

OUTIL DE CALCUL D'UNE TRAJECTOIRE SNBC TERRITORIALISÉE A L'ÉCHELLE EPCI : METHODOLOGIE DETAILLEE

Construction d'une
méthodologie pour élaborer des
trajectoires climat de référence
adaptées à l'échelle
infrarégionale et développement

RAPPORT FINAL



EXPERTISES

**Juin
2024**

SOMMAIRE

1. CADRE GENERAL DE L'OUTIL.....	3
1.1. Contexte de l'outil.....	3
1.2. Éléments constitutifs de l'outil	3
1.3. Méthodologie de construction de l'outil	3
1.4. Précisions sémantiques	4
2. FONCTIONNEMENT DE L'OUTIL.....	5
2.1. Organisation Générale	5
2.2. Exemples de résultats.....	6
2.2.1. Trajectoire globale.....	6
2.2.2. Trajectoires sectorielles	7
3. DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE DE CALCUL	11
3.1. Méthode générale permettant de territorialiser les objectifs sectoriels	11
3.2. Périmètres de comptabilisation.....	12
3.3. Données d'entrée	13
3.3.1. Typologie de territoire.....	13
3.3.2. Bases de données intégrées ou non	13
3.4. Scénario de référence.....	14
3.4.1. Périmètre métropolitain	14
3.4.2. Conversion du format SECTEN au format PCAET.....	14
3.4.3. Désagrégation des émissions et consommations par sous-secteur / usage.....	15
3.4.4. Résultat des traitements du scénario de référence.....	17
3.4.5. Production d'énergies renouvelables.....	17
3.4.6. Modification du scénario de référence	18
3.5. Choix des pivots pour l'exercice de territorialisation des émissions de GES et des consommations par secteur	19
3.5.1. Facteur correctif transversal (démographie).....	20
3.5.2. Pivots pour le résidentiel	21
3.5.3. Pivot pour le tertiaire.....	22
3.5.4. Pivots pour la mobilité	22
3.5.5. Pivot pour l'industrie	23
3.5.6. Pivot pour les déchets.....	24
3.5.7. Pivots pour l'agriculture	24
3.5.8. Pivot pour les puits de carbone	24
3.5.9. Pivot pour les puits de carbone technologiques	25
3.5.10. Pivot pour la branche énergie de l'industrie.....	25
3.5.11. Récapitulatif des pivots de territorialisation des émissions et consommations	25
3.6. Approche de territorialisation de la production d'énergies renouvelables	27
3.6.1. Productions énergétiques connectées aux réseaux d'énergie nationaux (gaz et électricité).....	27
3.6.2. Energies renouvelables thermiques.....	27
4. CONCLUSION ET SUITES.....	27

1. Cadre général de l’outil

1.1. Contexte de l’outil

La construction de l’outil correspond à l’une des étapes de la tâche 2 de la prestation consacrée à la « Construction d’une méthodologie pour élaborer des trajectoires climat de référence adaptées à l’échelle infrarégionale et développement du cadre d’analyse associé ».

L’objectif de cette phase est de co-construire et expérimenter avec des collectivités pilotes la méthode d’élaboration d’une trajectoire de référence théorique. Cela a notamment nécessité la construction d’un outil de calcul permettant de territorialiser les objectifs de la SNBC à l’échelle EPCI en matière d’émissions et de séquestration de GES, ainsi que de consommation d’énergie finale.

Les spécificités et modalités d’utilisation de l’outil sont explicitées ci-après.

Le rapport complet qui intègre toutes les phases de l’étude, dont le présent guide méthodologique, est téléchargeable sur la librairie de l’ADEME : <https://librairie.ademe.fr/>

1.2. Éléments constitutifs de l’outil

La méthode d’élaboration de trajectoires climat de référence se compose :

- D’un outil de calcul, sous format Excel intitulé dans sa dernière version en date : Trajectoire GES de référence-V1.1-20240905

Le tableur peut être utilisé par une personne en autonomie. Il intègre des éléments de contexte, une notice d’utilisation et des champs à remplir (voir description plus bas). L’outil en Open Source est conçu pour être diffusé largement pour faciliter les interactions entre les différents outils d’accompagnement des territoires et permettre une transparence des hypothèses utilisées. L’outil sera verrouillé (sans code de déverrouillage) pour sécuriser une utilisation standard et éviter les erreurs de saisie. Ainsi, certains onglets masqués, intégrant des bases de données ou des calculs seront accessibles aux utilisateurs experts.

- Du présent rapport méthodologique qui présente de manière plus détaillée les éléments intégrés dans l’outil, notamment les hypothèses et principes de construction pour en garantir la transparence. Ces descriptions pourront, le cas échéant, faciliter une transition de l’outil depuis le tableur Excel vers un format plateforme web.

La phase suivante de l’étude est consacrée au développement des éléments complémentaires à intégrer au référentiel du programme « Territoire engagé Transition Ecologique », avec pour objectif d’aboutir à une version bêta de ce référentiel actualisé.

L’ensemble de ces éléments constituent la Méthode d’élaboration des trajectoires climat de référence adaptées à l’échelle infrarégionale.

1.3. Méthodologie de construction de l’outil

1.3.1. Cahier des charges

Le cahier des charges de l’outil a été élaboré après un « benchmark » des outils disponibles et un processus de concertation élargi aux acteurs de la construction des stratégies énergie-climat territoriales (ADEME, Etat, représentants des collectivités, experts, bureaux d’études, observatoires, territoires, etc.). Cette concertation a permis de valider, lors du comité de pilotage du 13 janvier 2023, l’intérêt de lancer une étude de faisabilité sur le développement d’une méthode d’élaboration de trajectoires climat de référence par. Elle a également permis de préciser le cahier des charges.

1.3.2. Processus de construction de l’outil

Par le biais de ses directions régionales, l’ADEME a lancé un appel à candidature auprès de territoires pour expérimenter l’outil. La sélection a été guidée par la représentation de cas de figure contrastés et de régions différentes pour intégrer un maximum de spécificités.

13 territoires ont ainsi été recrutés :

- CA d'Epinal - SCOT des Vosges centrales
- PETR Terres de Lorraine
- Strasbourg Ville et Eurométropole
- Rennes Métropole
- Rouen Métropole Normandie
- CA de La Rochelle
- CU Grand Poitiers
- CC Chinon Vienne et Loire
- Grand MONTAUBAN
- CC Astarac Arros en Gascogne
- CA Ouest Rhodanien (COR)
- CC Pays du Mont Blanc
- Grenoble Alpes Métropole

Ces territoires, situés dans 7 régions différentes, ont été accompagnés par les Directions Régionales concernées :

- ADEME Grand Est
- ADEME Bretagne
- ADEME Normandie
- ADEME Nouvelle Aquitaine
- ADEME Centre Val de Loire
- ADEME Occitanie
- ADEME Auvergne – Rhône Alpes

L'étude de faisabilité et le cahier des charges envisagé ont été présentés aux collectivités pilotes, ainsi que les modalités de leur participation. Les prestataires ont ensuite réalisé une version bêta, en test sur un territoire « martyr », en associant des experts thématiques, ainsi qu'une première version du mode d'emploi.

Cette version a été envoyée à tous les territoires pour une utilisation en autonomie, avec un appui des prestataires, ainsi qu'un questionnaire d'évaluation (compréhension, difficultés rencontrées).

Après intégration des retours et l'organisation d'une réunion de capitalisation avec les territoires, une nouvelle version opérationnelle a été diffusée. L'outil a par la suite été encore complété, enrichi et testé, à l'occasion de travaux complémentaires mené par les prestataires, pour le compte de l'ADEME.

1.4. Précisions sémantiques

Lors des différentes phases de l'étude, la question de la terminologie utilisée s'est posée à plusieurs reprises. Les territoires pilotes ont manifesté le besoin d'affiner les notions employées dans l'outil. Les termes retenus sont les suivants :

- **Neutralité carbone¹** : en tant qu'équilibre entre les émissions et séquestrations de GES, la neutralité carbone ne peut pas s'appliquer à une autre échelle que la planète ou les Etats coordonnés au travers de l'Accord de Paris.
- **Contribution à la neutralité carbone / SNBC** : la « neutralité carbone » est un objectif national. Chaque territoire est appelé à y contribuer en fonction de ses spécificités. Cette contribution peut être illustrée par l'élaboration d'une trajectoire de référence qui tient compte de ces spécificités.
- **Territorialiser** : ramener (découper, répartir) à l'échelle inférieure, en considérant un certain nombre de paramètres objectifs.
- **Trajectoire SNBC territorialisée** : trajectoire GES de référence théorique du territoire. C'est la projection des émissions et stockages carbone inscrite dans le temps, en territorialisant un scénario supra (ex : SNBC). C'est une approche "top down".
- **Trajectoire planifiée du territoire** : trajectoire choisie dans le cadre de son PCAET par exemple, celle que le territoire détermine (projection des émissions et stockages carbone inscrite dans le temps). C'est une approche "bottom up".

¹ Avis de l'ADEME téléchargeables ici :

<https://librairie.ademe.fr/developpement-durable/5335-utilisation-de-l-argument-de-neutralite-carbone-dans-les-communications.html>

<https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4524-avis-de-l-ademe-la-neutralite-carbone.html>

- **Trajectoire observée** : consommations énergétiques et émissions de GES du territoire estimées par les observatoires sur les années précédentes (de l'année de référence à la dernière année disponible).
- **Vecteur énergétique** : véhicule ou méthode permettant de transporter de l'énergie d'un endroit à un autre pour être transformée sous forme de chaleur ou de travail mécanique, ou être utilisé dans des processus physiques ou chimiques. Dans l'outil, les vecteurs considérés sont les suivants : « produits pétroliers et assimilés », « gaz », « électricité », « chauffage et froid urbain », « EnR thermiques », « combustibles minéraux solides », « hydrogène ».

2. Fonctionnement de l'outil

2.1. Organisation Générale

L'outil est construit comme une succession d'onglets :

Introduction	Onglet d'informations générales
Notice	Onglet -Guide d'utilisation
Caract_Territoire	Onglet permettant de renseigner les caractéristiques du territoire
Carto_en-GES	Onglet permettant de renseigner les données d'observatoire énergie - Gaz à effet de serre pour l'année de référence (2015)
Traj_planifiée	Onglet permettant de renseigner les objectifs du territoire pour les comparer au scénario de référence (facultatif)
Traj_Observée	Onglet permettant de détailler année par année la trajectoire du territoire (facultatif)
TOUS SECTEURS	Onglet détaillant la trajectoire de référence du territoire
ONGLETS - SECTEURS	Onglets détaillant la trajectoire de référence du territoire par secteur
ENR	Onglet détaillant la trajectoire de référence du territoire concernant la production ENR

L'utilisateur est invité à renseigner les données de son territoire dans les 4 premiers onglets :

1) Renseignement des caractéristiques du territoire

Possibilité de renseigner plusieurs numéros d'EPCI (leurs résultats seront alors sommés). Les différentes données socio-économiques du territoire sont alors récupérées automatiquement depuis des bases de données intégrées à l'outil, mais l'utilisateur a toujours la possibilité de modifier manuellement les valeurs proposées.

2) Renseignement des données énergies / GES du territoire sur l'année de référence (2015²)

² L'année de référence est définie à 2015, pour coïncider avec l'année de référence du scénario national de référence choisi (SNBC). Cette année coïncide par ailleurs également avec la plupart des documents de planification locaux (PCAET, SRADDET) actuellement en vigueur. Celle-ci pourra toutefois évoluer à l'avenir, avec la prochaine version de la SNBC.

Renseignement des données d'émissions de GES transmises par l'observatoire, éventuellement complétées (ou comparées à) par celles du CITEPA (inventaire GES territorialisé 2018³), ce qui peut être notamment utile pour contourner d'éventuels secrets statistiques.

Renseignement des données de séquestration à partir de l'outil en ligne ALDO.

Les données de consommation d'énergie finale et de production d'énergies renouvelables doivent également être fournies.

3) Renseignement des objectifs énergies GES du territoire (facultatif, pour générer la « trajectoire planifiée du territoire »)

Intégration des données de la stratégie locale du territoire, en termes d'émissions de GES et de consommations d'énergie finale par secteur.

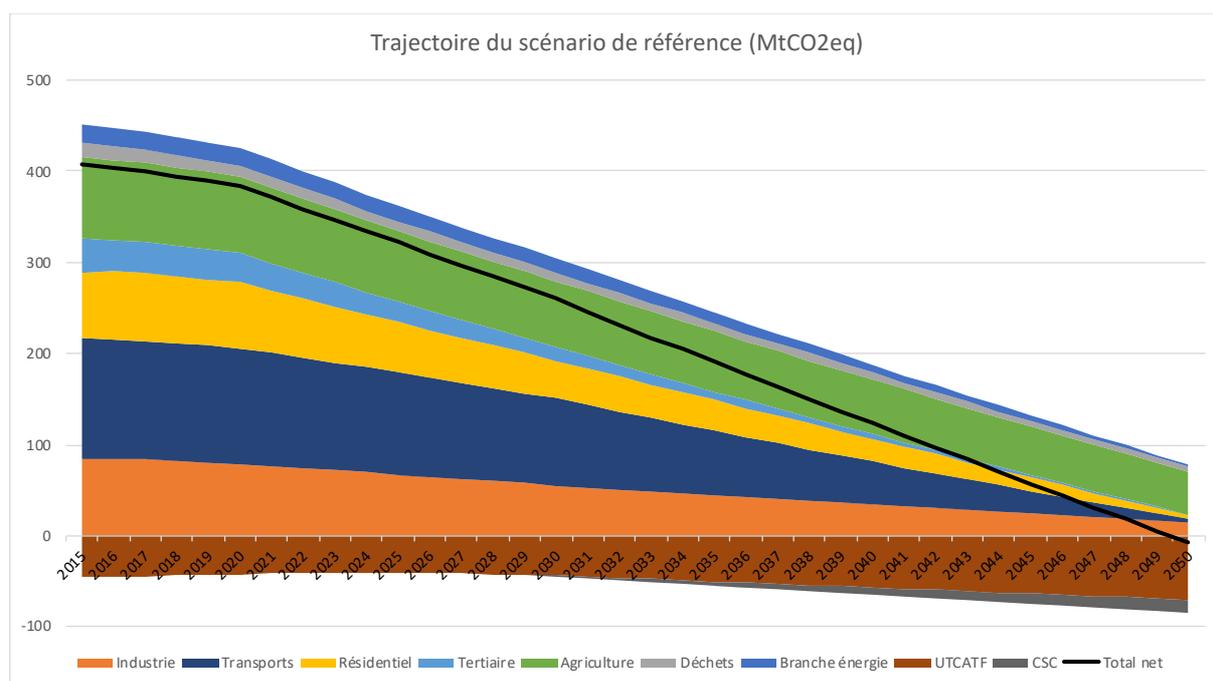
4) Renseignement de la trajectoire historique du territoire (facultatif, pour générer la « trajectoire observée du territoire »)

Données d'émission et de consommation d'énergie fournies par l'observatoire, pour les différentes années, à titre de comparaison.

2.2. Exemples de résultats

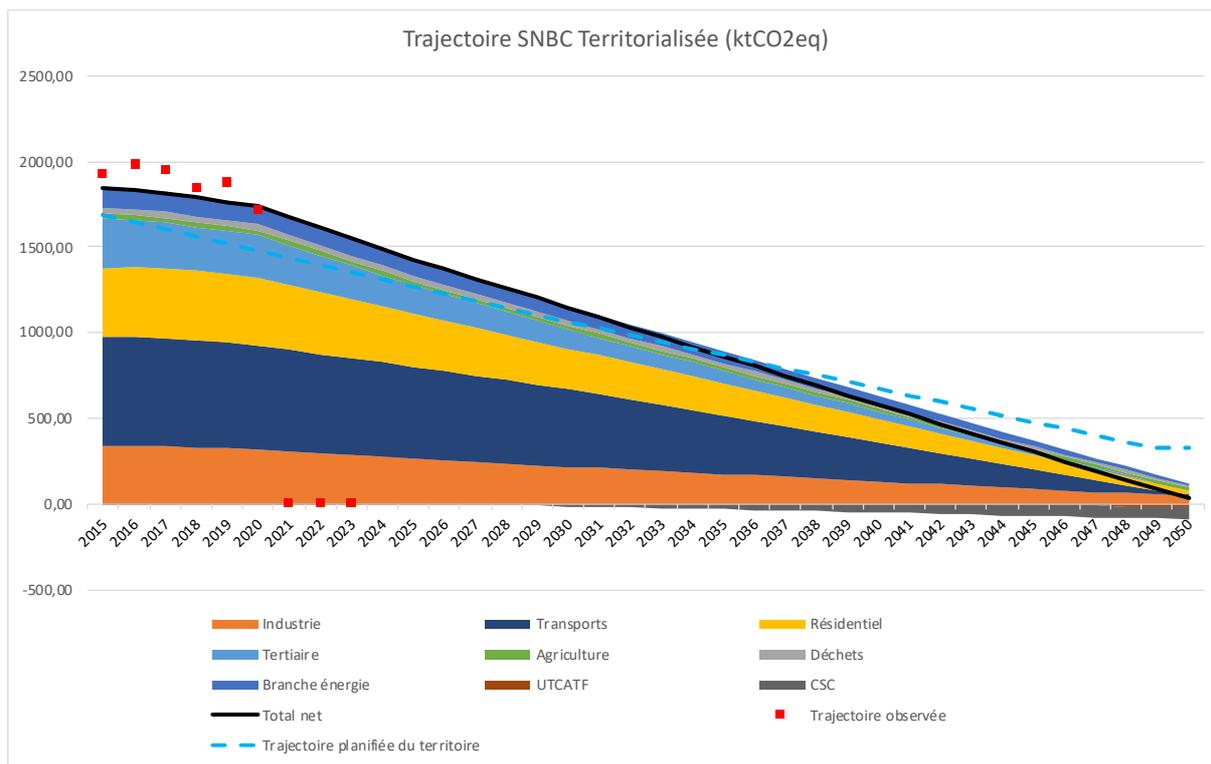
2.2.1. Trajectoire globale

L'onglet « Tous secteurs » permet de visualiser la « trajectoire SNBC territorialisée » sur le même format que la trajectoire du scénario de référence de la SNBC retenu :



Trajectoire GES de la SNBC 2

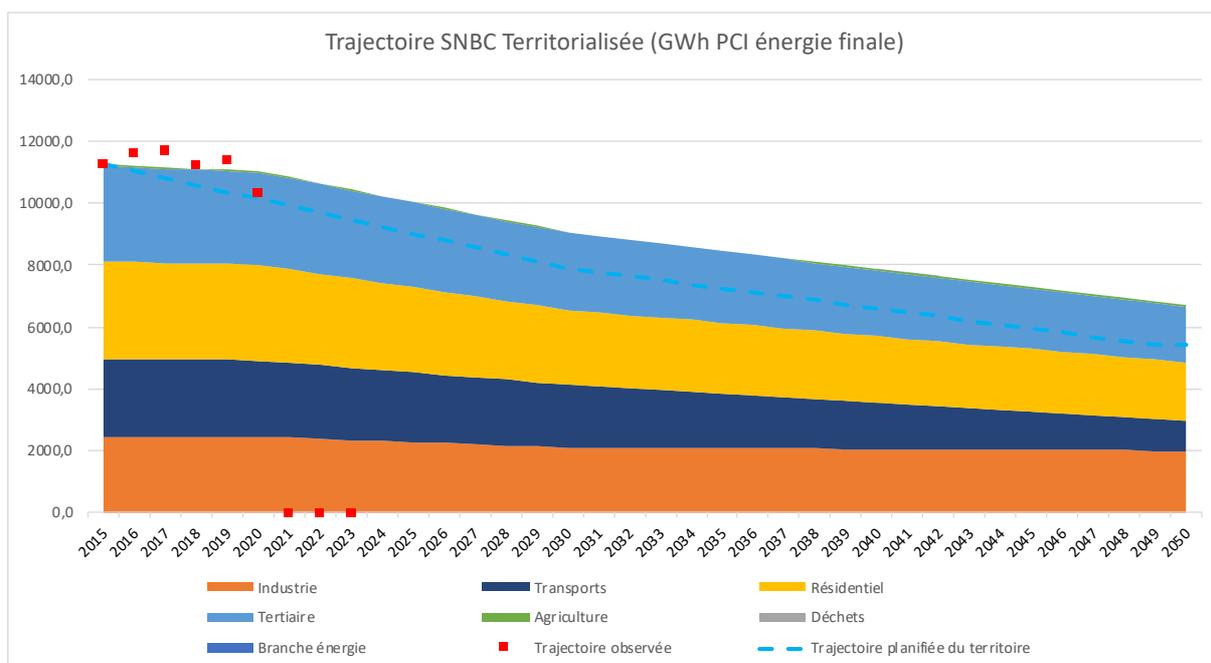
³ <https://www.citepa.org/fr/inventaire-spatialise/>



Trajectoire SNBC Territorialisée d'un territoire urbain (GES)

Cet onglet permet de visualiser la **trajectoire SNBC territorialisée** et donc l'évolution de la somme des objectifs sectoriels. On peut la comparer à la trajectoire planifiée par le territoire et la trajectoire observée dans les données d'observatoire.

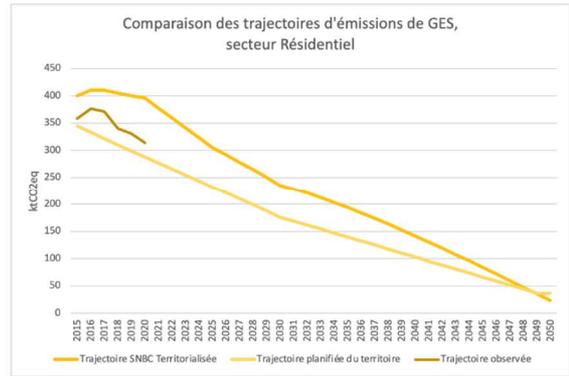
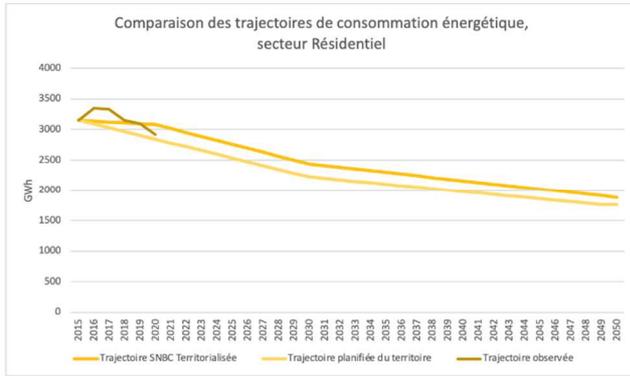
Ces trajectoires sont également disponibles pour les consommations énergétiques :



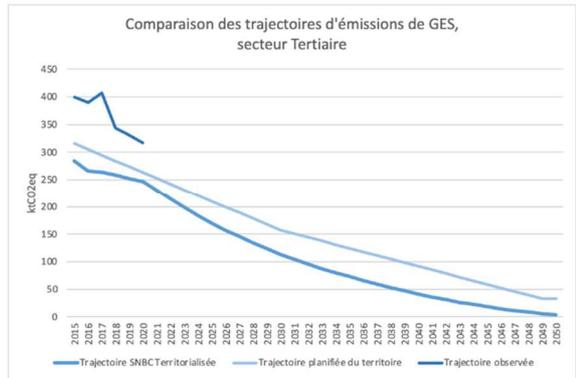
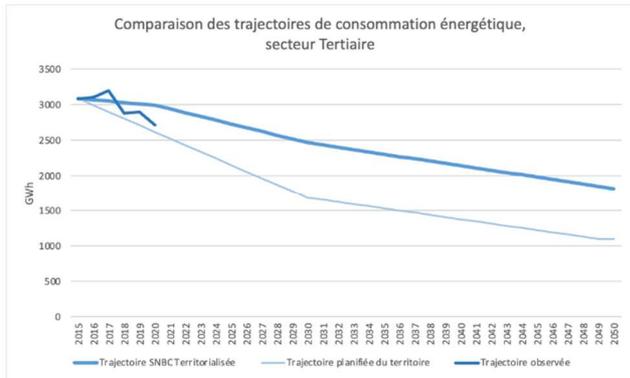
Trajectoire SNBC Territorialisée d'un territoire urbain (Energie)

2.2.2. Trajectoires sectorielles

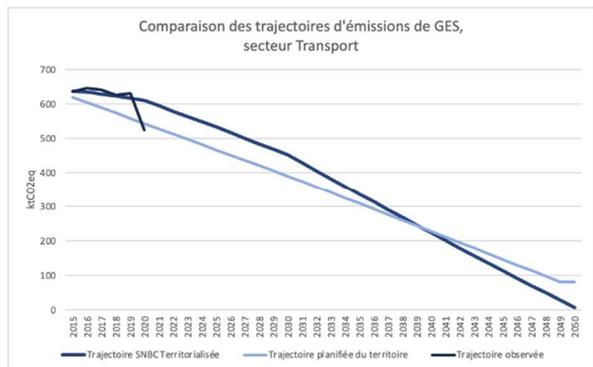
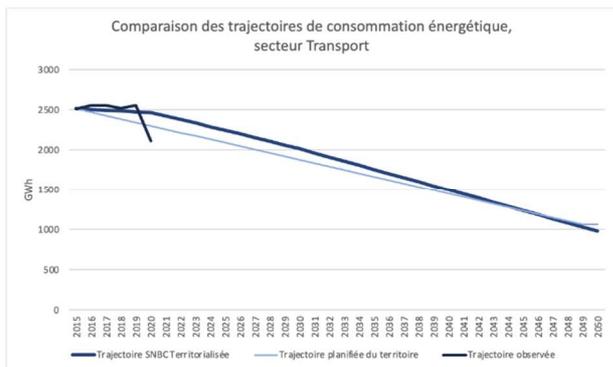
Ces trajectoires sont déclinées secteur par secteur, pour les consommations d'énergie et les émissions de GES :



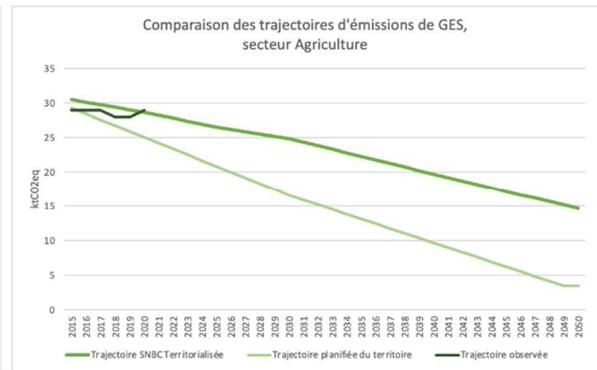
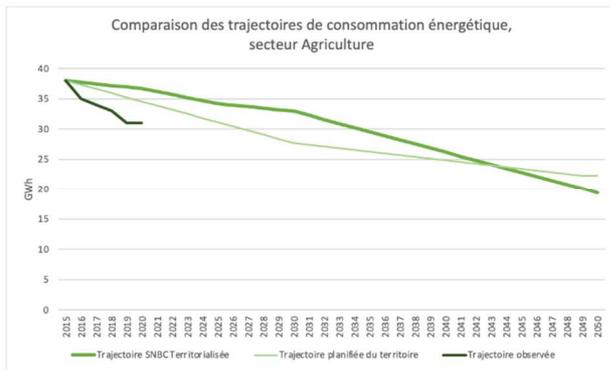
Trajectoire SNBC Territorialisée d'un territoire urbain (Résidentiel)



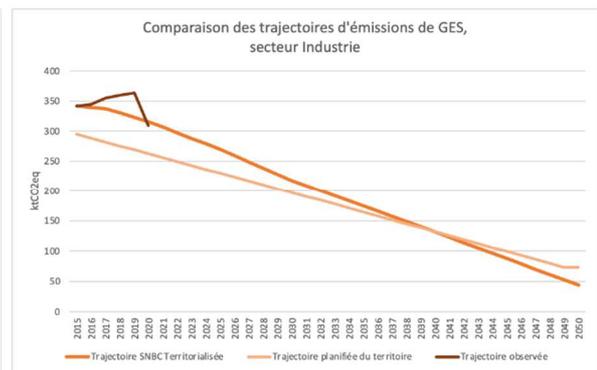
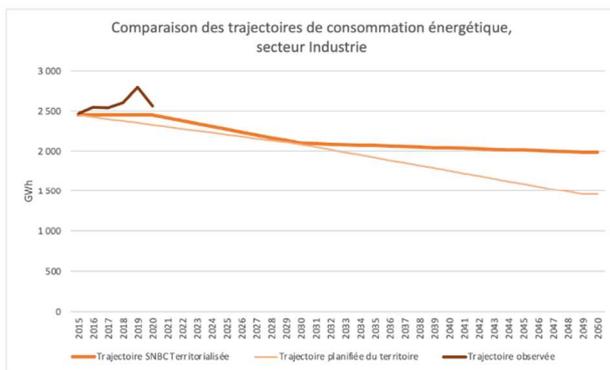
Trajectoire SNBC Territorialisée d'un territoire urbain (Tertiaire)



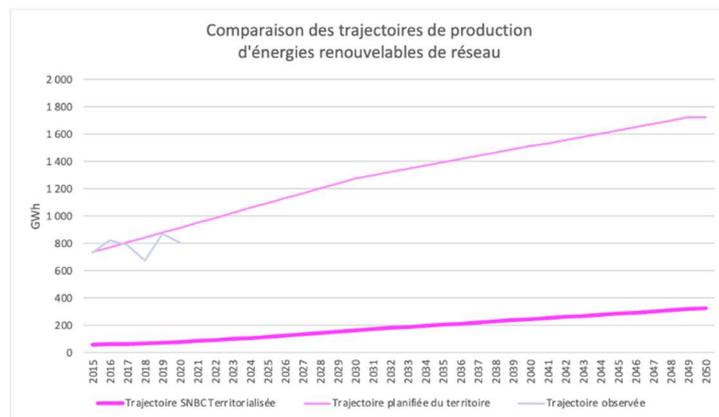
Trajectoire SNBC Territorialisée d'un territoire urbain (Transport)



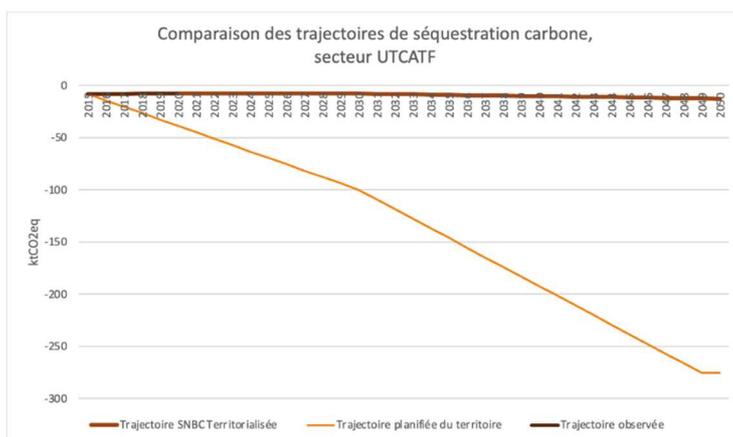
Trajectoire SNBC Territorialisée d'un territoire urbain (Agriculture)



Trajectoire SNBC Territorialisée d'un territoire urbain (Industrie)

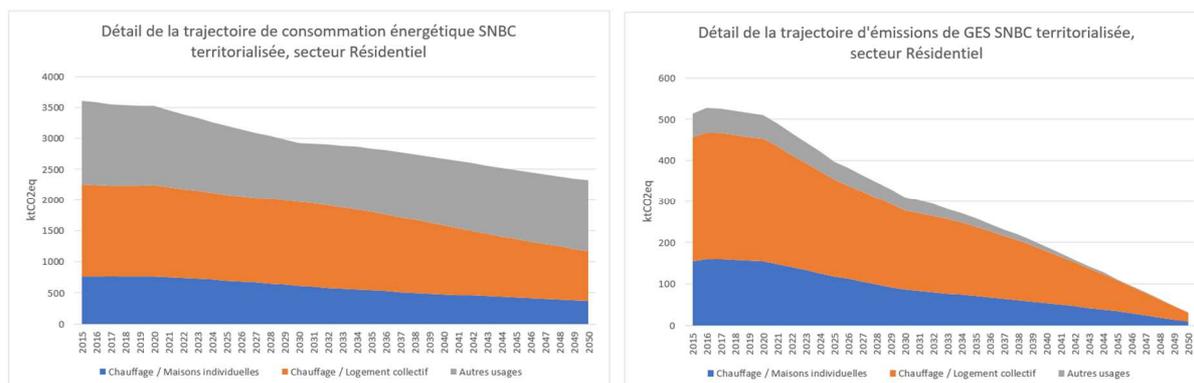


Trajectoire SNBC Territorialisée d'un territoire urbain (ENR)



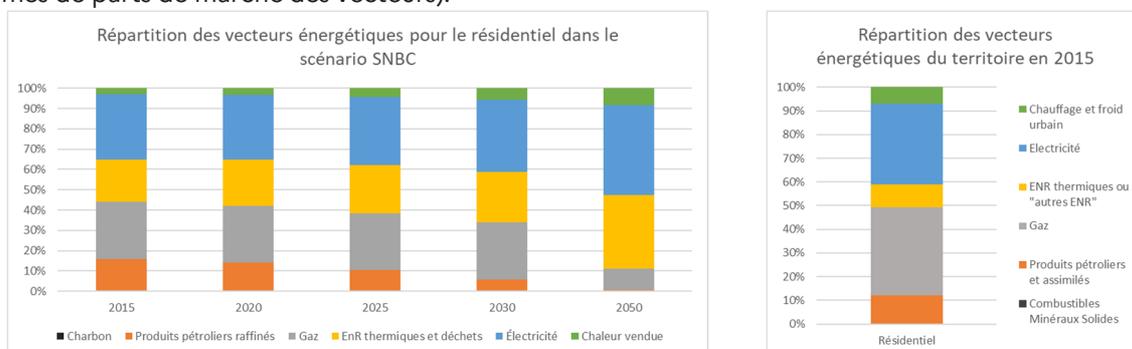
Trajectoire SNBC Territorialisée d'un territoire urbain (UTCATF)

Afin de fournir des clefs supplémentaires de compréhension, les trajectoires SNBC territorialisées en émission et en consommation d'énergie finale sont détaillées par sous-secteurs / pivots, lorsque cela est possible :



Détail des trajectoires SNBC Territorialisée (ici du secteur résidentiel)

Enfin, l'évolution des répartitions de vecteurs énergétiques⁴ dans la SNBC est indiquée. Cette évolution n'est pas territorialisée. Elle est fournie à titre informatif, pour permettre d'expliquer de possibles écarts entre la trajectoire planifiée et la trajectoire de référence (en cas de choix de mix énergétique très différent entre territoire et SNBC et/ou de point de départ très différent de la moyenne nationale en termes de parts de marché des vecteurs).



Indications sur la répartition des vecteurs énergétique dans la consommation finale (ici du secteur résidentiel)

⁴ Voir chapitre 1.4 pour la définition de ce concept.

3. Description de la méthodologie de calcul

De façon générale, la méthode utilisée dans l'outil de calcul des trajectoires de référence découle des grandes orientations décrites dans l'étude de faisabilité (phase 1 du projet), publiée en janvier 2023. Les éléments décrits ci-dessous proviennent donc de ce rapport, tout en apportant des précisions et évolutions le cas échéant, lorsque la mise en œuvre concrète l'a exigé.

3.1. Méthode générale permettant de territorialiser les objectifs sectoriels

L'outil de calcul doit permettre de quantifier les efforts à réaliser secteur par secteur, avec un module d'analyse pour commenter les résultats. Pour chaque secteur, on utilise des « **pivots de territorialisation** » pour déterminer la contribution du territoire à la stratégie nationale.

Chacun de ces pivots peut être présenté comme un « **repère** » pour le territoire pour identifier sa contribution à la stratégie nationale de neutralité carbone. Il peut être formulé ainsi, pour la cible 2050, et est également décliné de la même façon sur des années intermédiaires :

« L'objectif national des émissions/consommations liées au chauffage des maisons individuelles en résidences principales est de X_{2050} en 2050. Le territoire représente $Y\%$ des maisons individuelles en résidences principales, l'objectif local d'émissions/consommations est donc de $X_{2050} \times Y$ »

Ce repère peut permettre également d'**objectiver la spécificité du territoire à l'état initial**, au point de départ de la trajectoire :

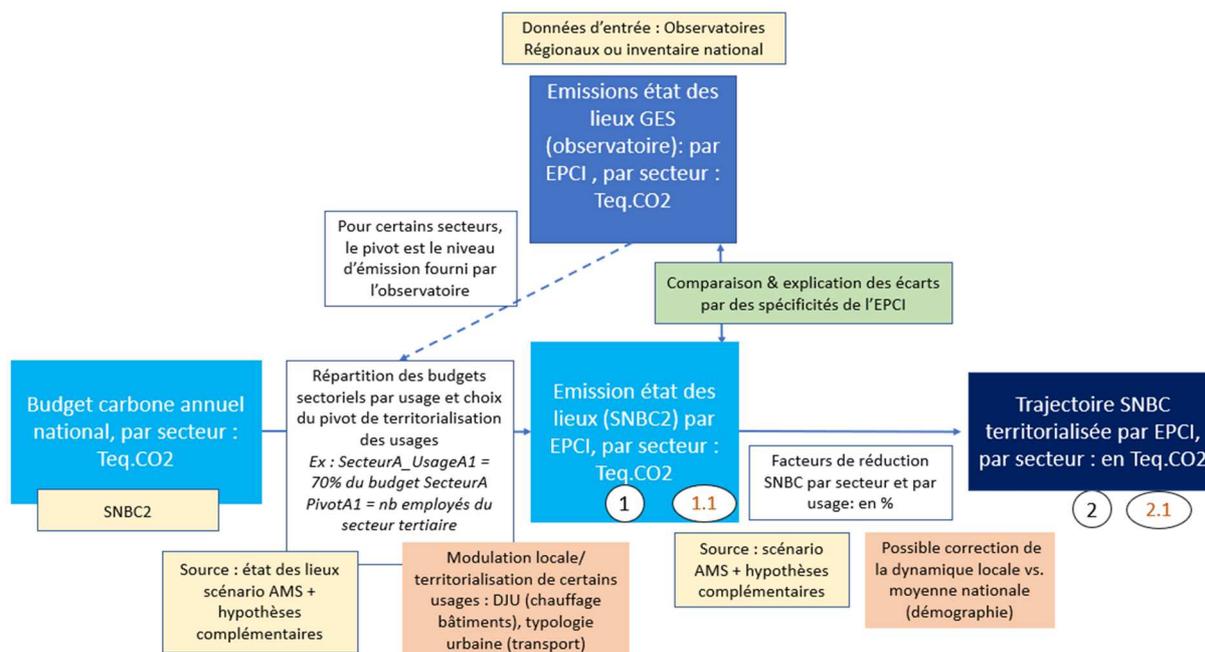
« Les émissions/consommations nationales liées au chauffage des maisons individuelles en résidences principales est de X_{n0} en année $n0$. Le territoire représente $Y\%$ des maisons individuelles en résidences principales, la différence locale entre les émissions/consommations locales et les émissions/consommations théoriques est donc de $X_{n0} \times Y$. La différence entre les émissions/consommations observées et les émissions/consommations théoriques s'explique par ... ».

Cette différence entre émissions/consommations observées en année de référence, et émissions/consommations calculées, ne pourra être constaté que sur les secteurs résidentiel, tertiaire et agriculture, tous les autres secteurs s'alignant par construction sur les émissions observées (voir paragraphes suivants). En effet, le transport ou l'industrie par exemple sont des secteurs sur lesquels il est impossible de connaître par un traitement statistique simple à l'échelle nationale la contribution du territoire, car des équipements locaux (industrie lourde, autoroute...) peuvent considérablement changer les données de ces secteurs.

Les éventuels décalages identifiés pourront alimenter la notion de « corridor de trajectoire », ou encore de décalage de la courbe, de translation. Un territoire dont la consommation initiale est 20 % supérieure à la consommation théorique (altitude, bâti ancien patrimonial surreprésenté, etc...) peut se fixer un objectif 2050 de 20 % supérieur à la trajectoire de référence. Cela pourra permettre de fixer « **les corridors** » dans lesquels les territoires pourront se situer.

A l'inverse un territoire avec de l'avance (-20% de consommation par rapport au prorata théorique) pourrait se fixer un objectif :

- 1) Identique au théorique si son avance vient d'actions de transition énergétique déjà engagées
- 2) Plus ambitieux s'il n'a pas engagé la transition énergétique, et que la différence vient de particularismes locaux dont il peut tirer profit.



$$\begin{aligned}
 \textcircled{1} & \sum_{Secteur A} \sum_{Usage X} Emissions_Scénario_Référence_A \times \% Usage_{A,X} \times \frac{Qté_Pivot_{A,X, EPCI}}{Qté_Pivot_{A,X, FRANCE}} \\
 \textcircled{1.1} & \sum_{Secteur A} \sum_{Usage X} Emissions_Scénario_Référence_A \times \% Usage_{A,X} \times \frac{Qté_Pivot_{A,X, EPCI}}{Qté_Pivot_{A,X, FRANCE}} \times Facteur_Territorialisation_Pivot_{A,X} \\
 \textcircled{2} & \sum_{Secteur A} \sum_{Usage X} Emissions_Scénario_Référence_A \times \% Usage_{A,X} \times \frac{Qté_Pivot_{A,X, EPCI}}{Qté_Pivot_{A,X, FRANCE}} \times Facteur_Territorialisation_Pivot_{A,X} \\
 & \quad \times Facteur_Réduction_Scénario_Référence_{A,X, Année_cible} \\
 \textcircled{2.1} & \sum_{Secteur A} \sum_{Usage X} Emissions_Scénario_Référence_A \times \% Usage_{A,X} \times \frac{Qté_Pivot_{A,X, EPCI}}{Qté_Pivot_{A,X, FRANCE}} \times Facteur_Territorialisation_Pivot_{A,X} \\
 & \quad \times Facteur_Réduction_Scénario_Référence_{A,X, Année_cible} \times \frac{Facteur_Evolution_Territorialisée_{A,X, Année_cible, EPCI}}{Facteur_Evolution_Territorialisée_{A,X, Année_cible, France}}
 \end{aligned}$$

Figure 1: Schéma d'architecture pour le calcul des émissions sectorielles de références GES des EPCI

NB : dans le graphique ci-dessus, le terme « émissions » est équivalent à celui de « consommation d'énergie », le principe de calcul étant le même.

3.2. Périmètres de comptabilisation

Conformément à la méthode de comptabilisation de la SNBC 2, et en compatibilité avec les méthodes PCAET, cet outil repose sur une méthode de comptabilisation cadastrale des flux de carbone (SCOPE 2). C'est-à-dire que sont comptabilisés les flux effectifs recensés sur le territoire, ainsi que les émissions indirectes liées à la consommation d'électricité, et non les flux dont les acteurs du territoire sont responsables (l'empreinte carbone).

Ainsi, la production d'énergies sur le territoire pour injection dans les réseaux électriques ou de gaz n'a pas d'impact sur la trajectoire GES du territoire, mais elle contribue à la décarbonation du mix énergétique national.

Enfin, un travail de comparaison des périmètres des secteurs et des énergies a été effectué, afin de dégager un dénominateur commun suffisamment consensuel et partagé entre les différentes sources (SNBC2, SNBC3, observatoires régionaux, inventaire GES territorialisé du CITEPA, outils open data type Territory...):

- Secteurs de consommation d'énergie et d'émission :
 - Résidentiel
 - Tertiaire
 - Industrie
 - Agriculture
 - Transports
 - Déchets
 - Branche énergie
- Secteurs d'émission uniquement :
 - UTCATF
 - CSC (capture et séquestration technologique du carbone)
- Energies finales :
 - Produits pétroliers (dont organo-carburants)
 - Gaz
 - Electricité
 - Chauffage et froid urbain
 - EnR thermiques
 - Combustibles Minéraux Solides
 - Hydrogène

3.3. Données d'entrée

3.3.1. Typologie de territoire

Conformément aux recommandations de l'étude de faisabilité, la maille de territoire la plus petite, utilisée pour l'application de la méthode est l'EPCI. L'expérimentation auprès des territoires pilote a permis néanmoins d'identifier des cas d'usage nécessitant l'agrégation de plusieurs EPCI (correspondant aux territoires de type SCOT, PETR, voir département ou région...). La possibilité est donc offerte à l'utilisateur de considérer plusieurs EPCI dans les données d'entrée.

Il est donc possible de recomposer tout type de territoire par une somme d'EPCI, jusqu'au niveau régional par exemple.

3.3.2. Bases de données intégrées ou non

Les données d'entrée sont de deux ordres, selon le type de source :

- **Cas 1 : les données des EPCI sont intégrées dans des onglets spécifiques.** A partir du code EPCI, il est possible d'obtenir automatiquement des résultats. C'est très facile d'utilisation mais cela nécessite de disposer de données équivalentes sur la France entière, et implique une moindre appropriation des données d'entrées par les utilisateurs. Cela pose également la question de l'actualisation des données.
- **Cas 2 : L'utilisateur est invité à rentrer des données** provenant de sources externes bien identifiées dans l'outil.

L'utilisation des deux cas de figure est résumée dans le tableau ci-dessous, pour les différentes données d'entrée :

Type de donnée	Secteur	Source	Intégré à l'outil	Externe
Surface	EnR	Insee (dossier complet)	X	
Projections démographiques départementalisées	Transversal	Insee (Omphale)	X	
Nombre de logements	Résidentiel	Insee (dossier complet)	X	
DJU départementaux	Résidentiel	SDES	X	
Nombre de ménages	Résidentiel	Insee (dossier complet)	X	
Emplois	Tertiaire	Insee (dossier complet)	X	
Emplois par branche	Industrie	Insee (FLORES)	X	
Données agricoles	Agriculture	RGA 2020	X	
Typologie urbaine	Transport	Insee	X	
Emissions	UTCATF	ALDO		X
Autres données énergie-climat	Tous, hors UTCATF	Observatoire régional		X

Tableau 1 Liste des données d'entrée et de leur intégration (ou non) dans l'outil

Des informations sur ces données et traitements éventuels sont fournies dans les paragraphes suivants.

3.4. Scénario de référence

Le scénario de référence utilisé actuellement dans l'outil est le scénario AMS⁵ de la SNBC2, et se trouve dans l'onglet « Traj_supra ». Une analyse des trajectoires de travail disponibles pour la SNBC3 indique que la mise à jour ne devrait pas poser de problème méthodologique majeur, lorsque celle-ci sera publiée.

Un certain nombre de traitements / hypothèses détaillées ont été nécessaires pour aboutir à un niveau de désagrégation suffisant pour le travail de territorialisation, et pour se placer sur un périmètre cohérent avec les trajectoires des territoires. Nous allons détailler ces traitements dans les paragraphes suivants.

3.4.1. Périmètre métropolitain

L'outil étant conçu / adapté pour le contexte métropolitain (en raison du choix des pivots). La Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires a communiqué les trajectoires d'émission du scénario AMS pour le périmètre métropolitain.

3.4.2. Conversion du format SECTEN au format PCAET

Les trajectoires d'émissions sectorielles du scénario AMS étant fournies au format « SECTEN », il a fallu les convertir au format « PCAET ». Ceci implique principalement de réaffecter les émissions de la production centralisée de chaleur et d'électricité (attribuées au secteur « branche énergie » dans le format SECTEN), aux différents secteurs de demande, au prorata de la consommation finale de chaleur et d'électricité.

Pour ce faire, il a été nécessaire de combiner :

- Les trajectoires d'émission de production centralisée d'électricité et de chaleur (données complémentaires fournies par la DGEC, au format CRF de l'ONU, pour le niveau de détail)

⁵ Le scénario AMS (Avec Mesures Supplémentaires) est le scénario de projet de la SNBC, par opposition au scénario AME (Avec Mesures Existantes) qui constitue le scénario tendanciel

- Les consommations finales d'électricité et de chaleur par secteur, fournies par la DGEC

Un traitement supplémentaire a été effectué pour l'électricité : la comptabilité régionale utilise des facteurs d'émission différenciés pour chaque secteur et sous-secteur / usage. Ce sont donc les facteurs d'émission issus de la Base Carbone de l'Ademe qui ont été utilisés afin d'être le plus en cohérence possible avec cette méthode de calcul. La différence avec une approche simplifiée (facteur d'émission moyen du mix électrique) a toutefois un impact relativement modéré sur les trajectoires globales, du fait du mix électrique déjà faiblement carboné.

3.4.3. Désagrégation des émissions et consommations par sous-secteur / usage

Pour les besoins de l'application des pivots, certains secteurs ont dû être subdivisés en plusieurs sous-secteurs ou usages.

3.4.3.1. Bâtiment

La trajectoire d'émission du scénario AMS est fournie pour le secteur « bâtiment ». Il était donc nécessaire de désagréger les secteurs « résidentiel » et « tertiaire ». Des données complémentaires fournies par la DGEC au format CRF⁶ de l'ONU ont permis d'effectuer cette ventilation. Ce travail de désagrégation ne sera plus nécessaire avec les données de la SNBC3, et il n'était déjà pas nécessaire pour les trajectoires de consommation énergétique.

La part de l'usage « chauffage » a ensuite été extraite des émissions et consommations totales du secteur résidentiel. A l'examen des hypothèses retenues dans le scénario AMS de la SNBC2, les ratios que nous avons utilisés sont les suivants :

Grandeur	2015	2030	2050
Part du chauffage dans les émissions GES du résidentiel	90%	90%	100%
Part du chauffage dans la consommation d'énergie finale du résidentiel	66%	69%	53%

Tableau 2 Evolution de la ventilation des émissions et consommations d'énergie du résidentiel, selon les usages « chauffage » et « autres »

Enfin, pour les émissions et consommations du chauffage, on distingue la part des maisons individuelles, de celle du logement collectif. A défaut de données plus précises issues du scénario AMS, nous avons repris le ratio en énergie du Scénario négaWatt 2022, qui reste relativement stable au cours du temps :

Grandeur	2015	2030	2050
Part des maisons individuelles dans les émissions GES de l'usage chauffage résidentiel	73%	71%	71%
Part des maisons individuelles dans les consommations d'énergie de l'usage chauffage résidentiel	73%	71%	71%

Tableau 3 Evolution de la ventilation des émissions et consommations d'énergie de l'usage « chauffage » résidentiel, selon les typologies de logement (maison individuelle vs. logement collectif)

3.4.3.2. Transport

⁶ « Common Reporting Format » : format officiel des inventaires d'émission de gaz à effet de serre, tel que transmis à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CNUCC).

Les émissions du transport routier ont été extraites des données complémentaires de la DGEC au format CRF. Une distinction a été faite pour la part de ces émissions attribuable à la mobilité régulière et locale. En l'absence de données de modélisation pour le scénario AMS sur ce point, c'est la valeur du scénario négaWatt 2022 en année de référence (2015) qui a été utilisée soit, **43,2 MtCO₂eq**. Cette estimation est issue d'une modélisation du besoin de transport régulier et quotidien, par typologie de communes et par part modale.

Par manque d'hypothèse spécifique du scénario AMS, les émissions de la mobilité régulière et locale suivent la tendance globale du transport routier. Le fait de distinguer cette mobilité locale dans la présentation des résultats est néanmoins utile, pour mieux identifier la part relative de cette mobilité, sur laquelle les territoires ont plus de leviers à leur disposition.

Concernant la trajectoire de consommation d'énergie, nous n'avons malheureusement pas accès au détail de la trajectoire transport avec la distinction routier vs. non routier. Il paraît difficile de substituer ce manque de donnée par des ratios externes au scénario AMS. Nous n'avons donc pas cherché à subdiviser le secteur transport en plusieurs sous-secteurs, concernant les consommations d'énergie. Compte tenu de la part importante de ce secteur dans la consommation d'énergie finale, ce serait intéressant que la SNBC3 soit plus détaillée sur ce point.

3.4.3.3. Agriculture

Les émissions du secteur agricole sont subdivisées en trois sous-secteurs :

- **Energie** : assimilées aux émissions de CO₂ du secteur agricole
- **Élevage** : assimilées aux émissions de méthane (CH₄)
- **Pratiques culturales** : assimilées aux émissions des engrais (reprise de la trajectoire N₂O)

Les consommations d'énergie ne sont pas subdivisées en sous-secteur.

3.4.3.4. Industrie

Les émissions et consommations d'énergie du secteur industriel ont été subdivisées en 7 sous-secteurs :

- Métaux primaires
- Chimie
- Non-métalliques
- Agro-industries
- Equipements
- Papier-carton
- Autres industries

Les trajectoires de ces différents sous-secteurs ont été reprises du rapport d'hypothèses détaillées pour l'industrie du scénario AMS. Un traitement a été effectué pour combiner les émissions d'origine énergétique et celles d'origine non-énergétique (à l'exception des émissions liées à l'usage de produits industriels, qui sont a priori intégrées aux secteurs d'émission non industriels).

3.4.4. Résultat des traitements du scénario de référence

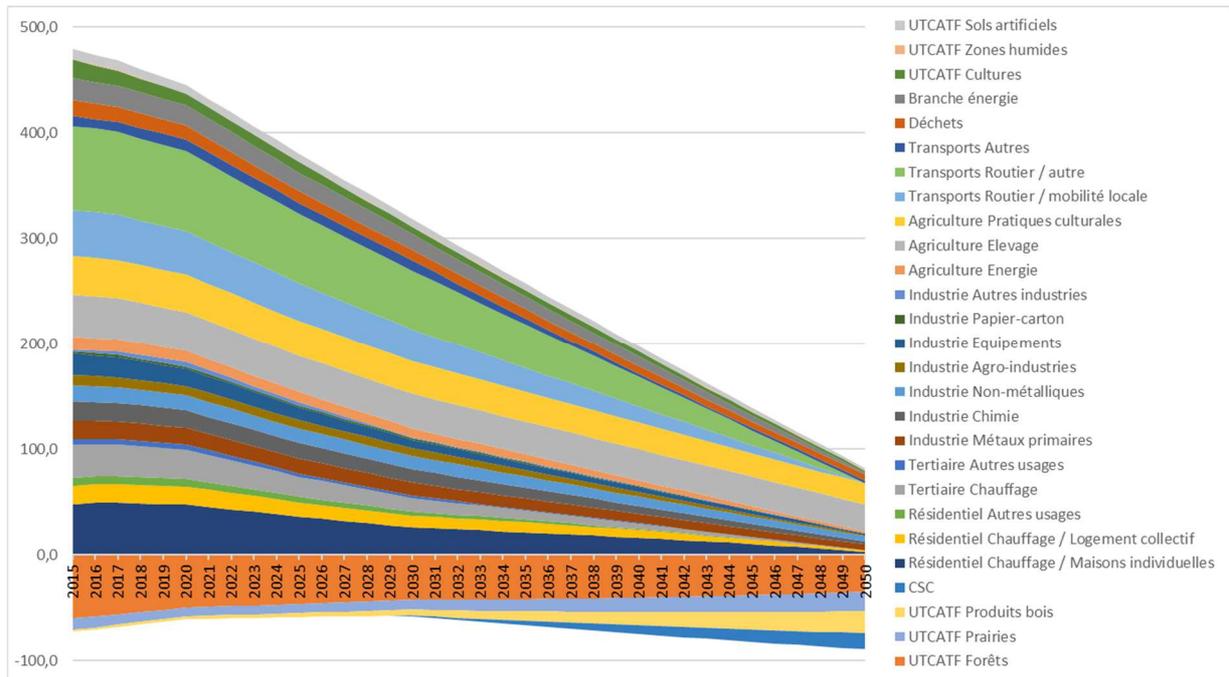


Figure 2 Trajectoire d'émission de GES du scénario AMS SNBC2 au format PCAET, ventilée par sous-secteur/usage (MtCO₂eq)

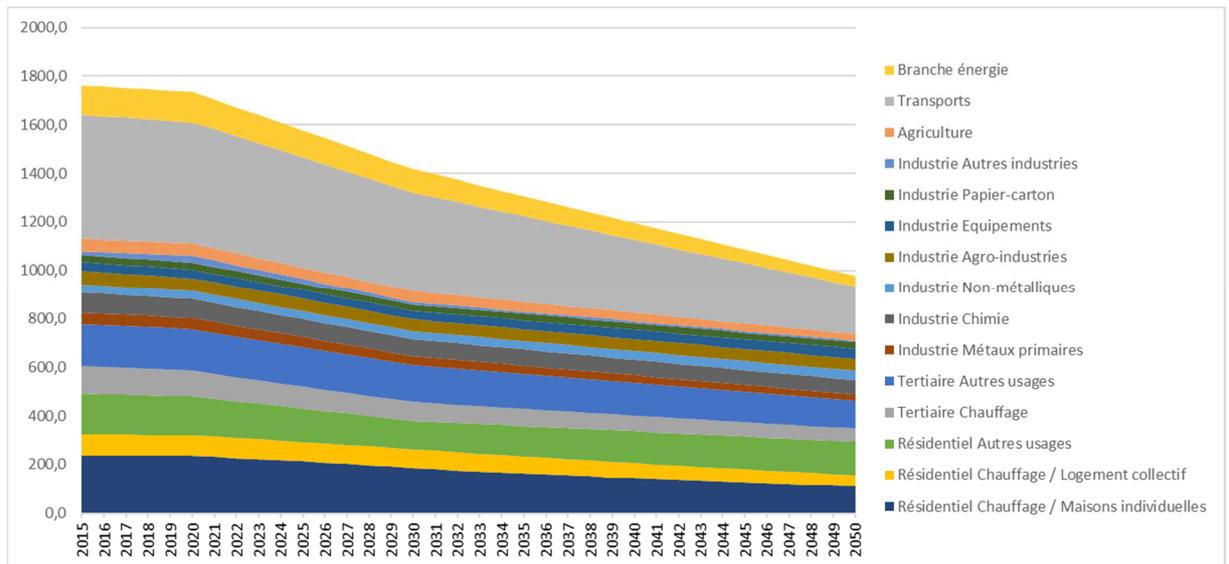


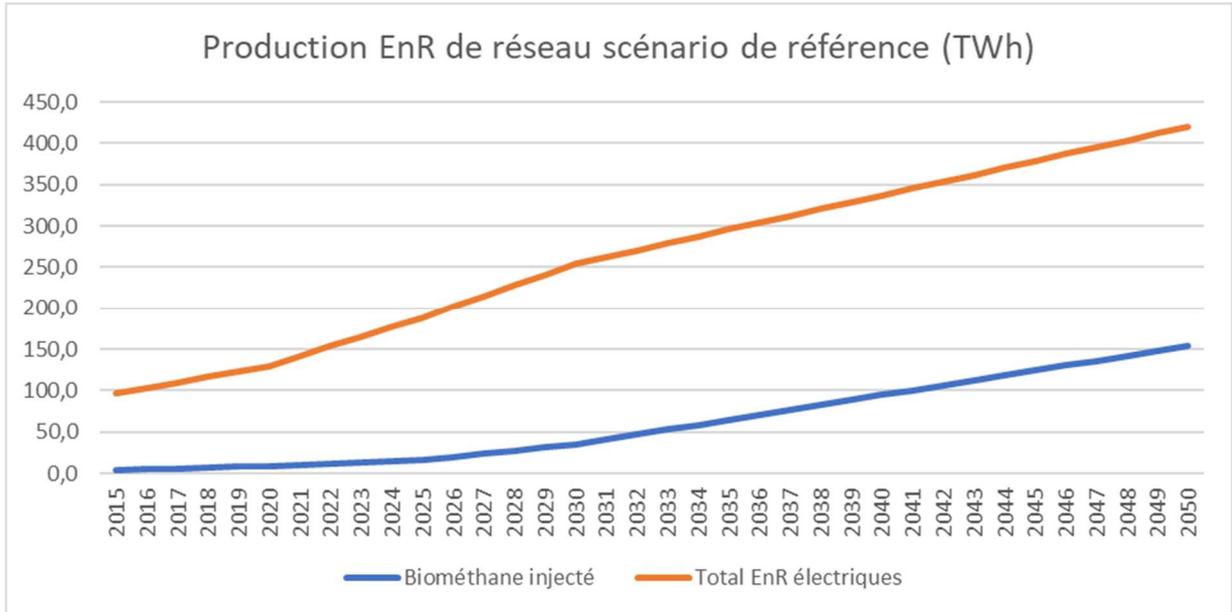
Figure 3 Trajectoire de consommation d'énergie finale du scénario AMS SNBC2, ventilée par sous-secteur/usage (TWh)

3.4.5. Production d'énergies renouvelables

La production d'énergies renouvelables n'est pas vraiment territorialisée dans l'outil, au même titre que les trajectoires d'émission et de consommation. Cela aurait en effet nécessité un travail conséquent, avec des données difficilement accessibles, et une expertise utilisateur au-delà des attendus de l'outil. Par ailleurs, le scénario AMS de la SNBC2 souffre d'un manque de précision, voire d'objectifs au-delà de 2030 pour certaines filières. Néanmoins, pour ne pas faire totalement l'impasse sur ce sujet essentiel, en lien

avec la décarbonation, nous proposons une approche simplifiée et restreinte aux énergies de réseau (électriques et biométhane). La SNBC 2 est en effet trop peu détaillée sur les énergies renouvelables thermiques.

En l'absence d'objectifs de production d'EnR électriques au-delà de 2030, nous avons reconstruit une trajectoire à partir des données SNBC2 sur la période 2015-2030, puis nous avons effectué une interpolation linéaire jusqu'à la cible 2050 proposée par les données SNBC3 provisoires qui nous ont été fournies.



3.4.6. Modification du scénario de référence

Un utilisateur expert pourrait souhaiter modifier la trajectoire du scénario de référence, par exemple pour remplacer le scénario AMS par son équivalent tendanciel (AME), le scénario régional SRADDET, un SDE départemental ou encore pour modifier certaines trajectoires sectorielles (reprenant par exemple une trajectoire industrielle précise, issue des Plans de Transition Sectorielle de l'Ademe).

Les trajectoires GES utilisées pour la territorialisation, se trouvent entre les lignes 129 et 155 de l'onglet « Traj_supra » :

Trajectoire tous GES par pivots	Résidentiel	Chauffage / Maisons indiv	Res_ch_MI	MTCO2eq	47,5	49,1	49,4	48,7	48,1	47,4	45,2
Trajectoire tous GES par pivots	Résidentiel	Chauffage / Logement coll	Res_ch_LC	MTCO2eq	17,6	17,9	17,8	17,6	17,4	17,3	16,5
Trajectoire tous GES par pivots	Résidentiel	Autres usages	Res_autres	MTCO2eq	7,2	7,4	7,5	7,4	7,3	7,2	6,9
Trajectoire tous GES par pivots	Tertiaire	Chauffage	Ter_ch	MTCO2eq	31,8	29,8	29,6	28,9	28,2	27,6	25,8
Trajectoire tous GES par pivots	Tertiaire	Autres usages	Ter_autres	MTCO2eq	5,7	5,3	5,3	5,2	5,0	4,9	4,6
Trajectoire tous GES par pivots	Industrie	Métaux primaires	Emp_met_GES	MTCO2eq	17,3	16,9	16,6	16,3	15,9	15,6	15,3
Trajectoire tous GES par pivots	Industrie	Chimie	Emp_chim_GES	MTCO2eq	18,5	18,1	17,7	17,4	17,0	16,6	16,2
Trajectoire tous GES par pivots	Industrie	Non-métalliques	Emp_nonmet_GES	MTCO2eq	15,1	14,9	14,8	14,6	14,4	14,3	14,1
Trajectoire tous GES par pivots	Industrie	Agro-industries	Emp_iaa_GES	MTCO2eq	9,6	9,4	9,3	9,2	9,0	8,9	8,8
Trajectoire tous GES par pivots	Industrie	Equipements	Emp equip_GES	MTCO2eq	20,6	19,7	18,9	18,0	17,2	16,3	15,5
Trajectoire tous GES par pivots	Industrie	Papier-carton	Emp_pap_GES	MTCO2eq	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9
Trajectoire tous GES par pivots	Industrie	Autres industries	Emp_ind_autres_GES	MTCO2eq	1,5	2,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,2
Trajectoire tous GES par pivots	Agriculture	Energie	SAU	MTCO2eq	12,1	11,8	11,5	11,3	11,0	10,7	10,5
Trajectoire tous GES par pivots	Agriculture	Elevage	UGB	MTCO2eq	39,8	39,3	38,8	38,2	37,7	37,2	36,7
Trajectoire tous GES par pivots	Agriculture	Pratiques culturales	STL	MTCO2eq	36,9	36,6	36,3	36,0	35,7	35,4	34,9
Trajectoire tous GES par pivots	Transports	Routier / mobilité locale	Emi_tra_rout_reg	MTCO2eq	43,2	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,1
Trajectoire tous GES par pivots	Transports	Routier / autre	Emi_tra_rout_autre	MTCO2eq	79,1	79,4	78,4	77,4	76,4	75,5	73,5
Trajectoire tous GES par pivots	Transports	Autres	Emi_tra_autres	MTCO2eq	9,9	8,5	9,2	9,8	10,5	11,2	11,0
Trajectoire tous GES par pivots	Déchets		Emi_dech	MTCO2eq	15,7	15,1	14,6	14,1	13,5	13,0	12,6
Trajectoire tous GES par pivots	Branche énergie		Emi_en	MTCO2eq	20,5	20,0	19,9	19,7	19,6	19,5	19,1
Trajectoire tous GES par pivots	UTCATF	Forêts	Emi_UTCATF_for	MTCO2eq	-60,1	-58,5	-56,2	-54,0	-52,0	-50,1	-49,3
Trajectoire tous GES par pivots	UTCATF	Cultures	Emi_UTCATF_cult	MTCO2eq	17,2	15,8	14,4	13,0	11,8	10,7	10,6
Trajectoire tous GES par pivots	UTCATF	Prairies	Emi_UTCATF_prai	MTCO2eq	-10,7	-10,2	-9,7	-9,2	-8,7	-8,2	-8,3
Trajectoire tous GES par pivots	UTCATF	Zones humides	Emi_UTCATF_zohu	MTCO2eq	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Trajectoire tous GES par pivots	UTCATF	Sols artificiels	Emi_UTCATF_arti	MTCO2eq	10,3	9,9	9,3	8,8	8,3	7,9	7,8
Trajectoire tous GES par pivots	UTCATF	Produits bois	Emi_UTCATF_prbo	MTCO2eq	-1,9	-2,1	-2,2	-2,3	-2,4	-2,4	-2,7
Trajectoire tous GES par pivots	CSC		CSC	MTCO2eq	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Pour tout ou partie de ces secteurs et sous-secteurs, il est donc possible d'écraser les formules avec des valeurs.

De la même façon, il est possible de modifier les trajectoires de consommation énergétique finale, au niveau des lignes 232 à 246 du même onglet.

Consommation finale par secteur par pivots	Résidentiel	Chauffage / Maisons indivi	Res_ch_MI	TWh	235,3	235,8	236,3	235,9	235,4	234,9	230,5
Consommation finale par secteur par pivots	Résidentiel	Chauffage / Logement coll	Res_ch_LC	TWh	87,0	86,1	85,2	85,3	85,4	85,5	84,3
Consommation finale par secteur par pivots	Résidentiel	Autres usages	Res_autres	TWh	168,1	166,3	164,4	162,5	160,7	158,9	154,5
Consommation finale par secteur par pivots	Tertiaire	Chauffage	Ter_ch	TWh	114,0	112,2	110,4	108,6	106,8	105,0	102,1
Consommation finale par secteur par pivots	Tertiaire	Autres usages	Ter_autres	TWh	171,0	171,1	171,2	171,3	171,3	171,4	169,5
Consommation finale par secteur par pivots	Industrie	Métaux primaires	Emp_met_CEF	TWh	49,4	48,6	47,9	47,2	46,4	45,7	45,0
Consommation finale par secteur par pivots	Industrie	Chimie	Emp_chim_CEF	TWh	83,1	82,2	81,3	80,4	79,5	78,5	77,6
Consommation finale par secteur par pivots	Industrie	Non-métalliques	Emp_nonmet_CEF	TWh	32,9	33,0	33,0	33,0	33,1	33,1	33,1
Consommation finale par secteur par pivots	Industrie	Agro-industries	Emp_iaa_CEF	TWh	56,0	55,4	54,9	54,4	53,9	53,4	52,8
Consommation finale par secteur par pivots	Industrie	Equipements	Emp equip_CEF	TWh	37,0	36,9	36,8	36,6	36,5	36,4	36,3
Consommation finale par secteur par pivots	Industrie	Papier-carton	Emp_pap_CEF	TWh	29,9	29,7	29,5	29,3	29,1	28,9	28,6
Consommation finale par secteur par pivots	Industrie	Autres industries	Emp_ind_autres_CEF	TWh	16,2	18,7	21,2	23,7	26,3	28,8	26,9
Consommation finale par secteur par pivots	Agriculture	SAU	SAU	TWh	52,2	51,8	51,4	51,1	50,7	50,3	49,7
Consommation finale par secteur par pivots	Transports	CEF_tra	CEF_tra	TWh	509,0	507,0	504,9	502,9	500,9	498,9	490,1
Consommation finale par secteur par pivots	Branche énergie	CEF_en	CEF_en	TWh	120,9	121,9	122,8	123,7	124,7	125,6	122,7

Les trajectoires de production d'énergie renouvelable sont définies en lignes 276 à 282 :

Consommation de biogaz dans le gaz réseau	Biométhane injecté	Prod_biogaz	TWh	3,8	4,8	5,9	6,9	8,0	9,0	10,4	11,8	13,2	14,6
Production électrique	Hydraulique	Prod_EI_Hydro	TWh	59,0	59,4	59,8	60,2	60,6	61,0	61,2	61,4	61,6	61,8
Production électrique	Eolien	Prod_EI_Eol	TWh	21,0	25,2	29,4	33,6	37,8	42,0	49,2	56,4	63,6	70,8
Production électrique	Solaire	Prod_EI_PV	TWh	8,0	9,8	11,6	13,4	15,2	17,0	20,4	23,8	27,2	30,6
Production électrique	Bioénergies électriques	Prod_EI_BioEn	TWh	8,0	8,4	8,8	9,2	9,6	10,0	10,8	11,6	12,4	13,2
Production électrique	Total EnR électriques	Prod_EI_ENR	TWh	95,0	102,8	109,6	116,4	123,2	130,0	141,6	153,2	164,8	176,4

Les choix méthodologiques détaillés dans les paragraphes précédents peuvent être source d'inspiration pour désagréger d'autres scénarios de référence si ceux-ci ne fournissent pas immédiatement le même découpage en sous-secteurs/usages.

Si le périmètre géographique du scénario de référence choisi diffère de celui par défaut (périmètre métropolitain), il est possible d'ajuster de procéder à des ajustements en modifiant les valeurs de la colonne « D » de l'onglet « EPCI » (une valeur 1 signifie que l'EPCI fait partie du territoire du scénario de référence).

Enfin, il faut modifier les intitulés du scénario et de son échelon géographique (national, régional, départemental...) en haut de l'onglet « Traj_supra », afin de mettre à jour les libellés des différentes sorties de l'outil :

Nom du scénario	SNBC2
Echelon géographique	National

3.5. Choix des pivots pour l'exercice de territorialisation des émissions de GES et des consommations par secteur

Ce chapitre présente les pivots, pour chacun des secteurs. Le choix de ces pivots a été confronté aux retours d'expérience des territoires pilotes.

Un certain nombre de critères de décision doivent être pris en compte dans ce choix. Ils sont résumés dans le tableau suivant :

	Critère	Importance
Donnée de pivot	Valeur nationale du pivot disponible et cohérente avec la somme des valeurs locales	Haute
	Méthodologie de comptabilité du pivot homogène au niveau national	Haute
	Donnée de pivot disponible au niveau EPCI	Haute
	Source de donnée centralisée ou pseudo-centralisée (régions)	Moyenne
Trajectoires GES au périmètre du pivot	Le pivot dispose d'une prospective territoriale spatialisée (ex : projections démographiques départementalisées de l'INSEE)	Faible
	Le pivot territorial doit être un très bon déterminant des émissions/consommations du secteur (ou sous-secteur) concerné	Haute
	Si le pivot porte sur un sous-secteur / usage, les émissions/consommations associées à son périmètre doivent être disponibles dans le scénario de référence	Haute
	Si le pivot porte sur un sous-secteur / usage, son poids relatif en émission/consommation ne doit pas être négligeable dans le scénario de référence (compromis précision / nombre de pivots)	Moyenne
	Si un secteur est découpé en plusieurs sous-secteurs / usages, leurs évolutions relatives doivent être suffisamment différenciées	Moyenne

Tableau 4 Critères de choix d'un pivot

Ainsi, un pivot potentiellement intéressant peut finalement être inopérant s'il ne satisfait pas l'un des critères ayant une importance « haute ». C'est le cas par exemple du manque de disponibilité de la donnée locale, ou du niveau de désagrégation du scénario de référence, ou encore de la part relative trop faible du sous-secteur ou usage concerné, au sein de la trajectoire globale etc.

3.5.1. Facteur correctif transversal (démographie)

Aux différents pivots sectoriels détaillés plus loin, s'ajoute un facteur correctif transversal : la démographie (comme indiqué dans le schéma de principe en Figure 1, chapitre 3.1).

Le principe est le suivant :

- Les projections démographiques départementales 2018-2070 de l'Insee (Omphale 2022) ont été récupérées
- On estime qu'entre 2015 et 2018, il n'y a pas d'évolution démographique
- On calcule la variation relative de population pour chaque département et chaque année jusqu'en 2050 (base 100% en 2015-2018). Les trajectoires d'évolution démographique se trouvent dans l'onglet masqué « Démographie »
- Ces trajectoires sont ensuite affectées à chaque EPCI selon leur appartenance aux départements, dans l'onglet « EPCI »
- Une moyenne pondérée (selon la population 2015) est calculée pour le territoire étudié, qui représente un ou plusieurs EPCI
- On évalue le ratio entre cette trajectoire calculée, et l'évolution moyenne nationale

Ce ratio donne donc une idée de l'écart démographique du territoire étudié, par rapport à l'évolution moyenne nationale. Cet écart est de l'ordre de plus ou moins 10% en 2050 (et part de 0% en 2015, par construction).

Le ratio est appliqué à différents secteurs ou sous-secteurs d'émission et de consommation, si le facteur démographique est impactant (en faisant l'hypothèse d'une proportionnalité) :

- Résidentiel
- Tertiaire
- Mobilité routière régulière et locale
- Gestion des déchets

Les activités économiques hors tertiaire sont donc de facto exclues.

NB : à l'exception des déchets (qui représentent une part minime des émissions), ces secteurs sont à terme très fortement décarbonés dans le scénario AMS de la SNBC. Or, c'est précisément sur le long terme que l'effet démographique va avoir une influence (puisque par construction il s'agit d'un écart cumulatif à la moyenne nationale). L'effet sur les trajectoires d'émission en valeur absolue est donc assez marginal. La démographie a néanmoins un effet sur l'ampleur des actions à mettre en œuvre pour mener à bien les actions d'atténuation dans certains secteurs (par ex. sur le dimensionnement de l'offre de transports publics, sur le volume de rénovations...).

Le facteur de correction est rappelé, pour information, dans les onglets de résultat des secteurs concernés:

Indicateur	Sous-indicateur / secteu Usage		Unité	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
SECTEUR : RESIDENTIEL											
Pivot											
Pivots d'émission	Résidentiel	Chauffage / Maisons individuelles	%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,10%	0,10%	0,10%
Pivots d'émission	Résidentiel	Chauffage / Logement collectif	%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%	0,06%
Pivots d'émission	Résidentiel	Autres usages	%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%
Facteur de correction des DJU	Résidentiel	Chauffage seulement	%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
Facteur de correction démographie	Résidentiel	Tous usages	%	100%	101%	102%	104%	106%	107%	108%	109%

Il est possible d'entrer sa propre trajectoire démographique en mode « expert » : pour cela il faut entrer manuellement (écraser les formules) les valeurs en milliers d'habitants, à la ligne 114 de l'onglet « TOUS

SECTEURS ». Cette ligne est masquée par défaut. Elle apparaît en cliquant dans la marge gauche sur le signe .

	A	B	C	D	E	F	G	L	Q	V	AA	AF	AK	AP
1	Indicateur	Sous-indicateur / secteur Usage	Code indicateur	Unité	Commentaire		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
2	TRAJECTOIRE TOUS SECTEURS													
79														
80	Modulation temporelle des pivots													
81	Population du territoire			khab	Cf. projections départementalisées		452,7	456,3	464,9	473,1	479,5	484,9	489,2	492,1
82	Evolution démographique vs. 2015			%			108,7%	101,9%	103,7%	105,2%	106,7%	107,7%	108,7%	109,7%
83	Evolution démographique vs. moyenne nationale	Voir colonne I de "Caract_territoire" pour les pivots concernés		%			100%	100%	101%	102%	103%	104%	105%	105%
84														

Attention à conserver une copie non modifiée du fichier original, pour pouvoir revenir si besoin aux trajectoires calculées automatiquement.

A ce stade, et pour ne pas complexifier l’outil et la démarche, il n’est pas possible d’introduire d’autres éléments de modulation de trajectoires dans le temps.

3.5.2. Pivots pour le résidentiel

Pivots de territorialisation :

- **Chauffage maisons individuelles** : nombre de maisons en résidence principale (champ « RMAISON » du dossier complet INSEE 2014)⁷
- **Chauffage appartements** : nombre d’appartements en résidence principale (champ « RPAPPART » du dossier complet INSEE 2014)
- **Autres usages (eau chaude sanitaire, cuisson, électricité spécifique, climatisation)** : nombre de ménages (champ « MEN » du dossier complet INSEE 2014, réajusté pour coller à la population 2015)

Les émissions et consommations de chauffage sont par ailleurs modulées par département en intégrant une variable de rigueur climatique :

- Les données de degrés jours unifiés (DJU) départementales et nationales sont récupérées (voir onglet « DJU » de l’outil) auprès du SDES⁸
- Les pivots de « chauffage maisons individuelles », « chauffage appartements » et « chauffage tertiaire » sont alors multipliés par le ratio entre le DJU du département de l’EPCI et le DJU national moyen
- Lorsqu’un EPCI est à cheval sur plusieurs départements, on prend arbitrairement la valeur de l’un des départements
- Lorsque les EPCI sélectionnés se situent dans plusieurs départements, on prend la moyenne de leurs DJU, pondérée par la population

A ce jour, il n’existe pas de données de DJU pour une maille territoriale plus fine que le département, en dépit de différences parfois importantes au sein d’un même département. Les travaux en cours de développement de l’open data menés par Météo France (à la suite des récentes lois nationales et européennes à ce sujet), devraient lever cette difficulté⁹. En l’absence de données plus fines, le territoire qui dispose d’une meilleure évaluation (via un réseau de stations météo propre, ou l’achat de données auprès de Météo France), pourra modifier manuellement la valeur de l’onglet « Caract_territoire » :

Pivots "généraux"

Population	66 099 059	0,75%	494 272	nb
Surface	632 660	0,05%	337,6	km2
Degrés-jours-unifiés (DJU)	1 881	118,34%	2 226	DJU

⁷ NB : un essai a été mené en prenant comme pivot le nombre de pièces (et non le nombre de logements), l’impact sur les résultats est faible. Il s’agit par ailleurs d’un indicateur plus difficile à mobiliser pour les territoires.

⁸ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/indice-de-rigueur-degres-jours-unifies-aux-niveaux-national-regional-et-departemental>

⁹ Voir cet article récent du Monde : https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2023/06/21/face-au-rechauffement-climatique-le-tresor-encore-inaccessible-des-donnees-de-meteo-france_6178606_4355770.html

De façon générale, les valeurs de cet onglet en colonne F, sur fond bleu clair, sont celles évaluées automatiquement à partir des codes EPCI et des bases de données intégrées à l'outil (voir Tableau 1 chapitre 3.3.2 pour la liste complète). Il est toujours possible de renseigner des valeurs en manuel pour ces différents champs. Les liens avec les bases de données seront en revanche perdus, en cas de modification ultérieure des EPCI étudiés, il est donc recommandé de travailler sur une copie du fichier Excel original.

L'utilisation de ces pivots permet de reconstituer les émissions et consommations du secteur résidentiel en année de référence, indépendamment des données d'observatoire. Il peut donc y avoir un décalage avec ces dernières. L'analyse des résultats sur le panel de territoires pilotes révèle des écarts relativement corrects avec les données d'observatoire, dans l'ordre de grandeur des écarts qu'on peut observer entre observatoires et inventaire GES territorialisé du CITEPA.

La forme de la trajectoire territorialisée est déterminée par l'évolution des sous-secteurs du scénario AMS, correspondant aux trois pivots. Les émissions du chauffage (maisons individuelles et logement collectif) sont largement prépondérantes, et le ratio maisons individuelles / logement collectif n'a pas une influence considérable sur la forme de la trajectoire (les deux types de logement ayant une évolution comparable dans le scénario de référence, combiné aux hypothèses complémentaires mentionnées au chapitre 3.4.3.1). Les spécificités d'un territoire vont donc surtout avoir un impact sur le point de départ de la courbe, et moins sur la forme de celle-ci.

3.5.3. Pivot pour le tertiaire

Pivot de territorialisation :

- Nombre d'employés dans le tertiaire (cf. tableau « EMP T8 » du dossier complet INSEE 2014, en additionnant les catégories « le commerce, les transports et les services divers » et « l'administration publique, l'enseignement, la santé humaine et l'action sociale »)

Pour le secteur tertiaire, un seul pivot est utilisé, celui de l'emploi. Ce pivot est adapté avec les DJU sur la partie chauffage, en suivant la même méthodologie que pour le résidentiel.

3.5.4. Pivots pour la mobilité

Données d'entrée :

- Emissions du transport routier selon l'observatoire
- Emissions du transport non routier selon l'observatoire

Pivots de territorialisation :

- Transport routier
 - **Mobilité régulière et locale** : évaluation en fonction du nombre de ménages et de la typologie de commune (rural, urbain, péri-urbain plus ou moins polarisé...), en distinguant la part des usages des habitants pour la mobilité du quotidien dans le secteur des transports
 - **Mobilité de transit** : par déduction des émissions du transport routier (observatoire)
- Transport non routier : émissions de l'observatoire

Les ratios utilisés pour reconstruire la consommation d'énergie et les émissions liées à la mobilité régulière et locale sont issus du scénario négaWatt 2022.

Mobilité régulière et locale en véhicules particuliers	Consommation finale par habitant (GWh/hab/an)	Emissions par habitant (tCO2/hab/an)
Espace à dominante rurale	0,003	0,797
Commune polarisée d'une AU jusqu'à 99 999 habitants	0,004	0,891

Pôle urbain d'une AU jusqu'à 99 999 habitants	0,007	1,693
Commune multipolarisée	0,004	1,096
Commune polarisée d'une AU de 100 000 à 10 M d'habitants	0,004	0,943
Banlieue du pôle urbain d'une AU de 100 000 à 10 M d'habitants	0,002	0,562
Centre du pôle urbain d'une AU de 100 000 à 10 M d'habitants	0,001	0,338
Commune polarisée AU de Paris	0,003	0,859
Banlieue de Paris	0,002	0,418
Paris	0,001	0,125

Tableau 5 Ratios mobilité régulière et locale des véhicules particuliers en 2015 (source : scénario négaWatt 2022)

Ces ratios sont ensuite appliqués aux typologies de commune de l'ensemble des communes du (ou des) EPCI étudié(s). L'affectation des typologies de communes est tirée de l'outil DiagFlash de la démarche Destination TEPOS.

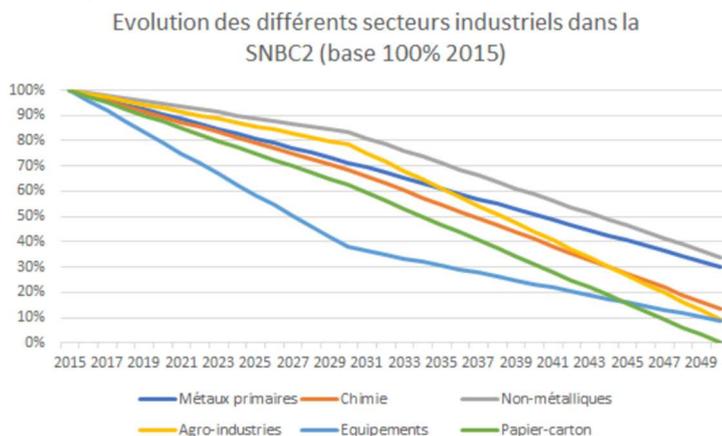
Le total des émissions du secteur transport est calé sur les données de l'observatoire. Il n'y a donc aucun décalage possible à ce niveau. La forme de la trajectoire est influencée par le ratio entre transport routier et non routier, ce dernier étant décarboné partiellement dans le scénario AMS (-76% vs. 2015), a contrario du transport routier qui est quasi totalement décarboné. A noter que pour l'instant les trajectoires « routier quotidien » et « routier autres » ne suivent pas des dynamiques différentes, fautes d'hypothèses suffisamment détaillées à ce niveau dans le scénario AMS. Ce point méritera d'être affiné lors du passage à la SNBC3. Par ailleurs, comme indiqué en 3.4.3.2, la désagrégation du transport en sous-secteur n'a été possible que pour les trajectoires d'émission, et non pour la consommation d'énergie, faute de détail dans le scénario AMS.

3.5.5. Pivot pour l'industrie

Pivots de territorialisation :

- Nombre d'employés pour chacun des sous-secteurs industriels
 - Métaux primaires
 - Chimie
 - Non-métalliques
 - Agro-industries
 - Equipements
 - Papier-carton
 - Autres industries

Différentes méthodes de territorialisation ont été testées pour ce secteur, la plupart se heurtant aux fortes spécificités locales, difficiles à capturer car liées à la présence d'un petit nombre d'acteurs économiques. D'autre part, utiliser un pivot unique n'aurait pas tiré parti des trajectoires différenciées du scénario AMS, qui ont des dynamiques assez contrastées d'un secteur à l'autre :



C'est donc une démarche hybride qui a été adoptée :

- Utilisation des données d'emploi pour déterminer la part relative des différents sous-secteurs industriels du territoire. Une piste d'amélioration serait d'obtenir cette répartition directement auprès du Citepa¹⁰, qui a effectué un travail important de géolocalisation des gros émetteurs (via la [base de données](#) du système d'échange de quotas d'émission européen).
- Recalage des émissions et consommations totales avec les données d'observatoire pour compenser de possibles écarts induits par le pivot emploi, nécessairement imparfait (ces écarts étant parfois très importants, après les tests sur les territoires pilotes).

Le nombre d'employés pour chaque sous-secteur est issu du « Fichier localisé des rémunérations et de l'emploi salarié » de l'Insee (FLORES)¹¹, qui a été compilé pour l'échelon EPCI (le fichier initial étant au niveau communal), puis intégré à l'outil dans l'onglet « EPCI ».

Les réductions d'émissions dans l'industrie varient entre 75% et 90% en 2050, par rapport à 2015, selon les territoires

3.5.6. Pivot pour les déchets

Pivot de territorialisation :

- de GES et consommations d'énergie « déchets » du territoire

3.5.7. Pivots pour l'agriculture

Pivots de territorialisation :

- Surface Agricole Utile (SAU) à partir des données du recensement général agricole (RGA)
- Surface de grandes cultures, de prairies, de vignes, de vergers (RGA)
- Nombre d'unités de gros bétail pour les ruminants (UGB) (RGA)

Les données du RGA 2020 ont été intégrées directement dans l'outil (onglet « EPCI »).

L'expérimentation auprès des territoires pilotes montre que les écarts en année de référence avec les données d'observatoire sont relativement modérés, à l'exception de certains territoires très agricoles, pour lesquels il faudrait sans doute passer en « mode expert » dans l'onglet « Caract_territoire » :

Pivots pour agriculture

SAU	26 964 646	0,03%	6 984 ha
Nombre d'unités gros bétail (UGB)	26 549 050	0,02%	4 572 Unités
Surface de terres labourables	17 608 180	0,01%	2 263 ha

C'est essentiellement la répartition du type d'agriculture (élevage vs. cultures) qui va déterminer la forme de la trajectoire d'évolution des émissions, les émissions associées à l'élevage diminuant moins que celles associées aux cultures dans le scénario AMS (-34% vs. -47% en 2050 vs. 2015).

Le premier pivot (SAU) est utilisé aussi bien pour les émissions d'origine énergétique de l'agriculture, que pour les consommations d'énergie de ce secteur. Les deux autres pivots ne sont en revanche utilisés que pour les émissions d'origine non énergétiques. Ils n'interviennent donc pas sur les consommations d'énergie.

3.5.8. Pivot pour les puits de carbone

Pivot de territorialisation :

¹⁰ Ces données ne sont en revanche pas disponibles publiquement pour l'instant, ce qui constitue un enjeu fort en termes de levée du secret statistique (en « zoomant » sur un territoire restreint de type EPCI, et sur un sous-secteur industriel, cet enjeu de secret statistique est exacerbé).

¹¹ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4991205> . Cette base de données est la suite de l'ancienne « [Connaissance locale de l'appareil productif](#) » (CLAP)

- Flux nets de séquestration carbone du territoire, par secteurs UTCATF d'après l'outil ALDO¹²

Sur chacun des postes (forêts, cultures, prairies, zones humides, sols artificiels, produits bois) est appliqué la tendance nationale du scénario de référence, à partir des valeurs données par ALDO.

3.5.9. Pivot pour les puits de carbone technologiques

Pivot de territorialisation :

- Moyenne des pivots de l'industrie et de la branche énergie

Les systèmes de capture de carbone sont censés capturer les émissions de CO₂ à la sortie d'équipements particulièrement émetteurs comme les industries lourdes.

En partant du principe que les technologies de capture et séquestration du carbone se concentreront sur les sources centralisées de CO₂, nous avons fait le choix de reprendre comme pivot la moyenne des pivots de l'industrie et de la branche énergie de l'industrie (par ex. si le territoire représente 1% des émissions nationales de l'industrie en additionnant tous les sous-secteurs industriels, on reprend cette valeur agrégée de 1% comme pivot pour les puits de carbone technologiques).

3.5.10. Pivot pour la branche énergie de l'industrie

Pivot de territorialisation :

- Emissions de GES et consommations d'énergie du secteur « branche énergie de l'industrie » du territoire

Comme rappelé en 3.2, le secteur branche énergie de l'industrie ne comprend ici que la partie hors production centralisée d'électricité et de chaleur, constituée des raffineries et infrastructures de transport des produits énergétiques.

3.5.11. Récapitulatif des pivots de territorialisation des émissions et consommations

Pivot	Secteur	Usage/sous-secteur	Appliqué aux émissions	Appliqué à l'énergie	Modulé par DJU	Modulé par démographie	Recalage observatoire ¹³
Résidences principales MI	Résidentiel	Chauffage / Maisons individuelles	X	X	X	X	
Résidences principales LC	Résidentiel	Chauffage / Logement collectif	X	X	X	X	
Nombre de ménages	Résidentiel	Autres usages	X	X		X	
Nombre d'employés	Tertiaire	Chauffage	X	X	X	X	
Nombre d'employés	Tertiaire	Autres usages	X	X		X	
Nombre d'employés	Industrie	Métaux primaires	X	X			X
Nombre d'employés	Industrie	Chimie	X	X			X
Nombre d'employés	Industrie	Non-métalliques	X	X			X

¹² <https://aldo-carbone.ademe.fr>

¹³ Indique si le pivot est recalé pour que la territorialisation retombe sur le même point de départ que les données de l'observatoire régional.

Pivot	Secteur	Usage/sous-secteur	Appliqué aux émissions	Appliqué à l'énergie	Modulé par DJU	Modulé par démographie	Recalage observatoire 13
Nombre d'employés	Industrie	Agro-industries	X	X			X
Nombre d'employés	Industrie	Equipements	X	X			X
Nombre d'employés	Industrie	Papier-carton	X	X			X
Nombre d'employés	Industrie	Autres industries	X	X			X
SAU	Agriculture	Energie	X	X			
Nombre d'unités gros bétail (UGB)	Agriculture	Elevage	X				
Surface de terres labourables	Agriculture	Pratiques culturales	X				
Emissions année de référence	Transport	Routier quotidien	X			X	X
Emissions année de référence	Transport	Routier autre	X				X
Emissions année de référence	Transport	Non routier	X				X
Consommation année de référence	Transport			X			X
Emissions/consommation année de référence	Déchets		X	X		X	X
Emissions/consommation année de référence	Branche énergie		X	X			X
Emissions année de référence	UTCATF	Forêts	X				X
Emissions année de référence	UTCATF	Cultures	X				X
Emissions année de référence	UTCATF	Prairies	X				X
Emissions année de référence	UTCATF	Zones humides	X				X
Emissions année de référence	UTCATF	Sols artificiels	X				X
Emissions année de référence	UTCATF	Produits bois	X				X
Moyenne des pivots industrie	CSC		X				

Tableau 6 Récapitulatif des pivots utilisés, et de leur application aux trajectoires d'émission GES et/ou de consommation d'énergie

3.6. Approche de territorialisation de la production d'énergies renouvelables

Ce secteur n'est pas comptabilisé dans les trajectoires d'émission GES, mais est fourni à titre indicatif, en tant que levier important de contribution des territoires à la décarbonation globale de l'économie nationale (pour les énergies de réseau) et/ou comme moyen de décarbonation de leurs émissions locales (pour les autres types d'énergie).

3.6.1. Productions énergétiques connectées aux réseaux d'énergie nationaux (gaz et électricité)

Pivot de territorialisation :

- Surface du territoire hors forêt

La surface du territoire apparaît comme un premier indicateur de la contribution que les territoires doivent apporter à la production énergétique globale, même s'il est nécessaire de l'affiner en fonction des réelles potentialités locales filières par filières.

La régionalisation en cours des objectifs de développement des énergies renouvelables, en lien avec la mise à jour de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) pourront être mis à profit une fois publiés, pour affiner la territorialisation des objectifs de production d'énergies renouvelables.

3.6.2. Énergies renouvelables thermiques

Les ENR de type appareils de chauffage au bois domestique, pompes à chaleur, panneaux solaires thermiques impactent directement les bilan ENR du secteur du bâtiment, et sont un levier de décarbonation du secteur. Cette partie sera développée avec l'intégration des objectifs de la SNBC 3. En effet, la SNBC 2 est peu détaillée sur le sujet, ce qui ne permet pas de décliner finement ses objectifs sur les ENR thermiques.

4. Conclusion et suites

Ce document a été conçu pour expliciter le cadre méthodologique et le fonctionnement de l'outil de calcul des trajectoires climat de référence adaptées à l'échelle infrarégionale. Il facilitera ainsi le travail de compréhension des utilisateurs avancés et développeurs souhaitant enrichir ou mettre à jour l'outil dans une démarche « open source », par exemple dans la perspective d'une mise à jour du scénario de référence.

De façon concrète, le présent document a déjà facilité l'intégration de l'outil Excel sur la plateforme numérique « [Territoires en Transitions](#) ». En effet, l'outil complet dans sa version tableur, ainsi que les résultats de calcul de trajectoire avec une approche de saisie simplifiée, est mis à disposition des collectivités utilisatrices de cette plateforme.