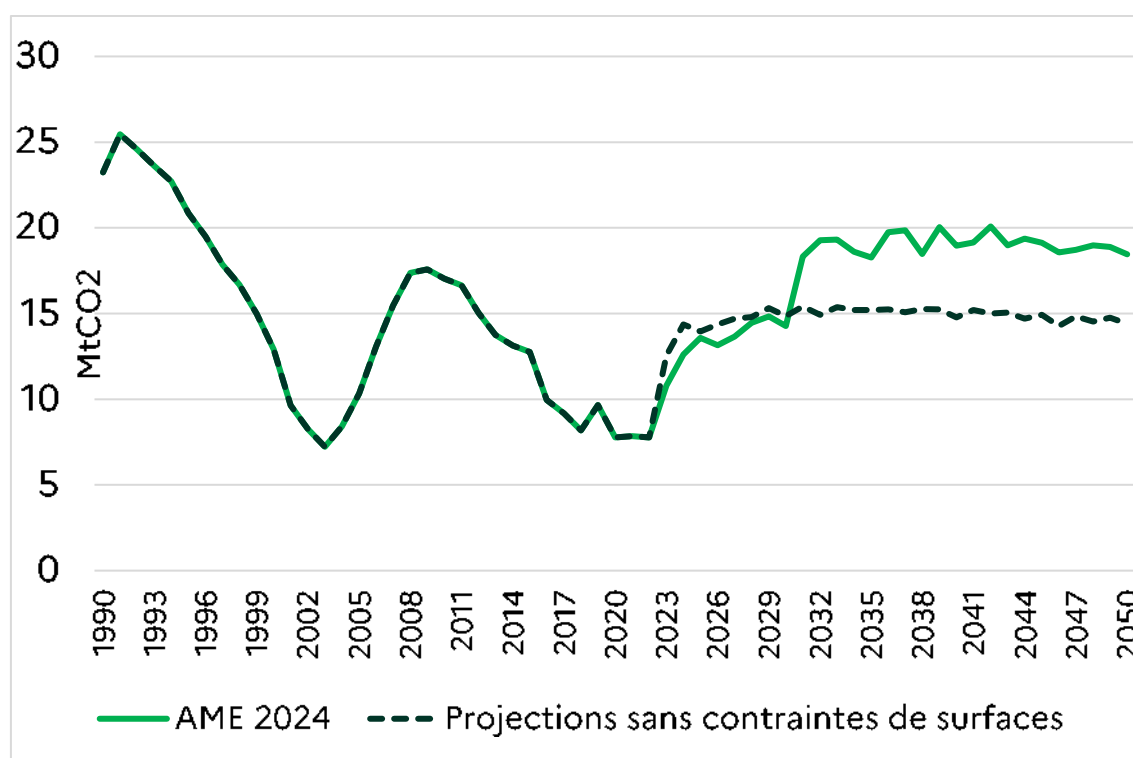


Figure 42 : Evolution des émissions des cultures selon les scénarios

Pour les prairies et cultures, on remarque des changements assez significatifs par rapport aux projections sans contraintes de surfaces, surtout à partir de 2030. En particulier, le puits des prairies

augmente d'environ 1 à 2MtCO₂ par rapport à la situation de référence (projections sans contraintes de surfaces) du fait de changements significatifs d'usage des sols de cultures vers prairies mais aussi de prairies vers cultures. On peut d'ailleurs remarquer que l'écart par rapport à la situation de référence pour les cultures est davantage marqué : les émissions des cultures sont de l'ordre de 4MtCO₂ plus élevées que dans la situation de référence. Ceci s'explique par les hypothèses prises dans le secteur agricole de baisse des prairies permanentes à horizon 2050, qui sont compensées par une augmentation des surfaces de grandes cultures, stockant moins de carbone.

On peut aussi remarquer pour les deux scénarios projetés un changement de rythme d'émissions annuelles des cultures entre 2022 et 2030, au passage des années historiques aux premières années modélisées. Ceci est dû au fait que la matrice de conversions d'usage des sols utilisée en historique représente uniquement la période 2004-2014. En essayant de prendre en compte les changements d'usage des sols agricoles historiques ultérieurs, nous nous sommes rendus compte que ceux-ci étaient difficilement exploitables, car particulièrement volatiles, et donnaient lieu à des résultats peu probables en projection. La marche 2022-2023 est donc plutôt à interpréter comme un retour à la normale des rythmes de conversion, qui redeviennent similaires à ceux des années antérieures à 2014.

Zones artificialisées

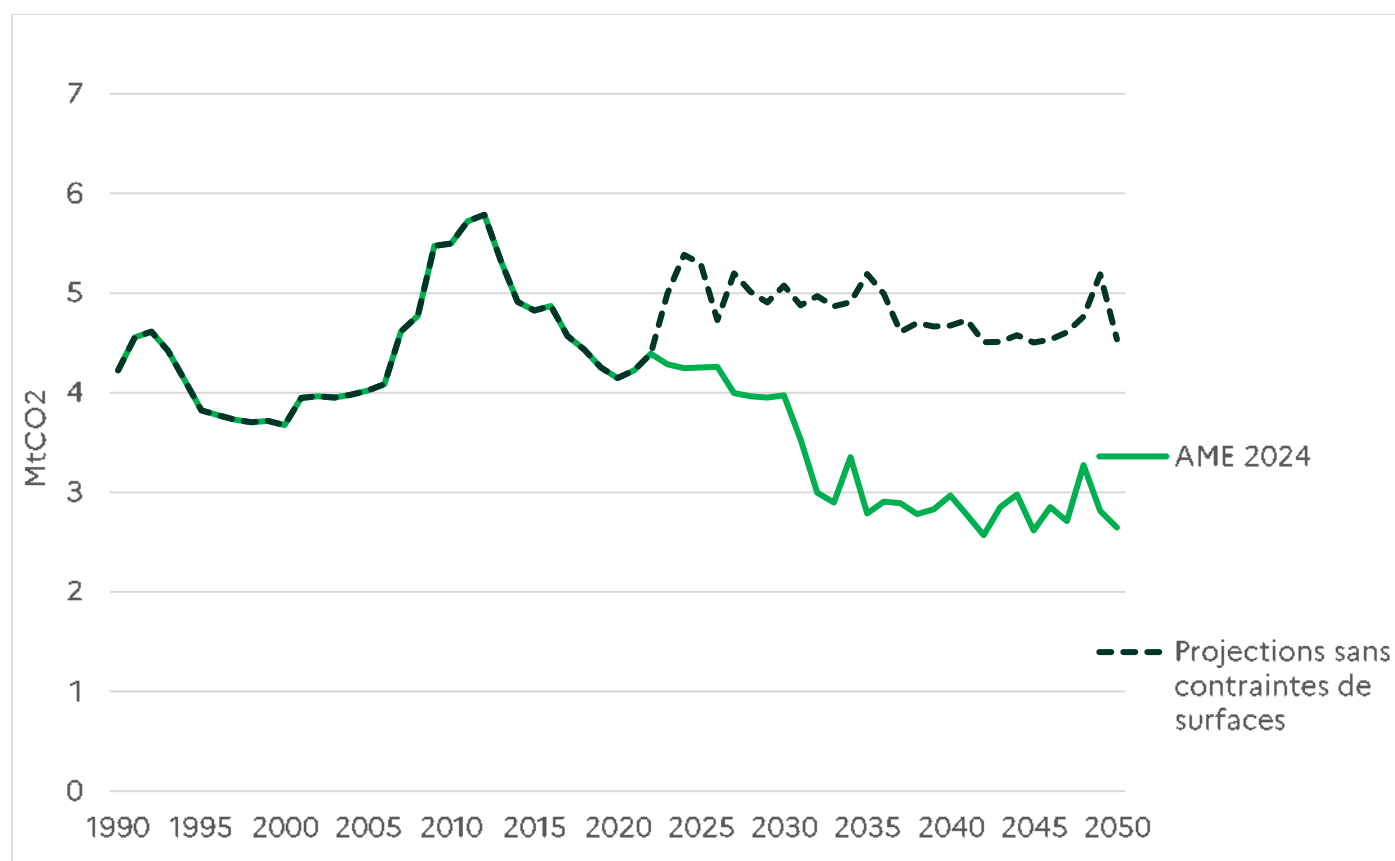


Figure 43 : Evolution des émissions des zones artificialisées selon les scénarios

Au sujet de l'artificialisation, on observe à la fois une baisse des émissions par rapport à la situation historique et par rapport à la situation de référence. Ceci s'explique principalement par la baisse de la construction neuve modélisée dans le secteur des bâtiments pour l'AME 2024.

Zones humides et autres

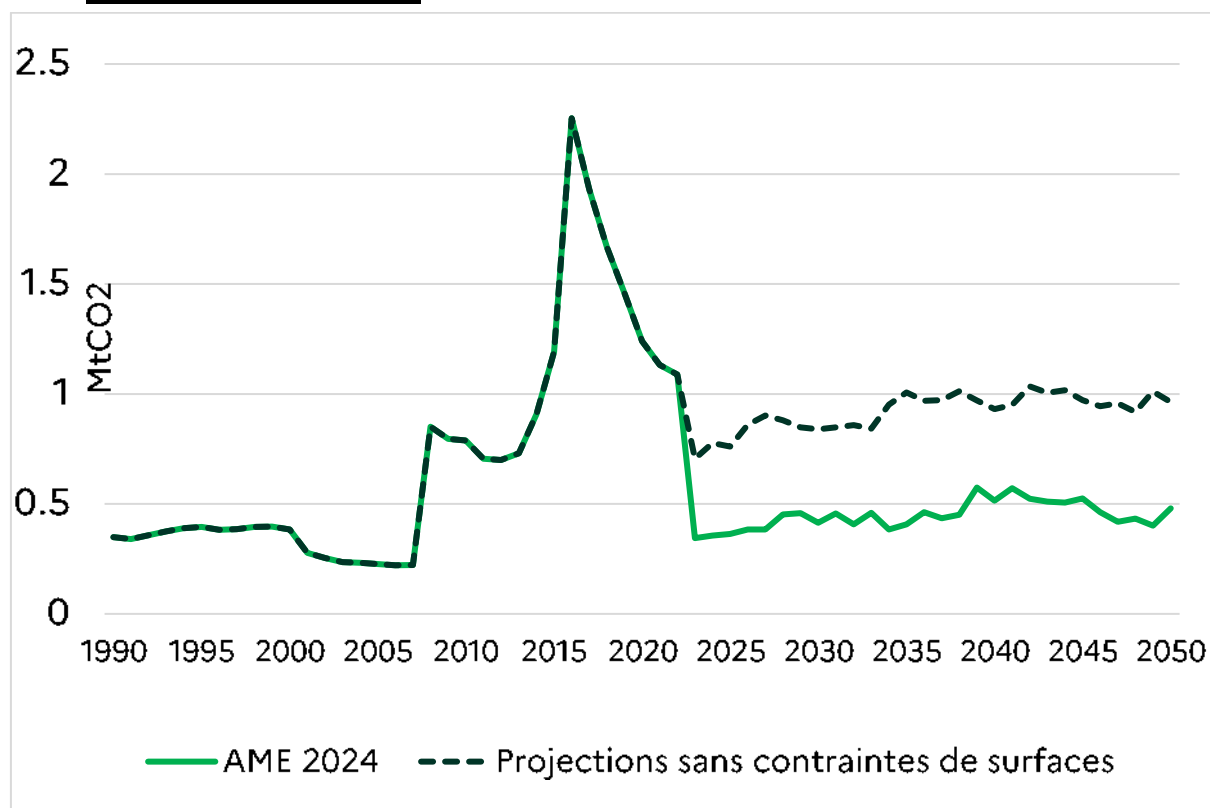


Figure 44 : Evolution des émissions des zones humides selon les scénarios

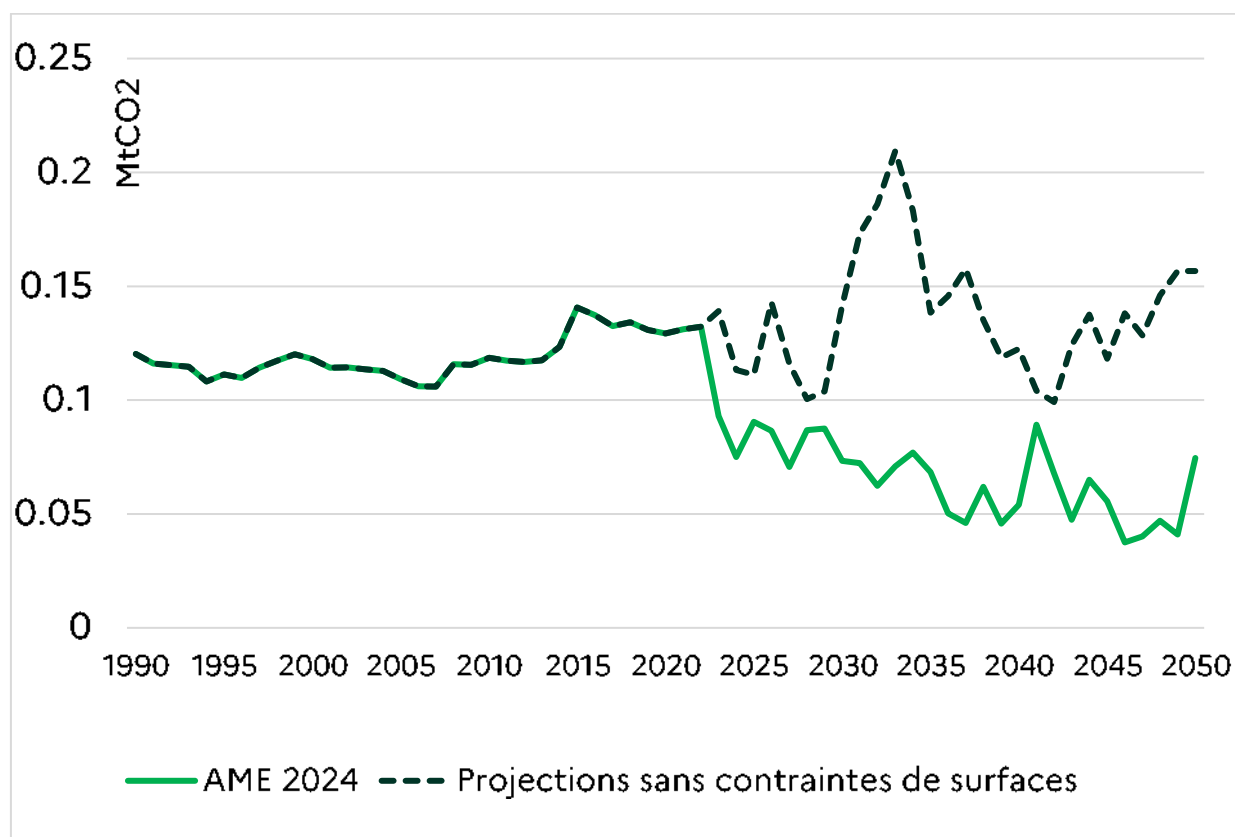


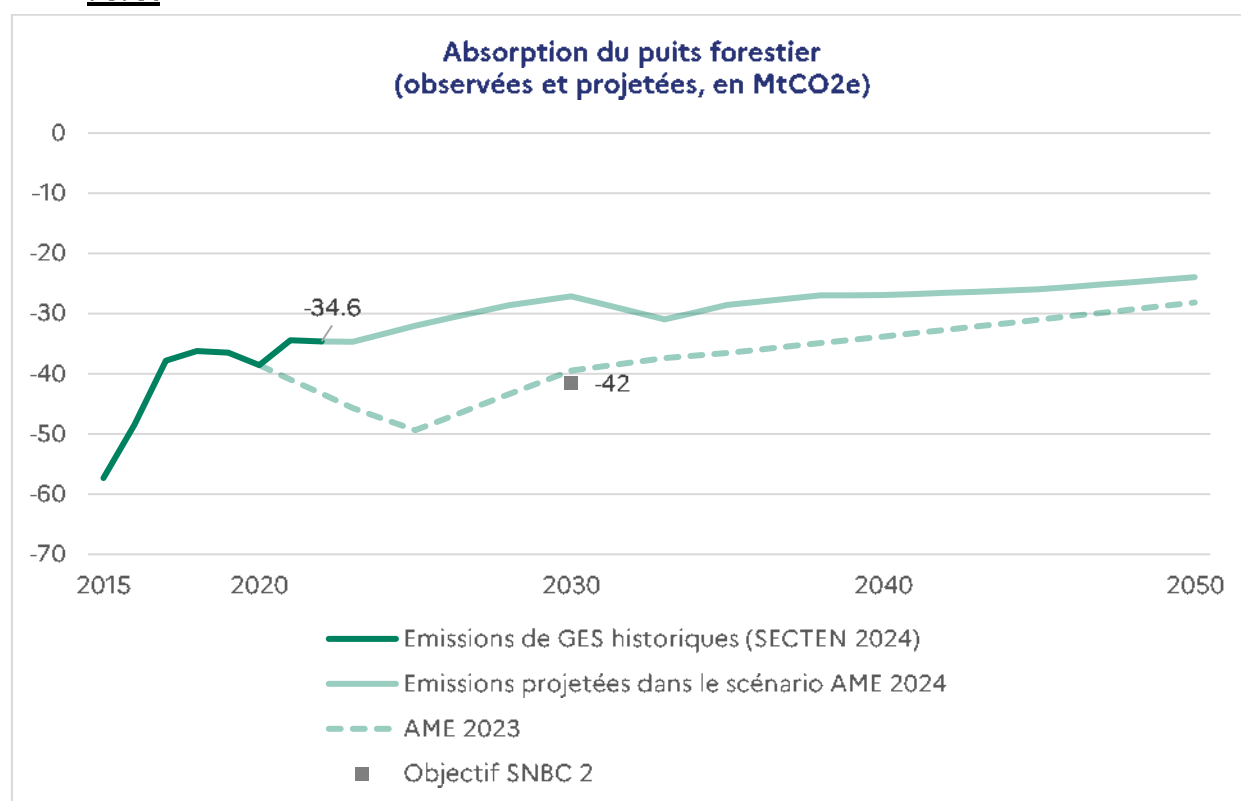
Figure 45 : Evolution des émissions des autres surfaces selon les scénarios

Les émissions des zones humides et des autres catégories d'utilisation des sols sont très faibles comparativement aux autres catégories d'utilisation des sols et diffèrent par rapport aux projections sans contraintes de surfaces de l'ordre de 0,5MtCO₂ pour les zones humides et de l'ordre de 0,1MtCO₂ pour les autres catégories.

5) ANALYSE DES RESULTATS

Nous allons maintenant présenter les résultats de puits du secteur UTCATF dans son ensemble ainsi que ceux du puits forestier. Les résultats sont maintenant au périmètre Kyoto, en MtCO₂e contrairement aux graphiques précédents (qui sont au périmètre métropole et en MtCO₂).

Forêt



Comme expliqué en préambule, il convient d'être très prudent sur les données de sortie des puits naturels et il peut être complexe de comparer l'AME 2023 et l'AME 2024 car les changements méthodologiques sont fréquents et peuvent engendrer des écarts considérables. Les résultats de l'AME 2023 ont ici été recalés sur l'inventaire SECTEN 2024 pour pouvoir les comparer à l'AME 2024 et sont donc différents des résultats initiaux de l'AME 2023. On observe ici un puits plus faible dans l'AME 2024 de l'ordre de 12 MtCO₂e en 2030 et de 4MtCO₂e en 2050 par rapport à l'AME 2023 recalé.

Dans l'AME 2024, le puits forestier poursuit donc sa dégradation mais à un rythme plus lent que lors des années 2010-2020. Ceci est lié principalement à la baisse de l'accroissement. La récolte augmente légèrement de 2020 à 2030 pour atteindre et se stabiliser à 55Mm³, 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 très élevés des années 2020 (de l'ordre de 38MtCO₂e) avant de décroître à horizon 2030 (33MtCO₂e) et de réaugmenter à horizon 2050 (36MtCO₂e).

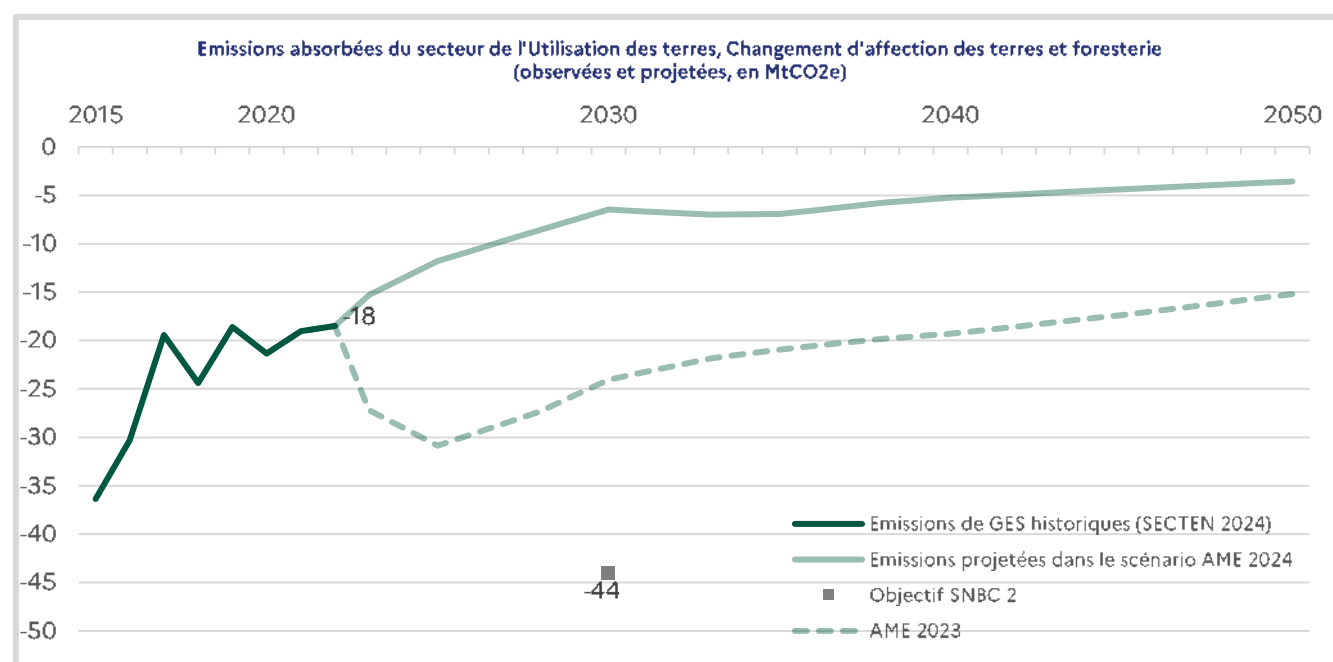
En comparaison, l'AME 2023 misait sur une mortalité conjoncturelle qui redescendrait rapidement pour retrouver son niveau pré-2015 et atteindre environ 28MtCO₂e en 2050. Cet effet est partiellement compensé par les forts niveaux de récolte qui avaient été retenus dans l'AME 2023 et qui ont été revus à la baisse dans l'AME 2024.

Enfin, l'objectif SNBC 2 misait également sur une baisse rapide de la mortalité, entraînant un puits plus élevé en 2030 de 14MtCO₂e dans l'objectif SNBC2 (-42MtCO₂e) par rapport à l'AME 2024 (-27MtCO₂e).

Produits bois

En AME 2024, les produits bois représentent un puits net de l'ordre de 0MtCO₂e en 2030 et 2050. C'est une différence significative par rapport à l'AME 2023 (puits de -3,9MtCO₂e en 2030 et -2,6MtCO₂e en 2050) qui peut s'expliquer par la stabilité de la récolte considérée en AME 2024 alors qu'une forte croissance intervenait à horizon 2030 dans l'AME 2023. Une récolte plus faible entraîne en effet une moins grande allocation de la récolte dans les produits bois. Cependant, l'ordre de grandeur est dans tous les cas de quelques MtCO₂e et reste limité par exemple par rapport aux niveaux d'accroissement (de l'ordre de 140MtCO₂e en 2021) et de mortalité (de l'ordre de 38MtCO₂e en 2021).

UTCATF



Dans l'AME 2024, 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.

La baisse moins rapide et moins forte que prévu de la mortalité en forêt en AME 2024 par rapport à l'AME 2023 et la SNBC 2 ainsi que la hausse des conversions de prairies permanentes en cultures à partir de 2030 entraîne des écarts conséquents entre ces scénarios. En particulier, le scénario AME 2024 atteint en 2030 -6MtCO_{2e} tandis que l'AME 2023 atteint -24MtCO_{2e} et la SNBC2 -44MtCO_{2e}.

G. Déchets

1) CONTEXTE, NOUVELLES MESURES INTEGREES AU SCENARIO

Le **secteur des déchets** a émis 14 Mt CO₂ éq en 2022, soit 3,6 % des émissions brutes de la France (Citepa, Secten 2024).

Ces émissions sont principalement liées au méthane issu de la dégradation des déchets fermentescibles dans les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND), ainsi qu'au méthane et au protoxyde d'azote issu du traitement des eaux usées. Dans une plus faible mesure, le traitement des déchets solides (compostage et méthanisation) ainsi que l'incinération sans récupération d'énergie (notamment des déchets dangereux) contribuent aux émissions du secteur. Les émissions liées au recyclage sont comptées dans l'industrie et celles liées à l'incinération avec valorisation énergétique sont comptées dans l'énergie (nomenclature Secten). Ces émissions sont comparables à celles de 1990, mais en décroissance depuis le milieu des années 2000.

La filière de transformation et de valorisation des déchets contribue par ailleurs à limiter l'empreinte carbone et matière de la France grâce au recyclage de matières premières.

Réduire les émissions du secteur des déchets nécessite d'agir sur la prévention de la production de déchets, la réorientation des déchets vers les filières de valorisation matière et énergétique et le captage du méthane dans les lieux de stockage.

Les modélisations du secteur déchets reposent sur un modèle exploité par le Citepa. Les émissions de gaz à effet de serre du secteur sont estimées sur la base des Lignes Directrices du GIEC³⁷ pour les inventaires nationaux³⁸. Les données d'activités utilisées dans les modèles de calcul proviennent en partie de données nationales collectées à l'échelle nationale (ADEME pour une part importante) et en partie de données disponibles dans des rapports, bases de données et guides internationaux (GIEC, EEA, documents de recherches, etc.)³⁹.

Mesures considérées dans la modélisation : L'AME 24 est semblable à l'AME 23, à cela près que les hypothèses de captage de méthane dans les ISDND ont été revues à la hausse historiquement (nouvelle méthodologie du Citepa) et les projections à la baisse dans une logique de prudence. En parallèle, l'AME 23 utilisait comme base de travail une édition de l'inventaire national (édition 2022) qui a depuis été révisée. L'AME 24 est basé sur la dernière édition de l'inventaire (édition 2024).

Mesures considérées dans la modélisation :

L'AME 24, tout comme l'AME 23, prend en compte la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (loi AGEC) adoptée le 10 février 2020. Elle couvre plusieurs volets déclinés en cinq axes comprenant la sortie du plastique jetable, la lutte contre le gaspillage ou contre

³⁷ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

³⁸ Lignes Directrices du GIEC de 2006 et son raffinement de 2019
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>

³⁹ Le Citepa rapporte chaque année ces résultats et méthodologies de façon la plus transparente possible au travers de rapports disponibles en ligne : <https://www.citepa.org/fr/publications/>

l'obsolescence programmée, ainsi que sur une meilleure information du consommateur et une production plus vertueuse.

Les principales mesures contenues dans la loi et reprises dans le scénario AME sont :

- La fin de la mise sur le marché des emballages en plastique à usage unique d'ici 2040, avec des objectifs à diverses échéances temporelles comme la réduction de 20% et l'atteinte de 100% de recyclage pour les emballages plastiques à usage unique d'ici 2025.
- La réduction de 50% du nombre de bouteilles en plastique à usage unique d'ici 2030.
- Une part d'emballages réemployés de 10% sur le marché en 2027
- Des mesures de sensibilisation (garantie légale de conformité, d'empreinte téléphonique...)
- La réduction du gaspillage alimentaire de 50% d'ici 2030 par rapport à 2015 pour les entreprises productrices et la restauration commerciale.
- La valorisation des biodéchets par les collectivités
- La création d'un fonds réemploi et réparation (filière textile et chaussures en 2023, jouets en 2022...)
- La mise en place de l'économie circulaire dans la commande publique (20 à 100% selon le type de produits)
- La facilité de réparation et de la délivrance de pièces par les producteurs
- La création de nouvelles filières pollueurs-payeurs (voitures, jouets...)

Ces mesures ont été prises en compte autant que possible par leur impact direct sur le volume de déchets, par leur incitation à l'économie circulaire, et mises en perspective de l'évolution démographique. La démarche retenue a été de modéliser globalement l'impact de la loi sur les volumes de déchets. En effet, la réduction d'émission est principalement causée par la réduction de la quantité de déchets.

Tableau 95: Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Déchets

	AME 2023	AME 2024	Traduction dans la modélisation
Hypothèses de tonnage	Augmentation tendancielle de tonnage, réduction du tonnage liée à la loi AGEC, réorientation entre les filières de traitement des déchets	Idem	Directe
Taux de captage du méthane en ISDND	2020 : 47% 2030 : 85% 2040 : 85% 2050 : 85%	2020 : 50% 2030 : 56% 2040 : 63% 2050 : 70%	Directe
Taux de valorisation du biogaz capté	2020 : 77% 2030 : 85% 2040 : 85% 2050 : 85%	2020 : 83% 2030 : 85% 2040 : 85% 2050 : 85%	Directe
Part de la population raccordée à une STEP	2020 : 81,5% 2030 : 81,5% 2040 : 81,5% 2050 : 81,5%	Idem	Directe
Part de la population raccordée à un traitement autonome	2020 : 17,6% 2030 : 18,5% 2040 : 18,5% 2050 : 18,5%	Idem	Directe
Part de la population sans traitement des eaux	2020 : 1.0% 2030 : 0,0% 2040 : 0,0% 2050 : 0,0%	Idem	Directe

2) DECHETS SOLIDES

(A) Niveaux d'activité retenus

Lors de la réalisation des projections AME 2023, les quantités de déchets traités par filière en installations de traitement avaient été reprises de l'exercice précédent (AME 2021) et ajustées de l'évolution de la population. Pour cet exercice, les quantités de déchets solides traités par les différentes filières ont été reconstruites sur la base des dernières données disponibles.

On peut noter des évolutions très marquées pour certaines filières, c'est le cas pour l'incinération de déchets non dangereux en UVE et pour le stockage des déchets en ISDND. En effet, on considère dans cet exercice une quantité de déchets incinérés en UVE plus importante que pour l'AME 2021 (45% de plus en 2030 et 38% de plus en 2050). C'est l'inverse pour le stockage en ISDND pour lequel on considère une quantité stockée plus faible dans l'AME 2023 (17% de moins en 2030 et 35% de moins en 2050). En revanche, pour le compostage industriel et la méthanisation (hors méthanisation à la ferme), les quantités traitées sont sensiblement les mêmes.

Entre l'AME 2023 et l'AME 2024, les données d'activités des différentes filières ont été conservées.



Figure 46. Quantité de déchets compostés (hors compostage domestique) aux horizons 2030 et 2050 (kt)

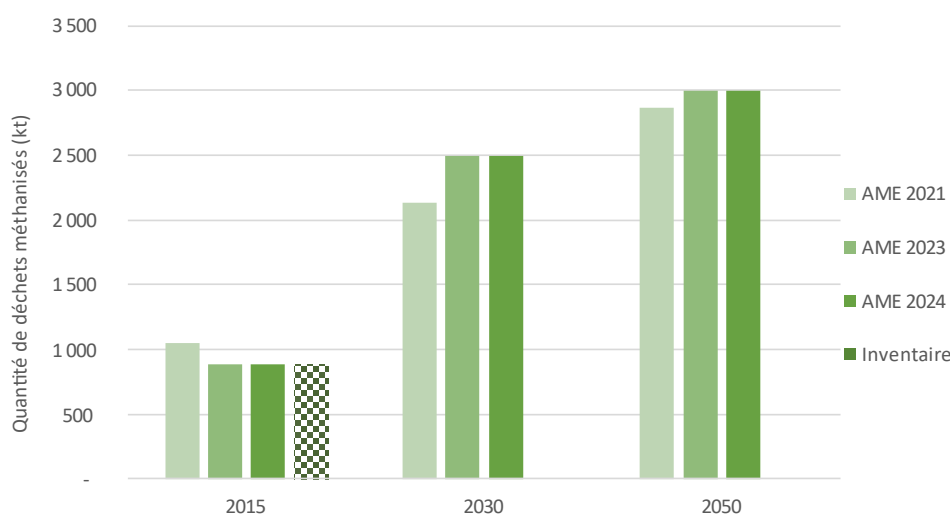


Figure 47. Quantité de déchets méthanisés (hors « méthanisation à la ferme ») aux horizons 2030 et 2050 (kt)

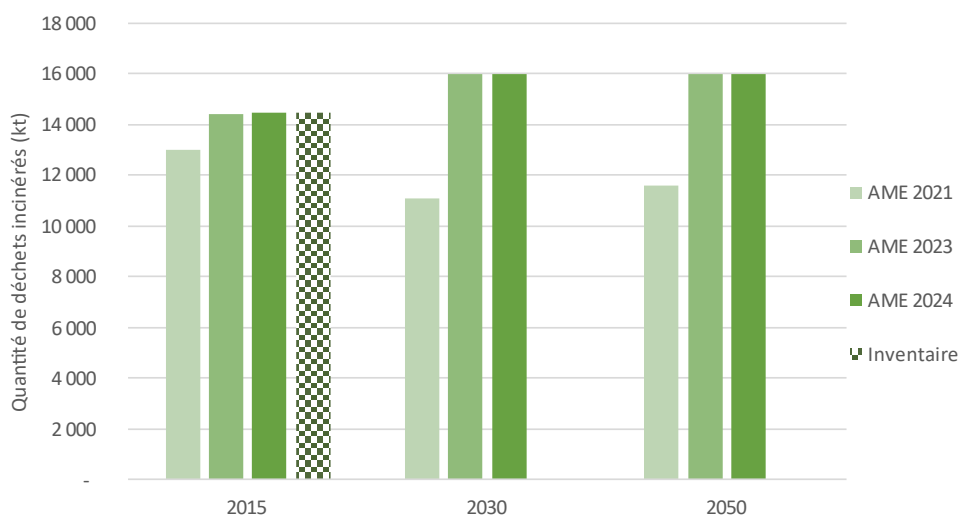


Figure 48. Quantité de déchets incinérés avec valorisation énergétique (UVE) aux horizons 2030 et 2050 (kt)

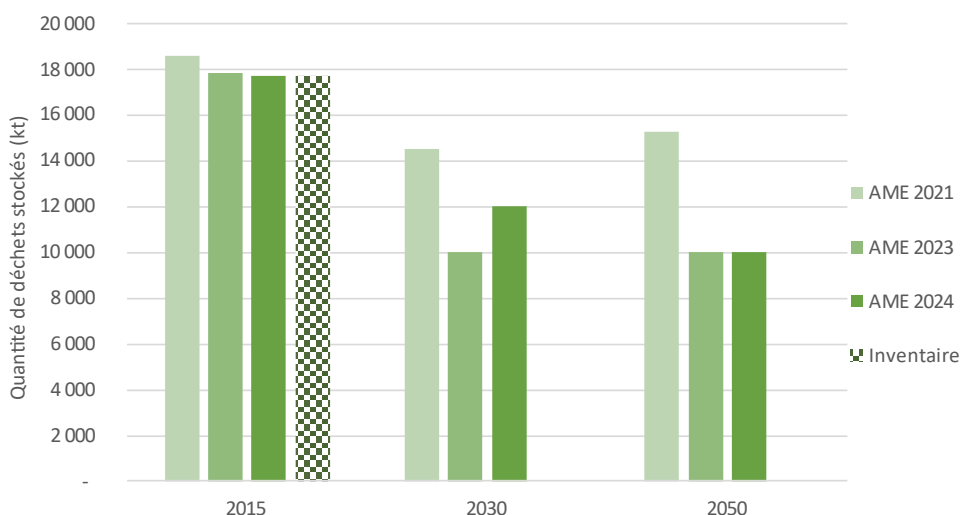


Figure 49. Quantité de déchets stockés en ISDND aux horizons 2030 et 2050 (kt)

Concernant l'incinération, le rendement énergétique des incinérateurs n'est pas un critère d'allocation entre les secteurs "énergie" et "déchets" dans les inventaires d'émissions. Seuls les facteurs "avec" et "sans" récupération d'énergie sont considérés afin d'allouer séparément les émissions des incinérateurs. Dans le cas de l'incinération avec récupération d'énergie, les données d'activité considérées correspondent à « incinération avec valorisation d'énergie » et « incinération à faible rendement » afin d'être cohérent avec le périmètre de l'inventaire national.

Pour l'incinération de déchets sans valorisation énergétique, l'hypothèse d'une disparition de cette pratique à l'horizon 2025 est prise. Les données historiques de l'inventaire national sont conservées et les quantités annuelles incinérées jusqu'en 2025 sont estimées par interpolation linéaire.

Les informations relatives à la valorisation matière sont également intégrées au tableau ci-dessous. Cela n'a cependant pas d'impact sur les émissions dans la mesure où aucune émission liée à la valorisation matière n'est considérée dans le secteur « déchets » de l'inventaire national conformément aux Lignes Directrices 2006 du GIEC et à son raffinement de 2019.

La composition des déchets à l'horizon 2030 a été estimée sur la base de la composition des années passées (d'après les enquêtes ITOM et MODECOM de l'ADEME) et sur la base de la feuille de route

de décarbonation proposée par la Fnade. Après 2030, la composition des déchets est considérée comme constante.

Le tableau suivant présente les quantités totales de DMA traités par filière utilisées pour l'estimation des émissions aux horizons 2030, 2040 et 2050 pour le territoire métropolitain.

Tableau 96: Devenir des déchets ménagers et assimilés par filière de traitement (Mt)

Déchets traités (Mt) - Métropole	2018	2020	2030	2040	2050
Compostage industriel	9.31	8.60	10.00	10.00	10.00
Compostage domestique	3.17	3.32	3.39	3.81	3.86
Méthanisation (hors métha. à la ferme)	1.11	0.92	2.50	2.75	3.00
Incinération avec valorisation	14.63	14.41	16.00	16.00	16.00
Incinération sans récupération d'énergie	0.08	0.05	-	-	-
Stockage en ISDND	17.71	16.15	12.00	11.00	10.00
Valorisation matière	38.86	34.63	40.50	41.25	42.00
Total DNDNI	84.87	78.10	84.39	84.81	84.86

(B) Déchets dangereux

L'évolution des quantités de déchets industriels dangereux incinérés a été indexée sur la croissance de l'industrie chimique telle que prévue dans les scénarios énergétiques.

Tableau 97: Quantité de déchets industriels spéciaux incinérés aux horizons 2030 et 2050 (Mt)

Déchets traités (Mt) - Métropole	2018	2020	2030	2040	2050
Déchets industriels spéciaux	1.71	1.62	1.72	1.84	1.99

(C) Déchets hospitaliers

La quantité de déchets de soins incinérés a été indexée sur la croissance de la population telle que prévue dans les hypothèses macro des scénarios.

Tableau 98: Quantité de déchets hospitaliers incinérés (hors incinération de déchets en mélange) aux horizons 2030 et 2050(kt)

Déchets traités (kt) - Métropole	2018	2020	2030	2040	2050
Déchets hospitaliers	19.73	20.03	20.64	21.10	21.34

(D) Feux ouverts

Les feux ouverts couvrent les feux de déchets verts par les particuliers et les feux de véhicules. Pour ces derniers, on considère un nombre moyen (moyenne des trois dernières années inventoriées) de véhicules brûlés constant jusqu'en 2050. Le nombre de feux de déchets verts est estimé au prorata du nombre de maisons principales et au prorata de la population telle que prévue dans les hypothèses macro des scénarios.

Tableau 99: Quantité de déchets verts brûlés par les ménages et incendies aux horizons 2030 et 2050

Feux ouverts - Métropole	2018	2020	2030	2040	2050
Déchets verts (Mt)	0.88	0.75	0.69	0.70	0.71
Incendies de véhicules (kt de matière brûlée)	11.30	9.93	9.26	9.26	9.26

3) FACTEURS D'EMISSION

(A) Stockage de déchets non dangereux (CRF 5A)

a. Méthodologie de calcul des émissions

Les émissions de CH₄ issues des ISDND sont calculées sur la base de deux éléments clés :

- la quantité de méthane généré par la dégradation des déchets dans les casiers de stockage,
- et la quantité de méthane capté pour de la valorisation ou du torchage.

Le premier élément (CH₄ produit_{x,T}) est calculé sur la base du modèle proposé par le GIEC, le modèle de décomposition de premier ordre (DPO), le second (R_T) est estimé sur la base des déclarations réalisées sur la plateforme GEREPP par les responsables des ISDND.

$$Emissions\ CH_4 = \left[\sum_x CH_4\text{produit}_{x,T} - R_T \right] \times (1 - OX_T)$$

Où :

- Emissions CH₄ = CH₄ émis dans l'année T, Gg
- T = année d'inventaire
- x = catégorie ou type/matière de déchet
- R_T = CH₄ récupéré pendant l'année T, Gg
- OX_T = facteur d'oxydation de l'année T, (fraction)

La méthodologie DPO du GIEC pour estimer les émissions de CH₄ présuppose que la composante organique dégradable (carbone organique dégradable, COD) des déchets se décompose lentement sur plusieurs décennies, période au cours de laquelle du CH₄ et du CO₂ se forment.

Si les conditions sont constantes, le taux de production du CH₄ ne dépend que de la quantité de carbone qui reste dans les déchets. Par conséquent, les émissions de CH₄ provenant des déchets stockés dans une ISDND, sont plus élevées pendant les premières années de leur dépôt avant de commencer à diminuer progressivement au fur et à mesure que le carbone dégradable du déchet est consommé par les bactéries responsables de la décomposition.

Le potentiel de méthanogenèse des déchets éliminés durant une année donnée diminue progressivement tout au long des décennies suivantes. Au travers de ce processus, la production de CH₄ de ce volume spécifique de déchets diminue petit à petit. Le modèle DPO est construit sur un facteur exponentiel qui décrit la fraction de matière dégradable qui, chaque année, se décompose en CH₄ et en CO₂.

La base de calcul est le volume de carbone organique dégradable et décomposable (DDOC_m) tel que défini dans l'équation ci-dessous. La DDOC_m est la portion de carbone organique qui se dégradera dans les conditions anaérobies dans les ISDND.

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF$$

Où :

- DDOC_m = masse de COD décomposable déposé, Gg
- W = masse de déchets éliminés, Gg
- COD = carbone organique dégradable dans l'année de dépôt, fraction, Gg C/Gg déchets
- DOC_f = fraction de COD susceptible de se décomposer (fraction)
- MCF = coefficient de correction du CH₄ pour la décomposition en anaérobie de l'année de dépôt (fraction)

Avec une réaction du premier ordre, le volume du produit est toujours proportionnel au volume de la matière réactive. Ceci signifie également que lorsqu'on connaît le volume de matière en décomposition dans une ISDND en début d'année, chaque année peut être considérée comme

l'année n°1 dans la méthode d'estimation, et les calculs de base du premier ordre peuvent être effectués à l'aide des deux équations suivantes :

$$DDOC_{maT} = DDOC_{mdT} + (DDOC_{maT-1} \times e^{-k})$$

$$DDOC_{m\text{ decomp}T} = DDOC_{maT-1} \times (1 - e^{-k})$$

Où :

- T = année d'inventaire
- $DDOC_{maT}$ = $DDOC_m$ accumulé dans une ISDND à la fin de l'année T, Gg
- $DDOC_{maT-1}$ = $DDOC_m$ accumulé dans une ISDND à la fin de l'année (T-1), Gg
- $DDOC_{mdT}$ = $DDOC_m$ déposé dans une ISDND pendant l'année T, Gg
- $DDOC_{m\text{ decomp}T}$ = $DDOC_m$ décomposé dans une ISDND pendant l'année T, Gg
- k = constante de réaction, $k = \ln(2)/t_{1/2}$ (y^{-1})
- $t_{1/2}$ = temps de demi-vie (y)

b. Application à l'AME 2024

Dans le cadre des scénarios de projection, et comme détaillé plus haut, les paramètres principaux influant sur les émissions de CH_4 des installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) sont les suivants :

- La quantité de déchets stockés,
- Le carbone organique dégradé des déchets stockés (typologie des déchets stockés),
- Les caractéristiques des sites en particulier le taux de captage du biogaz généré.

Entre la soumission de l'inventaire 2022 (ayant servi pour l'AME 2023) et celle de 2024, le modèle DPO et les quantités de CH_4 capté ont évolué (pour des raisons et dans des proportions diverses) contribuant à une réestimation des émissions de CH_4 sur toute la série temporelle couverte par l'inventaire.

La principale modification du modèle DPO entre la soumission de l'inventaire 2022 et celle de 2024 concerne l'affinement des connaissances relatives à la DOC_f entre les Lignes Directrices 2006 (LD2006) et le raffinement de 2019 (LD2019). La fraction de carbone organique dégradé qui se décompose (DOC_f) est une estimation de la fraction de carbone qui s'est réellement dégradé et reflète le fait qu'une part du carbone organique dégradé ne se dégrade pas ou se dégrade très lentement, en conditions anaérobies dans la décharge. Dans les LD2006, la DOC_f était considérée comme une valeur par défaut et constante pour toutes les catégories de déchets. Cette valeur par défaut était fixée à 0,5 et doit être interprétée comme : 50% du carbone organique dégradé des déchets stockés va finalement être dégradé dans des conditions anaérobies.

Les LD2019 ont apporté une distinction entre les déchets fortement décomposables (déchets alimentaires, déchets verts et boues), moyennement décomposables et peu décomposables (les déchets de bois) avec des DOC_f respectivement fixées à 0,7, 0,5 et 0,1.

Ce changement a modifié les quantités de CH_4 produites par ces différents types de déchets.

La seconde modification impacte le captage. Les quantités de CH_4 capté sont estimées sur la base des déclarations GEREP des exploitants d'ISDND. Le volume de biogaz capté, sa teneur en CH_4 , son débit et la nature de l'appareil « consommateur » de ce biogaz permettent de comptabiliser les quantités de CH_4 torché et valorisé chaque année.

Pour donner suite à une revue de la CCNUCC⁴⁰, le Citepa a initié une enquête auprès des responsables des ISDND afin de compléter les données issues des déclarations GEREP. Cette

⁴⁰ (CCNUC) Convention Cadre des Nations Unies pour le Changement Climatique

enquête réalisée avec la Fnade et AMORCE, a permis de compléter / améliorer les résultats existants en matière de comptabilisation du captage du biogaz des ISDND sur la période 2011 - 2021. Ce travail a permis de revoir à la hausse les quantités de biogaz valorisé et à la baisse les quantités de biogaz torché.

Dans le dernier exercice des projections (AME 2023), le taux de captage (quantité de biogaz captée / quantité de biogaz générée dans les ISDND compactées) aux horizons 2030 et 2050 avait été fixé à 85% à partir de 2030 et constant jusqu'en 2050. En considérant le taux de captage estimé dans l'inventaire national (en se basant sur la méthode prescrite par le GIEC), le taux de captage projeté en 2030 paraissait trop élevé. Dans cet exercice des projections (AME 2024) il a été retenu un taux de captage du biogaz de 56% à l'horizon 2030 et d'une augmentation à 70% à l'horizon 2050. Ce paramètre « taux de captage » apparent est spécifique à la méthodologie d'inventaire (quantité de biogaz captée issue des déclarations des industriels, divisée par la quantité de biogaz générée issue du modèle du GIEC).

Tableau 100: Captage et valorisation du biogaz issu des installations de stockage

Métropole	2010	2020	2025	2030	2040	2050
Taux de captage (%)	39,9%	50%	52%	56%	63%	70%
Valorisation du biogaz capté (%)	58,5%	83%	84%	85%	85%	85%

Dans cet exercice des projections (et comme pour le précédent), l'outil du GIEC a été adapté pour se prolonger jusqu'en 2050. Par conséquent les émissions estimées prennent en compte le stock réel de déchets mis en décharge jusqu'en 2050. La composition des déchets mis en décharge est estimée sur la base des enquêtes ADEME, INSEE et sur la base de la feuille de route de la Fnade.

Tableau 101: Composition des déchets en AME24

Métropole	Déchets alimentaires	Déchets verts	Papier / Carton	Bois	Textile	Couches	Déchets inertes
2010	16,8%	3,8%	16,3%	3,9%	2,8%	6,2%	50,3%
2015	13,6%	3,3%	16,2%	5,6%	2,6%	6,5%	52,2%
2020	17,3%	4,5%	16,1%	5,3%	2,6%	8,6%	45,7%
2030 - 2050	16,4%	4,3%	15,8%	5,1%	2,8%	6,5%	49,1%

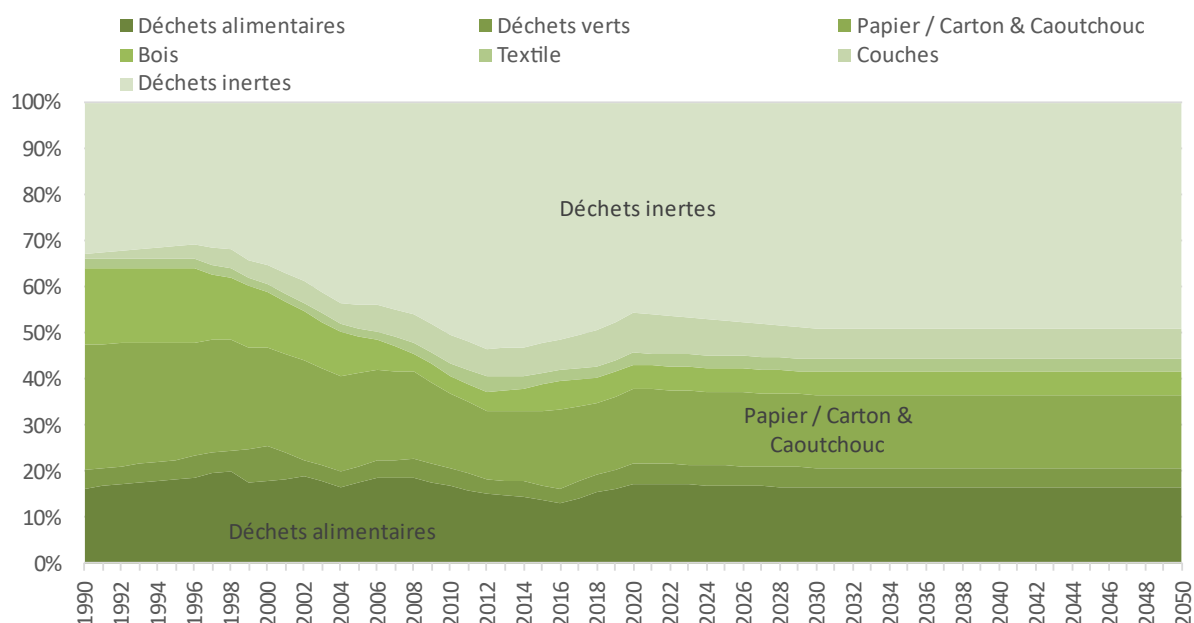


Figure 50. Composition des déchets stockés en ISDND

(B) Traitements biologiques (CRF 5B)

Les « traitements biologiques » regroupent le compostage des déchets ménagers et la méthanisation (production de biogaz) des déchets ménagers.

Pour tous les scénarios, les facteurs d'émission de l'année 2022 (dernière année inventoriée) ont été reportés jusqu'à 2050.

(C) Incinération et feux ouverts (RF 5C)

Le secteur CRF 5C couvre l'incinération et les feux ouverts de déchets.

Dans l'inventaire national, l'incinération inclut les déchets non dangereux (DND), les déchets industriels spéciaux (DI), les déchets de soin (DASRI), des boues de stations d'épuration, des déchets agricoles et la crémation des corps.

L'incinération des déchets non dangereux couvre les usines d'incinération des déchets non dangereux (UIDND) avec et sans récupération d'énergie. En accord avec les règles de rapportage des émissions au format CRF, les émissions des UIDND produisant de l'électricité ou alimentant les réseaux de chaleur sont rapportées dans la catégorie ENERGIE (CRF 1A1a).

Les feux ouverts couvrent les feux de déchets verts par les particuliers et les feux de véhicules.

Les facteurs d'émission de CH_4 et de N_2O de 2020 ont été reportés jusqu'en 2050. C'est également le cas des émissions de CO_2 excepté pour l'incinération en UIDND (avec ou sans récupération d'énergie).

En effet, le facteur d'émission de CO_2 des UIDND dépend de la composition des déchets incinérés et en particulier de la part en carbone et de la fraction en carbone d'origine fossile des divers types de déchets. Cette composition, ainsi que les quantités incinérées en UIDND, comme pour le stockage des déchets non dangereux, est estimée en considérant les enquêtes de l'ADEME, de l'INSEE et la feuille de route de la Fnade.

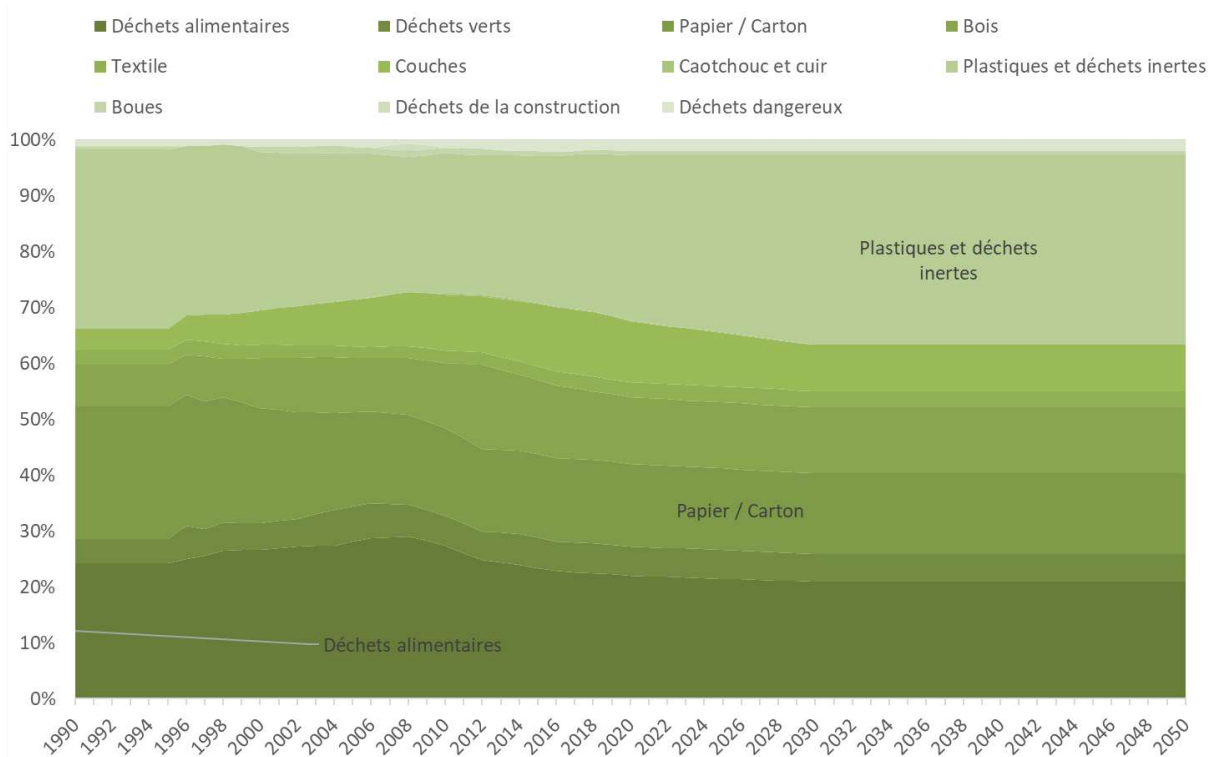


Figure 51. Composition des déchets incinérés

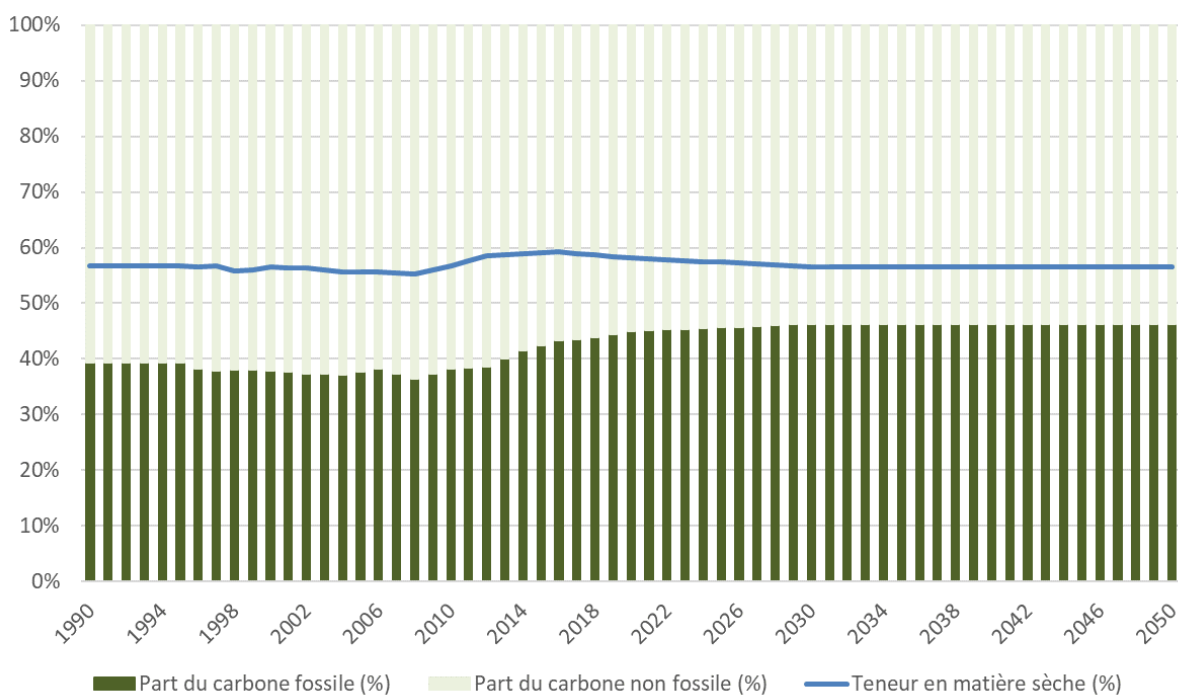


Figure 52. Répartition entre carbone fossile et carbone biogénique dans les déchets incinérés

4) EAUX USEES

(A) Niveaux d'activité retenus

Ce secteur concerne le traitement et le rejet des eaux domestiques et industrielles et le traitement des boues associées par méthanisation.

Les émissions du secteur dépendent des niveaux d'activités (Azote, DBO5/DCO) et du type de filière de traitement (en fonction des conditions d'anaérobie associées au système).

Le niveau d'activité lié au traitement des eaux domestiques est indexé sur la croissance de la population telle que prévue dans les hypothèses macro-économiques. Le niveau d'activité lié au traitement des eaux industrielles est considéré comme constant.

Dans l'inventaire national, plusieurs filières de traitement sont considérées : les Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU) de type aérobie, les STEU de type Lagunage Naturel, de type filtres plantés, les traitements autonomes de type fosses septiques et les rejets directs. La répartition des différents types de STEU est considérée constant par rapport à la dernière année inventoriée.

Les rejets directs dans le milieu naturel (sans traitement) sont considérés comme ne plus exister à partir de 2025.

La quantité de protéines consommées par jour et par personne est considérée à la baisse à l'horizon 2050 selon le rapport de l'ADEME « Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030 - 2050 ».

Tableau 102: Consommation de protéine en quantité (g/personne/jour) aux horizons 2030 et 2050

Métropole	2010	2020	2025	2030	2040	2050
Consommation de protéines en quantité (g/personne/jour)	96.00	86.16	83.62	81.09	75.80	69.36

Enfin, concernant la digestion anaérobie des boues de STEU, les quantités de boues considérées sont issues des boues STEU urbaines et industrielles in-situ. Pour les premières, les projections se basent sur l'évolution de la croissance de la population telle que prévue dans les hypothèses macro des scénarios.

Tableau 103: Boues de stations d'épuration et taux de raccordement aux stations d'épurations

Métropole	2010	2020	2025	2030	2040	2050
Quantité de boues issues du traitement de l'eau en STEU urbaines (Mg)	1 098	1 247	1 293	1 310	1 339	1 355
Quantité de boues issues du traitement de l'eau en STEU urbaines et méthanisées (Mg)	368	418	433	439	449	454
Quantité de boues issues du traitement de l'eau en STEU industrielles et méthanisées (Mg)	373	465	475	475	475	475

	2020	2030	2040	2050
Part de la population raccordée à une STEP	81,4%	82,4%	82,4%	82,4%
Part de la population raccordée un traitement autonome	17,6%	17,6%	17,6%	17,6%
Part de la population sans traitement	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%

(B) Facteurs d'émission

Le rendement en azote des STEP de 2022 est conservé jusqu'en 2050.

Les facteurs d'émission observés en 2022 sont conservés sur toute la période de projection.

5) ANALYSE DES RESULTATS

Les émissions du secteur déchet atteignent **12 MtCO₂e** en 2030, soit -14% par rapport à 2022. L'AME 24 n'atteint pas l'objectif fixé dans la SNBC 2 de 10 MtCO₂e. Les émissions continuent de diminuer après 2030 pour atteindre **8 MtCO₂e**, soit -42% en 2050 par rapport à 2022. Cette baisse d'émissions est principalement due à la baisse des émissions de méthane en installations de stockage.

Par rapport au précédent AME, les émissions de l'AME 24 diminuent moins à long terme (8,4 MtCO₂eq en 2050 dans l'AME 24 contre 6,0 MtCO₂eq en 2050 dans l'AME 23, Secten 2024). Cette différence s'explique par deux facteurs : une baisse des émissions de méthane en installations de stockage en raison d'un changement méthodologique (nouvelle hypothèse relative à la composition des déchets), surcompensée par une hausse des émissions de méthane en raison de la prise d'une hypothèse de taux de captage de méthane jugée plus réaliste (à la baisse par rapport à l'AME 23).

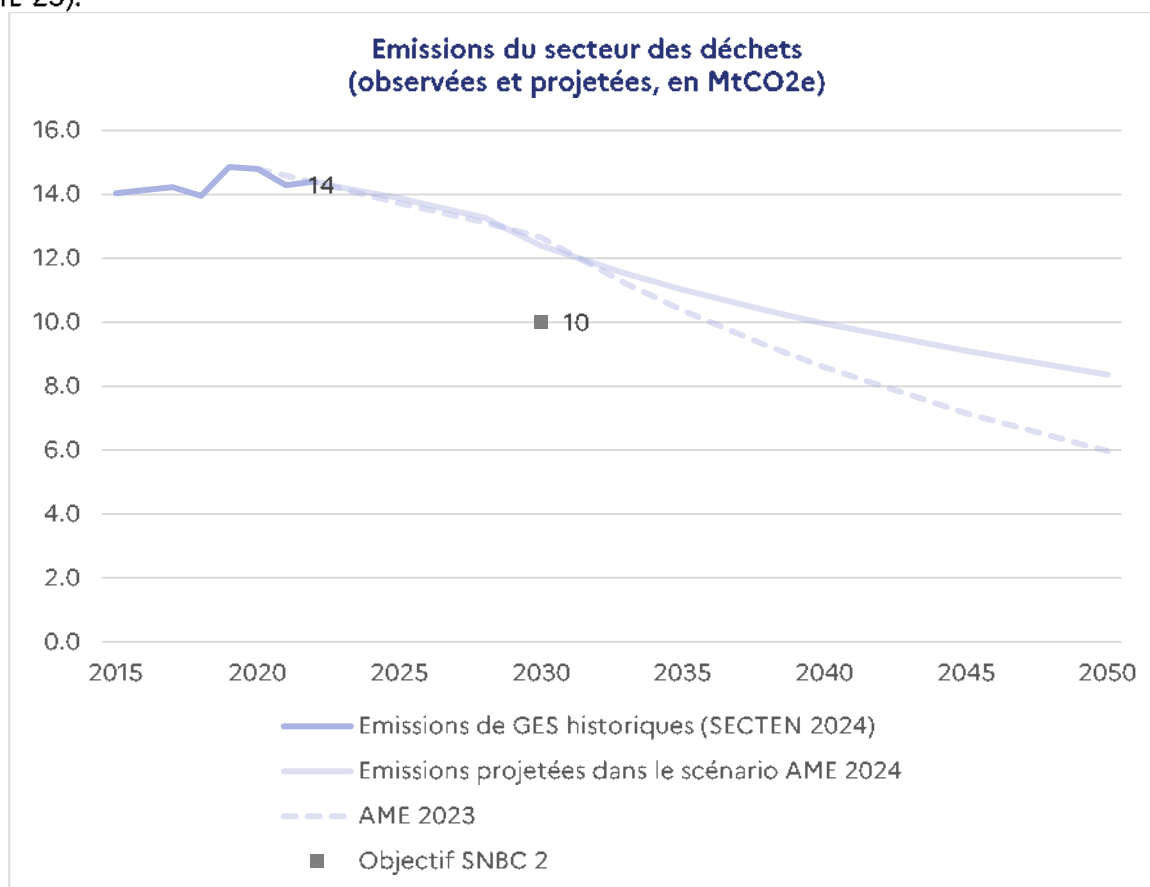


Figure 53. Projections d'émissions du secteur traitement des déchets

H. Production d'énergie

1) CONTEXTE, NOUVELLES MESURES INTEGREES AU SCENARIO

Le **secteur de la production et de la transformation d'énergie** a émis 43 Mt CO₂e en 2022, soit 11 % des émissions brutes de la France. Ces **émissions sont en décroissance depuis les années 1990**, notamment sous l'effet de la décarbonation de notre système électrique. Les émissions de l'énergie sont réparties entre la production d'électricité (51 %), le chauffage urbain (9 %), le raffinage du pétrole (16 %), la valorisation énergétique des déchets (17 %), ainsi que d'autres transformations et pertes (8 %) (Citepa, Secten 2024). 70 % des émissions du secteur sont couvertes par le marché carbone européen (SEQUE-UE).

Remarque : ce secteur couvre la production et la transformation d'énergie, et non son utilisation finale pas les autres secteurs. Tous secteurs confondus, *l'utilisation d'énergie* est la principale source d'émissions de gaz à effet de serre en France (environ 70% des émissions totales hors UTCATF en 2021⁴¹).

La décarbonation du secteur se pense à la fois au niveau de la production d'électricité et de la production de chaleur, mais également du raffinage, et de la réponse à la demande croissante d'énergie décarbonée. De plus, les émissions fugitives de combustibles (fuites de méthane) ont vocation à être réduites.

Les hypothèses relatives à la production d'énergie sont issues de ces politiques et mesures existantes et construites différemment d'un poste à l'autre :

- En ce qui concerne l'électricité, les hypothèses sont construites par la Direction de l'énergie en fonction des dynamiques actuelles et du cadre législatif en vigueur. Par rapport à l'AME 2023, l'AME 2024 prend notamment en compte l'adoption en 2023 de la loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables (loi APER).
- En ce qui concerne la chaleur, la production est calculée par Enerdata sur la base de la demande issue des consommations sectorielles (industrie et bâtiments principalement), ainsi que des hypothèses relatives aux mix, aux imports/exports et aux pertes.
- En ce qui concerne les biocombustibles, des hypothèses de production de biogaz ou de biocarburants sont faites en fonction des projets en cours et des effets escomptés du cadre législatif en vigueur
- En ce qui concerne, l'hydrogène, la production est également calculée sur la base de la demande issue des consommations sectorielles (notamment industrie et transports) et d'hypothèses sur le mix énergétique de production
- Enfin, des hypothèses sur les productions de combustibles fossiles sur le territoire français sont faites en fonction des projets en cours et du cadre législatif en vigueur

Les principales nouvelles mesures intégrées à l'AME 2024 sont :

- La loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables
- La loi d'accélération du nucléaire
- Le Fonds chaleur permettant de développer la production de chaleur issue de sources renouvelables
- La TIRUERT qui fixe des objectifs d'incorporation de biocarburants dans les carburants routiers

⁴¹ Rapport National d'Inventaire (NIR) édition 2023

- Le Règlement ReFuelEU Aviation qui fixe des objectifs ambitieux de taux d'incorporation de carburants aériens durables dans les carburants aériens

Tableau 104: Récapitulatif des politiques et mesures considérées dans la modélisation Energie

Sous-secteur	Hypothèse	AME 2023	AME 2024
Chaleur	Mix énergétique de la chaleur RCU et hors-RCU	Fin du fioul d'ici 2025, fin du charbon d'ici 2030, le reste à peu près constant	Idem AME 2023
Electricité	Mix de production	Hausse EnR sauf biomasse et hydro ; pas de nouveau nucléaire	Loi APER et loi « nucléaire » de 2023, prise en compte des dernières tendances : Poursuite des rythmes tendanciels d'installation d'EnR ; 6 EPR en plus de la prolongation de réacteurs existants
Raffinage	Activité de raffinage	Maintien des activités de raffinage pour les volumes restants	Idem AME 2023 Changement méthodologique pour mise en cohérence avec les volumes consommés
Biocombustibles	Taux incorporation biogaz	2% à partir de 2025 puis constant	Prise en compte des projets en cours : 5,6 % en 2030 puis constant
Biocombustibles	Taux incorporation biocarburants	LF 2022 : 9,5% essence et 8,6% gazole en 2025 puis constant	LF2024 : 10,5% essence et 9,4% gazole en 2025 puis constant
Hydrogène	Mix de production	Lent développement de capacités de production d'H2 décarboné	Accélération de l'installation d'électrolyseurs, forte augmentation des volumes produits

2) MIX ELECTRIQUE

En repartant des hypothèses de l'AME précédent, les chiffres de production par source ont été actualisés pour refléter les évolutions récentes, et notamment l'accélération récente des rythmes d'installation de capacités EnR ainsi que l'adoption de la loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables et la loi d'accélération du nucléaire :

- Eolien offshore : Tendanciel au rythme d'1 GW/an
- Eolien terrestre : Tendanciel du rythme de développement des 3 dernières années à 1,3 GW/an
- Photovoltaïque : Tendanciel du rythme de développement des 3 dernières années à 2,8 GW/an
- Hydraulique : Gardé constant 2023 (valeur bilan électrique 2023 RTE)
- Biomasse électrique : Gardé constant 2023 (valeur bilan électrique 2023 RTE).
- Déchets : Gardé constant 2023 (valeur bilan électrique 2023 RTE)
- Nucléaire existant : la fermeture de Fessenheim et la mise en service de l'EPR de Flamanville en 2024 (avec une première année de production complète en 2025) sont intégrées. Pour les réacteurs existants, l'hypothèse est faite d'une poursuite du fonctionnement jusqu'à 60 ans et de deux fermetures à la visite décennale n°5 d'ici 2035 et deux autres fermetures supplémentaires entre 2035 et 2040. Pas d'upgrading.

- Nouveau nucléaire : Construction de 6 réacteurs EPR2 pour une capacité de 9,9 GW ; Déploiement de petits réacteurs modulaires (SMR) et innovants (AMR) pour 1 GW de capacités installées en 2050
- Fioul : Gardé constant 2023 (valeur bilan électrique 2023 RTE) jusqu'à sortie du fioul en 2030
- Charbon : Gardé constant 2023 (valeur bilan électrique 2023 RTE) jusqu'à sortie du charbon en 2027
- Gaz : Gardé constant 2023 (valeur bilan électrique 2023 RTE)

Tableau 105. Production d'électricité en AME 2024 (TWh, périmètre hexagone)

AME 2024	2022	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Eolien terrestre	39.5	44.1	49.4	62.5	75.6	88.6	101.7	114.8
Eolien offshore	1.9	1.9	9.8	29.6	49.3	69.0	88.7	108.4
PV	19.2	23.6	30.5	47.7	64.8	82.0	99.2	116.3
Hydraulique	50.7	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8
Biomasse élec	10.0	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
Nucléaire existant	279.0	376.3	388.5	382.8	377.3	363.7	236.0	105.2
Nouveau nucléaire	0	0	0	0	0	26.1	78.2	81.2
Fioul	6.6	1.7	1.7	0	0	0	0	0
Charbon	4.7	0.8	0.8	0	0	0	0	0
Gaz	44.1	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Déchets	0.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Total	456	548	580	622	666	729	703	625

Les nouvelles mesures (loi d'accélération des énergies renouvelables et loi d'accélération du nucléaire) permettent d'augmenter la production d'électricité. Contrairement à ce qui avait été fait pour l'AME 2023, où la production au gaz ne faisait que combler l'écart entre consommation et production d'électricité, elle est désormais considérée constante dans l'AME 2024 (et donc plus élevée à court terme que dans l'AME 2023) par prudence car l'observation historique montre qu'elle n'est pas totalement la variable d'ajustement entre consommation et production d'électricité.

Les niveaux de consommation ont été calculés à partir des hypothèses de consommations sectorielles. Il en ressort un excédent de production jusqu'en 2045. En fin de période la consommation augmente du fait de l'augmentation de la consommation d'hydrogène (pour la décarbonation de l'industrie et les soutes internationales, voir ci-après) et la production électrique baisse du fait de la fermeture de réacteurs nucléaires existant non compensés par les nouvelles capacités de production. Dans le scénario, la France est importatrice nette en 2050.

Tableau 106. Consommation, pertes, et échanges extérieurs d'électricité en AME 2024 (TWh, périmètre Kyoto)

	2022	2030	2035	2040	2045	2050
Consommation finale	441.3	449.1	492.6	545.9	591.1	623.6
Production H2 / e-fuels	0.0	3.7	11.7	21.3	30.5	61.8
Pertes et usages internes	63.3	77.1	81.0	87.2	85.8	81.0

Total	477.9	530	585	655	707	766
Offre	456	631.1	676.8	740.9	716.6	639.6
Imports/Exports	21.9	101.2	91.5	86.3	9.2	-126.7

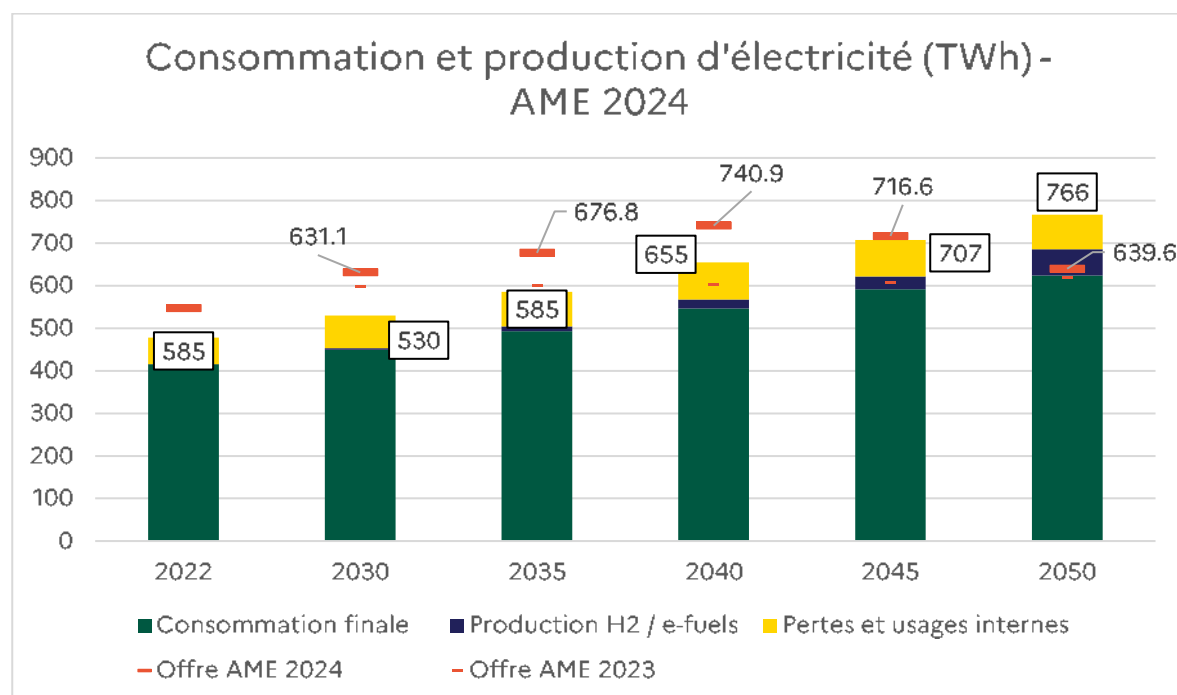


Figure 54. Consommation finale d'électricité, pertes et usages internes, et utilisation d'électricité pour la production de carburants de synthèse et d'hydrogène, AME 2024 (TWh, périmètre Kyoto)

3) PRODUCTION DE CHALEUR

Des hypothèses spécifiques de mix sont faites en ce qui concerne la chaleur vendue, qu'elle le soit via un réseau de chaleur ou hors réseau (entre deux sites industriels par exemple).

Pour les réseaux de chaleur : le prolongement du Fonds Chaleur jusqu'en 2028 ainsi que les engagements pris par les gestionnaires de réseaux ont été pris en compte, menant à l'augmentation de la part d'EnR&R de 57% en 2019 à 65% en 2030. Le mix est considéré stable au-delà de 2030.

Pour la chaleur vendue hors réseaux, moins bien connue, les hypothèses sont plus conservatrices, et la part d'EnR&R reste globalement stable sur la période.

Pour ce qui concerne la co-génération, il est fait l'hypothèse que la biomasse atteint 75% du mix (reprise de ADEME TEND) en 2050 dans la chaleur hors réseaux, et qu'elle reste stable pour la chaleur vendue via les réseaux. La co-génération à partir de méthanisation est négligée (<2TWh d'électricité en 2019), et il est fait l'hypothèse que 100% de la biomasse consommée pour la production d'électricité est de la co-génération.

Tableau 107. Evolution du mix énergétique des réseaux de chaleur

		2022 (SDES)	2025	2030 et au-delà
Réseaux de chaleur	Produits charbonniers	1,5 %	0,0 %	0,0 %
	Produits pétroliers	0,2 %	0,0 %	0,0 %
	Gaz	37,6 %	37,0 %	35,0 %
	Déchets	28,0 %	29,0 %	30,0 %

et de froid	Biomasse solide	24,8 %	26,0 %	27,0 %
	Autres EnR thermiques	8,0 %	8,0 %	8,0 %
Chaleur et froid vendus hors réseaux	Produits charbonniers	1,1%	0,5%	0,0%
	Produits pétroliers	0,2%	0,0%	0,0%
	Gaz	37,0%	36,7%	36,7%
	Déchets	29,0%	29,4%	29,9%
	Biomasse solide	26,4%	28,0%	28,1%
	Autres EnR thermiques	6,2%	5,3%	5,3%

La production de chaleur est considérée égale à la demande issue des modélisations des différents secteurs. Dans l'AME 2024, cette demande baisse du fait de la rénovation énergétique des logements et des bâtiments tertiaires, partiellement compensée par une augmentation des raccordements.

La consommation primaire pour les réseaux de chaleur est affichée dans le graphe ci-dessous.

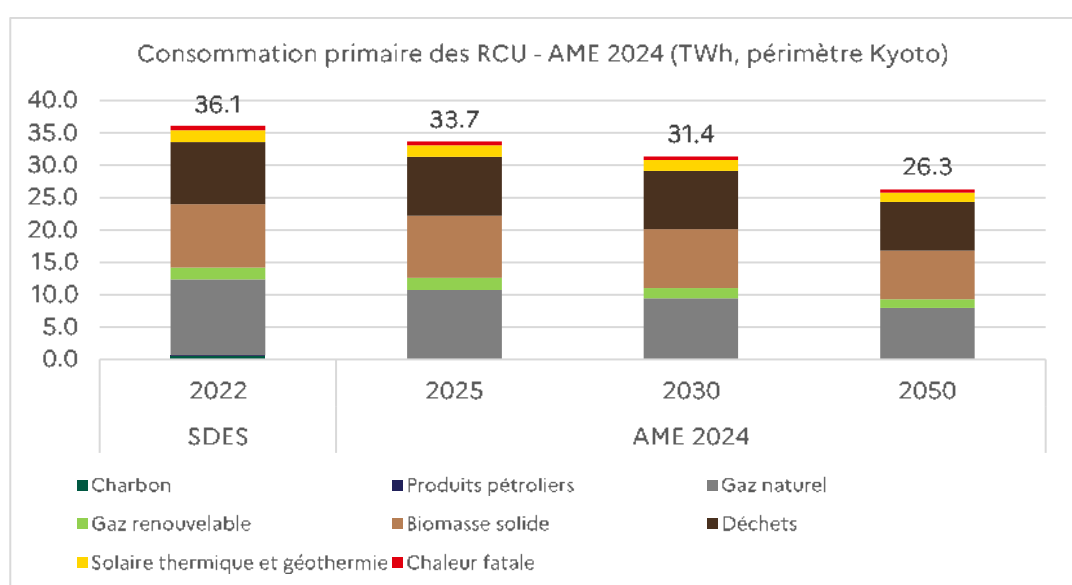


Figure 55. Evolution de la consommation primaire des réseaux de chaleur urbains dans l'AME 2024 (TWh, périmètre Kyoto)

4) RENDEMENTS ET PERTES

Les rendements des moyens de production électriques sont considérés constants sur la période à partir de 2019, sauf pour les centrales gaz et biomasse / déchets. En effet on considère, que les anciennes centrales gaz sont progressivement remplacées par des CCGT (meilleurs rendements) ou fermées. Ces hypothèses sont inchangées par rapport à l'AME 2023.

Tableau 108. Rendements de transformation énergétique dans l'AME 2024

Type de production	Energie	2019	2030	2050	Source
Production d'électricité seule	Charbon	32%	32%	32%	SDES 2019
	Pétrole	44%	44%	44%	SDES 2019
	Gaz	52%	55%	60%	SDES, ADEME

	Nucléaire	33%	33%	33%	SDES
	EnR électriques	100%	100%	100%	Valeur standard
	Biomasse & déchets	21%	30%	40%	AME AMS 2018
	Hydrogène	40%	40%	40%	Lien
Production de chaleur seule	Charbon	88%	88%	88%	FEDENE, règlement UE 2015/2402 du 12/10/2015
	Pétrole	89%	89%	89%	
	Gaz & biogaz	90%	90%	90%	
	Biomasse	86%	86%	86%	
	Déchets	100%	100%	100%	
	Solaire thermique	21%	30%	40%	
Cogénération	Biomasse (électricité)	30%	30%	33%	ADEME Transition(s) 2050 pour la biomasse, Eurostat pour les UVE (best practices EU de 2019 appliqués en 2050)
	Biomasse (chaleur)	30%	45%	52%	
	Biomasse (global)	60%	75%	85%	
	Déchets (électricité)	10%	20%	25%	
	Déchets (chaleur)	50%	55%	60%	
	Déchets (global)	60%	75%	85%	
Raffinage de pétrole	Raffinage de pétrole brut	99%	99%	99%	ADEME Transition(s) 2050
Production de gaz renouvelable et de synthèse	Méthanisation	n.a.	50%	50%	DGEC
	Pyrogazéification	n.a.	50%	50%	DGEC
	P2G (H ₂ to gas)	n.a.	72%	72%	ADEME Transition(s) 2050
Production de biocarburants	Biocarb. Biomasse	55%	55%	55%	DGEC
	P2L (H ₂ to e-fuels)	72%	72%	72%	ADEME
Production d'hydrogène	Réformage gaz	70%	70%	70%	ADEME Transition(s) 2050
	Pyrogazéification	70%	70%	70%	Supposé égal gaz
	Electrolyse	65%	65%	72%	ADEME Transition(s) 2050

Les hypothèses pour les pertes réseau sont les suivantes :

- Electricité : 8.3% de la demande électrique hors pertes (moyenne SDES 2011-2020)
- Chaleur vendue : 8.4% de la demande de chaleur vendue hors pertes (moyenne SDES 2011-2020)
- Gaz réseau : 1.2% de la demande en gaz hors pertes (moyenne SDES 2011-2020)

Les principales hypothèses prises pour le calcul des usages internes et des autres transformations de la branche énergie sont les suivantes :

- L'autoconsommation des raffineries: 3.4% de la production de pétrole brut (moyenne des séries SDES 2011-2020)
- La consommation de gaz naturel des raffineries: 1% de la consommation de pétrole brut (SDES 2011-2020)
- Autoconsommation des centrales électriques thermiques: 5% de la production d'électricité thermique (SDES 2011-2020)
- Enrichissement de l'uranium: 0.75% de la consommation primaire de chaleur nucléaire (SDES 2011-2020)

5) PRODUCTION DE BIOCOMBUSTIBLES ET DE CARBURANTS DE SYNTHESE

La production de biocombustibles a été actualisée par rapport à l'AME 2023 pour prendre en compte les dernières mesures adoptées :

- Les taux d'incorporation de biocarburants dans les carburants routiers sont repris des taux inscrits en loi de finances 2024, soit 9,9 % dans l'essence et 9,2 % dans le diesel en 2024 puis 10,5 % dans l'essence et 9,4 % dans le diesel en 2025. Ces taux sont ensuite maintenus constants au niveau de 2025.
- Le taux d'incorporation des biocarburants dans le kérosène suit les objectifs du Règlement ReFuel Aviation (tandis que l'AME 2023 ne considérait aucun e-fuel dans le scénario)
- La production de biogaz est estimée en fonction des volumes inscrits au registre, avec l'hypothèse que 88% aboutiront et seront effectivement injectés dans le réseau d'ici 2030 en plus des injections actuelles (taux observé en 2023), soit 21,5 TWh en 2030, puis le volume est supposé constant. Le taux d'injection est ensuite déduit en rapportant ces quantités à la consommation de gaz totale issue des modélisations sectorielles.
- Concernant l'utilisation de biogaz dans les centrales de production d'électricité et de chaleur, les chiffres historiques sont repris et légèrement rehaussés à court terme pour prendre en compte les projets en cours.

Tableau 109. Taux d'incorporation des biocombustibles (en % énergie) en AME 2024. RFNBO = Carburants renouvelables d'origine non biologiques (e-fuels).

	2022	2023	2024	2025	2030	2040	2045	2050
Essence	9.2%	9.5%	9.9%	10.5%	10.5%	10.5%	10.5%	10.5%
Diesel	8.4%	8.6%	9.2%	9.4%	9.4%	9.4%	9.4%	9.4%
Gaz de réseau	1,6%	2,4%	3,7%	4,0%	5,6%	5,6%	5,6%	5,6%
Gaz pour production électrique	9%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Gaz pour production de chaleur	13%	14%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Carburants aériens	1,0%	1,0%	3%	6%	20%	34%	42%	70%
<i>Dont biocarburants avancés</i>	1,0%	1,0%	2,5%	4,8%	15%	14%	27%	35%
<i>Dont RFNBO</i>	0,0%	0,0%	0,5%	1,2%	5%	10%	15%	35%

Concernant les carburants de synthèse, la production est calée sur les besoins pour le secteur aérien en e-kérosène (fabriqué à partir de CO₂ et d'hydrogène). Les co-produits de e-kérosène viennent en partie alimenter le secteur maritime en e-diesel, et une partie est exportée.

Production de e-fuels – AME 2024 (TWh)	2022	2030	2040	2050
Carburant synthétique essence	0.0	0.0	0.0	0.0
Carburant synthétique diesel	0.0	0.4	5.8	18.7
Carburant synthétique kérosène	0.0	0.7	9.1	29.4
Carburant synthétique naphta	0.0	0.1	1.7	5.4
Carburants synthétiques	0.0	1.2	16.6	53.5
H2 pour production de carburants synthétiques (TWh)		2.8	24.6	74.8
Electricité pour H2 carburants synthétiques (TWh)		4.3	35.9	103.8

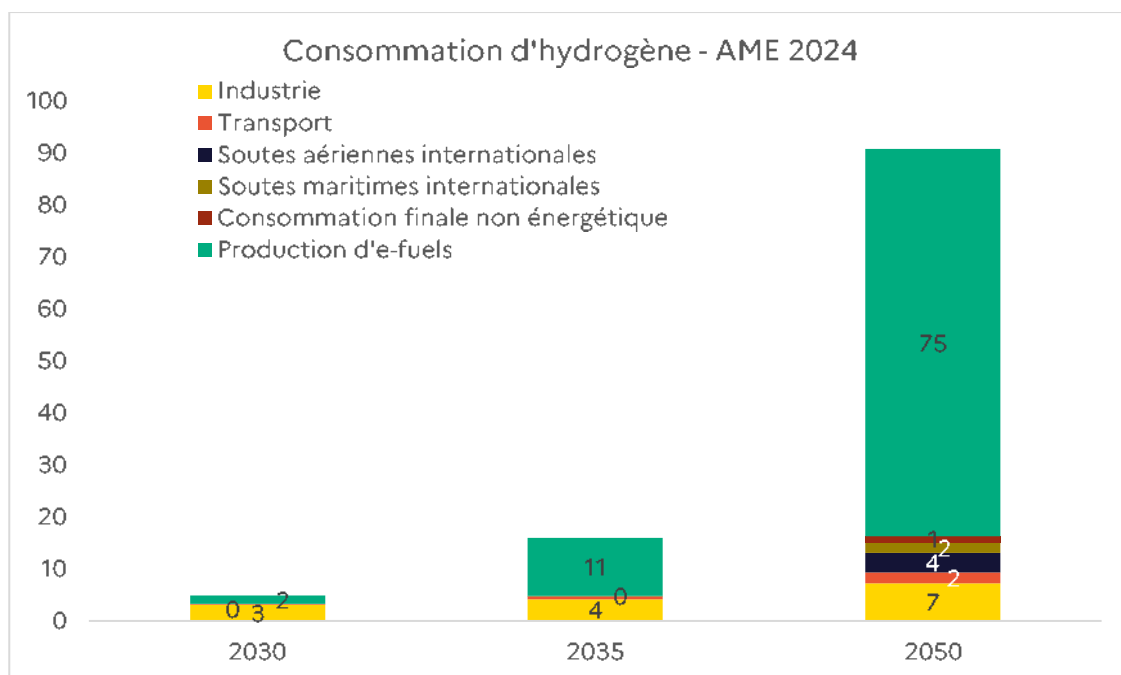
Ainsi, sous l'effet de la prise en compte du Règlement ReFuelEU Aviation, les besoins en hydrogène pour la production de carburants de synthèse sont très importants dans l'AME 2024 (ils étaient nuls dans l'AME 2023).

6) PRODUCTION D'HYDROGENE

La demande en hydrogène croît rapidement du fait des taux obligatoires de carburants aériens durables prévus par le Règlement ReFuelEU Aviation et (dans une moindre mesure) de la décarbonation de l'industrie (sidérurgie notamment). Le scénario AME considère que la totalité de l'hydrogène consommé en France est produit sur le territoire national.

Le graphique ci-dessous montre les nouvelles consommations d'hydrogène dans le scénario AME 2024, c'est-à-dire celles nécessitant de nouvelles capacités de production. Les consommations historiques, partiellement substituées par de nouvelles consommation via la substitution d'H2 fossile par de l'H2 décarboné, ne sont donc pas affichées ici. Pour comparaison, le scénario AME 2023 prévoyait la consommation de 7 TWh de nouvel hydrogène en 2050 (pour les transports domestiques et les consommations non-énergétiques dans la chimie organique).

Figure 56. Nouvelles consommation d'hydrogène dans les différents secteurs dans l'AME 2024 (TWh, périmètre Kyoto)



Pour la production d'hydrogène, plusieurs politiques et mesures vont mener à un déploiement de projets de production d'hydrogène par électrolyse :

- Le renforcement du marché carbone européen adopté en 2023
- L'appel à projet "Ecosystèmes territoriaux H2" de France 2030 (70-80 MW entre 2022 et 2025, dernière relève en cours d'instruction)
- Le projet important d'intérêt européen commun (PIIEC) « Hydrogène », qui prévoit l'installation de 500 MW d'électrolyseurs d'ici 2030
- Le mécanisme de soutien à la production d'H2 décarboné qui prévoit l'attribution de soutiens pour l'installation d'1 GW d'électrolyseurs
- La TIRUERT qui pourrait inciter à de nouvelles productions d'H2 décarbonées pour les transports

Dans le scénario AME 2024, il est considéré que ces mesures permettent de développer significativement la production d'hydrogène décarboné, sans pour autant parvenir à répondre à la forte augmentation de la demande (en particulier pour la production de e-fuels). Ainsi, il est considéré que, parmi les nouvelles capacités de production d'hydrogène installées entre aujourd'hui et 2050, la moitié seront des électrolyseurs et l'autre moitié des capacités fossiles. Ainsi, la disponibilité en hydrogène décarboné n'est pas encore assurée vis-à-vis de la forte hausse de la demande anticipée, tirée principalement par les taux contraignants du Règlement ReFuelEU Aviation.

7) ANALYSE DES RESULTATS

Résultats GES :

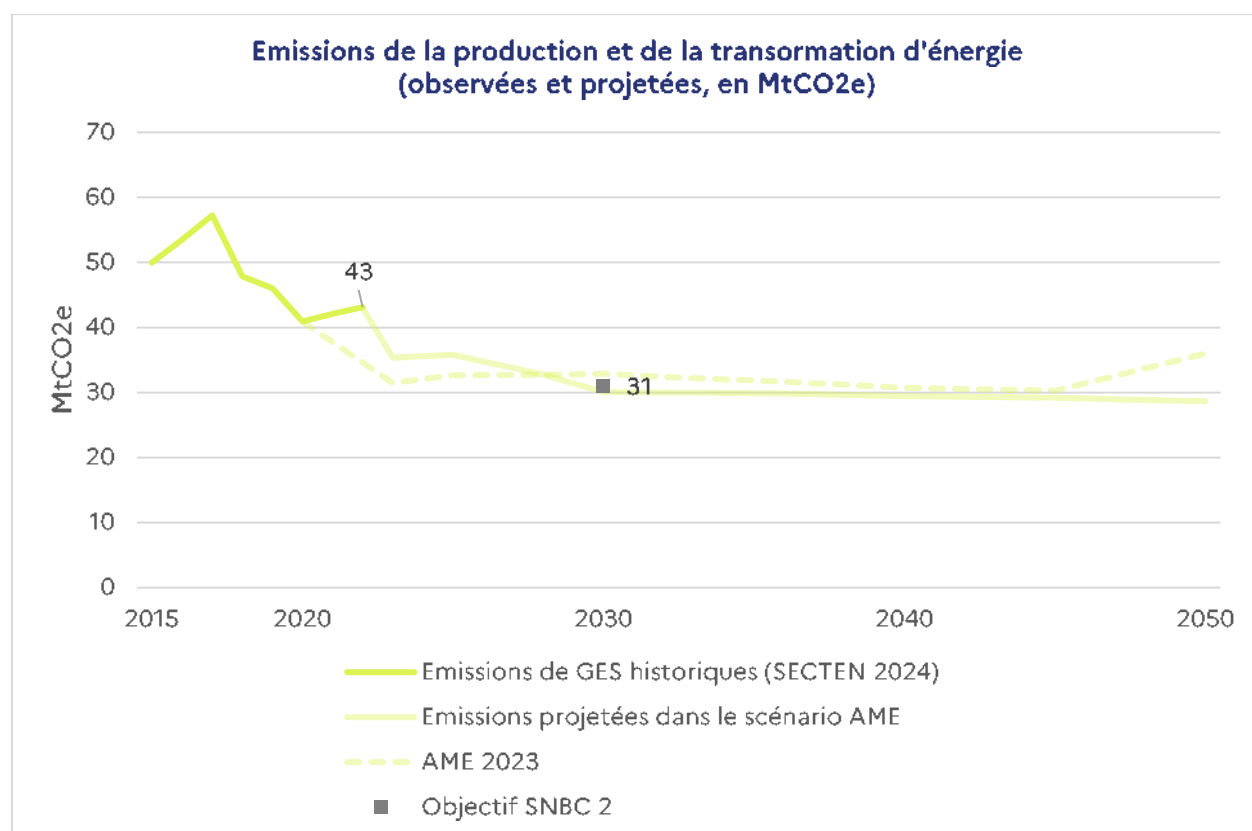


Figure 57 : Evolution des émissions du secteur de la production et de la transformation d'énergie en Mt CO₂e (source : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, CITEPA, Secten 2024 ; modélisations DGEC)

Dans le scénario AME 2024, 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 production de chaleur (légère baisse).

L'exercice de modélisation AME permet à ce stade pour le secteur de l'énergie d'atteindre 30 MtCO₂e à l'horizon 2030, 1 Mt en-dessous de l'objectif fixé par la SNBC 2 actuellement en vigueur.

C'est 3 Mt de moins que dans l'AME 2023. Les nouvelles mesures (loi d'accélération des énergies renouvelables et loi d'accélération du nucléaire) permettent d'augmenter la production d'électricité décarbonée, mais in fine les émissions dues à la production électrique augmentent par rapport à l'AME 2023 à cause du changement de méthodologie de fixation des hypothèses en matière de gaz. En effet, dans l'AME 2023, la production d'électricité à partir de gaz était calibrée pour combler l'écart entre la consommation et la production d'électricité produite par les autres sources. Historiquement, la production d'électricité à partir de gaz n'est pas entièrement corrélée à cet écart entre la consommation et la production d'électricité à partir des autres sources. Par prudence, elle a donc été considérée constante à son niveau de 2023 dans l'AME 2024. La hausse des émissions par rapport à l'AME 2023 due à ce changement de méthodologie pour la fixation des hypothèses de production d'électricité est compensée par la baisse d'émissions sur les unités de valorisation énergétique (due à l'intégration de nouvelles données sur la composition des déchets brûlés, en lien avec la feuille de route de la Fnade).

I. Gaz fluorés

Les gaz à fluorés tels que les perfluorocarbures (PFC), les hydrofluorocarbures (HFC) ou encore l'hexafluorure de soufre (SF6) sont des gaz à effet de serre avec un potentiel de réchauffement climatique élevé. Dans le cadre du scénario AME, une modélisation spécifique est réalisée pour prendre en compte l'effet des politiques et mesures en vigueur sur les trajectoires des émissions de gaz fluorés dans les différents secteurs.

Ces substances font l'objet de réglementations internationales, communautaires et nationales qui ont pour but d'encadrer leurs utilisations voire de les interdire.

La réglementation applicable aux gaz à effet de serre fluorés est issue des engagements pris par la communauté internationale dans le cadre du protocole de Kyoto sur la limitation des émissions de gaz à effet de serre puis de l'amendement de Kigali au protocole de Montréal, qui vise à réduire progressivement la mise sur le marché des quantités de HFC, exprimées en CO2 équivalent.

Les gaz à effet de serre fluorés sont encadrés au niveau communautaire par le règlement (UE) 2024/573 du Parlement européen et du Conseil du 7 février 2024 relatif aux gaz à effet de serre fluorés abrogeant le règlement (UE) n°517/2014.

Ce règlement publié le 20 février 2024 et entré en vigueur le 11 mars 2024 renforce les mesures de réduction des émissions de gaz fluorés. Il a été pris en compte dans l'AME 2024 (l'essentiel du texte était fixé avant le 31 décembre 2023).

En vertu de ce nouveau règlement, la consommation de HFC sera totalement supprimée d'ici à 2050 sur le territoire de l'Union européenne, la production de HFC, en termes de droits de production attribués par la Commission pour produire des HFC, sera réduite au minimum (15 %) à partir de 2036. Le texte introduit également des interdictions de mise sur le marché de produits et d'équipements contenant des HFC appartenant à plusieurs catégories pour lesquelles des solutions de substitution aux gaz fluorés existent et sont réalisables techniquement et économiquement, notamment certains réfrigérateurs ménagers, refroidisseurs, mousses et aérosols. Il fixe également des dates spécifiques pour la suppression complète de l'utilisation de gaz fluorés dans des équipements de climatisation, de pompes à chaleur et d'appareils de commutation électrique.

Ce règlement complète également les exigences en termes de formation et de certification du personnel et des entreprises intervenant dans les activités qui concernent les équipements fixes de réfrigération, de climatisation et de pompe à chaleur, les systèmes de protection contre l'incendie et les extincteurs, la récupération de certains gaz à effet de serre fluorés contenus dans des appareillages de connexion à haute tension, la récupération de certains solvants à base de gaz à effet de serre fluorés contenus dans des équipements.

Les projections AME des émissions de gaz fluorés à l'horizon 2050 sont basées sur l'inventaire 2024. En plus du nouveau Règlement sur les gaz fluorés, elles prennent en compte les réglementations suivantes :

- L'arrêté du 29 février 2016 relatif à certains fluides frigorigènes et aux gaz à effet de serre fluorés sur les contrôles d'étanchéité des installations frigorifiques ;
- Et la directive 2006/40 sur la climatisation automobile. La taxe sur les HFCs est exclue du périmètre du scénario AME.

Par ailleurs, les tendances observées ces dernières années pour faire face au phasedown imposé par le règlement européen sont supposées être poursuivies, à savoir : le développement et l'introduction accélérée de nouveaux mélanges ou de réfrigérants à bas PRG utilisés à la fois pour les nouveaux équipements et pour le retrofit d'installations existantes mais aussi l'usage de plus en

plus important de substances non fluorés dans certaines applications telles que les hydrocarbures, le CO₂ ou l'ammoniac.

La mise à jour du scénario AME consiste à intégrer les évolutions introduites dans l'édition 2024 de l'inventaire de la réfrigération et de la climatisation, les nouvelles tendances et perspectives données par les marchés de fluides frigorigènes ainsi que l'effet anticipé du nouveau Règlement européen. Les fluides à plus faible PRG sont déjà introduits, très significativement dans la plupart des applications, et les calendriers préalablement envisagés s'accroissent dans la plupart des secteurs. Les projections des émissions des secteurs de la climatisation et de la réfrigération sont calculées à partir de l'outil Gaz Fluorés mis en place au Citepa dans le cadre de l'inventaire des émissions des GES en France.

Etablir les projections 2050 revient à faire un inventaire jusqu'à l'année 2050 en posant des hypothèses d'évolution sur la période 2023-2050 pour les différents paramètres d'entrée du calcul, pour chaque sous-secteur du froid et de la climatisation (40 applications).

Pour les données d'activité, soit :

- Les marchés d'équipements ;
- Les parts des fluides frigorigènes utilisés ;
- Les charges moyennes ou ratios de charge,
- Les périodes de retrofit.

Pour les facteurs d'émission, soit :

- Les facteurs d'émission à la charge des équipements ;
- Les facteurs d'émissions au cours de la vie des équipements ou taux d'émission fugitifs ;
- Les facteurs d'émissions en fin de vie des équipements ou taux de récupération des fluides frigorigènes lors du démantèlement ;

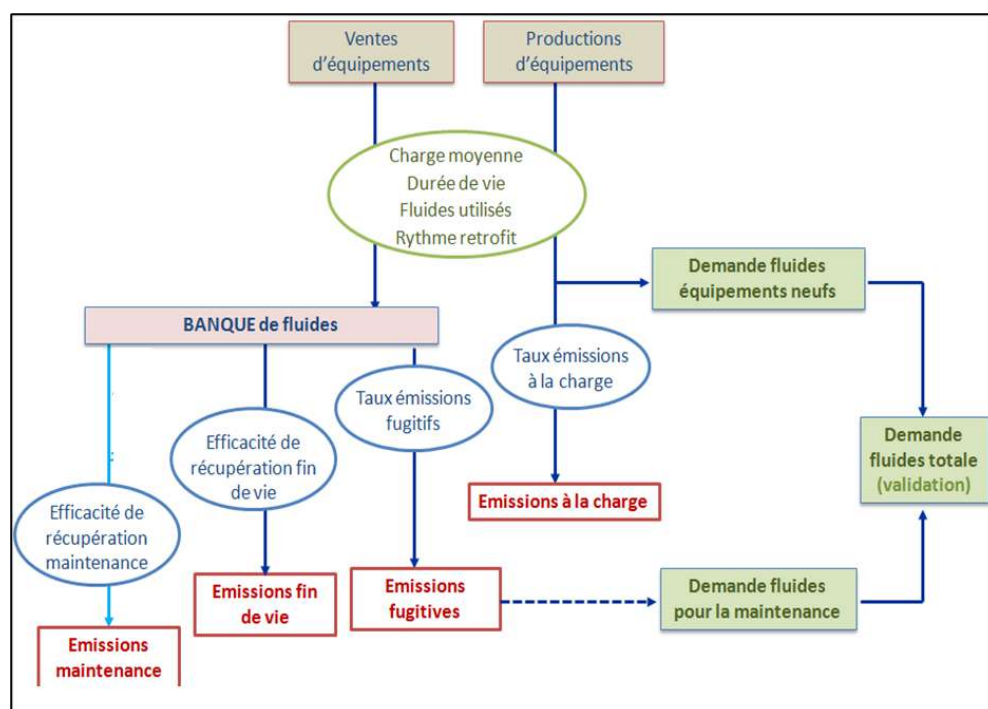


Figure 58. Méthode de calcul des émissions de fluides frigorigènes dans l'outil Gaz Fluorés du Citepa

Pour alimenter le modèle en données d'activité, les informations suivantes ont été utilisées :

- Les données sur l'évolution des parcs et nouvelles immatriculations pour les sous-secteurs Véhicules particuliers et utilitaires, véhicules industriels, cars & bus de la climatisation mobile;

- Les productions industrielles du scénario AME pour l'éthylène, le chlore, l'ammoniac et les sous-secteurs « Chimie » et « Industries agro-alimentaires » (cf. secteur Industrie)
- Les données relatives à la climatisation des bâtiments résidentiels et tertiaires ainsi que les données d'installation et d'utilisation des Pompes à chaleur du scénario AME (cf. secteur bâtiments)

Pour les autres secteurs, les hypothèses de marchés d'équipements et de charge moyenne sont établies à partir des tendances historiques excepté pour les équipements domestiques pour lesquels la croissance est fonction de celle de la population. Dans la majorité des cas, un taux moyen de croissance annuel moyen est calculé sur la période 2018-2023 et est appliqué à la période 2023-2030. Ensuite, un taux de croissance du marché de 0,1 à 1% est pris en compte selon les cas de façon à obtenir une croissance modérée du parc.

Les évolutions des fluides frigorigènes sont établies à partir de la tendance actuelle et de la connaissance des nouveaux fluides frigorigènes mis sur le marché et des informations transmises par les distributeurs de fluides frigorigènes. Des « fluides théoriques » ont été également introduits entre 2030 et 2040 pour prendre en compte le développement de futurs mélanges à très bas PRG (appelés Blend50, Blend100, Blend150 pour des mélanges de PRG 50, 100 ou 150). En revanche, il n'a pas été pris en compte de nouvelles périodes de retrofit au-delà de celle du retrofit du R404A et mélanges de PRG supérieurs à 2000 s'appliquant jusqu'en 2030. Il pourrait être envisagé, dans le scénario AMS, de mettre en place d'autres périodes retrofits et le développement de nouveaux mélanges le permettant. Des exemples sont donnés sur les figures ci-dessous.

Des courbes en S ont été construites pour l'évolution des facteurs d'émissions, (ou prolongées lorsqu'elles existaient déjà pour l'inventaire), de façon à prendre en compte l'amélioration des filières de récupération de fin de vie, celle des pratiques de maintenance ainsi que la réduction des fuites engendrée par le renouvellement des équipements et la généralisation de la mise en place de systèmes de détection dans certains secteurs. La tendance à la réduction des facteurs d'émission a été accentuée, car la réglementation imposant désormais un phasedown plus strict, cela impacte les quantités disponibles et incite davantage encore à la récupération et la limitation des fuites.

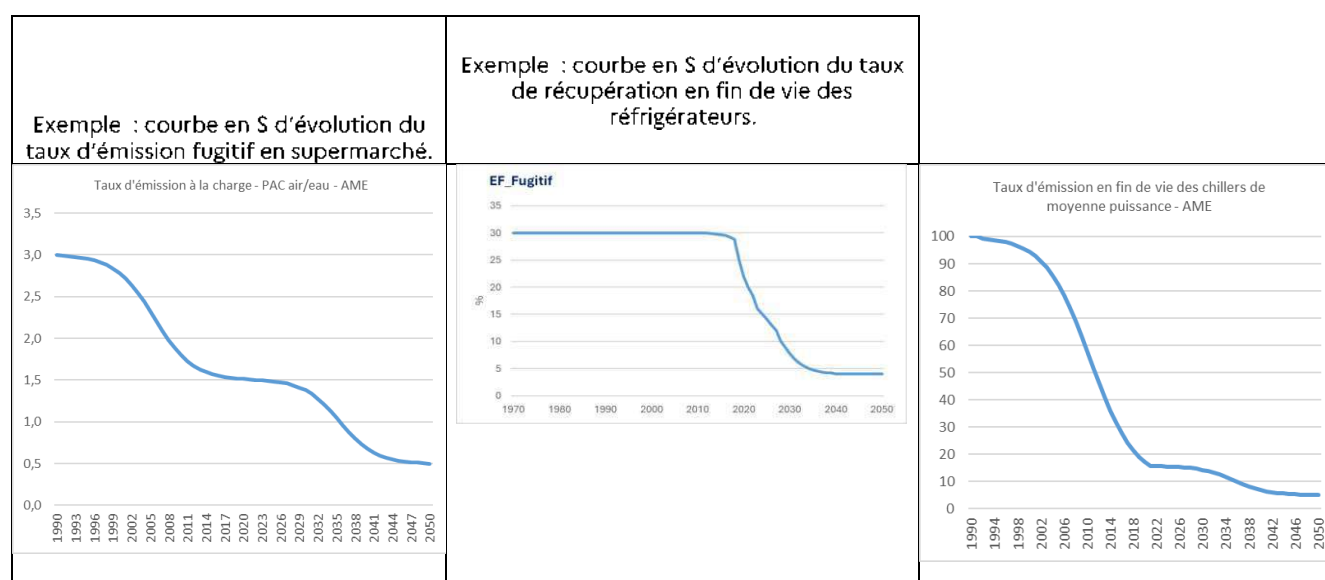


Figure 59. Hypothèses d'évolution des facteurs d'émissions à la charge, au cours de la vie des équipements et en fin de vie. Exemples d'applications.

Pour les autres secteurs et fluides, certains sont désormais impactés par la réglementation européenne.

- La réglementation liée au SF₆ dans les équipements électriques a évolué et interdit son usage neuf à partir de 2035 pour la maintenance des installations.
- Les HFC sont interdits dans les aérosols techniques à partir de 2030.
- En revanche, le secteur de la production de semi-conducteurs n'est toujours pas impacté par la réglementation européenne et les niveaux de consommations et d'émissions de gaz fluorés à l'horizon 2050 modélisés dans ce scénario sont du même ordre de grandeur qu'en 2020 (évolution indexée sur la croissance du PIB, donc environ +10% par rapport à 2020). Une révision de ce point est prévue pour 2030.
- Enfin, les émissions de gaz fluorés engendrées par la consommation d'aérosols pharmaceutiques, secteur non impacté par le règlement F-gaz II, prennent une part relativement importante des émissions de gaz fluorés à l'horizon 2050. Elles sont calculées au prorata de l'évolution de la population en France.

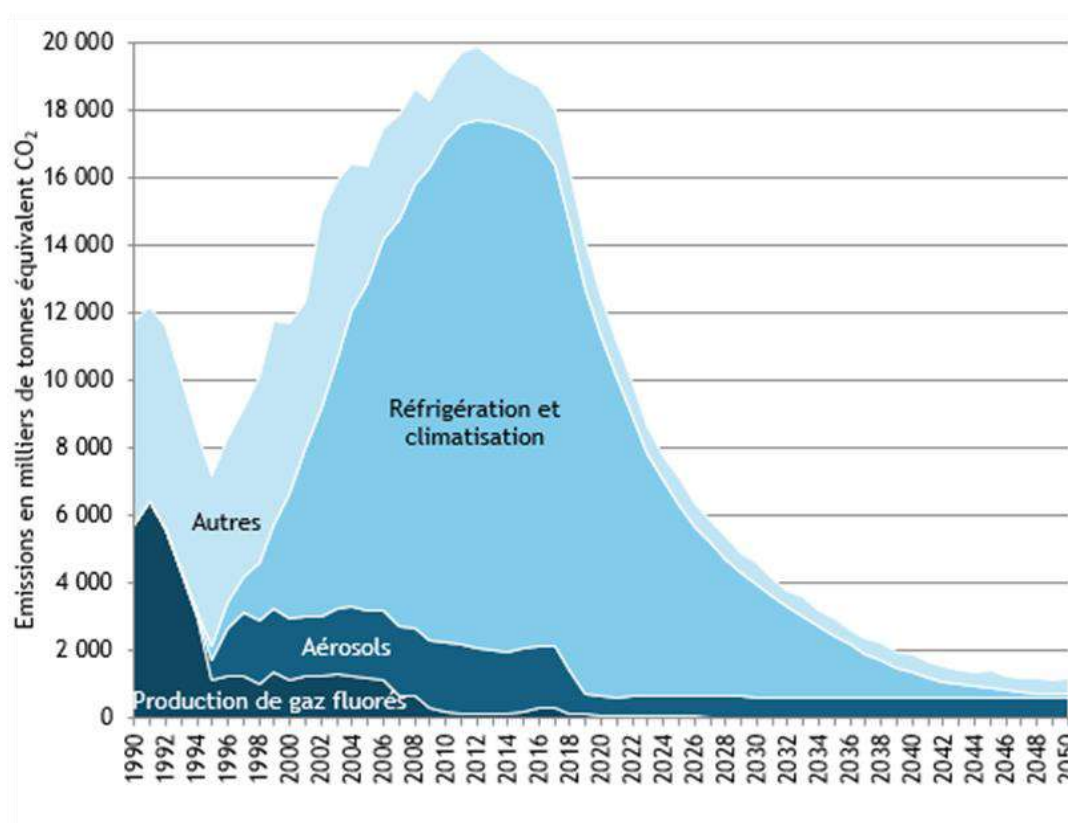


Figure 60. Emissions de gaz fluorés en AME 2024 par type d'usage (ktCO₂e)

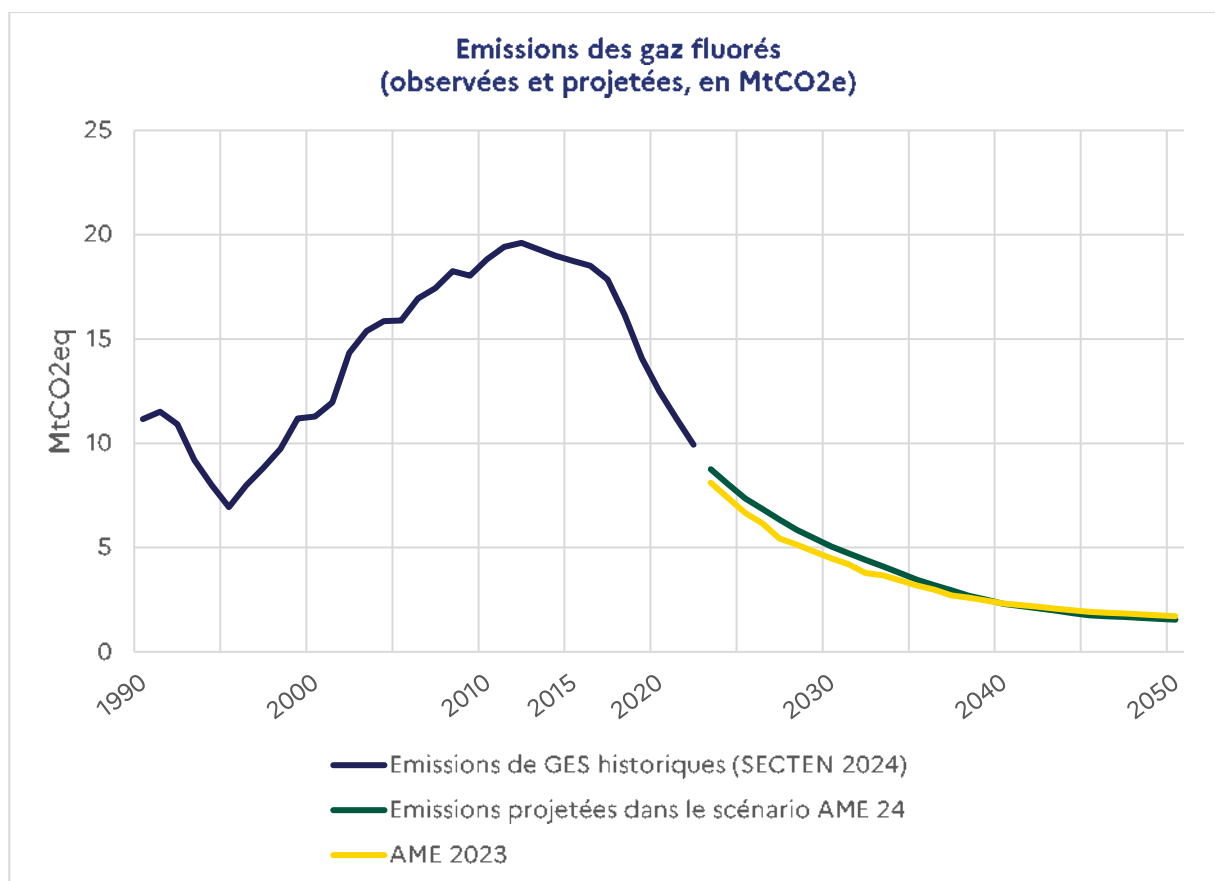


Figure 61. Emissions de gaz fluorés dans l'AME 2023 et l'AME 2024 (MtCO2e)

La tendance à la baisse des émissions de gaz fluorés dans l'AME 2024 est légèrement plus importante que celle de l'AME 2023, et ce principalement pour les raisons suivantes :

- La nouvelle réglementation européenne qui introduit un objectif 0 HFC à l'horizon 2050 alors que le précédent règlement réduisait seulement la mise sur le marché des HFC jusqu'à un niveau de -79% par rapport au niveau de référence (niveau gelé de 2015, basé sur une moyenne des déclarations 2009-2012).
- L'introduction accélérée de nouveaux fluides frigorigènes et le développement de nouveaux mélanges à plus faible PRG ;
- La tendance à une meilleure récupération et une réduction des taux d'émission, en amélioration significative depuis la hausse des prix observée sur les HFCs et la pénurie observée pour certains ;

J. Scénarisation pour les départements et régions d'outre-mer

1) PRINCIPALES HYPOTHESES ET PRINCIPAUX RESULTATS

Les territoires relevant de l'article 73 de la Constitution, à savoir les Départements et Régions d'Outre-mer, évoluent dans des contextes complexes (forte vulnérabilité au changement climatique, plus forte dépendance aux énergies fossiles que l'hexagone, etc.) et font l'objet d'une attention particulière. Les émissions de la Réunion, Mayotte, la Martinique, la Guyane, la Guadeloupe et de Saint-Martin sont de 11,6 Mt CO₂ éq en 2022, ce qui représente 3 % des émissions brutes de la France (Citepa, Secten 2024). Après un quasi doublement des émissions en 2010 par rapport à 1990, **les émissions ont entamé une décroissance.**

La répartition des émissions diffère de la situation hexagonale en raison des contextes climatiques, des moyens de production d'énergie et de la situation socio-économique des territoires. En 2022, **le secteur des transports est le secteur le plus émissif avec 42% des émissions**, suivi par **le secteur de la production d'énergie** qui représente 36% des émissions, principalement en raison de la production d'électricité, encore majoritairement dépendantes des énergies fossiles. Le traitement des déchets compte pour 9% du total, suivi par le secteur des bâtiments pour 7%, l'agriculture pour 4% et finalement l'industrie pour 2%. Le secteur d'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et de la forêt contribue également aux émissions nettes, rejetant 3,1MtCO₂e dans l'atmosphère en 2022, principalement en raison de la conversion de terres agricoles et de l'artificialisation en Guyane. **La Réunion compte pour 32% des émissions nettes**, suivie par la Guyane (26%), la Guadeloupe et la Martinique (18%), Mayotte (5%) et Saint-Martin (1%).

La réduction des émissions des territoires d'outre-mer passe par une décarbonation des moyens de production électrique à travers le développement des énergies renouvelables et la conversion des groupes thermiques pour assurer la hausse de la demande électrique nécessaire à la décarbonation du transport.

Les départements et régions d'outre-mer (DROM) font l'objet d'un traitement particulier dans la modélisation. Faute d'outils disponibles, ils n'ont pas été modélisés avec des modèles technico-économiques similaires à la modélisation hexagonale. Ainsi, **les départements et régions d'outre-mer font l'objet d'une modélisation simplifiée par territoire pour déterminer la trajectoire d'émissions agrégée.** Les hypothèses sectorielles sont définies pour refléter les politiques publiques en vigueur (majoritairement similaires aux politiques sectorielles définies dans les chapitres précédents) et les documents de planification territoriaux (PPE territoriales, SAR...). En l'absence de scénarisation fine dans certains territoires, les trajectoires hexagonales sont parfois reprises. Plusieurs hypothèses proviennent également des exercices de scénarisation conduits par EDF dans le cadre de la publication des bilans prévisionnels de consommation et de production d'électricité (avec une approche guidant à retenir une moyenne entre un scénario « Azur » et « Emeraude » dans l'AME).

Nouvelles mesures : L'ensemble des mesures de l'AME 2023 sont considérées dans l'AME 2024. Les PPE intégrées dans l'exercice sont la PPE 2016-2023 pour la Guadeloupe, la Guyane, la Martinique et Mayotte, et la PPE 2019-2028 pour la Réunion. Ces PPE sont toujours en cours de révision pour la majorité des territoires et ne sont donc pas incluses dans cet exercice. La fin de vente des véhicules thermiques en 2035 est également intégrée dans la modélisation, ce qui explique l'essentiel de la baisse des émissions par rapport à l'AME 2023. Toutefois, l'objectif d'autonomie énergétique à l'horizon 2030 fixé par la LTECV n'est pas retenu dans le scénario, en l'absence de mesures

spécifiques permettant de s'y rapprocher (en effet, la quasi intégralité des combustibles fossiles consommés dans les DROM sont importés).

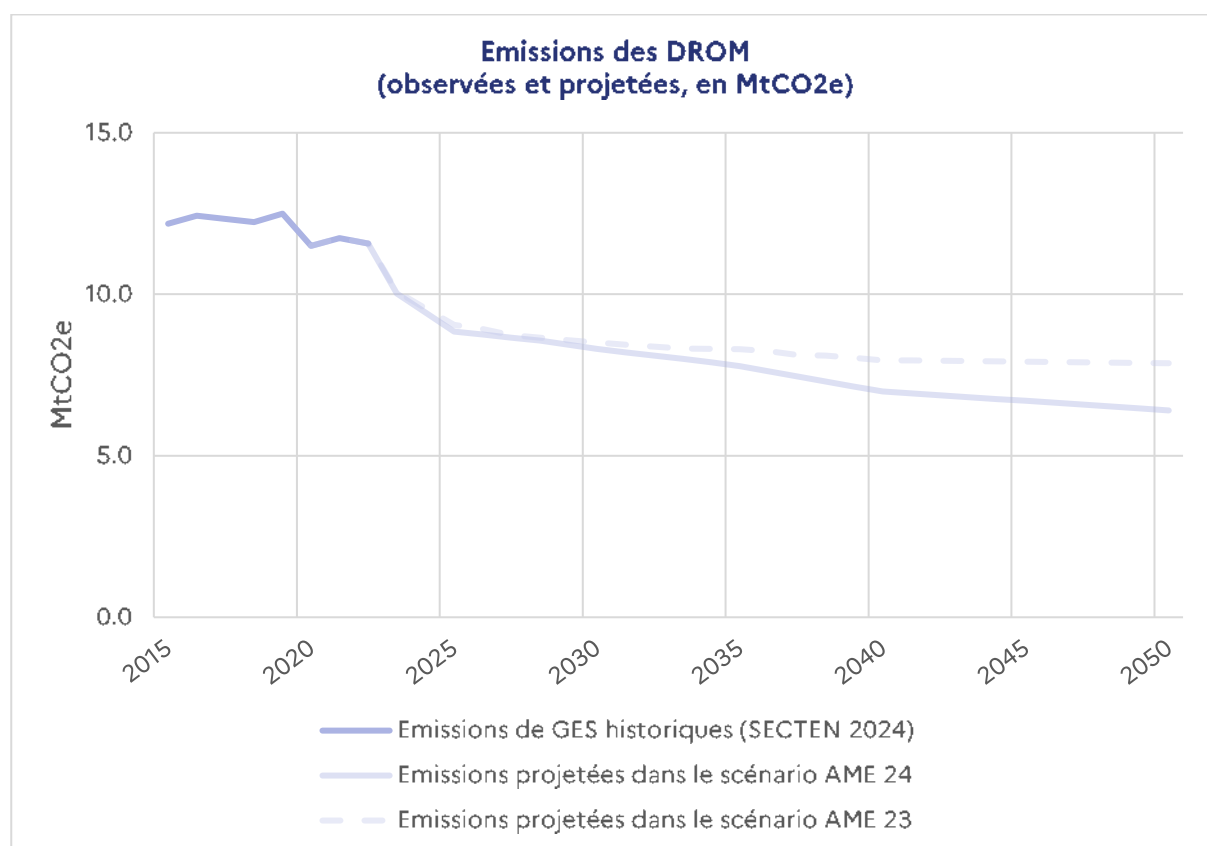


Figure 62 : Evolution des émissions des DROM en Mt CO2e (source : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, CITEPA, Secten 2024 ; modélisations DGEC)

Une baisse rapide des émissions est prévue dans le scénario AME dès 2025 comme dans l'AME 2023 en raison de la décarbonation de la production d'électricité prévue dans les PPE. D'ici 2030, les émissions baissent de 28% par rapport à 2022. Les émissions à court-terme diffèrent peu du scénario AME 2023, peu de mesures structurantes permettant d'accélérer la baisse des émissions. A plus long terme, le respect de l'interdiction de la fin de vente des véhicules thermiques en 2035 permet de diminuer les émissions de 19% en 2050 par rapport à l'AME 2023, malgré un mix électrique non totalement décarboné. Les émissions atteignent 6,4 MtCO2e en 2050 (soit le niveau d'émissions de 1990).

2) CADRAGE

Les hypothèses d'évolution du PIB par habitant retenues proviennent du cadrage macro-économique des bilans prévisionnels d'équilibre offre-demande d'EDF. En particulier, on retient une croissance du PIB annuelle de 0,75% pour la Guadeloupe, 0,8% pour la Martinique, et 0,75% pour la Réunion. Pour la Guyane et Mayotte, on suppose un rattrapage du PIB sur les autres territoires avec un taux de croissance annuel moyen du PIB de 2,9% pour la Guyane sur la période, et de 6,6% par an pour Mayotte (hypothèse de l'AME 2023). Ces taux de croissance ne doivent être considérés que dans le cas de cet exercice, et pourrait varier en fonction des évolutions macro-économiques locales.

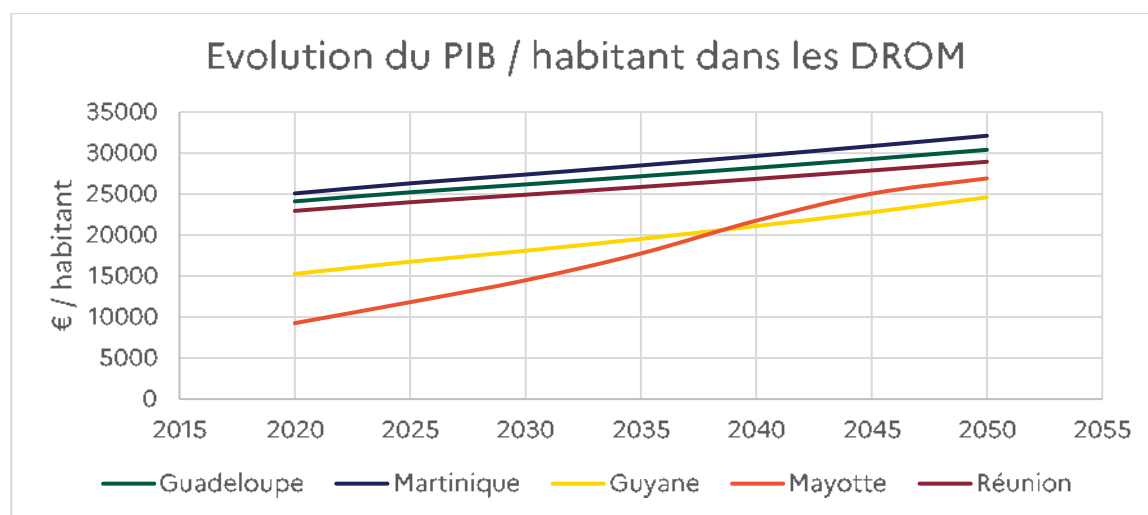


Figure 63. Evolution du PIB/habitant pour chaque DROM

3) PRODUCTION D'ELECTRICITE

Chaque territoire produit son électricité en fonction des contraintes locales. Les objectifs sont décrits dans les PPE relatives à chaque territoire. Il est important de noter que le développement des EnR dans les DROM revêt à la fois d'un objectif de verdissement de la production et d'un objectif d'autonomie énergétique. En effet, les territoires dépendent massivement de l'importation de combustibles fossiles, la LTECV ayant fixé comme objectif de parvenir à l'autonomie énergétique à l'horizon 2030. Cet objectif n'est pas considéré dans le scénario AME en l'absence de mesures spécifiques y concourant.

Les trajectoires de production électrique ont été définies à partir des objectifs fixés par les dernières PPE publiées (2016-2023 pour la Guadeloupe, la Guyane, la Martinique et Mayotte, et 2019-2028 pour la Réunion). Ces PPE sont toujours en cours de révision pour la majorité des territoires et ne sont donc pas incluses dans la modélisation de l'AME 2024 (comme dans l'AME 2023). Les niveaux de demande d'électricité proviennent des modélisations sectorielles, et peuvent légèrement différer des chiffres affichés dans les PPE. Elles s'insèrent globalement autour des trajectoires « Azur » et « Emeraude » détaillées dans les publications des bilans prévisionnels réalisés par EDF dans les territoires (hors Mayotte).

La méthodologie principale est la suivante :

- Les capacités de production installées en 2023 sont supposées produire en 2025, celles en 2028 en 2030.
- Sans objectif précis décrit par la PPE à plus long terme, les moyens de production sont supposés constants jusqu'en 2050.
- On boucle l'équilibre offre-demande à l'aide des moyens de production thermiques.

- On suppose que les taux de pertes d'électricité et que les usages internes de la branche énergie sont constants et égaux à leur valeur de 2019.
- Dans cet exercice, les retours des membres du groupe de travail « outre-mer » ont été pris en compte pour adapter les hypothèses PPE en fonction de la réalité des projets mis en œuvre à cette date et de leurs retards.

Le mix électrique de chaque territoire en 2021 et 2050 est récapitulé dans le tableau ci-dessous.

Mix électrique (%)	Guadeloupe		Guyane		Martinique		Mayotte		Réunion	
AME 2024	2021	2050	2021	2050	2021	2050	2021	2050	2021	2050
Pétrole	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Charbon	14	10	0	0	0	0	0	0	30	0
PPR	52	36	31	2	75	32	96	51	42	0
Photovoltaïque	7	11	6	29	6	15	4	13	9	18
Géothermie	5	16	0	0	0	28	0	0	0	0
Déchets	0	0	0	0	2	5	0	0	0	4
Biocarburants	0	0	0	11	0	0	0	4	0	20
Biomasse solide	14	12	4	28	15	17	0	23	7	44
Eolien	6	13	0	1	3	3	0	5	0	4
Hydraulique	1	1	60	27	0	0	0	4	12	9
Gaz Renouvelable	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1
EnR (%)	34%	54%	69%	98%	25%	68%	5%	49%	31%	100%
Demande (GWh)	1719	2022	966	2161	1597	1787	410	1528	3052	5760

Tableau 110 : Mix électrique des DROM en 2021 et 2050 en AME 2024.

6) INDUSTRIE – TRANSPORTS – RESIDENTIEL – TERTIAIRE - AGRICULTURE

Pour les autres secteurs, des hypothèses sectorielles assez équivalentes entre les territoires ont été retenues, en l'absence de scénarios tendanciels produits indépendamment. La consommation d'énergie industrielle de chaque territoire est projetée avec l'évolution du PIB en considérant la part des valeurs ajoutées de l'industrie et du BTP constantes jusqu'en 2050 (données IEDOM) ainsi qu'en faisant l'hypothèse d'économies d'énergie de 7% en 2050 (hypothèse hexagonale). L'industrie s'électrifie à hauteur de 9% en 2050 avec les soutiens à la décarbonation de l'industrie. Dans l'agriculture, on suppose un gain d'efficacité énergétique pour les engins agricoles de 14% en 2050 par rapport à 2019 (identique aux hypothèses poids lourds), ainsi qu'une hausse de la production alimentaire dépendante de l'évolution de la population dans les territoires, avec une amélioration de la balance commerciale.

Dans le domaine des transports, la principale hypothèse concerne l'électrification du parc de véhicules, déterminée à partir des hypothèses métropolitaines pour les territoires qui ne disposent pas de trajectoires dédiées, et à partir des trajectoires de la PPE pour la Guyane (reprise pour Mayotte, avec un léger retard de déploiement). L'hypothèse est faite du respect de la fin de vente des véhicules thermiques à horizon 2035. Ainsi, le parc est considéré à 13% électrique en 2030 et 88% en 2050 pour la Guadeloupe, la Réunion et la Martinique, et de 7% en 2030 et 72% en 2050 pour la Guyane et Mayotte. Le taux d'équipement est supposé constant à partir de 2019, le nombre de véhicules en circulation évolue avec la démographie. L'efficacité des véhicules particuliers

thermiques s'améliore de 24% en 2050 par rapport à 2019. Au niveau des poids lourds, 19% du parc s'est électrifié dans les territoires en 2050 (11% en Guyane et Mayotte). Ces trajectoires s'inscrivent en moyenne autour des scénarios Azur et Emeraude des bilans prévisionnels de l'équilibre offre-demande d'électricité d'EDF (hors Mayotte).

La modélisation du parc résidentiel-tertiaire est basée sur des hypothèses d'économie d'énergies, ainsi que sur l'évolution des taux d'équipement (climatiseurs) et du mode de vie des ménages (taux d'occupation moyen, demande énergétique). Le taux d'équipements en climatiseurs augmente tendanciellement fortement en historique. A long terme, entre 90% et 99% des ménages sont équipés de climatiseurs selon les territoires. La demande en climatisation est alors déterminée à l'aide du modèle MICO de l'ADEME, qui englobe les consommations des DROM. Les économies d'énergie pour les territoires hors Mayotte, estimées à partir des projections des comités MDE retranscrites dans les scénarios Azur et Emeraude des BP EDF (moyenne entre les deux scénarios plus ou moins ambitieux), sont alors retranchées à la consommation. Pour Mayotte, les hypothèses de l'AME 2021 sont reprises.

La figure ci-dessous détaille l'évolution de la consommation finale d'énergie dans l'industrie, le transport, le résidentiel, le tertiaire et l'agriculture. Ainsi, selon les hypothèses sectorielles et le cadrage macro-économique, certains territoires (Guyane et Mayotte), voient leur consommation d'énergie finale augmenter, une hausse majoritairement imputable au tertiaire et au résidentiel. A l'inverse, en Guadeloupe, Martinique et à la Réunion, on observe une baisse de la consommation finale principalement attribuable à l'électrification du parc de véhicules.

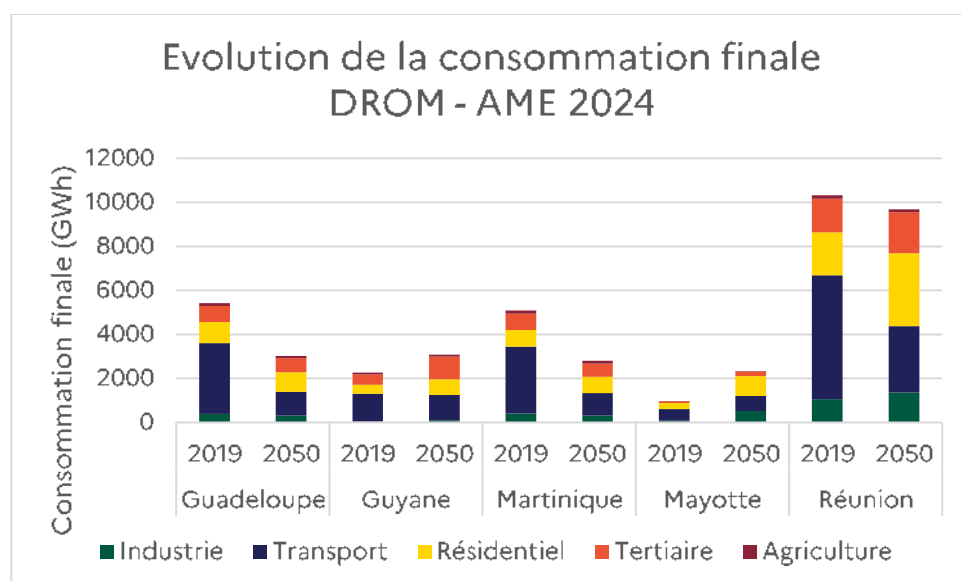


Figure 64 : Evolution de la consommation d'énergie finale dans le scénario AME 2024 entre 2019 et 2050

4) EMISSIONS NON-ENERGETIQUES

Une modélisation simplifiée des secteurs agricoles, des déchets et UTCATF a également été mise en place, permettant l'estimation des émissions non-énergétiques. Les principales hypothèses retenues consistent en :

- Une réduction de l'intensité d'émissions des déchets de 30% d'ici à 2050 par rapport à 2019, se traduisant par une baisse des émissions unitaires de méthane (en particulier

avec l'hypothèse d'une amélioration du captage de méthane dans les ISDND), et une stabilité de la quantité de déchets par habitants.

- Une projection des émissions UTCATF en 2050 par régression sur les données historiques 2010-2019. En Guyane, la modélisation prend en compte les émissions liées au barrage de Petit-Saut ainsi que celles liées à la déforestation (agriculture, infrastructures et orpaillage illégal).
- Une diminution de 7% de l'intensité d'émission du protoxyde d'azote obtenue par des modifications d'usage liées à l'utilisation d'engrais (hypothèses hexagonales).

La figure ci-dessous présente l'évolution des émissions non-énergétiques entre 2019 et 2050. On observe une hausse des émissions agricoles (hausse de la production), une baisse de celles liées aux déchets ainsi qu'une stagnation des émissions UTCATF (principalement en Guyane).

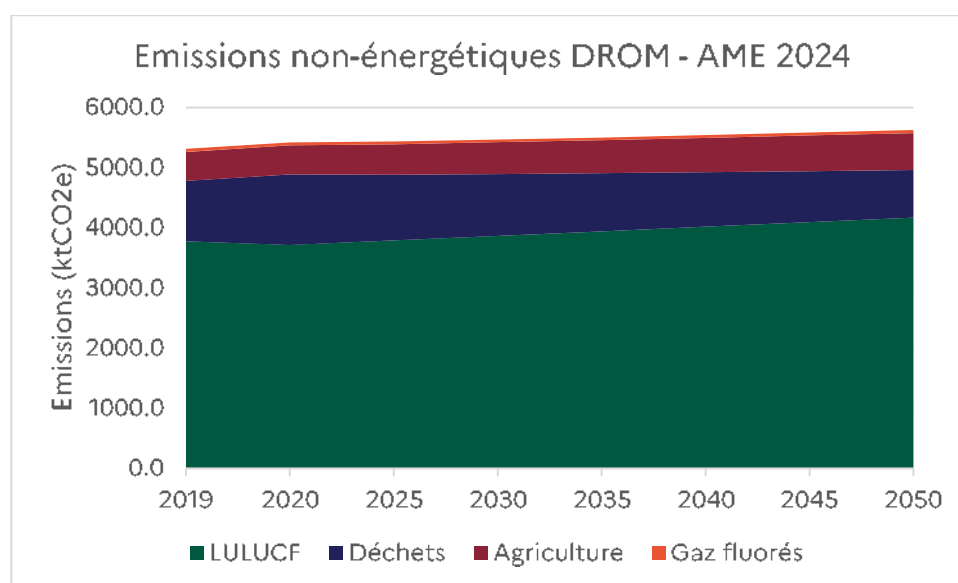


Figure 65. Emissions des secteurs déchets, agricole et d'usage des terres de l'ensemble des DROM en AME

5) BILAN D'ÉNERGIE EN 2050

Le tableau ci-dessous présente alors le bilan d'énergie en 2030 et en 2050 pour tous les DROM :

Tableau 111. Bilan de l'énergie en 2030 et en 2050 pour les DROM en AME 2024

GWh	Charbon	Pétrole brut	Produits pétroliers raffinés	Gaz naturel	Nucléaire	EnR électriques	EnR thermiques et déchets					Électricité	Chaleur vendue	Hydrogène	Total
							Biomasse solide	Déchets	Biocarburants	Gaz renouvelable	Chaleur de l'environnement	Solaire thermique et géothermie			
Production d'énergie primaire	0	0	0	0	0	2801,8	2434,2	771,9	387,1	138,2	0	4342,2	0	0	10875,4
Importations	655,9	3653,4	15207,2	0	0	0	3216,4	0	1891,3	0	0	0	0	0	24624,3
Exportations	0	0	-1297,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1297,4
Soutes maritimes internationales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soutes aériennes internationales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Variations de stocks (+ = déstockage, - = stockage)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total approvisionnement / consommation primaire	655,9	3653,4	13909,9	0	0	2801,8	5650,6	771,9	2278,5	138,2	0	4342,2	0	0	34202,4
Écart statistique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité	655,9	0	3686,2	0	0	2801,8	4900,8	747,6	2278,5	106,3	0	3229,2	-8191,1	0	10215,2
Production de chaleur	0	0	0	0	0	0	636,3	0	0	13,2	0	96,7	0	-637,9	108,3
Production de gaz renouvelable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production de gaz de synthèse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raffinage de pétrole	0	4021,2	-4003,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,4
Production de biocarburants	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'e-fuels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'hydrogène	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres transformations, transferts	0	-367,8	367,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Usages internes de la branche énergie	0	0	347,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pertes de transport et de distribution	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97,2	0	0	444,4
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	596,3	53,7	0	650,0
Consommation nette de la branche énergie	655,9	3653,4	397,4	0	0	2801,8	5537,2	747,6	2278,5	119,4	0	3325,9	-7497,7	-584,1	0 11435,3
Industrie	0	0	611,8	0	0	0	113,4	1,0	0	18,8	0	0,4	805,8	584,1	0 2135,3
Transport	0	0	10781,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	420,7	0	11202,0
Résidentiel	0	0	483,7	0	0	0	0	0	0	0	0	1013,2	3240,7	0	4737,6
Tertiaire	0	0	454,3	0	0	0	0	23,3	0	0	0	2,7	2990,2	0	3470,5
Agriculture	0	0	443,7	0	0	0	0	0	0	0	0	40,3	0	0	484,0
Puits technologiques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation finale énergétique	0	0	12774,8	0	0	0	113,4	24,3	0	18,8	0	1016,3	7497,7	584,1	0 22029,4
Consommation finale non énergétique	0	0	727,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	727,6
Consommation finale	0	0	13512,5	0	0	0	113,4	24,3	0	18,8	0	1016,3	7497,7	584,1	0 22767,1

GWh	Charbon	Pétrole brut	Produits pétroliers raffinés	Gaz naturel	Nucléaire	EnR électriques	EnR thermiques et déchets					Électricité	Chaleur vendue	Hydrogène	Total
							Biomasse solide	Déchets	Biocarburants	Gaz renouvelable	Chaleur de l'environnement	Solaire thermique et géothermie			
Production d'énergie primaire	0	0	0	0	0	3833,4	2835,5	840,2	1106,9	170,5	0	9644,3	0	0	18430,9
Importations	655,9	1521,7	11954,9	0	0	0	7421,1	0	4160,3	0	0	0	0	0	25713,8
Exportations	0	0	-964,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-964,4
Soutes maritimes internationales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soutes aériennes internationales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Variations de stocks (+ = déstockage, - = stockage)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total approvisionnement / consommation primaire	655,9	1521,7	10990,5	0	0	3833,4	10256,5	840,2	5267,2	170,5	0	9644,3	0	0	43180,3
Écart statistique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité	655,9	0	4836,8	0	0	3833,4	9393,2	816,3	5267,2	136,6	0	8142,9	-13258,4	0	19823,9
Production de chaleur	0	0	0	0	0	0	752,5	0	0	15,7	0	86,9	0	-731,0	124,1
Production de gaz renouvelable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production de gaz de synthèse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raffinage de pétrole	0	1674,8	-1667,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,2
Production de biocarburants	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'e-fuels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'hydrogène	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres transformations, transferts	0	-153,2	153,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Usages internes de la branche énergie	0	0	144,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157,3	0	301,9
Pertes de transport et de distribution	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	914,2	61,6	0	975,8
Consommation nette de la branche énergie	655,9	1521,7	3467,0	0	0	3833,4	10145,7	816,3	5267,2	152,3	0	8229,8	-12187,0	-669,4	0 21232,9
Industrie	0	0	584,6	0	0	0	110,9	0,9	0	18,2	0	0,4	1233,3	669,4	0 2617,6
Transport	0	0	4234,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2699,7	0	6933,7
Résidentiel	0	0	713,1	0	0	0	0	0	0	0	0	1410,9	4439,5	0	6563,5
Tertiaire	0	0	531,2	0	0	0	0	23,1	0	0	0	3,3	3768,7	0	4326,1
Agriculture	0	0	443,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45,8	0	489,5
Puits technologiques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation finale énergétique	0	0	6506,6	0	0	0	110,9	23,9	0	18,2	0	1414,5	12187,0	669,4	0 20930,5
Consommation finale non énergétique	0	0	1016,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1016,9
Consommation finale	0	0	7523,5	0	0	0	110,9	23,9	0	18,2	0	1414,5	12187,0	669,4	0 21947,4

6) TRAJECTOIRE D'ÉMISSIONS

Une baisse rapide des émissions est prévue dans le scénario AME dès 2025 comme dans l'AME 2023 en raison de la décarbonation de la production d'électricité prévue dans les PPE. D'ici 2030, les émissions baissent de 28% par rapport à 2022. Les émissions à court-terme diffèrent peu du scénario AME 2023, peu de mesures structurantes permettant d'accélérer la baisse des émissions. A plus long terme, le respect de l'interdiction de la fin de vente des véhicules thermiques en 2035 permet de diminuer les émissions de 19% en 2050 par rapport à l'AME 2023, malgré un mix électrique non totalement décarboné. Les émissions atteignent 6,4 MtCO₂e en 2050 (soit le niveau d'émissions de 1990).

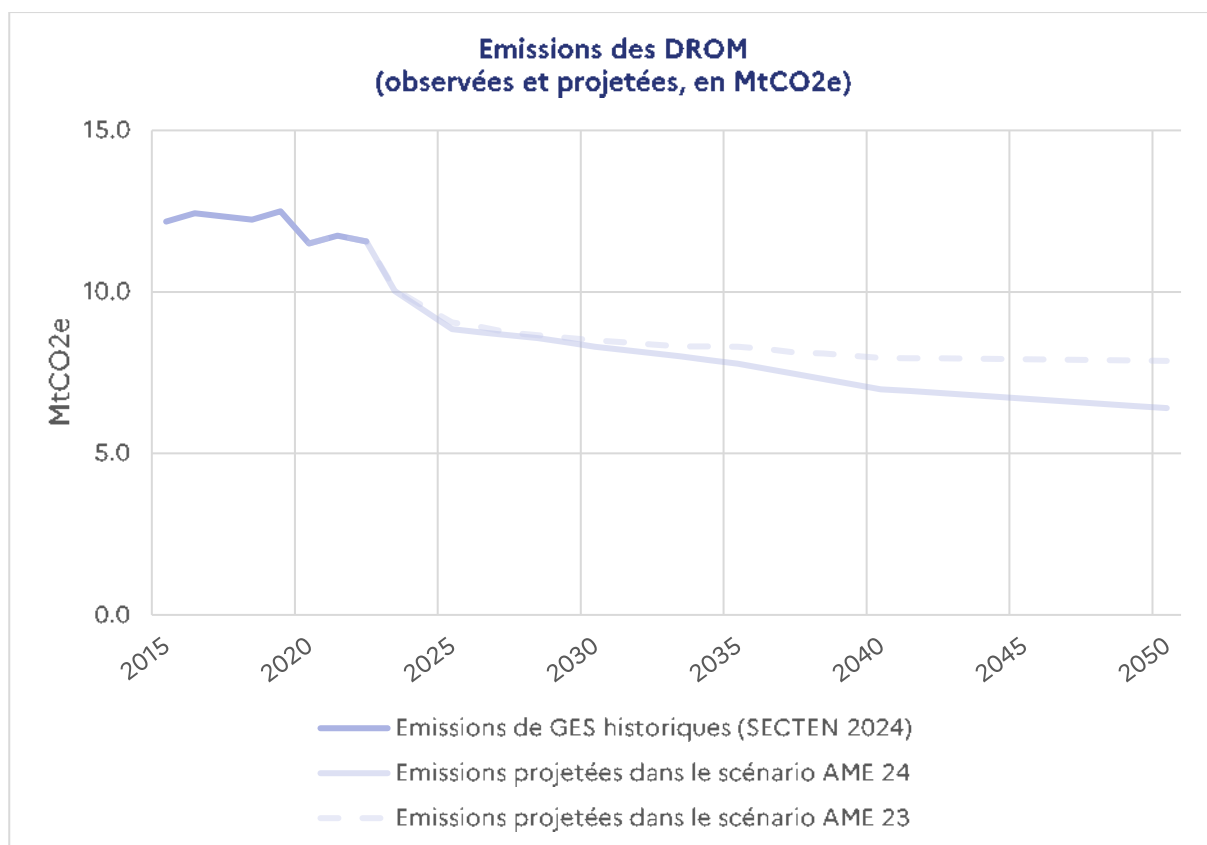


Figure 66. Emissions des départements et régions d'outre-mer, hors LULUCF, en ktCO₂e

K. Bilans de l'énergie

1) BILAN ENERGETIQUE TOTAL

Les bilans de l'énergie au format SDES sont calculés pour la période 2020-2050, en prenant le bilan définitif de 2022 comme année de référence, sur lesquelles les sorties des modèles ont été recalées. Le recalage est réalisé en appliquant le facteur de correction brut (année 2022 modélisée – année 2022 observée) aux données de l'année cible, modulé en fonction de l'évolution de la consommation d'énergie du vecteur donné dans le secteur concerné. Le facteur de correction brut est considéré constant pour les secteurs où l'usage d'un vecteur énergétique est appelé à croître fortement (gaz et électricité pour les transports) ou quand on sait expliquer l'écart entre les sorties et les données SDES (ex. autoproduction d'électricité à partir de gaz, que l'on considère constante sur la période).

Les bilans au périmètre Kyoto sont déterminés en agrégeant les bilans métropolitains et les bilans DROM provenant de la modélisation simplifiée. Les bilans de l'énergie complets du scénario AME sont présentés en annexe 1. Dans la suite, nous analysons l'évolution des principaux indicateurs relatifs au scénario. Le tableau suivant présente les plus pertinents à horizon 2030 en comparaison avec les précédents exercices de modélisation.

Tableau 112. Principaux indicateurs énergétiques à 2030

	SNBC 2	AME 2023	AME 2024
Consommation énergétique finale (TWh)	1320,6	1432,5	1440,2
Consommation énergétique finale dans l'industrie (TWh)	261	286,1	298,1
Consommation énergétique finale dans les transports (TWh)	407,6	423,2	443,9
Consommation énergétique finale dans le résidentiel (TWh)	379	451,2	408,5
Consommation énergétique finale dans le tertiaire (TWh)	227,8	224,8	241,0
Consommation énergétique finale dans l'agriculture (TWh)	45,2	47,1	48,7
Réduction de la consommation énergétique finale par rapport à 2012	20,0%	15,2%	16%
Consommation fossile primaire (en TWh)	862	999	967,2
Consommation de charbon fossile primaire (en TWh)	24,9	49,2	31,6
Consommation de pétrole fossile primaire (en TWh)	513,7	605,8	601,4
Consommation de gaz fossile primaire (en TWh)	323,8	344,0	334,2
Réduction de la consommation fossile primaire par rapport à 2012	41%	32%	35%

Concernant la consommation d'énergie finale, le scénario montre que les mesures existantes entraînent déjà une baisse de 16% au périmètre de la Directive sur l'Efficacité Énergétique (DEE) par rapport à 2012, pour un objectif de 1243 TWh (baisse d'environ 30% par rapport à 2012). Cette consommation atteint 1300 TWh en 2050 avec les mesures existantes (contre un objectif de baisse de 50% de la consommation d'énergie finale fixé dans le code de l'énergie).

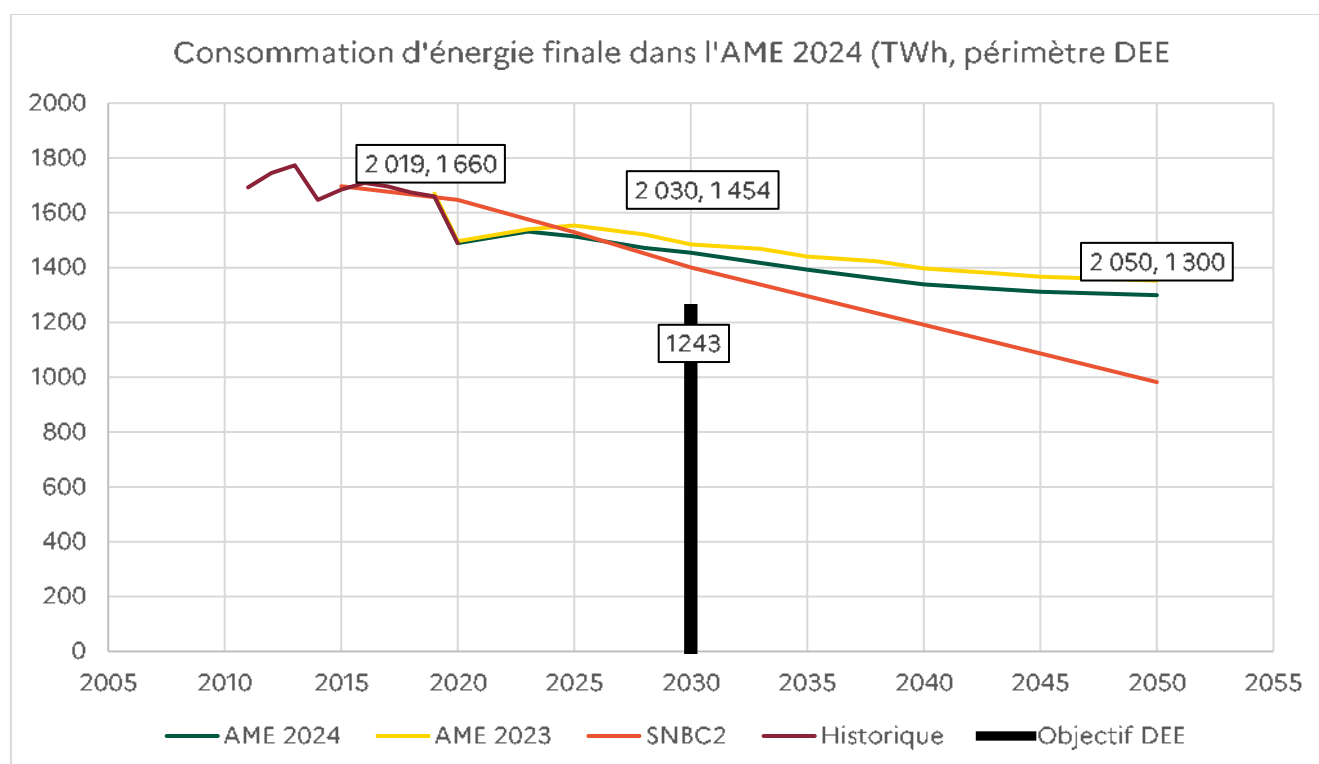


Figure 67. Evolution de la consommation finale d'énergie en AME 2024, AME 2023 et SNBC2. Le périmètre de cette directive couvre les consommations finales à usages énergétiques (exclut les consommations à usages non-énergétiques) ainsi que les soutes aériennes, mais exclut les soutes maritimes et l'énergie ambiante (chaleur dans l'environnement pour les pompes à chaleur).

2) CONSOMMATION ET PRODUCTION DE BIOMASSE

La disponibilité de la biomasse est un paramètre dimensionnant très fort pour l'atteinte de la neutralité carbone. L'enjeu est moins fort pour un scénario AME, dans lequel le niveau de décarbonation est moins important, que dans un scénario AMS, où de nombreux secteurs mobilisent de la biomasse pour se décarboner (biocarburants, bois-énergie, construction-rénovation, biogaz...).

Les niveaux de demande sont issus des bilans de l'énergie. La disponibilité de la biomasse forestière est tirée du calculateur forêt-bois utilisé pour la modélisation du secteur forestier. La disponibilité de la biomasse agricole est tirée des sorties du modèle Solagro.

Il apparaît de cette analyse que l'écart d'environ -0,5 TWh constaté en 2020 s'estompe progressivement jusqu'à devenir excédentaire en 2050 à +27TWh. En comparaison, l'AMS 2018, qui repose beaucoup plus sur l'usage de la biomasse, est déficitaire en 2050 à hauteur de -32,56TWh. Il convient toutefois de noter que le scénario AME 2023 fait l'hypothèse d'un solde commercial nul en termes de biomasse, alors qu'en réalité, le solde importateur progresse depuis 2015, s'établissant en 2019 à 13,4TWh (source : bilans SDES). Ceci explique notamment pourquoi le bouclage est assuré en 2022 malgré le solde légèrement déficitaire.

Bouclage biomasse (TWh)	2022	2030	2040	2050
Consommation de biomasse	199.9	191.9	186.8	187.4
Production de biomasse (TWhEp)	207.4	226.3	230.6	234.9
Importations	0.0	0.0	0.0	0.0
Exportations	7.5	34.4	43.9	47.5

Ressources biomasse (TWhEf)	2022	2030	2040	2050
Biomasse forestière	104,9	106,0	105,1	103,2
Biomasse agricole	66,9	73,0	79,0	81,9
Déchets	4,8	5,9	8,4	10,1
Total	176,6	184,8	192,4	195,2

Tableau 113: Evolution de la production et de la consommation de biomasse dans l'AME 2024.

3) CONSOMMATION D'ELECTRICITE

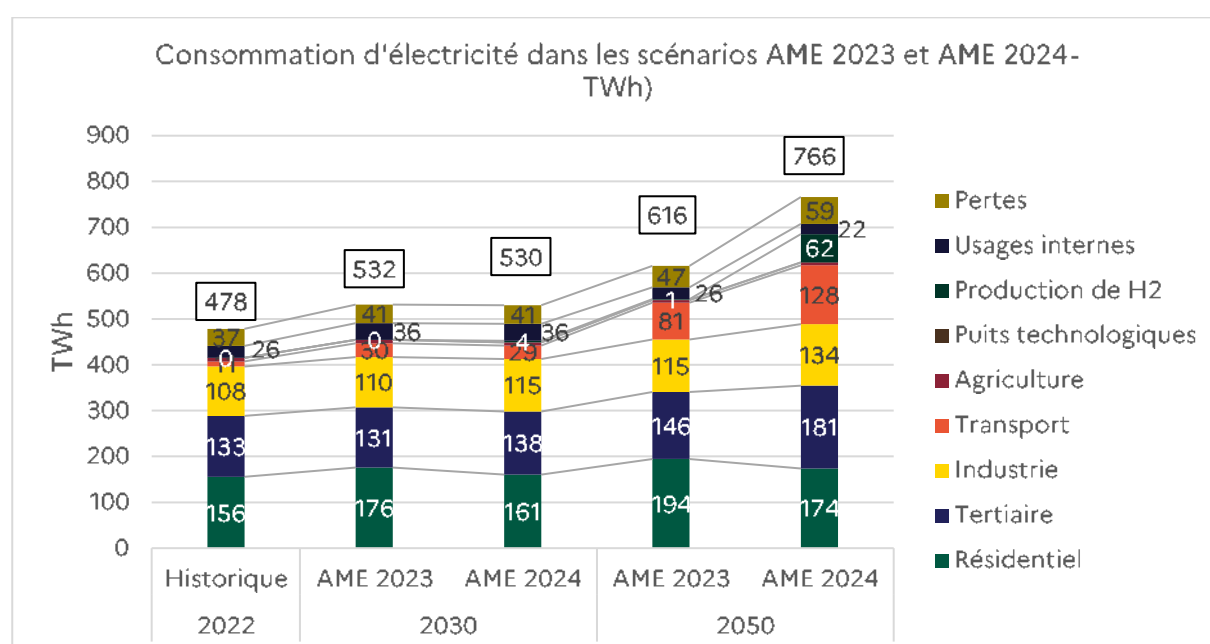


Figure 68 : Evolution de la consommation d'électricité en AME 2023 et AME 2024. Bilans énergétiques SDES 2022, Modélisations DGEC.

Concernant la consommation d'électricité par secteur :

- A horizon 2030, elle globalement la même que dans l'AME 2023, avec une légère hausse dans l'industrie (électrification, réindustrialisation, cf. secteur Industrie) et dans le tertiaire (hypothèse plus prudentes sur l'application du dispositif éco-énergie tertiaire, cf. secteur Bâtiments) et une baisse dans les bâtiments résidentiels (intégration de nouvelles mesures, prise en compte des données historiques, cf. secteur bâtiments)
- A horizon 2050, l'AME 2024 fait l'hypothèse de consommations d'électricité beaucoup plus élevées que dans l'AME 2023: 150 TWh de plus du fait d'hypothèses ambitieuses de production de H2 (notamment pour la production de e-fuel due à la prise en compte du nouveau Règlement ReFuelEU Aviation), du rehaussement significatif du nombre de véhicules électriques (suite à la révision du Règlement (UE) sur les seuils d'émissions de CO2 des véhicules neufs), de la réindustrialisation, de la prise en compte plus prudent du dispositif éco-énergie tertiaire. Le seul secteur où la consommation d'électricité baisse par rapport à l'AME 2023 en 2050 est le secteur des bâtiments résidentiel (intégration de nouvelles mesures, prise en compte des données historiques, cf. secteur bâtiments)

L. Trajectoire d'émissions de gaz à effet de serre

1) DYNAMIQUE DES TRAJECTOIRES D'EMISSIONS

Les émissions de GES sont calculées par le CITEPA sur la base des bilans de l'énergie et des données sectorielles. Les trajectoires GES sont cohérentes avec la méthode de calcul de l'inventaire rapporté en 2024 (2022 étant la dernière année de cet inventaire).

Tableau 114. Emissions de gaz à effet de serre en AME 2024 (ktCO₂e, périmètre Kyoto)

<i>Emissions de CO₂e (Mt/an) Périmètre : Kyoto</i>	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Industrie de l'énergie	43.1	35.8	30.1	29.9	29.4	29.2	28.7
Industrie manufacturière et construction	71.0	67.8	61.2	60.1	59.3	58.4	62.1
Traitement centralisé des déchets	14.4	13.9	12.4	11.0	10.0	9.1	8.4
Usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires	61.7	52.9	43.7	38.4	34.8	32.1	29.6
Agriculture	74.2	72.6	69.8	67.6	65.3	63.1	60.8
Transports	131.2	123.5	109.0	88.6	64.9	47.7	40.4
<i>Transport hors total</i>	17.9	23.6	23.3	21.0	19.3	19.0	16.9
TOTAL national hors UTCATF	395.7	366.4	326.2	295.5	263.7	239.6	229.9
UTCATF	-18.5	-11.8	-6.5	-6.9	-5.3	-4.4	-3.6
TOTAL national avec UTCATF	377.2	354.6	319.7	288.6	258.5	235.2	226.4

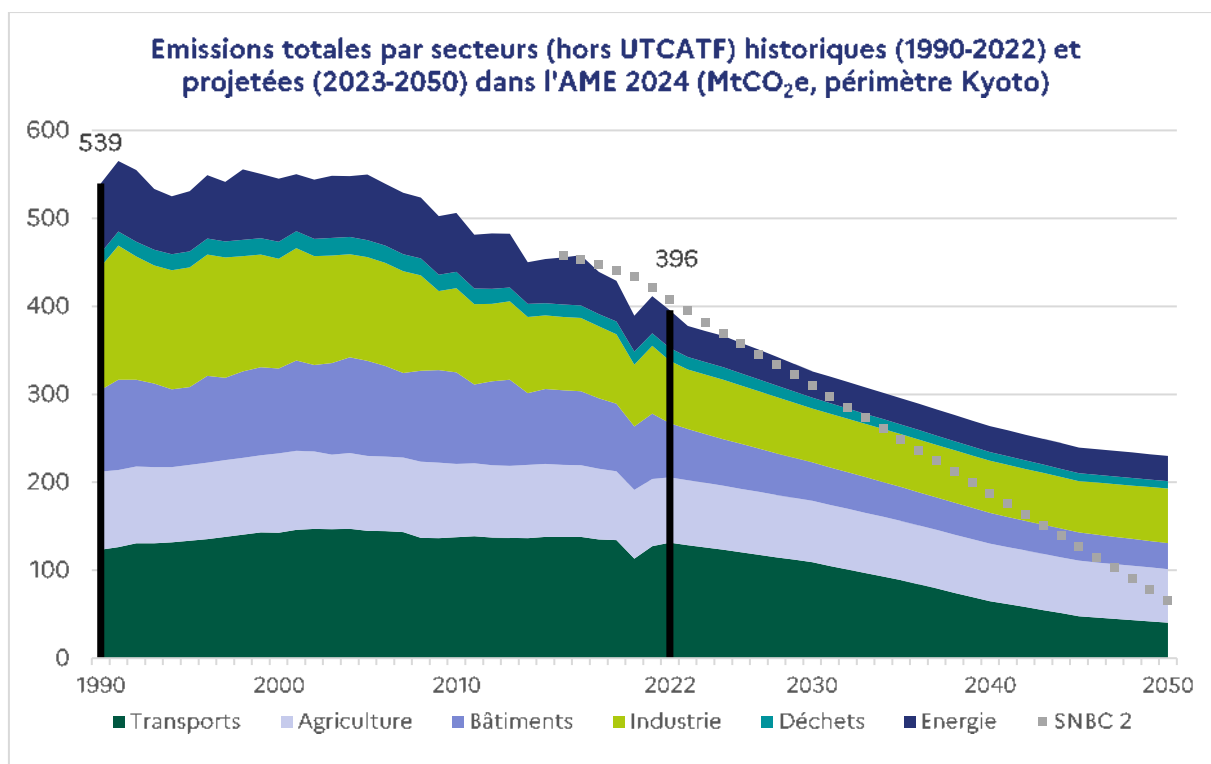


Figure 69. Projections d'émissions hors LULUCF dans les différents scénarios (MtCO₂e, périmètre Kyoto, AR4)

L'AME 2024 atteint 326 MtCO₂e en 2030, soit une réduction des émissions brutes de 39,5% comparé à 1990. Cela signifie que, dans un scénario théorique où aucune nouvelle mesure climatique ne serait adoptée après le 31 décembre 2023, les émissions continueraient de baisser jusqu'à -39,5 % en 2030 par rapport à 1990, sous l'effet des politiques et mesures déjà adoptées et de l'évolution de facteurs exogènes.

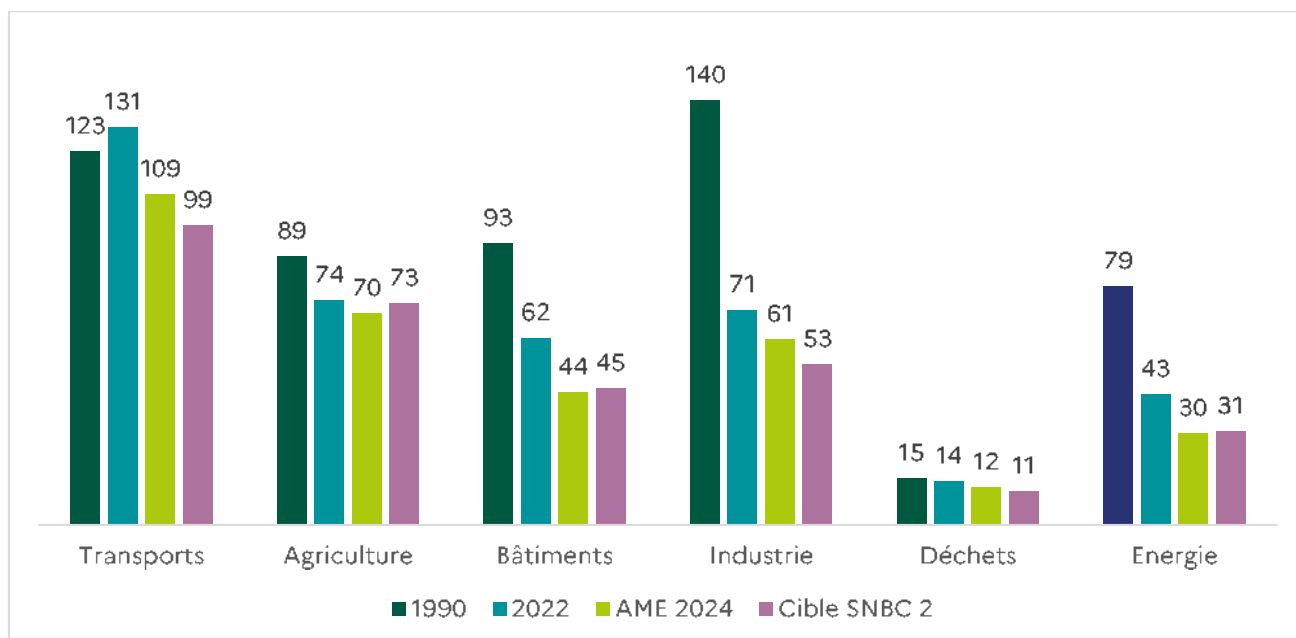


Figure 70. Répartition de l'effort par secteur. Emissions annuelles domestiques de GES réalisées en 1990 et 2022. Horizon 2030 : AME 2024 et SNBC 2 (MtCO₂e, périmètre Kyoto)

L'ensemble des secteurs baisse ses émissions dans le scénario AME 2024 entre aujourd'hui et 2030.

A l'horizon 2050, les émissions hors UTCATF sont de 230 MtCO₂e. Les émissions nettes (avec UTCATF) sont de 226 MtCO₂e en 2050, soit une réduction de 57 % par rapport aux émissions de 1990.

2) COMPARAISON AVEC LES PRECEDENTS SCENARIOS AME

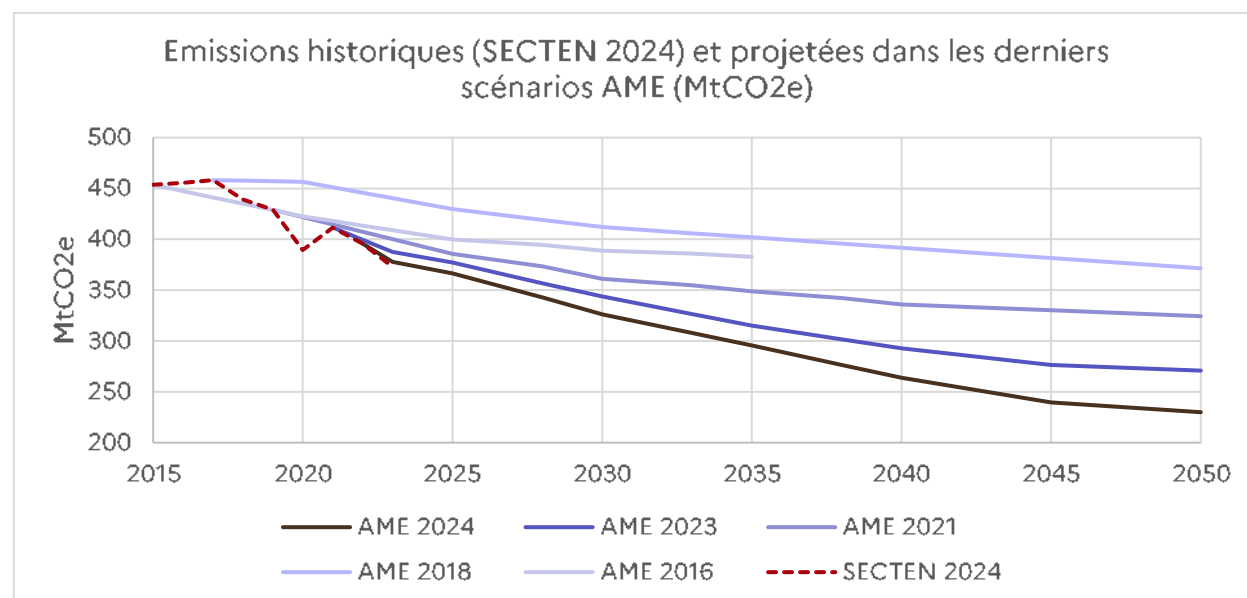


Figure 71. Emissions historiques et projetées en AME (MtCO₂e). Les projections des précédents AME sont rebasées sur les données du dernier inventaire SECTEN.

La baisse des émissions brutes dans l'AME 2024 est légèrement plus importante que dans l'AME 2023 qui atteignait -37 % d'émissions brutes en 2030 par rapport à 1990.

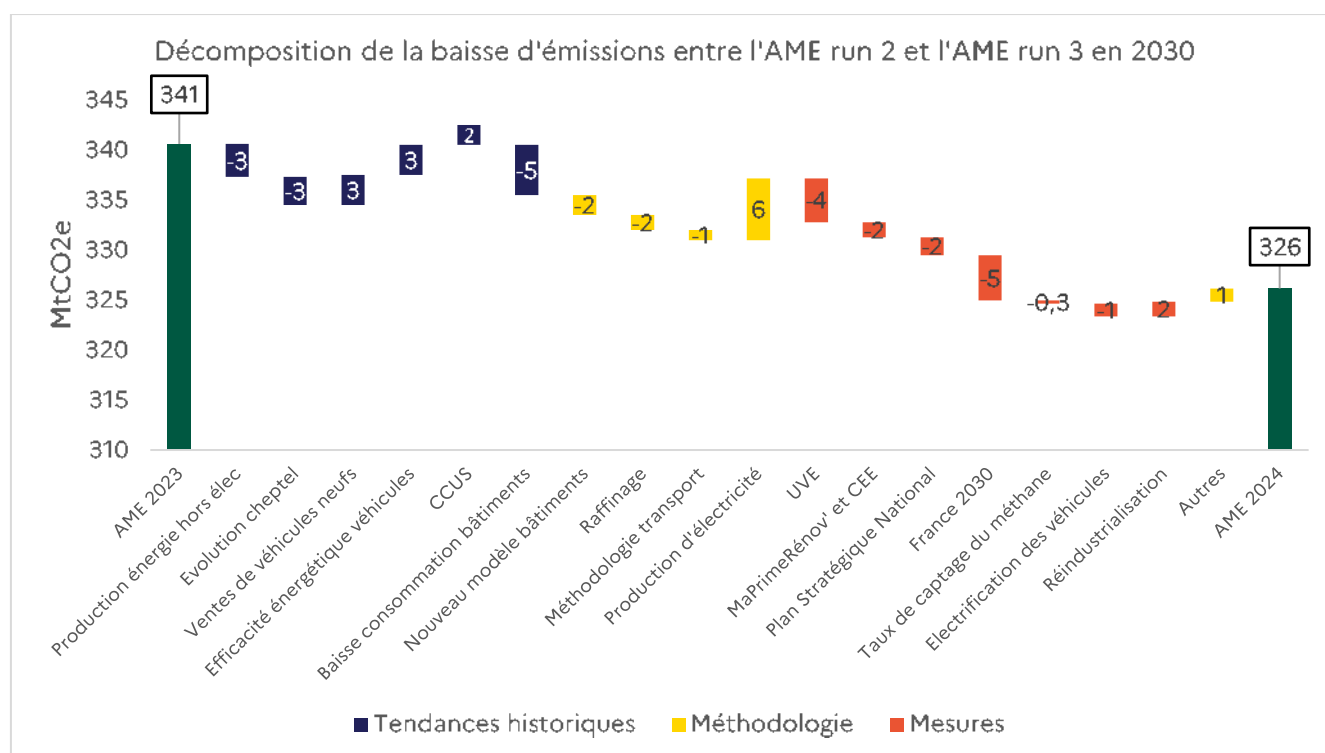


Figure 72. Décomposition de la baisse d'émissions entre l'AME 2023 et l'AME 2024 en 2030. Les projections de l'AME 2023 sont rebasées sur le dernier inventaire SECTEN.

Le graphique ci-dessus montre la décomposition de l'évolution des émissions en 2030 entre l'AME 2023 et l'AME 2024, en répartissant les évolutions en trois catégories détaillées en section IV : celles issues de l'actualisation d'hypothèses sur la base de nouvelles données ou tendances historiques, celles issues de changements méthodologiques, et celles issues de la prise en compte des nouvelles politiques et mesures. Les barres représentent l'effet de chacune des modifications entre l'AME 2023 et l'AME 2024 détaillées dans le tableau de la section IV. Ainsi, ce graphique montre que les politiques et mesures prises depuis l'AME 2023 (entre le 1^{er} janvier 2022 et le 31 décembre 2023) expliquent la majorité de la baisse d'émissions en 2030 entre l'AME 2023 et l'AME 2024. La modification de la méthodologie a un impact limité sur l'explication de la réduction des émissions en 2030, les modifications dans le secteur des bâtiments étant environ compensée par d'autres dans le secteur de l'énergie. De même, la prise en compte des dernières données historiques n'a qu'un effet léger à la hausse pour les émissions.

3) ATTEINTE DES OBJECTIFS DE REDUCTION D'EMISSIONS

Le scénario AME 2024 atteint une réduction de -39,5 % des émissions de GES brutes par rapport à 1990. C'est très proche de de l'objectif de -40% brut (hors UTCATF) en 2030 (objectif actuel fixé dans la loi au L100-4 du code de l'énergie, sans prise en compte du rehaussement de l'ambition acté au niveau européen dans la future SNBC 3). Enfin, c'est 17 MtCO₂e au-dessus de l'objectif de la SNBC 2 (ajusté à l'inventaire 2024) qui atteignait -42 % d'émissions brutes par rapport à 1990 et 56 MtCO₂e au-dessus de l'objectif futur de 270 MtCO₂e de la SNBC 3 correspondant à une réduction de 50% des émissions brutes par rapport à 1990.

Il est nécessaire de rappeler que ce scénario est conservateur dans ses hypothèses, et vise plutôt à décrire une trajectoire prudente d'émissions de gaz à effet de serre future, en évaluant avec réserve l'effet des mesures existantes et en ne prenant pas en compte les mesures en cours d'instruction.

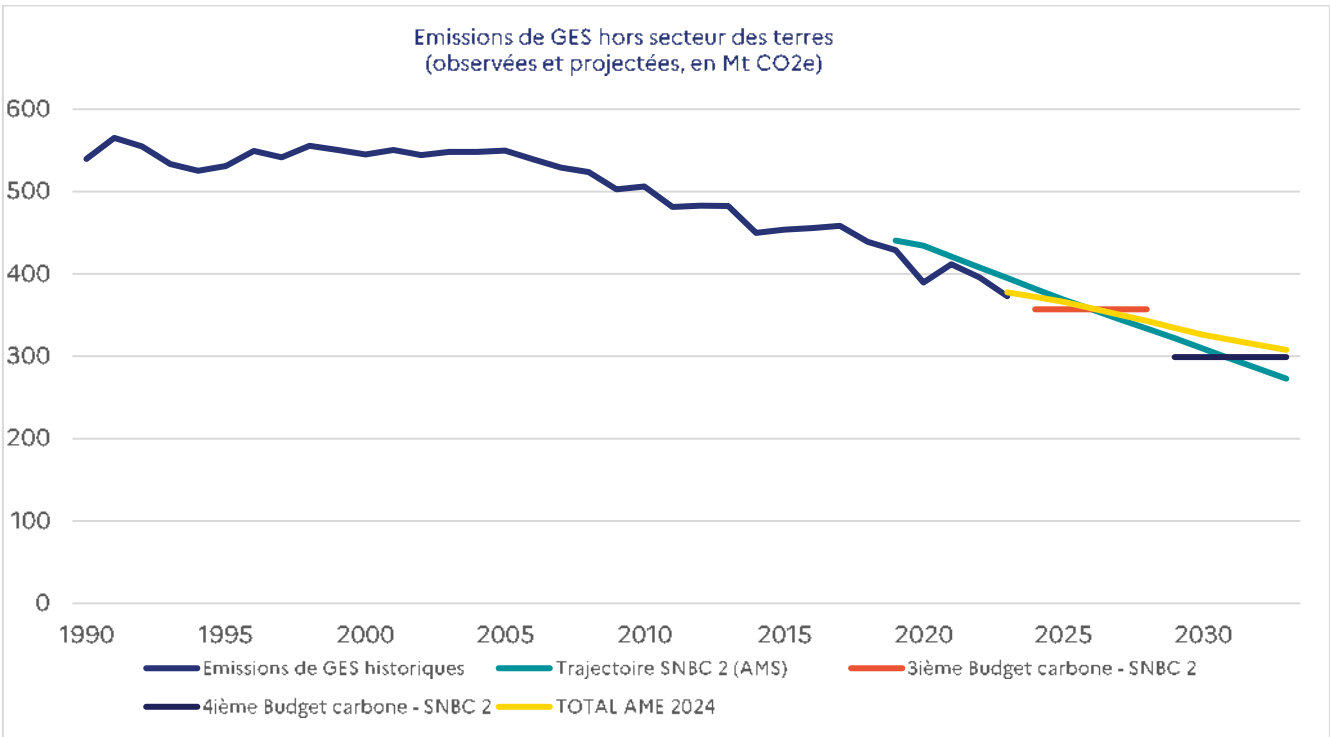
De plus, les projections d'émissions de GES comportent une marge importante d'incertitude (cf. partie suivante), et l'AME est un scénario théorique, qui permet d'éclairer la décision publique et donne des informations sur l'effet des politiques actuelles, mais ne constitue en aucun cas une prévision de la trajectoire d'émissions de gaz à effet de serre future. Dans les prochaines années, de nouvelles politiques climatiques permettront certainement d'infléchir la trajectoire à très court terme et de se rapprocher des objectifs visés.

La trajectoire de l'AME 2024 :

- Permet de respecter le second budget carbone : la seule année modélisée sur la période 2019-2023 est l'année 2023, dont le total est légèrement plus haut que la première estimation du Citepa dans le rapport SECTEN 2024 (378 MtCO₂e vs. 372 MtCO₂e)
- Est très proche du respect du 3^{ème} budget carbone
- Manque le 4^{ème} budget carbone de 20 MtCO₂e/an

Tableau 115. Comparaison des émissions annuelles moyennes des budgets carbone de la SNBC 2⁴² avec l'AME 2024

	Objectif	AME 2024	Ecart
2ème budget carbone (2019 - 2023)	420	401	-19
3ème budget carbone (2024 - 2028)	357	358	1
4ème budget carbone (2029 - 2033)	299	320	21



⁴² Budgets carbone ajustés techniquement en 2024 conformément au Code de l'environnement (Article D. 222-1-B)

Figure 73. Projections d'émissions hors LULUCF dans les différents scénarios et respect des budgets carbone (MtCO₂e, périmètre Kyoto, AR4)

A l'horizon 2050, le niveau d'émissions atteint par l'AME 2024 est loin de l'objectif de division par au moins six des émissions à cet horizon fixé à l'article L100-4 du code de l'énergie (soit un maximum de 90 MtCO₂e) et de la neutralité carbone. Cet écart avec l'objectif de long terme est principalement dû à deux raisons :

- d'une part, les mesures existantes influent principalement sur les trajectoires de très court terme. Il n'est pas étonnant que toutes les mesures pour atteindre les objectifs de moyen et long terme n'aient pas encore été prises aujourd'hui, de nouvelles politiques et mesures seront adoptées dans les prochaines décennies pour accentuer la trajectoire de baisses d'émissions ;
- d'autre part, l'estimation des effets des mesures est plus incertain à long terme. Comme évoqué dans la partie « incertitudes », le choix est fait dans l'AME d'estimer les effets des politiques publiques de façon conservatrice, et ce d'autant plus en cas de fortes incertitudes, afin de montrer une trajectoire future prudente.

Les transformations structurelles pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 nécessitent donc des mesures supplémentaires à celles déjà adoptées.

4) INCERTITUDES DE LA TRAJECTOIRE

Les trajectoires de consommation d'énergie et d'émissions de GES sont dépendantes des hypothèses retenues et comportent différentes sources d'incertitudes. Plusieurs sources d'incertitudes existent :

- Les incertitudes existantes sur les données historiques (bilans énergétiques du SDES et inventaires d'émissions SECTEN publiés par le CITEPA). Pour l'inventaire des émissions de GES SECTEN, l'incertitude totale calculée sur les émissions GES est de 6,2 % (en incluant l'UTCATF) en 2022.
- Les modèles utilisés pour établir la trajectoire comportent également des sources d'incertitudes (elles peuvent provenir de la calibration des paramètres ou de la structure interne du modèle). Une manière de quantifier des incertitudes liées aux modèles est d'utiliser plusieurs modèles pour étudier leurs différences de résultats. Cet exercice n'a pas été fait dans le cadre de l'AME 2024.
- L'effet des politiques et mesures retenues dans le scénario pour alimenter les modèles sectoriels sont également incertaines et peuvent influencer les trajectoires en fonction de la calibration des hypothèses sectorielles associées. Etant donné la difficulté d'estimer les incertitudes pour chaque paramètre et hypothèse, la démarche de l'AME est de retenir volontairement des estimations conservatrices afin de montrer un scénario prudent sur les trajectoires à venir
- Les incertitudes peuvent également provenir du cadrage macro-économique du scénario (évolution de la population, évolution de la croissance économique, niveaux de production industriels, population active, prix de l'énergie). Pour le scénario AME 2024, une analyse de sensibilité est menée sur les composantes du cadrage macro-économique pour estimer l'effet des incertitudes de cadrage sur le scénario

Une analyse de sensibilité sur les composantes du cadrage macro-économique est menée pour estimer l'effet des incertitudes de cadrage sur le scénario. **Deux scénarios alternatifs, « haut » et « bas », sont construits autour du scénario central.** Le scénario « haut » reprend le cadrage de population « haut » des projections de population publiées par l'INSEE en 2021 (projection « basse »

pour le scénario « bas »). En raison d'hypothèses différentes sur l'évolution de l'espérance de vie, du solde migratoire et de la fécondité, la population atteint 74,7 millions d'habitants en 2050 dans le scénario haut, 63,9 millions dans le scénario bas (contre 67,8 millions dans le scénario central). Pour cadrer l'évolution de la croissance économique, on calcule l'écart type des 4 précédents scénarios de référence de la Commission européenne pour chaque point temporel. Les scénarios « haut » et « bas » sont respectivement définis à +/- un écart-type du scénario central (soit +50% de PIB en 2050 dans le scénario haut par rapport à 2018, contre +33% dans le scénario « bas » et +41% dans le scénario central). On ne considère pas d'évolution de la part des différentes branches dans la VA par rapport au scénario central.

Les incertitudes de cadrage ont des influences croisées sur les modèles sectoriels. Les influences les plus impactantes concernent **l'évolution de la construction neuve** (dépendante de la population), **l'évolution des productions industrielles diffuses** (dépendantes de la croissance économique), **l'évolution des productions industrielles des principaux matériaux** (dépendantes de la construction et de la population), **l'évolution du trafic routier et marchandises**, **l'évolution des consommations de chauffage du tertiaire** (dépendantes de la population active et du PIB) et du résidentiel (dépendantes de la population), ainsi que **l'évolution des productions d'énergie**. Le graphique ci-dessous présente les principales composantes de l'incertitude de cadrage dans le scénario « haut » et « bas » pour l'AME 2024.

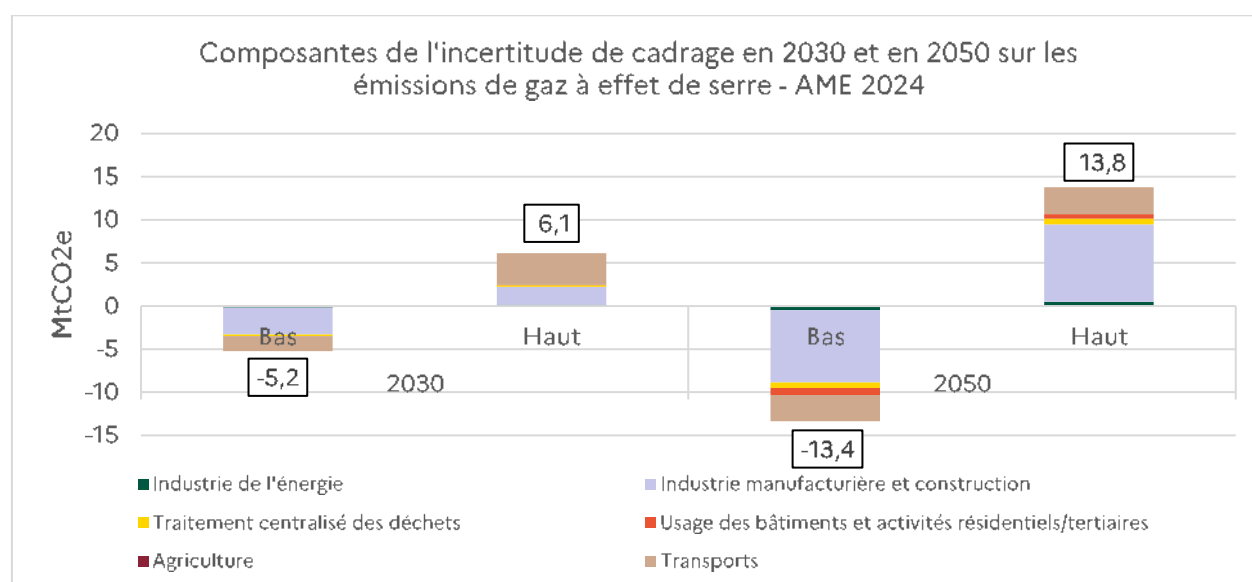


Figure 74. Estimation de l'impact des incertitudes de cadrage sur les émissions de GES du scénario AME 2024 en 2030 et en 2050 dans un scénario « haut » et un scénario « bas ».

L'impact des incertitudes de cadrage sur les émissions à horizon 2030 est limité à +/- 5-6 MtCO₂e (soit environ 2%). Les plus grosses incertitudes sont dans le secteur du transport de marchandises et de l'industrie (dépendantes de l'évolution de la croissance économique). **A plus long terme, les incertitudes de cadrage atteignent +/-13MtCO₂e (soit environ 6%), en raison de l'accroissement de l'écart des projections entre les bornes basses et hautes.** Les secteurs les plus influencés à long terme sont l'industrie (principalement en raison de l'évolution de la construction neuve) et des transports. L'impact est limité dans le résidentiel, puisque les logements neufs ont de meilleures normes écologiques et consomment donc peu d'énergies fossiles. Au-delà des émissions GES, l'impact des incertitudes de cadrage est non négligeable sur la consommation d'électricité. A horizon 2030, la consommation d'électricité varie de +/- 10 TWh autour du scénario central en fonction du scénario retenu. **L'écart est plus élevé en 2050, avec +/- 35TWh de consommation d'électricité** dépendante uniquement du cadrage socio-économique retenu.

Annexe 1. Emissions de GES (format SECTEN)

Tableau 116. Emissions de GES du scénario AME 2024, périmètre Kyoto, MtCO2e

<i>Emissions de CO2e (Mt/an)</i> <i>Périmètre : Hexagone</i>	2022	2025	2030	2035	2040	2050
Industrie de l'énergie	43.1	35.8	30.1	29.9	29.4	28.7
Industrie manufacturière et construction	71.0	67.8	61.2	60.1	59.3	62.1
Traitement centralisé des déchets	14.4	13.9	12.4	11.0	10.0	8.4
Usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires	61.7	52.9	43.7	38.4	34.8	29.6
Agriculture	74.2	72.6	69.8	67.6	65.3	60.8
Transports	131.2	123.5	109.0	88.6	64.9	40.4
<i>Transport hors total</i>	17.9	23.6	23.3	21.0	19.3	16.9
TOTAL national hors UTCATF	395.7	366.4	326.2	295.5	263.7	229.9
UTCATF	-18.5	-11.8	-6.5	-6.9	-5.3	-3.6
TOTAL national avec UTCATF	377.2	354.6	319.7	288.6	258.5	226.4

Annexe 2. Bilans de l'énergie (périmètre hexagone + DROM)

2025

TWh	Charbon	Pétrole brut	Produits pétroliers raffinés	Carburants synthétiques	Gaz naturel	Gaz synthétique	Nucléaire	EnR électriques	EnR thermiques et déchets						Électricité	Chaleur vendue	Hydrogène	Total
									Biomasse solide	Déchets	Biocarburants	Gaz renouvelable	Chaleur de l'environnement	Solaire thermique et géothermie				
Production d'énergie primaire	0	9.5	0	0	0.2	0	1177.1	152.1	206.4	36.3	0.3	0.1	59.6	7.3	0	0	0	1649.0
Importations	52.4	488.2	293.1	0	349.2	0	0	0	4.6	0	6.2	13.6	0	0	0	0	0	1207.3
Exportations	0	0	-1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-94.0	0	0	-95.2
Soutes maritimes internationales	0	0	-14.8	0	-2.6	0	0	0	0	0	-0.4	-0.3	0	0	0	0	0	-18.1
Soutes aériennes internationales	0	0	-86.0	0	0	0	0	0	0	0	-1.6	0	0	0	0	0	0	-87.6
Variations de stocks (+ = déstockage, - = stockage)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total approvisionnement / consommation primaire	52.4	497.7	191.1	0	346.8	0	1177.1	152.1	211.0	36.3	4.5	13.5	59.6	7.3	-94.0	0	0	2655.5
Écart statistique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité	3.2	0	9.5	0	50.7	0	1177.1	152.1	28.9	9.0	2.6	6.0	0	1.1	-589.3	0	0	850.8
Production de chaleur	0.1	0	0	0	16.9	0	0	0	16.3	14.8	0	2.9	0	2.8	0	-48.2	0	5.6
Production de gaz renouvelable	0	0	0	0	0	0	0	0	15.1	3.7	0	-9.4	0	0	0	0	0	9.4
Production de gaz de synthèse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raffinage de pétrole	0	515.9	-510.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.1
Production de biocarburants	0	0	0	0	0	0	0	0	64.8	7.3	-39.7	0	0	0	0	0	0	32.4
Production d'e-fuels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'hydrogène	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0	0.0	0.0
Autres transformations, transferts	29.3	-18.1	23.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.0
Usages internes de la branche énergie	11.4	0	17.8	0	4.8	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	36.9	0	0	71.2
Pertes de transport et de distribution	0	0	0	0	3.2	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	37.9	3.7	0	45.0
Consommation nette de la branche énergie	44.0	497.7	-459.7	0	75.6	0	1177.1	152.1	125.2	34.7	-37.1	-0.1	0	3.9	-514.5	-44.5	0.0	1054.6
Industrie	8.5	0	26.5	0	99.1	0	0	0	17.4	1.6	1.1	5.2	0.0	0.0	107.2	20.3	0.0	286.8
Transport	0	0	428.8	0	4.4	0	0	0	0	0	38.7	0.2	0	0	15.3	0	0.0	487.3
Résidentiel	0	0	30.3	0	97.0	0	0	0	67.5	0	0	5.0	46.0	2.0	156.1	14.5	0	418.4
Tertiaire	0	0	22.4	0	58.1	0	0	0	0.2	0.0	0	3.0	13.6	1.3	134.2	9.7	0	242.5
Agriculture	0	0	37.9	0	2.5	0	0	0	0.7	0	1.9	0.1	0	0.1	7.7	0	0	50.8
Puits technologiques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation finale énergétique	8.5	0	545.8	0	261.0	0	0	0	85.8	1.6	41.6	13.6	59.6	3.4	420.5	44.5	0.0	1485.8
Consommation finale non énergétique	0	0	105.0	0	10.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115.2
Consommation finale	8.5	0	650.8	0	271.2	0	0	0	85.8	1.6	41.6	13.6	59.6	3.4	420.5	44.5	0.0	1600.9

2030

TWh	Charbon	Pétrole brut	Produits pétroliers raffinés	Carburants synthétiques	Gaz naturel	Gaz synthétique	Nucléaire	EnR électriques	EnR thermiques et déchets						Électricité	Chaleur vendue	Hydrogène	Total
									Biomasse solide	Déchets	Biocarburants	Gaz renouvelable	Chaleur de l'environnement	Solaire thermique et géothermie				
Production d'énergie primaire	0	9.5	0	0	0.2	0	1160.1	202.4	226.3	39.8	0.4	0.1	75.8	9.5	0	0	0	1724.2
Importations	31.6	487.5	203.4	0	336.1	0	0	0	3.2	0	4.7	13.6	0	0	0	0	0	1080.1
Exportations	0	0	-1.3	-0.5	0	0	0	0	-16.1	0	0	0	0	0	-100.9	0	0	-118.7
Soutes maritimes internationales	0	0	-12.5	0.0	-2.2	-0.2	0	0	0	0	-0.7	-0.6	0	0	0	0	0.0	-16.2
Soutes aériennes internationales	0	0	-85.2	-0.6	0	0	0	0	0	0	-4.3	0	0	0	0	0	0	-90.1
Variations de stocks (+ = déstockage, - = stockage)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total approvisionnement / consommation primaire	31.6	497.0	104.4	-1.1	334.2	-0.2	1160.1	202.4	213.4	39.8	0.1	13.1	75.8	9.5	-100.9	0	0.0	2579.3
Écart statistique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité	0.7	0	5.5	0	48.9	0	1160.1	202.4	27.0	7.6	2.3	5.8	3.2	-631.9	0	0	0	831.6
Production de chaleur	0	0	0	0	15.6	0	0	0	15.4	14.5	0	2.7	0	2.7	0	-46.0	0	4.8
Production de gaz renouvelable	0	0	0	0	0	0	0	0	21.5	8.7	0	-15.1	0	0	0	0	0	15.1
Production de gaz de synthèse	0	0	0	0	0	-0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.2
Raffinage de pétrole	0	515.1	-510.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.1
Production de biocarburants	0	0	0	0	0	0	0	0	64.4	7.3	-39.4	0	0	0	0	0	0	32.3
Production d'e-fuels	0	0	0	-1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0.4
Production d'hydrogène	0	0	0	0	3.2	0	0	0	0	0.1	0	0.2	0	0	3.6	0	-4.8	2.3
Autres transformations, transferts	18.4	-18.1	23.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.1
Usages internes de la branche énergie	7.2	0	17.7	0	4.7	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	36.4	0	0	66.3
Pertes de transport et de distribution	0	0	0	0	3.1	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	40.7	3.6	0	47.6
Consommation nette de la branche énergie	26.2	497.0	-463.0	-1.1	75.4	-0.2	1160.1	202.4	128.5	38.2	-37.2	-5.9	0	5.9	-551.2	-42.5	-3.3	1029.4
Industrie	5.4	0	24.0	0	100.5	0	0	0	21.2	1.6	1.1	7.7	0.0	0.0	114.5	19.1	3.1	298.1
Transport	0	0	373.3	0.0	6.6	0	0	0	0	0	34.4	0.5	0	0	29.0	0	0.1	443.9
Résidentiel	0	0	15.4	0	88.5	0	0	0	62.5	0	0	6.7	57.7	2.3	161.5	13.8	0	408.5
Tertiaire	0	0	19.0	0	50.8	0	0	0	0.2	0.0	0	3.9	18.1	1.3	138.0	9.5	0	241.0
Agriculture	0	0	36.3	0	2.2	0	0	0	0.9	0	1.8	0.2	0	0.1	7.3	0	0	48.7
Puits technologiques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation finale énergétique	5.4	0	467.9	0.0	248.6	0	0	0	84.9	1.6	37.2	18.9	75.8	3.6	450.3	42.5	3.3	1440.2
Consommation finale non énergétique	0	0	99.5	0	10.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109.6
Consommation finale	5.4	0	567.4	0.0	258.7	0	0	0	84.9	1.6	37.2	18.9	75.8	3.6	450.3	42.5	3.3	1549.8

2035

TWh	Charbon	Pétrole brut	Produits pétroliers raffinés	Carburants synthétiques	Gaz naturel	Gaz synthétique	Nucléaire	EnR électriques	EnR thermiques et déchets						Électricité	Chaleur vendue	Hydrogène	Total
									Biomasse solide	Déchets	Biocarburants	Gaz renouvelable	Chaleur de l'environnement	Solaire thermique et géothermie				
Production d'énergie primaire	0	4.8	0	0	0.1	0	1143.2	252.7	228.4	40.7	0.5	0.2	89.2	9.5	0	0	0	1769.3
Importations	32.0	491.6	96.6	0	336.4	0	0	0	4.2	0	7.1	10.7	0	0	0	0	0	978.6
Exportations	0	0	-1.6	-2.9	0	0	0	0	-19.4	0	0	0	0	0	-90.9	0	0	-114.8
Soutes maritimes internationales	0	0	-10.1	-0.5	-1.7	-0.5	0	0	0	0	-0.9	-0.9	0	0	0	0	-0.1	-14.8
Soutes aériennes internationales	0	0	-69.3	-3.8	0	0	0	0	0	0	-11.5	0	0	0	0	0	-0.1	-84.6
Variations de stocks (+ = déstockage, - = stockage)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total approvisionnement / consommation primaire	32.0	496.3	15.6	-7.2	334.7	-0.5	1143.2	252.7	213.2	40.7	-4.7	10.0	89.2	9.5	-90.9	0	-0.2	2533.7
Écart statistique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité	0.7	0	6.3	0	47.8	0	1143.2	252.7	26.7	7.1	2.9	5.7	3.2	-677.7	0	0	0	818.6
Production de chaleur	0	0	0	0	15.1	0	0	0	14.8	14.0	0	2.6	2.6	0	-44.6	0	0	4.4
Production de gaz renouvelable	0	0	0	0	0	0	0	0	25.7	10.5	0	-18.1	0	0	0	0	0	18.1
Production de gaz de synthèse	0	0	0	0	0	-0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.5
Raffinage de pétrole	0	514.3	-509.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.1
Production de biocarburants	0	0	0	0	0	0	0	0	63.3	7.3	-38.8	0	0	0	0	0	0	31.8
Production d'e-fuels	0	0	0	-7.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.5	3.0
Production d'hydrogène	0	0	0	0	10.2	0	0	0	0	0.2	0	0.8	0	0	11.2	0	-15.3	7.1
Autres transformations, transferts	18.6	-18.0	23.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.3
Usages internes de la branche énergie	7.2	0	17.7	0	4.7	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	36.0	0	0	66.0
Pertes de transport et de distribution	0	0	0	0	3.1	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	44.9	3.5	0	51.7
Consommation nette de la branche énergie	26.5	496.3	-461.6	-7.5	80.8	-0.5	1143.2	252.7	130.5	39.1	-35.9	-8.5	0	5.8	-585.5	-41.1	-4.8	1029.5
Industrie	5.5	0	22.8	0	100.6	0	0	0	22.3	1.5	1.1	7.6	0.0	0.0	118.5	18.8	4.2	303.1
Transport	0	0	298.9	0.3	7.7	0	0	0	0	0	28.2	0.6	0	0	56.2	0	0.5	392.3
Résidentiel	0	0	6.2	0	84.4	0	0	0	58.9	0	0	6.4	68.1	2.3	167.1	13.0	0	406.5
Tertiaire	0	0	17.4	0	48.7	0	0	0	0.2	0.0	0	3.7	21.1	1.3	145.7	9.3	0	247.6
Agriculture	0	0	35.4	0	2.1	0	0	0	1.2	0	1.8	0.2	0	0.1	7.0	0	0	47.8
Puits technologiques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1
Consommation finale énergétique	5.5	0	380.6	0.3	243.5	0	0	0	82.7	1.5	31.2	18.4	89.2	3.8	494.6	41.1	4.7	1397.2
Consommation finale non énergétique	0	0	96.6	0	10.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107.0
Consommation finale	5.5	0	477.2	0.3	253.9	0	0	0	82.7	1.5	31.2	18.4	89.2	3.8	494.6	41.1	4.7	1504.2

2040

TWh	Charbon	Pétrole brut	Produits pétroliers raffinés	Carburants synthétiques	Gaz naturel	Gaz synthétique	Nucléaire	EnR électriques	EnR thermiques et déchets						Électricité	Chaleur vendue	Hydrogène	Total
									Biomasse solide	Déchets	Biocarburants	Gaz renouvelable	Chaleur de l'environnement	Solaire thermique et géothermie				
Production d'énergie primaire	0	0	0	0	0	0	1181.0	303.0	230.6	41.8	0.7	0.2	98.3	13.7	0	0	0	1869.3
Importations	32.2	495.6	12.8	0	335.8	0	0	0	5.4	0	6.6	8.7	0	0	0	0	0	897.0
Exportations	0	0	-27.0	-5.6	0	0	0	0	-19.5	0	0	0	0	0	-85.5	0	0	-137.5
Soutes maritimes internationales	0	0	-7.2	-1.5	-1.2	-1.5	0	0	0	0	-1.2	-2.0	0	0	0	0	-0.2	-14.7
Soutes aériennes internationales	0	0	-55.7	-8.0	0	0	0	0	0	0	-17.0	0	0	0	0	0	-0.4	-81.2
Variations de stocks (+ = déstockage, - = stockage)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total approvisionnement / consommation primaire	32.2	495.6	-77.2	-15.0	334.5	-1.5	1181.0	303.0	216.5	41.8	-10.9	6.8	98.3	13.7	-85.5	0	-0.6	2532.9
Écart statistique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité	0.7	0	6.3	0	46.7	0	1181.0	303.0	26.7	6.7	3.8	5.6	0	7.3	-741.8	0	0	846.0
Production de chaleur	0	0	0	0	14.7	0	0	0	14.4	13.7	0	2.5	0	2.5	0	-43.6	0	4.2
Production de gaz renouvelable	0	0	0	0	0	0	0	0	29.8	12.3	0	-21.0	0	0	0	0	0	21.0
Production de gaz de synthèse	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.5
Raffinage de pétrole	0	513.6	-508.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.1
Production de biocarburants	0	0	0	0	0	0	0	0	62.2	7.3	-38.2	0	0	0	0	0	0	31.3
Production d'e-fuels	0	0	0	-15.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.7	6.1
Production d'hydrogène	0	0	0	0	18.9	0	0	0	0	0.4	0	1.4	0	0	20.3	0	-28.4	12.6
Autres transformations, transferts	18.8	-17.9	23.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.4
Usages internes de la branche énergie	7.3	0	17.6	0	4.7	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	36.9	0	0	66.9
Pertes de transport et de distribution	0	0	0	0	3.1	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	50.2	3.4	0	57.0
Consommation nette de la branche énergie	26.7	495.6	-461.0	-15.6	88.2	-1.5	1181.0	303.0	133.1	40.3	-34.4	-10.9	0	9.8	-634.3	-40.2	-6.7	1073.2
Industrie	5.5	0	21.6	0	100.7	0	0	0	23.4	1.5	1.1	7.6	0.0	0.0	122.9	18.6	5.2	308.2
Transport	0	0	214.0	0.6	7.9	0	0	0	0	0	20.6	0.6	0	0	89.9	0	0.9	334.4
Résidentiel	0	0	4.3	0	78.3	0	0	0	58.2	0	0	5.9	74.1	2.4	171.9	12.6	0	407.8
Tertiaire	0	0	15.9	0	46.8	0	0	0	0.2	0.0	0	3.5	24.2	1.4	157.1	9.1	0	258.3
Agriculture	0	0	34.4	0	2.0	0	0	0	1.5	0	1.8	0.2	0	0.1	6.7	0	0	46.8
Puits technologiques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.2
Consommation finale énergétique	5.5	0	290.3	0.6	235.8	0	0	0	83.5	1.5	23.6	17.8	98.3	3.9	548.8	40.2	6.1	1355.6
Consommation finale non énergétique	0	0	93.5	0	10.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104.0
Consommation finale	5.5	0	383.7	0.6	246.3	0	0	0	83.5	1.5	23.6	17.8	98.3	3.9	548.8	40.2	6.1	1459.7

2045

TWh	Charbon	Pétrole brut	Produits pétroliers raffinés	Carburants synthétiques	Gaz naturel	Gaz synthétique	Nucléaire	EnR électriques	EnR thermiques et déchets						Électricité	Chaleur vendue	Hydrogène	Total
									Biomasse solide	Déchets	Biocarburants	Gaz renouvelable	Chaleur de l'environnement	Solaire thermique et géothermie				
Production d'énergie primaire	0	0	0	0	0	0	952.0	353.2	232.8	43.8	0.9	0.2	105.6	14.0	0	0	0	1702.5
Importations	32.3	483.3	12.4	0	333.3	0	0	0	6.5	0	5.3	5.4	0	0	0	0	0	878.6
Exportations	0	0	-90.6	-5.6	0	0	0	0	-18.2	0	0	0	0	0	-8.1	0	0	-122.5
Soutes maritimes internationales	0	0	-2.1	-4.3	0	-3.4	0	0	0	0	-1.2	-2.2	0	0	0	0	-1.5	-14.6
Soutes aériennes internationales	0	0	-51.3	-11.3	0	0	0	0	0	0	-19.9	0	0	0	0	0	-1.5	-84.0
Variations de stocks (+ = déstockage, - = stockage)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total approvisionnement / consommation primaire	32.3	483.3	-131.5	-21.2	333.3	-3.4	952.0	353.2	221.1	43.8	-14.9	3.3	105.6	14.0	-8.1	0	-3.1	2359.9
Écart statistique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité	0.7	0	6.8	0	45.8	0	952.0	353.2	26.9	6.3	4.6	5.4	0	7.5	-717.5	0	0	691.7
Production de chaleur	0	0	0	0	14.4	0	0	0	13.9	13.3	0	2.5	0	2.4	0	-42.5	0	3.9
Production de gaz renouvelable	0	0	0	0	0	0	0	0	33.9	14.8	0	-24.4	0	0	0	0	0	24.4
Production de gaz de synthèse	0	0	0	0	0	-3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.4
Raffinage de pétrole	0	500.8	-495.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.0
Production de biocarburants	0	0	0	0	0	0	0	0	61.1	7.3	-37.6	0	0	0	0	0	0	30.7
Production d'e-fuels	0	0	0	-21.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.5	8.6
Production d'hydrogène	0	0	0	0	27.7	0	0	0	0	0.6	0	2.1	0	0	29.0	0	-41.6	17.7
Autres transformations, transferts	18.9	-17.5	23.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.5
Usages internes de la branche énergie	7.4	0	17.1	0	4.6	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	31.5	0	0	60.9
Pertes de transport et de distribution	0	0	0	0	3.1	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	54.3	3.3	0	60.9
Consommation nette de la branche énergie	27.0	483.3	-448.9	-21.9	95.5	-3.4	952.0	353.2	135.7	42.4	-33.0	-13.8	0	10.0	-602.7	-39.2	-11.2	925.1
Industrie	5.3	0	20.5	0	101.0	0	0	0	24.7	1.4	1.2	7.6	0.0	0.0	128.3	18.3	6.2	314.6
Transport	0	0	155.3	0.7	8.0	0	0	0	0	0	15.0	0.6	0	0	115.5	0	1.3	296.6
Résidentiel	0	0	3.3	0	72.0	0	0	0	58.6	0	0	5.4	79.3	2.5	174.2	12.3	0	407.6
Tertiaire	0	0	14.4	0	44.5	0	0	0	0.3	0.0	0	3.3	26.3	1.4	169.9	8.6	0	268.8
Agriculture	0	0	33.5	0	1.9	0	0	0	1.8	0	1.9	0.1	0	0.1	6.5	0	0	45.9
Puits technologiques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.2
Consommation finale énergétique	5.3	0	227.0	0.7	227.5	0	0	0	85.4	1.4	18.1	17.1	105.6	4.0	594.6	39.2	7.6	1333.6
Consommation finale non énergétique	0	0	90.4	0	10.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	101.3
Consommation finale	5.3	0	317.4	0.7	237.8	0	0	0	85.4	1.4	18.1	17.1	105.6	4.0	594.6	39.2	8.1	1434.9

2050

TWh	Charbon	Pétrole brut	Produits pétroliers raffinés	Carburants synthétiques	Gaz naturel	Gaz synthétique	Nucléaire	EnR électriques	EnR thermiques et déchets						Électricité	Chaleur vendue	Hydrogène	Total
									Biomasse solide	Déchets	Biocarburants	Gaz renouvelable	Chaleur de l'environnement	Solaire thermique et géothermie				
Production d'énergie primaire	0	0	0	0	0	0	564.8	403.3	234.9	46.2	1.1	0.2	113.5	14.6	0	0	0	1378.7
Importations	32.2	465.5	12.0	0	355.7	0	0	0	7.4	0	5.9	2.3	0	0	126.6	0	0	1007.5
Exportations	0	0	-135.8	-17.4	0	0	0	0	-16.9	0	0	0	0	0	0	0	0	-170.1
Soutes maritimes internationales	0	0	0	-5.1	0	-3.7	0	0	0	0	-1.3	-2.5	0	0	0	0	-2.0	-14.6
Soutes aériennes internationales	0	0	-25.2	-26.1	0	0	0	0	0	0	-21.6	0	0	0	0	0	-3.8	-76.8
Variations de stocks (+ = déstockage, - = stockage)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total approvisionnement / consommation primaire	32.2	465.5	-149.1	-48.7	355.7	-3.7	564.8	403.3	225.5	46.2	-16.0	0.0	113.5	14.6	126.6	0	-5.8	2124.7
Écart statistique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production d'électricité	0.7	0	6.6	0	44.8	0	564.8	403.3	26.8	6.0	5.3	5.3	0	8.1	-640.4	0	0	431.4
Production de chaleur	0	0	0	0	14.1	0	0	0	13.5	13.0	0	2.4	0	2.4	0	-41.6	0	3.7
Production de gaz renouvelable	0	0	0	0	0	0	0	0	38.0	17.4	0	-27.7	0	0	0	0	0	27.7
Production de gaz de synthèse	0	0	0	0	0	-3.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.7
Raffinage de pétrole	0	482.3	-477.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.8
Production de biocarburants	0	0	0	0	0	0	0	0	59.9	7.3	-37.0	0	0	0	0	0	0	30.2
Production d'e-fuels	0	0	0	-50.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69.7	19.7
Production d'hydrogène	0	0	0	0	57.4	0	0	0	0	1.2	0	4.0	0	0	58.5	0	-86.0	35.2
Autres transformations, transferts	19.1	-16.8	22.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.4
Usages internes de la branche énergie	7.4	0	16.5	0	4.4	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	22.2	0	0	50.8
Pertes de transport et de distribution	0	0	0	0	3.4	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	58.7	3.2	0	65.5
Consommation nette de la branche énergie	27.2	465.5	-432.2	-50.1	124.2	-3.7	564.8	403.3	138.3	44.9	-31.7	-15.4	0	10.5	-501.0	-38.4	-16.3	689.8
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrie	5.0	0	19.3	0	102.2	0	0	0	26.1	1.3	1.2	7.1	0.0	0.0	134.2	18.2	7.2	321.9
Transport	0	0	129.0	1.4	8.2	0	0	0	0	0	12.6	0.6	0	0	128.4	0	2.1	282.3
Résidentiel	0	0	1.8	0	66.9	0	0	0	58.7	0	0	4.6	84.9	2.7	176.2	12.1	0	407.9
Tertiaire	0	0	12.9	0	42.4	0	0	0	0.3	0.0	0	2.9	28.6	1.4	182.3	8.1	0	278.9
Agriculture	0	0	32.6	0	1.9	0	0	0	2.1	0	1.9	0.1	0	0.1	6.2	0	0	44.9
Puits technologiques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.2
Consommation finale énergétique	5.0	0	195.7	1.4	221.5	0	0	0	87.2	1.3	15.7	15.4	113.5	4.1	627.6	38.4	9.3	1336.2
Consommation finale non énergétique	0	0	87.5	0	10.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.1	98.6
Consommation finale	5.0	0	283.2	1.4	231.6	0	0	0	87.2	1.3	15.7	15.4	113.5	4.1	627.6	38.4	10.5	1434.9

Annexe 3. Consommation de matériaux (IGCE) par usage

Consommation des principaux biens de consommation et d'équipement		Consommation 2019									Consommation 2030									Consommation 2050								
		Aci er	Alumin ium	Ver re	Clink er	Ammo niac	Dichl ore	Ethyl ène	Papi er	Suc re	Aci er	Alumin ium	Ver re	Clink er	Ammo niac	Dichl ore	Ethyl ène	Papi er	Suc re	Aci er	Alumin ium	Ver re	Clink er	Ammo niac	Dichl ore	Ethyl ène	Papi er	Sucre
MECA ELEC	M t	3,2	0,5	0,5	0,0	0,5	0,3	0,4	0,0	0,0	3,3	0,5	0,6	0,0	0,6	0,3	0,4	0,0	0,0	3,6	0,6	0,6	0,0	0,7	0,3	0,5	0,0	0,0
TEXTILE DIVERS	M t	2,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mécanique	M t	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,8	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
Electricité	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Electronique	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Textile	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Divers autres	M t	0,0	0,1	0,5	0,0	0,4	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,0	0,4	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,0	0,5	0,3	0,3	0,0	0,0
EMBALLAGES	M t	0,5	0,1	3,3	0,0	0,0	0,0	1,0	3,8	0,0	0,5	0,1	3,3	0,0	0,0	0,0	0,6	4,1	0,0	0,5	0,1	3,1	0,0	0,0	0,0	0,1	4,9	0,0
Emballages	M t	0,5	0,1	3,3	0,0	0,0	0,0	1,0	3,8	0,0	0,5	0,1	3,3	0,0	0,0	0,0	0,6	4,1	0,0	0,5	0,1	3,1	0,0	0,0	0,0	0,1	4,9	0,0
TRANSPORTS	M t	3,2	0,5	0,1	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	3,5	0,6	0,1	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	4,8	0,8	0,1	0,0	0,3	0,1	0,3	0,0	0,0
Transports terre	M t	3,0	0,3	0,1	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	3,4	0,4	0,1	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	4,6	0,5	0,1	0,0	0,3	0,1	0,3	0,0	0,0
Transports (NAA)	M t	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BTP	M t	5,1	0,3	0,7	12,4	0,2	0,3	0,5	0,0	0,0	4,4	0,3	0,7	11,8	0,2	0,2	0,4	0,0	0,0	3,1	0,3	0,4	7,7	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0
Bâtiment	M t	3,8	0,1	0,7	7,5	0,2	0,2	0,4	0,0	0,0	3,1	0,1	0,7	6,7	0,2	0,2	0,4	0,0	0,0	2,0	0,1	0,4	3,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0
Ouvrages d'art	M t	0,7	0,1	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,1	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,1	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Réseau ferré	M t	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Voirie	M t	0,5	0,1	0,0	3,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ENERGIE	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eolien	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Photovoltaïque	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Méthanisation	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CHIMIE	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,3	0,2	0,0	0,0
Engrais azotés	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Engrais autres	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Phytoproducteurs	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Entretien toilette	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
Peintures, vernis, colles	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Pharmacie	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PAPIER	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0
Papier sanitaire	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
Papier graphique	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0
Papiers spéciaux	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
AGRO ALIMENTAIRE	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0
Agro alimentaire	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0
REACTIFS	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	1,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	1,1	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	1,4	1,9
IAA	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Papiers cartons	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Sidérurgie	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Metallurgie	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Verre	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Engrais	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chimie	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,2	0,0
Plastiques	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Recuperation	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Divers	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pertes,ajustements	M t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	1,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	1,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	1,4	0,4

Annexe 4 : Paramètres de calcul au format inventaire des émissions de l'agriculture liées à l'élevage

Tableau 117. Evolution du rendement laitier en AME 2024

	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Rendement moyen (kg lait/tête/an)	7 204	7 417	7 440	7 467	7 514	7 561	7 608	7 655

Tableau 118. Evolution de la part des déjections mobilisables partant en méthanisation en AME 2024

	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Part des déjections mobilisables partant en méthanisation (tout animaux confondus)	2,8%	3,6%	6,3%	10,2%	12,6%	15,1%	17,5%	20,0%

La méthodologie détaillée est décrite dans le rapport OMINEA 2024⁴³.

Tableau 119 : Répartition des animaux par systèmes de gestion des déjections – Méthanisation

	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Vaches laitières	2,0%	2,5%	4,7%	6,5%	8,1%	9,6%	11,2%	12,7%
Vaches allaitantes	0,6%	0,7%	1,6%	2,6%	3,2%	3,8%	4,4%	5,0%
Autres bovins	1,6%	2,0%	4,4%	7,0%	8,7%	10,4%	12,1%	13,8%
Truies	3,7%	4,7%	8,3%	10,0%	12,4%	14,7%	17,1%	19,4%
Autres porcins	3,7%	4,7%	7,8%	8,8%	10,9%	13,0%	15,1%	17,2%
Caprins	0,0%	0,0%	3,4%	9,1%	11,2%	13,4%	15,6%	17,8%
Ovins	0,0%	0,0%	0,9%	2,4%	3,0%	3,5%	4,1%	4,7%

⁴³ Rapport OMINEA 2024 : <https://www.citepa.org/fr/omine/>

Chevaux	0,0%	0,0%	1,6%	4,2%	5,3%	6,3%	7,3%	8,3%
Mules et ânes	0,0%	0,0%	1,6%	4,2%	5,3%	6,3%	7,3%	8,3%
Poules pondeuses	0,0%	0,0%	3,7%	10,0%	12,4%	14,7%	17,1%	19,5%
Poulets de chair	0,0%	0,0%	3,5%	9,2%	11,4%	13,7%	15,9%	18,1%
Autres volailles	0,0%	0,0%	3,5%	9,3%	11,5%	13,7%	15,9%	18,2%
Lapines reproductrices	0,0%	0,0%	3,8%	10,2%	12,6%	15,0%	17,5%	19,9%

Tableau 120 : Répartition des animaux par systèmes de gestion des déjections – Pâture/parcours

	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Vaches laitières	39,8%	39,8%	38,4%	36,1%	36,1%	36,1%	36,1%	36,1%
Vaches allaitantes	70,9%	70,9%	72,4%	74,9%	74,9%	74,9%	74,9%	74,9%
Autres bovins	31,6%	31,0%	30,9%	30,8%	30,8%	30,7%	30,7%	30,6%
Truies	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	1,8%	2,0%	2,2%	2,4%
Autres porcins	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,6%	0,7%	0,7%	0,8%
Caprins	10,8%	10,7%	11,0%	10,9%	10,9%	10,9%	10,9%	10,9%
Ovins	74,3%	74,3%	75,2%	76,6%	76,6%	76,6%	76,6%	76,6%
Chevaux	58,3%	58,3%	58,3%	58,3%	58,3%	58,3%	58,3%	58,3%
Mules et ânes	58,3%	58,3%	58,3%	58,3%	58,3%	58,3%	58,3%	58,3%
Poules pondeuses	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Poulets de chair	9,2%	9,2%	9,2%	9,2%	9,2%	9,2%	9,2%	9,2%
Autres volailles	8,7%	8,8%	8,4%	8,8%	8,8%	8,8%	8,8%	8,8%
Lapines reproductrices	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Les engrais minéraux

Le tableau suivant présente l'évolution des quantités d'azote issues des engrais minéraux sur la période, par grande catégorie :

Tableau 121. Consommation d'intrants minéraux en AME 2024

ktonnes N	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
AMMONITRATES	757	754	713	715	722	729	737	744
UREE	443	386	355	356	359	363	366	370
<i>dont urée enfouie</i>	62	54	50	50	50	51	51	52
<i>dont urée non enfouie</i>	296	248	221	221	223	226	228	230
<i>dont urée avec inhibiteur</i>	84	84	85	85	86	86	87	88
SOLUTION AZOTEE	673	625	507	508	513	518	523	529
<i>dont solution enfouie</i>	53	50	40	40	41	41	42	42
<i>dont solution non enfouie</i>	619	576	467	467	472	477	482	487
SULFATE D'AMMONIAQUE	28	28	29	29	29	29	30	30
Mélange Sulfate d'ammoniaque + Urée	7	1	1	1	1	1	1	1
NIT NA & CA, CYAN	1	1	1	1	1	1	1	1
AUTRES SIMPLES N	27	32	33	33	33	34	34	34
SIMPLES N	1 935	1 827	1 639	1 642	1 659	1 676	1 692	1 709
COMPOSES NP, NK, NPK, OM	190	190	176	176	178	180	182	184
Total	2 125	2 017	1 815	1 818	1 837	1 856	1 874	1 893

Pour les engrais minéraux, deux pratiques de réduction des émissions de NH_3 sont prises en compte : l'ajout d'inhibiteur d'uréase et l'enfouissement rapide post-épandage (solution azotée et urée). Les taux d'application de ces deux pratiques sont maintenus constants sur la période, égaux à 2020.

Les engrais organiques

Les engrais organiques comprennent différents apports d'azote. Les hypothèses associées à chacun de ces apports sont les suivantes :

- Les déjections produites et épandues sur le territoire : l'estimation de l'azote épandu est un calcul impliquant de nombreux paramètres (en commençant par les effectifs animaux) permettant un suivi exhaustif de l'azote. La méthodologie est détaillée dans OMINEA 2024.
- Les déjections en provenance d'autres pays : ces quantités sont maintenues constantes sur la période, égales à 2020.
- Les boues : ces quantités sont modélisées au niveau du secteur des déchets et varient sur la période.
- Les composts : ces quantités sont modélisées au niveau du secteur des déchets et varient sur la période.
- Les résidus de culture : ces quantités résultent d'un calcul impliquant de nombreux paramètres (en commençant par les surfaces et les productions). La méthodologie est détaillée dans OMINEA 2024.
- Les digestats issus de cultures (attention, les digestats de déjections animales sont comptabilisés avec les déjections) : l'évolution présentée provient des données fournies par Solagro.

- L'azote excrété par les animaux à la pâture : il est estimé à partir, entre autres, des cheptels. La méthodologie est détaillée dans OMINEA 2024.

Tableau 122. Evolution des quantités d'azote des engrais organiques et de la pâture en AME 2024

ktonnes N	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Azote des déjections produites en France, disponible pour l'épandage	512	508	482	477	463	449	434	419
Azote importé, épandu	22	23	27	27	27	27	27	27
Azote excrété à la pâture (bovins, porcins, volailles)	782	765	708	673	638	604	570	535
Azote excrété à la pâture (ovins, caprins, chevaux)	70	69	68	71	70	69	68	67
Boues	21	18	21	21	21	21	21	22
Composts	32	29	31	34	34	34	34	34
Résidus	1 295	1 241	1 213	1 121	1 115	1 109	1 103	1 097
Digestats issus de végétaux (hors effluents)	26	32	54	64	75	87	99	111
Total	2 759	2 685	2 602	2 487	2 443	2 400	2 356	2 312

Autres amendements

On considère que les pratiques de chaulage se maintiennent dans le temps : l'évolution des quantités de calcaire et de dolomie épandues sont indexées sur l'évolution des surfaces présentées plus haut.

Evolution du brûlage

Comme pour l'AME 2023, la part brûlée par culture (en grandes cultures comme en viticulture) reste constante dans les projections, égale à la valeur 2020.