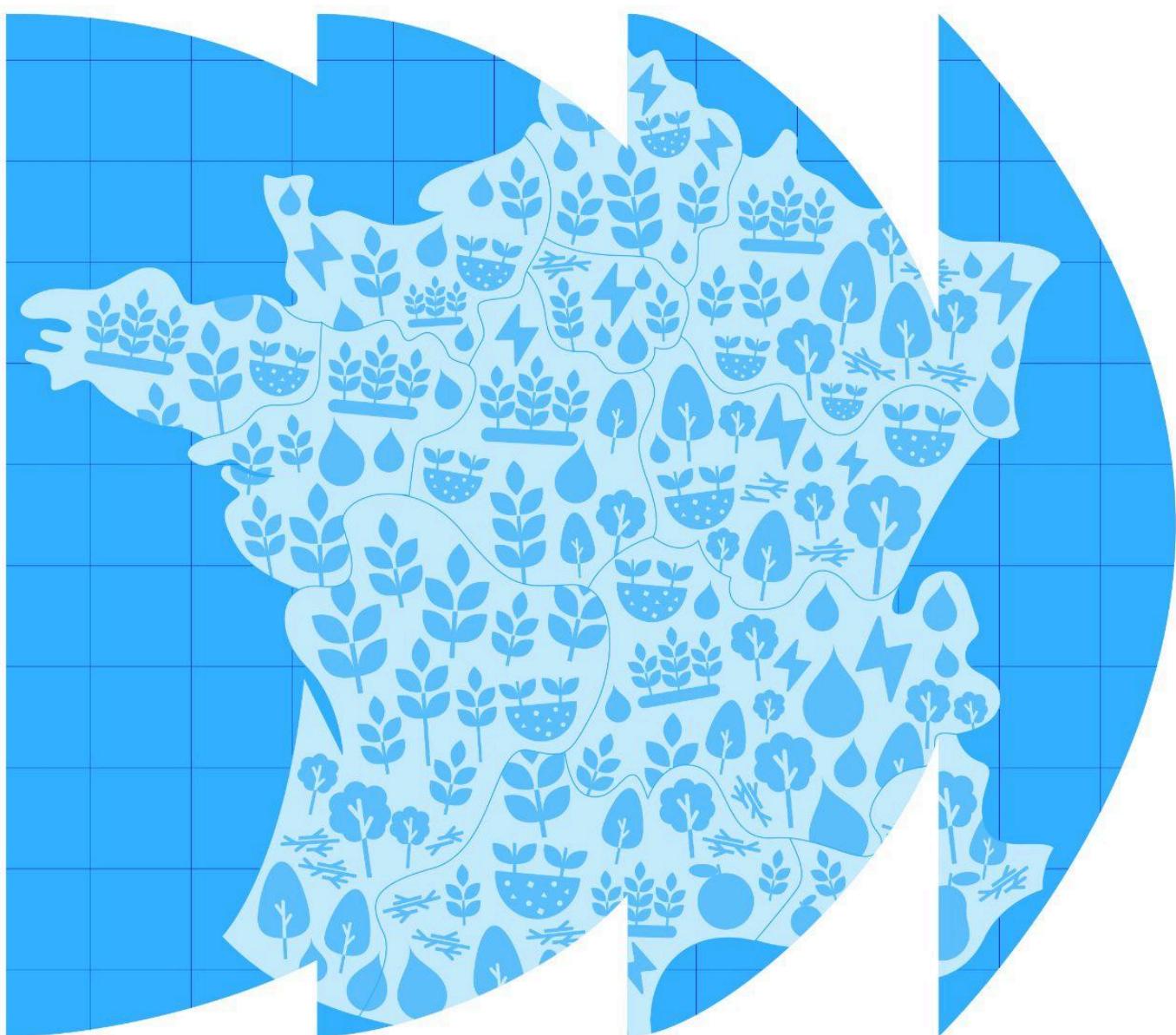


# PLANIFIER PAR LES RESSOURCES LOCALES

EAU, SOL, BIOMASSE, ÉNERGIES :  
CONJUGUER DÉCARBONATION  
ET SPÉCIFICITÉS TERRITORIALES

Guide méthodologique - Décembre 2025

DANS LE CADRE DE NOTRE  
**PROGRAMME D'ACTION POUR 2027**



LE THINK TANK DE LA  
TRANSITION BAS CARBONE

 THE SHIFT  
PROJECT

# Table des matières

Table des matières.....	2
<b>Introduction.....</b>	<b>3</b>
Nos partenaires.....	4
<b>Méthodologie.....</b>	<b>5</b>
Cadrage des données territoriales.....	5
Définition des ressources.....	9
Définition des activités locales.....	13
Simulation des évolutions territoriales.....	20
<b>Modélisation par secteur.....</b>	<b>26</b>
Logement.....	27
Tertiaire.....	37
Agriculture.....	47
Industrie.....	55
Production d'énergie.....	61
Mobilité quotidienne.....	69
Mobilité longue distance.....	77
Fret.....	83
Hors secteurs.....	87
<b>Cartes de la publication.....</b>	<b>91</b>

# Introduction

Ce document présente la démarche de modélisation territoriale développée dans le cadre de la publication : « Eau, sol, biomasse, énergies : Planifier la décarbonation par les ressources locales ». Cette modélisation repose sur l'exploitation de données publiques récentes (principalement entre 2020 et 2025) et sur la construction d'un système cohérent permettant de représenter les territoires français à travers leurs activités physiques, leurs consommations, leurs productions et leurs transformations.

Son objectif principal est de **rendre comparables les territoires entre eux** sur des bases homogènes, afin d'en faire émerger des ordres de grandeur, des contrastes ou des dépendances physiques souvent peu visibles dans les approches traditionnelles. Il ne s'agit pas de prédire l'avenir ou de décrire chaque territoire avec un niveau de détail absolu, mais de proposer une **lecture physique, simplifiée et structurée** des dynamiques territoriales.

Le modèle permet ainsi de :

- Décrire les territoires avec une multitude d'indicateurs physiques comparables ;
- Structurer ces données autour d'activités territoriales représentatives ;
- Simuler des évolutions territoriales prospectives de toute nature ;
- Observer les conséquences en cascade de ces évolutions sur les ressources, les territoires et les activités.

Le lecteur trouvera dans ce document une méthode permettant de répondre à des questions telles que : Que consomme un territoire ? Que produit-il ? Quelle place occupe-t-il dans les dynamiques nationales ? Que se passerait-il si certaines tendances s'accéléraient ou si certains choix étaient faits ?

L'approche est conçue pour permettre l'exploration de futurs possibles, à différentes échelles et dans différents secteurs, en s'appuyant sur une base commune et reproductible. Le résultat n'est pas un scénario, mais un **cadre de réflexion** permettant aux acteurs publics, techniques ou scientifiques de **situer leur territoire dans un ensemble national** et d'examiner l'effet d'évolutions ciblées.

Ce document est destiné à un public technique type modélisateurs, ingénieurs ou chercheurs, travaillant au sein d'une collectivité, d'un service ou d'une agence de l'Etat (DGEC, CGDD, SGPE, ADEME, ANCT, DREAL, etc.), ou encore d'un bureau d'étude. Il propose une lecture structurée d'un système de modélisation conçu pour éclairer les enjeux physiques, énergétiques ou climatiques associés aux trajectoires de transition. À travers cette lecture, le lecteur est invité à s'approprier la logique du modèle, à en comprendre les limites et à mobiliser ses résultats pour alimenter des analyses territoriales plus fines.

## Nos partenaires

Nous remercions les partenaires du projet pour leur soutien technique et financier.



axione



INTERCOMMUNALITÉS  
DE FRANCE

FRANCE  
URBAINE  
MÉTROPOLES, AGGLOS ET GRANDES VILLES

BANQUE DES  
TERRITOIRES  
GROUPE CAISSE DES DÉPÔTS

RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE  
Liberté  
Égalité  
Fraternité

ADEME  
AGENCE DE LA  
TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE

SNCF  
RÉSEAU  
SNCF  
VOYAGEURS

Groupama

# Méthodologie

Nous présentons dans cette section l'approche méthodologique adoptée pour nos travaux. Nous y exposons les concepts théoriques permettant de décrire et d'analyser des données territoriales de manière technique. Ce cadre de réflexion est proposé comme base réutilisable par toute personne souhaitant réaliser ses propres analyses.

## Cadrage des données territoriales

L'analyse présentée dans ce document repose sur une approche territorialisée des données physiques. Elle vise à décrire les territoires français de manière cohérente et comparable, en s'appuyant sur les données publiques les plus fines disponibles.

### Périmètre géographique

Le périmètre couvert par cette publication se limite à la **France métropolitaine** (France continentale et Corse). Les territoires d'outre-mer n'ont pas été intégrés au périmètre du projet, pour deux raisons principales :

- Les données publiques disponibles à des échelles géographiques fines y sont rares ou absentes, ce qui limite fortement la possibilité d'analyse détaillée.
- Les logiques de flux physiques de proximité, au cœur de la méthode, sont difficilement transposables à des territoires insulaires ou très éloignés les uns des autres.

### Échelle d'analyse

L'ambition de cette modélisation est d'exploiter les données à l'**échelle administrative la plus fine possible**, idéalement à l'échelle communale. Cela permet ensuite d'agréger les résultats à des échelles plus larges (EPCI, département, région, etc.) selon les besoins de l'analyse.

Les échelles géographiques mobilisées, de la plus fine à la plus large, sont les suivantes :

- Coordonnées géographiques (latitude/longitude)
- IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique)
- Commune
- Département
- Région
- National

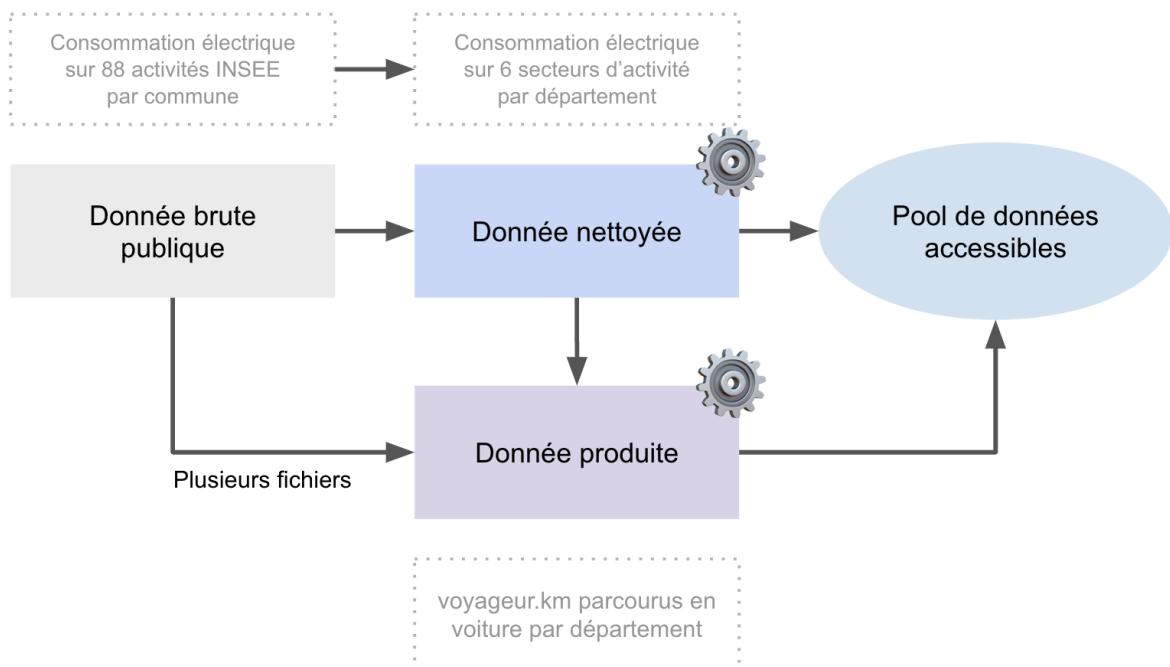
Chaque donnée collectée à une échelle donnée peut être agrégée vers une échelle supérieure de cette hiérarchie. Des données sont également produites à l'échelle des **intercommunalités (EPCI)**, mais cette maille, non parfaitement imbriquée entre commune et département, est traitée comme un cas particulier.

## Traitement et production de données

Les données mobilisées dans ce projet proviennent exclusivement de sources publiques de référence. Elles sont systématiquement collectées, puis traitées par le Shift Project selon deux modalités distinctes :

- **Le nettoyage** : les données sont simplifiées et filtrées pour ne conserver que les éléments utiles à la modélisation. Dans ce cas, le Shift Project en assure le traitement, mais la source initiale reste l'organisme public qui les a publiées.
  - **La production** : de nouvelles données sont générées à partir de croisements de données nettoyées (ou déjà produites). Dans ce cas, le Shift Project est considéré comme auteur des données produites.

Par ex :



## Types de croisements

Les croisements de données peuvent être :

- **Mesurés, sans hypothèse** : ils reposent sur des valeurs territoriales directement observées.  
Exemple : diviser la quantité de blé produite (t) par la surface cultivée (ha) dans un département permet de calculer un rendement local (t/ha) sans faire d'hypothèse. **Ce résultat est considéré comme précis.**
  - **Estimés, avec hypothèse de répartition** : ils supposent une règle de distribution pour localiser une donnée nationale.  
Exemple : répartir la consommation nationale de viande (t/an) au prorata de la population départementale donne une estimation par territoire (t/hab). Cette approche repose sur l'hypothèse que la consommation par habitant est uniforme, ce qui peut parfois être discutable (ex: comportements alimentaires différenciés selon les territoires). **Ce résultat est considéré comme approximatif.**

Autant que possible, on essaie d'intégrer des spécificités territoriales connues. En l'absence de telles données, des règles d'estimation sont appliquées. Ces estimations ont pour seul objectif de fournir des **ordres de grandeur comparables entre territoires**. Elles ne doivent pas être interprétées comme des valeurs précises à l'échelle territoriale.

### Couverture sectorielle et cohérence temporelle

Les données traitées permettent de dresser un état des lieux des territoires à différentes échelles (commune, département, région) sur un ensemble de secteurs : agriculture, logement, tertiaire, industrie, énergie, mobilité, fret, climat, démographie, etc.

Dans la mesure du possible, les jeux de données utilisés sont alignés sur une même année de référence afin de garantir la cohérence des traitements. Par exemple, la modélisation agricole repose principalement sur la dernière Statistique Agricole Annuelle (SAA) de l'Agreste, datée de 2020. Les autres données agricoles utilisées sont donc, autant que possible, issues de la même année.

### Finesse de la maille des données

Il n'est pas toujours possible de disposer de données à la maille territoriale la plus fine. Celles-ci peuvent ne pas exister, ne pas avoir été collectées à ce niveau, ou n'avoir été diffusées qu'à une maille plus agrégée par le producteur de données. Dans certains cas, une demande spécifique auprès du producteur permet d'obtenir un niveau plus détaillé, mais la diffusion est souvent limitée pour des raisons de confidentialité, qu'il s'agisse de protection de la vie privée ou de concurrence économique.

**Par ailleurs, lorsqu'on produit une donnée, plus la maille est fine, plus le risque d'imprécision augmente lors de la production de données.** Ainsi, estimer le kilométrage moyen parcouru par habitant au niveau départemental fournit une approximation généralement plus robuste que de le faire au niveau communal ou voire infra-communal. Nous approfondissons la question de l'incertitude et des marges d'erreur plus loin dans cette publication.

**Dans le cadre d'un exercice visant avant tout à comparer les territoires entre eux, il n'est donc pas pertinent de rechercher systématiquement la maille la plus fine.** L'enjeu est plutôt d'identifier l'échelle qui met le mieux en évidence les disparités entre territoires.

### Données climatiques du DRIAS

Les données climatiques de ce projet s'appuient sur les données issues du modèle régional **ALADIN-Climat**, développé par Météo-France et disponible via le [portail DRIAS](#), selon la trajectoire TRACC définie par le ministère chargé de la transition écologique. Ce modèle, couramment utilisé pour les projections climatiques en France, présente une résolution adaptée à l'échelle départementale.

Le recours à un modèle unique vise à assurer la comparabilité des résultats entre territoires, dans une approche centrée sur les ordres de grandeur des impacts plutôt que sur la précision territoriale. Cette simplification méthodologique est justifiée par la nature de l'étude, orientée vers les effets du changement climatique sur les usages tels que le chauffage, la climatisation ou l'agriculture.

Les limites inhérentes à l'utilisation d'un seul modèle sont reconnues. **Les résultats doivent être interprétés comme des tendances indicatives**, dans un cadre homogène permettant des comparaisons entre zones géographiques.

## Définition des ressources

Dans un modèle physique et territorialisé, il est indispensable de structurer les flux de matière et d'énergie autour d'entités élémentaires, mesurables et homogènes. **La notion de ressource permet de formaliser ce besoin en désignant tout élément physique mobilisé ou généré par les activités humaines, que l'on puisse quantifier, comparer et tracer.** Sans cette formalisation, il devient impossible d'assurer la cohérence des unités, de comparer les usages entre secteurs ou d'évaluer les effets d'une transformation sur l'ensemble du système.

Dans le cadre de cette modélisation, une ressource est définie comme **un élément physique, fongible** (un litre de pétrole est le même quel que soit le lieu), et **dont la quantité est mesurable**. Ce cadre a plusieurs avantages :

- Assurer une unité de mesure homogène, quelle que soit l'activité. Par exemple dans le cas du pétrole, le diesel pour véhicules ou le bitume pour les routes sont tous deux convertis en équivalents pétrole, que l'on comptabilise en équivalent énergie (Wh) ;
- Comparer les usages de ressources entre secteurs et entre territoires ;
- Suivre dans le temps l'évolution des usages, à la fois sur des données historiques et en projection.

La notion de « ressource » utilisée ici est propre à cette modélisation informatique et ne correspond pas directement aux acceptations courantes du terme, telles que « ressource humaine », « ressource naturelle » ou « ressource physique ». Dans ce document, seule la définition présentée ci-dessus fait foi.

## Ressources étudiées

Nous avons retenu, pour notre modélisation, les ressources qui nous paraissaient les plus adaptées pour représenter la transition d'un système énergétique fondé sur des énergies fossiles importées vers des énergies peu carbonées produites sur le territoire. Les ressources considérées sont les suivantes :

- **Pétrole** (en Wh) : tous usages confondus, y compris non énergétiques.
- **Gaz** (en Wh) : gaz naturel et biogaz.
- **Électricité** (en Wh)
- **Bois** (en m<sup>3</sup>)
- **Biomasse agricole** (en tonnes) : productions végétales.
- **Eau** (en m<sup>3</sup>)
- **Sols** (en hectares) : on s'intéresse ici à la surface de sols.
- **Gaz à effet de serre** (en tonnes de CO<sub>2</sub>e) : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O.

**Toute autre ressource respectant les critères de définition pourrait, en théorie, être intégrée.** À noter que certaines ressources (comme les GES) ne sont pas perçues comme des ressources dans le sens économique ou industriel, mais sont modélisées comme telles car elles respectent les critères définis et entrent dans les flux du modèle.

## Ressources exclues

Certains domaines ne sont pas intégrés en tant que ressources dans le périmètre de cette publication. Citons-en quelques uns à titre d'exemple :

- **Les minéraux** (métaux et non-métaux) sont absents du modèle pour deux raisons principales :
  - La très faible disponibilité de données territorialisées publiques sur la production, le traitement et l'usage.
  - La faible marge de manœuvre territoriale sur leur substitution ou réduction, car ces matériaux sont massivement importés.
- **La biodiversité** n'est pas considérée comme une ressource car elle ne correspond pas à un élément fongible ou mesurable uniformément. Il s'agit d'un état de diversité, non d'un stock.
- **L'argent** est une entité non physique, gouvernée par des mécanismes économiques, hors du périmètre physique du modèle.
- **L'emploi** est également non physique et non fongible ; un emploi dans l'agriculture ne peut être assimilé à un emploi dans l'industrie. Les dynamiques d'emploi sont étudiées mais ne relèvent pas du concept de ressource.

D'autres données (climat, fertilité des sols, démographie, etc.) sont utilisées dans le projet, sans être qualifiées de ressources. Elles contribuent à la compréhension du système mais ne répondent pas à la définition posée.

## Définition du périmètre

**L'analyse porte exclusivement sur les usages primaires des ressources**, et pas les usages finaux. Cela signifie que l'on observe les prélèvements et les consommations initiales, sans suivre les transformations en produits, coproduits ou déchets. Par exemple :

- Le bois récolté sur un territoire est considéré comme **produit** par ce territoire.
- Le bois utilisé par une usine pour produire des planches est **consommé** par le territoire où se situe l'usine.
- Une planche utilisée pour fabriquer une table n'est plus considérée comme du bois brut ; cette étape de transformation sort du périmètre.
- Une table vendue en magasin n'est pas comptabilisée comme une consommation de bois.

De même, si une centrale à gaz située à Marseille produit de l'électricité consommée à Paris, la consommation de gaz est affectée à Marseille. Si un agriculteur utilise une parcelle pour produire des légumes, c'est lui, et non le consommateur final, qui consomme le sol.

Ce périmètre est cohérent avec l'objectif d'analyse physique et territoriale. À noter que chaque producteur de données (ex: [Citepa](#)) utilise des périmètres différents, notamment pour les GES (scope 2 dans le cas des émissions indirectes liées à la production d'énergie). **Nous n'attribuons aucune émission au résidentiel du fait de sa consommation d'électricité ; les émissions sont affectées au territoire de production.**

## Prélèvement vs. consommation

La notion de « consommation » peut être ambiguë. Une ressource peut être :

- **Prélevée** sur un territoire mais utilisée ailleurs (ex: eau captée pour Paris dans les départements voisins).
- **Vendue** sur un territoire mais consommée ailleurs (ex: diesel vendu à Paris mais utilisé par un véhicule en déplacement national).

Ces différences créent des décalages entre les données. Par exemple, les ventes de carburant (SDES) sont localisées sur le lieu d'achat, alors que les émissions de CO<sub>2</sub> (Citepa) sont territorialisées sur les trajets effectués.

**Nous considérons que le territoire qui prélève une ressource est celui qui la consomme**, car il mobilise l'infrastructure et subit les contraintes physiques associées (ex: sécheresse). Les dépendances d'un territoire envers un autre sont reconnues, mais relèvent d'une logique d'échange (commerce, dépendance logistique).

## Consommation vs. attribution

Une autre distinction importante concerne l'attribution d'une consommation. Un territoire peut consommer une ressource sans que ses habitants en soient directement responsables.

Par exemple l'aéroport de Roissy, situé en Seine-Saint-Denis, consomme la majorité du kérosène français. Dans cette publication, cette consommation est affectée à la Seine-Saint-Denis, indépendamment du fait que les passagers viennent de toute la France. **Le territoire est considéré comme consommateur car il dépend physiquement de cette ressource pour son activité.**

Cette approche privilégie l'analyse physique et territorialisée des usages plutôt qu'une attribution par utilisateur final.

## Cas particulier : consommation mobile

Certaines consommations sont difficilement assignables à un lieu fixe, comme l'électricité utilisée par un train entre Paris et Marseille. Physiquement, l'alimentation électrique d'un tronçon ferroviaire peut dépendre d'un territoire voisin. Territorialement, il est peu pertinent d'attribuer cette consommation au territoire traversé.

Dans cette publication, on considère généralement que **les territoires de départ et d'arrivée sont les consommateurs**, car ce sont eux qui activent la mobilité et en dépendent économiquement. Cela est cohérent avec d'autres approches de mesure de responsabilité partagée (ex: assignation des émissions aériennes au pays de départ et d'arrivée). Cependant, l'angle que l'on prendra dépend du contexte. Si l'on ne possède pas les données suffisantes pour établir les points de départ et d'arrivée, on pourra se contenter du point de départ. Si l'on cherche

à corréler un parc de véhicules avec sa consommation d'énergie, on pourra se baser sur le point de départ uniquement. Si l'on cherche à calculer l'énergie mobilisée pour des trajets internationaux, on pourra se baser sur le point (de départ ou d'arrivée) en France.

## Définition des activités locales

Un territoire est défini non seulement par ses caractéristiques physiques ou démographiques, mais aussi par ce qu'on y fait : produire, se déplacer, se chauffer, transformer, entretenir. **La notion d'activité locale permet d'organiser les flux de ressources autour d'unités fonctionnelles cohérentes, en décrivant les actions concrètes qui consomment ou produisent des ressources.** Elle offre une maille d'analyse plus fine et plus opérable que les seules catégories économiques ou administratives. Sans cette structuration par activité, la modélisation resterait statique et descriptive, sans permettre de simuler, d'optimiser ou de transformer les usages territoriaux.

Nous avons sélectionné une série d'activités locales, bien que d'autres puissent être envisagées. Dans ce cadre, des exemples typiques d'activités incluent la production de céréales, le chauffage des bureaux ou encore les déplacements en voiture.

Les activités sélectionnées sont modélisées afin d'identifier les activités humaines présentes sur chaque territoire, d'en estimer les ordres de grandeur, ainsi que de déterminer les ressources qu'elles consomment ou produisent. Cette modélisation servira à simuler les évolutions territoriales de ces activités, dans une perspective de projection future qui sera détaillée dans le chapitre « Simulation des évolutions territoriales ».

Ces activités ne sont pas nécessairement économiques. Par exemple, la préservation d'une forêt au titre de la biodiversité est également considérée comme une activité du territoire.

Il s'agit donc de faire une sélection parmi l'ensemble des activités qui structurent la société. Il n'est ni nécessaire ni pertinent de tout modéliser. **Une activité non modélisée est simplement considérée comme hors champ, sans pour autant être supposée inexistante.**

### Activités hors périmètre

Par exemple, il est possible de modéliser la production alimentaire du secteur agricole sans représenter explicitement la consommation alimentaire de la population. Dans ce cas, si l'on souhaite simuler une baisse de la production, il est nécessaire de formuler des hypothèses cohérentes avec les besoins de consommation, même si celle-ci n'est pas modélisée.

Le modèle présentera alors uniquement une diminution de l'activité de production alimentaire, sans générer d'incohérence de bouclage.

De même, on peut modéliser la mobilité en voiture sans représenter la marche, le vélo ou le bus. Pour simuler un report modal de la voiture vers le vélo, il conviendra de formuler des hypothèses plausibles sur cette transition, même si les modes alternatifs ne sont pas modélisés. Le modèle reflétera uniquement la baisse de l'activité de mobilité en voiture, sans générer d'incohérence de bouclage.

Chaque activité est rattachée à un secteur d'activité. Dans ce document, on entend par « secteur d'activité » un domaine économique reposant sur des processus matériels et des flux physiques mesurables. Nous couvrons l'ensemble des secteurs qui consomment ou produisent les ressources définies précédemment, à savoir :

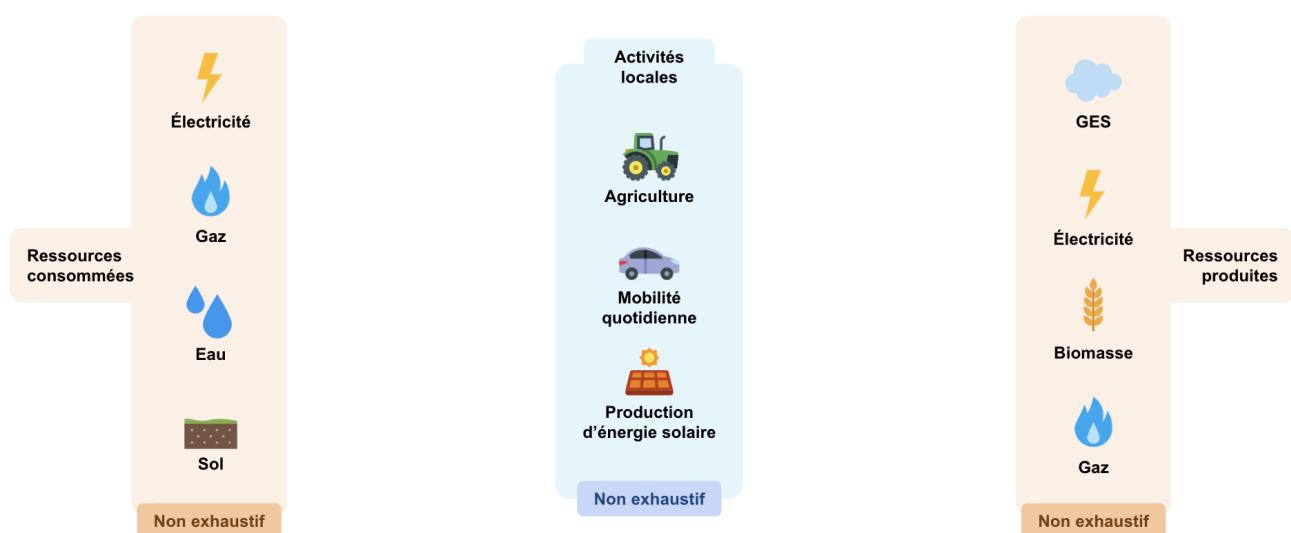
- **Agriculture** (y compris élevage et sylviculture)

- **Industrie** (industrie lourde, production d'énergie et construction)
- **Logement**
- **Tertiaire**
- **Mobilité** (transport de personnes) routière, ferroviaire et aérienne
- **Fret** (transport de marchandises) routier

Toutes ces activités existent pour chaque territoire modélisé. Pour mieux comprendre le fonctionnement du modèle à ce stade, on peut représenter ce territoire comme une boîte (au centre) qui concentre des activités. Ces activités à leur tour consomment des ressources (sur la gauche) et en produisent (sur la droite).

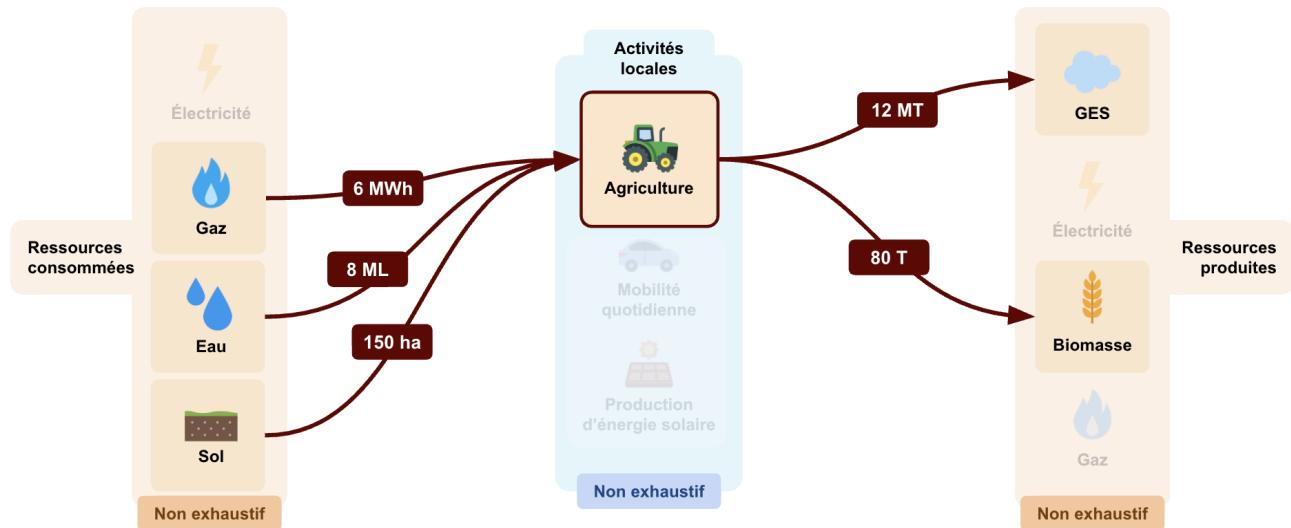


Dans les schémas qui suivent, de manière non exhaustive, on n'affiche que quelques ressources à gauche et à droite, ainsi que quelques activités au milieu, afin d'illustrer les notions décrites.



Toutes les activités de tous les territoires dans la modélisation sont liées à chacun des éléments du schéma, c'est-à-dire à gauche les ressources nécessaires au fonctionnement de l'activité, à droite les ressources produites par l'activité.

Par exemple grâce aux données conjuguées de l'Agreste, du CITEPA et du SDES on peut reconstituer et quantifier les liens entre les ressources d'un territoire et son activité agricole, sur une année moyenne entre 2020 et 2022 :



Dans la modélisation, ces relations sont plus complexes qu'une simple flèche reliant une activité à une ressource. Concrètement, une activité est une formule mathématique qui convertit des données d'un territoire en une consommation et une production de ressources chiffrées. Ci-dessous on décrit plusieurs concepts qui permettent de définir une activité territoriale.

**Ces explications sont volontairement simplifiées pour illustrer la méthode** et leur application réelle est modélisée en code informatique.

## Entrée et sortie

Une activité peut être modélisée à l'aide d'une pseudo-équation utilisant des ressources avec la forme suivante :

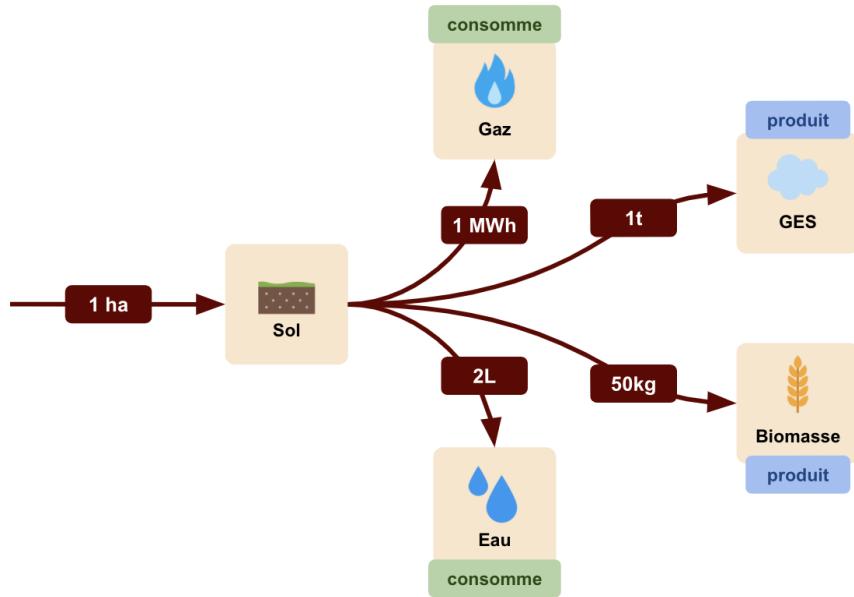
```
ChauffageAuFioul =
  A x Pétrole (fioul utilisé)
  + B x Sol (surface du logement)
  => C x CO2 (émissions de dioxyde de carbone)
```

où **A**, **B** et **C** sont des coefficients spécifiques à chaque territoire, déterminés par des caractéristiques locales telles que l'isolation des bâtiments, les matériaux utilisés, ou encore la surface habitable moyenne par habitant.

Ainsi, une activité est une **fonction** qui consomme des ressources en entrée et en génère d'autres en sortie.

## Dépendance

Une représentation graphique permet de visualiser les **relations de dépendance** entre les ressources mobilisées ou produites par une activité. Prenons l'exemple de l'activité Agriculture, dont le schéma illustre la manière dont les ressources sont liées :



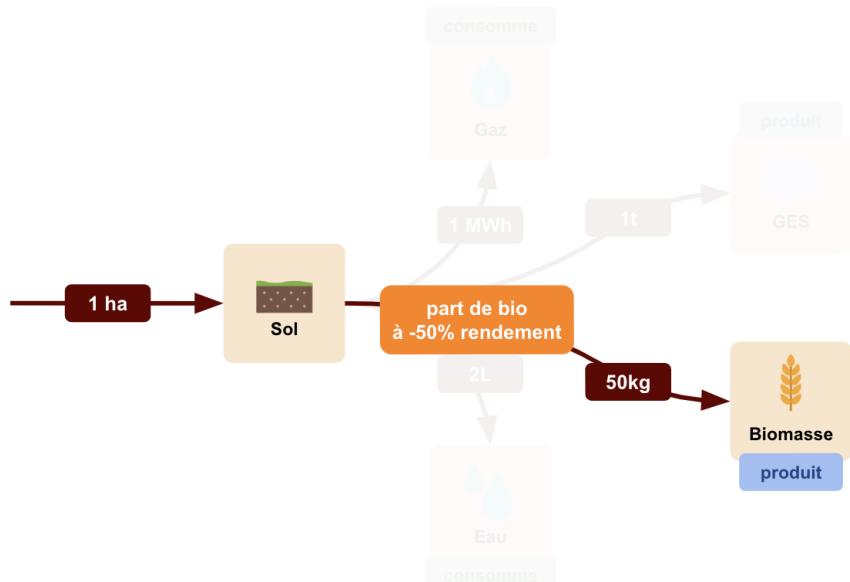
- L'activité nécessite la mobilisation de 1 hectare de sol ;
- À cette consommation est associée une consommation d'eau et de gaz, ainsi qu'une production de GES (gaz à effet de serre) et de biomasse agricole.

Si l'on souhaite doubler la production de biomasse (passer de 50 à 100 kg), il sera nécessaire, toutes choses égales par ailleurs, de mobiliser le double de sol (2 ha), d'eau (4 L) et de gaz (2 MWh). La biomasse est donc conditionnée par la disponibilité de ces ressources, dont elle dépend directement pour être produite.

## Facteurs

Les relations entre ressources peuvent être affectées par des **facteurs de modulation** qui ajustent la conversion d'une ressource en une autre.

Reprendons l'exemple précédent et appliquons des facteurs à la relation entre le sol (en hectares) et la biomasse agricole (en tonnes) :



On peut cumuler plusieurs facteurs par relation, comme illustré dans la pseudo équation simplifiée ci-dessous :

```
CultureDeCéréales =  
  A x Eau (eau d'irrigation)  
 + B x Sol (surface cultivée)  
=> C x Biomasse sachant que 10% de bio et 30% d'irrigation
```

Dans cet exemple, la quantité de biomasse **C** produite dépend non seulement des ressources en eau et en sol, mais aussi de deux facteurs :

- **10 % de la surface est en agriculture biologique**, ce qui affecte les rendements ;
- **30 % de la surface est irriguée**, ce qui les améliore.

Des statistiques territoriales ou nationales peuvent être appliquées :

- Le bio réduit les rendements en moyenne de **40 %** ;
- L'irrigation les augmente en moyenne de **25 %**.

Ainsi, les données de rendement observées (comme celles issues de l'Agreste) sont déjà influencées par ces facteurs. **On dira qu'elles sont biaisées par ces conditions de production.**

### Débiaisage des facteurs

Pour comparer les territoires de manière équitable, on peut « débiaiser » les rendements en neutralisant l'effet des facteurs. Par exemple :

- Un territoire **A** a un rendement de **10 t/ha**, sans surface en bio ;
- Un territoire **B** a aussi un rendement de **10 t/ha**, mais **100 %** de sa surface est en bio.

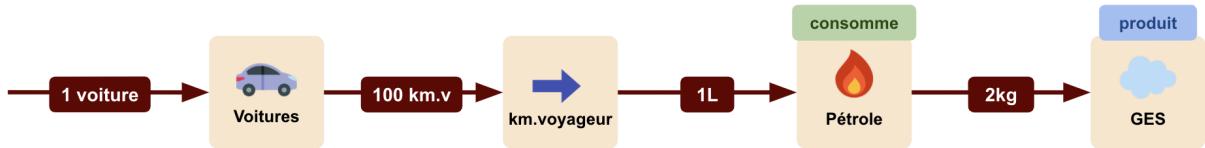
À facteurs égaux (sans bio), le territoire **B** aurait un rendement ajusté de **16,6 t/ha**, car :

$$16,6 \text{ t/ha} \times (1 - 40\%) = 10 \text{ t/ha}$$

Cela signifie que, toutes choses égales par ailleurs, **le territoire B est plus productif que le territoire A**, même si les raisons précises (qualité des sols, climat, irrigation, aléa, etc.) ne sont pas modélisées. Ces causes importent peu ici tant que **le modèle tient compte du biais induit par les facteurs**, ce qui permet de comparer objectivement la productivité relative des territoires.

### Paramètres

Certaines relations dépendent de paramètres territoriaux qui ne sont pas des ressources à proprement parler. Un exemple classique concerne la mobilité : la quantité de pétrole consommée pour les déplacements quotidiens en voiture dépend du kilométrage total parcouru sur le territoire, lui-même dépendant du nombre de véhicules. Ces données (nombre de voitures, kilométrage moyen) ne sont pas des ressources comme l'eau ou le sol, mais doivent tout de même être accessibles au modèle.



Dans le cas de la culture de céréales, on peut représenter certaines ressources comme des fonctions de **paramètres territoriaux**. Une version plus détaillée de la pseudo-équation peut s'écrire ainsi :

```

CultureDeCéréales =
  A x Eau ..... = Fonction(HectaresIrrigués x L/h)
  + B x Sol
  + C x Pétrole
=> E x Biomasse
  + F x CO2 ..... = Fonction(C)
  
```

Ici, la quantité d'eau est déduite d'autres données, ici la surface irriguée. On applique ensuite des moyennes issues de sources nationales ou territoriales pour estimer, par exemple, les volumes d'eau par hectare irrigué. Le CO<sub>2</sub> émis est fonction de la quantité de pétrole consommée.

### Exemple complet avec des données

Une fois les relations établies, c'est-à-dire les ressources entrantes et sortantes identifiées et leur configuration précisée, on applique les données territoriales disponibles à cette structure. Certaines valeurs sont déduites à partir d'autres.

Reprendons l'exemple de la culture de céréales avec intégration des données :

```

CultureDeCéréales =
  A x Eau ..... = Fonction(HectaresIrrigués x L/ha)
  + B x Sol
  + C x Pétrole
=> E x Biomasse sachant que 10% de bio et 30% d'irrigation
  + F x CO2 ..... = Fonction(C)
  
```

- **Eau (A x Eau)** : La [BNPE](#) fournit les volumes d'eau prélevés pour l'agriculture. L'[Agreste](#) indique la surface irriguée par type de culture. Par répartition proportionnelle, on estime le volume affecté aux cultures céréalier. Ce volume ne concerne que la part irriguée des surfaces. Réduire cette part implique mécaniquement une baisse de la consommation d'eau.
- **Sol (B x Sol)** : L'[Agreste](#) fournit la surface agricole utilisée pour les céréales.
- **Pétrole (C x Pétrole)** : Le [SDES](#) donne la quantité de GNR vendue. Ce carburant, majoritairement utilisé par les engins agricoles, peut être réparti entre les cultures selon des usages moyens.

- **Biomasse (E x Biomasse)** : L'[Agreste](#) fournit la production annuelle de céréales.
- **CO<sub>2</sub> (F x CO<sub>2</sub>)** : Le [Citepa](#) donne les émissions globales de l'agriculture. En croisant avec des facteurs d'émission par culture et par pratique (ex: agriculture bio), on évalue les émissions liées à la culture céréalière.

Après application des données sur un territoire donné, on peut obtenir :

```
CultureDeCéréales =
  A x Eau ..... = 1000 L
  + B x Sol ..... = 20 hectares
  + C x Pétrole ... = 200 t
=> E x Biomasse . = 100 t
  + F x CO2 ..... = 1 t
```

L'intérêt de cette structuration est qu'une fois les relations définies et les données intégrées, **toute modification d'un paramètre entraîne des ajustements cohérents dans les autres**. Par exemple, on peut simuler :

- Une réduction de la surface irriguée ;
- Une extension des surfaces cultivées ;
- Un changement de culture ;
- Une baisse de la consommation de GNR.

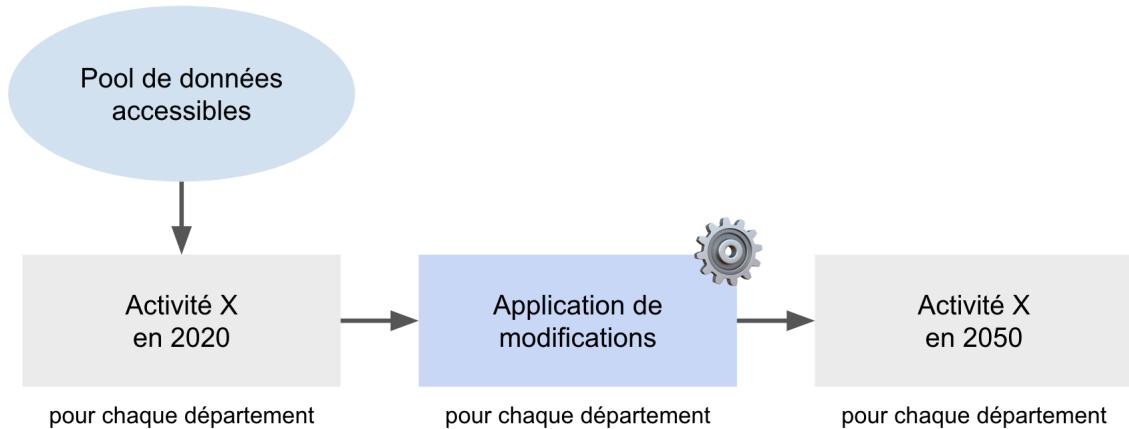
Dans tous les cas, le modèle adapte automatiquement les volumes associés (eau, biomasse, CO<sub>2</sub>), selon les relations définies.

## Simulation des évolutions territoriales

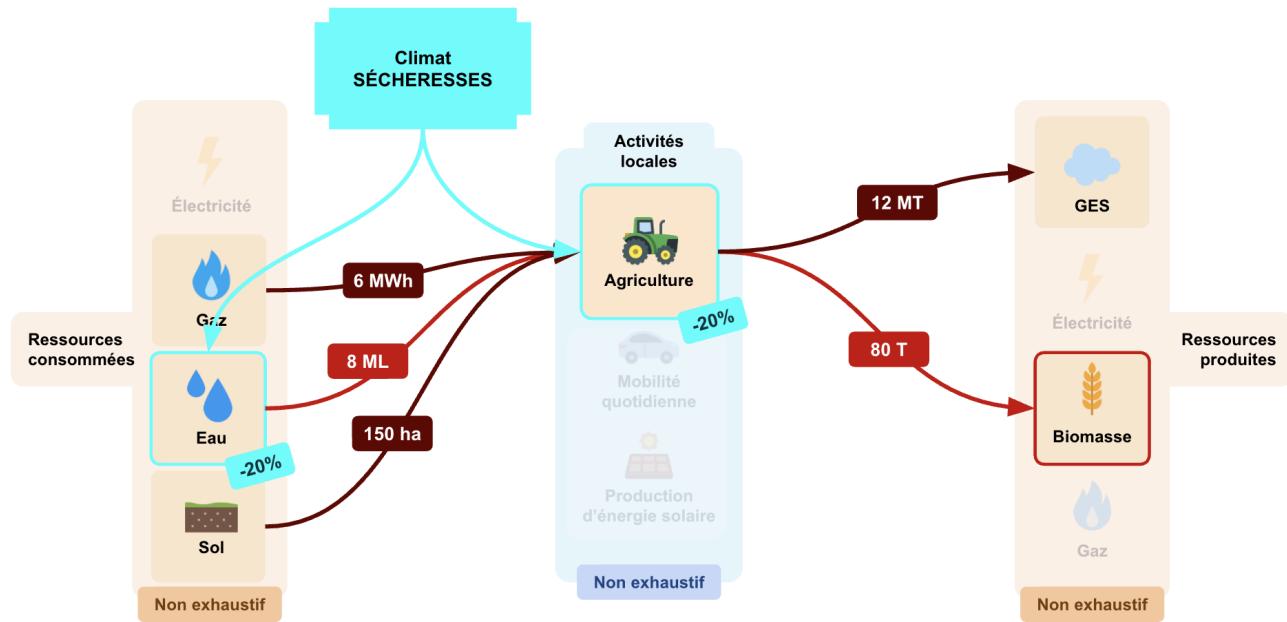
La modélisation prend tout son sens lorsqu'elle permet non seulement de décrire une situation actuelle, mais aussi d'en explorer les transformations possibles. **La notion d'évolution territoriale formalise cette capacité à faire varier un paramètre du système, qu'il soit subi ou décidé, et à en observer les conséquences.** Elle permet de structurer l'analyse prospective, de tester des hypothèses de transition, ou d'évaluer la sensibilité d'un territoire à un changement externe. Sans ce concept, le modèle resterait figé sur un état donné, sans capacité à informer les décisions futures ou à explorer des trajectoires alternatives.

Le modèle permet d'appliquer des évolutions sur les activités d'un territoire, à partir d'un état de référence (entre 2020 et 2025). En modifiant certaines données de cette « photo » initiale, on obtient une nouvelle configuration future, que l'on peut comparer à l'état de départ.

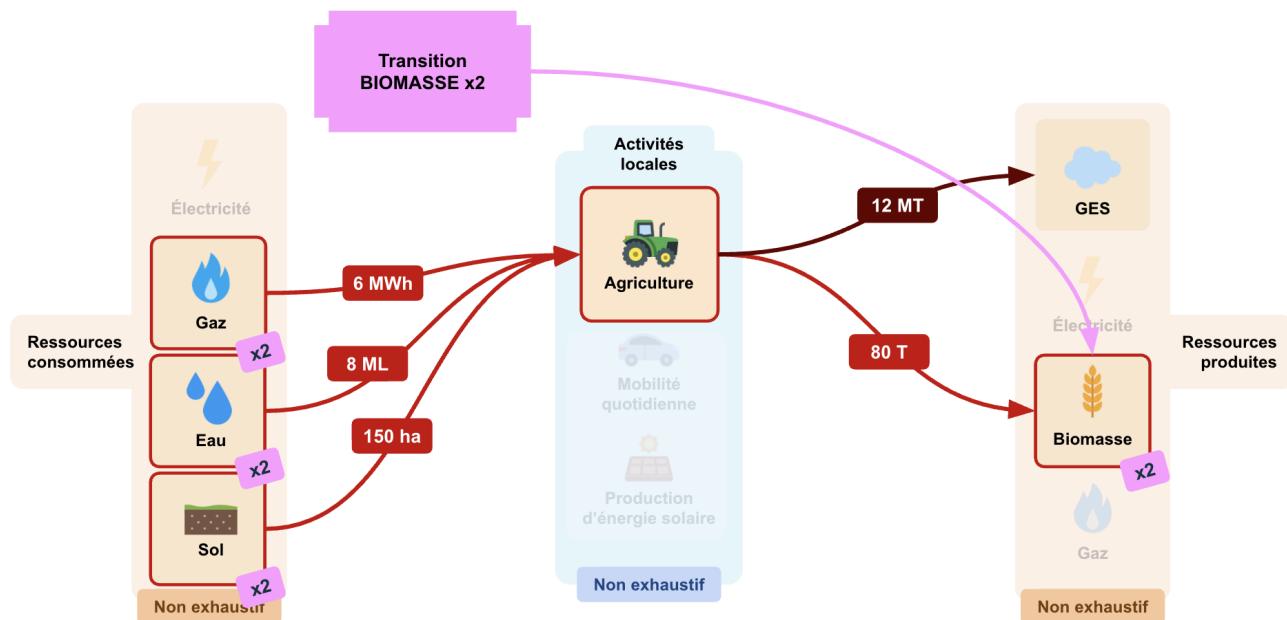
Par exemple, les données agricoles permettent de connaître les rendements moyens de blé tendre par département. Si l'on suppose un doublement des surfaces de blé tendre d'ici 2050, il est possible d'en estimer la production future en fonction des rendements actuels, toutes choses égales par ailleurs.



Les évolutions peuvent affecter n'importe quelle donnée du territoire, en entrée comme en sortie. Si l'on souhaite modéliser l'impact des sécheresses sur l'agriculture, deux évolutions peuvent être appliquées simultanément: une diminution de la disponibilité en eau et une baisse des rendements agricoles. Ces changements **en entrée** produisent des effets en chaîne selon les relations définies, par exemple une réduction des surfaces irriguées et de la biomasse produite.



Inversement, on peut imposer une évolution **en sortie**. Par exemple, doubler la production de biomasse agricole dans le cadre d'un scénario de transition énergétique (biocarburants) entraîne, via les relations du modèle, un doublement des ressources mobilisées : gaz, eau d'irrigation, surface agricole.



Cette approche autorise l'application successive ou combinée de nombreuses évolutions : climatiques, socio-démographiques, économiques, techniques ou liées à des politiques de transition. Chaque évolution est décrite comme une modification d'un élément du système : ressource en entrée, activité, ressource en sortie ou relation entre activité et ressource (ex: modification d'un rendement).

**Les résultats doivent être interprétés comme valables toutes choses égales par ailleurs.** Simuler une variation de population par territoire ne prend pas en compte, par défaut, l'évolution du parc de logements, des activités économiques, des infrastructures, etc. Pour une évaluation complète, il faut combiner toutes les dimensions pertinentes. Néanmoins, même une évolution

isolée peut révéler des contrastes spatiaux utiles : par exemple, identifier les territoires qui gagneraient ou perdraient de la population et selon quelles amplitudes.

**Dans le cadre de cette publication, les simulations prospectives retiennent généralement une ou deux évolutions à la fois.** L'objectif est d'identifier les ordres de grandeur et les localisations des effets générés dans le cadre d'évolutions limitées et contrastées, plutôt que de construire un scénario global comme ceux du PTEF, de l'ADEME ou de Négawatt.

## Typologies d'évolutions territoriales

On distingue plusieurs types d'évolutions territoriales, selon leur origine et leur mode d'action :

- **Les dynamiques socio-démographiques** désignent des tendances spontanées liées aux modes de vie : évolution démographique, formes de logement, désirs de mobilité ou d'alimentation. Elles sont peu, voire pas, pilotées par les pouvoirs publics.
- **Le changement climatique** agit comme une contrainte physique sur les pratiques et les capacités d'action des territoires : épisodes de sécheresse, feux de forêts, vagues de chaleur, etc. Ces effets sont subis, non décidés.
- **Les leviers de transition** regroupent les actions délibérées des pouvoirs publics visant à adapter le territoire à la double contrainte carbone : baisse des émissions de GES et réduction de la dépendance aux énergies fossiles. Cela inclut, par exemple, le développement de l'agriculture biologique, la rénovation énergétique, la réduction de l'usage de la voiture, ou encore l'investissement dans le ferroviaire.
- **Les démarches industrielles** correspondent à des mutations économiques locales, souvent de grande ampleur, issues d'initiatives privées ou de politiques publiques. Elles peuvent être déconnectées des objectifs de transition écologique, mais transforment les activités locales : réindustrialisation, déploiement de datacenters, développement de filières hydrogène, croissance du trafic aérien, etc.

Ces catégories diffèrent par leur origine (climat, politiques publiques, entreprises, société civile) et par le niveau de responsabilité qu'elles impliquent pour les acteurs publics. Cependant, toutes influencent significativement l'évolution des territoires, et leur interaction conditionne la réussite des stratégies de transition.

Certaines de ces influences peuvent être contradictoires, comme l'illustrent les prévisions d'augmentation du trafic aérien à Roissy-Charles-de-Gaulle et Orly (+38 % de passagers entre 2025 et 2050 [selon ADP](#)), face aux objectifs publics de sobriété énergétique et de réduction de la consommation de produits pétroliers.

## Territorialisation d'une évolution certaine

Les dynamiques socio-démographiques et le changement climatique peuvent être considérés comme des évolutions certaines, ou du moins très probables. Les territoires n'ont que peu de prise sur leur déclenchement ou leur ampleur.

Le ministère de l'écologie propose des projections tendancielles à l'horizon 2050 via son [scénario AME](#), portant sur plusieurs variables nationales : population, parc de véhicules légers et lourds, trafic routier, parc de logements, modes de chauffage, etc. Toutefois, plusieurs précautions s'imposent :

- Ces projections prolongent les tendances passées, sans garantie qu'elles se maintiendront.
- Elles sont formulées à l'échelle nationale, sans déclinaison territoriale.
- Leur robustesse varie : certaines reposent sur des données physiques bien établies (ex: la démographie), d'autres sur des hypothèses économiques plus incertaines (ex: l'évolution du PIB).
- Certaines projections sont elles-mêmes conditionnées par des évolutions choisies (voir plus loin), comme les politiques de rénovation ou les mutations industrielles.

**Dans le cadre de cette publication, ces hypothèses ne sont donc pas appliquées automatiquement.** Elles servent de repères à mobiliser selon les activités étudiées. Par exemple, l'évolution du parc de voitures sera analysée spécifiquement dans les exercices portant sur la mobilité, en croisant plusieurs scénarios possibles, y compris des évolutions choisies.

Le changement climatique, quant à lui, sera abordé en tant que contrainte physique susceptible d'affecter la capacité des territoires à maintenir certaines activités (sécheresses, feux de forêts, vagues de chaleur, etc.). Il est intégré comme un facteur exogène.

### Niveau d'incertitude

Il importe de sélectionner rigoureusement les évolutions modélisées. Chaque hypothèse porte une incertitude propre : lorsque plusieurs sont combinées, l'incertitude totale croît de manière cumulative, voire exponentielle, ce qui affaiblit la crédibilité des résultats et risque d'induire en erreur. Par exemple, si l'on retient trois variables avec des marges d'incertitude de  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$  et  $\pm 20\%$ , l'erreur globale peut atteindre :

$$1,05 \times 1,10 \times 1,20 = 1,386$$

Soit une surévaluation possible de 38 %. Inversement, la sous-estimation pourrait être équivalente et générer un biais jusqu'à -38 %.

**Ce niveau d'incertitude devient particulièrement problématique dans les projections territoriales de long terme.** Par exemple, dans le secteur du logement, additionner des hypothèses relatives aux déplacements de population, à la composition des ménages, à l'évolution du parc immobilier, au rythme des rénovations, etc. revient à multiplier les marges d'erreur. Le résultat est souvent une projection dont la fiabilité s'effondre, même lorsqu'elle se base sur des hypothèses de sources reconnues. Le risque est encore accru lorsque ces estimations sont déclinées à une échelle géographique fine, où la moindre variation d'hypothèse peut transformer radicalement les conclusions.

### Territorialisation d'une évolution choisie

Les démarches industrielles et les leviers de transition sont considérés comme des évolutions choisies : les territoires peuvent les initier, les accompagner ou les freiner. Ces évolutions peuvent être modélisées à partir d'hypothèses documentées.

Deux modalités sont possibles pour appliquer une évolution choisie dans la modélisation :

- **Évolution territoriale appliquée individuellement par territoire** : Chaque territoire reçoit une évolution spécifique, selon des données ou des projections disponibles. Par exemple, le développement des activités aéroportuaires ou l'implantation d'un centre de données, à des lieux et dans des mesures spécifiques, serait directement intégré dans le modèle.
- **Évolution nationale répartie entre territoires** : Un objectif global est fixé à l'échelle nationale, puis distribué entre territoires selon une règle de répartition. Par exemple, le SGPE propose de porter la part des surfaces agricoles biologiques de 6 % à 21 % entre 2020 et 2030, soit un triplement. Cette cible nationale implique une question de territorialisation : faut-il renforcer les dynamiques là où le bio est déjà développé ? Au contraire, cibler les territoires les moins avancés ? Ou privilégier certaines productions comme les fruits et légumes ? Le résultat final (21 % national) est respecté dans tous les cas, mais la localisation des efforts varie fortement selon la stratégie de répartition.

## Choisir les ressources en fonction des évolutions

La modélisation repose sur un ensemble structuré de ressources. **Leur choix est déterminant** : une ressource absente du modèle empêche d'identifier certaines interdépendances, de représenter correctement une activité ou de simuler des leviers de transformation.

Le modèle intègre un grand nombre de ressources, afin de pouvoir manipuler ce qui est produit ou consommé sur les territoires, en suivre les évolutions, et analyser les effets en cascade entre activités.

Quelques exemples illustrent l'importance de ce choix :

- Pour suivre le respect des quotas réglementaires, le CO<sub>2</sub> doit être modélisé comme une ressource, produite par certaines activités.
- Pour simuler un levier comme la diminution de l'usage d'eau pour irriguer, cette dernière doit aussi être modélisée comme une ressource consommée par les activités agricoles.
- Pour suivre la production de viande rouge, il faut non seulement modéliser la viande comme ressource produite, mais aussi les aliments pour animaux comme ressources consommées.

Les activités les plus pertinentes à modéliser sont celles qui mobilisent une part significative des ressources suivies à l'échelle nationale. Par exemple, l'eau est principalement utilisée dans l'agriculture, le résidentiel, le tertiaire et l'industrie. Il est donc pertinent d'intégrer les activités correspondantes : irrigation, consommation résidentielle, etc.

## Notion de service

Certaines sorties d'activité ne sont pas des ressources au sens strict, mais des services rendus. Ces services, bien que non modélisés comme des ressources, doivent être pris en compte pour éviter des situations absurdes ou irréalistes.

Par exemple, le chauffage résidentiel délivre un service de confort thermique. Ce service n'est pas modélisé directement, mais il est indispensable. Supprimer une activité comme le chauffage pourrait sembler vertueux en termes d'émissions, mais ignorerait un besoin fondamental. Il faut donc intégrer une représentation implicite de ces services dans la modélisation.

Ce service peut évoluer dans le temps. En 2050, on pourrait attendre la même température dans les logements qu'en 2020 (hypothèse constante), ou une moindre quantité (hypothèse de sobriété). Dans ce cas, le service attendu est réduit volontairement : on accepte une température intérieure plus basse, donc un moindre besoin de chauffage.

**Dans cette publication, ces services ne sont pas modélisés explicitement**, car cela nécessiterait un niveau de détail physique incompatible avec les objectifs et les données disponibles. Pour en approcher les effets, on applique des **facteurs correctifs** sur les relations entre ressources et activités.

Par exemple, dans l'activité « chauffage résidentiel au fioul », un facteur de sobriété peut être appliqué à la relation entre le pétrole consommé et le service de chauffage : en augmentant ce facteur (sobriété accrue), on réduit la consommation de pétrole pour un même besoin de chauffage. L'augmentation de ce facteur impliquerait l'activation de leviers implicites (non représentés au sein du modèle) pour maintenir le niveau de service final (avoir suffisamment chaud), tels que par exemple une modification des intérieurs, de l'habillement ou des habitudes des usagers. Le principe est le même que pour la part de surface irriguée dans une culture agricole : ce facteur module l'intensité de la ressource consommée et sa modulation peut traduire différentes modifications des pratiques culturelles.

# Modélisation par secteur

Nous présentons ci-dessous l'application de cette démarche théorique dans le cadre de la publication principale. Nous y détaillons, pour chaque secteur d'activité, les choix effectués, les sources de données mobilisées ainsi que le raisonnement suivi. Les arbitrages réalisés s'appuient sur des échanges avec des experts internes et externes et répondent uniquement aux objectifs propres à notre étude, sans viser l'exhaustivité sur tous les secteurs étudiés. Cette documentation vise à la fois à rendre nos calculs entièrement traçables et à offrir un retour d'expérience pouvant être utile à d'autres.

Les données décrites ci-dessous peuvent être **récoltées**, auquel cas on indique leur source et année de publication, ou être **produites**, auquel cas on indique les hypothèses et calculs impliqués pour les produire.

On assigne à chaque donnée un identifiant unique (du type **LOG-BOI-1** et **LOG-BOI-1X**) qui permet de faire référence à cette donnée ailleurs dans le document, par exemple lorsqu'elle est impliquée dans la production d'une autre donnée, pour faciliter la navigation ou la recherche dans ce document.

Chaque secteur est abordé sous les angles suivants :

- **Le contenu du secteur** où l'on identifie les activités pertinentes du secteur et les questions que l'on s'est posés en l'étudiant, dès lors que l'analyse territoriale et par ressource apporte de nouveaux éléments aux études nationales qui existent déjà par ailleurs ;
- **Les données récoltées** avec des sources de données publiques utilisées pour décrire les activités du secteur **dans le cadre de l'étude des ressources citées précédemment** (de nombreux autres angles d'analyse existent et ne sont pas abordés ici) ;
- **Les données produites** avec leur logique de production en se basant sur les données récoltées pour décrire les activités du secteur dans le cadre de l'étude des ressources citées précédemment ;

# Logement

## Contenu du secteur

Ce secteur couvre toutes les activités liées au logement, c'est-à-dire qui permettent d'habiter un bâtiment. On ne compte pas ici les usages liés à la construction de bâtiments (inclus dans le secteur « industrie ») ou aux activités économiques (incluses dans les secteurs « industrie » ou « tertiaire » en fonction de l'activité économique).

Une première liste des activités du secteur provenant [des grands enjeux de la SNBC 3](#), des [scénarios ADEME](#), du [SGPE](#) et de [Négawatt](#) :

- Chauffage (élec, gaz, bois, réseaux de chaleur, fioul)
- Climatisation
- Cuisson
- Eau chaude sanitaire
- Usages électriques spécifiques
- Autres usages (piscine, lavage de voiture, etc.)

**Dans le cadre de cette publication, on traitera les activités suivantes :**

- **Le chauffage :**
  - Chauffage au fioul
  - Chauffage au gaz
  - Chauffage électrique
  - Chauffage au bois
  - Chauffage par réseau de chaleur
- **La climatisation**
- **Les autres usages résidentiels** comme la cuisson, l'éclairage, l'eau chaude sanitaire ou le fonctionnement des appareils électroménagers (lave-linge, réfrigérateur, etc.) et des équipements numériques (ordinateurs, téléviseurs, etc.)

Cette segmentation est justifiée par le fait que le chauffage consomme beaucoup d'énergie et que chaque territoire a des modes de chauffage plus marqués que d'autres, on veut donc les décomposer par combustible.

La climatisation est également à part car de nombreux scénarios suggèrent que son utilisation évoluera drastiquement à l'avenir, et son implantation est très différente territorialement d'un bout à l'autre de la France.

Les autres activités comme la cuisson, l'éclairage, etc. sont beaucoup plus stables dans la population et dépendent du nombre de personnes dans le logement plutôt que du climat, de la

géographie ou même de la superficie des logements, on les regroupe donc dans une seule activité.

Nos questions et réponses :

- **Comment prendre en compte l'évolution des modes de chauffage ?**

Les modes de chauffage sont voués à évoluer. Le Shift Project produit ses propres hypothèses en termes de transformation du chauffage résidentiel, qui est différent pour les logements collectifs (appartements) ou individuels (maisons). D'ici 2050, il s'agit essentiellement de retirer tous les chauffages au fioul, une partie du gaz et une partie des radiateurs électriques individuels (grille-pains). Ils sont remplacés par des chauffages au bois, des réseaux de chaleur urbains ou des pompes à chaleur.

→ Nous appliquons ces hypothèses de remplacement des modes de chauffage au parc national, qui aura un impact territorial différencié en fonction des modes de chauffage initiaux et du nombre d'appartements ou de maisons. Voir la scénarisation plus bas.

- **Comment prendre en compte la rénovation des logements ?**

Le Shift Project produit ses propres hypothèses en termes de rénovation du parc de logements, qui est différent pour les logements collectifs (appartements) ou individuels (maisons). D'ici 2050, il s'agit d'améliorer le score DPE du parc national et de basculer la quasi-totalité du parc à une étiquette A, B ou C. En 2024, 67% du parc de logement possérait une étiquette DPE inférieure ou égale à D.

→ Nous appliquons ces hypothèses de rénovation du parc national, qui aura un impact territorial différencié en fonction des modes de chauffage et du nombre d'appartements ou de maisons. Voir la scénarisation plus bas.

- **Doit-on prendre en compte la sobriété du chauffage résidentiel ?**

La sobriété appliquée au chauffage recouvre des pratiques telles que la baisse du thermostat, le chauffage limité aux pièces utilisées et approprié au niveau d'activité dans ces différentes pièces ainsi qu'au métabolisme des occupants et à leur vêture et leurs usages. Ces pratiques sont souvent mises en avant dans les plans nationaux de transition (par exemple celui du SGPE). Cependant, elles relèvent d'une approche plus large de sobriété résidentielle, qui inclut aussi la réduction du gaspillage alimentaire, la limitation de l'usage de l'eau chaude ou une attention générale portée aux consommations domestiques.

Cette sobriété est difficile à anticiper ou à quantifier, car elle dépend de facteurs très variables : conditions climatiques annuelles (hivers plus ou moins doux), évolution des prix de l'énergie ou encore pouvoir d'achat des ménages. Une partie des réductions observées peut d'ailleurs relever de contraintes économiques plutôt que d'un choix volontaire de sobriété.

→ Compte tenu des incertitudes fortes et du caractère national de ces déterminants (prix de l'énergie, climat), nous n'analysons pas localement les effets de la sobriété résidentielle.

- **Comment localiser l'usage de la climatisation ?**

Le développement futur de la climatisation domestique est incertain. Deux scénarios sont à considérer : un scénario bas (poursuite des tendances actuelles) et un scénario haut (rupture marquée dans l'équipement). Une telle analyse devrait aussi prendre en compte les solutions passives de rafraîchissement.

Les pics de consommation liés à la climatisation se situent principalement en été, aux moments de forte production photovoltaïque. Cette corrélation invite à étudier les consommations induites en regard de la production solaire.

→ La climatisation est essentiellement portée par le tertiaire plutôt que le logement, et il existe trop d'incertitudes dans les hypothèses d'équipement et d'utilisation de la climatisation à l'avenir. Nous estimons la consommation électrique actuelle liée à la climatisation à l'échelle départementale, mais n'illustrent pas son évolution dans le temps.

- **Comment localiser la consommation de bois-énergie, présente et future ?**

Le développement du bois-énergie dans le chauffage résidentiel accroît les consommations, mais cet effet est partiellement compensé par la meilleure isolation des bâtiments chauffés au bois. Certains territoires ont néanmoins subventionné massivement son déploiement, y compris là où il était peu présent.

→ Nous estimons la quantité de bois-énergie utilisée dans le chauffage résidentiel et nous basons sur un scénario de référence (SGPE, à l'horizon 2030) pour en estimer l'évolution. Voir les données utilisées plus bas.

- **Comment modéliser les effets du changement climatique ?**

Les bâtiments ne sont pas tous exposés de la même manière aux aléas climatiques, en particulier aux phénomènes de retrait-gonflement des argiles (RGA), la submersion marine ou les inondations. Certains types de bâtiments nécessitent des renforcements spécifiques, qui peuvent constituer une opportunité de réinvestissement dans le patrimoine bâti.

→ Nous ne traitons pas en détail des effets de chaque aléa climatique sur le bâti car ces risques sont statistiques et difficiles à localiser avec certitude. Nous produisons néanmoins une carte qui localise ces zones à risque. Voir les données utilisées plus bas.

- **Doit-on prendre en compte les évolutions de la population d'ici 2050 ?**

L'INSEE, à travers son modèle [Omphale](#), projette dans son scénario médian une croissance de la population nationale de 1,5 % entre 2025 et 2050. Toutefois à l'échelle territoriale les contrastes sont marqués. Certaines zones comme les Ardennes, la Haute-Marne, la Meuse, les Vosges ou le Territoire-de-Belfort pourraient perdre jusqu'à 15 % de leurs habitants, tandis que des départements tels que la Haute-Garonne, la Gironde, l'Hérault ou la Loire-Atlantique gagneraient environ 15 %.

À ces dynamiques démographiques s'ajoutent les hypothèses du [scénario AME](#) au niveau national, qui portent sur l'évolution du nombre de personnes par logement, du rythme de construction neuve, de la taille moyenne des logements, de la reconversion des locaux

tertiaires, ainsi que des taux de vacance et de résidences secondaires. Ces paramètres introduisent de fortes incertitudes, car ils dépendent largement de facteurs économiques et politiques difficiles à anticiper. Nous retenons que ces tendances existent, mais leur impact réel à l'horizon 2050 reste très incertain. De plus, dans la mesure où cette publication se concentre sur la consommation de certaines ressources plutôt que sur l'ensemble des infrastructures nécessaires à de telles transformations, d'autres zones d'incertitude apparaissent encore. On peut notamment s'interroger sur les modes de chauffage de ces futurs logements, ou sur l'emprise foncière qu'ils occuperont selon que la construction privilégie des formes collectives verticales ou non, ou encore s'interroger sur les nouvelles consommations qui seront induites.

→ Nous considérons la question des mouvements de population en termes d'évolution de la consommation d'eau résidentielle et pour localiser en priorité les zones d'artificialisation des sols à l'avenir. Voir les données utilisées plus bas.

## Données récoltées

### Bois

#### Consommation nationale de bois énergie

**LOG-BOI-1** [VEM, 2022](#)

Volume de bois consommé à des fins énergétiques. Il s'agit de bois sous multiples formes : bûches, plaquettes forestières, PCS, granulés de bois et de produits recyclés, et il est destiné à être brûlé dans les foyers des particuliers ainsi que dans des chaudières collectives ou industrielles.

### Chaleur

#### Consommation de chaleur résidentielle par commune

**LOG-CHA-1** [SDES, 2023](#)

Quantité de chaleur de réseau consommée par commune assignée au secteur résidentiel.

### Eau

#### Prélèvements d'eau potable par usage par département

**LOG-EAU-1** [BNPE, 2022](#)

Dont on ne garde que la consommation « résidentiel » ici.

### Électricité

#### Consommation d'électricité résidentielle nationale par usage

**LOG-ELE-1** [SDES, 2021](#)

Quantité d'électricité consommée à l'échelle nationale dédiée au chauffage, à la climatisation, et autres grands usages du résidentiel.

## Consommation d'électricité résidentielle par IRIS

LOG-ELE-2 [SDES, 2022](#)

## Consommation d'électricité résidentielle dédiée à la climatisation par zone climatique

LOG-ELE-3 [ADEME, 2022](#), p. 63

Quantité d'électricité dédiée à la climatisation consommée par zone climatique assigné au secteur résidentiel.

## Gaz

### Consommation de gaz résidentiel par IRIS

LOG-GAZ-1 [SDES, 2022](#)

## GES

### Inventaire GES territorialisé par commune

LOG-GES-1 [Citepa, 2023](#)

Déclinaison des émissions de GES de l'inventaire du Citepa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>, total en CO<sub>2</sub>e) par secteur d'activité et par territoire.

## Pétrole

### Ventes de produits pétroliers par département

LOG-PET-1 [SDES, 2023](#)

Volumes de produits pétroliers vendus par type de produit comme super sans plomb, le gazole, le fioul domestique, etc.

## Territoire

### Résidences principales par type de combustible utilisé pour le chauffage par commune

LOG-TER-1 [INSEE, 2021](#)

Nombre de résidences principales chauffées au chauffage urbain, gaz, fioul, électricité ou autres (essentiellement du bois) et nombre de résidences principales en fonction de leur type : appartement ou maison. On modifie ces données brutes en séparant le chauffage « électricité » de l'INSEE en « radiateur électrique » d'un côté et « pompe à chaleur » de l'autre en fonction du nombre d'appartements et de maisons de chaque commune d'après la [part de pompes à chaleur dans le parc résidentiel national](#) LOG-NAT-3.

### Score de besoin bioclimatique par zone climatique

LOG-TER-2 [RT2012, 2020](#)

Score moyen du besoin bioclimatique en énergie fourni par la réglementation thermique 2012. Plus ce score est haut plus un logement consomme d'énergie à l'année, il est exprimé comme étant égal à 2 x Besoin en Chauffage + 2 x Besoin en Refroidissement + 5 x Besoin en éclairage.

### Résidences principales par DPE par département

LOG-TER-3 [SDES, 2021](#)

Nombre de résidences principales par classe de performance énergétique (de A à G).

## Consommation de bois par ménage se chauffant principalement au bois par région

LOG-TER-4 [SDES, 2020](#)

Nombre de stères de bois consommés annuellement par ménage qui déclare se chauffer principalement au bois.

## Rendement moyen du réseau de distribution d'eau par département

LOG-TER-5 [Sispea, 2022](#), p. 57

Rendement du réseau d'eau potable (en %) par département, plus il est haut, moins il y a de fuites sur le réseau. Certains départements dont les données manquent sur la carte sont complétés avec les données du rendement moyen du réseau de distribution d'eau du [Sispea en 2020](#) (source: article en ligne car le fichier original n'est plus accessible sur le site du Sispea).

## Évolution de la population par département

LOG-TER-6 [Omphale, INSEE, 2022](#)

Ce sont les projections de population 2018-2070 pour les départements et les régions. On utilise les données d'évolution entre 2022 et 2050 de chaque département selon le scénario médian.

## National

### Part du GPL national utilisé dans le secteur résidentiel

LOG-NAT-1 [FGL, 2022](#), p. 11

Part du GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) consommé en France utilisé dans le secteur résidentiel, essentiellement pour le chauffage du logement, chauffage de l'eau et la cuisson.

### Part du pétrole et du gaz résidentiel national utilisé pour le chauffage

LOG-NAT-2 [SDES, 2021](#)

Seule une part du pétrole et du gaz du secteur résidentiel est assignée au chauffage du logement, le reste est assigné au chauffage de l'eau et la cuisson (gaz uniquement).

### Part de pompes à chaleur dans le parc résidentiel national

LOG-NAT-3 [SDES, 2023](#)

Part des résidences chauffées à l'électricité équipées d'une pompe à chaleur en fonction de leur type : appartement ou maison.

### Répartition nationale des combustibles utilisé pour le chauffage dans les résidences principales en fonction de leur DPE

LOG-NAT-4 [SDES, 2022](#)

C'est la probabilité pour un logement chauffé par tel ou tel combustible d'appartenir à tel ou tel DPE à l'échelle nationale. On constate qu'en moyenne les résidences chauffées au fioul sont moins bien isolées que les autres, alors que la plupart des résidences bien isolées sont chauffées à l'électricité ou au bois.

### Empreinte carbone des différents modes de chauffage

LOG-NAT-5 [ADEME, 2024](#)

Quantité de CO<sub>2</sub> émis pour chauffer un m<sup>2</sup> de logement par an pour chaque mode de chauffage. On ne retiendra cependant aucune empreinte carbone pour le chauffage électrique (avec ou sans pompe à chaleur) car on ne s'intéresse qu'aux émissions directes.

## Part nationale d'équipement résidentiel en climatisation

LOG-NAT-6 [ADEME, 2020](#), p. 26

### Données produites

#### Bois

##### Consommation de bois résidentiel par département

LOG-BOI-1X

Le bois du secteur « résidentiel » est utilisé pour son énergie et uniquement pour le chauffage du logement, on considérera que « consommation de bois résidentiel » sous entendra toujours « dédié au chauffage ».

On répartit la **consommation nationale de bois énergie** LOG-BOI-1 en fonction d'une clé de répartition « d'intensité de consommation de bois de chauffage résidentiel ». Elle est calculée en multipliant le **nombre de résidences principales chauffées au bois** LOG-TER-1 du département avec la **consommation de bois par ménage se chauffant principalement au bois** LOG-TER-4 de la région du département.

#### Idée d'amélioration

Ne répartir ici que la part dédiée au chauffage du bois énergie national. Seul  $\frac{3}{4}$  du bois énergie est dédié au chauffage résidentiel ([source](#))

#### GES

##### Émissions de CO<sub>2</sub> résidentiel par département

LOG-GES-1X

Utilisation directe des émissions données par l'**inventaire GES territorialisé** LOG-GES-1.

#### Idée d'amélioration

Pour ne pas se baser sur les données territorialisées du résidentiel du Citepa modifiées (car on vise des données scope 1 plutôt que scope 2), nous pourrions plutôt répartir les émissions nationales du résidentiel scope 1 (d'après le SDES) en fonction du nombre de logements et de leur combustible de chauffage. Les données de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O peuvent rester celles territorialisées du Citepa.

##### Émissions de CO<sub>2</sub> résidentiel par combustible par département

LOG-GES-2X

On veut estimer les émissions de CO<sub>2</sub> résidentiel liées aux usages du fioul, du gaz et du bois. On répartit les **émissions de CO<sub>2</sub> résidentiel** LOG-GES-1X du département en fonction d'une clé de répartition « d'intensité carbone ». Elle est calculée en additionnant la **consommation de pétrole résidentiel** LOG-PET-1X, la **consommation de gaz résidentiel dédié au chauffage** LOG-GAZ-1X et la **consommation de bois résidentiel** LOG-BOI-1X, chacune pondérée par les **empreintes carbone** des différents modes de chauffage LOG-NAT-5 puisque chaque combustible n'émet pas la même quantité de CO<sub>2</sub> pour la même quantité d'énergie.

## Émissions de CO<sub>2</sub> résidentiel par combustible dédié au chauffage par département

LOG-GES-3X

On veut estimer les émissions de CO<sub>2</sub> résidentiel liées au chauffage au fioul, au gaz et au bois. On ne garde des émissions de CO<sub>2</sub> résidentiel par combustible LOG-GES-2X du département que la part du pétrole et du gaz résidentiel national utilisé pour le LOG-NAT-2. On considère que le bois du secteur « résidentiel » est utilisé uniquement pour le chauffage du logement donc la totalité des émissions de CO<sub>2</sub> résidentiel du bois LOG-GES-2X sont attribuées ici.

## Émissions de CO<sub>2</sub> résidentiel par combustible dédié aux autres usages par département

LOG-GES-4X

On veut estimer les émissions de CO<sub>2</sub> résidentiel liées aux autres usages résidentiels du fioul et du gaz, comme le chauffage de l'eau ou la cuisson. On ne garde des émissions de CO<sub>2</sub> résidentiel par combustible LOG-GES-2X du département que le restant de la part du pétrole et du gaz résidentiel national utilisé pour le chauffage LOG-NAT-2, c'est-à-dire tout ce qui n'est pas attribué au chauffage.

## Électricité

### Consommation d'électricité résidentielle dédiée au chauffage par département

LOG-ELE-1X

On répartit la part de la consommation d'électricité résidentielle nationale LOG-ELE-1 dédiée au chauffage à chaque département en fonction d'une clé de répartition « intensité de chauffage ». Elle est calculée en multipliant le nombre de résidences principales chauffées à l'électricité LOG-TER-1 du département avec le score de besoin bioclimatique LOG-TER-2 de la zone climatique du département. Il s'agit ici du chauffage du logement et n'intègre pas le chauffage de l'eau ou la cuisson.

### Consommation d'électricité résidentielle dédiée à la climatisation par département

LOG-ELE-2X

On répartit la consommation d'électricité résidentielle dédiée à la climatisation par zone climatique LOG-ELE-3 à chaque département en fonction du nombre de logements des départements.

### Consommation d'électricité résidentielle dédiée aux autres usages par département

LOG-ELE-3X

On se base sur la consommation d'électricité résidentielle LOG-ELE-1 du département à laquelle on soustrait la consommation d'électricité résidentielle dédiée au chauffage LOG-ELE-1X et la consommation d'électricité résidentielle dédiée à la climatisation LOG-ELE-2X.

## Gaz

### Consommation de gaz résidentiel dédié au chauffage par département

LOG-GAZ-1X

On multiplie la consommation de gaz résidentiel LOG-GAZ-1 du département par la part du gaz résidentiel national utilisé pour le chauffage LOG-NAT-2.

### Consommation de gaz résidentiel dédié aux autres usages par département

LOG-GAZ-2X

On se base sur la consommation de gaz résidentiel LOG-GAZ-1 du département à laquelle on soustrait la consommation de gaz résidentiel dédié au chauffage LOG-GAZ-1X.

## Pétrole

### Consommation de pétrole résidentiel par département

[LOG-PET-1X](#)

On additionne les ventes de fioul domestique [LOG-PET-1](#) et les ventes de GPL [LOG-PET-1](#) dont on ne garde que la part de GPL utilisée dans le secteur résidentiel [LOG-NAT-1](#).

### Consommation de pétrole résidentiel dédié au chauffage par département

[LOG-PET-2X](#)

On multiplie la consommation de pétrole résidentiel par département [LOG-PET-1X](#) par la part du pétrole résidentiel national utilisé pour le chauffage [LOG-NAT-2](#).

### Consommation de pétrole résidentiel dédié aux autres usages par département

[LOG-PET-3X](#)

On se base sur la consommation de pétrole résidentiel [LOG-PET-1X](#) du département à laquelle on soustrait la consommation de pétrole résidentiel dédié au chauffage [LOG-PET-2X](#).

## Territoire

### Résidences principales par DPE par type de combustible utilisé pour le chauffage par département

[LOG-TER-1X](#)

On construit une estimation du nombre de résidences principales par DPE et par type de combustible utilisé pour le chauffage pour chaque territoire. L'objectif est d'avoir une idée du nombre de résidences chauffées avec le combustible X ayant un DPE A, B, C, etc. pour chaque type de combustible présent dans la nomenclature concernant les résidences principales par type de combustible utilisé pour le chauffage [LOG-TER-1](#).

Pour cela on effectue une répartition croisée entre combustibles utilisés pour le chauffage et DPE. La difficulté est de croiser le nombre de résidences principales par type de combustible utilisé pour le chauffage [LOG-TER-1](#) avec le nombre de résidences par DPE [LOG-TER-3](#) de chaque département tout en s'approchant le plus possible de la répartition nationale des combustibles utilisé pour le chauffage dans les résidences principales en fonction de leur DPE [LOG-NAT-4](#).

On attribue à chaque combustible utilisé pour le chauffage, l'un après l'autre, et à chaque DPE, le nombre de résidences principales du territoire chauffées avec ce combustible dans les mêmes proportions que la statistique nationale. Les résidences attribuées à chaque tour ne sont plus disponibles pour les tours suivants.

Si la proportion ne peut pas être respectée (typiquement s'il ne reste plus suffisamment de résidences avec un DPE en particulier car elles ont déjà été massivement affectées avec les combustibles précédents) alors la proportion s'adapte pour refléter la statistique nationale pondérée par les résidences restantes.

## Exemple

La statistique nationale indique que, pour un combustible donné, 10 résidences devraient être attribuées au DPE A alors qu'il n'en reste que 4 disponibles (pas encore attribuées à d'autres combustibles). On attribue ces 4 résidences au DPE A et les 6 restantes seront attribuées aux autres DPE dans les mêmes proportions qu'initialement **mais** avec le DPE A exclu.

L'objectif de l'exercice étant de faire ressortir les spécificités territoriales le plus possible, on attribue pour chaque département le nombre de résidences principales de chaque DPE **d'abord** aux combustibles utilisés pour le chauffage les plus rares sur le territoire jusqu'aux plus courants. La plupart du temps, le bois est le combustible le plus rare alors que l'électricité ou le gaz sont les plus courants.

## Résidences principales équipées de climatisation par département

LOG-TER-2X

On multiplie le nombre de résidences principales LOG-TER-1 du département avec la part nationale d'équipement résidentiel en climatisation LOG-NAT-6.

## Idée d'amélioration

Produire une meilleure estimation de l'équipement local en climatisation, la statistique nationale est particulièrement mal adaptée.

# Tertiaire

## Contenu du secteur

Ce secteur couvre toutes les activités liées au tertiaire, c'est-à-dire qui permettent d'exploiter un bâtiment dans le cadre d'une production de service. On ne compte pas ici les usages liés à la construction de bâtiments (inclus dans le secteur « industrie »), au logement ou aux autres activités économiques (incluses dans les secteurs « industrie »).

**Dans le cadre de cette publication on traitera les activités suivantes :**

- **Le chauffage :**
  - Chauffage au fioul
  - Chauffage au gaz
  - Chauffage électrique
  - Chauffage par réseau de chaleur
- **La climatisation**
- **Les autres usages tertiaires** comme la cuisson, l'éclairage, l'eau chaude sanitaire ou le fonctionnement des appareils électroménagers (lave-linge, réfrigérateur, etc.) et des équipements numériques (ordinateurs, téléviseurs, etc.). On note que les « autres usages » tertiaires occupent une place prépondérante dans la consommation énergétique du secteur, car les consommations de chauffage ne représentent que 50 % des consommations du parc tertiaire contre 73 % des consommations du parc résidentiel.

Nos questions et réponses :

- **Manque de données territoriales sur le secteur tertiaire**

Le secteur tertiaire en France est largement sous-documenté, en particulier lorsqu'on le compare au secteur résidentiel. Il est aujourd'hui difficile de disposer d'estimations précises, territoire par territoire, concernant les surfaces de locaux tertiaires, leurs usages, leur niveau d'isolation thermique ou encore la présence d'équipements énergivores comme la climatisation.

Cette difficulté est renforcée par la grande diversité de bâtiments concernés. Là où le logement se caractérise par une relative homogénéité, avec une surface par personne et une organisation spatiale globalement prédictibles malgré certaines exceptions, le tertiaire recouvre des formes et des usages très hétérogènes :

- **Les bureaux** de quelques dizaines à plusieurs milliers de m<sup>2</sup> par plateau (souvent climatisés) ;
- **Les commerces** qui vont des boutiques de centre-ville de quelques dizaines de m<sup>2</sup> aux grandes surfaces alimentaires, jusqu'aux centres commerciaux de plusieurs dizaines de milliers de m<sup>2</sup> ;

- **Les locaux de santé** du cabinet médical de quelques centaines de m<sup>2</sup> aux hôpitaux de plus de 100 000 m<sup>2</sup> avec une forte technicité des espaces ;
- **Les espaces d'enseignement** de l'école primaire de quartier aux universités de plus de 50 000 m<sup>2</sup> ;
- **L'hôtellerie et la restauration** du petit restaurant aux grands complexes de plus de 20 000 m<sup>2</sup> ;
- **Les locaux culturels, sportifs et de loisirs** allant de la salle de sport aux musées de plus de 50 000 m<sup>2</sup> ;
- **L'administration et les services publics** de la mairie jusqu'au palais de justice.

On notera par ailleurs une différence dans certains référentiels avec le logement. Par exemple, alors que les logements sont classés de A à G par le Diagnostic de Performance Énergétique (DPE), les bâtiments tertiaires évalués par l'ADEME disposent d'une échelle allant de A à I. Cette granularité accrue traduit non seulement une plus grande variabilité des situations, mais suggère également une proportion de bâtiments mal ou non isolés, et potentiellement dans une mesure plus marquée que dans le secteur résidentiel.

Autre exemple, les bâtiments résidentiels sont généralement caractérisés par le nombre de logements, ce qui permet de compter par unité d'habitation, par exemple « quatre logements ont un DPE D ». À l'inverse, les bâtiments tertiaires sont le plus souvent décrits en termes de surface et l'on exprimera alors les résultats sous la forme « 40 m<sup>2</sup> ont un DPE D ».

→ Nos évaluations dans le tertiaire reposent souvent sur des estimations, que ce soit pour caractériser les surfaces, les usages ou la qualité des bâtiments. Nous exploitons les données de consommation d'énergie au même titre que les autres secteurs dans la mesure où les producteurs de ces données l'identifient comme secteur à part entière, notamment pour l'électricité et le gaz.

- **Peut-on estimer localement les classes DPE des locaux tertiaires ?**

L'ADEME recense les DPE Tertiaire (depuis juillet 2021) qui compte, en septembre 2025, un peu moins de 230 000 DPE sur les 920 000 locaux tertiaires en France métropolitaine (Cerema, 2024), soit 25 % de couverture.

À titre de comparaison, pour les logements, l'estimation faite sur les résidences principales par DPE LOG-TER-3 du SDES repose sur les bases de données de l'ADEME listant les DPE Logements existants (depuis juillet 2021) et les DPE Logements neufs (depuis juillet 2021) qui compte, en septembre 2025, plus de 13,5 millions de DPE sur les 30,4 millions de résidences principales que compte la France métropolitaine, soit 45 % de couverture.

Le taux de couverture est un critère particulièrement important car les DPE ne sont pas homogènes. Leur hétérogénéité tient à deux facteurs principaux. D'une part, de nombreux diagnostics sont réalisés dans le cadre de travaux ou pour satisfaire à des obligations réglementaires. Ils reflètent souvent des performances énergétiques dégradées ou des bâtiments anciens non rénovés.

D'autre part, les DPE réalisés pour des bâtiments neufs ou récemment rénovés tendent à être plus favorables. Ils reposent sur des études thermiques ou environnementales (RT ou RE) conformes aux normes en vigueur. Ces diagnostics affichent donc des performances énergétiques souvent élevées.

→ Il est possible de produire une estimation des surfaces tertiaires par DPE en extrapolant les chiffres des DPE Tertiaire (depuis juillet 2021) au nombre de locaux tertiaires par département. Mais étant donné que ces deux profils de DPE (DPE « post-travaux/réglementaires » souvent défavorables et DPE « construits ou rénovés » souvent favorables) se combinent dans les données disponibles, créant une distribution inégale des classes DPE, cela introduirait un biais structurel dans l'interprétation des performances énergétiques du parc tertiaire. On ne produira donc pas d'estimation des DPE tertiaires par territoire.

- **Peut-on harmoniser les branches d'activités tertiaire entre acteurs ?**

Le Ceren constitue une référence nationale pour l'analyse énergétique du secteur tertiaire et propose un découpage en grandes branches d'activités : « bureaux et administration », « commerce », « sports, culture et loisirs », « enseignement et recherche », « habitat communautaire », « hôtellerie et restauration », « santé » et « transport ».

→ Dans la mesure du possible, nous adoptons ce même cadre de classification pour la production de données. Il est en effet utilisé par plusieurs acteurs de référence tels que RTE, le CGDD ou le ministère de l'Écologie, ce qui facilite la comparabilité des analyses. Ce découpage offre également un levier méthodologique pour projeter certaines statistiques nationales vers des estimations locales plus cohérentes.

## Données récoltées

### Chaleur

#### Consommation de chaleur tertiaire par commune

**TER-CHA-1** SDES, 2023

Quantité de chaleur de réseau consommée par commune assignée au secteur tertiaire.

### Eau

#### Prélèvements d'eau potable par usage par département

**TER-EAU-1** BNPE, 2022

### Électricité

#### Consommation d'électricité tertiaire nationale par usage

**TER-ELE-1** SDES, 2021

Quantité d'électricité consommée à l'échelle nationale dédiée au chauffage, à la climatisation, et autres grands usages du tertiaire.

## Consommation d'électricité tertiaire dédiée à la climatisation par zone climatique

TER-ELE-2 [ADEME, 2022](#), p. 66

Quantité d'électricité dédiée à la climatisation consommée par zone climatique assigné au secteur tertiaire.

## Gaz

### Consommation de gaz tertiaire par IRIS

TER-GAZ-1 [SDES, 2022](#)

## GES

### Inventaire GES territorialisé par commune

TER-GES-1 [Citepa, 2023](#)

Déclinaison des émissions de GES de l'inventaire du Citepa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>, total en CO<sub>2</sub>e) par secteur d'activité et par territoire.

## Pétrole

### Ventes de produits pétroliers par département

TER-PET-1 [SDES, 2023](#)

Volumes de produits pétroliers vendus par type de produit comme super sans plomb, le gazole, le fioul domestique, etc.

## Territoire

### Nombre d'entreprises et d'établissements par NAF rév. 2 géolocalisés

TER-TER-1 [Sirene, INSEE, 2024](#)

La base Sirene répertorie toutes les entreprises et tous les établissements enregistrés en France, y compris ceux qui sont actifs mais peuvent être non significativement actifs économiquement (ex : auto-entrepreneurs, micro-entreprises sans salarié, établissements secondaires peu actifs, etc.). **Elle comprend environ 40 millions d'établissements, dont 16 millions sont actifs.** Elle inclut leur localisation GPS et leur activité principale suivant la nomenclature NAF rév. 2, la plus fine de l'INSEE.

### Nombre d'établissements économiquement actifs par secteur d'activité A88 par commune

TER-TER-2 [Flores, INSEE, 2021](#)

La base Flores sélectionne uniquement les établissements économiquement actifs, c'est-à-dire ceux qui déclarent un chiffre d'affaires ou une activité économique effective. Elle filtre donc les établissements de la base Sirene pour ne conserver que ceux qui participent réellement à l'activité économique française. **Elle compte environ 2,3 millions d'établissements considérés comme véritablement actifs.** La différence avec la base Sirene est donc significative.

### Score de besoin bioclimatique par zone climatique

TER-TER-3 [RT2012, 2020](#)

Score moyen du besoin bioclimatique en énergie fourni par la réglementation thermique 2012. Plus ce score est haut plus un logement consomme d'énergie à l'année, il est exprimé comme étant égal à 2 x Besoin en Chauffage + 2 x Besoin en Refroidissement + 5 x Besoin en éclairage.

## National

### Caractéristiques du parc tertiaire national par branche d'activité

TER-NAT-1 [Ceren\\_2022](#)

Indique au niveau national :

- **La surface de locaux par branche d'activité** en m<sup>2</sup> ;
- **La surface de locaux par combustible de chauffage** (électricité, fioul, gaz et autre combustible) en m<sup>2</sup> ;
- **La consommation d'énergie par m<sup>2</sup> de locaux par branche d'activité** (pas uniquement chauffage) en TWh.

On scindera systématiquement la surface de locaux chauffée par « autre combustible » en « chauffée au bois » et « chauffée par réseau de chaleur urbain » en se basant sur les estimations de la consommation d'énergie par usage du tertiaire du SDES ([SDES\\_2020](#)) qui indique que le chauffage urbain représente 70,6 Mm<sup>2</sup> et les énergies renouvelables 12,8 Mm<sup>2</sup>, soit respectivement 85 % et 15 % de ce « autre combustible ». On n'utilisera pas directement ces surfaces de m<sup>2</sup> du SDES, mais on appliquera ces pourcentages de répartition au « autre combustible » du Ceren.

### Caractéristiques énergétiques du parc tertiaire national par branche d'activité

TER-NAT-2 [CGDD\\_2020](#)

Dans cette étude des scénarios de rénovation énergétique des bâtiments tertiaires, le CGDD reconstitue plus en détail les surfaces couplées aux consommations énergétiques de chaque branche d'activité du tertiaire, tout en se basant sur les publications du Ceren. Elle indique notamment :

- **La part des surfaces par combustible** (p. 16) par ex : X % des surfaces tertiaires est chauffée au gaz ;
- **La part des surfaces par combustible par branche d'activité** (p. 17) par ex : X % des surfaces tertiaires dans la santé est chauffée au gaz ;
- **La consommation dédiée au chauffage par branche d'activité** (p. 24) par ex : le tertiaire dans la santé consomme X kWh/m<sup>2</sup> d'énergie pour se chauffer par an ;
- **La consommation dédiée à la climatisation par branche d'activité** (p. 24) par ex : le tertiaire dans la santé consomme X kWh/m<sup>2</sup> d'électricité pour se refroidir par an.

Cependant ces informations se basent sur des statistiques du Ceren de 2010, le parc tertiaire a fortement évolué depuis. Par exemple, le fioul et le gaz étaient beaucoup plus utilisés pour se chauffer en 2010 qu'en 2022.

Il faudra donc recalibrer ces données sur l'état du parc tertiaire en 2022, que l'on effectuera ci-dessous en calculant les [caractéristiques énergétiques corrigées du parc tertiaire national par branche d'activité TER-TER-2X](#).

## Données produites

### Électricité

#### Consommation d'électricité tertiaire dédiée au chauffage par département

TER-ELE-1X

On répartit la part de la consommation d'électricité tertiaire nationale TER-ELE-1 dédiée au chauffage à chaque département en fonction d'une clé de répartition « intensité de chauffage ». Elle est calculée en multipliant la surface tertiaire chauffée électriquement TER-TER-3X du département avec le score de besoin bioclimatique TER-TER-3 de la zone climatique du département. Il s'agit ici du chauffage des locaux et n'intègre pas le chauffage de l'eau ou la cuisson.

#### Consommation d'électricité tertiaire dédiée à la climatisation par département

TER-ELE-2X

On répartit la consommation d'électricité tertiaire dédiée à la climatisation par zone climatique TER-ELE-2 à chaque département en fonction de la surface de locaux tertiaires des départements.

#### Consommation d'électricité tertiaire dédiée aux autres usages par département

TER-ELE-3X

On se base sur la consommation d'électricité tertiaire TER-ELE-1 du département à laquelle on soustrait la consommation d'électricité tertiaire dédiée au chauffage TER-ELE-1X et la consommation d'électricité tertiaire dédiée à la climatisation TER-ELE-2X.

### Territoire

#### Nombre d'établissements économiquement actifs par NAF rév. 2 par commune

TER-TER-1X

On peut facilement faire le lien entre les codes INSEE NAF rév. 2 des entreprises et les branches d'activité Ceren. Cependant, le Ceren s'intéresse aux consommations d'énergie des établissements effectivement en activité, car un établissement administrativement existant mais inactif (présent dans Sirene) ne consomme pas ou très peu d'énergie. La base Sirene, qui liste le nombre d'établissements par NAF rév. 2 TER-TER-1, inclut de nombreux établissements qui n'ont pas de locaux ou qui sont très peu actifs (auto-entrepreneurs, bureaux secondaires, entreprises sans salarié, etc.). On veut donc estimer le nombre d'établissements économiquement actifs par commune (ce que fait TER-TER-2) mais en conservant une identification par NAF rév. 2 (ce que fait TER-TER-1).

Puisque chaque code NAF rév. 2 fait partie d'une catégorie A88, on répartit le nombre d'établissements par NAF rév. 2 TER-TER-1 par commune en fonction du nombre d'établissements économiquement actifs par secteur d'activité A88 TER-TER-2, ci-dessous un exemple de résultat pour une commune fictive :

NAF rév. 2 (Sirene)	A88 (Flores)	NAF rév. 2 corrigé
2 boulangeries (10.71C)	1 « industrie alimentaire » (10)	0,66 boulangeries (10.71C)
1 fromagerie (10.51C)		0,33 fromagerie (10.51C)
1 pharmacie (47.73Z)	0 « commerce » (47)	0 pharmacie (47.73Z)

NAF rév. 2 (Sirene)	A88 (Flores)	NAF rév. 2 corrigé
1 médecin (86.21Z)	1 « santé humaine » (86)	1 médecin (86.21Z)

On obtient un nombre d'établissements en décimal car il ne s'agit que d'estimation, tout en correspondant aux mesures de la base Flores.

### Nombre d'établissements et surface tertiaire par branche d'activité par département

#### TER-TER-2X

Les codes INSEE NAF rév. 2 utilisés par branche d'activité Ceren sont décrits dans l'Annexe du document « La consommation du secteur tertiaire » du groupe de travail « Consommation d'électricité » de RTE ([RTE, 2019](#), p. 66). Ci-dessous une liste de ces codes sous forme A88 qui donne une idée de la couverture des activités :

Branches d'activités Ceren	Codes A88 INSEE approximatifs
Bureaux et administration	41 - Construction de bâtiments 42 - Génie civil 53 - Activités de poste et de courrier 58 - Édition 61 - Télécommunications 62 - Programmation et autres activités informatiques 63 - Services d'information 64 - Activités des services financiers 65 - Assurance 66 - Activités auxiliaires de services financiers 68 - Activités immobilières 69 - Activités juridiques et comptables 70 - Conseil de gestion (activités des sièges sociaux) 71 - Activités d'architecture et d'ingénierie 73 - Publicité et études de marché 74 - Autres activités spécialisées (scientifiques) 75 - Activités vétérinaires 77 - Activités de location et location-bail 78 - Activités liées à l'emploi 79 - Activités des agences de voyage 80 - Enquêtes et sécurité 81 - Services relatifs aux bâtiments et aménagement 82 - Activités de soutien aux entreprises 84 - Administration publique et défense 94 - Activités des organisations associatives
Commerce	10 - Industries alimentaires (boulangerie) 45 - Commerce et réparation d'automobiles 46 - Commerce de gros 47 - Commerce de détail 52 - Entreposage et services auxiliaires des transports

Branches d'activités Ceren	Codes A88 INSEE approximatifs
	93 - Activités sportives, récréatives et de loisirs 95 - Réparation d'ordinateurs et de biens personnels 96 - Autres services personnels
Sports, culture et loisirs	36 - Captage, traitement et distribution d'eau 37 - Collecte et traitement des eaux usées 38 - Collecte, traitement et élimination des déchets 49 - Transports terrestres et transport par conduites 59 - Production de films cinématographiques 60 - Programmation et diffusion 90 - Activités créatives, artistiques et de spectacle 91 - Bibliothèques, archives et musées 92 - Organisation de jeux de hasard et d'argent 93 - Activités sportives, récréatives et de loisirs
Enseignement et recherche	72 - Recherche-développement scientifique 85 - Enseignement
Habitat communautaire	84 - Administration publique et défense 87 - Hébergement médico-social et social 88 - Action sociale sans hébergement 94 - Activités des organisations associatives
Hôtellerie et restauration	55 - Hébergement 56 - Restauration
Santé	86 - Activités pour la santé humaine 87 - Hébergement médico-social et social 88 - Action sociale sans hébergement
Transport	49 - Transports terrestres et transport par conduites 50 - Transports par eau 51 - Transports aériens 52 - Entreposage et services auxiliaires des transports

Avec ce tableau on peut reconstituer :

1. **Le nombre d'établissements par branche d'activité par commune** en agrégeant le **nombre d'établissements économiquement actifs par NAF rév. 2** [TER-TER-1X](#) ;
2. **La surface moyenne nationale d'un établissement par branche d'activité** en divisant la **surface des locaux par branche d'activité** [TER-NAT-1](#) par le **nombre d'établissements par branche d'activité** 1. agrégés à l'échelle nationale ;
3. **La surface des établissements du tertiaire par branche d'activité par commune** en multipliant le **nombre d'établissements par branche d'activité** 1. avec la **surface moyenne d'un établissement par branche d'activité** 2.

## Surfaces tertiaires par type de combustible utilisé pour le chauffage par département

### TER-TER-3X

On répartit la **surface des établissements du tertiaire par branche d'activité TER-TER-2X** par département par la **part nationale des surfaces par combustible par branche d'activité d'après le Ceren TER-NAT-1X**. Cette méthode permet d'estimer, pour chaque branche d'activité, le nombre de mètres carrés tertiaires chauffés selon chaque type de combustible.

Cette estimation reste limitée, car elle ne tient pas compte des spécificités départementales en matière d'habitudes de chauffage et repose uniquement sur des moyennes nationales. Une amélioration possible consisterait à ajuster cette répartition à partir de la structure du parc résidentiel local, en utilisant la ventilation des **résidences principales par type de combustible utilisé pour le chauffage LOG-TER-1**. Cela permettrait de rapprocher l'estimation du tertiaire des usages énergétiques réellement observés dans les logements du territoire.

Cet ajustement n'est toutefois pas retenu ici pour deux raisons. Premièrement, l'hypothèse d'un parallélisme entre le tertiaire et le résidentiel reste spéculative. Deuxièmement, introduire une correction territoriale tout en garantissant la cohérence nationale poserait des difficultés méthodologiques et risquerait d'ajouter de nouveaux biais ou approximations.

## National

### Caractéristiques énergétiques corrigées du parc tertiaire national par branche d'activité

#### TER-NAT-1X

On corrige ici la **part des surfaces par combustible par branche d'activité TER-NAT-2** du CGDD, basées sur des données du Ceren de 2010, avec les dernières données du Ceren. On procède par étape en calculant :

1. **La proportion d'un combustible par branche d'activité par rapport à son usage national d'après le CGDD**, c'est-à-dire à quel point un combustible est plus ou moins présent dans une branche d'activité. Par exemple, si on observait 40 % de chauffage au gaz dans la santé alors que nationalement le chauffage au gaz ne représente que 20 % du chauffage tertiaire, on dirait que la santé est 2x plus intense en chauffage au gaz que la moyenne. On calcule cette proportion en faisant le ratio de la **part des surfaces par combustible par branche d'activité (CGDD) TER-NAT-2** par rapport à la **part des surfaces par combustible (CGDD) TER-NAT-2** ;
2. **La surface totale de tertiaire d'après le Ceren** en additionnant toutes les **surfaces de locaux par branche d'activité (Ceren) TER-NAT-1** ;
3. **La part des surfaces par combustible d'après le Ceren** en divisant la **surface totale de tertiaire d'après le Ceren 2.** par la **surface de locaux par combustible de chauffage (Ceren) TER-NAT-1**. On peut désormais comparer cette part des surfaces par combustible du Ceren pour 2022 avec la **part des surfaces par combustible (CGDD) TER-NAT-2** provenant du Ceren pour 2010, par exemple on passe de 19 % de surface chauffée au fioul à 6 %, et 25 % de surface chauffée par l'électricité à 38 % ;
4. **La part des surfaces par combustible par branche d'activité d'après le Ceren** en divisant la **proportion d'un combustible par branche d'activité par rapport à son usage national d'après le CGDD 1.** par la **part des surfaces par combustible d'après le Ceren 3..** On obtient donc une estimation de la part de chaque combustible dans chaque branche

d'activité qui correspond aux totaux du Ceren en 2022 tout en respectant les proportionnalités par branche d'activité proposées par le CGDD.

# Agriculture

## Contenu du secteur

Ce secteur couvre les activités agricoles, sylvicoles et d'élevage. En reprenant la nomenclature des cultures et de l'élevage de l'Agreste, **cette publication traitera les activités suivantes :**

- **La culture :**

- Culture de céréales (essentiellement blé tendre, blé dur, maïs grain et orge)
- Culture des fruits et légumes
- Culture des oléoprotéagineux (essentiellement colza, protéagineux et tournesol)
- Culture fourragère (essentiellement maïs fourrage et prairies)
- Autres cultures spécifiques (comprend la betterave pour le sucre, les olives pour l'huile, les plantes à fibres pour le textile, les plantes médicinales et aromatiques, les pommes de terre, le tabac et la vigne)

- **L'élevage :**

- Élevage de bovins
- Élevage de porcins
- Élevage de volailles
- Élevage de caprins
- Élevage d'ovins
- Élevage d'autres cheptels (essentiellement lapins et équins)

- **La sylviculture**

Sont exclues la pêche et l'aquaculture, essentiellement dû au manque de données territoriales. La production de produits végétaux comme le sucre, l'huile, l'amidon, etc. sera attribuée à l'industrie agroalimentaire. Enfin, la production de produits animaux comme le lait, les œufs et le miel sont une conséquence de l'existence des cheptels qui nous intéressent ici, ces activités y sont donc implicitement prises en compte.

Nos questions et réponses :

- **Comment estimer les cultures dédiées au biométhane et aux biocarburants ?**

Le développement d'entités de biocarburants ou le développement de méthaniseurs risque de créer des conflits d'usage autour de la biomasse localement.

Le développement des bioénergies (biocarburants et biométhane) génère deux problématiques sur les matières premières : une partie de la production de bioénergie peut être assurée par effet d'opportunité, simplement en exploitant les gisements de déchets qui ne sont pas actuellement utilisés. Mais au-delà d'un certain seuil de production, il est

nécessaire d'aller puiser dans des gisements qui sont utilisés pour d'autres usages (ex: alimentation du bétail).

→ Nous étudions une hypothèse de développement des biocarburants produits en France afin de donner une idée de la quantité de sols nécessaires, et la localisation, de telles productions. Voir la scénarisation plus bas.

- **Comment estimer la production de coproduits et déchets ?**

Les productions agricoles et sylvicoles sont particulièrement concernées par l'usage des coproduits. Par exemple, une betterave dédiée à la production industrielle de sucre sera considérée comme consommée par l'industrie agro-alimentaire, mais la pulpe qui en résulte (déchet industriel) est souvent utilisée comme aliment pour bovin ou la production de biocarburant. Autre exemple, un tronc d'arbre scié pour produire une poutre ne sera pas exploité à 100%, on retrouvera à la sortie des morceaux de découpe trop petits, son écorce, des copeaux, etc. réutilisés pour fabriquer du papier ou des granulés de bois de chauffage.

→ En accord avec les arbitrages de la méthodologie de territorialisation (voire plus haut dans ce document), les coproduits et les déchets réutilisés par d'autres activités sont ici exclus des comptes des activités. Les activités de ce secteur sont les seules à produire les ressources Bois, Biomasse agricole et Viande de tout le modèle. Ça ne veut pas dire qu'on oublie que les déchets existent, mais ils ne sont pas modélisés (donc pas de suivi ni de bouclage chiffré).

- **Comment aborder le sujet de l'agri-voltaïsme ?**

La question de l'agri-voltaïsme pose encore de nombreuses questions sur lesquelles le Shift Project est en train de travailler sans avoir encore tranché. Le sujet est aujourd'hui marginal, mais pourrait demain prendre davantage de place.

→ Nous n'abordons pas d'hypothèses sur l'agri-voltaïsme. Étant donné que l'on aborde la position du photovoltaïque uniquement pour son emprise au sol, on se contentera de la part de photovoltaïque en toiture ou au sol.

- **Comment aborder le développement de l'irrigation et l'accès à l'eau ?**

La question de l'irrigation n'a pas été approfondie par l'équipe agriculture du Shift Project et pose des enjeux locaux pour les agriculteurs : adaptation des cultures et gouvernance de la ressource en cas de tension. Il faut aussi rappeler que les agriculteurs sont les premiers touchés par les pénuries d'eau.

L'irrigation est tantôt utilisée pour sécuriser les rendements en période de sécheresse, tantôt pour intensifier certaines productions, mais les données disponibles sur ces usages futurs demeurent imprécises. Les projections varient fortement selon les hypothèses climatiques, les choix techniques ou les politiques de gestion de la ressource, ce qui limite la possibilité d'anticiper son évolution avec fiabilité.

→ Nous traitons de la question des dépendances de l'agriculture à la ressource en eau, afin de mieux étudier les menaces qui pèsent sur les territoires agricoles. Nous nous

basons sur les données de la BNPE pour connaître les prélèvements locaux attribués au secteur agricole. Voir les données utilisées plus bas.

- **Quelles hypothèses sur l'évolution locale de l'élevage ?**

La perte d'une partie de l'élevage (élevage extensif) peut conduire à une mise en culture de prairies permanentes et donc à une perte de puits carbone.

→ Nous n'abordons pas spécifiquement la question de l'élevage, mais traitons des disparités liées à leur alimentation (consommation de biomasse animale VS humaine) et à la production d'effluents dans le cadre de l'étude du potentiel d'azote organique des territoires.

- **Quelles hypothèses sur la production d'engrais de synthèse ?**

La relocalisation de la production d'engrais minéraux requiert la production d'hydrogène, qui consomme de l'eau et de l'électricité.

→ Nous intégrons les consommations d'électricité impliquées par le développement de la production d'hydrogène d'après la trajectoire de référence de RTE, dont 15% est dédié à la production d'ammoniac et d'engrais. Nous abordons aussi la consommation d'eau supplémentaire qui accompagne cette filière.

- **Comment modéliser les effets du changement climatique ?**

Le changement climatique pose trois types d'enjeux aux agriculteurs :

- **Extrême ponctuel** comme une inondation, un gel tardif ou une forte sécheresse ;
- **Risque chronique** comme la baisse de rendement lié à la diminution des précipitations ;
- **Enjeu d'adaptation** comme le besoin d'irriguer pour faire face à la diminution des précipitations.

Les effets **extrêmes ponctuels** pourraient être modélisés sur des territoires car il s'agit de retrancher une partie de la production du territoire suite à l'effet climatique voulu. Pour ce faire, on peut se baser sur des rapports nationaux ou régionaux, comme par exemple une synthèse sur la sécheresse agricole (sensibilité par culture, pertes 1976/2003) ([INRAE, 2006](#)), un rapport d'état agricole après une vague de gels tardifs ([ministère de l'Agriculture, 2021](#)) ou un article sur les impacts de l'excès d'eau sur les céréales ([Arvalis, 2016](#)).

Le **risque chronique** est plus difficile à modéliser, car il dépend fortement des interactions entre le climat, le stade phénologique des cultures et les caractéristiques territoriales. Une chaleur de quelques jours au moment de la floraison du maïs peut provoquer des pertes majeures, tandis que la même vague de chaleur, survenant plus tôt ou plus tard, n'aura qu'un impact limité. Ces effets sont très hétérogènes géographiquement : des sols plus profonds ou une irrigation ponctuelle peuvent atténuer l'impact dans un département, alors qu'un territoire voisin subira des baisses de rendement significatives. De plus, les projections climatiques sont plus incertaines pour les précipitations que pour les températures, ce qui complexifie encore l'évaluation des risques à long terme. Ainsi, toute

approche globale se heurte à une forte variabilité spatiale et temporelle, ce qui rend ces phénomènes difficilement transposables en pertes agrégées simples à l'échelle départementale.

Les **enjeux d'adaptation**, quant à eux, peuvent s'appuyer sur des travaux de référence menés par les instituts techniques agricoles, les chambres d'agriculture ou encore France Stratégie.

→ Nous ne modélisons pas les effets d'événements extrêmes, car il nous a semblé que cet exercice relevait davantage d'une étude approfondie des effets du changement climatique sur l'agriculture que de l'étude territoriale de la transition énergétique. D'autres acteurs plus experts du sujet se penchent sur cette question. Nous parlons cependant de « risques » accrus ou diminués de certains phénomènes climatiques en nous basant sur des sources de référence. Le risque chronique ne fait pas l'objet de modélisations directes en raison de son incertitude et de sa variabilité spatiale, et les enjeux d'adaptation sont traités séparément, à partir d'hypothèses de référence issues des études disponibles.

- **Comment modéliser les effets de la transition agroécologique ?**

Le développement de l'agroécologie génère un sujet sur la quantité de surfaces nécessaires pour produire une même quantité de biomasse par rapport à une agriculture conventionnelle.

→ Nous n'abordons pas le sujet des effets de pratiques agricoles d'un point de vue quantitatif car ces effets ne sont pour la plupart pas liés directement aux ressources que nous traitons, et entraînent de nombreuses autres questions d'expert (capacités économiques, emploi, formation, compétitivité, etc.). D'autres entités et institutions s'intéressent à la question des pratiques agricoles en tant que telles.

## Données récoltées

### Biomasse agricole

#### Production et superficie par culture par département

AGR-BIO-1 Agreste, 2020

Plusieurs fichiers : Cultures développées ([Agreste, 2020](#)), fourrage et prairies ([Agreste, 2020](#)), cultures fruitières ([Agreste, 2020](#)) et production de raisin ([Agreste, 2020](#)).

## Spécialisation territoriale de la production agricole (OTEX en 17 postes) par commune

AGR-BIO-2 [Agreste, 2020](#)

## Répartition des potentiels de gaz verts à l'horizon 2050 par département

AGR-BIO-3 [GRDF, 2025](#)

## Production annuelle de biométhane par site d'injection de biométhane raccordées au réseau de distribution de GRDF

AGR-BIO-4 [GRDF, 2025](#)

## Bois

### Récolte de bois en millier de m<sup>3</sup> par département

AGR-BOI-1 [EXFSRI, 2023](#)

Indique le volume de bois récolté (ainsi que la récolte de bois certifié gestion durable) par type de bois récolté, c'est-à-dire par essence (conifère et feuillus) et par type (grumes, industrie et énergie).

## Eau

### Prélèvements d'eau potable par usage par département

AGR-EAU-1 [BNPE, 2022](#)

## Électricité

### Consommation d'électricité agricole par IRIS

AGR-ELE-1 [SDES, 2022](#)

## Élevage

### Effectifs et production des élevages de bétail par département

AGR-VIA-1 Agreste, 2020

Plusieurs fichiers : Effectifs de bétail ([Agreste, 2020](#)) et production de bétail fini ([Agreste, 2020](#)).

### Effectifs et production des élevages de volaille par région

AGR-VIA-2 Agreste, 2020

Plusieurs fichiers : Effectifs de volailles ([Agreste, 2020](#)) et production de volaille finie ([Agreste, 2020](#)).

### Recensement du cheptel par département

AGR-VIA-3 [Agreste, 2020](#)

### Recensement du cheptel par commune

AGR-VIA-4 [Agreste, 2020](#)

Ce recensement par commune est incomplet car de nombreuses communes ont une valeur secrète, indiquant la présence d'au moins un animal par commune sans savoir combien exactement.

## Gaz

### Consommation de gaz agricole par IRIS

AGR-GAZ-1 [SDES. 2022](#)

## GES

### Inventaire GES territorialisé par commune

AGR-GES-1 [Citepa. 2023](#)

Déclinaison des émissions de GES de l'inventaire du Citepa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>, total en CO<sub>2</sub>e) par secteur d'activité et par territoire.

## Pétrole

### Ventes de produits pétroliers par département

AGR-PET-1 [SDES. 2023](#)

Volumes de produits pétroliers vendus par type de produit comme super sans plomb, le gazole, le fioul domestique, etc.

## Territoire

### Surfaces en jachère par département

AGR-TER-1 [Teruti. 2023](#)

### Surfaces en agriculture biologique par culture par département

AGR-TER-2 [Agence Bio. 2025](#)

### Surfaces irriguées par culture par département

AGR-TER-3 [Agreste. 2020](#)

### Recensement agricole par commune

AGR-TER-4 [Agreste. 2020](#)

Nombre d'exploitations, SAU, ETP, et PBS, par taille économique et par orientation (OTEX).

## Surface forestière par département

AGR-TER-5 [Teruti, 2023](#)

### National

## Part du GNR et GPL national utilisé dans le secteur agricole

AGR-NAT-1 [INSEE, 2021](#)

## Absorption de CO<sub>2</sub> nationale par les prairies

AGR-NAT-2 [Citepa, 2024](#)

## Production d'azote (N) annuelle moyenne par animal par cheptel

AGR-NAT-3 CORPEN, 1999 & MEEM, 2011

### Valeurs utilisées (en kg N/animal/an)

Vache allaitantes : 103	Porcin : 12	Poule pondeuse : 0,7
Vache laitières : 117	Ovin : 16	Poulet de chair : 0,3
Veau : 6	Caprin : 16	Autre volaille : 0,6
Autre bovin : 94	Équin : 122	Lapin : 1

## Bilan d'approvisionnement agroalimentaire national

AGR-NAT-4 [Agreste, 2020](#)

Le bilan des quantités disponibles de tous les produits agricoles français végétaux ou animaux (production, importations, stocks initiaux) et de leurs destinations (utilisations intérieures, exportations et stocks finaux).

## Données produites

### Bois

## Production de bois par usage par département

AGR-BOI-1X

On assigne la récolte de bois par type de bois à chaque usage AGR-BOI-1 :

- **Grumes** : Bois d'œuvre (menuiserie, charpente, ameublement, etc.)
- **Industrie** : Bois d'industrie (trituration, papier, etc.)
- **Énergie** : Bois énergie (bûches, granulés, etc.)

### Pétrole

## Consommation de pétrole agricole par département

AGR-PET-1X

On additionne :

- Les ventes de GPL AGR-PET-1 dont on ne garde que la part de GPL utilisée dans le secteur agricole AGR-NAT-1 ;

- Les ventes de GNR AGR-PET-1 dont on ne garde que la part du CO<sub>2</sub> émis associé aux « Engins motorisés non routiers » nationalement pour l'agriculture d'après le rapport Secten du Citepa, soit 70 %.

## Élevage

### Effectifs et production des élevages de volaille par département

AGR-VIA-1X

On répartit les effectifs des élevages de volaille par région AGR-VIA-2 proportionnellement au recensement du recensement du cheptel par département AGR-VIA-3 concernant les volailles.

### Effectifs des élevages par cheptel par commune

AGR-VIA-2X

On se base en premier lieu sur le recensement du cheptel par commune AGR-VIA-4 autant que possible.

Pour les données sur les communes manquantes (diffusées secrètes), on répartit les effectifs de bétail par département AGR-VIA-1 et les effectifs de volaille par département AGR-VIA-1X proportionnellement au nombre d'ETP par OTEX AGR-TER-4 de chaque cheptel.

Cette estimation n'a pas vocation à être fiable à l'échelle de la commune mais permet de recréer des groupes de communes tels que les EPCI, pour profiter d'une échelle plus fine que les données par département.

### Production d'azote des élevages par cheptel par commune (en kg N/animal/an)

AGR-VIA-3X

Le ministère de l'agriculture estime<sup>1</sup> en 2022 que le gisement national de matières fertilisantes d'origine résiduaire (Mafor) est estimé à 274 Mt brutes pour les effluents d'élevage, soit de l'ordre de 2,7 Mt d'azote pur. Chaque espèce d'animal d'élevage rejette une quantité d'azote dans ses effluents, on peut donc répartir ce gisement pour chaque territoire en fonction d'un poids, obtenu en multipliant la production d'azote annuelle moyenne par animal par cheptel AGR-NAT-3 aux effectifs des élevages par cheptel par commune AGR-VIA-2X.

### Production d'azote récupérable des élevages par département

AGR-VIA-4X

On part du principe qu'au niveau national, environ la moitié de l'azote produit par les effluents d'élevage est émise à la pâture et n'est pas récupérable<sup>2</sup>.

On part du total de la production nationale d'azote des élevages AGR-VIA-3X, dont on ne garde que la moitié. On répartit cette valeur à chaque département pondéré par la production d'azote des élevages AGR-VIA-3X (augmente l'attribution) et la superficie des prairies (permanentes et temporaires) AGR-BIO-1 (diminue l'attribution) du département.

On obtient une répartition de l'azote produit par les élevages par département plus faible dans les départements avec beaucoup de prairies que dans ceux avec peu de prairies.

<sup>1</sup> [Concertation pour le pacte et la loi d'orientation et d'avenir agricole sur les Engrais Azotés, Ministère de l'Agriculture, 2022](#) (p. 1)

<sup>2</sup> [Concertation pour le pacte et la loi d'orientation et d'avenir agricole sur les Engrais Azotés, Ministère de l'Agriculture, 2022](#) (p. 1)

# Industrie

## Contenu du secteur

Ce secteur couvre toutes les activités industrielles, à l'exception de la **production d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné** (secteur NAF 35) qui fait l'objet d'un secteur à part entière.

La création d'un secteur « Production d'énergie » à part entière est justifiée par la variabilité des solutions utilisées pour produire de l'électricité, tantôt centralisées (comme une centrale thermique) tantôt diffuses (comme les éoliennes), tantôt dépendantes d'autres combustibles (comme le gaz ou l'uranium), tantôt sans combustible (comme le photovoltaïque), et pour éviter de manipuler un super secteur « industrie » regroupant la majorité des activités du modèle. Il s'agit donc ici de secteurs définis uniquement au sein du modèle pour des raisons pratiques et en simplifier l'usage, pas d'une segmentation officielle.

Ce secteur couvre les activités suivantes (avec les codes d'activités correspondants selon la nomenclature NAF) basées sur le découpage Secten du Citepa :

- **La métallurgie** (24 et 25)
- **L'industrie chimique et pharmaceutique** (20 et 21)
- **La production de matériaux de construction** (23)
- **L'industrie du papier et carton** (16, 17 et 18)
- **La construction de bâtiments** (41, 42 et 43)
- **Le traitement et stockage des déchets et des eaux usées** (37, 38 et 39)
- **Les datacenters** (pas de code NAF (voir arbitrages ci-dessous))
- **Les autres industries** comme les industries agro-alimentaire, textile, automobile, mobilier, etc. (tous les codes NAF de 05 à 43 non déjà présents dans la liste ci-dessus, et à l'exception du code 35 puisqu'il s'agit du secteur de la production d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné)

Nos questions et réponses :

- **Quelle source de référence prendre pour les projections de consommation d'électricité d'ici 2050 ?**

Plusieurs acteurs de référence ont chacun leur scénario quant aux projections de consommation d'électricité à l'avenir, plus ou moins compatibles avec les hypothèses du Shift Project.

→ Nous nous basons sur la trajectoire de référence de RTE (Futurs énergétiques 2050) sur l'industrie qui vise 180 TWh en 2050. Nous y ajoutons les 50 TWh pour la production d'hydrogène de la trajectoire de référence de RTE pour 2050, que l'on traite dans le secteur Énergie. On se basera par contre sur l'Arcep qui prévoit 40 TWh pour les datacenters pour 2050 contre 11,6 TWh en 2020.

- **Datacenters : quelle industrie ?**

D'après la nomenclature NAF, les datacenters font partie du secteur 63.11Z (traitement de données, hébergement et activités connexes), impliquant que ce secteur NAF 63 fait partie du secteur tertiaire. Or, nous considérons ici l'évolution des datacenters à grande échelle, qui relève davantage de l'industrie que du tertiaire.

D'autre part, les données publiques de consommation d'énergie, comme celles de la consommation d'électricité nationale par usage en 2021 ([SDES 2021](#)) indiquent une consommation d'électricité nationale de moins d'1 TWh pour le secteur NAF 63. Or, l'Arcep évalue la consommation d'électricité des datacenters français en 2020 ([Arcep, 2023](#), p. 63) à plus de 11 TWh.

→ Ces inconsistances entre sources de données et nomenclature officielle nous poussent à considérer les datacenters comme une activité à part entière et aux consommations de ressources mal documentées. Dans le cas de la consommation électrique des datacenters, nous nous contenterons de parler du différentiel entre l'actuel et l'avenir (différence entre 2020 et 2050) d'après l'Arcep ([Arcep, 2023](#), p. 63) en fonction des lieux d'implantation, sans nous intéresser à la cohérence et au bouclage de ce secteur en 2020.

- **Comment aborder la décarbonation de l'industrie (électrification et CCS) ?**

La décarbonation de l'industrie repose sur de nombreux leviers, en particulier l'électrification des procédés émissifs, la production et l'usage d'hydrogène dans certains procédés mobilisant du charbon, ou encore le déploiement du CCS (Carbon Capture and Storage), tous consommateurs d'électricité.

→ Nous ne tentons pas de recréer un scénario de transition levier par levier et reprenons directement la trajectoire de référence de RTE (Futurs énergétiques 2050) qui prend en compte tous ces aspects.

- **Peut-on localiser la réindustrialisation ?**

Nous identifions plusieurs filières particulièrement consommatrices en ressources locales ayant vocation à être relocalisées :

- Filières électro-intensives : aluminium, acier, chimie fine, engrais et plastique ;
- Filières intensives en eau (souvent pour le refroidissement, le nettoyage ou la transformation) : agroalimentaire, papier et chimie lourde ;
- Filières intensives en foncier : agroalimentaire, logistique et entreposage, énergies renouvelables et matériaux de construction.

→ La trajectoire de référence de RTE (Futurs énergétiques 2050) prend en compte la transformation du paysage industriel (y compris les changements de filières), et nous estimons ses effets localement en fonction du schéma de développement du réseau de RTE ([RTE, 2025](#), p. 13), sans entrer dans les détails de chaque filière. Voir la scénarisation plus bas.

- **Peut-on localiser la construction de bâtiments ?**

Les données publiques disponibles donnent peu de visibilité sur les matières et énergies mobilisées territorialement pour la construction.

Des hypothèses peuvent néanmoins être établies pour estimer la localisation et l'ampleur des chantiers, en s'appuyant par exemple sur les zones d'[artificialisation des sols](#), les [autorisations de construction de logements ou de locaux](#), ou encore la [répartition des salariés du bâtiment sur le territoire](#). Ces indicateurs permettent de ventiler les données nationales à une échelle territoriale.

→ Nous retenons principalement la base Sitadel, qui recense les autorisations de construction de logements et de locaux, comme clé de répartition de l'activité de construction. Un approfondissement serait possible en distinguant, d'un côté, la construction neuve (via Sitadel) et, de l'autre, l'entretien ou la rénovation, avec d'autres clés de répartition comme la densité de population ou l'ancienneté des infrastructures territoriales. Toutefois, ce niveau de détail apparaît peu pertinent au regard du poids relativement limité de la construction dans la consommation énergétique nationale : moins de 1 % de l'électricité et du gaz, quelques pourcents du pétrole (principalement pour les engins de chantier), à l'exception du bois, dont 35 % de la consommation en France est [orientée vers le bois d'œuvre en 2023](#).

- **Peut-on localiser l'évolution de la construction de bâtiments ?**

L'estimation de l'activité de construction à l'horizon 2050 est encore plus complexe que sa localisation actuelle. La consommation totale d'espace pour artificialisation est fonction de la variation de population sur le territoire, mais aussi de caractéristiques liées aux types et aux habitudes d'habitations (nombre de personnes par ménage, taille des nouveaux logements, collectif ou individuel etc.) ou encore du potentiel initial de vacance, de logement à rénover, etc. valorisé ou non.

La rénovation quant à elle peut être fonction de plusieurs facteurs difficiles à anticiper, tels que l'évolution des politiques publiques (incitations fiscales, réglementations thermiques), la dynamique des marchés immobiliers locaux, la mobilisation effective des propriétaires, ou encore l'état du bâti existant à différentes échelles territoriales. Elle dépend aussi de la structuration des filières de travaux, de la disponibilité des matériaux et de la main-d'œuvre, et de l'évolution des coûts.

→ Une projection à moyen ou long terme de la consommation de ressources dans le secteur du bâtiment reposerait sur de nombreuses hypothèses incertaines, nous illustrons donc l'évolution du secteur en fonction d'hypothèses à vocation illustrative plus que probabiliste. Voir la scénarisation plus bas.

- **Comment modéliser les effets du changement climatique ?**

Certaines industries sont particulièrement dépendantes des approvisionnements en eau, et exposées à des pressions du changement climatique sur la disponibilité en eau.

→ Nous étudions certains enjeux liés à la raréfaction de l'eau dans des espaces où l'industrie est, ou sera peut-être, fortement dépendante. Voir la scénarisation plus bas.

## Données récoltées

### Eau

#### Prélèvements d'eau pour l'industrie par département

IND-EAU-1 [BNPE. 2022](#)

### Électricité

#### Consommation d'électricité pour l'industrie par IRIS

IND-ELE-1 [SDES. 2022](#)

### Gaz

#### Consommation de gaz pour l'industrie par IRIS

IND-GAZ-1 [SDES. 2022](#)

### Pétrole

#### Ventes de produits pétroliers par département

IND-PET-1 [SDES. 2023](#)

Volumes de produits pétroliers vendus par type de produit comme super sans plomb, le gazole, le fioul domestique, etc.

### Territoire

#### Installations soumises à quota de l'UE qui régule les émissions de CO<sub>2</sub> des industries émettrices géolocalisées

IND-TER-1 [EUETS.info](#), fichier *installation.csv*

##### Erreurs dans le fichier des installations soumises à quota de l'UE

Nous avons identifié 2 types d'erreurs présentes dans ce fichier décrivant les installations soumises à quota de l'UE :

- **Secteurs NAF des installations** : certaines installations n'ont pas le bon code NAF renseigné, impliquant une mauvaise classification dans leurs secteurs respectifs. À l'heure actuelle c'est par exemple le cas de OSIRIS GIE (id FR\_448) indiqué comme NAF 82 (activités administratives et autres activités de soutien aux entreprises) alors qu'il s'agit d'une usine chimique, LYONDELLBASELL SERVICES FRANCE (id FR\_211358) indiqué sans secteur alors qu'il s'agit d'une usine chimique également, ou une dizaine d'autres cas encore ;
- **Communes d'implantation des installations** : plus d'une vingtaine d'installations ont à la fois une adresse mal renseignée (ou code postal inexistant) et une localisation GPS incorrecte, il faut donc corriger leur territoire d'implantation manuellement.

## Émissions de CO<sub>2</sub> des installations soumises à quota de l'UE qui régule les émissions de CO<sub>2</sub> des industries émettrices

IND-TER-2 [EUETS.info](#), fichier *surrender.csv*

## Nombre de postes salariés par secteur d'activité A88 par commune

IND-TER-3 [Flores, INSEE, 2021](#)

## Nombre d'établissements par secteur d'activité A88 par commune

IND-TER-4 [Flores, INSEE, 2021](#)

## Consommation d'espaces pour artificialisation par commune

IND-TER-5 [Coenaf, Cerema, 2024](#)

Historique des surfaces artificialisées entre 2009 et 2023 par usage : activité économique, habitat, routier et ferroviaire.

## Liste des datacenters français géolocalisés

IND-TER-6 [Global Security Mag, 2022](#)

Les données ont été collectées manuellement à partir du site Global Security Mag, identifié comme source de référence sur [la page Wikipédia référençant les datacenters en France](#). Pour chaque datacenter, trois éléments sont relevés : la localisation, le nombre de baies installées et la superficie totale du bâtiment, et non pas uniquement celle de la salle informatique.

Lorsque les informations fournies par Global Security Mag sont incomplètes, en particulier pour les sites de grande taille, elles sont complétées par les données disponibles sur les sites des opérateurs eux-mêmes.

Pour les datacenters les moins documentés, des estimations sont établies à partir de valeurs de référence issues d'études récentes. Ainsi, la surface moyenne d'un petit datacenter est estimée à environ 1 000 m<sup>2</sup> ([Rapport IEA-4E, 2024](#), p. 48). La densité retenue correspond à celle observée pour les datacenters de moins de 2 000 m<sup>2</sup> recensés sur Global Security Mag, soit, au moment de la rédaction, 19 000 baies pour 64 000 m<sup>2</sup>, ce qui équivaut à une moyenne d'une baie pour 3 m<sup>2</sup>.

## National

### Consommation nationale de pétrole non énergétique pour l'industrie

IND-NAT-1 [SDES, 2023](#)

Il s'agit de la consommation de pétrole à usage non énergétique pour la pétrochimie, la construction et les autres industries.

## Données produites

### Bois

#### Consommation de bois d'industrie par département

IND-BOI-1X

[Veille Économique Mutualisée](#) indique en 2022 une consommation de bois d'industrie de 16,4Mm3. La [Commission économique pour l'Europe des Nations unies](#) (page 21) indique en 2021 que 64% du bois d'industrie en France est utilisé par l'industrie des pâtes à papier, le reste pour l'industrie des panneaux. Ces totaux nationaux (pâtes à papier d'un côté, panneaux de l'autre) sont

répartis par département en fonction du **nombre de postes salariés par secteur d'activité A88 IND-TER-3** de chaque département : code A88 « 17 - fabrication de papier et carton » pour les pâtes à papier et « 16 - travail du bois et fabrication d'articles en bois et en liège » pour les panneaux. L'addition de ces deux valeurs par département représente la consommation de bois d'industrie du département.

## Électricité

### Consommation d'électricité par les datacenters par commune

IND-ELE-1X

L'Arcep estime que 11,59 TWh a été consommé en 2020 par les datacenters ([Arcep, 2023](#), p. 63). On répartit cette consommation nationale aux **datacenters français géolocalisés IND-TER-6** en fonction du nombre de baies par datacenter.

## Pétrole

### Consommation de pétrole non énergétique pour l'industrie par département

IND-PET-1X

On répartit **consommation nationale de pétrole non énergétique pour l'industrie IND-NAT-1**, en fonction de critères nationaux, comme suit :

- **Pétrochimie** (c'est-à-dire l'industrie chimique) : répartit en fonction de la **part de postes salariés IND-TER-3** dans le secteur NAF 20 (industrie chimique) ;
- **Construction** : répartit en fonction de la **part d'artificialisation des sols dans le secteur routier IND-TER-5** ;
- **Autres industries** : répartit en fonction de la **part de postes salariés IND-TER-3** dans le secteur NAF C (industrie manufacturière). Cette estimation est grossière mais « autres industries » ne représentant que 5 % de la consommation de pétrole non énergétique du secteur, il n'est pas utile d'aller davantage dans le détail.

### Consommation de pétrole pour l'industrie par département

IND-PET-2X

On additionne :

- Les **ventes de GPL IND-PET-1** restantes après l'assignation de la consommation du GPL par les autres secteurs ([LOG-PET-1X](#) et [AGR-PET-1X](#)) ;
- Les **ventes de GNR IND-PET-1** dont on ne garde que la part du CO<sub>2</sub> émis associé aux « Engins motorisés non routiers » nationalement pour la construction d'après le rapport Secten du Citepa, soit 25 % ;
- Les **ventes de fioul lourd IND-PET-1**.

# Production d'énergie

## Contenu du secteur

Ce secteur couvre toutes les activités de production d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné (secteur NAF 35), séparé du secteur « Industrie » pour les raisons pratiques qui y sont décrites. Ce secteur couvre les activités suivantes :

- **La production de biométhane**
- **La production d'hydrogène**
- **La production de chaleur** par réseaux de chaleur urbains
- **La production d'électricité éolienne**
  - Éolienne terrestre
  - Éolienne en mer
- **La production d'électricité photovoltaïque**
- **La production d'électricité hydraulique**
- **La production d'électricité nucléaire**
- **La production d'électricité thermique biomasse** en brûlant du bois, des déchets et ou du biogaz
- **La production d'électricité thermique fossile** en brûlant du gaz, du pétrole ou du charbon

Nos questions et réponses :

- **Hydrogène : quelle industrie ?**

Selon la nomenclature NAF, la production d'hydrogène relève du secteur 20.11 (fabrication de gaz industriels). Ce secteur englobe non seulement la production d'hydrogène (gris, bleu, vert) mais aussi celle de gaz comprimés ou liquéfiés et de gaz techniques utilisés dans les industries chimiques, métallurgiques, alimentaires, etc.

Ainsi, les données de consommation de ressources (notamment énergétiques) pour le secteur NAF 20 ne concernent pas uniquement l'hydrogène. Comme nous nous intéressons ici à la production d'hydrogène à grande échelle, il est nécessaire de la distinguer des autres gaz.

→ Pour la filière hydrogène, nous nous basons sur des statistiques nationales de production. La production actuelle est majoritairement fossile (hydrogène gris issu du gaz naturel, sans électrolyse). Nous considérons donc la consommation d'électricité pour l'hydrogène comme nulle en 2020, et analysons uniquement l'évolution entre 2020 et 2050 selon RTE (RTE, 2021, p. 16), en fonction des lieux d'implantation de son schéma de développement.

- **Quel avenir pour la filière hydrogène ?**

La filière hydrogène est en difficulté et produira probablement bien moins que prévu, mais quel que soit son déploiement, elle sera consommatrice d'eau et d'électricité.

→ Nous analysons les conséquences territoriales en termes de ressources (électricité, eau), en nous basant sur la trajectoire de référence de RTE (Futurs énergétiques 2050) pour la production d'hydrogène.

- **Peut-on localiser la production de carburants de synthèse ?**

Les carburants et gaz de synthèse (à base d'hydrogène) sont envisagés comme une solution complémentaire pour la mobilité par certains acteurs.

→ La filière n'est pas mature et n'est pas retenue par RTE ni par le Shift Project pour les scénarios à horizon 2050 pour le transport routier, nous ne faisons donc pas d'hypothèses sur les carburants de synthèses routiers.

Cependant, une étude d'Aéro-décarbo a testé les effets de la relocalisation de la production énergétique autour des aéroports (dans un rayon donné), afin d'évaluer l'emprise foncière et agricole nécessaire pour alimenter des usines de transformation. L'ordre de grandeur identifié est de 100 TWh pour relocaliser 50 % des consommations de l'aviation en France.

→ Nous nous inspirons de cette approche pour tester des hypothèses de production de carburants d'aviation à base d'hydrogène (eSAF). Voir la scénarisation plus bas.

- **Quelle place pour les biocarburants routiers ?**

Il n'y a pas d'objectifs nationaux de production de biocarburants routiers, mais la PPE<sup>3</sup> impose un plafond d'incorporation de 7 % pour les biocarburants conventionnels dans les carburants routiers. D'autre part, la France importe les deux tiers des matières premières<sup>4</sup> nécessaires à la production de ces biocarburants conventionnels.

→ Dans une démarche d'illustration des ordres de grandeur en cas de production « maximale » de biocarburants routiers conventionnels, nous illustrons les conséquences d'une relocalisation complète de la production des matières premières nécessaires aux biocarburants conventionnels, tout en se limitant aux 7 % du plafond. Voir la scénarisation plus bas.

→ Les biocarburants avancés ne sont pas traités dans cette étude car leur concurrence avec d'autres ressources (essentiellement alimentaire ou pour produire de la chaleur) est moins établie, bien qu'elle puisse exister.

- **Quels enjeux fonciers liés aux énergies renouvelables ?**

Les besoins fonciers pour les énergies renouvelables (solaire et éolien) sont globalement faibles au regard de la PPE. Cependant il existe de nombreuses contraintes territoriales, en particulier pour l'implantation d'éoliennes sur terre et en mer.

<sup>3</sup> [Programmation pluriannuelle de l'énergie](#), Ministère de l'écologie, n.d.

<sup>4</sup> [Prospective - Transitions 2050](#), ADEME, 2022 (p. 477)

- **Éolien terrestre** : Critères rédhibitoires :
  - Distance minimale de 500 m des habitations.
  - Réserves naturelles (nationales et régionales), réserves biologiques, forêts de protection et APPB.
  - Cœurs de parcs nationaux.
  - Sites classés (patrimoine paysager remarquable).
  - Monuments historiques et périmètre de protection de 500 m.
  - Bande littorale des 100 m (loi Littoral) ; parfois extension régionale (ex: 1 km).
  - Périmètre de 300 m autour des sites industriels à risque (Seveso) et des installations nucléaires.
  - Zones militaires protégées (bases, polygones et servitudes Défense).
  - Rayon de 5 km autour des radars militaires ou météorologiques.
- **Éolien terrestre** : Critères très contraignants :
  - Sites Natura 2000 (habitats et oiseaux), ZNIEFF sensibles.
  - Parcs naturels régionaux (fort enjeu paysager et écologique).
  - Périmètres élargis autour des sites classés et des sites UNESCO (jusqu'à 10-20 km).
  - Servitudes aéronautiques (aéroports, trajectoires et hauteurs max).
  - Zones de coordination radar (de 5 à 30 km).
  - Couloirs de migration des oiseaux, colonies de chauves-souris.
  - Servitudes techniques (faisceaux hertziens, pipelines et lignes électriques HT).
  - Proximité insuffisante du réseau électrique (raccordement coûteux ou impossible).
- **Éolien en mer** : Enjeux rédhibitoires :
  - Aires marines protégées strictes (réserves intégrales et parcs marins).
  - Zones de haute protection de la biodiversité définies par l'État.
  - Couloirs de navigation commerciale majeurs.
  - Zones militaires en mer (entraînements, mouillages et déminage).
- **Éolien en mer** : Enjeux très contraignants :
  - Zones Natura 2000 marines (oiseaux, mammifères et habitats).

- Zones de pêche intensives.
- Proximité des côtes habitées ou touristiques (impact paysager et patrimoine littoral).
- Contraintes de raccordement électrique (distance au littoral et capacité des postes RTE).
- Capacité logistique portuaire (construction et maintenance).

→ À l'échelle de cette publication il est difficile d'agréger avec le bon niveau de pertinence toutes ces contraintes sur tout le périmètre de la France métropolitaine, bien que certains territoires comme la région Grand-Est ou le Normandie aient publié des cartographies de zones plus ou moins propices à l'accueil d'éoliennes. On note la publication d'une cartographie de déploiement de l'éolien en mer d'ici 2035 et 2050 que le gouvernement a publié en 2024. Nous n'étudions donc pas la localisation potentielle des EnR d'après les critères ci-dessus, mais illustrons leur impact au travers d'un autre prisme, celui de la répartition en fonction des facteurs de charge locaux.

- **Quels enjeux de souveraineté énergétique ?**

Les énergies renouvelables reposent sur des équipements importés (panneaux, éoliennes). Cependant, les dépendances générées ne sont pas comparables à celles liées aux énergies fossiles. En cas de rupture d'approvisionnement, les équipements renouvelables restent exploitables plusieurs années, contrairement aux réserves fossiles qui s'épuisent en quelques mois.

→ Dans ce travail, les énergies renouvelables sont considérées comme un levier de souveraineté, en substitution aux énergies fossiles.

- **Quels effets du changement climatique sur la production électrique ?**

Les pertes actuelles de production nucléaire liées aux fortes chaleurs sont limitées mais pourraient s'aggraver. De la même manière, la production hydroélectrique peut être perturbée par des tensions sur la ressource en eau.

→ Nous n'explorons pas les conséquences qualitatives du changement climatique sur la capacité future à produire de l'électricité car elles relèvent d'une approche experte que nous n'avons pas sur ce projet. D'autres acteurs du secteur de l'énergie se penchent sur la question, notamment RTE.

- **Quel rythme de déploiement des renouvelables ?**

Un retard dans le développement des renouvelables pourrait créer un déficit de production, surtout en cas d'électrification accrue des usages. Des retards dans la construction des nouveaux réacteurs et la fermeture de centrales existantes agravaient ce risque.

→ Nous mentionnons le risque de ne pas disposer d'assez d'électricité renouvelable pour répondre aux besoins futurs, mais n'abordons pas quantitativement le phénomène. Nous étudions plutôt, dans le cadre d'hypothèses pré-sélectionnées, les conséquences de ces choix sur les ressources locales.

- **Aborde-t-on la question de l'infrastructure électrique ?**

Les réseaux devront évoluer pour :

- Intégrer les nouvelles capacités renouvelables ;
- Répondre à l'augmentation de la demande et des besoins capacitaires ;
- S'adapter aux effets du changement climatique.

→ Nous n'étudions pas l'infrastructure électrique car elle relève d'une approche experte que nous n'avons pas sur ce projet. D'autres acteurs du secteur de l'énergie se penchent sur la question, notamment RTE.

## Données récoltées

### Chaleur

#### Production de chaleur par réseau de chaleur

**ENE-CHA-1** [SDES. 2023](#)

Il s'agit de la production totale annuelle de chaleur ou de froid et nombre de points de livraison, par secteur d'activité (agriculture, industrie, tertiaire, résidentiel et non affecté), ainsi que la consommation d'énergie de chaque filière de production de chaleur (gaz naturel, charbon, fioul, biomasse solide, déchets, etc.), pour chaque réseau de chaleur urbain.

#### Lieux de production et de consommation des réseaux de chaleur

Les données de production et de consommation de chaleur du fichier SDES sont renseignées par réseau de chaleur, et non par territoire.

Dans la majorité des cas, les chaudières qui alimentent un réseau sont situées dans la même commune que celui-ci. Une exception notable est la CPCU (Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain) : la plupart de ses chaudières sont implantées dans des départements limitrophes de Paris ([Apur. 2019, p. 15](#)).

Dans ce cas, la consommation de gaz, bois, déchets, etc. peut être localisée dans ces territoires voisins. Toutefois, la cohérence territoriale n'est pas assurée : une grande partie de la chaleur produite y est exportée vers Paris, et non consommée sur place.

## Gaz

### Production annuelle de biométhane par site d'injection de biométhane raccordées au réseau de distribution de GRDF

ENE-GAZ-1 [GRDF. 2025](#)

## Territoire

### Installations de production d'électricité par commune

ENE-TER-1 [ODRE. 2025](#)

La liste des installations de production et de stockage d'électricité raccordées directement ou indirectement aux réseaux publics d'électricité en France métropolitaine et dans les zones non interconnectées (ZNI)

### Facteurs de charge des énergies renouvelables par région

ENE-TER-2 [ODRE. 2025](#)

Il s'agit des facteurs de charges moyens annuels pour l'éolien, le photovoltaïque et l'hydraulique dans chaque région, c'est-à-dire le rapport entre l'électricité effectivement produite par la filière et celle qu'elle aurait pu produire si elle avait fonctionné à sa puissance maximale théorique durant la même période. On peut l'apparenter au rendement de la filière.

## National

### Facteurs de charge nationaux par filière

ENE-NAT-1 [RTE. 2025](#)

On récupère manuellement les données des historiques de RTE sur 10 ans pour obtenir un facteur de charge moyen par filière.

#### Facteurs de charge nationaux (facteur + extrêmes sur 10 ans)

Éolien en mer : 25 % (entre 20 % et 30 %)

Éolien terrestre : 23 % (entre 21 % et 25 %)

Nucléaire : 62 % (entre 60 % et 70 %)

Photovoltaïque : 14 % (entre 11 % et 16 %)

Hydraulique : 33 % (entre 21 % et 35 %, mais pilotable donc peu pertinent)

Thermique biomasse : 50% (mais pilotable donc peu pertinent)

Thermique fossile : 38 % (mais pilotable donc peu pertinent)

## Données produites

### Bois

#### Production de bois énergie par département

ENE-BOI-1X

Pour chaque département on additionne :

- La récolte de bois en millier de m<sup>3</sup> AGR-BOI-1 marquée comme bois énergie.

- La **récolte de bois en millier de m<sup>3</sup> AGR-BOI-1** marquée comme bois d'industrie, dont on garde la part de connexes qui devient du bois énergie. Pour cela, on multiplie cette récolte par la part du volume national de bois d'industrie qui devient connexes (30%) puis par la part de ces connexes qui est utilisée dans l'énergie (30%).
- La **récolte de bois en millier de m<sup>3</sup> AGR-BOI-1** marquée comme bois d'œuvre, dont on garde la part de connexes qui devient du bois énergie. Pour cela, on multiplie cette récolte par la part du volume national de bois d'œuvre qui devient connexes (62%) puis par la part des connexes qui est utilisé dans l'énergie (75%).

On convertit ces volumes en énergie en se basant sur les hypothèses de France Stratégie qui indique un usage 39Mm<sup>3</sup> de bois énergie (usage direct + connexes) et 125 TWh de bois énergie, on obtient un facteur de conversion de  $125 / 39 = 3,2$ . On convertit donc un volume en m<sup>3</sup> en le multipliant par 3,2, puis 100 000 pour le convertir en Wh.

## Électricité

### Production d'électricité par filière et par commune

ENE-ELE-1X

Pour chaque filière, on additionne la puissance de toutes les installations de production d'électricité **ENE-TER-1** de chaque commune. On multiplie ensuite cette puissance avec le **facteur de charge corrigé ENE-TER-1X** de la région de la commune.

On obtient une estimation de la production électrique annuelle moyenne de chaque filière dans chaque commune, en s'assurant d'une cohérence nationale avec les chiffres de production nationale de RTE.

#### Données de production d'électricité

Il existe des sources publiques qui partagent des données de production d'électricité par territoire, comme ces données de **production d'électricité annuelle par filière à la maille commune de 2011 à 2023** (Enedis, 2024).

Nous avons fait le choix de ne pas exploiter ces données directement car :

- Enedis n'a quasiment pas de données sur la production Hydraulique ;
- Enedis n'a pas de données sur la production Nucléaire ;
- En comparant avec les données de production nationale de RTE, on observe systématiquement 10% ou 15% sur toutes les autres filières par rapport aux données d'Enedis.

Pour éviter des incohérences, nous avons préféré produire nos propres estimations de production électrique par territoire en se basant uniquement sur les installations sur chaque territoire et les données de RTE.

## Territoire

### Facteurs de charge corrigés par région

#### ENE-TER-1X

On produit les facteurs de charge que l'on souhaite utiliser en se basant sur les facteurs de charge régionaux des énergies renouvelables ENE-TER-2. Pour l'éolien terrestre et le photovoltaïque, on réutilise les données telles quelles.

On déduit un facteur de charge un peu meilleur pour l'éolien offshore, généralement un peu plus performant que l'éolien terrestre. Pour cela on se base sur les facteurs de charge nationaux partagés par RTE, qui indiquent un facteur de charge moyen de 22,8 % pour l'éolien terrestre et de 28,2 % pour l'éolien en mer entre 2021 et 2025, soit une augmentation de 24 % pour l'éolien en mer par rapport au facteur de charge de l'éolien terrestre.

Les autres facteurs de charge (c'est-à-dire hydraulique, nucléaire et thermiques) proviennent de facteurs de charge nationaux ENE-NAT-1.

# Mobilité quotidienne

## Contenu du secteur

La source principale de données nationales sur la mobilité, l'enquête « Mobilité des personnes » 2018-2019 de l'INSEE (référence [MOQ-TER-3](#)), comporte un volet « mobilité inférieure à 80 km », qui est assimilé à la mobilité quotidienne bien que de nombreux déplacements quotidiens dépassent cette distance. Le Shift Project identifie classiquement les modes de déplacements suivants :

- **Les modes actifs** à pied ou à vélo ;
- **Les modes collectifs** comme le bus, le métro ou le tram ;
- **Les modes motorisés individuels** comme la voiture, les véhicules utilitaires, et les 2 et 3 roues motorisés.

Nous excluons les modes actifs de la modélisation car ils ne consomment pas de ressources sélectionnées dans cette publication, citées plus haut dans ce document. Les transports collectifs sont également exclus de notre périmètre, voir arbitrage ci-dessous.

**Dans le cadre de cette publication, seuls les modes motorisés individuels sont pris en compte dans l'activité de mobilité quotidienne**, bien que cette activité puisse être influencée par d'autres facteurs comme le report modal vers des modes non motorisés ou collectifs.

Nos questions et réponses :

- **Peut-on localiser et quantifier l'activité des transports en commun ?**

Il existe de nombreuses publications intégrant les transports en commun, mais derrière cette appellation se cache une diversité telle que chaque étude adopte sa propre nomenclature ou choisit d'exclure certains modes. Ainsi, l'enquête [Mobilité des personnes](#) menée en 2019 par l'INSEE et le SDES inclut les autobus urbains, trolleybus, navettes fluviales, autocars de ligne (hors SNCF), autocars affrétés ou spécialisés, autocars TER, tramways, métros, VAL, funiculaires, RER, trains de banlieue SNCF, TER et autres transports urbains ou régionaux non précisés. Elle exclut en revanche le ramassage scolaire, considéré comme un transport spécialisé au même titre que le taxi.

Lors de l'exploitation de cette enquête en 2024, le [SDES](#) a simplifié la nomenclature en regroupant ces modes sous trois catégories : « bus et cars », « ferroviaire » (incluant le train longue distance) et « autres ». Le [Citepa](#), en 2023, adopte un schéma similaire dans son étude nationale en fusionnant « bus et cars » et « ferroviaire », mais ses publications spatialisées classent les émissions différemment : « routier » (tous usages confondus, incluant voitures et poids lourds) et « autres transports » (ferroviaire, fluvial et aérien national).

En termes d'énergie, les transports ferroviaires et les tramways reposent très majoritairement sur l'électricité, tandis que les transports routiers consomment principalement du diesel, mais aussi de l'essence, du gaz naturel, des biocarburants et parfois de l'électricité. La répartition de ces vecteurs varie fortement selon les territoires et dépend souvent d'initiatives locales. Ce morcellement rend difficile, voire impossible, un suivi homogène à l'échelle nationale sur la base des seules données publiques.

D'autre part, les transports en commun recouvrent des usages très différents selon les territoires : prendre le métro pour rejoindre une gare à Paris, utiliser un bus pour aller travailler en périphérie bordelaise ou emprunter un car interrégional dans la Drôme sont tous classés comme « transports en commun », mais relèvent de logiques de fréquence et de distance sans commune mesure. Cette hétérogénéité rend l'exploitation de moyennes nationales ou même régionales peu pertinentes à une échelle plus fine, car les résultats deviennent rapidement incertains.

→ Nous ne définissons pas d'activité de transports en commun spécifique. Le manque de données territoriales, la diversité des usages et l'hétérogénéité des nomenclatures disponibles entraînent une marge d'erreur trop importante pour permettre un traitement robuste à une maille locale.

- **Peut-on prendre en compte les véhicules utilitaires légers (VUL), et les 2 et 3 roues motorisés ?**

Il n'existe pas de nomenclature officielle des véhicules routiers appliquée de manière homogène. Chaque producteur de données ou auteur de publication définit ses propres catégories, ce qui complique le croisement entre sources.

Une difficulté particulière concerne les VUL, c'est-à-dire les camionnettes et fourgonnettes. Ils sont utilisés à la fois pour le fret, pour des mobilités professionnelles ou encore pour des déplacements de groupes, ce qui rend leur classement dans la mobilité quotidienne non trivial.

Selon le [SDES](#), en 2022, les VUL ont représenté 62,6 milliards de passagers-kilomètres pour le transport routier de voyageurs (courte et longue distance), à comparer aux 710,6 milliards de passagers-kilomètres réalisés en voitures particulières (VP), soit environ 8 % du total. À titre de comparaison, les motos représentent 11 milliards de passagers-kilomètres, soit 1,5 %. Comme les VUL consomment en moyenne [20 % de carburant de plus](#) qu'une VP par kilomètre parcouru, leur contribution à la consommation de carburant et aux émissions de CO<sub>2</sub> liées à la mobilité quotidienne atteint plutôt 10 %, ce qui reste significatif.

Toutefois, les statistiques agrègent souvent VUL et VP dans une même catégorie. C'est le cas par exemple de l'enquête « Mobilité des personnes » 2018-2019 de l'INSEE (référence [MOQ-TER-3](#)), qui regroupe ces deux types de véhicules sous l'intitulé « Voiture », comme le montre son [questionnaire](#).

→ Nous considérons que l'activité de mobilité routière quotidienne recouvre trois catégories distinctes de véhicules : voitures particulières, véhicules utilitaires légers et motos. Une attention particulière sera portée à la cohérence des données croisées (parc de véhicules, consommation de carburant, émissions de GES, kilomètres parcourus, etc.) afin que ces trois catégories soient toujours prises en compte.

- **Quelle place pour les véhicules étrangers ?**

Il existe un risque d'incohérence lors du croisement de données qui ne reposent pas sur le même périmètre de véhicules étudiés. On distingue notamment :

- Les données limitées aux **véhicules immatriculés en France** (ex: registre d'immatriculation, enquêtes de mobilité adressées aux ménages français) ;
- Les données incluant **à la fois les véhicules français et étrangers** (ex: ventes de carburant à la pompe, émissions de GES).

Selon le [SDES](#), en 2022, les véhicules légers étrangers (VP + VUL) ont représenté 79,5 milliards de passagers-kilomètres en France, soit environ 10 % du transport routier de voyageurs (courte et longue distance). Cet ordre de grandeur est significatif.

→ Nous considérons l'activité de mobilité routière peu importe l'immatriculation des véhicules. Nous limitons les croisements de données entre nombre de véhicules et consommation d'énergie afin de limiter les marges d'erreur.

- **Question de la cohérence des unités dans la mobilité**

Selon les études et les auteurs de données publiées, les unités utilisées peuvent être différentes, on trouvera par exemple :

- **Kilomètres parcourus (km)** : distance totale effectuée par une personne ou un véhicule. Exemple : une voiture qui roule 100 km → 100 km parcourus.
- **Passagers-kilomètres (pkm)** : distance parcourue multipliée par le nombre de passagers transportés. Exemple : une voiture avec 4 personnes qui roule 100 km → 400 passagers-km.
- **Véhicules-kilomètres (vkm)** : somme des kilomètres parcourus par les véhicules, sans tenir compte du nombre de passagers. Exemple : 10 voitures qui roulent chacune 50 km → 500 véhicules-km.
- **Voyages-kilomètres (vk ou voy.-km)** : distance parcourue pour un déplacement, sans distinction du mode ni du nombre de personnes. Sert à comparer la mobilité quotidienne. Exemple : 1 trajet domicile-travail de 15 km → 15 voy.-km, peu importe si seul ou accompagné.

→ Concernant la mobilité quotidienne, les données publiées par différents auteurs ne seront pas utilisées telles quelles mais uniquement comme **clés de répartition** appliquées à des statistiques nationales. Qu'il s'agisse de véhicules kilomètres ou de passagers-kilomètres, l'intérêt principal réside dans la comparaison entre territoires. Concrètement, une quantité nationale (carburant consommé, potentiel de covoiturage, kilomètres parcourus en voiture, etc.) sera répartie entre territoires selon cette clé de répartition, indépendamment de l'unité utilisée dans la source initiale.

En 2019, le [SDES](#) estime à 1,43 le taux d'occupation moyen d'une voiture pour les trajets quotidiens. Le poids d'un passager supplémentaire (~70 kg) reste faible par rapport à celui d'une voiture (~1 300 kg), soit environ +5 %. L'impact sur la consommation de carburant est du même ordre de grandeur.

→ Nous considérons donc que tous les kilomètres parcourus se valent quel que soit le nombre de passagers transportés.

## Données récoltées

### GES

#### Inventaire GES territorialisé par commune

MOQ-GES-1 [Citepa, 2023](#)

Déclinaison des émissions de GES de l'inventaire du Citepa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>, total en CO<sub>2</sub>e) par secteur d'activité et par territoire.

### Pétrole

#### Ventes de produits pétroliers par département

MOQ-PET-1 [SDES, 2023](#)

Volumes de produits pétroliers vendus par type de produit comme super sans plomb, le gazole, le fioul domestique, etc.

### Territoire

#### Dossier complet du recensement de la population par commune

MOQ-TER-1 [INSEE, 2024](#)

#### Statistiques sur les déplacements domicile-travail par commune

MOQ-TER-2 [INSEE, 2019](#)

Estimation des émissions individuelles de gaz à effet de serre, commune d'origine et de destination, distance parcourue, carburant et mode de transport utilisé lors des déplacements domicile-travail.

Lorsqu'on utilisera ces données on agrégera systématiquement les modes de transport comme suit :

Mode de transport retenus	Mode de transport INSEE
Voiture	Voiture (yc VUL) Deux roues motorisé
Transport collectifs	Transport en commun
Actif	Marche à pied Vélo (yc électrique)

#### Enquête « Mobilité des personnes » 2018-2019 par tranche d'aire d'attraction

MOQ-TER-3 [SDES & INSEE, 2019](#)

Cette enquête décrit les pratiques de mobilité des personnes, d'apprécier comment et pourquoi les Français se déplacent au quotidien et pour leurs voyages à plus longue distance. Elle permet aussi de connaître le parc de véhicules à disposition des ménages et l'utilisation qui en est faite, ainsi que les nouvelles pratiques de la mobilité : covoiturage, utilisation des vélos en libre-service, équipement en recharge de véhicules électriques, etc.

Nous utilisons ici les données concernant une « journée moyenne » un jour de semaine du lundi au vendredi (fichier Mobilité locale en semaine et caractéristiques sociodémographiques des individus) et une « journée moyenne » un jour de week-end (fichier Mobilité locale le week-end). On pourra reconstituer les trajets moyens annuels en les pondérant respectivement par 260 jours de semaine annuels et 104 jours de week-end annuels.

Les tranches d'aire d'attraction dans ces données, provenant de l'INSEE, sont :

- Commune hors attraction des pôles
- Aire de moins de 50 000 habitants
- Aire de 50 000 à moins de 200 000 habitants
- Aire de 200 000 à moins de 700 000 habitants
- Aire de 700 000 habitants ou plus (hors Paris)
- Aire de Paris

Lorsqu'on utilisera ces données on agrégera systématiquement les modes de transport d'après la table de passage entre l'INSEE et notre nomenclature indiquée dans [MOQ-TER-2](#).

### **Parc de véhicules en circulation par commune**

[MOQ-TER-4](#) [SDES. 2022](#)

Nombre et type de véhicules immatriculés par commune, en fonction de leur type de motorisation (diesel, essence, électrique, etc.)

### **Grille communale de densité**

[MOQ-TER-5](#) [INSEE. 2022](#)

Indique pour chaque commune sa catégorie de densité d'habitation parmi ces niveaux :

- 1. Grands centres urbains (Paris, Lyon, Marseille, Annecy, etc.)
- 2. Centres urbains intermédiaires (Saint-Nazaire, Rodez, Gex, etc.)
- 3. Petites villes
- 4. Ceintures urbaines
- 5. Bourgs ruraux
- 6. Rural à habitat dispersé
- 7. Rural à habitat très dispersé

### **National**

#### **Consommation nationale de pétrole pour la mobilité individuelle**

[MOQ-NAT-1](#) [SDES. 2024](#), p. 43

D'une valeur de 299 TWh en 2019.

## Consommation nationale de pétrole et d'électricité par km parcouru en voiture

MOQ-NAT-2

**Voiture électrique** : environ 15 à 20 kWh/100 km selon les modèles (hors chauffage/climatisation), soit 150 Wh/km.

**Voiture à essence** : environ 6 litres/100 km sachant que 1 litre d'essence contient environ 8,9 kWh d'énergie (pouvoir calorifique inférieur, PCI), soit 534 Wh/km.

On considère donc qu'au km parcouru, la voiture électrique est 3,5x plus efficace que la voiture thermique ( $534 / 150 = 3,56$ )

## Données produites

### Électricité

#### Consommation d'électricité des voitures électriques par département

MOQ-ELE-1X

On se base sur le **nombre de km parcourus en voiture** MOQ-TER-4X du département, dont on ne garde que la part de **voitures électriques** parmi toutes les voitures MOQ-TER-4. On multiplie ensuite cette estimation du nombre de km parcourus en voiture électrique par la **consommation nationale d'électricité par km parcouru en voiture électrique** MOQ-NAT-2.

### Pétrole

#### Consommation de pétrole du transport routier par département

MOQ-PET-1X

On garde des **ventes de produits pétroliers** MOQ-PET-1 uniquement l'essence et le gazole.

#### Consommation de pétrole de la mobilité routière quotidienne par département

MOQ-PET-2X

On reconstitue le compte de la totalité des émissions de CO<sub>2</sub> du transport routier en additionnant les **émissions de CO<sub>2</sub> de la mobilité routière quotidienne** MOQ-TER-4X, les **émissions de CO<sub>2</sub> de mobilité routière longue distance** MLD-TER-1X et les **émissions de CO<sub>2</sub> du fret routier** FRE-GES-1X. On ne garde de ce total que la part dédiée à la mobilité routière quotidienne, que l'on multiplie par la **consommation de pétrole du transport routier** MOQ-PET-1X du département.

### Territoire

#### Déplacements de mobilité routière annuels quotidiens pour se rendre au travail par mode de transport et report modal potentiel associé, par commune

MOQ-TER-1X

On agrège les **statistiques sur les déplacements domicile-travail** MOQ-TER-2 pour chacun des trois modes de transport définis dans cette publication.

**Les indicateurs retenus sont** : nombre d'actifs concernés, distance hebdomadaire moyenne parcourue, émissions hebdomadaires moyennes de CO<sub>2</sub>.

La capacité de report modal des trajets en voiture vers d'autres modes est estimée dans le cadre d'un scénario où l'ensemble des politiques favorables à l'utilisation des modes alternatifs à la

voiture étaient mis en place. Il s'agit en tout cas d'un scénario « potentiel maximal », si l'on permettait à une population plus large de changer ses habitudes. Pour selon on applique des hypothèses de passage de la voiture à un autre mode en fonction de la grille communale de densité MOQ-TER-5 de chaque commune :

- Passage au vélo ([hypothèses ADEME, 2025](#)) :
  - Si densité 1 : 28% ;
  - Si densité 2, 3 ou 4 : 24% ;
  - Sinon : 19%.
- Passage au transport en commun ([hypothèses Shift Project, 2017](#) et [2020](#)) :
  - Si densité 1 : 20% ;
  - Si densité 2, 3 ou 4 : 10% ;
  - Sinon : 2%.
- Passage au covoiturage ([hypothèses Shift Project, 2017](#) et [2020](#)) :
  - Si densité 1 : 0% ;
  - Si densité 2, 3 ou 4 : 20% ;
  - Sinon : 10%.

Le covoiturage divise l'usage de la voiture par deux mais ne le supprime pas, on ne compte donc l'impact des trajets en covoiturage que de la moitié de leur impact initial.

## Déplacements de mobilité routière annuels « en semaine » par mode de transport et report modal potentiel associé, par commune

MOQ-TER-2X

On agrège les résultats de déplacements quotidiens pour se rendre au travail par mode de transport et report modal potentiel associé par commune MOQ-TER-1X par aire d'attraction (environ 680 en France métropolitaine). On répartit ensuite les données de journée moyenne en semaine par tranche d'aire d'attraction MOQ-TER-3 selon :

- **Le nombre de déplacements dans l'année** est le nombre de déplacements au sein de l'aire d'attraction MOQ-TER-3, au prorata de la part de la population MOQ-TER-1 dans cette commune par rapport à son aire d'attraction ;
- **Le nombre de voyageur.km parcourus dans l'année** est le nombre de voyageur.km parcourus au sein de l'aire d'attraction MOQ-TER-3, au prorata de la part de la distance hebdomadaire parcourue pour se rendre au travail MOQ-TER-1X dans cette commune par rapport à son aire d'attraction. On en connaît la part qui relève du domicile-travail et celle qui relève des déplacements personnels (courses, famille, etc.) ;
- **Le CO<sub>2</sub> émis dans l'année** est le CO<sub>2</sub> hebdomadaire émis pour se rendre au travail MOQ-TER-1X dans cette commune. On y ajoute le CO<sub>2</sub> hebdomadaire moyen émis pour les déplacements personnels, qu'on déduit d'après le nombre de voyageur.km personnels par rapport au voyageur.km de domicile-travail.

La capacité de report modal en jour de semaine est ajustée de la même façon.

### **Déplacements de mobilité routière annuels « en week-end » par mode de transport et report modal potentiel associé, par commune**

MOQ-TER-3X

On se base sur la répartition du nombre de déplacements, le nombre de voyageur.km parcourus, le CO<sub>2</sub> émis et la capacité de report modal des déplacements « en semaine » par mode de transport et report modal potentiel associé par commune MOQ-TER-2X pour répartir les données de journée moyenne en week-end par tranche d'aire d'attraction MOQ-TER-3.

### **Déplacements routiers annuels quotidiens par mode de transport et report modal potentiel associé, par commune**

MOQ-TER-4X

On additionne les données de trajets « en semaine » MOQ-TER-2X et celles des trajets « en week-end » MOQ-TER-3X.

# Mobilité longue distance

## Contenu du secteur

Dans le cadre de cette publication on traitera les activités suivantes :

- Mobilité routière longue distance, c'est-à-dire des trajets en voiture de plus de 80 km peu importe le motif (vacances, travail, famille, etc.). Son fonctionnement au sein de la modélisation est très proche de celui de la mobilité routière quotidienne, mais on ne les mélange pas.
- Mobilité ferroviaire
- Mobilité aérienne

Nos questions et réponses :

- **Comment localiser la mobilité routière longue distance ?**

Le Shift Project fait l'hypothèse d'un report d'un tiers des trajets routiers longue distance vers le ferroviaire d'ici 2050.

→ Nous intégrons les consommations électriques supplémentaires induites par ce transfert, ainsi que les économies de pétrole correspondantes, de manière homogène sur toute la France.

- **Comment localiser la mobilité ferroviaire longue distance ?**

Les hypothèses de transfert depuis d'autres modes de transport (1/3 des mobilités routières longue distance vers le train ; 50 % des mobilités aériennes longue distance, après une réduction de 30 % par sobriété ; 50 % des mobilités aériennes de moyenne distance ; 100 % des mobilités aériennes de courte distance) se traduisent par une hausse importante de la demande ferroviaire.

→ Nous modélisons les consommations d'électricité additionnelles liées à ces transferts depuis la voiture et l'avion vers le train, de manière homogène sur toute la France.

- **Comment localiser la mobilité aérienne longue distance ?**

En matière de sobriété et de report modal à l'horizon 2050, les hypothèses du Shift Project sont les suivantes :

- 30 % de réduction des vols long-courriers à motif touristique (sans report) ;
- 50 % des voyages long-courriers restants reportés vers le train (principalement réorientés vers l'Europe) ;
- 50 % des vols moyen-courriers reportés vers le train ;
- 100 % des vols court-courriers reportés vers le train.

Le Shift Project prévoit en parallèle un travail d'analyse sur l'acceptabilité de ces hypothèses, tant pour la sobriété que pour le report modal.

→ Nous modélisons l'évolution de ces consommations de carburant de manière homogène sur toute la France (en fonction des types de vols, inégalement répartis entre les aéroports).

## Données récoltées

### GES

#### Inventaire GES territorialisé par commune

MLD-GES-1 [Citepa, 2023](#)

Déclinaison des émissions de GES de l'inventaire du Citepa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>, total en CO<sub>2</sub>e) par secteur d'activité et par territoire.

### Pétrole

#### Ventes de produits pétroliers par département

MLD-PET-1 [SDES, 2023](#)

Volumes de produits pétroliers vendus par type de produit comme super sans plomb, le gazole, le fioul domestique, etc.

### Territoire

#### Dossier complet du recensement de la population par commune

MLD-TER-1 [INSEE, 2024](#)

#### Enquête « Mobilité des personnes » 2018-2019 par tranche d'aire d'attraction

MLD-TER-2 [SDES & INSEE, 2019](#)

Cette enquête décrit les pratiques de mobilité des personnes, d'apprécier comment et pourquoi les Français se déplacent au quotidien et pour leurs voyages à plus longue distance. Elle permet aussi de connaître le parc de véhicules à disposition des ménages et l'utilisation qui en est faite, ainsi que les nouvelles pratiques de la mobilité : covoiturage, utilisation des vélos en libre-service, équipement en recharge de véhicules électriques, etc.

Nous utilisons ici les données concernant les voyages, c'est-à-dire les déplacements qui conduisent à plus de 80 km, à vol d'oiseau, du domicile (fichier [Voyages et caractéristiques sociodémographiques des individus](#)). Ces données décrivent les voyages dans une année.

Les tranches d'aire d'attraction dans ces données sont :

- Commune hors attraction des pôles
- Aire de moins de 50 000 habitants
- Aire de 50 000 à moins de 200 000 habitants
- Aire de 200 000 à moins de 700 000 habitants
- Aire de 700 000 habitants ou plus (hors Paris)
- Aire de Paris

## Fréquentation des gares géolocalisées

MLD-TER-3 [SNCF, 2023](#)

Liste de toutes les gares SNCF avec leur segmentation d'intérêt (local, régional ou national) et le nombre de voyageurs fréquentant la gare annuellement.

À noter que le nombre de voyageurs est compté en double dans le fichier, puisqu'un voyageur qui part d'une région et arrive dans une autre compte pour 1 passager partant + 1 passager arrivant.

## Estimation du taux d'électrification des voies ferrées par département

MLD-TER-4 [SNCF, 2023](#)

Reconstruction d'un taux d'électrification des voies ferrées en se basant sur la carte des lignes électrifiées publiée par la SNCF. Il s'agit quasi exclusivement de lignes secondaires, dessertes fines ou capillaires. En se basant visuellement sur la carte en question, on construit un tableau pour associer un taux d'électrification à ces voies secondaires par département :

Estimation	Départements	Taux associé
Tout électrique	09, 34, 45, 65, 66, 73, 74, 75, 78, 83, 84, 91, 95	100 %
Presque tout électrique	01, 06, 11, 13, 21, 25, 26, 31, 33, 36, 38, 39, 40, 57, 59, 64, 77	90 %
Presque pas électrique	02, 04, 05, 10, 12, 15, 17, 18, 22, 23, 24, 32, 42, 43, 50, 52, 61, 63, 67, 69, 70, 71, 80, 81, 87, 88	10 %
Reste	Tous ceux non cités ci-dessus	50 %

## Fréquentation des aéroports géolocalisés

MLD-TER-5 [UAF, 2023](#)

Les données sont assemblées manuellement depuis les tableaux aux pages 45 du PDF source. Pour chaque aéroport, on a le nombre de passagers annuels effectuant un voyage à portée nationale, international au sein de l'espace Schengen (donc en Europe) ou international hors Schengen.

À noter que le nombre de voyageurs est compté dans le fichier, puisqu'un voyageur français qui part à l'étranger reviendra très probablement, et qu'un voyageur étranger arrivant en France repartira très probablement, compte pour 1 passager partant + 1 passager arrivant.

## National

### Statistiques nationales du transport ferroviaire

MLD-NAT-1

On centralise plusieurs données à l'échelle nationale du transport de voyageurs en train :

- **Le nombre de voyageurs-km parcourus chaque année [ART, 2023](#)**
- **Les émissions de CO<sub>2</sub> pour transporter les particuliers (SNCF Voyageurs) [SNCF, 2021](#)**

- La consommation d'électricité pour la traction des trains [SNCF, 2021](#)
- La consommation de pétrole pour la traction des trains [SNCF, 2021](#)

## Consommation nationale de pétrole pour le transport aérien commercial

MLD-NAT-2 [INSEE, 2019](#)

La consommation de pétrole pour l'aviation est volontairement celle de 2019, avant le Covid et l'impact sur l'aérien dans les années qui ont suivi. On convertit cette quantité de « Carburéacteurs » de tonnes à MWh.

On note également un [rapport du Sénat](#) qui indique que seul 71 % du kérosène français est utilisé pour la mobilité en avion, le reste étant mobilisé pour le fret aérien ainsi que des usages militaires et privés. On ne garde que 71 % du chiffre de l'INSEE pour la mobilité aérienne commerciale.

## Émissions de CO<sub>2</sub> nationales pour le transport aérien commercial

MLD-NAT-3 [DGAC, 2019](#)

### Données produites

#### GES

##### Émissions de CO<sub>2</sub> pour le transport aérien commercial par aéroport

MLD-GES-1X

On multiplie le nombre de passagers par les distances parcourues estimées dans les déplacements aériens commerciaux par aéroport [MLD-TER-3X](#). On obtient ainsi une estimation annuelle des passagers-km pour chaque aéroport et chaque type de vol.

Ces passagers-km sont ensuite multipliés par les facteurs d'émission de CO<sub>2</sub> par passager-km fournis par l'[ADEME](#), en ne conservant que les émissions liées à la combustion du carburant (hors condensation, construction des avions, etc.). Les émissions varient selon le type de vol, car le décollage et l'atterrissement concentrent une part importante de la consommation de carburant :

Type de vol	Émissions CO <sub>2</sub> /passager-km (carburant uniquement)
Court courrier (CC)	141 g ( <a href="#">source</a> )
Moyen courrier (MC)	102 g ( <a href="#">source</a> )
Long courrier (LC)	83 g ( <a href="#">source</a> )

On obtient ainsi un « poids en CO<sub>2</sub> » par aéroport. Ce poids repose sur des hypothèses de distances parcourues par aéroport et **ne peut pas être considéré comme une estimation précise des émissions réelles**. Il constitue uniquement un ordre de grandeur, permettant de comparer les aéroports entre eux.

Ce poids est utilisé comme clé de répartition des [émissions de CO<sub>2</sub> nationales pour le transport aérien commercial](#) [MLD-NAT-3](#). On obtient ainsi une estimation plus cohérente et représentative, qui correspond aux totaux nationaux.

## Pétrole

### Consommation de pétrole du transport routier par département

MLD-PET-1X

On garde des ventes de produits pétroliers MLD-PET-1 uniquement l'essence et le gazole.

### Consommation de pétrole de la mobilité routière longue distance par département

MLD-PET-2X

On reconstitue le compte de la totalité des émissions de CO<sub>2</sub> du transport routier en additionnant les émissions de CO<sub>2</sub> de la mobilité routière quotidienne MLD-TER-4X, les émissions de CO<sub>2</sub> de mobilité routière longue distance MLD-TER-1X et les émissions de CO<sub>2</sub> du fret routier FRE-GES-1X. On ne garde de ce total que la part dédiée à la mobilité routière longue distance, que l'on multiplie par la consommation de pétrole du transport routier MLD-PET-1X du département.

### Consommation de pétrole pour le transport ferroviaire par département

MLD-PET-3X

On répartit la consommation de pétrole pour la traction des trains MLD-NAT-1 nationale en fonction des déplacements ferroviaires MLD-TER-2X provenant de gares d'intérêt local, en partant du principe que les déplacements émanant d'autres gares utilisent des voies plus importantes, qui sont toutes électrifiées.

### Consommation de pétrole pour le transport aérien commercial par aéroport

MLD-PET-4X

On répartit la consommation nationale de pétrole pour le transport aérien commercial MLD-NAT-2 en fonction des émissions de CO<sub>2</sub> pour le transport aérien commercial par aéroport MLD-GES-1X, car on considère que le CO<sub>2</sub> émis est proportionnel à la quantité de carburant utilisé.

## Territoire

### Déplacements de mobilité routière annuels longue distance par commune

MLD-TER-1X

On répartit les données de voyages par tranche d'aire d'attraction MLD-TER-2 pour chaque commune selon :

- Le nombre de voyages dans l'année est le nombre de voyages au sein de l'aire d'attraction MLD-TER-2, au prorata de la part de la population MLD-TER-1 dans cette commune par rapport à son aire d'attraction ;
- Le nombre de voyageur.km parcourus dans l'année est le nombre de voyageur.km parcourus au sein de l'aire d'attraction MLD-TER-2, au prorata de la part de la population MLD-TER-1 dans cette commune par rapport à son aire d'attraction ;
- Le CO<sub>2</sub> émis dans l'année pour lequel on se base sur le taux de CO<sub>2</sub> émis/voyageurs.km pour les routiers annuels quotidiens en voiture MLD-TER-4X dans cette commune. On multiplie ce taux par le nombre de voyageur.km parcourus dans l'année calculé au point précédent.

## Déplacements ferroviaires par gare

### MLD-TER-2X

On estime le nombre de kilomètres parcourus par les trains arrivant et partant par gare. L'objectif n'est pas de produire une estimation exacte, mais de fournir un ordre de grandeur permettant :

- De comparer les gares entre elles ;
- De définir une clé de répartition pour attribuer des valeurs nationales.

Ces kilomètres ne sont pas utilisés tels quels dans les publications. Pour chaque **trajet des gares** MLD-TER-3, un poids est attribué en fonction de la **segmentation d'intérêt de gare** MLD-TER-3 :

Segmentation	Poids attribué	Exemple
National	1	D'un bout à l'autre de la France
Régional	0,3	D'un bout à l'autre d'une région (environ $\frac{1}{3}$ de la France)
Local	0,1	Au sein d'une région (environ $\frac{1}{3}$ de région)

On peut ensuite répartir le **nombre de voyageurs-km parcourus nationalement** MLD-NAT-1 par ce poids sur chaque gare, pour obtenir une estimation des kilomètres parcourus pour les arrivées et départs de chaque gare.

## Déplacements aériens commerciaux par aéroport

### MLD-TER-3X

On estime le nombre de kilomètres parcourus par les avions atterrissant et partant par aéroport. L'objectif n'est pas de produire une estimation exacte, mais de fournir un ordre de grandeur permettant :

- De comparer les aéroports entre eux ;
- De définir une clé de répartition pour attribuer des valeurs nationales.

Ces kilomètres ne sont pas utilisés tels quels dans les publications. Pour chaque type de vol, une distance moyenne est attribuée :

Portée	Type de vol	Distance	Exemple
Intérieur	Court courrier (CC)	650 km	Paris - Marseille
Schengen	Moyen courrier (MC)	1 800 km	Paris - Athènes
Hors Schengen	Long courrier (LC)	4 400 km	Paris - Astana

Ces distances sont des hypothèses, ajustées afin de correspondre aux répartitions nationales de CO<sub>2</sub> [publiées par l'aviation civile](#) pour les vols CC, MC et LC.

En les combinant avec les données de **fréquentation des aéroports** MLD-TER-5, on obtient une estimation des kilomètres parcourus pour les arrivées et départs de chaque aéroport.

# Fret

## Contenu du secteur

Dans le cadre de cette publication on traitera les activités suivantes, provenant de l'[étude Fret du Shift Project](#) qui indique que le fret est assuré à 89 % par la route et à 9 % par le ferroviaire :

- Fret routier
- Fret ferroviaire

Nos questions et réponses :

- **Quelles énergies utiliser pour le fret à l'avenir ?**

Le gaz naturel n'est plus considéré comme une option crédible pour le fret routier. La flambée des prix lors de la crise ukrainienne a fortement pénalisé les flottes déjà converties au gaz et a dissuadé de nouveaux investissements. L'hydrogène ne semble pas non plus devoir jouer un rôle significatif dans ce secteur.

Les biocarburants apparaissent surtout comme une solution transitoire en attendant l'électrification complète. L'électrification des camions progresse plus vite que prévu, ce qui rend plausible un avenir dominé par le tout-électrique à moyen ou long terme.

Les consommations électriques du fret posent surtout un enjeu temporel, lié aux pics de charge provoqués par la recharge des poids lourds (typiquement lors des pauses d'une quarantaine de minutes des chauffeurs).

→ Nous étudions l'électrification du parc de poids lourds. Nous ne modélisons pas les effets de pointe, mais nous soulignons leur importance pour la gestion du réseau. Voir la scénarisation plus bas.

- **Aborde-t-on la question du fret fluvial ?**

Le fret fluvial est fragilisé par la récurrence des épisodes d'étiage. Même si les autres modes (routier et ferroviaire) sont eux aussi affectés par le changement climatique (déformation des routes, dilatation des rails), l'adaptation du fluvial paraît plus contrainte.

→ Nous ne traitons pas du fret fluvial étant donnée sa faible importance dans le fret national (environ 2 % de l'ensemble du trafic terrestre national).

- **Aborde-t-on la question du fret ferroviaire ?**

Un fort fret ferroviaire reste une option crédible pour l'avenir, mais en 2025 son développement est très en deçà des trajectoires prévues par The Shift Project pour atteindre les objectifs de décarbonation. La montée en puissance du ferroviaire nécessitera la construction de nouvelles plateformes multimodales, générant une pression supplémentaire sur le foncier.

→ Nous ne traitons pas du fret ferroviaire car il est difficile d'obtenir des données locales

sur le fret ferroviaire (volume, trafic, etc.), cette activité n'étant plus gérée par la SNCF, qui diffuse par ailleurs de nombreuses données sur le transport ferroviaire de passagers.

- **Aborde-t-on la logistique du dernier kilomètre ?**

La logistique du dernier kilomètre représente environ 10 % des consommations pétrolières du fret.

→ Nous n'intégrons pas cet aspect dans le périmètre de cette publication par manque de temps.

## Données récoltées

### GES

#### Inventaire GES territorialisé par commune

**FRE-GES-1** [Citepa, 2023](#)

Déclinaison des émissions de GES de l'inventaire du Citepa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>, total en CO<sub>2</sub>e) par secteur d'activité et par territoire.

### Pétrole

#### Ventes de produits pétroliers par département

**FRE-PET-1** [SDES, 2023](#)

Volumes de produits pétroliers vendus par type de produit comme super sans plomb, le gazole, le fioul domestique, etc.

### Territoire

#### Transport routier de marchandises (TRM) par région

**FRE-TER-1** [SDES, 2024](#)

Tonnage et kilomètres parcourus par les marchandises transitant au sein de chaque région et entre régions.

#### Parc de poids lourds immatriculés par commune

**FRE-TER-2** [SDES, 2022](#)

L'immatriculation des poids lourds constitue aujourd'hui la clé de répartition utilisée lors des COP régionales pour évaluer les leviers liés au fret routier. Nous proposons plus loin d'adopter une autre clé de répartition, fondée non plus sur le parc immatriculé mais sur l'intensité réelle du trafic des poids lourds (voir **FRE-TER-3**).

#### Trafic moyen journalier annuel des poids lourds par section d'autoroute

**FRE-TER-3** [SDES, 2025](#)

Le trafic moyen journalier annuel (TMJA) d'une section est défini comme le nombre moyen de véhicules qui y circulent chaque jour, tous sens confondus, calculé sur une année complète. Les comptages incluent une estimation de la part des poids lourds dans ce trafic.

À partir de ces données, il est possible d'estimer les kilomètres parcourus par les poids lourds dans chaque département. Le calcul repose sur la multiplication de la longueur des sections par la

part du TMJA attribuée aux poids lourds. Cette méthode n'est pas exhaustive car elle se limite aux autoroutes, mais elle fournit un indicateur pertinent du poids relatif du trafic routier de marchandises par département et facilite ainsi les comparaisons territoriales.

### Trafic moyen journalier annuel des poids lourds par section de nationales en Bretagne

**FRE-TER-4** [GeoBretagne, 2025](#)

Il n'y a pas d'autoroutes concédées en Bretagne et qui manquent donc au fichier de **trafic moyen journalier annuel des poids lourds par section d'autoroute FRE-TER-3**. Ce fichier contient le trafic moyen journalier annuel (TMJA) des routes nationales bretonnes.

### Nombre de postes salariés par secteur d'activité A88 par commune

**FRE-TER-5** [Flores, INSEE, 2021](#)

## National

### Tonnes.km parcourus et émissions de CO<sub>2</sub> nationale du fret routier (tout pavillon)

**FRE-NAT-1** [SDES, 2021](#)

## Données produites

### GES

#### Émissions de CO<sub>2</sub> du fret routier par département

**FRE-GES-1X**

On répartit les **émissions de CO<sub>2</sub> nationales du fret routier FRE-NAT-1** par le nombre de **kilomètres parcourus pour le fret routier FRE-TER-1X** par département.

### Pétrole

#### Consommation de pétrole du transport routier par département

**FRE-PET-1X**

On garde des **ventes de produits pétroliers FRE-PET-1** uniquement l'essence et le gazole.

#### Consommation de pétrole du fret routier par département

**FRE-PET-2X**

On reconstitue le compte de la totalité des émissions de CO<sub>2</sub> du transport routier en additionnant les **émissions de CO<sub>2</sub> de la mobilité routière quotidienne MOQ-TER-4X**, les **émissions de CO<sub>2</sub> de mobilité routière longue distance MLD-TER-1X** et les **émissions de CO<sub>2</sub> du fret routier FRE-GES-1X**. On ne garde de ce total que la part dédiée au fret routier, que l'on multiplie par la **consommation de pétrole du transport routier FRE-PET-1X** du département.

## Territoire

### Kilomètres parcourus pour le fret routier par département

**FRE-TER-1X**

On répartit les **tonnes.km parcourus nationales pour le fret routier FRE-NAT-1** par le **trafic moyen journalier annuel des poids lourds par section d'autoroute FRE-TER-3** et le **trafic moyen journalier annuel des poids lourds par section de nationales en Bretagne FRE-TER-4** par département.



## Hors secteurs

On liste ici les données récoltées et produites qui n'appartiennent à aucun autre secteur ci-dessus.

### Données récoltées

#### Climat

##### Indicateurs annuels TRACC-2023 du DRIAS (horizon 2050 / France +2.7°C) par point de grille SAFRAN

**CLI-TER-1** [DRIAS\\_2024](#)

Températures, canicules, précipitations et sécheresse du sol (et écarts par rapport à la référence 1976-2005). Les indicateurs climat que nous suivons avec ces données DRIAS sont les suivants :

- Température moyenne annuelle (°C)
- Température moyenne en été (°C)
- Température moyenne en hiver (°C)
- Température maximale en été (°C)
- Nombre de jours à plus de 30°C (jours)
- Nombre de jours à plus de 35°C (jours)
- Nombre de nuits tropicales (jours)
- Précipitations annuelles (mm)
- Précipitations en été (mm)
- Précipitations en hiver (mm)
- Précipitations extrêmes (q99) (mm)
- Nombre de jours avec un sol sec (jours)

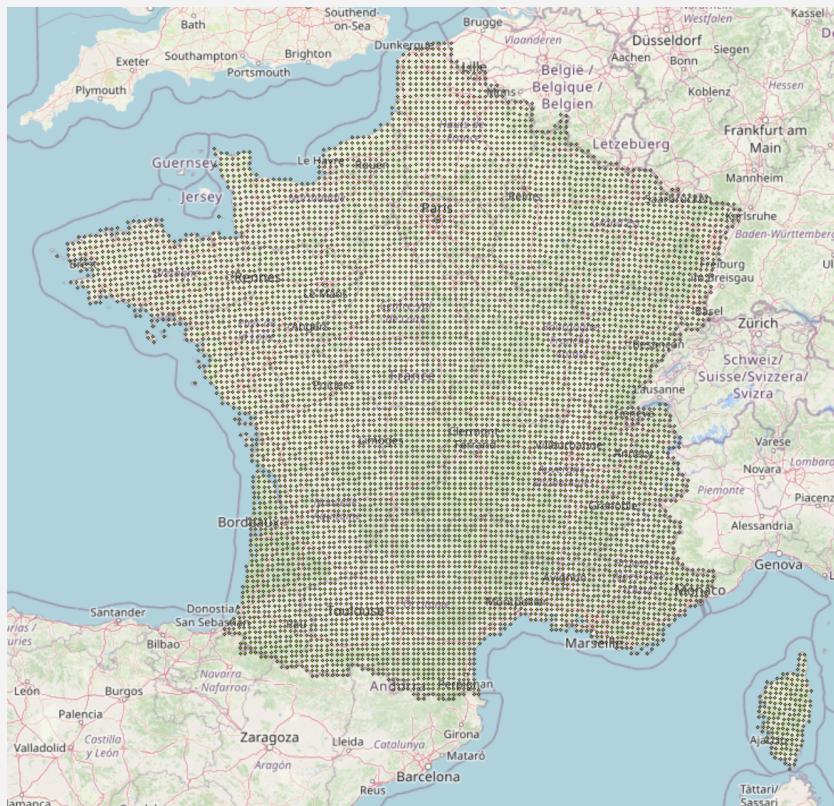
##### Indicateurs annuels 'Débits' du DRIAS dans un scénario RCP8.5 (horizon 2041-2070) par point de grille SAFRAN

**CLI-TER-2** [DRIAS\\_2024](#)

Débits des cours d'eau de surface (et écarts par rapport à la référence 1951-2005)

## Grille SAFRAN

Les indicateurs **CLI-TER-1** et **CLI-TER-2** du DRIAS sont distribués sur une grille [SAFRAN](#). Il s'agit d'un ensemble de 143\*134 points, numérotés de 0 à 19161 (origine en 41.4 N / 4.1 W, résolution 8 km), espacés de 8 km les uns des autres. Seuls les points de France métropolitaine sont utilisés.



## Écart de la recharge en eau des nappes phréatiques par bassin versant (horizon 2050-2070)

**CLI-TER-3** [Explore2, OFB, 2024](#)

Calculé par l'OFB à partir des 17 modélisations climatiques par rapport à la recharge actuelle (période 1976-2005) dans un scénario RCP8.5.

### Territoire

#### Conjoncture nationale mensuelle de l'énergie

**AUT-TER-1** [SDES, 2025](#)

Approvisionnement, consommation, prix, facture, etc. de l'électricité, gaz, pétrole, charbon et bois.

#### Statistiques nationales du commerce extérieur : produits exportés et importés

**AUT-TER-2** [Douanes, 2023](#)

Tonnage et valeur économique de tous les produits entrants ou sortants du territoire français par chaque pays d'origine ou de destination.

## Sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) par commune

**AUT-TER-4** [Basol\\_Georisques\\_2024](#)

Recensement des sites et sols pollués ou potentiellement pollués nécessitant une intervention des pouvoirs publics. Cette base fournit des informations sur la localisation, l'historique des activités, la nature et l'état des pollutions, ainsi que sur les actions de gestion mises en œuvre comme la surveillance ou la dépollution. Elle sert à suivre l'avancement des traitements et à informer le public et les acteurs locaux sur les risques environnementaux liés aux sols.

## Surfaces forestières incendiées selon la nature de l'incendie par commune

**AUT-TER-5** [BDIFF\\_2024](#)

Application web qui centralise les données nationales sur les incendies de forêt en France depuis 2006 (ou selon certaines sources 1992), agrégées par commune et consultables par tous. Elle renseigne sur la répartition spatiale et temporelle des feux, leur fréquence et les indicateurs associés.

## Surface boisée, essences et taux de boisement par commune

**AUT-TER-6** [BDFORET\\_2023](#)

Référentiel géographique vectoriel des forêts et milieux semi-naturels de métropole. Il classe les formations forestières selon une nomenclature nationale de 32 postes. Élaboré entre 2007 et 2018, utilisé notamment pour la gestion forestière, l'aménagement, la prévention des risques et la connaissance des continuités écologiques .

## Inventaire national des friches par commune

**AUT-TER-7** [Cartofriches\\_2025](#)

Plateforme de visualisation et d'inventaire national des friches (sites désaffectés ou abandonnés). Elle combine des données nationales (BASOL et BASIAS) et observatoires locaux, ainsi que des candidatures aux appels à projets, pour caractériser et situer les friches en vue de leur réutilisation.

## Intensité des sécheresses passées par commune

**AUT-TER-8** [VIGIFAU\\_2025](#)

Score d'intensité de sécheresse par commune calculé à partir de l'historique des arrêtés préfectoraux, indiquant les niveaux de restriction en vigueur et passés.

## Données produites

### Territoire

#### Indicateurs d'évolution de climat et des débits des cours d'eau (horizon 2050) par commune

**CLI-TER-1X**

On se base sur la grille SAFRAN des données des indicateurs annuels TRACC-2023 du DRIAS **CLI-TER-1** et des indicateurs annuels 'Débits' du DRIAS **CLI-TER-2**.

Chaque point de la grille SAFRAN a été rattaché à la commune sur laquelle il se situe. La France métropolitaine compte environ 35 000 communes pour environ 9 000 points de la grille, de sorte qu'un grand nombre de communes ne disposent pas de données DRIAS car aucun point SAFRAN ne s'y trouve.

L'agrégation à l'échelle communale permet néanmoins de regrouper les résultats à un niveau plus opérationnel, comme celui des EPCI. On dénombre environ 1 000 EPCI en France métropolitaine, soit en moyenne neuf points SAFRAN par EPCI, ce qui constitue un maillage suffisant pour estimer les différences climatiques entre territoires intercommunaux. Les indicateurs produits traduisent l'évolution des températures (annuelles, estivales et hivernales), des précipitations (annuelles, estivales et hivernales), du nombre de jours de sol sec en été ainsi que du débit moyen et médian des cours d'eau de surface.

### Écart de la recharge en eau des nappes phréatiques (horizon 2050-2070) par département

[CLI-TER-2X](#)

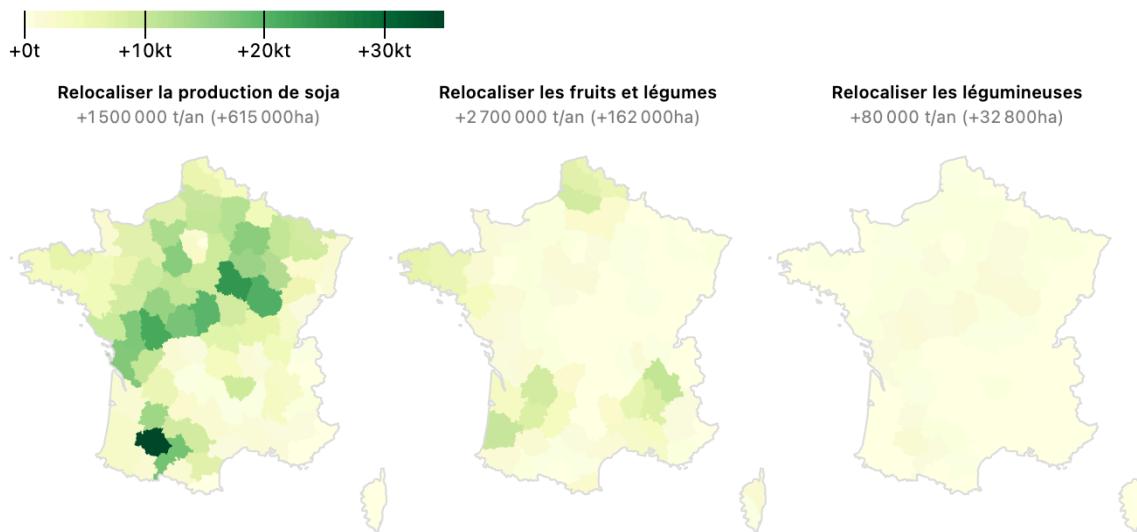
On se base sur la carte des [écarts de la recharge en eau des nappes phréatiques](#) [CLI-TER-3](#), qui présente les écarts de recharge en eau des nappes phréatiques par bassin versant (limites physiques). Ces résultats sont transposés au niveau départemental (limites administratives) en effectuant une moyenne des valeurs des bassins versants recouvrant chaque département.

Cette méthode constitue une approximation et ne fournit pas un indicateur précis de la recharge départementale. Elle permet néanmoins de comparer les départements entre eux, ce qui reste pertinent compte tenu de la variabilité des écarts observés d'une région de France à une autre.

# Cartes de la publication

Cette partie décrit les hypothèses utilisées pour produire et illustrer des trajectoires illustratives à l'horizon 2050 dans la publication. Vous trouverez ci-dessous toutes les cartes et graphiques qui portent l'indication « Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails ».

## Relocalisations de productions par département (+810 000ha)



Lecture : On suppose la relocalisation de la moitié des importations annuelles de ces cultures, soit +4,2Mt de biomasse, qui sont réparties aux lieux de production de ces cultures en 2020. Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails.

Source : The Shift Project (2025).

## Répartition des productions importées

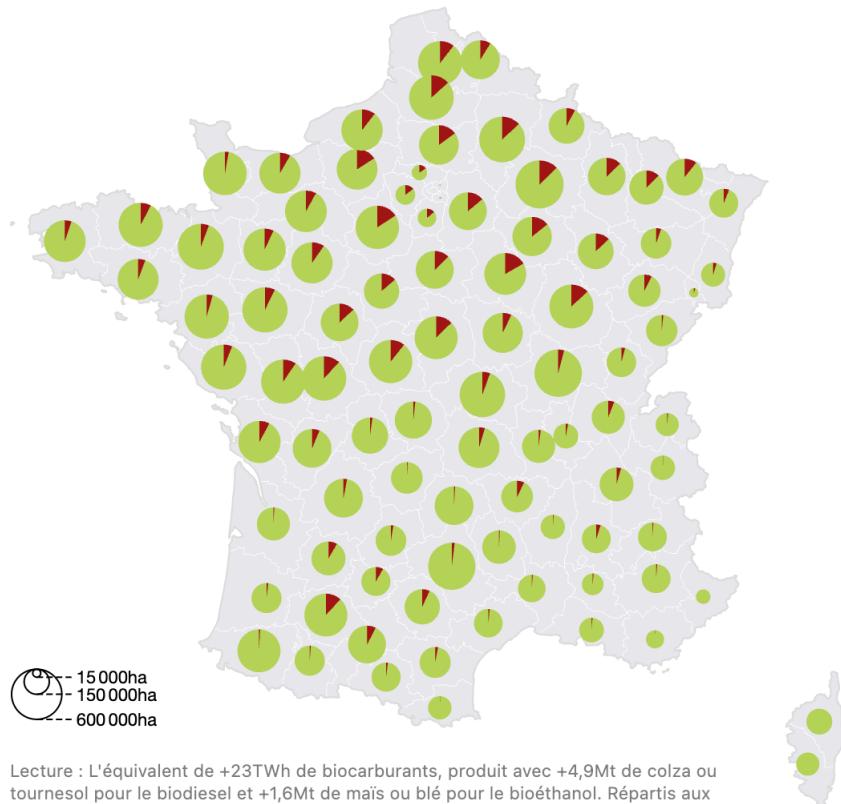
Pour chaque culture 1. soja, 2. fruits et légumes et 3. légumineuses :

**Objectif national** : 50 % des importations annuelles de la culture ([Bilan d'approvisionnement agroalimentaire 2020-2021, Agreste, 2022](#))

**Clé de répartition** : poids en fonction du rendement de la culture par département (Statistique agricole annuelle (Agreste, 2022) par département: [pour les fruits et légumes](#) et [pour les oléagineux](#))

## Part des surfaces agricoles nécessaire pour développer des biocarburants par département en 2050 (+2,1Mha)

■ Part de la surface agricole nécessaire pour biocarburant d'ici 2050



Lecture : L'équivalent de +23TWh de biocarburants, produit avec +4,9Mt de colza ou tournesol pour le biodiesel et +1,6Mt de maïs ou blé pour le bioéthanol. Répartis aux lieux de production de ces cultures en 2020. Les cercles représentent la surface agricole du département en 2020 (toutes cultures confondues). Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails.

Source : The Shift Project (2025).

### Répartition pour la production de biocarburants

Pour chaque type de biocarburant 1. biodiesel (à base de colza et tournesol) et 2. bioéthanol (à base de maïs et blé) :

**Objectif national** : la France consomme environ 40,8 TWh de biocarburant routier en 2024 ([SDES, 2025](#)), pour environ 30,4 TWh de biodiesel et 10,4 TWh de bioessence. Cette consommation est d'origine majoritairement conventionnelle, à 76% au total : 78 % du biodiesel consommé est conventionnel, soit 23,7 TWh, comme 69 % du bioéthanol, soit 7,2 TWh. De plus l'ADEME ([Transition\(s\) 2050](#), page 477) indique qu'en 2019, pour les biocarburants conventionnels, la France a importé 73% des matières premières nécessaires à la production de son biodiesel, soit 17,3 TWh, et 33% de son bioéthanol, soit 2,4 TWh.

D'autre part la PPE<sup>5</sup> impose un plafond d'incorporation de 7 % pour les biocarburants conventionnels dans les carburants routiers.

Dans le cadre de cette scénarisation on expérimente de relocaliser la production nécessaire à notre consommation actuelle et tout ce qu'il manquerait pour atteindre les 7% maximal d'incorporation fixé dans la PPE (aux mêmes proportions qu'en 2024), afin d'illustrer la quantité de sol et de biomasse supplémentaire que cet ordre de grandeur de production représente. On considère ici l'objectif de produire 20 TWh de biodiesel conventionnel (17,3 TWh relocalisé + 2,7

<sup>5</sup> [Programmation pluriannuelle de l'énergie](#)

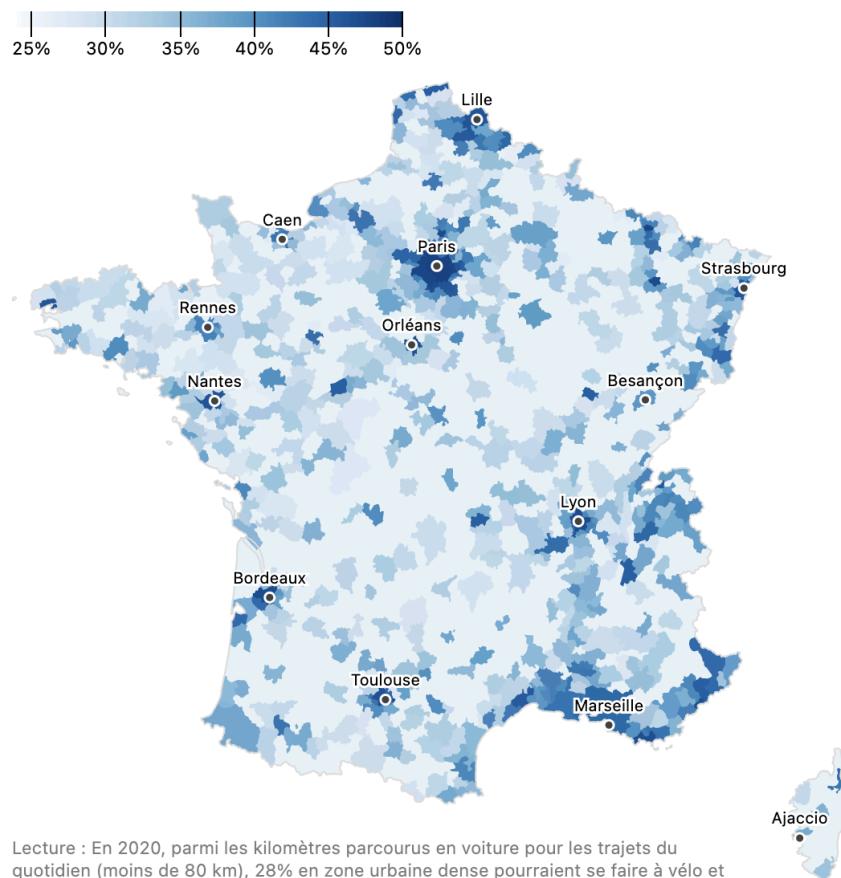
TWh manquants pour atteindre 7% d'incorporation) et 3,3 TWh de bioéthanol conventionnel (2,4 TWh relocalisé + 0,9 TWh manquants pour atteindre 7% d'incorporation).

On considère les transformations suivantes :

- **Biodiesel** : Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du biodiesel est d'environ 37,8 MJ/kg ([Wikipédia](#)) soit 10,3 MWh/t, et il faut 2,55 t de colza pour produire 1 t d'huile ([European Biomass Industry Association](#)), qui donnera, après transestérification d'un rendement de 98 % ([IEA Bioenergy](#), p. 37), 980 kg de biodiesel (soit 2,55 t de colza par tonne de biodiesel). Pour produire 20 TWh de biodiesel, il faut produire 4,9 Mt d'un mélange de colza et de tournesol.
- **Bioéthanol** : Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du bioéthanol est de 27 MJ/kg ([Douanes](#)) soit 7,4 MWh/t, et il faut entre 3 t et 3,5 t de maïs pour produire 1 t d'éthanol selon les sources ([Wikipédia](#) qui indique la production de 0,42 L d'éthanol par kg de grain, soit 420 L par tonne de maïs. Avec une densité d'éthanol d'environ 0,79 kg/L, 420 L pèsent environ 332 kg d'éthanol. Donc 1 tonne de maïs donne 0,332 t d'éthanol). Pour produire 3,3 TWh de bioéthanol, il faut produire 1,6 Mt d'un mélange de maïs et de blé.

**Clé de répartition** : poids en fonction des surfaces de chaque culture concernée par département ([Statistique agricole annuelle \(Agreste, 2022\) par département](#))

## Capacité de report des trajets du quotidien en voiture vers d'autres modes de transport par EPCI en 2020



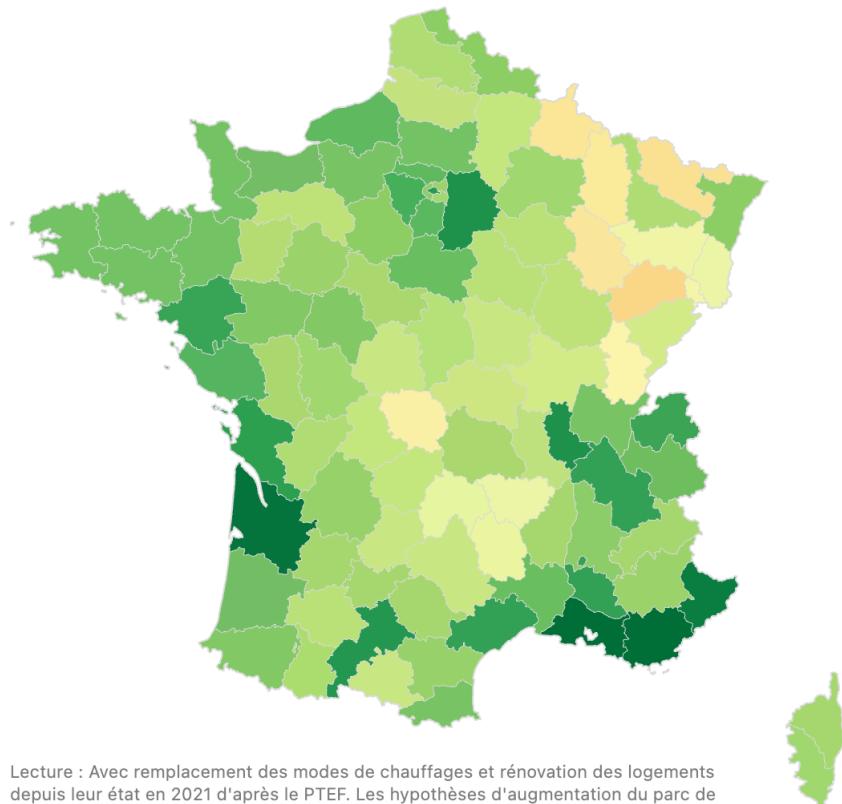
Lecture : En 2020, parmi les kilomètres parcourus en voiture pour les trajets du quotidien (moins de 80 km), 28% en zone urbaine dense pourraient se faire à vélo et 20% en transports en commun. En zone périurbaine, 24% pourraient se faire à vélo, 10% en transports en commun et 20% en covoiturage. En zone rurale, 19% pourraient se faire à vélo, 2% en transports en commun et 10% en covoiturage. Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails.

Source : The Shift Project (2025).

## Capacité de report des trajets du quotidien en voiture vers d'autres modes de transport

Cette carte est une représentation directe du report modal potentiel associé aux déplacements routiers annuels quotidiens MOQ-TER-4X, agrégé à l'échelle EPCI.

## Évolution de la consommation d'électricité pour le chauffage des logements par département (-16TWh)



Lecture : Avec remplacement des modes de chauffages et rénovation des logements depuis leur état en 2021 d'après le PTEF. Les hypothèses d'augmentation du parc de logement sont ignorées ici pour n'illustrer que l'impact de modification de l'existant. Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails.

Source : The Shift Project (2025).

### Consommation d'électricité pour le chauffage des logements

On applique des matrices de passage pour toutes les résidences principales LOG-TER-1X de chaque commune, à la fois sur le mode de chauffage utilisé (changement de chauffage) et le DPE du logement (rénovation) en fonction des priorités définies par le secteur logement du Shift Project.

### Changement de chauffage des appartements d'ici 2050 :

- Le fioul devient...
  - 30% au gaz
  - 25% par chauffage urbain
  - 20% en pompe à chaleur
  - 15% au bois
  - 10% en radiateur électrique
- Le gaz devient...
  - 25% par chauffage urbain
  - 10% en pompe à chaleur

- 65% reste au gaz
- Le radiateur électrique devient...
  - 20% au bois
  - 80% reste en radiateur électrique

**Changement de chauffage des maisons** d'ici 2050 :

- Le fioul devient...
  - 25% au gaz
  - 25% en pompe à chaleur
  - 25% au bois
  - 25% en radiateur électrique
- Le gaz devient...
  - 30% en pompe à chaleur
  - 20% au bois
  - 50% reste au gaz
- Le radiateur électrique devient...
  - 30% en pompe à chaleur
  - 70% reste en radiateur électrique

**Rénovation des appartements**, objectifs à atteindre pour 2050 par mode de chauffage :

- Bois : 73% DPE A, 21% DPE B et 6% DPE C
- Gaz : 54% DPE A, 35% DPE B et 12% DPE C
- Fioul : Plus aucun logement chauffé au fioul
- Radiateur électrique : 33% DPE A, 42% DPE B, 23% DPE C et 3% DPE D
- Pompe à chaleur : 78% DPE A, 18% DPE B et 5% DPE C
- Réseau de chaleur : 62% DPE A, 22% DPE B, 10% DPE C, 4% DPE D et 2% DPE E

**Rénovation des maisons**, objectifs à atteindre pour 2050 par mode de chauffage :

- Bois : 53% DPE A, 35% DPE B et 11% DPE C
- Gaz : 54% DPE A, 35% DPE B et 12% DPE C
- Fioul : Plus aucun logement chauffé au fioul
- Radiateur électrique : 41% DPE A, 46% DPE B, 11% DPE C et 2% DPE D

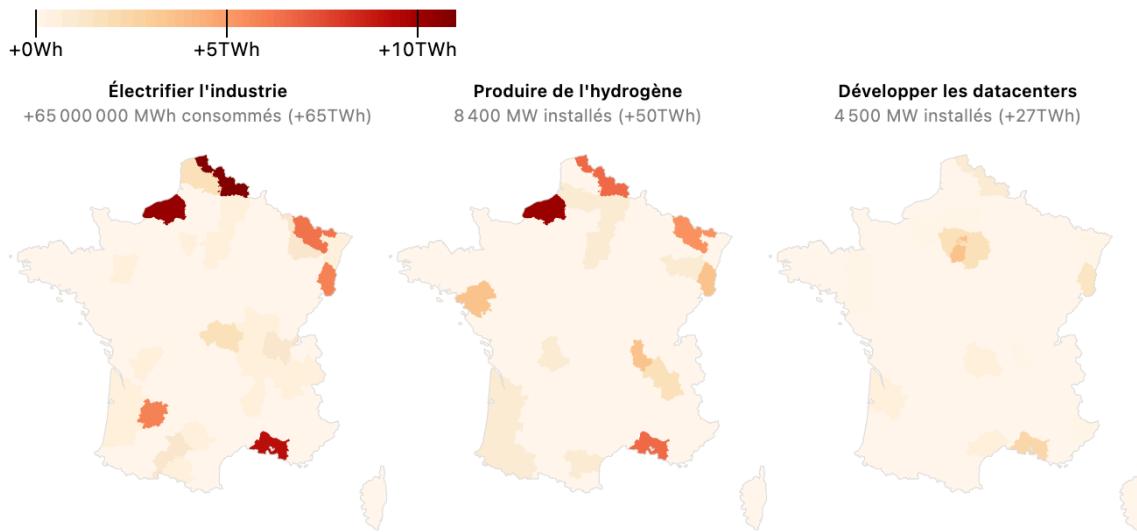
- Pompe à chaleur : 55% DPE A, 33% DPE B et 11% DPE C
- Réseau de chaleur : 100% DPE A pour les quelques maisons concernées (très peu)

On peut ensuite faire le lien entre nombre de logement, mode de chauffage et énergie consommée en fonction des facteurs de consommation énergétique en kWh/m<sup>2</sup>/an. Ces facteurs sont constitués des valeurs initiales officielles des DPE multipliées par un coefficient qui corrige les biais des valeurs initiales, car en réalité des DPE très bons (comme A) consomment davantage que ce que suggèrent les valeurs officielles et les DPE très mauvais (comme F ou G) consomment beaucoup moins :

DPE	Valeur officielle (kWh/m <sup>2</sup> /an)	Coefficient correcteur	Valeur corrigée
A	40	1,3	52
B	70	1,1	77
C	120	0,85	102
D	190	0,75	142
E	280	0,65	182
F	390	0,6	234
G	525	0,55	288

Avec tous ces éléments on est capables d'identifier l'énergie consommée avant et après changement de chauffage et rénovation, en fonction du type de logement (appartement ou maison), du mode de chauffage et du DPE, donc de produire une carte de l'augmentation ou diminution de la consommation d'électricité pour le chauffage résidentiel par département.

## Évolution de la consommation d'électricité de l'industrie par département par rapport à 2020 (+140TWh)



Lecture : Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails.  
Source : The Shift Project (2025).

### Consommation d'électricité pour électrifier les procédés industriels

**Objectif national** : 180 TWh/an pour l'ensemble de l'industrie (qui ne compte pas la production d'hydrogène ni les datacenters) dans la trajectoire de référence de RTE ([RTE, 2021](#), p. 16) contre 113 TWh en 2019, soit une augmentation nette de +65 TWh.

**Clé de répartition** : poids en fonction des projets du schéma de développement du réseau de RTE ([RTE, 2025](#), p. 13) à chaque département, en leur attribuant un poids (plus ou moins exprimé en MW par site) comme suit : P1 = 1600, P2 = 1000 et projet individuel = 100. Ces poids ne sont pas appliqués en puissance en MW directement, ils servent à répartir l'objectif national.

### Consommation d'électricité pour la production d'hydrogène

**Objectif national** : 50 TWh/an d'ici 2050 ([RTE, 2021](#), p. 16) convertit en puissance installée en considérant facteur de charge de 50 %, comme suggéré dans le rapport « La transition vers un hydrogène bas carbone » de RTE ([RTE, 2020](#), p. 8) tel que « entre 3000 et 6000 heures par an » soit entre ~34 % et ~68 % de facteur de charge.

**Clé de répartition** : poids en fonction des projets du schéma de développement du réseau de RTE ([RTE, 2025](#), p. 18) à chaque département, en leur attribuant un poids (plus ou moins exprimé en MW par site) comme suit : P1 = 1600, P2 = 1000 et projet individuel = 250. Ces poids ne sont pas appliqués en puissance en MW directement, ils servent à répartir l'objectif national.

### Consommation d'électricité par les datacenters

**Objectif national** : 39 TWh/an d'ici 2050 ([Arcep, 2023](#), p. 63) contre 12 TWh en 2020, convertit en puissance installée en considérant un rendement de l'installation de 98 % ([Arcep, 2023](#), p. 63)

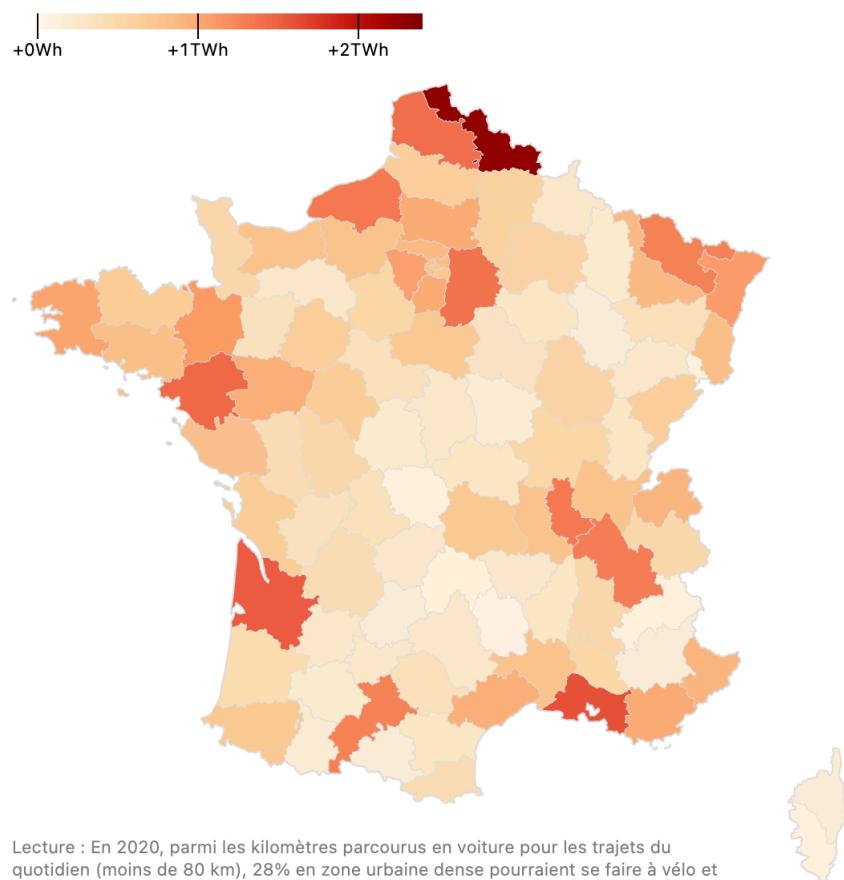
**Clé de répartition** : poids en fonction des projets du schéma de développement du réseau de RTE ([RTE, 2025](#), p. 22) à chaque département, en leur attribuant un poids (plus ou moins exprimé en MW par site) comme suit : ensemble de projet = 1000, P2 = 1000 et projet individuel = 150. Ces poids ne sont pas appliqués en puissance en MW directement, ils servent à répartir l'objectif national.

## Consommation d'électricité pour capter le CO<sub>2</sub> de l'industrie lourde (non affiché)

**Objectif national** : 50 % du potentiel maximal

**Clé de répartition** : parmi les installations soumises à quota de l'UE [IND-TER-1](#), on ne garde que celles dont l'activité est considérée comme pouvant être captée dans le cadre du SEQE-UE ([ADEME, 2020](#), p. 10), à savoir les codes d'activités suivants selon la nomenclature NAF : 10 (IAA), 17 (papier), 19 (raffineries), 20 (chimie (avec et sans ammoniac) et verre), 23 (ciment et autres non-métalliques), 24 (sidérurgie, aluminium) et 35 (production chaleur industrielle). Le poids pour la répartition est celui des émissions de CO<sub>2</sub> [IND-TER-2](#) de ces installations, pour lesquelles on considère un taux de captage de 90 % ([ADEME, 2020](#), p. 9).

### Évolution de la consommation d'électricité pour passer aux voitures électriques par département (+61TWh)



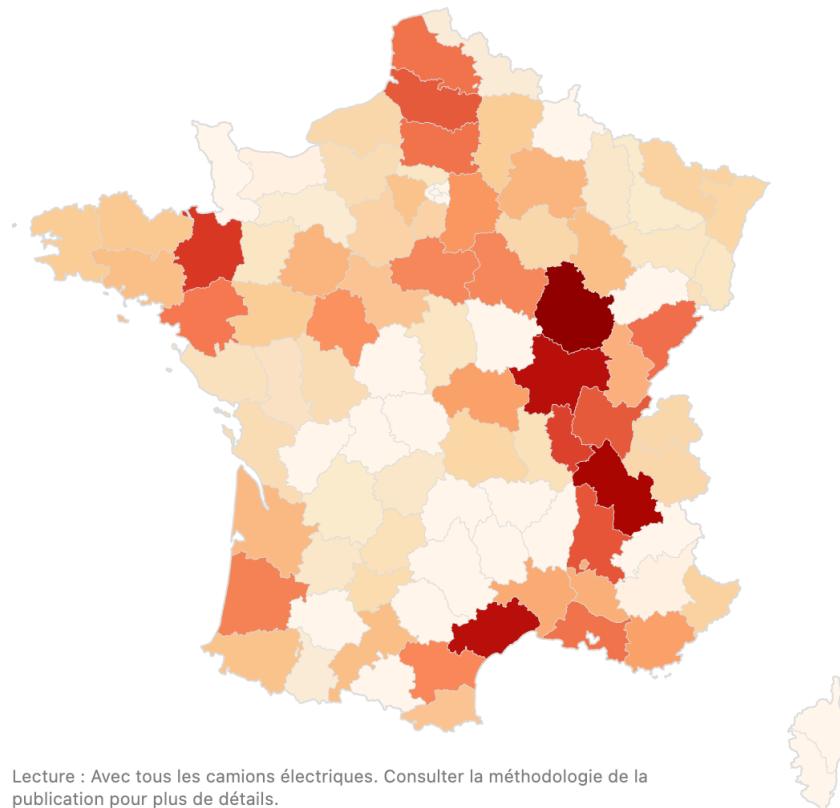
Lecture : En 2020, parmi les kilomètres parcourus en voiture pour les trajets du quotidien (moins de 80 km), 28% en zone urbaine dense pourraient se faire à vélo et 20% en transports en commun. En zone périurbaine, 24% pourraient se faire à vélo, 10% en transports en commun et 20% en covoiturage. En zone rurale, 19% pourraient se faire à vélo, 2% en transports en commun et 10% en covoiturage. On considère que tous les trajets restants sont effectués en voiture électrique. Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails.

Source : The Shift Project (2025).

## Consommation d'électricité pour électrifier le parc de voitures

Après avoir diminué le nombre de trajets effectués en voiture autant que possible sur chaque commune en fonction du [report modal potentiel associé aux déplacements routiers annuels quotidiens MOQ-TER-4X](#), on évalue la consommation électrique qui résulterait de l'électrification de 100 % du parc de voitures. On considère qu'une voiture électrique consomme de 15 kWh/100 km (hors chauffage/climatisation). Avec cette modification du parc de voitures électrifiées, on obtient une nouvelle estimation de la [consommation d'électricité des voitures électriques par département MOQ-ELE-1X](#) que l'on affiche sur cette carte.

## Évolution de la consommation d'électricité pour passer aux camions électriques par département (+40TWh)



Lecture : Avec tous les camions électriques. Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails.

Source : The Shift Project (2025).

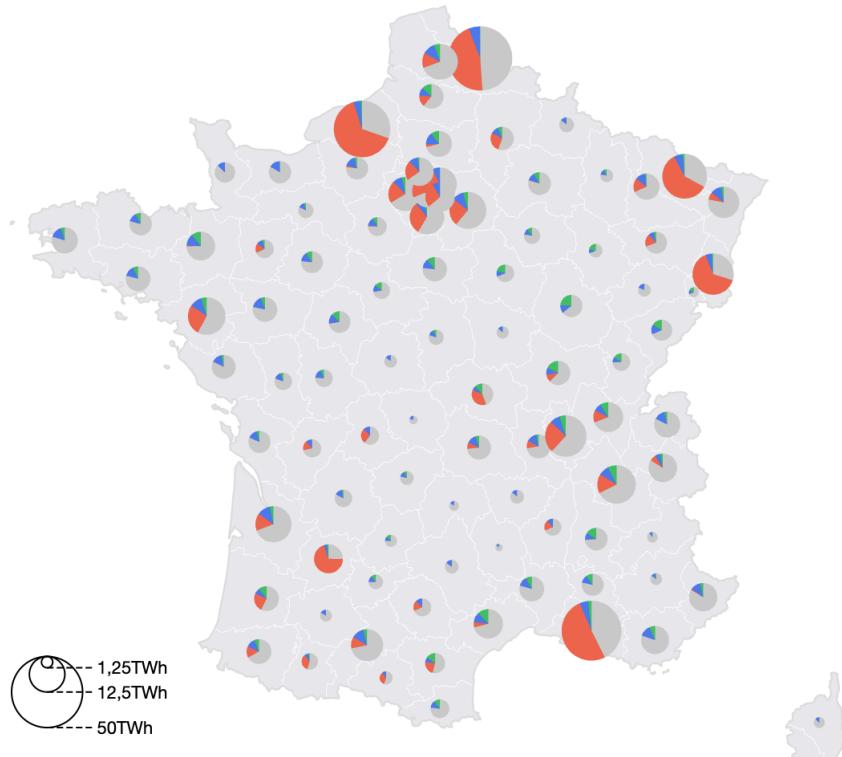
### Consommation d'électricité pour électrifier le parc de camions

**Objectif national :** Électrification de 100% des camions. Dans son scénario de référence, RTE fait l'hypothèse que 21% des camions électrifiés en 2050 entraînerait une augmentation de la consommation d'électricité de 8,3 TWh, on en déduit une augmentation de 40 TWh pour 100% des camions électrifiés.

**Clé de répartition :** En fonction du nombre de [kilomètres parcourus pour le fret routier par département](#) FRE-TER-1X.

## Consommation potentielle d'électricité par département en 2050 (avec augmentation par usage entre 2022 et 2050)

Consommation électrique en 2022   Industrie   Mobilité   Fret



Lecture : En gris, la consommation de 2022. En couleur, la hausse prévue d'ici 2050 selon les usages. L'industrie inclut l'électrification des procédés, l'hydrogène et les datacenters. La mobilité et le fret sont uniquement routiers. L'évolution des consommations des bâtiments n'est pas incluse, l'augmentation des consommations liée à l'électrification des chauffages étant supposée compensée par les efforts de rénovation thermique. Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails.

Source : The Shift Project (2025).

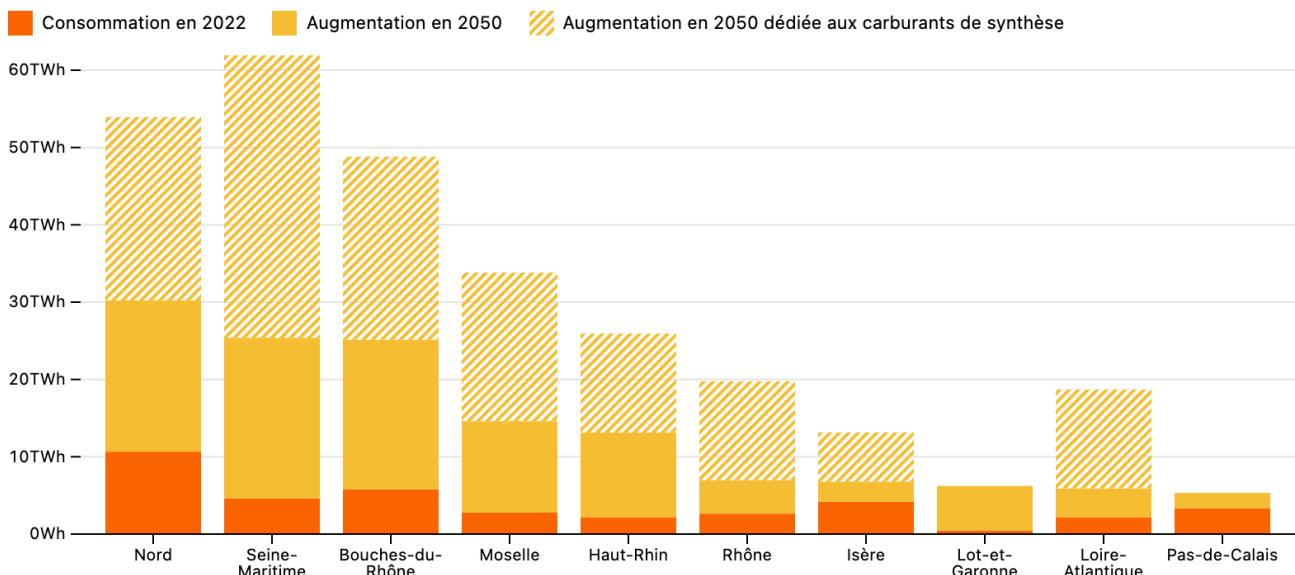
### Consommation potentielle d'électricité

Il s'agit d'une reprise des cartographies de consommation d'électricité précédentes :

- **Industrie** : électrification des procédés industriels, production d'hydrogène et datacenters ;
- **Mobilité** : électrification du parc de voitures ;
- **Fret** : électrification du parc de camions.

Se référer à ces cartes pour avoir le détail des hypothèses utilisées par secteur.

## Évolution de la consommation d'électricité industrielle des 10 départements les plus consommateurs



Lecture : En accord avec les hypothèses de RTE et de l'Arcep, la consommation électrique augmente d'ici 2050 pour électrifier l'industrie (+65TWh), produire de l'hydrogène (+50TWh), développer les datacenters (+27TWh) et capter le CO<sub>2</sub> de l'industrie (CCS) (+4,9TWh). On illustre également l'hypothèse de production de carburants de synthèse aérien (+90TWh) et maritime (+90TWh) à base d'hydrogène en accord avec les estimations du SGPE et d'Aéro Décarbo. Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails.

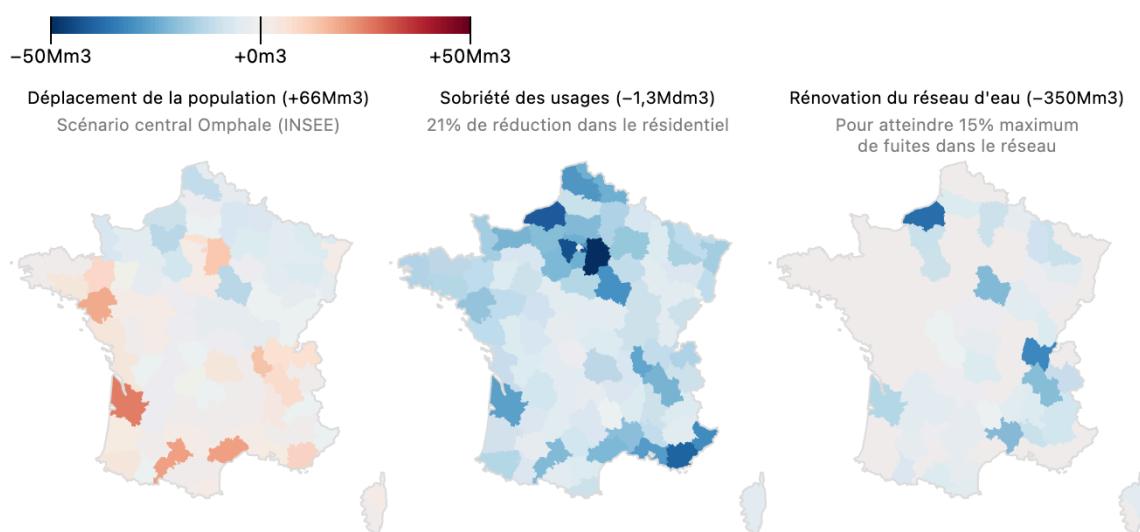
Source : The Shift Project (2025).

### Consommation d'électricité industrielle

Il s'agit d'une reprise des cartographies précédentes des hypothèses de consommation d'électricité pour électrifier les procédés industriels, la production d'hydrogène et les datacenters mais sous forme de barres. On ajoute à celà, en hachuré, une estimation de la consommation d'électricité supplémentaire pour produire de l'hydrogène nécessaires aux carburants de synthèse aériens et maritimes.

Le SGPE a publié une étude ([SGPE, 2024](#), p. 11) concernant les carburants de synthèse de l'aviation et indique +90 TWh d'électricité par an pour produire les carburants d'aviation pour répondre aux mandats d'incorporation européens. Aéro Décarbo a publié une étude ([Aéro Décarbo, 2025](#), p. 98) qui indique qu'il en faudrait probablement autant pour décarboner le maritime, soit un total de +180 TWh d'électricité. On attribue ces nouvelles demandes aux territoires auxquels on a précédemment attribué la charge de production d'hydrogène, proportionnellement à la leur production initiale.

## Évolution des prélèvements d'eau résidentiels par département par rapport à 2020



Lecture : Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails.  
Source : The Shift Project (2025).

### Évolution des prélèvements d'eau par déplacement de la population

On se base sur les **prélèvements d'eau potable par usage** **LOG-EAU-1** du résidentiel de chaque département, que l'on divise par la population du département pour obtenir un prélèvement d'eau potable par habitant. On se base ensuite sur l'**évolution de la population par département** **LOG-TER-6** pour recalculer les prélèvements du résidentiel de chaque département en fonction de sa population en 2050 et le prélèvement d'eau potable par habitant. Cette carte affiche le différentiel entre cette valeur et les prélèvements actuels.

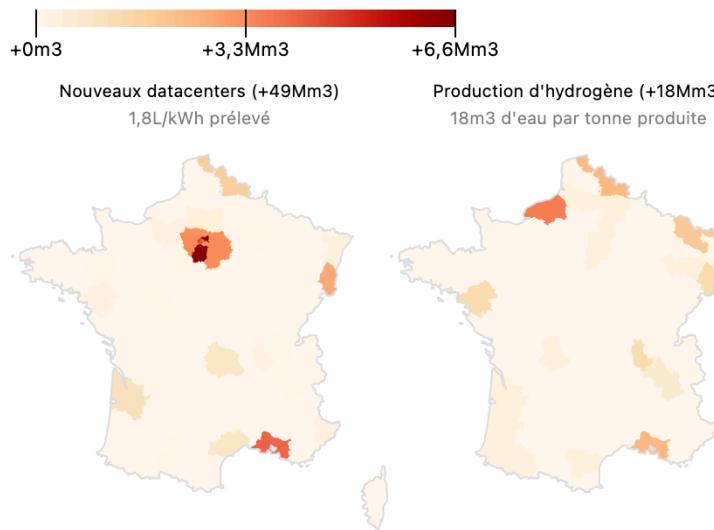
### Évolution des prélèvements d'eau par la sobriété des usages résidentielle

On se base sur les **prélèvements d'eau potable par usage** **LOG-EAU-1** du résidentiel de chaque département que l'on diminue de 21%.

### Évolution des prélèvements d'eau par la rénovation du réseau d'eau

On se base sur les **prélèvements d'eau potable par usage** **LOG-EAU-1** du résidentiel de chaque département que l'on corrige par le **rendement moyen du réseau de distribution d'eau** **LOG-TER-1** du département. Si l'on prélève 100m<sup>3</sup> d'eau dans un département avec 50% de rendement, on considérera que la « consommation » réelle est de 50m<sup>3</sup>. On suppose ensuite une limite à 15% de fuites dans le réseau maximum (donc un rendement de 85%), que l'on applique à cette consommation réelle. Si l'on a une consommation réelle de 50m<sup>3</sup>, on considérera un prélèvement de 59m<sup>3</sup> (soit 50 / 0,85). On peut ensuite soustraire ce nouveau prélèvement (après correction) au précédent (mesuré actuellement). Dans notre exemple, on obtient une économie de 100m<sup>3</sup> - 59m<sup>3</sup> = 41m<sup>3</sup>. C'est cette économie potentielle que l'on affiche sur la carte.

## Évolution des prélèvements d'eau industriels par département



Lecture : Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails.  
Source : The Shift Project (2025).

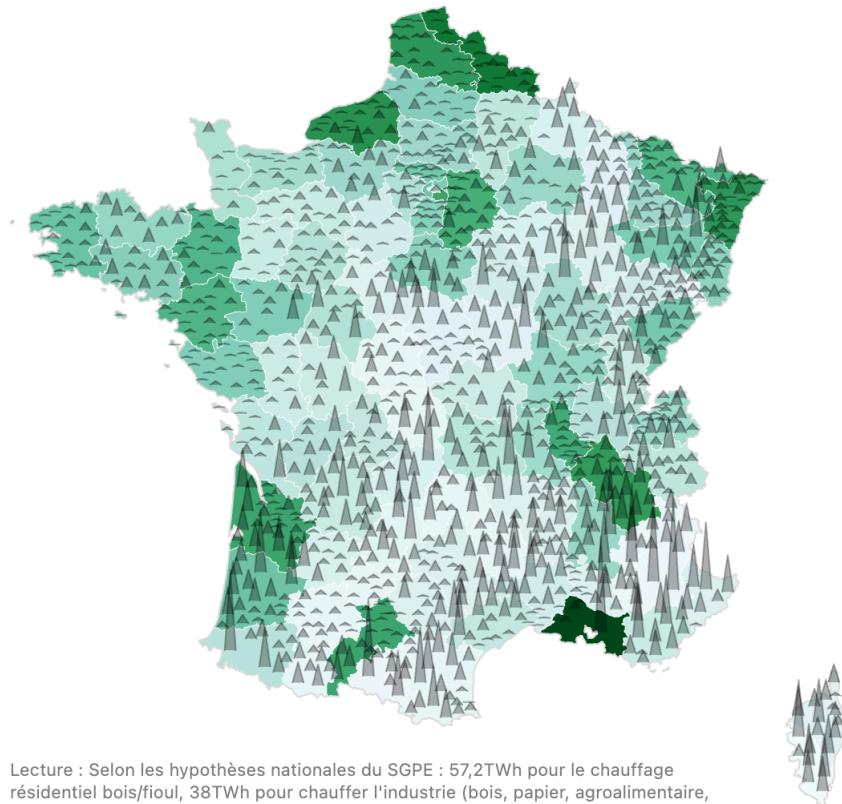
### Évolution des prélèvements d'eau par les datacenters

On reprend les résultats de la carte « Consommation d'électricité par les datacenters » et l'on considère qu'on prélève 1,8L/kWh d'électricité dédié aux datacenters ([TechTarget, 2025](#)).

### Évolution des prélèvements d'eau pour la production d'hydrogène

On reprend les résultats de la carte « Consommation d'électricité pour la production d'hydrogène » et l'on considère qu'on prélève 18 m<sup>3</sup> d'eau par tonne d'hydrogène produite ([France Stratégie, 2025](#), p. 71).

**Consommation de bois énergie en 2030 par rapport aux surfaces boisées par département (155TWh, soit +28% par rapport à 2021)**



Lecture : Selon les hypothèses nationales du SGPE : 57,2TWh pour le chauffage résidentiel bois/fioul, 38TWh pour chauffer l'industrie (bois, papier, agroalimentaire, matériaux), 33,9TWh pour les réseaux de chaleur et 20,5TWh pour la production d'électricité des centrales biomasse. Les pics à vocation illustrative représentent la surface boisée.

Source : The Shift Project (2025) d'après le bouclage biomasse du SGPE (2024).

### Consommation de bois énergie en 2030

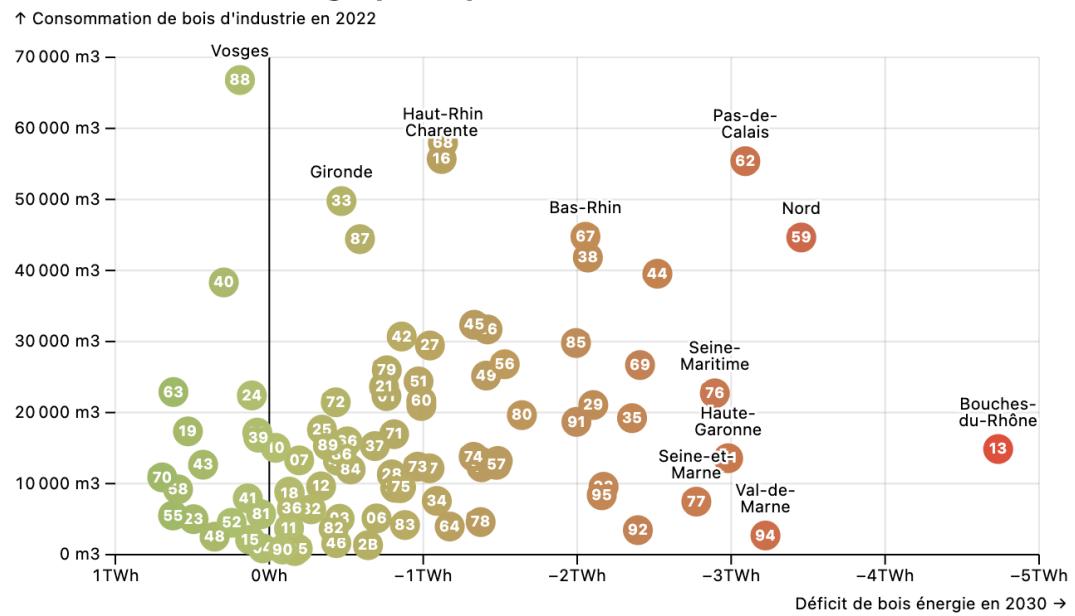
**Objectif national** : reprise partielle des hypothèses du SGPE ([Bouclage biomasse, SGPE, 2024](#), p. 20), dédiées à l'industrie (38 TWh), le chauffage résidentiel (57 TWh), les réseaux de chaleur (34 TWh) et la production d'électricité (20,5 TWh), et les usages marginaux comme le tertiaire (5 TWh).

#### Clé de répartition :

- **Industrie** : poids en fonction du nombre d'établissements ayant des activités pouvant accueillir un chauffage au bois énergie, à savoir les codes d'activités suivants selon la nomenclature NAF : 16 (industrie du bois) pour l'utilisation directe des résidus pour la chaleur, 17 (industrie du papier et carton) pour les procédés thermiques et la cogénération bois, 10 (industrie agroalimentaire) pour la cuisson et le séchage avec chaudières biomasse et 23 (fabrication de matériaux de construction) pour les cimenteries et briqueteries.
- **Chaudage résidentiel** : poids en fonction du nombre de logements chauffés au bois et au fioul (logements prioritaires pour le remplacement des chauffages de fioul vers le bois).
- **Réseaux de chaleur** : poids en fonction de la puissance totale des réseaux de chaleur actuels, tout combustible confondu.

- **Production d'électricité**: poids en fonction de la puissance totale des centrales électriques biomasse actuelles.

### Consommation de bois d'industrie en 2022 en fonction du déficit de bois énergie par département en 2030



Lecture : Consulter la méthodologie de la publication pour plus de détails.  
 Source : The Shift Project (2025).

### Consommation de bois d'industrie en fonction du déficit de bois énergie

Ce graphique place chaque département sur deux axes :

- **Consommation de bois d'industrie en 2022** : consommation de bois d'industrie **IND-BOI-1X** du département.
- **Déficit de bois énergie en 2030** : on soustrait les résultats de la carte « Consommation de bois énergie en 2030 » à la **production de bois énergie ENE-BOI-1X** actuelle du département. On obtient une estimation du déficit à venir.

*The Shift Project* est un think tank qui œuvre en faveur d'une économie libérée de la contrainte carbone. Nous sommes une association loi 1901 d'intérêt général, guidée par l'exigence de la rigueur scientifique. Notre mission consiste à éclairer et influencer le débat sur la transition énergétique.

[www.theshiftproject.org](http://www.theshiftproject.org)

**Contacts**

**Jason Saniez**

Coordinateur du projet

jason.saniez@theshiftproject.org

**Lila Wolgust**

Communication & Presse

lila.wolgust@theshiftproject.org

**Graphisme:**

Jérémie Garcia-Zubialde

