Principes méthodologiques de production des données et indicateurs climat, air et énergie

Édition – novembre 2023

Résumé (contexte et objectifs du document) :

Ce document présente les principes méthodologiques de production des données et indicateurs de l'ORCAE.

Sous le pilotage de :

Opéré par :

contact@orcae-auvergne-rhone-alpes.fr / http://orcae-auvergne-rhone-alpes.fr

REVISIONS DU DOCUMENT

Mises à jour			
Version	*Date*	*Rédacteurs*	*Commentaires*
V1	Janvier 2020	ORCAE	
V2	Juin 2020	ORCAE	Mise à jour des méthodologies production d'énergie et dates des données
V3	Janvier 2021	ORCAE	Mise à jour des méthodologies thématique air, thématique consommation d'énergie et émissions de GES
V4	Février 2022	ORCAE	Mise à jour des méthodologies thématique climat, air, consommation d'énergie et émissions de GES et de polluants
V5	Octobre 2022	ORCAE	Mise à jour des méthodologies d'estimation des potentiels EnR solaires et méthanisation
V6	Novembre 2022	ORCAE	Mise à jour des méthodologies thématique air, thématique énergie et émissions de GES
V7	Novembre 2023	ORCAE	Mise à jour des méthodologies thématique air, thématique énergie et émissions de GES

TABLE DES MATIERES

Table des matières 3
1 Présentation de l'ORCAE 6
1.1 Les fondements de l'ORCAE 6
1.2 Les missions de l'ORCAE 6
1.3 La gouvernance de l'ORCAE 7
2 Principes généraux 8
2.1 Choix des indicateurs 8
2.2 Les données : de la collecte à la mise en forme 8
2.3 Production et analyse des indicateurs 8
2.4 Validation de la production réalisée 9
2.5 Mise à jour des indicateurs 9
3 Principales évolutions par rapport à la version précédente 10
3.1 Consommations d'énergie, émissions de gaz à effet de serre et de polluants 10
3.2 Production d'énergie 11
4 Méthodologie de calcul – Thématique climat 12
4.1 Méthodologie de calcul des indicateurs climat 12
4.1.1 Indicateurs températures moyennes annuelles et saisonnières 12
4.1.2 Indicateurs cumul annuel et saisonnier des précipitations 14
4.1.3 Indicateurs nombre annuel de journées estivales, de forte chaleur et de canicules 15
4.1.4 Indicateur fortes pluies 16
4.2 Méthodologie de calcul des indicateurs d'impact du changement climatique 17
4.2.1 Indicateurs d'impact sur la ressource en eau 17
4.2.2 Indicateurs d'impact sur le tourisme de neige 20
4.2.3 Indicateurs d'impact sur le tourisme d'eau 24
4.2.4 Indicateurs d'impact sur l'agriculture et la sylviculture 29
4.2.5 Indicateur risque feux de forêt 37
4.2.6 Indicateur évolution des indicateurs d'exposition aux canicules et de la mortalité associée 38
4.2.7 Indicateur évolution des arrêtés de catastrophes naturelles – sécheresse 40
4.3 Méthodologie de calcul des données émissions de gaz à effet de serre 41
4.3.1 Principe général 41
4.3.2 Modélisation sectorielle des émissions communales 45

4.4 Méthodologie de calcul de l'absorption carbone 52
5 Méthodologie de calcul – Thématique air 55
5.1.1 Principe général 55
5.1.2 Modélisation sectorielle des émissions communales..... 58
6 Méthodologie de calcul – Thématique énergie 65
6.1 Méthodologie de calcul des données de consommation d'énergie 65
6.1.1 Généralités..... 65
6.1.2 Elaboration du bilan régional des consommations sectorielles d'énergie. 68
6.1.3 Modélisation communale par macro secteurs d'activités..... 74
6.1.4 Diffusion aux territoires des consommations finales d'énergie 82
6.2 Méthodologie de calcul des données de production d'énergie 84
6.2.1 Principes généraux 84
6.2.2 Production d'énergie au niveau régional 85
6.2.3 Production d'énergie locale 87
6.3 Méthodologie de calcul des potentiels ENR..... 92
6.3.1 Estimation du potentiel méthanisable 92
6.3.2 Estimation du potentiel bois (surfaces de forêts exploitables) 97
6.3.3 Estimation du potentiel solaire photovoltaïque..... 98
6.3.4 Estimation du potentiel solaire thermique.....102
6.3.5 Estimation du potentiel éolien (zones favorables au développement de l'éolien)104
7 Méthodologie - Réseaux d'énergie 108
7.1 Réseaux de transport et de distribution de gaz..... 108
7.2 Réseaux de chaleur et de froid 108
8 Méthodologie d'élaboration des diagrammes de flux d'énergie 109
8.1 Données de production d'énergie 109
8.1.1 Energie fissile 109
8.1.2 Energies fossiles 109
8.1.3 Energies renouvelables.....110
8.2 Les vecteurs énergétiques..... 110
8.2.1 Electricité.....110
8.2.2 Réseaux de chaleur 110
8.2.3 Secteur de transformation de l'énergie.....110
8.3 Données de consommation d'énergie..... 111
8.4 Confidentialité 111

9 Principe de secrétisation des données de consommation d'énergie et d'émissions de GES et de polluants atmosphériques 112
9.1 Principes généraux 112
9.2 Secret direct 112
9.3 Secret indirect 112
9.4 Périmètre et diffusion 113

1 PRESENTATION DE L'ORCAE

1.1 LES FONDEMENTS DE L'ORCAE

L'élaboration, le suivi et l'évaluation des démarches climat, air, énergie territoriales reposent sur des diagnostics chiffrés. Ces diagnostics, pour être opérationnels, doivent être alimentés de données issues de la mesure, ainsi que d'analyses locales ciblées et réactualisées régulièrement. En Auvergne-Rhône-Alpes, ce besoin d'une approche intégrée des données climat, air, énergie est à l'origine de la création de l'Observatoire régional climat, air et énergie (ORCAE) en 2018.

L'ORCAE est issu du regroupement de 3 observatoires existants en Auvergne-Rhône-Alpes :

- L'Observatoire de l'Air, porté par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes ;
- L'OREGES (Observatoire régional de l'énergie et des gaz à effet de serre), créé en 2002, animé par AURA-EE depuis sa création, rejoint par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes en 2009 ;
- L'ORECC (Observatoire régional des effets du changement climatique), créé en 2013, animé et porté par le Cerema et AURA-EE depuis sa création, rejoints par Météo France en 2017.

1.2 LES MISSIONS DE L'ORCAE

Son rôle est de mettre à disposition des territoires des données fiables et des analyses aux niveaux régional et territorial. Il se veut également lieu d'échanges entre acteurs territoriaux et experts, sur les thématiques climat, air et énergie.

Cela consiste, pour les opérateurs de l'ORCAE, à :

- **Collecter, traiter, analyser des données, puis concevoir et suivre des indicateurs** relatifs au climat, à l'énergie et aux gaz à effet de serre, ainsi qu'à la qualité de l'air, en complémentarité avec les outils d'observation existants ;
- **Diffuser de l'information régionale et territoriale, de la connaissance, des indicateurs, des méthodes et des outils** pour l'élaboration des diagnostics et des stratégies climat - air – énergie ;
- **Assurer la liaison**, l'échange et la cohérence de ces informations **entre le niveau régional et le niveau national**, et notamment faire le lien nationaux et régionaux.

L'ORCAE est conçu au bénéfice de tous : collectivités territoriales, acteurs de la sphère publique, associations, acteurs économiques, universitaires, grand public...

1.3 LA GOUVERNANCE DE L'ORCAE

L'Observatoire climat air énergie d'Auvergne-Rhône-Alpes est porté par 5 institutions : l'État (DREAL Auvergne-Rhône-Alpes), le Conseil Régional (Région Auvergne-Rhône-Alpes), deux Agences de l'Eau (Rhône-Méditerranée Corse et Loire Bretagne) et l'ADEME, représentée par sa direction régionale Auvergne-Rhône-Alpes.

Il est opéré par un GIS (Groupement d'Intérêt Scientifique) regroupant 4 structures : Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, Auvergne-Rhône-Alpes Énergie Environnement, le Cerema et Météo France.

Plusieurs instances orchestrent conjointement les travaux de l'Observatoire :

- Le **Comité de pilotage**, co-présidé par l'Etat et la Région, qui détermine les grandes orientations et valide les productions de l'ORCAE ;
- Le **Comité technique** en charge du suivi de la réalisation des programmes de travail ainsi que de la qualité des indicateurs, des analyses et des publications produits ;
- Le **GIS** qui assure le rôle d'opérateur technique ;
- Des **groupes de travail thématiques** regroupant des acteurs représentatifs des différentes thématiques suivies contribuant à sélectionner les données et indicateurs pertinents ;
- Des **journées d'échange** réunissant des **partenaires** et des **utilisateurs** de l'Observatoire, pour l'expression des besoins et attentes en matière de connaissance.

2 PRINCIPES GENERAUX

La méthodologie générale de production d'indicateurs se décompose en 5 étapes :

- Choix des indicateurs, conditionné notamment par la disponibilité des données nécessaires à leur construction ;
- Collecte des données nécessaires, validation et mise en forme des données ;
- Calcul des indicateurs, exploitation, analyse croisée et mise en forme des résultats ;
- Validation de la production réalisée ;
- Mise à jour des indicateurs.

2.1 CHOIX DES INDICATEURS

Le choix des indicateurs est validé par le comité de pilotage de l'ORCAE, sur la base de propositions émanant des opérateurs techniques en réponse aux demandes et aux besoins des territoires.

L'observatoire ORCAE produit :

- des indicateurs répondant aux exigences réglementaires : concentrations de polluants, exposition des populations, consommations et productions d'énergie, émissions de gaz à effet de serre, absorption annuelle de carbone sur le territoire, réseaux de chaleur ;
- des indicateurs répondant aux besoins des utilisateurs et à leurs attentes en matière de suivi des évolutions climatiques, des impacts du changement climatique détectés en région et des évolutions liées aux mesures de lutte contre le changement climatique. Ce deuxième point nécessite de développer une approche croisée des enjeux climat-air-énergie sur les territoires et de leurs activités.

2.2 LES DONNEES : DE LA COLLECTE A LA MISE EN FORME

En termes de fonctionnement technique, les données constituent le maillon central de l'Observatoire, sur lequel s'appuie la production des indicateurs.

Les données proviennent de différentes sources :

- Portails de données open-data ;
- Autres sources de données publiques (statistiques INSEE, etc.) ;
- Conventions de mise à disposition de données établies dans le cadre des observatoires ;
- Productions des opérateurs par leurs missions propres ;
- …

2.3 PRODUCTION ET ANALYSE DES INDICATEURS

A partir de ces données source, l'Observatoire propose à ses utilisateurs :

- des mesures ou des observations physiques : concentrations de polluants, indicateurs climatiques, fréquentation touristique, dates d'apparition des stades phénologiques…
- des données calculées ou modélisées : concentrations de polluants, exposition des populations, bilan hydrique, consommations et productions d'énergie, émissions de GES…

Les données réelles disponibles permettent d'améliorer progressivement les modèles et d'objectiver les observations en matière de consommation énergétique, émissions de polluants ou évolutions du climat. Selon les thématiques, ces données sont disponibles à l'échelle départementale (exemple : fréquentation touristique) ou au niveau communal (exemple : consommation d'électricité ou de gaz distribuée).

Lorsque des modèles sont utilisés, ces données réelles détaillées sont comparées aux résultats de la modélisation pour identifier des pistes d'amélioration des modèles.

Les données résultant de modélisation sont aussi fréquemment utilisées, lorsque les données disponibles publiquement, ou bien mises à disposition des partenaires de l'ORCAE, ne permettent pas d'analyse systématique au niveau territorial.

Pour obtenir des chiffres à des échelles plus fines, l'ORCAE réalise des modélisations à partir de données statistiques disponibles, qui sont ensuite affinées à partir des données réelles disponibles publiquement.

Afin de permettre des analyses croisées des données collectées et de répondre aux enjeux climat-air-énergie, l'Observatoire construit une **base de données mutualisée**, s'appuyant sur les ressources des fournisseurs de données partenaires et visant à permettre des traitements et des études statistiques multi-thématiques. Cette base de données permet notamment des productions agrégées climat-air-énergie, telles que les profils territoriaux.

Ces profils territoriaux sont produits à l'échelle des EPCI. Ils peuvent donc être consolidés pour d'autres types de territoire (TErritoire à Energie POSitive, territoire de SCOT, Parc Naturel Régional...). Les données correspondantes sont mises à disposition dans la rubrique « Données et indicateurs ».

L'Observatoire met aussi à disposition des données à des mailles allant de la commune à la région, pour permettre des analyses ciblées pour différents types de territoire.

2.4 VALIDATION DE LA PRODUCTION REALISEE

La validation des indicateurs produits est une étape cruciale du travail, car elle garantit la qualité du travail produit et sa fiabilité. Cette validation est assurée tout au long du processus de production des indicateurs par le GIS des opérateurs de l'ORCAE ou bien directement par un opérateur précis, selon les thématiques traitées.

2.5 MISE A JOUR DES INDICATEURS

Actuellement, la mise à jour des données est réalisée annuellement. Les profils territoriaux sont actualisés chaque année et la plaquette chiffres-clés est également publiée avec les dernières données disponibles à la date de traitement (année N-1), pour la majorité des données utilisées par l'observatoire. Lors de cette mise à jour, les données calculées pour les années précédentes sont recalculées. Ce travail permet l'analyse de l'évolution des différentes valeurs sur une même base méthodologique.

Pour les indicateurs de suivi, la fréquence d'actualisation peut varier selon les indicateurs.

3 PRINCIPALES EVOLUTIONS PAR RAPPORT A LA VERSION PRECEDENTE

3.1 CONSOMMATIONS D'ENERGIE, EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE ET DE POLLUANTS

- Facteurs émissions : v19.1 OMINEA - excepté chauffage individuel au bois résidentiel : V20.1.
- Ajout des émissions de PM10 et PM2.5 à climat normalisé.
- Prise en compte de la branche énergie dans les totaux.
- Prise en compte des GES fluorés dans le total des émissions de GES.

Résidentiel

- Ajout de l'usage de la climatisation (pris sur les autres usages spécifiques de l'électricité) depuis 2005 à partir de statistiques nationales SDES.
- Consolidation des consommations réelles de gaz : suppression du petit professionnel (présent dans les données historiques et artificiellement conservé dans les données post 2018) dont les consommations sont reversées sur tertiaire/petite industrie.
- Consolidation des parcs d'appareils de chauffage au bois et mise à jour des dossiers de suivi fonds Air-Bois
- Application de la nouvelle méthodologie nationale CITEPA de calcul des émissions du chauffage individuel au bois prenant en compte la part condensable des particules fines

Transport routier

- Exploitation de parcs roulants locaux de de véhicules particuliers (VP) / véhicules utilitaires légers (VUL) départementaux ainsi que pour les principales agglomérations. Ces parcs sont issus des données communales d'immatriculation du SDES.
- Exploitation de parcs roulants locaux de VP / VUL / PL issus d'enquêtes plaque pour les 3 territoires soumis à des restrictions ZFE (Grenoble, Lyon, St Etienne).
- Mise en œuvre de l'outil de calcul des émissions routières mutualisé PRISME développé par les AASQA :
    - Meilleure prise en compte de la saturation du trafic via une estimation horaire du taux de congestion utilisant le rapport trafic horaire / capacité de la voirie ;
    - Ajustement de la méthode de calcul des surconsommations et surémissions à froid basée sur la longueur moyenne des trajets et la température (méthode COPERT) ;
    - Prise en compte des émissions de CO_2 liée à la consommation d'urée (véhicules les plus récents utilisant des systèmes de dépollution SCR) ;
    - Mise à jour de la méthode de calcul des émissions liées à l'évaporation (COV) et à l'abrasion (particules fines) ;
    - Utilisation d'une version plus récente des facteurs d'émissions COPERT (v5.4.42).

Transport aérien

- Ajout de nouveaux aérodromes (Vienne-Reventin, Alpe-d'Huez, Bellegarde-Vouvray, Saint-Flour, Megève, Saint-Rambert, Tournon).

3.2 PRODUCTION D'ENERGIE

- Ventilation de la valorisation énergétique des déchets entre la production renouvelable et non renouvelable. La répartition se fait à hauteur de 50% entre EnR et non EnR pour la production d'électricité ou de chaleur conformément à la législation française.
- Fiabilisation de l'historique (avant 2017) des productions d'énergie des filières hydro-électrique, solaire photovoltaïque et biogaz.
- Estimation des productions manquantes par le productible moyen par commune plutôt qu'une ventilation de la différence avec la donnée régionale au prorata des puissances pour le solaire photovoltaïque.
- Ajustement de l'estimation de la production lorsqu'on dispose uniquement de l'autoconsommation pour la filière biogaz.
- Dans les diagrammes de flux d'énergie, la part de biomasse locale et régionale dans la production d'énergie issue de biomasse solide est estimée à 100%.

4 METHODOLOGIE DE CALCUL – THEMATIQUE CLIMAT

4.1 METHODOLOGIE DE CALCUL DES INDICATEURS CLIMAT

4.1.1 Indicateurs températures moyennes annuelles et saisonnières

4.1.1.1 Température moyenne annuelle

La description et l'analyse du changement climatique nécessite de définir un **climat de référence** correspondant au climat moyen sur une période d'au moins 30 ans, par rapport auquel on observe les écarts. Le choix a été fait de définir ce climat de référence sur la période **1981-2010,** période correspondant à la norme climatologique utilisée actuellement par Météo France dans le calcul de moyennes climatiques. Pour chaque station d'observation retenue, la **température de référence** est ainsi calculée comme la moyenne des températures moyennes annuelles de 1981 à 2010. Les températures observées sont ensuite comparées à cette température de référence, en déterminant l'**écart à la moyenne**, c'est-à-dire la différence entre une température moyenne annuelle et la température de référence définie précédemment. Cet écart est défini comme l'anomalie annuelle de température.

Les graphiques représentent, pour chacune des stations étudiées, l'évolution de l'anomalie annuelle de température. Elle est représentée par un diagramme en barres, qui permet d'identifier les années chaudes, représentées par des barres de couleur rouge lorsque l'écart à la moyenne est positif (c'est-à-dire lorsque la température moyenne annuelle est supérieure à la température de référence) et les années froides, représentées par des barres de couleur bleue lorsque l'écart à la moyenne est négatif.
Sur ces graphiques figure aussi la moyenne mobile, moyenne calculée annuellement de façon glissante sur une période de 10 ans. L'utilisation de la moyenne mobile permet de lisser la variation inter-annuelle et de visualiser graphiquement la tendance.

La variation sur la période d'observation de l'ensemble des températures moyennes annuelles est approchée par une droite de régression linéaire dont la pente et les valeurs aux limites de dates déterminent l'augmentation moyenne de température estimée pour la station sur la période concernée. Les valeurs de tendance obtenues ont un intervalle de confiance à ± 0,1 °C[1].

4.1.1.2 Température moyenne saisonnière

Les saisons considérées sont les saisons météo :

- printemps : mars, avril, mai
- été : juin, juillet, août
- automne : septembre, octobre, novembre
- hiver : décembre, janvier, février

La température moyenne saisonnière correspond à la moyenne des températures mensuelles sur une saison. La variation sur la période d'observation de l'ensemble des températures moyennes saisonnières est approchée par une droite de régression linéaire dont la pente et les valeurs aux limites de dates déterminent l'augmentation moyenne de température estimée pour la station sur la période et la saison concernée.
Les graphiques représentent, pour chacune des stations étudiées, l'évolution de l'anomalie saisonnière de température. Elle est représentée par un diagramme en barres, qui permet d'identifier les années chaudes, représentées par des barres de couleur rouge lorsque l'écart à la moyenne est positif (c'est-à-dire lorsque la température moyenne saisonnière est supérieure à la température saisonnière de référence) et les années froides, représentées par des barres de couleur bleue lorsque l'écart à la moyenne est négatif.

[1] *Niveau de confiance égal à 90%*

4.1.1.3 Source des données

Les indicateurs définis précédemment sont calculés à partir des séries homogénéisées de températures mensuelles de Météo France.

Ces dernières sont des données ayant fait l'objet d'une correction permettant de gommer toute forme de distorsion d'origine non climatique (déplacement de l'appareil de mesure, modification du protocole de mesure, etc.). Ceci permet de mettre en évidence les évolutions d'origine purement climatique.
La méthode d'homogénéisation est décrite dans une note de la direction de la climatologie de Météo France (annexe – séries homogénéisées – version 1.2 de 2008).

L'homogénéisation procède en plusieurs étapes :

1. **constitution d'un jeu de longues séries sur au moins 10 à 15 postes d'observation,** en choisissant des postes suffisamment corrélés (c'est-à-dire généralement proches et présentant des caractéristiques semblables) ;

2. **détection de ruptures**, via une méthode statistique, affinée ensuite par l'expert climatologue, en fonction de la connaissance des dates de modification des conditions de mesure archivées dans la Base des Données des Conditions de mesure de Météo France ;

3. **correction des séries** : Un modèle de correction initialisé à partir des ruptures détectées permet de supprimer la partie du signal dont l'origine est non climatique pour conserver la partie purement climatique du signal. Pour les paramètres cumulatifs (précipitations, insolation), un coefficient multiplicateur est appliqué à chaque période. Pour les paramètres additifs comme la température, une valeur fixe est ajoutée ou retranchée à chaque période. La série homogénéisée est validée sur des critères exigeants qui limitent le nombre de points de rupture ainsi que l'amplitude acceptable des corrections appliquées.

Plus d'information : Fiche indicateur Évolution des températures moyennes

4.1.2 Indicateurs cumul annuel et saisonnier des précipitations

4.1.2.1 Cumul annuel des précipitations

Le cumul annuel des précipitations est obtenu en faisant la somme des cumuls mensuels des précipitations sur 12 mois de chaque année civile.

4.1.2.2 Cumul saisonnier des précipitations

Les saisons considérées sont les saisons météo :

- printemps : mars, avril, mai
- été : juin, juillet, août
- automne : septembre, octobre, novembre
- hiver : décembre, janvier, février

Le cumul saisonnier des précipitations est obtenu en faisant la somme des cumuls mensuels des précipitations sur les 3 mois correspondant à chaque saison.

4.1.2.3 Source des données

Les indicateurs définis précédemment sont calculés à partir des séries homogénéisées de Météo France en cumul mensuel des précipitations.

Plus d'information : Fiche indicateur Évolution des cumuls de précipitations

4.1.3 Indicateurs nombre annuel de journées estivales, de forte chaleur et de canicules

Le nombre annuel de jours de fortes chaleurs est obtenu en comptabilisant, par année, les journées pour lesquelles, les températures journalières minimales et les températures journalières maximales, dépassent simultanément les seuils fixés pour chaque département. Les critères de déclenchement de cette alerte par Météo France varient selon les départements. Le document référencé en pied de page, de l'Institut national de veille sanitaire (INVS)[2], explique que les seuils ont été définis à partir de trente années de **données quotidiennes de mortalité** et de différents indicateurs météorologiques. En effet, les populations ne réagissent pas de la même manière aux fortes chaleurs selon l'endroit où elles vivent (pour le Rhône par exemple, les seuils sont respectivement à 34 et 20 degrés).

Le nombre annuel de jours de canicule est obtenu, en comptabilisant, par année, parmi ces jours de fortes chaleurs, le nombre de jours consécutifs, à compter du 3e jour.

Le nombre annuel de journées estivales est obtenu en comptabilisant, par année, le nombre de jours pour lesquels la température maximale journalière dépasse 25°C.

4.1.3.1 Source des données

Les indicateurs **nombre annuel de jours de forte chaleur, nombre annuel de jours de canicule et nombre de journées estivales** sont calculés à partir de données de températures journalières de Météo France issues de séries quotidiennes de référence en températures minimales et maximales, sauf pour les températures maximales d'Aubenas et de Monestier-de-Clermont (38).

Un critère d'exclusion a été appliqué, pour chaque station de mesure étudiée, sur les années qui présentent des données manquantes. Cela a conduit à exclure de l'analyse l'année 2010 pour la station de Monestier de Clermont. L'année 2007 présentait aussi pour cette station des données manquantes répondant aux critères adoptés, mais uniquement sur les mois d'avril et septembre. Par comparaison avec les données des autres stations observées et compte-tenu de l'altitude élevée de la station de Monestier-de-Clermont (800 m), il a été considéré que les données manquantes n'impactent pas les résultats et le jeu de données a été conservé.

Plus d'information : Fiche indicateur Évolution du nombre de journées estivales, jours de forte chaleur et canicules

[2] *INVS :* Système d'alerte canicule et santé : principes, fondements et évaluation

4.1.4 Indicateur fortes pluies

Le nombre annuel de jours de fortes pluies est calculé sur l'année civile. Les nombres saisonniers de jours de fortes pluies sont définis respectivement sur :

- mars-avril-mai pour le printemps ;
- juin-juillet-août pour l'été ;
- septembre-octobre-novembre pour l'automne ;
- décembre-janvier-février pour l'hiver de l'année correspondant aux mois de janvier et février.

Le nombre annuel de jours de fortes pluies est obtenu en comptabilisant, par année, le nombre de jours pour lesquels le cumul de précipitations est supérieur à 20 mm en 24 heures.

L'évolution de ces nombres de jours de fortes pluies est observée en termes d'écart à la valeur moyenne sur une période de référence. Cette période de référence correspond à la période 1981-2010. Cette période est la norme climatologique utilisée actuellement par Météo France dans le calcul de moyennes climatiques pour une période de référence.

Pour chaque station observée, le nombre annuel ou saisonnier de jours de fortes pluies de référence est calculé comme étant la moyenne des nombres annuels ou saisonniers de jours de pluies ayant un cumul supérieur à 20 mm en 24 heures entre 1981 et 2010. L'évolution de l'écart du nombre annuel de jours de fortes pluies par rapport à la moyenne de référence, est la différence entre le nombre de jours de forte pluie pour une année donnée et le nombre annuel de jours de forte pluie de référence.

4.1.4.1 Source des données

L'indicateur **nombre annuel de jours de fortes pluies** est calculé à partir de données de précipitations journalières fournies par Météo France et qui sont issues de séries quotidiennes de référence en précipitations.

Plus d'information : Fiche indicateur Évolution du nombre de jours de fortes pluies

4.2 METHODOLOGIE DE CALCUL DES INDICATEURS D'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

4.2.1 Indicateurs d'impact sur la ressource en eau

4.2.1.1 Indicateurs sévérité et saisonnalité des étiages

La détection de tendances liées au climat dans les séries hydrologiques est difficile. Les phénomènes hydrologiques présentent naturellement une forte variabilité pouvant masquer la présence de tendances éventuelles.

Pour le suivi de cet indicateur, les stations d'observation ont été choisies, dans la mesure du possible dans chaque département, et faisant partie pour la grande majorité d'entre elles du réseau de référence de suivi des étiages de l'ONEMA. Ce dernier correspond à un ensemble de stations validées par des experts, et répondant à trois critères : un recul temporel d'au moins 40 ans, le fait que le cours soit peu ou pas du tout influencé par les activités humaines (agricoles, industrielles, barrages, etc) et une qualité des données indiquée comme bonne.

L'étiage correspond à une période où l'écoulement d'un cours d'eau est particulièrement faible. En période d'étiage, le niveau de débit moyen journalier est ainsi inférieur au débit moyen journalier que l'on observe habituellement, y compris en période de basses eaux.

4.2.1.1.1 Calculs des indicateurs

Les étiages sont déterminés selon deux familles d'indices : les indices de sévérité (déficit de volume, durée, minimum annuel) **et de saisonnalité** (début, centre et fin de l'étiage).

Ces indices nécessitent de déterminer un seuil méthodologique de bas débit. Le seuil adopté est celui utilisé par l'IRSTEA dans le cadre de ses méthodes de détection des événements hydrologiques extrêmes en lien avec le changement climatique. Il est calculé comme la valeur de débit en dessous de laquelle on trouve 15 % des plus faibles valeurs de débits journaliers annuels observées.

Déficit de volume	Calculé à partir des déficits de volume journaliers par rapport au seuil d'étiage calculé sur la période d'étiage considérée.
Minimum annuel des débits journaliers	Correspondant à la valeur minimale des débits journaliers enregistrés sur la période d'étiage considérée.
Nombre de jours d'étiage	Correspondant au nombre de jours sur la période d'étiage, où le débit journalier est inférieur au seuil de débit d'étiage.
Date de début d'étiage	Date correspondant à l'atteinte de la valeur de 10 % du déficit de volume annuel sur la période d'étiage.
Date de fin d'étiage	Date correspondant à l'atteinte de la valeur de 90 % du déficit de volume annuel sur la période d'étiage.
Centre des étiages	Date correspondant à l'atteinte de la valeur de 50 % du déficit de volume annuel sur la période d'étiage.

4.2.1.1.2 Source des données

Les données de la banque HYDRO proviennent des services de l'Etat, Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), Direction Départementale des Territoires (DDT), services de prévision des crues, directions départementales de l'agriculture et de la forêt, agences de

l'eau, mais aussi d'Electricité de France ou d'organismes de recherche (IRSTEA, universités...), ainsi que des compagnies d'aménagement (la Compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne, la Compagnie nationale du Rhône, la Société du canal de Provence, la Compagnie d'aménagement du Bas-Rhône-Languedoc...).

Plus d'information : Fiche indicateur Sévérité et saisonnalité des étiages

4.2.1.2 Indicateurs gestion de l'eau

Le suivi de la ressource en eau permet de détecter les risques de sécheresse par le constat de la baisse excessive des niveaux des nappes ou des débits des rivières. Un dispositif de surveillance existe. Des bulletins bimensuels « bulletin sécheresse régional » (BSR) comparent les valeurs constatées à des seuils reflétant le niveau de gravité de la situation. Des arrêtés-cadres sécheresse facilitent la gestion de crise pendant les périodes d'insuffisance de la ressource en eau. Ils définissent par avance les mesures à mettre en œuvre en cas de sécheresse. Cet indicateur ressource en eau a pour objectif de présenter l'évolution sur une longue période des principaux indicateurs réglementaires utilisés par les dispositifs de surveillance des eaux de surface.

4.2.1.2.1 Calculs des indicateurs

Le débit de référence : le module

Le débit de référence moyen ou module, exprimé en m³/s, est le débit moyen inter-annuel calculé sur l'ensemble de la période d'observation de la station. Il donne une indication sur la disponibilité globale de la ressource en eau. Le module représente l'équivalent en m³/s de la quantité d'eau circulant pendant une année moyenne sur un tronçon de rivière. Il permet ainsi de documenter le bilan hydrologique global d'un bassin versant et également de définir des débits planchers nécessaires au calibrage des débits « réservés » pour la gestion des retenues et le maintien du fonctionnement minimal des écosystèmes ainsi qu'à tous les usages de l'eau à l'aval de la retenue.

Les données sur la sécheresse : Le VCN3 et le QMNA

Le **VCN3** est le débit minimal (« moyen ») calculé sur 3 jours consécutifs. Il correspond au débit minimal (ou débit d'étiage) enregistré pendant 3 jours consécutifs sur l'année considérée. Le VCN3 permet de « caractériser une situation d'étiage sévère sur une courte période » c'est-à-dire le débit exceptionnellement faible d'un cours d'eau lors d'une période de basses eaux. Cet indicateur sert de référence pour la définition des seuils des arrêtés cadre sécheresse.

Le **QMNA** : débit mensuel minimal de chaque année civile calculé ici pour la période de 50 ans de 1966 à 2016. Le QMNA est une indication du débit mensuel d'étiage atteint par un cours d'eau pour une année donnée. Le QMNA5 est une valeur statistique particulière du QMNA. Exprimé en m³/s, c'est le débit mensuel minimal ayant la probabilité 1/5 de ne pas être dépassée une année donnée. C'est donc la valeur du QMNA telle qu'elle ne se produit, en moyenne, qu'une année sur cinq ou vingt années par siècle. Il est communément appelé « débit d'étiage quinquennal ».

4.2.1.2.2 Source des données

Pour le suivi de cet indicateur, les stations d'observation ont été choisies, dans la mesure du possible dans chaque département, et faisant partie pour la grande majorité d'entre elles du **réseau de référence de suivi des étiages de l'ONEMA**. Ce dernier correspond à un ensemble de stations validées par des experts, et répondant à trois critères : un recul temporel d'au moins 30 ans, le fait que le cours soit peu ou pas du tout influencé par les activités humaines (agricoles, industrielles, barrages, etc) et une qualité des données indiquée comme bonne. Les données de la banque HYDRO proviennent des services de l'Etat, DREAL, DDT, services de prévision des crues, directions départementales de l'agriculture et de la forêt, agences de l'eau, mais aussi d'EDF ou d'organismes de recherche (IRSTEA, universités, ...), ainsi que des compagnies d'aménagement (la Compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne, la Compagnie nationale du Rhône, la Société du canal de Provence, la Compagnie d'aménagement du Bas-Rhône-Languedoc...).

Plus d'information : Fiche indicateur Gestion de l'eau

4.2.2 Indicateurs d'impact sur le tourisme de neige

Même si l'attractivité et la fréquentation d'une destination touristique ne dépendent pas uniquement de paramètres climatiques, le tourisme en Auvergne-Rhône-Alpes risque d'être impacté par le changement climatique, avec des effets sur la fréquentation des domaines skiables.

L'étude des impacts du changement climatique sur l'activité ski consiste à analyser les liens possibles entre les paramètres climatiques et l'offre ski des domaines skiables alpins et nordiques. Dans cette optique, plusieurs indicateurs ont été mis en place :

- **Indicateurs climatiques**
- **Température moyenne** : moyenne des températures moyennes journalières sur la saison hivernale (20 décembre – 20 mars).
- **Hauteur de neige moyenne** : moyenne des hauteurs de neige journalières sur la saison hivernale.
- **Pourcentage de jours où la hauteur de neige est supérieure ou égale à 30 cm et pourcentage de jours où la température minimale est inférieure à -2°C**. Les périodes étudiées, en plus de la saison hivernale, sont les 3 « sous-saisons » suivantes : 20 décembre - 10 janvier, 11 janvier - 10 février et 11 février - 20mars.
- **Indicateurs de fréquentation des domaines skiables**
- **Fréquentation des domaines skiables alpins par type de station** : nombre de journées-skieurs sur un panel de stations d'Auvergne-Rhône-Alpes.
- **Fréquentation des domaines skiables nordiques** : nombre de journées-skieurs sur un panel de stations auvergnates.
- **Offre ski depuis 1960 par type de station** : cumul des débits par tranche altitudinale et des moments de puissance[3] en fonction de l'altitude des points de départ des remontées mécaniques.

La typologie des stations de ski alpin est celle retenue par Domaines Skiables de France (DSF) : petites stations (MP<2 500 km.sk/h), stations moyennes (2500 km.sk/h < MP < 6 000 km.sk/h), grandes stations (6 000 km.sk/h < MP < 15 000 km.sk/h) et stations de très grande taille (MP > à 15 000 km.sk/h).

[3] *Le moment de puissance d'une remontée mécanique est le produit de la dénivelée par le débit (unité : km.skieurs/heure)*

4.2.2.1 Indicateurs climatiques

La précision des mesures est de ±0,1°C pour les températures et ±2 cm pour la hauteur de neige. Les mesures sont journalières, et n'ont pas fait l'objet d'un traitement d'homogénéisation de la part de Météo France[4].

Le choix a été fait d'utiliser des histogrammes pour représenter les indicateurs. Sur les graphiques figurent les moyennes mobiles, calculées annuellement de façon glissante sur 10 ans. Leur utilisation permet de lisser la variation interannuelle et de visualiser graphiquement l'évolution du paramètre étudié.

Un critère d'exclusion a été appliqué pour chaque station de mesure étudiée et chaque paramètre climatique, sur les années qui présentent des données manquantes. Le critère retenu consiste à exclure les années où, sur la période étudiée, il manque plus de 20% de données. Les années ainsi exclues sont barrées sur les graphiques.

L'analyse d'impact du changement climatique consiste à comparer deux périodes climatiques, une période (ou normale) climatique étant de 30 ans, selon la définition de l'Organisation météorologique mondiale.

4.2.2.1.1 Source des données

Les indicateurs précédemment décrits sont calculés à partir de données de températures et d'enneigement journalières fournies par Météo France.

Plus d'information : Fiche indicateurs Evolution des conditions d'enneigement des domaines skiables

[4] Note méthodologique - Séries homogénéisées - Météo France

4.2.2.2 Indicateurs de fréquentation des domaines skiables

4.2.2.2.1 Journées-skieurs des domaines skiables alpins et enneigement

La fréquentation des domaines skiables alpins s'exprime en journées-skieurs. Elle est transmise à DSF par les exploitants de domaines skiables. Le panel qui a permis de calculer les journées-skieurs dans cette étude est constitué de 68 stations d'Auvergne-Rhône-Alpes qui ont renseigné leur fréquentation, plus d'une saison sur deux en moyenne.

À partir de ce panel, les données manquantes ont été reconstituées en utilisant une méthodologie basée sur le moment de puissance : pour une famille de stations donnée (petite, moyenne, grande, très grande) et pour chaque année, le total de journées-skieurs obtenu est extrapolé en fonction du ratio que représente cet échantillon du moment de puissance total de cette famille, cette année-là.

Pour des raisons de représentativité statistique, ont été exclues de l'analyse les années où le nombre de répondants était inférieur à 70% du panel : c'est le cas des années antérieures à 1995 et postérieures à 2012.

Les graphiques retenus pour montrer l'évolution dans le temps des journées-skieurs sont de deux types :

- Le premier, en base 100, présente l'évolution des journées-skieurs entre la saison 1995-96 (qui est utilisée comme référence) et la saison 2011-12, par type de station. L'usage du graphe en base 100 permet de comparer chaque année à une période de référence et de distinguer facilement les évolutions de plusieurs grandeurs entre deux périodes données, en les mettant au même niveau.
- Le second présente de manière plus classique les valeurs réelles des journées skieurs.

L'objectif de l'analyse des journées-skieurs est d'identifier les « accidents » de fréquentation (diminution importante de la fréquentation d'une année sur l'autre), pour ensuite les comparer à l'enneigement.

4.2.2.2.2 Journées-skieurs des domaines de ski nordique auvergnats et enneigement

Les journées-skieurs des domaines nordiques du Sancy, du Cantal, du Velay, des Crètes du Forez, du Col du Béal, de Montorcel et de Saint-Urcize sont utilisées par l'observatoire pour étudier la fréquentation des domaines de ski nordique auvergnats.

L'objectif de cette analyse est d'identifier les « accidents » de fréquentation (diminution importante de la fréquentation d'une année sur l'autre), pour ensuite les comparer à l'enneigement (pourcentage de jours où la hauteur de neige est supérieure ou égale à 30 cm) à la station du Lioran (1 450m d'altitude).

4.2.2.2.3 Source des données

- Atout France pour le traitement des journées skieurs.
- Auvergne-Rhône-Alpes Tourisme pour les journées-skieurs des domaines nordiques auvergnats.

4.2.2.3 Indicateur d'évolution de l'offre de ski

L'offre ski est exprimée par une donnée sommant le produit de la dénivelée d'une remontée mécanique avec son débit, pour l'ensemble des remontées d'un domaine. On lui donne le nom de « moment de puissance ». Il s'exprime en km.skieurs/heure.

Pour le calcul de l'indicateur relatif à l'offre ski, n'ont été retenus que les appareils fournissant du ski propre. Ont donc été retirés de l'analyse les appareils dont on ne peut rejoindre le point de départ à ski. Ces appareils sont qualifiés d'ascenseur ; ils jouent le même rôle qu'une route donnant accès à une entrée de domaine skiable.

La répartition du moment de puissance en fonction de l'altitude dans les stations d'Auvergne-Rhône-Alpes a été calculée à partir de 109 gestionnaires de domaines skiables. Les sites ont été regroupés par gestionnaire, afin de pouvoir relier les informations relatives à l'offre à celles relatives à la fréquentation transmise par les exploitants. Le calcul de l'altitude de chaque famille de stations est ensuite réalisé. L'altitude d'un domaine skiable est définie comme l'altitude au-delà de laquelle se concentre 80 % de l'offre ski (premier quintile). Le calcul est fait sur la base du moment de puissance de chaque appareil, à l'altitude de son point de départ.

4.2.2.3.1 Source des données

Les moments de puissance, qui ont permis le calcul de cet indicateur, sont issus de la base de données CAIRN (Catalogue informatisé des remontées mécaniques nationales) du Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (STRMTG).

Plus d'information : Etude thématique tourisme de neige

4.2.3 Indicateurs d'impact sur le tourisme d'eau

L'une des conséquences du réchauffement climatique sera, en Auvergne-Rhône-Alpes, de rendre l'eau plus rare, que ce soit dans les cours d'eau, le sol ou les nappes. La pression sur la ressource en eau pourrait entraîner des conflits d'usage de plus en plus marqués, c'est-à-dire, pour les territoires de la région, mettant en concurrence notamment l'agriculture, la production énergétique et le tourisme. De plus, le réchauffement climatique pourrait impacter la qualité des eaux, en favorisant le développement de bactéries et la colonisation par des algues et des espèces invasives et/ou pathogènes. En parallèle, la capacité d'autoépuration des milieux pourrait baisser, ainsi que la capacité de dilution des cours d'eau[5].

Or, le tourisme « consomme » de l'eau pour de multiples utilisations : pour ses usages quotidiens, mais aussi pour la pratique de loisirs tels que la baignade (lacs, rivières, piscines) ou les sports d'eau (canoë-kayak, rafting...). Le tourisme d'eau pourrait ainsi souffrir de la sécheresse induite par le changement climatique, par le manque d'eau que celui-ci entraînera en été d'une part et l'impact qu'il pourrait avoir sur la qualité des eaux de baignade d'autre part.

Plusieurs indicateurs sont étudiés pour analyser les impacts du changement climatique sur la ressource en eau. Les calculs sont effectués du 1er juillet au 31 août. Cette période est qualifiée de « saison estivale ».

Paramètres climatiques : moyennes des températures moyennes mensuelles estivales ; cumuls des précipitations mensuelles sur la saison estivale.

Débits des cours d'eau : moyennes des débits journaliers sur la saison estivale.

Pourcentage de jours de dépassement du seuil d'alerte relative à la disponibilité de la ressource en eau sur la saison estivale : % de jours par an sur juillet-août où le débit de certains cours d'eau est inférieur au seuil d'alerte renforcée et/ou aux valeurs guide d'alerte de niveau 1.

Indice de qualité des eaux de baignade : part des eaux de baignade, sur la saison estivale, conformes et non conformes à la réglementation (mesures bactériologiques et physico-chimiques).

Fréquentation touristique départementale : nombre total de nuits passées par les clients dans un établissement d'hébergement en juillet-août.

Volume d'eau annuel prélevé : somme des volumes annuels prélevés en eau potable dans les zones de tourisme estival.

[5] *Source :* Plan de bassin de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerrannée-Corse

4.2.3.1 Indicateurs débits des cours d'eau et dépassement des seuils d'alerte sécheresse

La sélection des stations est faite selon les critères suivants : la station se situe dans une zone touristique, dispose d'un historique d'au moins 10 ans et fournit des données journalières de débit de bonne qualité. Les stations retenues sont référencées dans les arrêtés préfectoraux fixant les mesures de préservation de la ressource en eau en période d'étiage des cours d'eau, afin de pouvoir faire le lien entre débits des eaux et impact sur la population (restriction possible d'eau potable).

Pour chaque station de mesure étudiée, sont calculés les indicateurs suivants :

- Moyenne des débits moyens journaliers sur la saison estivale (1er juillet-31 août),
- Pourcentage de jours de dépassement du seuil d'alerte/de vigilance en Ardèche et d'alerte de niveau 1 dans la Drôme sur la saison estivale (1er juillet-31 août) : il s'agit du pourcentage de jours sur la période considérée où le débit moyen est inférieur au seuil d'alerte sécheresse.

Les années marquées comme douteuses (validité année station = 5), ou comprenant plus de 20% de données manquantes sur la période étudiée, ont été exclues des calculs.

Le choix a été fait d'utiliser des courbes pour représenter l'évolution des débits moyens des cours d'eau. Sur les graphiques figurent les moyennes mobiles, calculées annuellement de façon glissante sur 10 ans. Leur utilisation permet de lisser la variation interannuelle et visualiser graphiquement l'évolution du paramètre étudié.

Le pourcentage de jours de dépassement du seuil d'alerte sur la période du 1er juillet au 31 août est représenté sous forme d'histogramme pour chacune des stations de mesure étudiées. Les seuils d'alerte sont relatifs à chaque station de mesure HYDRO et sont fixés par arrêté préfectoral, ou bien sont fournis par le SAGE[6] pour les seuils de vigilance. Cet indicateur donne une indication théorique de dépassement du seuil d'alerte, mais ne garantit pas qu'une action (ou mesure de restriction) en ait réellement découlé.

4.2.3.1.1 Source des données

Les débits journaliers utilisés pour calculer cet indicateur sont issus de la banque HYDRO, et proviennent des services de l'Etat, Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), Direction Départementale des Territoires (DDT), services de prévision des crues, directions départementales de l'agriculture et de la forêt, agences de l'eau, mais aussi d'Electricité de France ou d'organismes de recherche (IRSTEA, universités...), ainsi que des compagnies d'aménagement (la Compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne, la Compagnie nationale du Rhône, la Société du canal de Provence, la Compagnie d'aménagement du Bas-Rhône-Languedoc...).

[6] *Schéma d'aménagement et de gestion des eaux*

4.2.3.2 Indicateur de qualité des eaux de baignade

Les eaux de baignade[7] sont analysées chaque année par les services de l'ARS (Agence régionale de santé) tout au long de la saison estivale (juillet-août).

Les points de surveillance des eaux de baignade sont choisis en fonction de l'importance de la fréquentation, de la nature des lieux et des risques particuliers de pollution pouvant exister (rejets d'eaux usées...). En fonction des résultats des mesures physico-chimiques et bactériologiques réalisées, une note qualitative globale est attribuée à chaque cours d'eau par saison, selon la réglementation en vigueur.

Cette réglementation a évolué au fil des ans : les paramètres de la directive n° 76/160/CEE ont été appliqués jusqu'en 2009, puis de nouvelles dispositions législatives et réglementaires[8], transposant la directive européenne 2006/7/CE, ont été suivies entre 2010 et 2012. Enfin, à partir de la saison balnéaire 2013, le mode de calcul du classement a été modifié en application de la directive européenne 2006/7/CE (notamment, le classement intègre désormais les 4 précédentes saisons d'analyses).

Les points de surveillance permettant le calcul de l'indicateur relatif à la qualité des eaux de baignade remplissent les critères suivants : localisation dans une zone touristique, historique d'au moins 10 ans et données de bonne qualité (exclusion des points de surveillance disposant de données manquantes à plus de 80%).

L'indicateur relatif à la qualité des eaux de baignade présente, pour chaque année, sous forme d'histogramme empilé, le pourcentage des eaux de baignade conformes et non conformes à la réglementation en vigueur chaque année, sur la sélection de points de mesure de chaque département.

Cet indicateur permet d'avoir un aperçu de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de baignade, ainsi que des accidents qualitatifs ponctuels, qui peuvent alors être analysés au regard des autres paramètres étudiés.

4.2.3.2.1 Source des données

L'ARS (Agence régionale de santé) fournit chaque année, sur son site internet, les notes qualitatives des eaux de baignade, qui ont permis le calcul de l'indicateur présenté ci-dessus.

---

[7] *Est définie comme eau de baignade (article L.1332-2 du code de la santé publique) toute partie des eaux de surface dans laquelle on s'attend à ce qu'un grand nombre de personnes se baignent et pour laquelle la baignade n'est pas interdite de façon permanente. Ne sont pas considérés comme eau de baignade, les bassins de natation et de cure ainsi que les eaux captives soumises à un traitement, utilisées à des fins thérapeutiques ou séparées des eaux de surface et des eaux souterraines.*

[8] *Décret n° 2008-990 du 18 septembre 2008 relatif à la gestion de la qualité des eaux de baignade et des piscines ; Arrêté du 23 septembre 2008 relatif aux règles de traitement des échantillons et aux méthodes de références pour les analyses d'eau dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux de baignade ; Arrêté du 22 septembre 2008 relatif à la fréquence d'échantillonnage et aux modalités d'évaluation et de classement des eaux de baignade*

4.2.3.3 Indicateur de fréquentation touristique

Concernant les données de fréquentation touristique, le niveau le plus fin validé par l'Observatoire régional du tourisme d'Auvergne-Rhône-Alpes est départemental. Il s'agit du nombre total de nuits passées par les clients dans un établissement d'hébergement en juillet-août, sur chaque département étudié.

4.2.3.3.1 Source des données

Les observatoires départementaux du tourisme fournissent les chiffres de fréquentation permettant de calculer l'indicateur décrit ci-dessus.

4.2.3.4 Indicateur volume d'eau annuel prélevé

Les données de prélèvement d'eau sont issues de l'Agence de l'Eau (redevances prélèvements). Les paramètres de classement ont changé en 2008 (notamment le référentiel des usages : distribution, irrigation, refroidissement etc..). Il n'est donc pas possible de réaliser un suivi précis des différents usages. Le suivi des prélèvements d'eau potable est possible cependant, c'est donc ce paramètre qui a été retenu comme indicateur dans cette étude.

Le choix a été fait de construire un indicateur qui présente, sous forme de courbe, l'évolution dans le temps de la somme des volumes captés sur les points de prélèvement communaux sélectionnés. Les données sont filtrées selon les critères « alimentation en eau potable/distribution publique », tous modes de comptage confondus.

Une analyse à un niveau plus fin, par exemple communal, sur la base de ces données, serait biaisée : en effet, une commune peut prélever, en cas de besoin, à l'extérieur de son périmètre (dans une commune voisine par exemple), et donc dans ce cas, sa consommation affecte les prélèvements de la commune voisine.

4.2.3.4.1 Source des données

Les Agences de l'Eau (Catalogue des données techniques issues des procédures de redevances) fournissent, sur leur site internet, les données de prélèvement d'eau des communes de France, utilisées pour le calcul de cet indicateur.

Plus d'information : Fiche indicateur Impact du changement climatique sur le tourisme d'eau en Drôme-Ardèche

4.2.4 Indicateurs d'impact sur l'agriculture et la sylviculture

4.2.4.1 Indicateur Bilan Hydrique Climatique

Le bilan hydrique est utilisé :

- sur le plan hydrologique pour apprécier la restitution d'eau au milieu, représentée par l'eau ruisselée et l'eau infiltrée vers les nappes profondes ;
- sur le plan agronomique pour évaluer l'eau utilisable par les cultures, nécessaire à l'évapotranspiration, et qui provient des précipitations et du stock d'eau contenu dans le sol, éventuellement complétée par l'irrigation.

Dans le cadre de l'ORCAE, c'est ce deuxième aspect correspondant au bilan hydrique agricole, qui est observé, de façon simplifiée. En effet, l'eau effectivement utilisable par les cultures varie selon le type de culture considéré et les caractéristiques du sol où pousse la culture, influant sur les réserves en eau du sol. Il s'agit donc d'un **bilan hydrique climatique**, encore appelé « demande climatique en eau », correspondant à une évaluation approximative du déficit hydrique agricole et pris comme étant **égal à la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration d'un couvert végétal de référence**, sans tenir compte du type de culture, ni des caractéristiques du sol réels.

4.2.4.1.1 Calculs des indicateurs

Le bilan hydrique climatique est calculé par **différence entre les précipitations (P) et l'eau évapotranspirée (ETP)**. Les indicateurs suivis sont construits sur la base des données d'ETP potentielle, calculée à partir de paramètres climatiques (température, vitesse du vent, rayonnement solaire, tension de vapeur), selon la méthode de Penman, au pas décadaire, aux dates des 1er, 11 et 21 de chaque mois. Les valeurs mensuelles reconstituées sont ensuite additionnées sur les périodes d'observation : printemps, été et période de végétation.

4.2.4.1.2 Source des données

Météo France

Plus d'information : Fiche indicateur Bilan hydrique et sécheresse

4.2.4.2 Indicateur phénologie de la vigne

Le suivi de ces indicateurs permet d'observer le décalage dans le temps de différents stades de développement des vignes et son lien avec les évolutions de température. Son évolution est observée à partir des données du réseau de parcelles de référence du Beaujolais (Institut de la Vigne), depuis 1971 jusqu'à 2019.

Plus précisément, on suit l'évolution des dates d'apparition des stades phénologiques :

- débourrement ;
- début de la floraison ;
- début de la véraison ;
- ban des vendanges.

Les données utilisées sont issues du réseau de parcelles de référence de l'Institut Français de la Vigne (IFV), constituées de 200 parcelles de vigne en Beaujolais, faisant l'objet de neuf prélèvements par semaine.

Les dates d'apparition des différents stades phénologiques fournies par le détenteur des données source sont exprimées en jours calendaires. Afin de pouvoir comparer l'évolution des dates d'apparition des stades phénologiques d'une année sur l'autre, les dates ont été recalées en référence à une année non bissextile. Pour cela, pour les dates des années bissextiles, toutes postérieures au 1er mars, nous avons donc ajouté un jour de plus aux dates initiales, correspondant au 29 février déjà écoulé dans le décompte des jours écoulés avant l'apparition du stade phénologique.

4.2.4.2.1 Source des données

Les données sur la phénologie de la vigne dans le Beaujolais sont issues de l'Institut Français de la Vigne (IFV), la Sicarex Beaujolais et la Chambre d'Agriculture du Rhône, qui disposent de données sur la phénologie de la vigne depuis 1970.

Plus d'information : Fiche indicateur Phénologie de la vigne

4.2.4.3 Indicateurs risque de gel pour l'abricotier

Ces indicateurs, permettant de faire le lien entre l'évolution du nombre annuel de jours de gel et l'évolution des dates d'apparition des stades phénologiques, visent à approcher le risque gel. En effet, par manque de données concernant la temporalité annuelle réelle d'apparition des différents stades phénologiques, il n'est pas possible actuellement de suivre la coexistence effective des jours de gel et des stades phénologiques. A partir de 3 indicateurs :

- **Nombre annuel de jours de gel pour l'abricotier** : caractérise le risque de gel des arbres à différents stades phénologiques. Il permet d'observer l'évolution des conditions climatiques susceptibles d'affecter les abricotiers, selon différents stades phénologiques : boutons floraux, floraison, chute des pétales, nouaison et petits fruits.
- **Date du dernier jour gélif** : permet de suivre l'évolution des périodes où des gelées peuvent survenir, susceptibles d'impacter le développement des arbres.
- **Le cumul des degrés jours à la date de la dernière gelée** : permet de lier le risque gel climatique à la réalité des stades phénologiques observés pour l'abricotier, en caractérisant ces stades par la quantité d'énergie nécessaire à leur apparition. On **observe donc l'existence de gelées postérieures à la date d'apparition des différents stades phénologiques et susceptibles d'affecter le développement des arbres à ce stade.**

4.2.4.3.1 Calculs des indicateurs

Les indicateurs nombre de jours gélifs et cumul de températures à la date du dernier jour gélif sont calculés à partir de séries quotidiennes de référence en température minimale fournies par Météo France. Ces dernières correspondent à des données pour lesquelles on considère les distorsions d'origine non climatique (déplacement du point de mesure) comme minimes par rapport aux évolutions climatiques en cours.

Le nombre annuel de jours de gel est obtenu en comptabilisant de janvier à fin mai, à partir des températures minimales quotidiennes, les jours pour lesquels ces températures sont inférieures ou égales aux températures gélives de chaque stade phénologique, soit :

- -3,5 °C pour les boutons floraux ;
- -2,2 °C pour la floraison ;
- -1,2 °C pour la chute des pétales ;
- -0,5 °C pour la nouaison et les petits fruits.

Les dates du dernier jour gélif pour un stade phénologique donné est la date la plus tardive pour laquelle la température minimale journalière est inférieure ou égale au seuil gélif de ce stade. Le cumul de températures à la date du dernier jour gélif est obtenu en sommant les températures moyennes journalières supérieures à 0°C, entre le 1er janvier de l'année considérée et la date du dernier jour gélif de cette même année. Les températures moyennes journalières sont les demi-sommes de la température journalière minimale et de la température journalière maximale.

Ils sont observés sur les **3 mêmes stations d'Ardèche et de la Drôme**, proches des zones de production des abricots.

4.2.4.3.2 Source des données

Météo France

Plus d'information : Fiche indicateur risque de gel de l'abricotier

4.2.4.4 Indicateurs phénologie des prairies

4 indicateurs sont calculés par l'Observatoire pour étudier la phénologie des prairies :

- L'évolution des dates d'apparition de certains stades phénologiques pour les prairies ;
- L'évolution des écarts à la moyenne 1981-2010 des dates d'apparition de certains stades phénologiques pour les prairies ;
- L'évolution de la date moyenne de dépassement des seuils de cumuls de températures ;
- L'évolution de la durée entre les stades épis de 5cm et floraison.

Le suivi de l'évolution de ces indicateurs vise à apprécier l'impact du changement climatique sur le démarrage de la végétation et sa vitesse de croissance.

L'apparition des stades phénologiques est appréciée à partir du cumul de températures.
Le cumul des températures moyennes journalières caractérise la quantité d'énergie reçue par les plantes à une date donnée.

Cette quantité influence le rythme de développement des plantes :

- elle doit être suffisante et dépasser un certain seuil pour que la végétation reprenne ;
- elle doit être suffisante et dépasser certains seuils pour que les plantes atteignent différents stades phénologiques.

L'évolution de l'indicateur est observée depuis 1951, pour 8 stations de la partie rhônalpine de la région, situées chacune dans un département différent, proches des zones de prairies et disposant de données pour lesquelles les distorsions d'origine non climatiques sont considérées comme minimes par rapport aux évolutions climatiques.

4.2.4.4.1 Calculs des indicateurs

Les **données sur les dates estimatives de début des stades phénologiques** sont calculées à partir de séries quotidiennes de référence en température minimale et maximale fournies par Météo France. Ces dernières correspondent à des données pour lesquelles on considère les distorsions d'origine non climatique (déplacement du point de mesure) comme minimes par rapport aux évolutions climatiques en cours.

Les **écarts à la moyenne** sont obtenus en faisant la différence, pour chaque année et pour chaque seuil de cumul de températures considéré, entre la date d'atteinte du seuil de l'année et la date moyenne d'atteinte de ce même seuil sur les années comprises entre 1981 et 2010.

L'indicateur **date de dépassement d'un seuil de cumul des températures** est calculé à partir des seuils de cumul de températures caractérisant chaque stade phénologique des prairies considérées et des températures journalières.

Pour les prairies considérées, la plage de température pertinente à prendre en compte pour le calcul du cumul de températures est 0°C – 18°C. En effet pour ces plantes, dans une gamme de températures moyennes journalières comprises entre 0°C et 18°C, la croissance de la plante augmente en même temps que la température moyenne journalière. Pour des températures moyennes journalières négatives, on considère que la croissance de la plante ne peut pas s'opérer. Pour des températures moyennes journalières supérieures à 18°C, on considère que l'on arrive à un palier, qu'il n'y a plus d'accélération de la croissance. On considère de plus que la croissance des prairies ne démarre jamais avant le 1er février.

Le calcul de l'indicateur est alors réalisé ainsi : sur la période du 1er février jusqu'à la date t d'une même année, on fait la somme des températures moyennes journalières, pour toutes les températures moyennes journalières comprises entre 0°C et 18°C, en prenant comme valeurs par défaut 0°C pour toutes les

températures moyennes journalières négatives et 18°C pour toutes les températures moyennes journalières supérieures à 18°C. On détermine ensuite la date à laquelle cette somme atteint les seuils retenus.

L'indicateur **évolution de la durée entre les stades épis de 5 cm et floraison** vise à observer s'il existe une évolution de la durée entre la date d'atteinte du seuil minimal de cumul de températures pour l'apparition des épis de 5 cm et la date d'atteinte du seuil de cumul de températures correspondant à la floraison. Cette durée est obtenue par différence entre les deux dates précédentes. Elle est exprimée en nombre de jours

4.2.4.4.2 Source des données

Météo France
IRSTEA

Plus d'information : Fiche indicateur Phénologie des prairies

4.2.4.5 Indicateur conditions favorables au développement du scolyte

Habituellement, en phase dite endémique, le scolyte de l'épicéa s'attaque aux seuls arbres en mauvaise santé, appartenant généralement à l'essence forestière de l'épicéa commun.

Ils jouent dans ce cas un rôle utile, dans la mesure où ils participent ainsi à la régénération forestière. Un affaiblissement massif des arbres, suite à des événements climatiques extrêmes (sécheresse, tempête) ou à un stress hydrique important, couplé à des conditions environnementales favorables à la reproduction du scolyte, peut entraîner un accroissement de la population de l'insecte ravageur. Le scolyte entre alors dans une phase épidémique et peut même attaquer des arbres sains, encore sur pied.

Plusieurs facteurs favorisent le développement du scolyte, notamment :

- l'importance de la population d'insectes. Or, l'augmentation des températures est un facteur généralement favorable à une augmentation de la population des insectes;
- la résistance naturelle des arbres au scolyte. Cette résistance peut être amoindrie selon les conditions environnementales et notamment les conditions hydriques dans lesquelles se trouvent les arbres (stress hydrique, voire sécheresse). Les augmentations de températures sont un facteur favorisant des conditions hydriques dégradées.

Deux indicateurs sont étudiés par l'Observatoire pour analyser comment varient les conditions climatiques impactant le développement du scolyte de l'épicéa :

- date où les conditions températures sont propices au premier envol des scolytes,
- date où les conditions températures sont propices au deuxième envol des scolytes.

4.2.4.5.1 Calculs des indicateurs

La **date où les conditions températures sont propices au premier envol des scolytes** correspond à la première occurrence annuelle d'une succession de trois journées dont les températures maximales sont supérieures ou égales à 20°C et dont les températures minimales sont supérieures ou égales à 0°C.

La **date où les conditions températures sont propices au deuxième envol des scolytes** correspond à l'atteinte de 600 degrés jours, en commençant le compte au jour suivant la date de premier envol, soit la date de la quatrième journée où les températures maximales sont supérieures ou égales à 20°C et dont les températures minimales sont supérieures ou égales à 0°C, et en additionnant les dépassements du seuil de 7°C pour les températures moyennes journalières (ex. sur trois jours dont les températures moyennes journalières sont de 3°C, 10°C et 12°C : on compte 0 + 3 + 5 = 8 degrés jours).[9]

La température moyenne journalière est égale à la donnée mesurée ou par défaut, en l'absence de mesures disponibles, à la demi-somme de la température minimale journalière et de la température maximale journalière.

4.2.4.5.2 Source des données

Les indicateurs sont calculés à partir de données de températures journalières fournies par Météo France. Pour la station de Bourg Saint- Maurice, ces données journalières sont issues de séries quotidiennes de référence en températures minimales et maximales, correspondant à des séries de données pour lesquelles on considère les distorsions d'origine non climatique (par exemple déplacement du point de mesure) comme négligeables par rapport aux évolutions climatiques en cours.

---

[9] *Sources : Informations techniques du CEMAGREF – J-F.Abgrall et B.Juvy- Juin 1993 et Département Santé des Forêts du ministère de l'agriculture.*

Un critère d'exclusion a été appliqué, pour chaque station de mesure étudiée, sur les années qui présentent des données manquantes. Le critère retenu consiste à exclure les années où, sur la période étudiée, au moins une décade avec plus de 3 données manquantes est détectée. Cela a conduit à exclure de l'analyse les années 2007 (pour les deux indicateurs suivis) et 2010 (uniquement pour le deuxième envol) pour la station de Monestier de Clermont et l'année 2001 (pour les deux indicateurs suivis) pour Pellafol (38).

Plus d'information : Fiche indicateur Scolyte de l'épicea

4.2.4.6 Indicateur d'évolution des rendements moyens du blé tendre

Le secteur agricole figure parmi les activités économiques les plus fortement impactées par le changement climatique. Les effets observés sur les grandes cultures, parfois antagonistes, sont les suivants :

- Augmentation de la croissance des végétaux, due à la hausse de la concentration de CO_2;
- Accélération de la phénologie des végétaux (cycles) due à l'augmentation moyenne de la température ;
- Augmentation de l'évapo-transpiration ;
- Avancement des calendriers culturaux ;
- Baisse du confort hydrique des cultures ;
- Risque d'échaudage (accident de croissance) ;
- Augmentation ou baisse de certains risques pathogènes ;
- Augmentation de la sécheresse édaphique (sol) ;
- Baisse des réserves souterraines.

L'évolution attendue vers une plus grande variabilité inter-annuelle des températures et des précipitations impacte de façon directe la croissance des végétaux, en termes de déroulement du cycle et de productivité, avec des répercussions observées sur les rendements des cultures, à la hausse ou à la baisse selon les caractéristiques des plantes. Le rendement agricole serait potentiellement impacté de façon positive (cas du colza), ou au contraire négative (cas du maïs), alors que les systèmes fourragers pourraient voir leur rendement augmenter au printemps et baisser en été, en raison des sécheresses, avec des fluctuations importantes dans les zones d'interface climat tempéré/climat méditerranéen.

Le groupe de travail agriculture de l'ORCAE a choisi de suivre l'évolution des rendements du blé tendre dans la région, culture représentative dans la famille des céréales à paille. Elle est fortement implantée en Auvergne-Rhône-Alpes avec plus de 40 % des surfaces de céréales cultivées dans la région, soit près 217 000 ha en 2019 (source Agreste), pour un rendement moyen de 58 quintaux par hectare.

4.2.4.7 Calculs des indicateurs

L'Agreste, service statistique du ministère de l'agriculture met à disposition des données annuelles de rendement moyen du blé tendre à l'échelle départementale, en quintaux par hectare (q/ha). L'indicateur est visualisé ici en valeur moyenne annuelle départementale et en moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des 11 années de N-5 à N+5. Les données mises à disposition par la Direction Régionale de l'Agriculture et de l'Alimentation Auvergne-Rhône-Alpes pour la région couvrent les années 1989 à 2019.

Les données rendement de blé tendre présentées sont mises à disposition par le Service régional de l'information statistique, économique et territoriale de la Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt Auvergne-Rhône-Alpes (DRAAF) et font l'objet uniquement d'une mise en forme. Elles ne font pas l'objet d'un traitement statistique.

Le traitement permet de visualiser les rendements moyens départementaux annuels pour toutes les années suivies.

4.2.4.8 Source des données

Le producteur des données source est Agreste, service statistique du ministère de l'agriculture. Ces données ont été fournies à l'ORCAE pour traitement par la Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt Auvergne-Rhône-Alpes (DRAAF).

Plus d'information : Fiche indicateur Evolution des rendements moyens du blé tendre

4.2.5 Indicateur risque feux de forêt

L'Indice Forêt Météo (IFM) est un indicateur du risque d'occurrence d'un feu de forêt. De nombreuses études ont montré une corrélation claire entre l'IFM moyen et le nombre de départs de feu.

Cet indicateur rend compte des conditions météorologiques propices aux départs et à la propagation de feux de forêts pour une région ou sous-région donnée. Il est calculé à partir de données météorologiques simples : température, humidité de l'air, vitesse du vent et précipitations. Ces composantes alimentent un modèle numérique qui simule le temps ou le climat, pour représenter l'état hydrique de la végétation et le risque d'incendie qui en découle.

Météo-France évalue quotidiennement l'IFM sur tout l'Hexagone et transmet ces informations à la sécurité civile.

4.2.5.1 Calculs des indicateurs

2 indicateurs sont construits et suivis par l'Observatoire, à partir de l'IFM :

- l'un spatial **: évolution du pourcentage de superficie où l'Indice Forêt Météo est supérieur à 20 pendant au moins 20 jours** dans l'année considérée. Ce seuil de 20 correspond au seuil pour lequel le risque de déclenchement de feux est réel. Il a été validé au niveau national par des comparaisons avec les départs réels de feux de forêt. il est déterminé à partir d'une grille de mailles de 8 km de côté, pour laquelle on affecte à la valeur de la maille la totalité de la surface qu'elle représente.
- l'autre ponctuel : **évolution du nombre de jours où l'Indice Forêt Météo dépasse la valeur 20**, sur une année et par saison : printemps, été, automne.

Les indicateurs proposés sont purement climatiques. En particulier, ils ne tiennent pas compte de la vulnérabilité propre à chaque commune ou intercommunalité d'Auvergne-Rhône-Alpes et des caractéristiques de population (par exemple forte proportion de personnes vulnérables) ou de l'environnement (par exemple caractère minéral des espaces publics).

4.2.5.2 Source des données

L'IFM est calculé et fourni par Météo France.

Plus d'information : Fiche indicateur Risque Feux de forêt

4.2.6 Indicateur évolution des indicateurs d'exposition aux canicules et de la mortalité associée

Les vagues de chaleur et leur pendant réglementaire, les périodes de canicules, sont l'exemple le plus emblématique des influences du changement climatique sur la santé. Le Plan National Canicule de 2017, sur la base de critères sélectifs, cible plus particulièrement les vagues de chaleur susceptibles de constituer un risque pour la population exposée.

Les indicateurs choisis ici, Augmentation de la mortalité pendant les périodes de canicule et Taux de décès en excès pendant les périodes de canicule, décrivent les évolutions de l'impact de ces vagues de chaleur, sur la population des départements d'Auvergne-Rhône-Alpes et la surmortalité associée, depuis 1970. D'après Santé Publique France, 1118 canicules sont identifiées entre 1970 et 2016. Les canicules les plus intenses et les plus longues sont concentrées en 1976, 1983, 2003 et 2015. La population exposée à au moins une canicule par an a doublé en France entre 1974-1983 et 2004-2013. Près de 32 000 décès en excès sont observés en France entre 1974 et 2013, dus aux canicules.

Augmentation de la mortalité pendant les périodes de canicule

Il s'agit du pourcentage d'augmentation de la mortalité pendant les périodes de canicule. Ce pourcentage correspond à une estimation moyenne, obtenue par comparaison à la mortalité observée pour la même période les années précédentes.

Taux de décès en excès pendant les périodes de canicule

Il s'agit du nombre de décès en excès pendant les périodes de canicule pour 100 000 habitants. Ce nombre correspond à une estimation moyenne, obtenue par comparaison à la mortalité observée pour la même période les années précédentes.

4.2.6.1 Calculs des indicateurs

Données utilisées

Les données présentées sont issues des informations disponibles sur le portail Géodes de géo-données en santé publique de Santé Publique France.

Pour l'identification des périodes de canicules (extrait de la note méthodologique du portail GEODES)

Afin d'avoir de longues séries de données homogènes dans chaque département, une température minimale et une température maximale, journalière départementale issue d'une analyse spatialisée couplant données des stations de mesures et analyse topographique, ont été fournies par Météo-France. La cohérence de ces données a été contrôlée par Météo-France via la comparaison à de longues séries homogénéisées, tenant compte par exemple des évolutions instrumentales. A noter toutefois, que la qualité est considérée moins bonne sur la décennie 1970-1980 que pour les années suivantes. L'indicateur utilisé dans le cadre du système d'alerte canicule et santé (Sacs) du Plan National Canicule compare les moyennes glissantes sur trois jours des températures minimales et maximales à des percentiles de la distribution de ces moyennes glissantes.

Dans l'opération quotidienne du Sacs et de la vigilance canicule, les percentiles sont calculés par Météo-France pour une station de référence par département, pour les mois de juin à août et en excluant 2003 de la série de données.

Données de mortalité

Dans chaque département, la mortalité journalière, toutes causes, tous âges, a été obtenue auprès du Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CepiDC) de l'Inserm.

Données de population

Dans chaque département, les données de population ont été obtenues auprès de l'Insee. Les données des recensements 1975, 1982, 1990 et 1999, 2008 et 2013 ont été utilisées respectivement pour les années 1970 à 1979, 1980 à 1989, 1990 à 1999, 2000 à 2009, et 2010 à 2016.

Indicateur Augmentation de la mortalité pendant les périodes de canicule

Il s'agit du pourcentage d'augmentation de la mortalité pendant les périodes de canicule. Ce pourcentage correspond à une estimation moyenne, obtenue par comparaison à la mortalité observée pour la même période les années précédentes.

Le pourcentage est défini par la formule suivante : surmortalité / (mortalité totale pendant la période - surmortalité) * 100

Indicateur Taux de décès en excès pendant les périodes de canicule

Il s'agit du nombre de décès en excès pendant les périodes de canicule pour 100 000 habitants. Ce nombre correspond à une estimation moyenne, obtenue par comparaison à la mortalité observée pour la même période les années précédentes.

Ce nombre est défini par la formule suivante : surmortalité / population * 100 000

Références :

- Santé publique France - Evolution de l'exposition aux canicules et de la mortalité associées en France métropolitaine, pour la période de 1970 à 2013.

- Santé publique France - Bilans annuels du système d'alerte canicule et santé, pour la période postérieure à 2013.

Pour plus de détails, voir la note méthodologique Santé Publique France du portail GEODES.

4.2.6.2 Source des données

L'ensemble des données utilisés sont produites par Santé Publique France et publiées sur le portail GEODES de géo-données en santé publique de Santé Publique France.

Plus d'information : Fiche indicateur Evolution des indicateurs d'exposition aux canicules et de la mortalité associée

4.2.7 Indicateur évolution des arrêtés de catastrophes naturelles – sécheresse

Il s'agit du nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle sécheresse déclaré par commune et regroupé par départements par année.

La sécheresse est calculée par Météo-France, selon la méthodologie décrite sur son site : www.meteofrance.fr, à partir de données terrain météorologiques et hydrologiques et de modélisations. Ces calculs sont ensuite croisés avec d'autres données de terrain et appréciées selon des critères d'éligibilité à la déclaration de CATNAT-sécheresse par une commission nationale interministérielle CATNAT. Cette commission émet un avis sur les demandes de reconnaissance formulées par les communes, pour la prise en charge des désordres apparus sur un bâtiment à la suite de mouvements du sol dus à la sécheresse. Le classement CATNAT-sécheresse est alors établi à l'échelle communale et la commission nationale interministérielle, publie les arrêtés catnat sécheresse, portant reconnaissance ou non de l'état de catastrophe naturelle suite aux mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

Les critères météorologiques permettant de caractériser l'intensité des épisodes de sécheresse-réhydratation des sols à l'origine de mouvements de terrain différentiels, ont évolué en 2000, 2003, 2011, puis 2018. Depuis 2019, une nouvelle procédure existe. L'appréciation de la sécheresse est désormais fondée sur une méthode d'analyse plus fine dite "méthode du bilan hydrique à double réservoir". Cette méthode exige que soit établi, en plus du rapport géotechnique précédemment requis, un bilan hydrique destiné à mesurer la variation de la teneur en eau du 1er mètre de sol et à déterminer si cette variation revêt ou non un caractère d'intensité anormale. Cette procédure a eu pour effet de réduire sensiblement le nombre de nouveaux dossiers acceptés.

4.2.7.1 Calcul de l'indicateur

Les données d'arrêtés de catastrophes naturelles sécheresse sont collectées sur le site https://catastrophes-naturelles.ccr.fr/, qui fournit tous les arrêtés communaux « catastrophe naturelle » classifiés par type de péril et par département. Le traitement permet de comptabiliser, à l'échelle départementale, le nombre annuel de communes faisant l'objet d'un d'arrêté de catastrophes naturelles sécheresse pour toutes les années suivies.

Les méthodes d'appréciation de la sécheresse et les critères de reconnaissance de la catastrophe naturelle ont évolué sur la période d'observation. En 2019, de nouveaux critères de reconnaissance pour la sécheresse ont été mis en place et sont désormais appliqués pour tous les événements de sécheresse à partir de celui de 2018.

À partir de décembre 2000, le caractère catastrophique éventuel des dossiers sécheresse a été apprécié selon une méthode d'analyse affinée, intégrant notamment la prise en compte du bilan hydrique.

4.2.7.2 Sources de la donnée

https://catastrophes-naturelles.ccr.fr/

Les données sont disponibles depuis 1982.

Plus d'information : Fiche indicateur Evolution des arrêtés de catastrophes naturelles - sécheresse

4.3 METHODOLOGIE DE CALCUL DES DONNEES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

4.3.1 Principe général

Les territoires engagés dans une démarche Plan climat Air Energie Territorial (PCAET) ont besoin d'un diagnostic de leurs émissions territoriales de GES et de polluants locaux par grand secteur d'activité, par vecteur énergétique et par usage. Un historique sur plusieurs années permet de se comparer aux objectifs régionaux du SRADDET.

Les émissions d'un territoire sont d'origine :

- Energétique, issues de la combustion (cf. partie 5.1 relative aux consommations finales d'énergie)
- Non énergétique, résultant de process industriels, de la décomposition des déchets…

4.3.1.1 Nomenclature SNAP

Les activités anthropiques ou naturelles à l'origine des rejets de diverses substances dans l'atmosphère sont identifiées dans une nomenclature de référence appelée CORINAIR/SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution). Cette nomenclature qui constitue un standard européen, voire international, est spécifique à certaines substances.

Le choix de ce référentiel provient de sa capacité à couvrir l'ensemble des sources et des substances considérées dans les inventaires que la France doit communiquer aux différentes organisations internationales. Ce référentiel permet également de suivre la stratégie de système d'inventaire unique qui est recommandé et s'avère efficient. Bien que ne prétendant pas à l'exhaustivité, la SNAP 97 présente une liste détaillée d'activités (près de 400 items pour la résolution la plus fine). Quelques items, "autres" permettent d'inclure le cas échéant des activités supplémentaires (activités omises ou plus généralement négligées du fait de leurs très faibles contributions).

Le système utilisé prévoit une décomposition de chaque activité le cas échéant. Cette opportunité est utilisée, par exemple, pour différencier certains procédés, apprécier des tailles d'équipements, etc. Pour ce faire, des rubriques peuvent être ajoutées à l'activité lors de la construction de l'inventaire. Actuellement, pour les inventaires relatifs à la France, on dénombre plus de 400 activités élémentaires.

4.3.1.2 Approches bottom/up et top/down

La méthode privilégiée « bottom/up » utilise dans la mesure du possible les données d'activités et d'émissions les plus fines disponibles à l'échelle infra-communale (principales émissions industrielles…). Ces données sont ensuite agrégées à l'échelle communale pour le calcul des émissions.
Lorsque les informations n'existent pas à une échelle fine, des données régionales (surfaces chauffées, productions…) sont désagrégées à l'échelle communale au moyen de clés de désagrégation connues pour l'ensemble des communes de la région (population, emplois…).

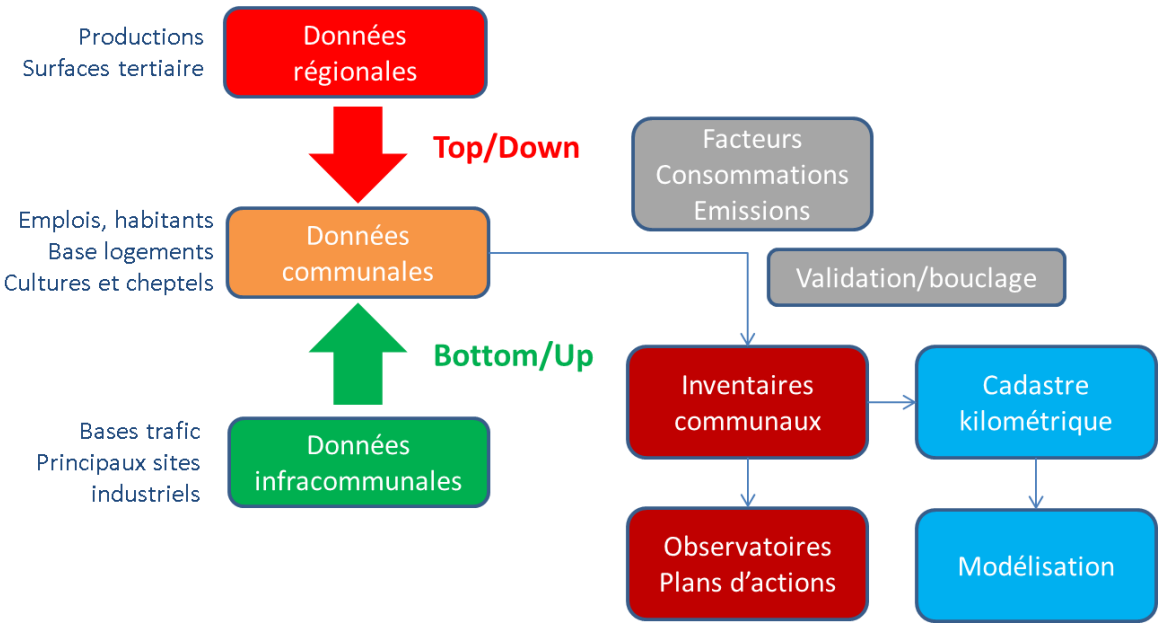


Schéma conceptuel d'élaboration d'un inventaire des émissions

4.3.1.3 Prévision des émissions par le modèle ARIMA

Le modèle ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) est une méthode statistique utilisée pour l'analyse et la prévision de séries de données temporelles. Cette méthode a déjà été utilisée et validée pour la prévision d'émissions de CH_4 en Malaisie (Yusuf et al., Management of Environmental Quality, 2014). La valeur prédite est supposée être une fonction linéaire des observations passées et de leurs erreurs aléatoires. Pour l'année 2021, la méthode a été mise en œuvre sur les secteurs suivants :

- Transport fluvial
- Biogénique
- Agriculture énergétique et non énergétique

Le secteur du transport aérien dont les émissions de l'année 2020 ont été calculées à partir du modèle ARIMA a pu être corrigé de l'impact du COVID en appliquant des coefficients nationaux fournis par le CITEPA.

Pour chaque secteur, des années dites d'apprentissage sont définies afin de fournir un historique des émissions au modèle. Ces années constituent la série temporelle la plus longue possible pour chaque secteur, à savoir de 2010 à 2021 pour une prévision des émissions de l'année 2022.

Une fois le modèle ARIMA implémenté numériquement, son intérêt réside dans sa capacité à pouvoir fournir une estimation rapide des émissions de l'année souhaitée tout en maintenant au mieux une cohérence avec l'historique de l'inventaire. Il s'agit donc d'une méthode intéressante pour pallier temporairement l'indisponibilité de données afin d'effectuer une mise à jour traditionnelle de l'inventaire ou pour une prévision d'un inventaire à l'échéance N-1.

4.3.1.4 Polluants et années inventoriés

L'inventaire des émissions de polluants est disponible à l'échelle communale.
Les trois principaux GES suivis pour les PCAET sont inventoriés pour les années 1990, 2000, 2005 puis depuis 2010 :

- Le dioxyde de carbone (CO_2) ;
- Le méthane (CH_4) ;
- Le protoxyde d'azote (N_2O).

L'inventaire des émissions inclut également les GES fluorés à la même échelle spatiale et temporelle que les GES cités précédemment. Les GES fluorés inventoriés sont les suivants :

- Les hydrofluorocarbures (HFC)
- Les perfluorocarbures (PFC)
- L'hexafluorure de soufre (SF6)
- Le trifluorure d'azote (NF3)

4.3.1.5 Format de rapportage PCAET

Les émissions de gaz à effet de serre sont rapportées selon le format PCAET défini par le décret du 26 juin 2016. Celui-ci prévoit qu'à l'échelle d'un territoire, les émissions de gaz à effet de serre soient présentées selon la sectorisation suivante :

- Branche énergie
- Industrie manufacturière
- Gestion des déchets
- Résidentiel
- Tertiaire
- Agriculture
- Transport routier
- Autres transports

Les indicateurs territoriaux incluent les émissions directes (scope 1) ainsi que les émissions liées à la production d'énergie (scope 2). Ainsi, pour éviter tout double compte, sont comptabilisées les émissions directes du territoire à l'exclusion des émissions des producteurs d'électricité et de chaleur, auxquelles il faut ajouter les émissions indirectes liées à la consommation d'électricité et de chaleur.

Les indicateurs d'émissions de gaz à effet de serre sont également déclinés en intégrant la correction climatique. Cet indicateur (émissions normalisées) permet de gommer l' effet de la rigueur climatique (besoins en chauffage en particulier) sur les émissions de gaz à effet de serre du territoire.

Pour faciliter l'inter-comparaison des émissions entre les territoires et entre différents millésimes de données, deux indicateurs d'émissions de gaz à effet de serre sont calculés. Le premier (hors GES fluorés) intègre uniquement les émissions des trois principaux gaz à effet de serre : CO2, N_2O et CH_4. Le second indicateur (avec GES fluorés) prend en compte le HFC, PFC, SF_6 et NF_3 en plus des trois gaz précédents.

Ces indicateurs sont calculés en sommant les émissions des différents gaz selon leur pouvoir de réchauffement global (PRG), définis dans le 5ème rapport du GIEC (2013), pour être exprimés en tonne équivalent CO2 (teqCO2).

Pouvoir de réchauffement global à 100 ans (5ème rapport du GIEC)	
Gaz à effet de serre	**PRG**
CO2	1
CH4	28
N2O	265
HFC	<1 à 12400*
PFC	<1 à 11100*
SF6	23500
NF3	16100

Pour les HFC et PFC, le PRG varie en fonction de l'espèce considérée. Ici ne sont indiquées que les valeurs les plus faibles et les plus élevées.

4.3.1.6 Exigences d'un inventaire

Tout inventaire des émissions obéit à certains critères :

- **Exhaustivité des sources** : toutes les sources doivent être quantifiées, à l'exception des sources justifiées comme étant négligeables : la SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) liste l'ensemble des activités (environ 400) susceptibles d'émettre des polluants dans l'atmosphère ;
- **Comparabilité entre territoires** : les sources de données doivent être cohérentes entre les différents territoires pour permettre la comparaison de leurs émissions ;
- **Cohérence temporelle** : l'historique des années antérieures est recalculé lorsque la méthodologie évolue (source de données, facteurs d'émission) afin de conserver une cohérence entre toutes les années ;
- **Traçabilité** : toutes les sources de données utilisées sont tracées et documentées ;
- **Validation/bouclage** : tous les résultats produits font l'objet d'un circuit de validations croisées afin de pallier toute erreur éventuelle de calcul et/ou de raisonnement ;
- **Respect de la confidentialité** : étant donné qu'un certain nombre de données utilisées pour la modélisation sont confidentielles, toute donnée agrégée diffusée doit respecter les règles du secret statistique (au moins 3 établissements et moins de 85% de contribution pour le plus important).

4.3.1.7 Assurance et contrôle qualité

Un certain nombre de critères onusiens MRV (Mesurable, Rapportable Vérifiable) applicables aux inventaires d'émissions sont appliqués à l'inventaire régional :

- Tenue d'un catalogue de sources de données afin de renforcer la traçabilité entre serveur et base de données ;
- Tous les facteurs d'émissions sont sourcés et exprimés en unité native pour faciliter leur mise à jour ;
- Traçabilité de la date de calcul pour assurer la cohérence de l'ordre des traitements ;
- Documentation technique interne étoffée pour un meilleur partage des méthodes ;
- Veille réglementaire formalisée ;
- Tenue d'un plan d'amélioration de l'inventaire pour mieux formaliser les axes de progrès et planifier leur mise en œuvre ;
- Renforcement des procédures de validation sectorielle :
  - Comparaison systématique avec la version précédente
  - Vérification de la cohérence temporelle
  - Validation à l'échelle de plusieurs échelles territoriales
  - Analyse par activité fine, énergie, usage…
  - Conservation des émissions tout au long de la chaîne de calculs ;
- Assurance qualité : une validation croisée des bilans détaillés des émissions de GES est réalisée chaque année par AURA-EE, ce qui permet d'avoir un regard extérieur sur les données produites ;

4.3.2 Modélisation sectorielle des émissions communales

La modélisation des émissions énergétiques s'appuie sur :

- le bilan des consommations finales d'énergie ;
- les consommations primaires de combustibles des réseaux de chaleur et unités d'incinération des ordures ménagères (UIOM) reliées en substitution aux livraisons de chaleur/froid.

Les consommations d'énergie sont associées à des facteurs d'émissions appropriés dépendant du combustible, du type de chaudière, des éventuels systèmes de dépollution sur les sites industriels…

Les émissions non énergétiques résultent du produit entre une donnée d'activité et un facteur d'émission approprié provenant du guide méthodologique national élaboré par le Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA).

4.3.2.1 Résidentiel

Le secteur résidentiel comprend les émissions :

- Energétiques :
  - Logements
  - Engins de loisirs à moteur thermique
- Non énergétiques :
  - Feux de jardin et brulage de câbles
  - Utilisation domestique de solvants et de produits pharmaceutiques

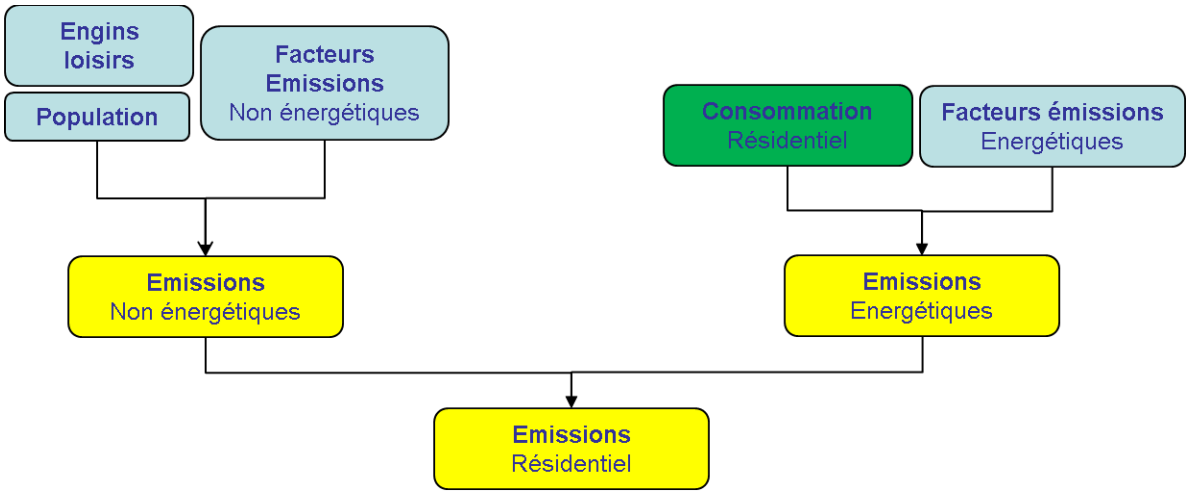


Schéma simplifié de calcul des émissions du secteur résidentiel

4.3.2.2 Tertiaire

Le secteur résidentiel comprend les émissions :

- Energétiques : cela comprend :
  - les huit branches « Bâtiments » définies par le CEREN, ayant recours au chauffage et aux autres usages (eau chaude sanitaire, cuisson, usages spécifiques de l'électricité) :
    - Bureaux
    - Cafés Hôtels Restaurants
    - Commerces
    - Enseignement/Recherche
    - Santé

        - Habitat communautaire
        - Sport, culture et loisirs
        - Activités liées aux transports (logistique, transports en commun)
    - D'autres branches consommatrices d'électricité :
        - Eclairage public
        - Consommations générales d'immeubles résidentiels et tertiaires
        - Entrepôts frigorifiques
        - Grands centres de recherche publics ou privés
        - Locaux de la défense nationale
        - Secteur des télécommunications
        - Secteur de l'eau
        - Secteur de l'édition
        - Datacenters
        - Remontées mécaniques des stations de ski
- Non énergétiques : anesthésie

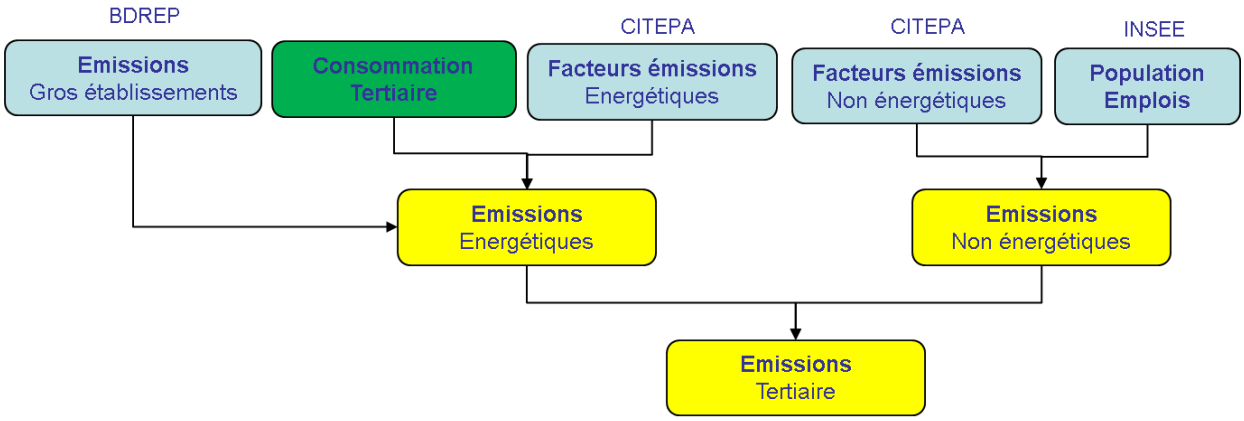


Schéma simplifié de calcul des émissions du secteur tertiaire

4.3.2.3 Industrie manufacturière

Le secteur de l'industrie manufacturière, dont les activités sont très variées, comprend les émissions :

- Energétiques
- Non énergétiques :
    - Application de peinture
    - Utilisation de solvants
    - Fabrication et mise en œuvre de produits chimiques : colles, peintures, encres…
    - Procédés de la sidérurgie, de l'industrie chimique et des métaux non ferreux (aluminium)
    - Procédés de décarbonatation productrice de CO_2 : chaux, ciment, tuiles/briques et verre
    - Bombes aérosols

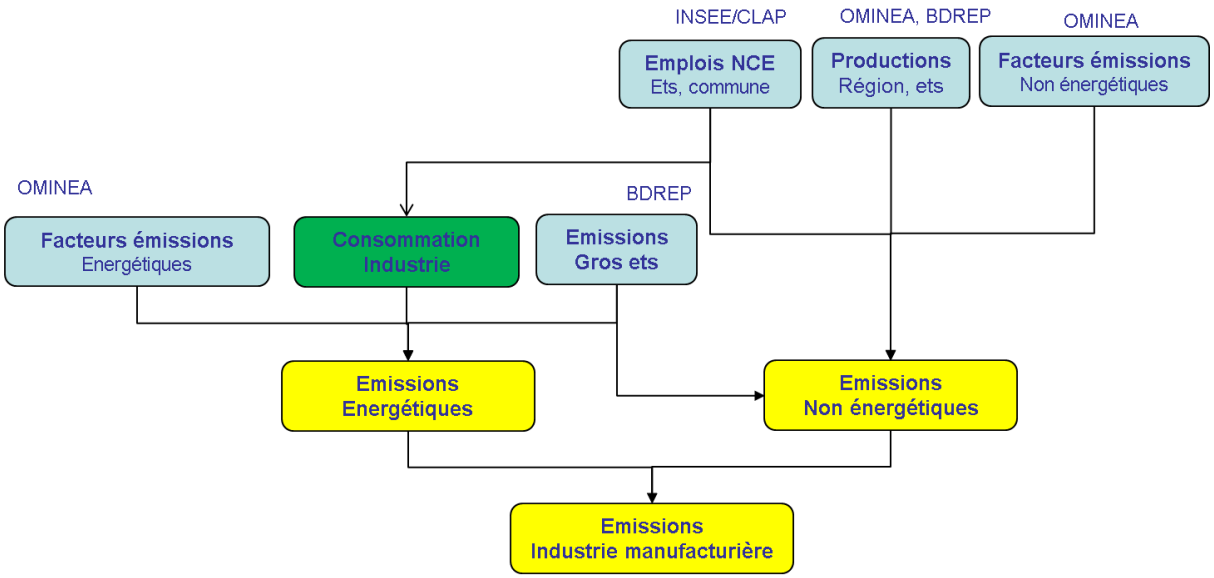


Schéma simplifié de calcul des émissions du secteur de l'industrie

4.3.2.4 Transformation d'énergie

Le secteur de la transformation d'énergie comprend les émissions :

- Energétiques
- Non énergétiques :
  - Réseaux de distribution de gaz (fuites)
  - Procédés de la sidérurgie et de l'industrie pétrolière

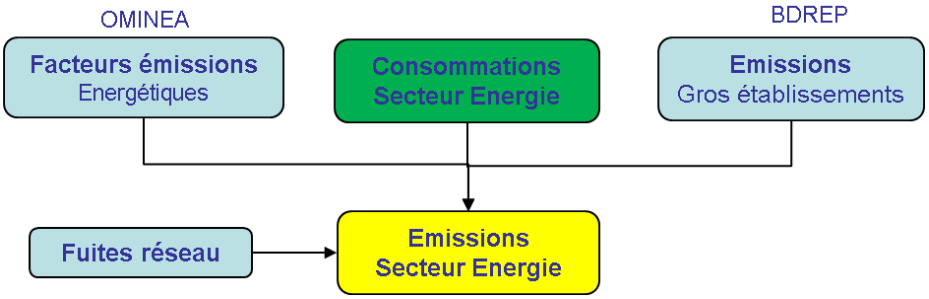


Schéma simplifié de calcul des émissions du secteur de l'énergie

4.3.2.5 Traitement des déchets

Le secteur du traitement des déchets comprend les émissions :

- Energétiques
- Non énergétiques :
  - Incinération des déchets
  - Décharges de déchets solides
  - Traitement des eaux usées
  - Production de compost et biogaz

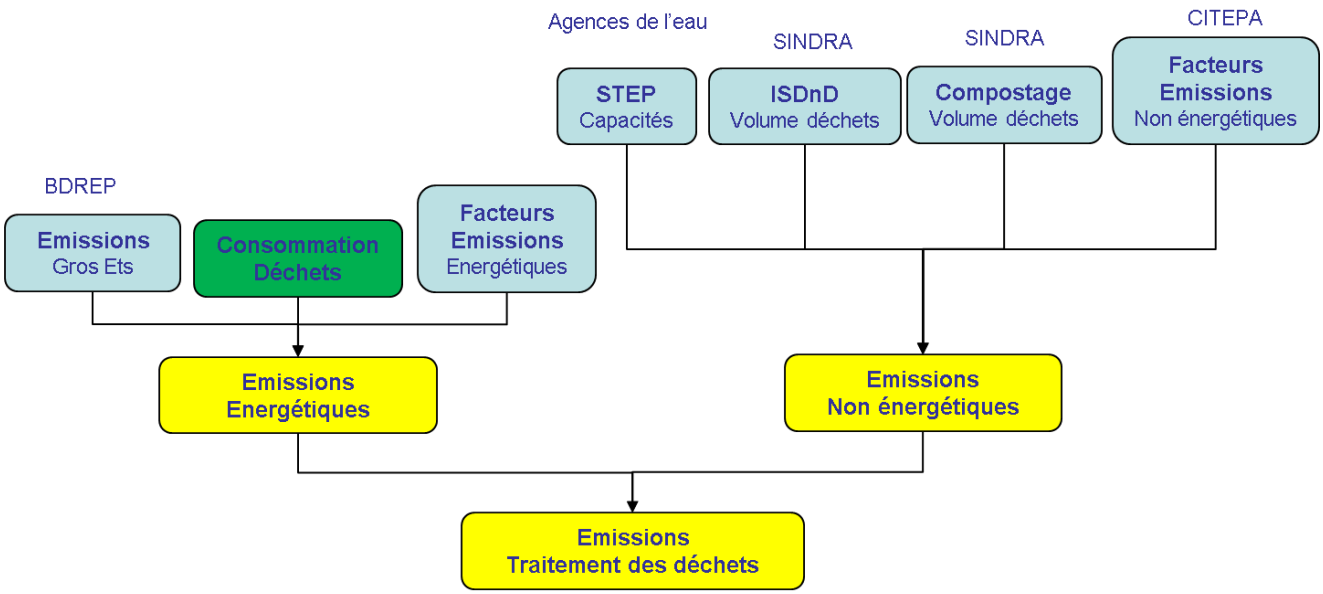


Schéma simplifié de calcul des émissions du secteur des déchets

4.3.2.6 Agriculture

Le secteur de l'agriculture comprend les émissions :

- Energétiques : bâtiments, serres, engins agricoles et sylvicoles
- Non énergétiques :
  - Fermentation entérique
  - Composés organiques et azotés issus des déjections animales
  - Culture avec engrais
  - Feux de déchets agricoles et écobuage
  - Utilisation de pesticides et de calcaire

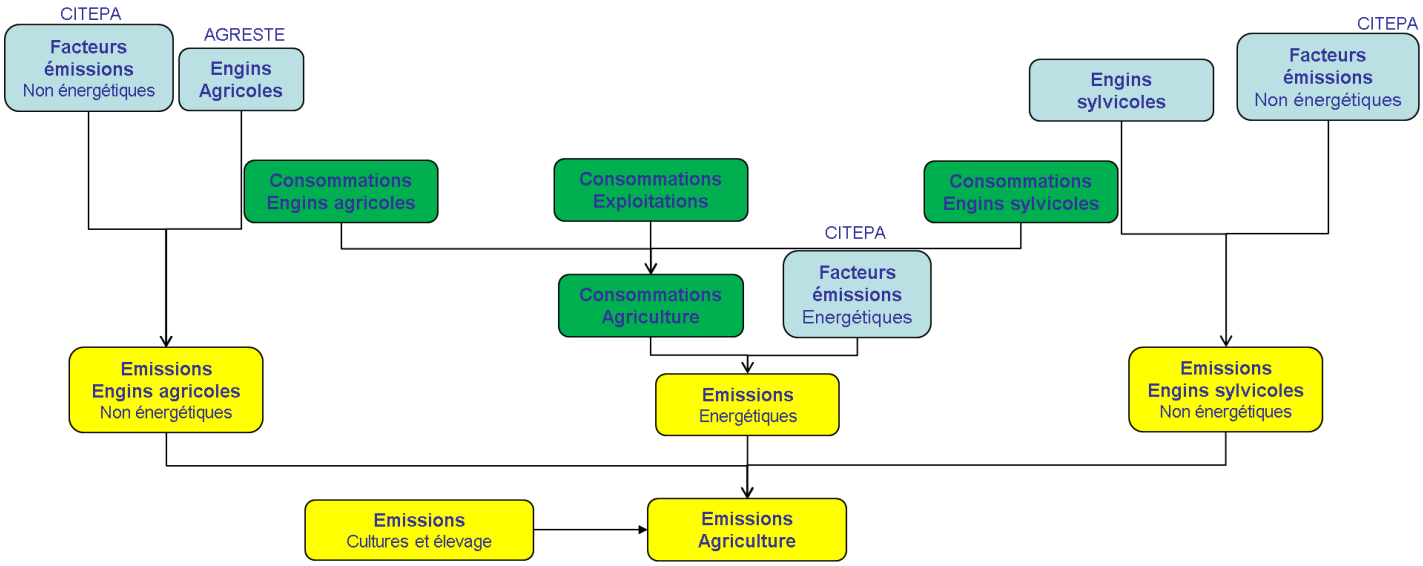


Schéma simplifié de calcul des émissions du secteur agricole et sylvicole

4.3.2.7 Transport routier

Le transport routier concerne l'ensemble des véhicules circulant sur la voie publique (voitures, véhicules utilitaires légers, poids-lourds, bus urbains, autocars et deux roues motorisés). Les volumes de trafic (Trafic Moyen Journalier Annuel TMJA) sont estimés sur le réseau structurant (autoroutes, nationales et majorité des départementales) et ventilés selon plus de 300 types détaillés de véhicules provenant du parc roulant national du CITEPA.

Le secteur du transport routier comprend les émissions :

- Energétiques : émissions à l'échappement
- Non énergétiques : aucune

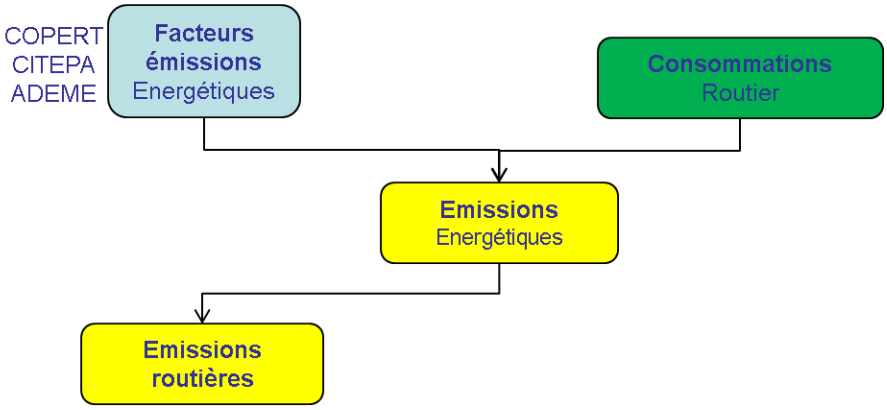


Schéma simplifié de calcul des émissions du transport routier

4.3.2.8 Autres transports

4.3.2.8.1 Transport ferroviaire

Le transport ferroviaire inclut :

- la circulation des trains sur l'ensemble des voies ferrées
- les transports en commun sur rail : métro, funiculaire et tramway.

Le secteur du transport ferroviaire comprend les émissions :

- Energétiques : émissions des trains à traction thermique
- Non énergétiques : aucune

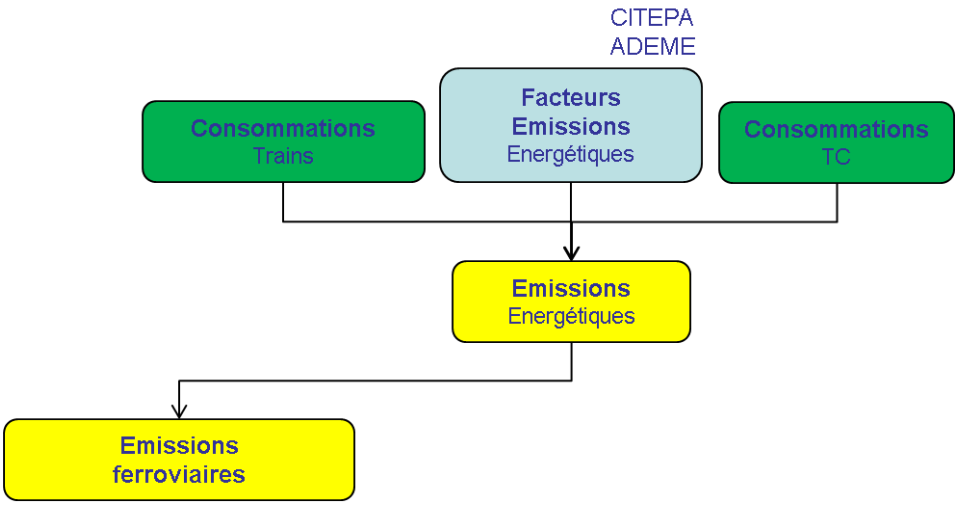


Schéma simplifié de calcul des émissions du transport ferroviaire

4.3.2.8.2 Transport aérien

Le secteur du transport aérien comprend les émissions :

- Energétiques :
  - Emissions des aéronefs
  - Engins de piste et auxiliaires thermiques : les émissions associées sont calculées sur l'aéroport de Lyon St-Exupéry, les émissions des autres plateformes étant considérées négligeables.
- Non énergétiques : aucune

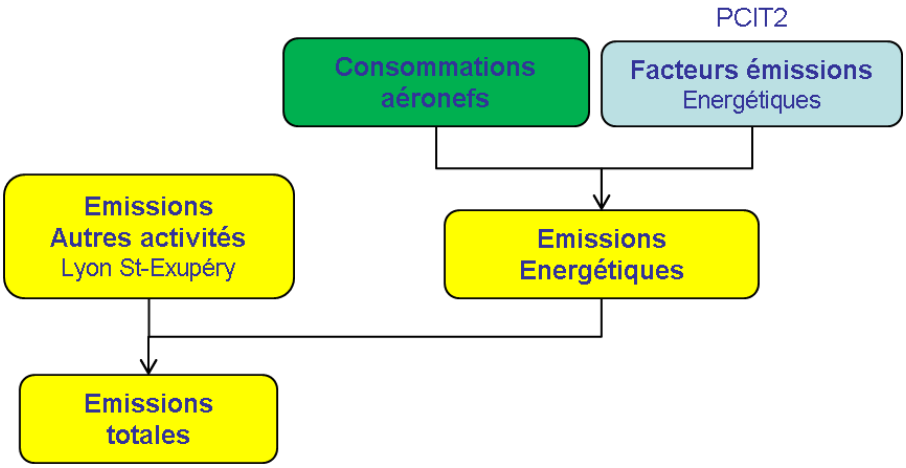


Schéma simplifié de calcul des émissions du transport aérien

29 plateformes sont considérées dans l'inventaire, les petits aérodromes ayant un poids négligeable et pour lesquels il est très difficile de collecter des informations fiables :

- Annemasse ;
- Alpe d'Huez ;
- Annecy Haute-Savoie ;
- Aubenas ;
- Aurillac ;
- Bellegarde-Vouvray ;
- Bourg-en-Bresse ;
- Chambéry Aix-les-Bains ;
- Clermont-Ferrand-Auvergne ;
- Courchevel ;
- Grenoble le Versoud ;
- Grenoble Isère (St-Geoirs) ;
- Issoire-Le-Broc ;
- Le Puy-Loudes ;
- Lyon Bron ;
- Lyon-Corbas ;
- Lyon St-Exupéry ;
- Megève ;
- Montélimar-Ancône ;
- Moulins-Montbeugny ;
- Roanne Renaison ;
- Saint-Etienne Bouthéon ;
- Saint-Flour ;
- Saint-Rambert ;

- Tournon ;
- Valence Chabeuil ;
- Vichy-Charmeil ;
- Vienne-Reventin ;
- Villefranche-Tarare.

4.3.2.8.3 Transport fluvial

Le transport fluvial comprend les émissions énergétiques :

- du trafic de marchandises sur l'axe Saône/Rhône
- du trafic de passagers et bateaux de plaisance sur l'axe Saône/Rhône, le canal latéral de la Loire et le canal de Roanne à Digoin.

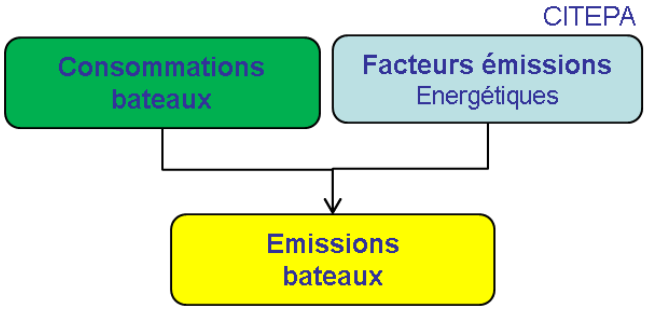


Schéma simplifié de calcul des émissions du transport fluvial

4.4 METHODOLOGIE DE CALCUL DE L'ABSORPTION CARBONE

Dans les démarches de type Plans climat air énergie territoriaux (PCAET) menées par les territoires, la notion de « puits de carbone » est souvent abordée. Actuellement, peu de données existent pour estimer la capacité d'absorption de CO_2 sur un territoire. L'ORCAE a développé une méthodologie, en partenariat avec l'Ecole des Mines de Saint Etienne, pour estimer l'absorption de carbone pour chaque commune d'Auvergne-Rhône-Alpes.

La séquestration du carbone se fait par la biomasse, aussi bien dans la partie souterraine (dans le sol) que la partie aérienne (appareils végétatifs des plantes). Elle se fait aussi dans l'océan, mais ce cas ne sera pas pris en compte pour la région Auvergne-Rhône-Alpes. La méthodologie se concentre sur les sols et la forêt.

La séquestration du carbone d'un territoire est également fonction de l'évolution de l'utilisation du sol. C'est pourquoi il est intéressant d'estimer le stock de carbone dans le sol et la biomasse vivante, mais il est encore plus intéressant d'essayer d'évaluer la quantité de carbone séquestré par type de terrain utilisé (labour, forêts, coupes à blanc, sols imperméabilisés par l'urbanisation ou l'industrialisation, etc.).

Trois aspects sont donc distingués et estimés par l'Observatoire :

- les stocks de carbone dans les cultures, prairies, forêts, vignobles et vergers ;
- les flux annuels d'absorption de carbone par les prairies et les forêts ;
- les flux annuels d'absorption ou d'émission de carbone suite aux changements d'usage des sols.

La source de données utilisée est , une base de données de l'occupation du sol du SDES qui a trois niveaux de précisions. Le niveau 1 possède 5 classes, le niveau 2 en possède 15 alors que le niveau 3 en a 44. Elle a également trois niveaux géographiques : communal, départemental, régional. Elle permet d'estimer leur évolution à chaque mise à jour des données. On utilisera ici les données 2012 et 2018.

Le rapport pour convertir le carbone en dioxyde de carbone est de 3,67 (1 tonne de carbone = 3,67 tonnes de CO_2).

4.4.1.1 Les stocks de carbone par type de végétation

Cette donnée permet d'évaluer le stock de carbone par type de couverture végétale. On utilise la base Corine Land Cover (CLC, année 2018) pour déterminer les surfaces (en ha) de chaque catégorie par commune. On applique ensuite un ratio national (exprimé en tCO_2/ha) pour chaque catégorie de surface (source : CLIMAGRI, ADEME).

Type de surface	Codes CLC correspondants	Ratio utilisé (tCO_2/ha)
Cultures	211 – 242 - 243	188
Prairies	231 - 321	298
Forêts	311 – 312 - 313	285
Vignobles	221	126
Vergers	222 - 223	173

4.4.1.2 Les flux annuels d'absorption de carbone

Cet indicateur permet d'évaluer le CO_2 que les prairies et les forets stockent annuellement, essentiellement dû à la croissance des troncs, branches, racines et herbes. L'absorption de carbone par les cultures n'est pas estimée par l'ORCAE. On utilise la base CORINE Land Cover (année 2018) pour déterminer les surfaces (en ha) de chaque catégorie. On applique ensuite un ratio (exprimé en tCO_2/ha/an) pour chaque catégorie de surface.

Pour estimer la quantité de carbone et de CO_2 absorbée annuellement par hectare par la forêt, il a fallu définir un accroissement annuel de la forêt par hectare (les estimations des taux d'accroissement annuel ne proviennent pas de chiffres établis scientifiquement mais de discussions avec des experts du domaine de la forêt). Celui-ci diffère selon les départements. Cet accroissement annuel ne correspondant qu'au tronc, pour tenir compte de l'accroissement des branches et des racines qui elles aussi absorbent du carbone et du CO_2, un coefficient de 1,24 pour les racines et 1,16 pour les branches est appliqué.

De plus, comme la classification ne permet pas de distinguer les différents types de végétaux (feuillus, résineux…) à l'intérieur de la classe forêt, une masse moyenne de bois par m^3 a été déterminée. Celle-ci est de 700 kg par m^3.

Le contenu en carbone d'une tonne de bois a été estimé à partir des chiffres de l'Observatoire de la Forêt Méditerranéenne (OFME) : « Une tonne de bois sec contient 500 kg de carbone et émet 1,83 tonnes de CO_2 ». Tous ces chiffres estimés sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Chiffres estimés pour établir la cartographie de la quantité de CO_2 absorbée annuellement par commune :

Département	Accroissement annuel (m^3/ha/an)	Accroissement annuel (t/ha/an)	Absorption de carbone (t/ha/an)	Absorption de CO_2 (t/ha/an)
Ain	6,7	4,7	2,35	8,6
Ardèche – Drôme	5,0	3,5	1,75	6,41
Allier - Cantal - Isère – Loire – Haute-Loire – Puy-de-Dôme – Rhône – Savoie – Haute-Savoie	6,0	4,2	2,1	7,69

Concernant la forêt, on dispose de ratios spécifiques pour certains départements.

Type de surface	Code CLC correspondant	Ratios utilisés (tCO_2/ha/an)
Prairies	231 - 321	1,83
Forêts	311 – 312 - 313	Ain : 12,37 Ardèche et Drôme : 9,22 Autres départements : 11,06

Les ratios utilisés peuvent être différents d'un département à l'autre, suivant les conditions climatiques.

Explication du ratio d'absorption des forêts sur l'exemple de l'Ain :

- Accroissement annuel du tronc des arbres : 6,7 m^3/ha/an
- Densité du bois : 700 kg/m^3
- Accroissement annuel du tronc des arbres : **6,7 * 0,7 = 4,7 t/ha/an**
- Contenu carbone du bois : 50%. « Une tonne de bois sec contient 500kg de carbone et émet 1,83 tonnes de CO_2 » (OFME).
- Absorption de CO_2 du tronc des arbres : 4,7 * 1,83 = 8,6 tCO_2/ha/an
- Prise en compte de l'accroissement des racines : multiplier par 1,24.
- Prise en compte de l'accroissement des branches : multiplier par 1,16.
- Absorption totale : **8,6 * 1,24 * 1,16 = 12,37 tCO_2/ha/an**.

4.4.1.3 Flux annuels d'absorption ou d'émission de carbone suite aux changements d'usage des sols

Cet indicateur permet d'évaluer l'émission ou l'absorption de carbone issue d'un changement de couverture végétale. La base CORINE Land Cover quantifie les changements intervenus entre 2006 et 2012 en termes de passage d'une catégorie de surface à une autre. Les processus d'absorption/émission de carbone sont modélisés comme suit, en s'inspirant de la méthodologie Climagri® de Ademe. Le signe « + » désigne une absorption et le signe « - » une émission.

De (ligne) à (colonne)	Cultures / Vignobles / Vergers	Prairies	Forêts	Sols imperméables
Cultures / Vignobles / Vergers	x	+1,8 tCO_2/ha/an	+1,61 tCO_2/ha/an	-31,67 tCO_2/ha/an
Prairies	- 3,48 tCO_2/ha/an	x	+0.37 tCO_2/ha/an	-48,33 tCO_2/ha/an
Forêts	-2,75 tCO_2/ha/an	-0.37 tCO_2/ha/an	x	-48,33 tCO_2/ha/an

5 METHODOLOGIE DE CALCUL – THEMATIQUE AIR

5.1.1 Principe général

Les territoires engagés dans une démarche Plan climat air énergie territorial (PCAET) ont besoin d'un diagnostic de leurs émissions territoriales de GES et de polluants locaux par grand secteur d'activité, par vecteur énergétique et par usage. Un historique sur plusieurs années permet de se comparer aux objectifs régionaux du SRADDET.

Les émissions d'un territoire sont d'origine :

- Energétique, issues de la combustion (cf. partie 5.1 relative aux consommations finales d'énergie) ;
- Non énergétique, résultant de process industriels, de la décomposition des déchets…

5.1.1.1 Nomenclature SNAP

Les activités anthropiques ou naturelles à l'origine des rejets de diverses substances dans l'atmosphère sont identifiées dans une nomenclature de référence appelée CORINAIR/SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution). Cette nomenclature qui constitue un standard européen, voire international, est spécifique à certaines substances.

Le choix de ce référentiel provient de sa capacité à couvrir l'ensemble des sources et des substances considérées dans les inventaires que la France doit communiquer aux différentes organisations internationales. Ce référentiel permet également de suivre la stratégie de système d'inventaire unique qui est recommandé et s'avère efficient. Bien que ne prétendant pas à l'exhaustivité, la SNAP 97 présente une liste détaillée d'activités (près de 400 items pour la résolution la plus fine). Quelques items, "autres" permettent d'inclure le cas échéant des activités supplémentaires (activités omises ou plus généralement négligées du fait de leurs très faibles contributions).

Le système utilisé prévoit une décomposition de chaque activité le cas échéant. Cette opportunité est utilisée, par exemple, pour différencier certains procédés, apprécier des tailles d'équipements, etc. Pour ce faire, des rubriques peuvent être ajoutées à l'activité lors de la construction de l'inventaire. Actuellement, pour les inventaires relatifs à la France, on dénombre plus de 400 activités élémentaires.

5.1.1.2 Format de rapportage PCAET

Les émissions de polluants sont rapportées selon le format PCAET défini par le décret du 26 juin 2016. Celui-ci prévoit qu' à l' échelle d' un territoire, les émissions de polluants soient présentées selon la sectorisation suivante :

- Branche énergie
- Industrie manufacturière
- Gestion des déchets
- Résidentiel
- Tertiaire
- Agriculture
- Transport routier
- Autres transports

Seules les émissions de niveau scope 1 (émissions directes) sont comptabilisées.

5.1.1.3 Approches bottom/up et top/down

La méthode privilégiée « bottom/up » utilise dans la mesure du possible les données d'activités et d'émissions les plus fines disponibles à l'échelle infra-communale (principales émissions industrielles…). Ces données sont ensuite agrégées à l'échelle communale pour le calcul des émissions.
Lorsque les informations n'existent pas à une échelle fine, des données régionales (surfaces chauffées, productions…) sont désagrégées à l'échelle communale au moyen de clés de désagrégation connues pour l'ensemble des communes de la région (population, emplois…).

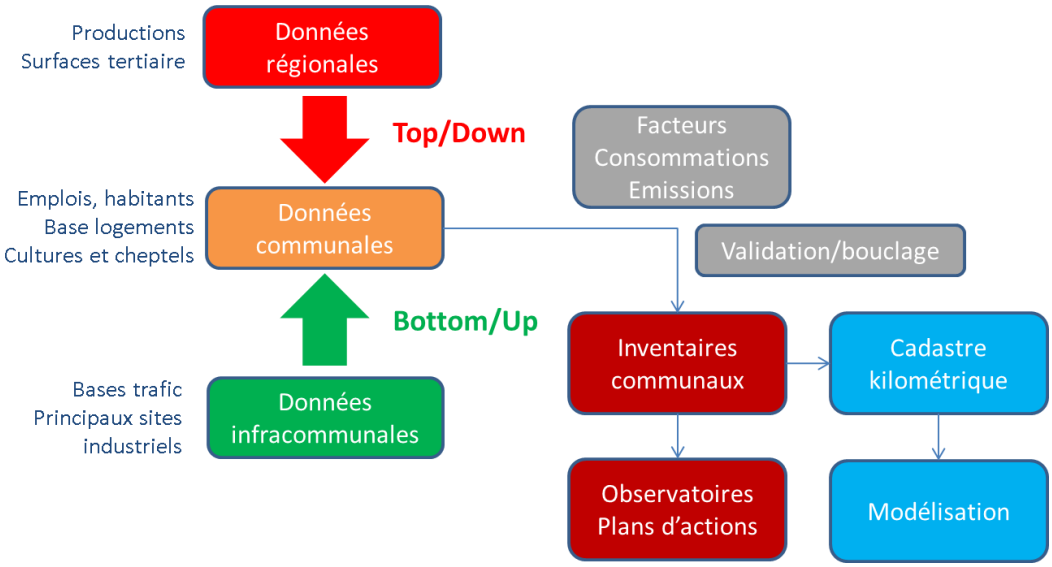


Schéma conceptuel d'élaboration d'un inventaire des émissions

5.1.1.4 Prévision des émissions par le modèle ARIMA

Le modèle ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) est une méthode statistique utilisée pour l'analyse et la prévision de séries de données temporelles. Cette méthode a déjà été utilisée et validée pour la prévision d'émissions de CH_4 en Malaisie (Yusuf et al., Management of Environmental Quality, 2014). La valeur prédite est supposée être une fonction linéaire des observations passées et de leurs erreurs aléatoires. Pour l'année 2021, la méthode a été mise en œuvre sur les secteurs suivants :

-
- Transport fluvial
- Biogénique
- Agriculture énergétique et non énergétique

Le secteur du transport aérien dont les émissions de l'année 2020 ont été calculées à partir du modèle ARIMA a pu être corrigé de l'impact du COVID en appliquant des coefficients nationaux fournis par le CITEPA.

Pour chaque secteur, des années dites d'apprentissage sont définies afin de fournir un historique des émissions au modèle. Ces années constituent la série temporelle la plus longue possible pour chaque secteur, à savoir de 2010 à 20121 pour une prévision des émissions de l'année 2022.

Une fois le modèle ARIMA implémenté numériquement, son intérêt réside dans sa capacité à pouvoir fournir une estimation rapide des émissions de l'année souhaitée tout en maintenant au mieux une cohérence avec l'historique de l'inventaire. Il s'agit donc d'une méthode intéressante pour pallier temporairement l'indisponibilité de données afin d'effectuer une mise à jour traditionnelle de l'inventaire ou pour une prévision d'un inventaire à l'échéance N-1.

5.1.1.5 Polluants et années inventoriés

L'inventaire des émissions de polluants est disponible à l'échelle communale. Les polluants suivants sont inventoriés pour les années 2000, 2005, 2007 puis depuis 2010 :

- Les substances relatives à l'acidification, l'eutrophisation et à la pollution photochimique :
  - Les oxydes d'azote (NO_X) ;
  - Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) ;
  - Le dioxyde de Soufre (SO_2) ;
  - L'ammoniac (NH_3) ;
- Les particules en suspension (PM10 et PM2.5)

5.1.1.6 Exigences d'un inventaire

Tout inventaire des émissions obéit à certains critères :

- **Exhaustivité des sources** : toutes les sources doivent être quantifiées, à l'exception des sources justifiées comme étant négligeables : la SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) liste l'ensemble des activités (environ 400) susceptibles d'émettre des polluants dans l'atmosphère ;
- **Comparabilité entre territoires** : les sources de données doivent être cohérentes entre les différents territoires pour permettre la comparaison de leurs émissions ;
- **Cohérence temporelle** : l'historique des années antérieures est recalculé lorsque la méthodologie évolue (source de données, facteurs d'émission) afin de conserver une cohérence entre toutes les années ;
- **Traçabilité** : toutes les sources de données utilisées sont tracées et documentées ;
- **Validation/bouclage** : tous les résultats produits font l'objet d'un circuit de validations croisées afin de pallier toute erreur éventuelle de calcul et/ou de raisonnement ;
- **Respect de la confidentialité** : étant donné qu'un certain nombre de données utilisées pour la modélisation sont confidentielles, toute donnée agrégée diffusée doit respecter les règles du secret statistique (au moins 3 établissements et moins de 85% de contribution pour le plus important).

5.1.1.7 Assurance et contrôle qualité

Un certain nombre de critères onusiens MRV (Mesurable, Rapportable Vérifiable) applicables aux inventaires d'émissions sont appliqués à l'inventaire régional :

- Tenue d'un catalogue de sources de données afin de renforcer la traçabilité entre serveur et base de données ;
- Tous les facteurs d'émissions sont sourcés et exprimés en unité native pour faciliter leur mise à jour ;
- Traçabilité de la date de calcul pour assurer la cohérence de l'ordre des traitements ;
- Documentation technique interne étoffée pour un meilleur partage des méthodes ;
- Veille réglementaire formalisée ;
- Tenue d'un plan d'amélioration de l'inventaire pour mieux formaliser les axes de progrès et planifier leur mise en œuvre ;
- Renforcement des procédures de validation sectorielle :
  - Comparaison systématique avec la version précédente
  - Vérification de la cohérence temporelle
  - Validation à l'échelle de plusieurs échelles territoriales
  - Analyse par activité fine, énergie, usage…
  - Conservation des émissions tout au long de la chaîne de calculs ;
- Assurance qualité : une validation croisée des bilans détaillés des émissions de GES est réalisée chaque année par AURA-EE, ce qui permet d'avoir un regard extérieur sur les données produites.

5.1.2 Modélisation sectorielle des émissions communales

La modélisation des émissions énergétiques s'appuie sur :

- le bilan des consommations finales d'énergie ;
- les consommations primaires de combustibles des réseaux de chaleur et unités d'incinération des ordures ménagères (UIOM) reliées en substitution aux livraisons de chaleur/froid.

Les consommations d'énergie sont associées à des facteurs d'émissions appropriés dépendant du combustible, du type de chaudière, des éventuels systèmes de dépollution sur les sites industriels…

Les émissions non énergétiques résultent du produit entre une donnée d'activité et un facteur d'émission approprié provenant du guide méthodologique national élaboré par le Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA).

5.1.2.1 Résidentiel

Le secteur résidentiel comprend les émissions :

- Energétiques :
  - Logements
  - Engins de loisirs à moteur thermique
- Non énergétiques :
  - Feux de jardin et brulage de câbles
  - Utilisation domestique de solvants et de produits pharmaceutiques

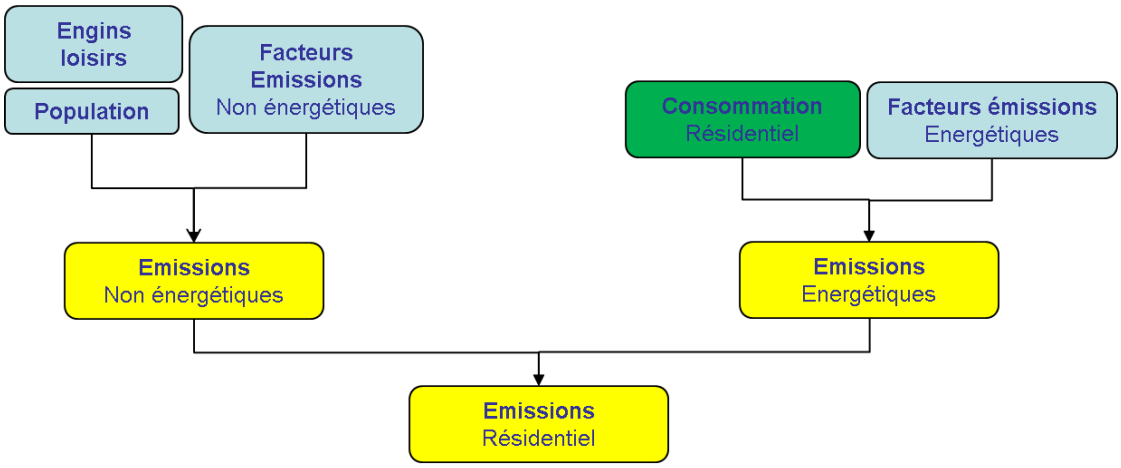


Schéma simplifié de calcul des émissions du secteur résidentiel

5.1.2.2 Tertiaire

Le secteur résidentiel comprend les émissions :

- Energétiques : cela comprend :
  - les huit branches « Bâtiments » définies par le CEREN, ayant recours au chauffage et aux autres usages (eau chaude sanitaire, cuisson, usages spécifiques de l'électricité) :
    - Bureaux
    - Cafés Hôtels Restaurants
    - Commerces
    - Enseignement/Recherche
    - Santé
    - Habitat communautaire
    - Sport, culture et loisirs

        - Activités liées aux transports (logistique, transports en commun)
    - D'autres branches consommatrices d'électricité :
        - Eclairage public
        - Consommations générales d'immeubles résidentiels et tertiaires
        - Entrepôts frigorifiques
        - Grands centres de recherche publics ou privés
        - Locaux de la défense nationale
        - Secteur des télécommunications
        - Secteur de l'eau
        - Secteur de l'édition
        - Datacenters
        - Remontées mécaniques des stations de ski
- Non énergétiques : anesthésie

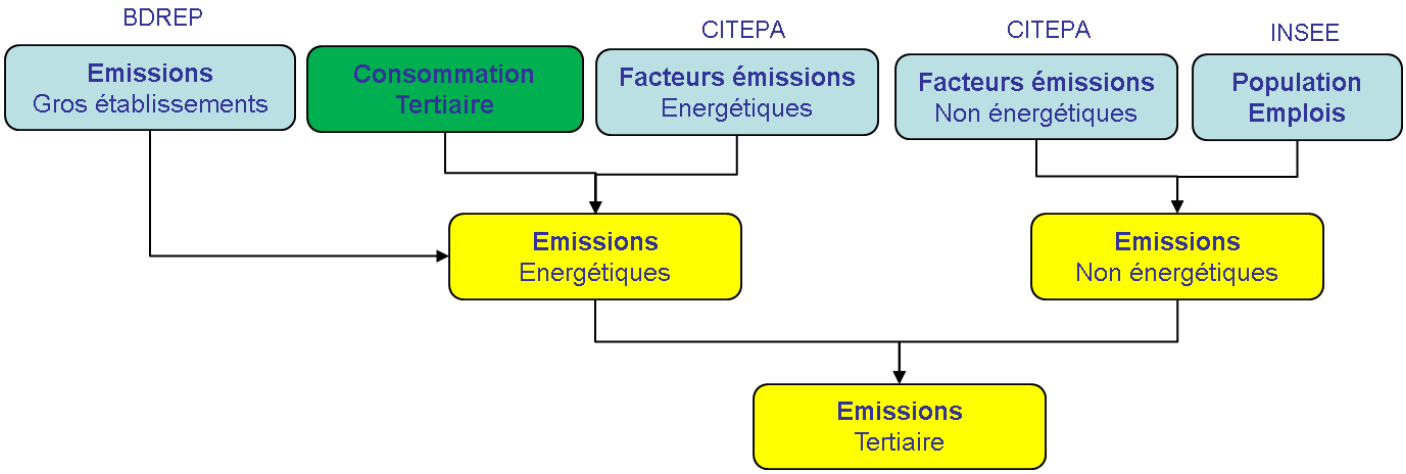


Schéma simplifié de calcul des émissions du secteur tertiaire

5.1.2.3 Industrie manufacturière

Le secteur de l'industrie manufacturière, dont les activités sont très variées, comprend les émissions :

- Energétiques
- Non énergétiques :
    - Application de peinture
    - Utilisation de solvants
    - Fabrication et mise en œuvre de produits chimiques : colles, peintures, encres…
    - Procédés de la sidérurgie, de l'industrie chimique et des métaux non ferreux (aluminium)
    - Procédés de décarbonatation productrice de CO_2 : chaux, ciment, tuiles/briques et verre
    - Bombes aérosols

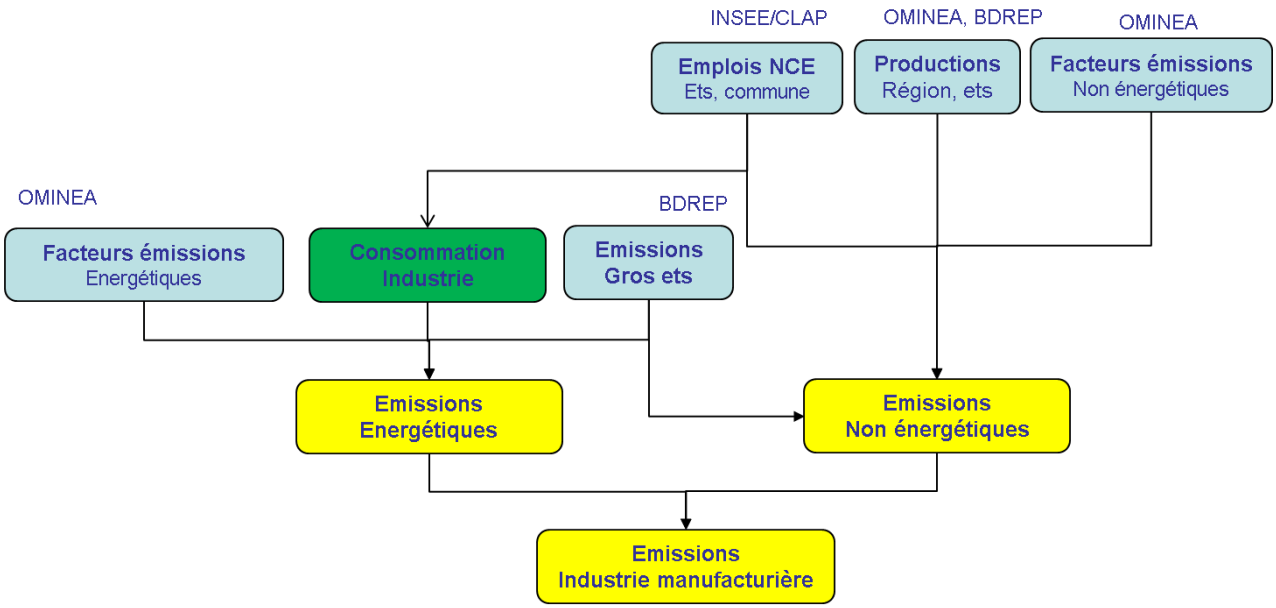


Schéma simplifié de calcul des émissions du secteur de l'industrie

5.1.2.4 Transformation d'énergie

Le secteur de la transformation d'énergie comprend les émissions :

- Energétiques
- Non énergétiques :
  - Réseaux de distribution de gaz (fuites)
  - Procédés de la sidérurgie et de l'industrie pétrolière

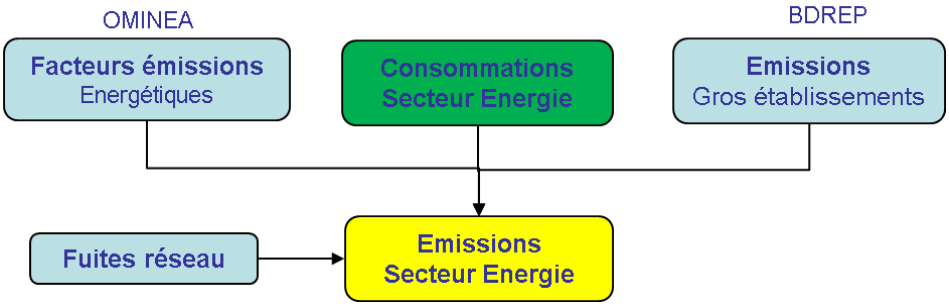


Schéma simplifié de calcul des émissions du secteur de l'énergie

5.1.2.5 Traitement des déchets

Le secteur du traitement des déchets comprend les émissions :

- Energétiques
- Non énergétiques :
  - Incinération des déchets
  - Décharges de déchets solides
  - Traitement des eaux usées
  - Production de compost et biogaz

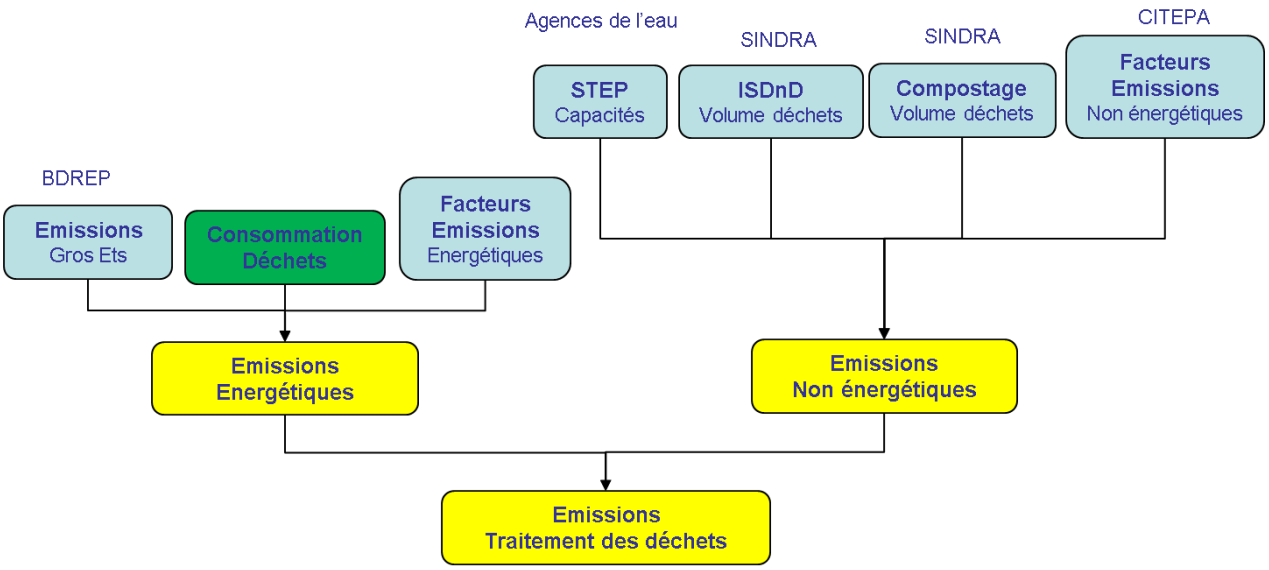


Schéma simplifié de calcul des émissions du secteur des déchets

5.1.2.6 Agriculture

Le secteur de l'agriculture comprend les émissions :

- Energétiques : bâtiments, serres, engins agricoles et sylvicoles
- Non énergétiques :
  - Fermentation entérique
  - Composés organiques et azotés issus des déjections animales
  - Culture avec engrais
  - Feux de déchets agricoles et écobuage
  - Utilisation de pesticides et de calcaire

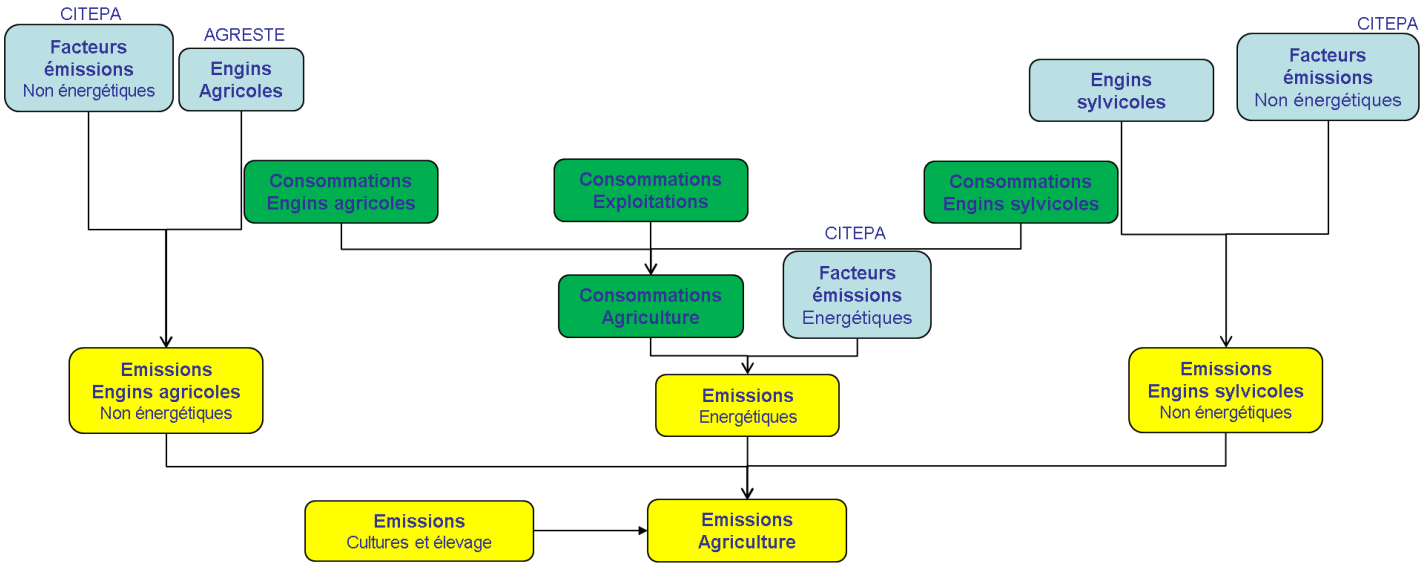


Schéma simplifié de calcul des émissions du secteur agricole et sylvicole

5.1.2.7 Transport routier

Le transport routier concerne l'ensemble des véhicules circulant sur la voie publique (voitures, véhicules utilitaires légers, poids-lourds, bus urbains, autocars et deux roues motorisés). Les volumes de trafic (Trafic Moyen Journalier Annuel TMJA) sont estimés sur le réseau structurant (autoroutes, nationales et majorité des départementales) et ventilés selon plus de 300 types détaillés de véhicules provenant du parc roulant national du CITEPA.

Le secteur du transport routier comprend les émissions :

- Energétiques : émissions à l'échappement
- Non énergétiques : aucune

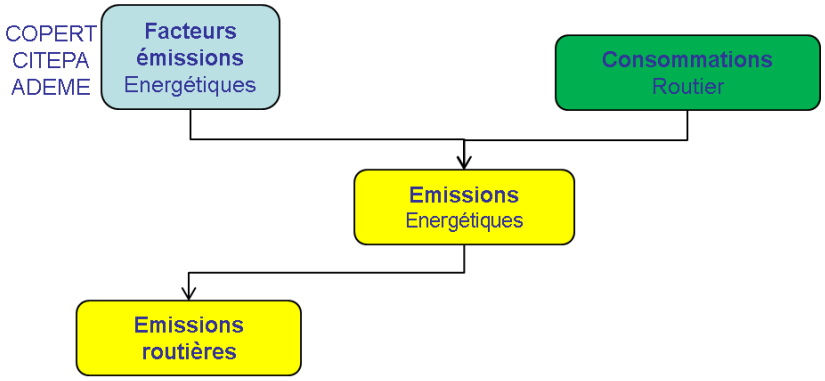


Schéma simplifié de calcul des émissions du transport routier

5.1.2.8 Autres transports

5.1.2.8.1 Transport ferroviaire

Le transport ferroviaire inclut :

- la circulation des trains sur l'ensemble des voies ferrées
- les transports en commun sur rail : métro, funiculaire et tramway.

Le secteur du transport ferroviaire comprend les émissions :

- Energétiques : émissions des trains à traction thermique
- Non énergétiques : aucune

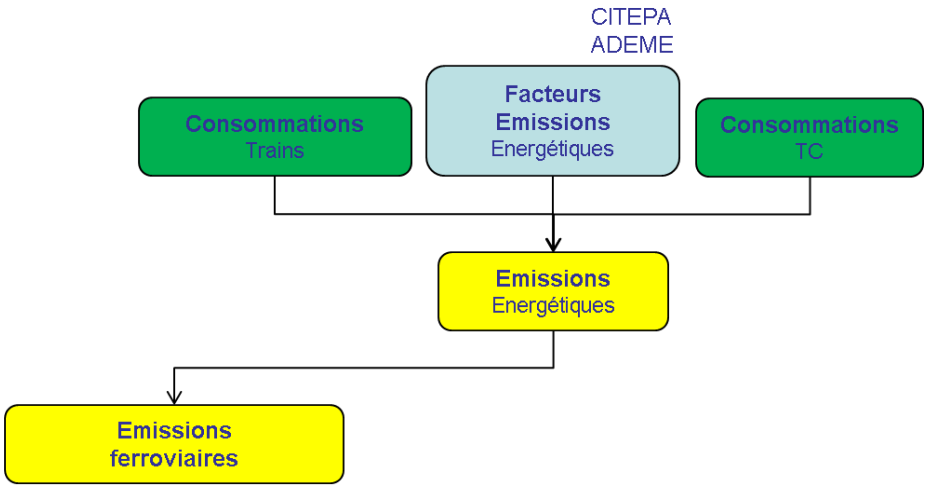


Schéma simplifié de calcul des émissions du transport ferroviaire

5.1.2.8.2 Transport aérien

Le secteur du transport aérien comprend les émissions :

- Energétiques :
  - Emissions des aéronefs
  - Engins de piste et auxiliaires thermiques : les émissions associées sont calculées sur l'aéroport de Lyon St-Exupéry, les émissions des autres plateformes étant considérées négligeables.
- Non énergétiques : aucune

En accord avec les conventions, le transport aérien international n'est plus pris en compte dans les bilans d'émissions de GES du transport aérien depuis la version 2021.

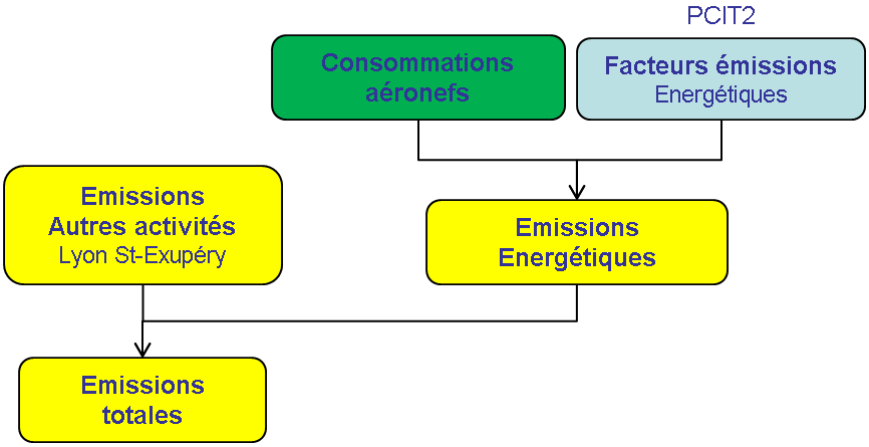


Schéma simplifié de calcul des émissions du transport aérien

29 plateformes sont considérées dans l'inventaire. Ces plateformes comprennent les aéroports ainsi que les petits aérodromes. Ces derniers, pour lesquels il est très difficile de collecter des informations fiables, ont un poids négligeable :

- Annemasse ;
- Alpe d' Huez ;
- Annecy Haute-Savoie ;
- Aubenas ;
- Aurillac ;
- Bellegarde-Vouvray ;
- Bourg-en-Bresse ;
- Chambéry Aix-les-Bains ;
- Clermont-Ferrand-Auvergne ;
- Courchevel ;
- Grenoble le Versoud ;
- Grenoble Isère (St-Geoirs) ;
- Issoire-Le-Broc ;
- Le Puy-Loudes ;
- Lyon Bron ;
- Lyon-Corbas ;
- Lyon St-Exupéry ;
- Megève ;
- Montélimar-Ancône ;
- Moulins-Montbeugny ;
- Roanne Renaison ;

- Saint-Etienne Bouthéon ;
- Saint-Flour ;
- Saint-Rambert ;
- Tournon ;
- Valence Chabeuil ;
- Vichy-Charmeil ;
- Vienne-Reventin ;
- Villefranche-Tarare.

5.1.2.8.3 Transport fluvial

Le transport fluvial comprend les émissions énergétiques :

- du trafic de marchandises sur l'axe Saône/Rhône
- du trafic de passagers et bateaux de plaisance sur l'axe Saône/Rhône, le canal latéral de la Loire et le canal de Roanne à Digoin.

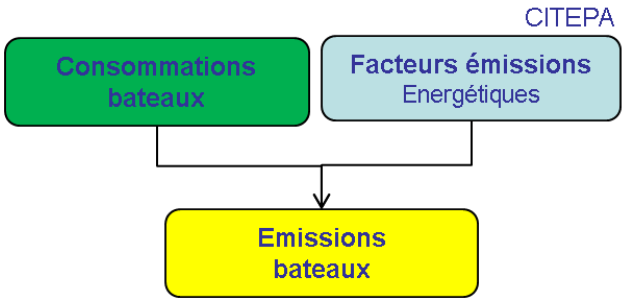


Schéma simplifié de calcul des émissions du transport fluvial

6 METHODOLOGIE DE CALCUL – THEMATIQUE ENERGIE

6.1 METHODOLOGIE DE CALCUL DES DONNEES DE CONSOMMATION D'ENERGIE

6.1.1 Généralités

Les territoires engagés dans une démarche Plan climat air énergie Territorial (PCAET) ont besoin d'un diagnostic de la consommation d'énergie finale de leur territoire par grand secteur d'activité, par vecteur énergétique et par usage. Un historique sur plusieurs années permet de se comparer aux objectifs régionaux de maitrise de la consommation d'énergie.

Des données de consommations réelles sont disponibles en OpenData à une échelle géographique communale, voire infra-communale, mais elles ne permettent pas d'en tirer un bilan exhaustif des consommations finales d'énergie :

- Ces données ne concernent pas les énergies diffuses : les livraisons de produits pétroliers ne sont disponibles qu'à l'échelle départementale tandis que les combustibles utilisés dans l'industrie ainsi que le bois énergie ne sont pas connus ;
- La sectorisation résidentiel/tertiaire/industrie/agriculture n'est pas homogène entre les opérateurs gaziers et électriciens ;
- L'historique des données gaz/électricité n'est pas fiable avant 2010 ;
- Les données réelles peuvent parfois présenter des « anomalies » liées par exemple à une régularisation de facture qui ne traduit pas toujours l'énergie réellement consommée sur une année civile. Ces données présentées comme réelles résultent toutefois d'estimations, tous les compteurs n'étant pas relevés au 31/12.

C'est pourquoi une modélisation complexe est nécessaire afin d'estimer pour chaque commune d'Auvergne-Rhône-Alpes les consommations finales d'énergie par secteur d'activités/vecteur énergétique/usage sur un historique remontant jusqu'à l'année 1990.

6.1.1.1 Approches bottom/up et top/down

La méthode privilégiée pour la réalisation d'un inventaire des consommations d'énergie est dite « bottom/up » : elle utilise dans la mesure du possible les données (activités, émissions) les plus fines disponibles à l'échelle infra-communale. Ces données sont ensuite agrégées à l'échelle communale préalablement au calcul des consommations d'énergie.

Lorsque les informations n'existent pas à une échelle fine, des données régionales sont désagrégées à l'échelle communale au moyen de clés de désagrégation connues pour l'ensemble des communes de la région (population, emplois…).

6.1.1.2 Prévision des émissions par le modèle ARIMA

Le modèle ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) est une méthode statistique utilisée pour l'analyse et la prévision de séries de données temporelles. Cette méthode a déjà été utilisée et validée pour la prévision d'émissions de CH_4 en Malaisie (Yusuf et al., Management of Environmental Quality, 2014). La valeur prédite est supposée être une fonction linéaire des observations passées et de leurs erreurs aléatoires. Pour l'année 2021, la méthode a été mise en œuvre sur les secteurs suivants :

- Transport fluvial
- Biogénique
- Agriculture énergétique ET non énergétique

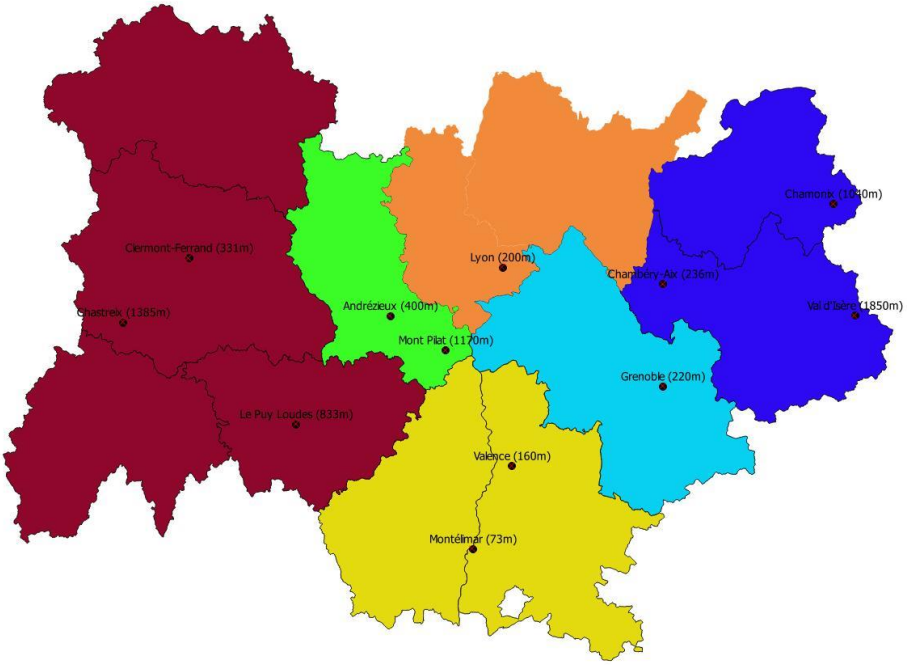
Pour chaque secteur, des années dites d'apprentissage sont définies afin de fournir un historique des émissions au modèle. Ces années constituent la série temporelle la plus longue possible pour chaque secteur, à savoir de 2010 à 2021 pour une prévision des émissions de l'année 2022.

Une fois le modèle ARIMA implémenté numériquement, son intérêt réside dans sa capacité à pouvoir fournir une estimation rapide des émissions de l'année souhaitée tout en maintenant au mieux une cohérence avec l'historique de l'inventaire. Il s'agit donc d'une méthode intéressante pour pallier temporairement l'indisponibilité de données afin d'effectuer une mise à jour traditionnelle de l'inventaire ou pour une prévision d'un inventaire à l'échéance N-1.

6.1.1.3 Estimation de la rigueur climatique pour les besoins en chauffage

Les consommations liées au chauffage sont pondérées selon la rigueur climatique de l'endroit considéré. Les degrés jours unifiés chauffagiste ont été utilisés pour quantifier la rigueur climatique à l'échelle communale selon les étapes suivantes :

- Un découpage de la région Auvergne-Rhône-Alpes en 5 zones a été réalisé (carte ci-après), de sorte qu'à altitude équivalente, la rigueur climatique soit à peu près homogène sur une zone. Il s'agit notamment de traiter spécifiquement les vallées alpines et les territoires méridionaux. A chaque zone ont été attribués 2 ou 3 sites Météo-France de référence (certains sites d'altitude pouvant être communs à plusieurs zones).



Zonage climatique et stations de référence utilisées pour l'estimation des DJU

- Calcul du Degré Jour Unifié (DJU) météo base 18°C pour chaque station de référence et chaque année :
    - Evaluation de la température moyenne de chaque jour : Tmoy = (Tmin+Tmax)/2
    - Calcul du DJU journalier :
        - Si Tmoy ≥ Seuil, alors DJU jour=0
        - Si Tmoy < Seuil, alors DJU jour= Seuil - Tmoy

  - Calcul du DJU annuel : DJU an = ∑ DJU jour
- Détermination du DJU communal par interpolation linéaire entre les deux stations de référence selon l'altitude moyenne des zones habitées de chaque commune. Ce champ a été déterminé par croisement entre la couche population du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) et un Modèle Numérique de Terrain.

6.1.1.4 Format de rapportage PCAET

Les consommations d'énergie sont rapportées selon le format PCAET défini par le décret du 26 juin 2016. Celui-ci prévoit qu'à l'échelle d'un territoire, les consommations d'énergies soient présentées selon la sectorisation suivante :

- Branche énergie
- Industrie manufacturière
- Gestion des déchets
- Résidentiel
- Tertiaire
- Agriculture
- Transport routier
- Autres transports

Les indicateurs de consommation d'énergie du territoire portent sur la consommation d'énergie finale réalisée sur le territoire. Ainsi, dans le cas particulier de territoires disposant d'installations de production d'électricité et de chaleur urbaine (connectées en réseau), la consommation d'énergie finale est comptabilisée au niveau du consommateur final (de chaleur ou d'électricité). Pour éviter les double-comptes, la consommation d'énergie des installations de production d'électricité et de chaleur du territoire n'est pas comptabilisée.
Un indicateur de consommation intégrant la correction climatique est également calculé. Cet indicateur (consommation normalisée) permet de gommer l'effet de la rigueur climatique (besoins en chauffage en particulier) sur les consommations d'énergie du territoire.

6.1.2 Elaboration du bilan régional des consommations sectorielles d'énergie

L'élaboration d'un bilan régional des consommations d'énergie est une étape essentielle préalablement à une descente à l'échelle communale et aux calculs d'émissions de polluants locaux et de GES. Ce bilan est réalisé par année, grands secteurs consommateurs d'énergie et vecteurs énergétiques.

Les principales sources de données utilisées sont les suivantes :

- Les consommations régionales par secteur et énergie sont fournies par le SDES pour les années antérieures à 2009 ;
- De nombreuses données sont disponibles en OpenData grâce à l'article 179 de la LTECV et couvrent généralement les années postérieures à 2010 :
  - Echelle communale et IRIS pour gaz/élec par grands secteurs d'activités ;
  - Livraisons de chaleur/froid à l'échelle de chaque réseau de chaleur/froid ;
  - Livraisons départementales de carburants routiers/non routiers, de fioul domestique et GPL.
- Les fournisseurs d'énergie partenaires de l'ORCAE Auvergne-Rhône-Alpes (en particulier ENEDIS, RTE, GrDF, GRTgaz) fournissent des informations complémentaires à l'OpenData et/ou un historique plus conséquent :
  - Consommations des clients industriels
  - Sectorisation plus précise sur l'électricité : résidentiel, sous-secteurs de l'industrie…
- Les enquêtes de l'INSEE (EACEI et IAA) permettent d'avoir des informations sur une grande partie du secteur de l'industrie : consommations détaillées par sous-secteurs, énergies (dont fioul lourd et combustibles minéraux solides) ;
- Les enquêtes RICA (AGRESTE) apportent des informations précieuses dans le secteur de l'agriculture ;
- Certaines études du CEREN permettent également d'évaluer à l'échelle régionale les consommations de certaines branches tertiaires : datacenters, grands centres de recherche, entrepôts frigorifiques…
- La BDREP permet d'avoir une connaissance précise sur les consommations annuelles d'énergie des établissements industriels soumis à déclaration de leurs émissions et consommations d'énergie (hors électricité). Les informations sont disponibles depuis 2007 ;
- Concernant la biomasse, plusieurs sources de données sont utilisées :
  - Enquêtes nationales de l'ADEME (évolutions interannuelles) ;
  - Enquêtes régionales du CEREN (structure du parc d'appareils, consommations régionales) ;
  - Enquête régionale FIBOIS AuRA permettant une estimation régionale des consommations de granulés ;
  - Bilan régional de consommation d'énergie du SDES.

6.1.2.1 Fioul domestique (FOD)

En dehors des secteurs résidentiel/tertiaire, industrie et agriculture, le fioul domestique est utilisé jusqu'en 2005 dans le transport ferroviaire et 2011 dans les autres transports non routiers : fluvial, engins agricoles et sylvicoles, Engins Mobiles Non Routiers (EMNR) dans l'Industrie (chariots élévateurs, engins de BTP…). Il est ensuite remplacé par le Gazole Non Routier (avec une phase transitoire Gazole pour le ferroviaire entre 2005 et 2011). Le schéma suivant précise les sources de données utilisées pour évaluer les consommations par secteur d'activités.

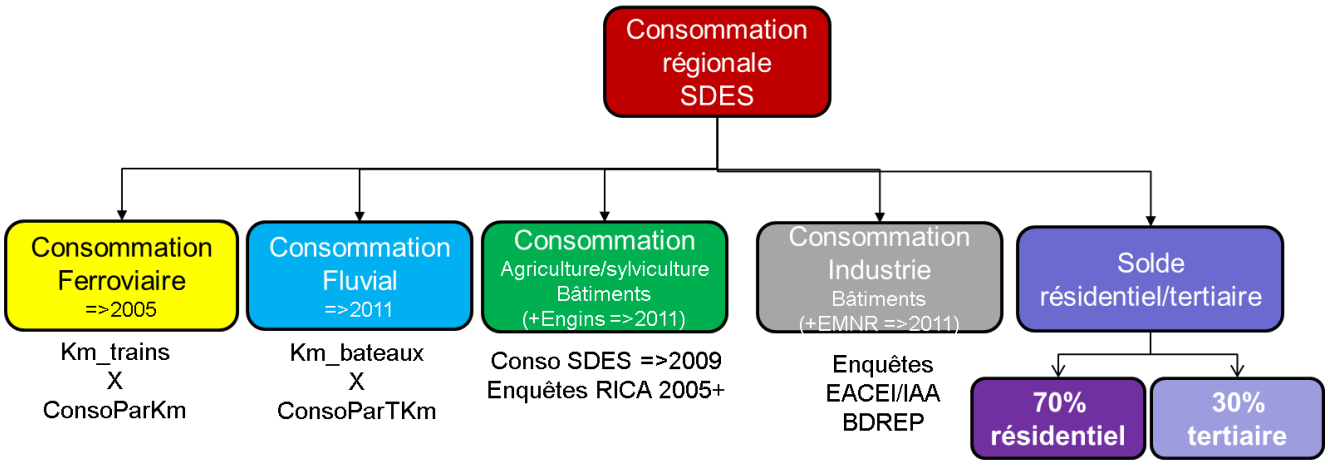


Schéma général d'évaluation des consommations régionales sectorisées de fioul domestique

Les consommations des EMNR sont estimées selon une méthode bottom/up par le produit entre une donnée d'activité connue ou estimée à l'échelle communale et un facteur unitaire de consommation. A noter que le ratio 70%/30% affecté au solde résidentiel/tertiaire provient d'une hypothèse nationale prise par le SDES.

6.1.2.2 Gazole Non Routier (GNR)

L'utilisation du gazole non routier est obligatoire à partir du 1er mai 2011, à l'exception des engins agricoles pour lesquels l'obligation est fixée au 1er novembre 2011. Sur l'année transitoire 2011, il est considéré que les besoins sont couverts à 50% par du fioul domestique (FOD) et 50% par du GNR.

Les secteurs consommateurs de GNR sont les suivants :

- Agriculture : engins agricoles et sylvicoles ;
- Ferroviaire : locomotives diesel ;
- Fluvial : fret et transport de passagers à l'exclusion du transport de plaisance ;
- EMNR : industrie et BTP.

Les consommations sectorisées sont reconstituées par méthode bottom/up, le solde étant affecté aux EMNR.

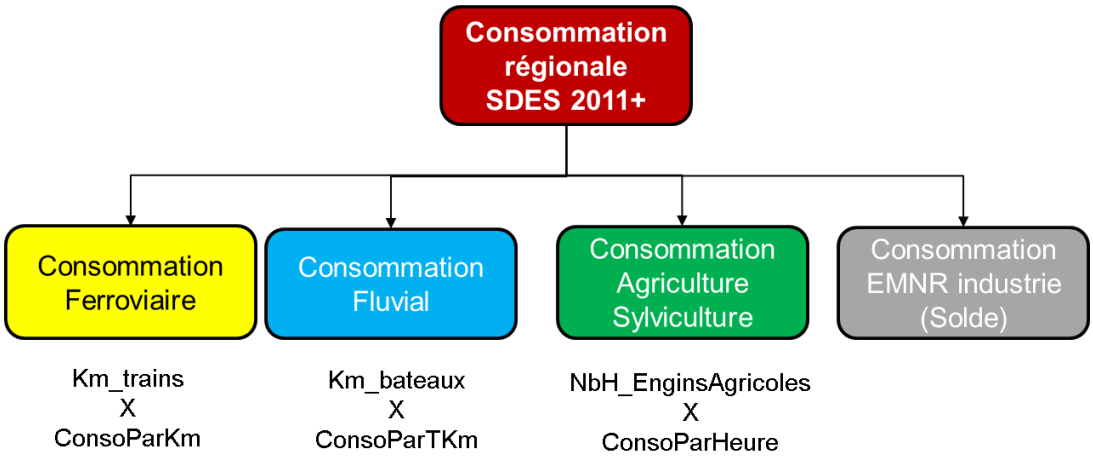


Schéma général d'évaluation des consommations régionales sectorisées de Gazole Non Routier

6.1.2.3 Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL)

Les secteurs consommateurs de GPL sont les suivants :

- Transport routier : essentiellement voitures particulières ;
- Agriculture : chauffage (locaux, serres) ;
- Industrie : bâtiments et EMNR ;
- Résidentiel/tertiaire : le solde est ventilé à 80% sur le résidentiel et 20% sur le tertiaire (ratio national du SDES).

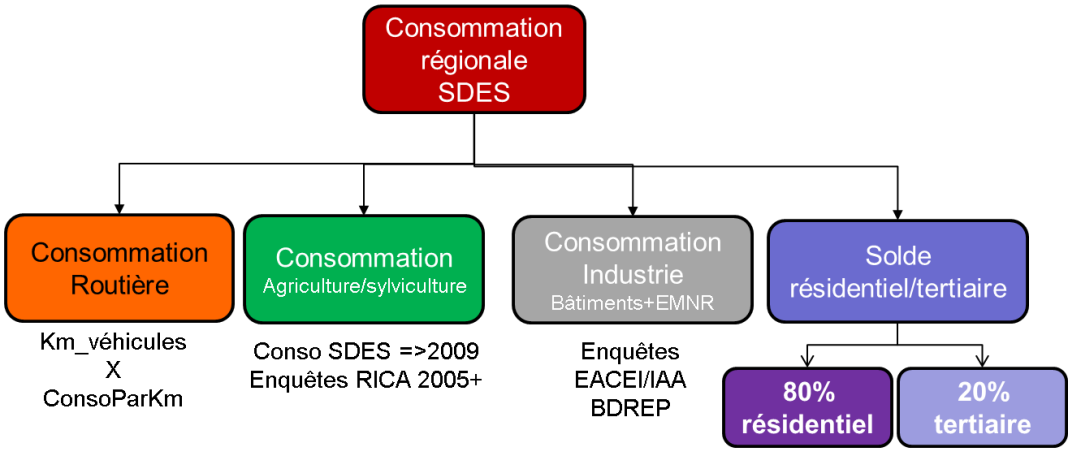


Schéma général d'évaluation des consommations régionales sectorisées de GPL

6.1.2.4 Combustibles minéraux solides (CMS)

Cette classification regroupe le charbon et différentes formes de coke (houille, pétrole). Cette énergie est essentiellement utilisée dans l'industrie et très marginalement dans le résidentiel : en l'absence de données fiables sur le nombre de logements utilisant encore cette énergie, un taux de décroissance forfaitaire de 10% par an est utilisé sur le nombre de logements de 1999.

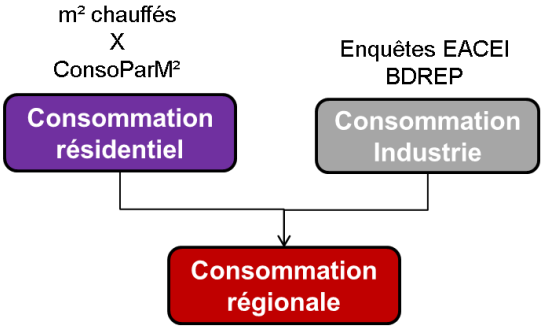


Schéma général d'évaluation des consommations régionales sectorisées de CMS

6.1.2.5 Carburants routiers

Les consommations de gazole et supercarburants sont estimées par bottom/up par le produit entre le nombre de véhicules.km parcourus sur la région et des facteurs unitaires de consommation (issus de la méthodologie européenne COPERT) dépendant du type de véhicule, de la cylindrée/PTAC, norme Euro, vitesse, voire rampe, charge…

Un contrôle de cohérence (et non un bouclage) est ensuite réalisé à l'échelle régionale entre les valeurs modélisées et les ventes de carburants, étant donné les limites d'interprétation de ces données (échanges transfrontaliers avec la Suisse, quantités livrées sur une région pouvant être distribuées sur une autre…).

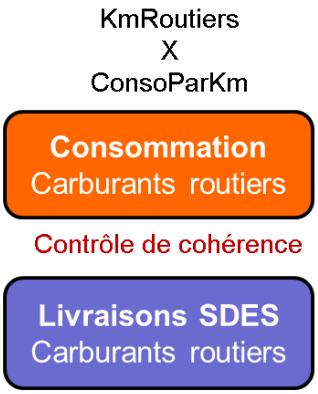


Schéma général d'évaluation des consommations régionales sectorisées de carburants routiers

6.1.2.6 Kérosène

Les livraisons régionales de kérosène diffusées par le SDES ne sont pas utilisées car le biais évoqué sur les carburants routiers est plus marqué sur ce combustible : par exemple aucune livraison de kérosène ne ressort sur l'ex-région Auvergne alors que plusieurs plateformes aéroportuaires (dont Clermont Auvergne) existent. La modélisation consiste à évaluer une consommation par plateforme aéroportuaire par bottom/up et de boucler ensuite sur les consommations modélisées par la DGAC, qui dispose de données plus détaillées notamment sur les parcs d'aéronefs.

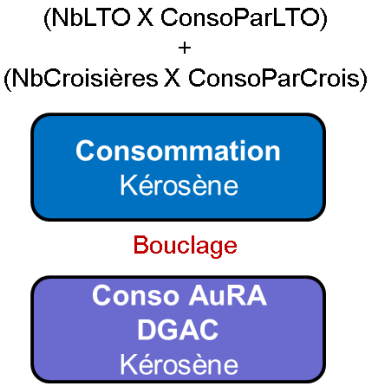


Schéma général d'évaluation des consommations régionales sectorisées de kérosène

6.1.2.7 Gaz

Les secteurs consommateurs de gaz naturel sont les suivants :

- **Agriculture** : chauffage (locaux, serres) ;
- **Résidentiel** : sectorisation fournie par le SDES et les données fournies en OpenData ;
- **Tertiaire** : la sectorisation fournie par les opérateurs énergétiques n'est pas utilisée car le périmètre des activités n'est pas cohérent avec celui du CEREN sur lequel s'appuie la modélisation ;
- **Industrie** : la sectorisation fournie par les opérateurs énergétiques n'est pas utilisée car le périmètre des activités n'est pas cohérent avec celui des enquêtes EACEI/IAA.

C'est pourquoi, le bouclage énergétique est réalisé sur les activités tertiaire/industrie sur la base du solde (total-agriculture-résidentiel).

A noter que la contribution du transport routier (GNV) reste marginale dans le parc roulant actuel.

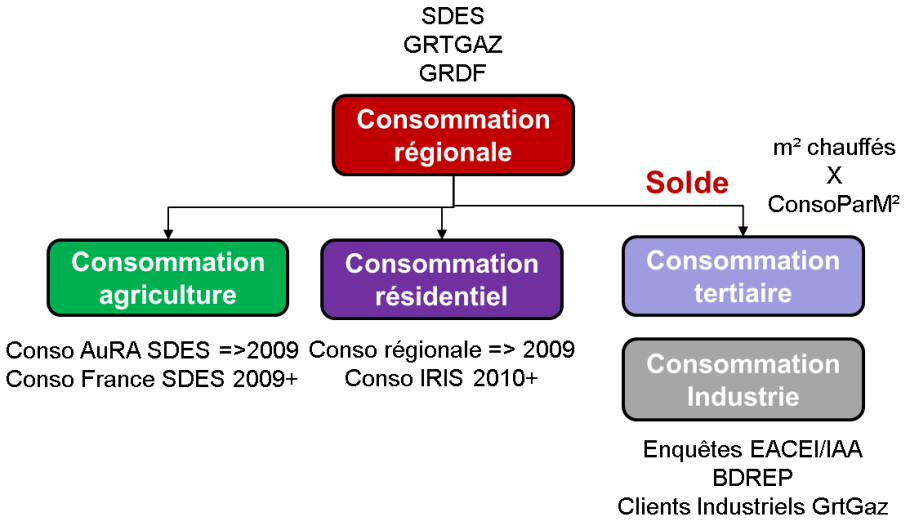


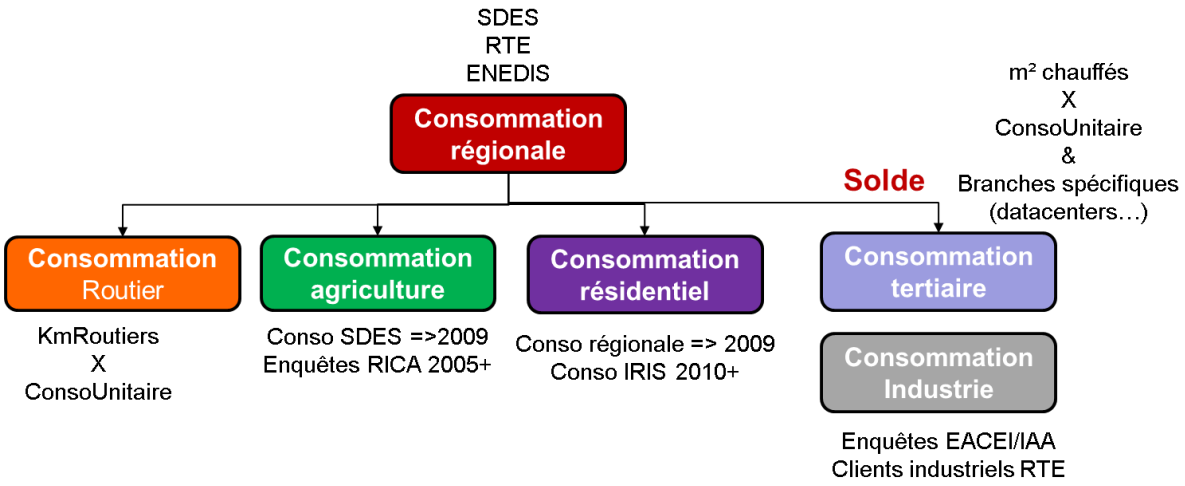
Schéma général d'évaluation des consommations régionales sectorisées de gaz naturel

6.1.2.8 Electricité

Les secteurs consommateurs d'électricité sont les suivants :

- **Transport routier** : véhicules électriques dont la proportion augmente fortement ces dernières années ;
- **Agriculture** : chauffage ;
- **Résidentiel** : sectorisation fournie par le SDES et les données fournies en OpenData ;
- **Tertiaire** : au-delà des 8 branches d'activités définies par le CEREN, ce secteur couvre également des branches très consommatrices d'électricité : datacenters, grands centres de recherche, entrepôts frigorifiques… La sectorisation fournie par les opérateurs énergétiques n'est pas utilisée car le périmètre des activités n'est pas cohérent avec celui du CEREN sur lequel s'appuie la modélisation ;
- **Industrie** : la sectorisation fournie par les opérateurs énergétiques n'est pas utilisée car le périmètre des activités n'est pas cohérent avec celui des enquêtes EACEI/IAA.

C'est pourquoi, le bouclage énergétique est réalisé sur les activités tertiaire/industrie sur la base du solde (total-agriculture-résidentiel).



6.1.2.9 Bois énergie

Le bois énergie est essentiellement utilisé dans le résidentiel, mais aussi dans le secteur tertiaire et l'industrie. Un croisement entre différentes sources de données différenciées et complémentaires permet d'évaluer les consommations de bois énergie régionales pour ces trois secteurs d'activité.

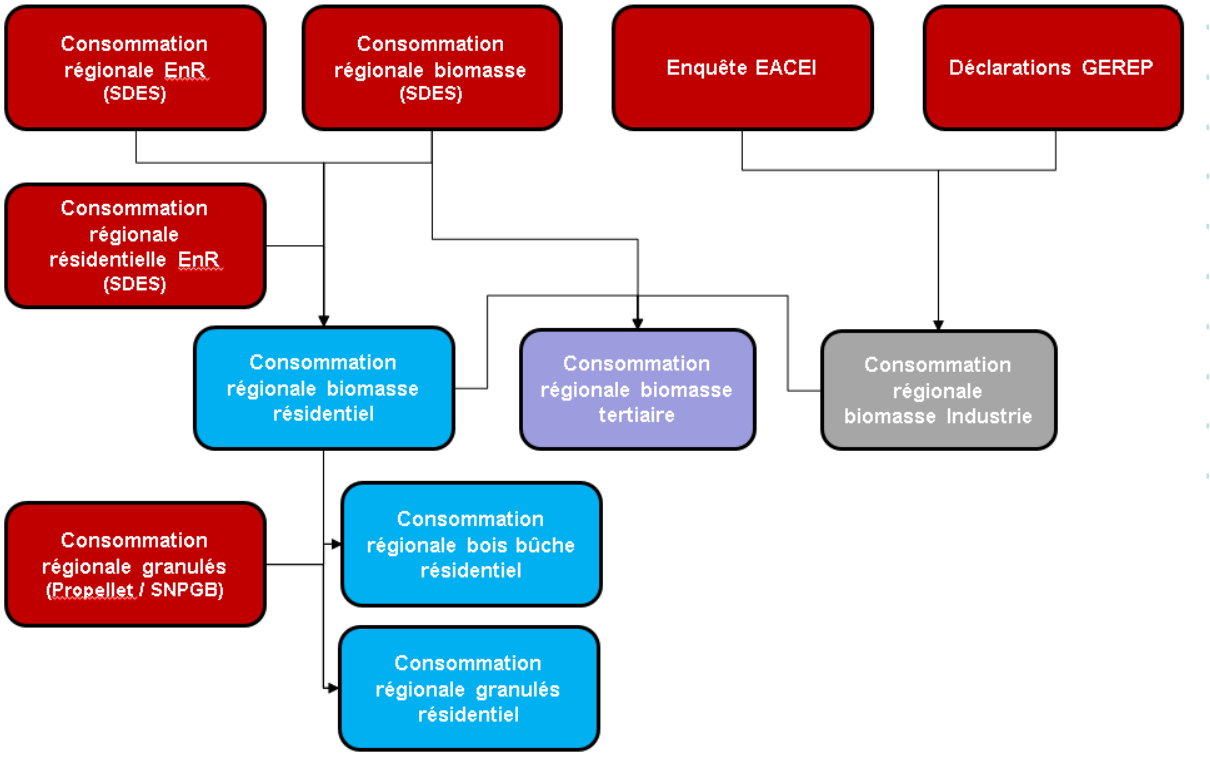


Schéma général d'évaluation des consommations régionales sectorisées de bois énergie

Le bilan de production et consommation régional d'énergie du SDES permet de connaitre les valeurs de consommation d'EnR et de biomasse tous secteurs ainsi que la consommation résidentielle d'EnR. Le recoupement de ces données permet d'estimer une consommation régionale de biomasse pour le secteur résidentiel. Pour ce secteur, en complément, les données de consommation de granulés de l'organisme Propellet permettent de différencier bois bûche et granulés.

Pour le secteur industriel, l'estimation des consommations est assurée par l'enquête annuelle EACEI de l'INSEE, associée aux déclarations issues du registre GEREP.

Enfin, les consommations de bois du secteur tertiaire sont obtenues en croisant la consommation régionale SDES, la consommation de bois du secteur résidentiel et celle de l'industrie.

6.1.2.10 Chaleur et Froid

Les livraisons de chaleur et froid sont disponibles en OpenData par réseau de chaleur et sous-secteurs livrés (résidentiel, tertiaire, industrie et agriculture) et sont complétées par d'autres sources (notamment AURA-EE) pour les réseaux non renseignés. L'agrégation de l'ensemble des données permet d'obtenir une valeur régionale.

6.1.3 Modélisation communale par macro secteurs d'activités

6.1.3.1 Résidentiel

Les consommations du secteur résidentiel proviennent :

- Du chauffage des **bâtiments** selon l'énergie utilisée :
  - **Bois bûche individuel** : parc communal d'appareils de chauffage au bois qui ressort de l'enquête régionale 2017 et d'enquêtes locales, auxquelles on associe des consommations annuelles moyennes de bûches et granulés ;
  - **Réseau de chaleur** : livraisons de chaleur attribuées au secteur résidentiel, réparties sur les logements ayant déclaré cette énergie de chauffage ;
  - **Autres énergies** : enquêtes détail logements de l'INSEE associées à des consommations unitaires par énergie et usage.
- Des autres usages associés aux bâtiments : eau chaude sanitaire, cuisson et usages spécifiques de l'électricité ;
- De l'utilisation des engins de loisirs : évaluation d'un nombre d'appareils sur les maisons individuelles des résidences principales, associé à une durée annuelle de fonctionnement et une consommation horaire moyenne.

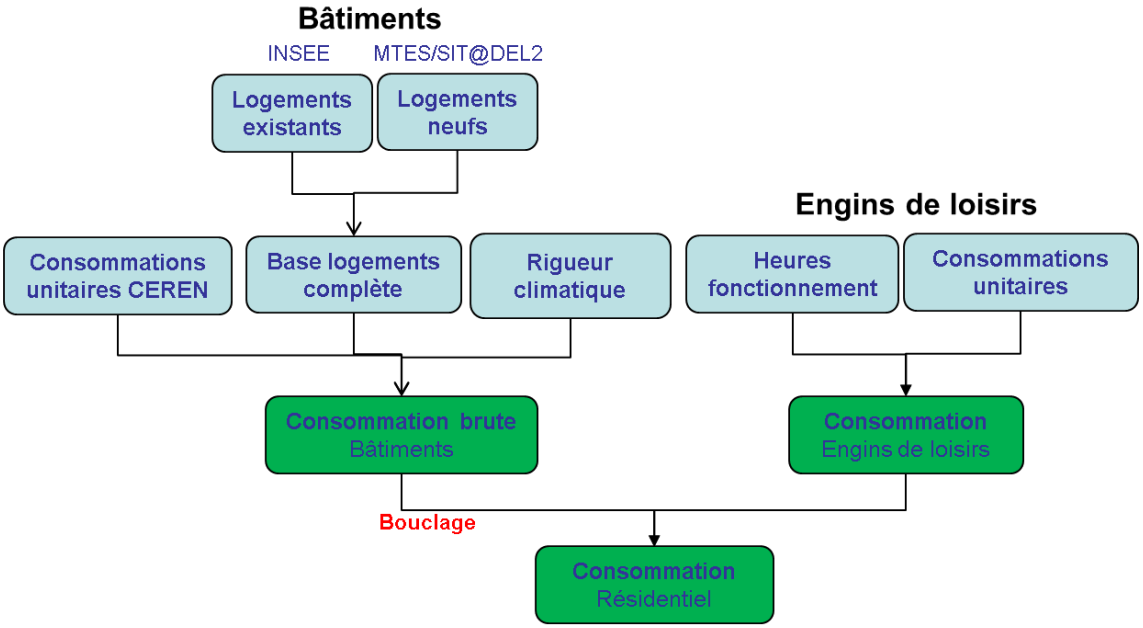


Schéma simplifié de calcul des consommations du secteur résidentiel

L'évaluation des consommations de bois pour le chauffage individuel au bois fait l'objet d'un traitement particulier. En effet, une enquête régionale sur le parc et les consommations des appareils individuels de chauffage au bois a été menée en 2017 [1] et a conduit à l'élaboration de trois parcs.
En complément, des enquêtes locales existantes pour les territoires de l'Arve (ADEME 2012), les métropoles de Grenoble (BIOMQA 2013) et Lyon (EMBRE 2015) ont été utilisées.
Ces enquêtes permettent ainsi, pour une année donnée de connaitre le parc communal d'appareils des résidences principales selon :

- Le mode de chauffage : base ou appoint
- 12 classes d'appareils distinguant :
  - Leur type : foyer ouvert, insert, poêle/cuisinière, chaudière

- Le combustible : bois bûche ou granulés (plaquettes négligeables dans le résidentiel)
- Par ancienneté : ancien (<2002), récent (>2002) et performant (label FV).

La reconstitution des autres années couvertes par l'inventaire a ensuite été réalisée au moyen de plusieurs sources de données :

- Durée de vie par type d'appareil pour caractériser le renouvellement naturel ;
- Conversion énergétique des logements et nouveaux logements à partir des enquêtes détail logement de l'INSEE depuis 1990 ;
- Prise en compte du renouvellement anticipé des appareils grâce aux fonds Air Bois de l'Arve et Grenoble ;
- Hypothèses concernant la part d'appoint bois lorsque le chauffage principal n'est pas couvert par le bois (enquêtes régionales CEREN) ;
- Statistiques sur les achats d'appareils neufs, ainsi que sur l'évolution nationale du parc (CITEPA).

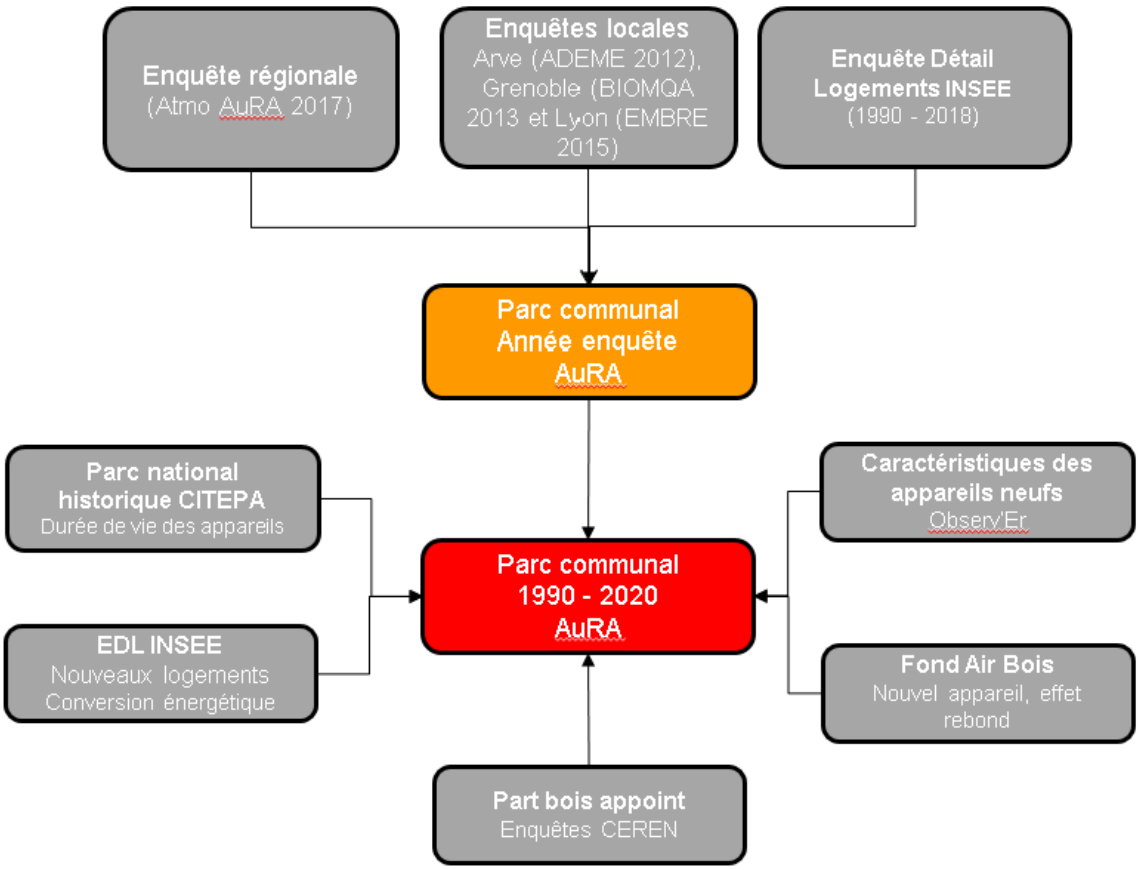


Schéma simplifié de la méthode d'estimation du parc communal d'appareils de chauffage au bois

La connaissance détaillée du parc d'appareils de chauffage au bois permet de calculer des consommations par appareil selon le logigramme ci-dessous :

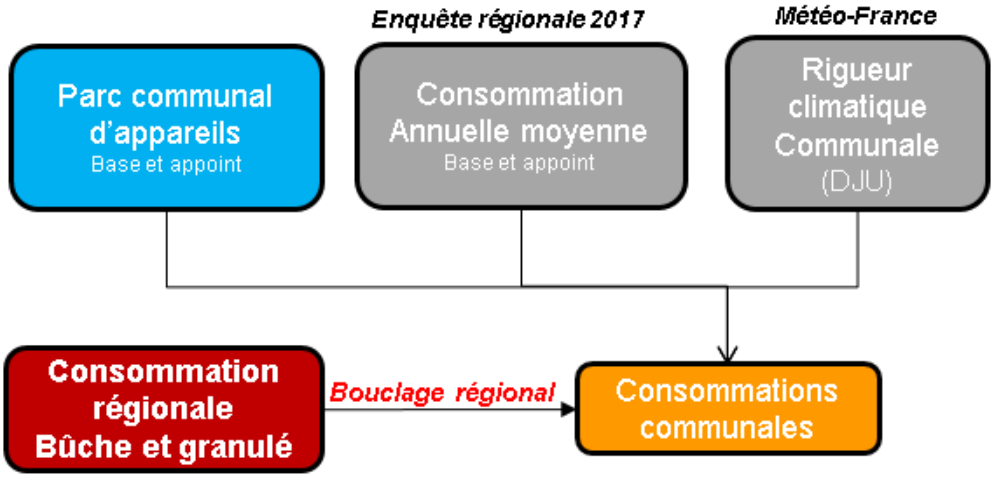


Schéma simplifié du calcul des consommations communales de bois de chauffage

Les consommations moyennes pour un usage en base ou en appoint ont été actualisées à partir des déclarations issues de l'enquête régionale de 2017. Enfin, un bouclage des consommations de bois modélisées est effectué à l'échelle régionale, avec une distinction entre bûche et granulé.

6.1.3.2 Tertiaire

Les consommations du secteur tertiaire proviennent :

- Du chauffage des **bâtiments** selon l'énergie utilisée :
  - **Réseau de chaleur** : livraisons de chaleur attribuées au secteur tertiaire, réparties sur les bâtiments appropriés ;
  - **Autres énergies** : surfaces régionales chauffées pour chacune des huit branches réparties sur chaque commune (au prorata des emplois ou des élèves) puis associées à des consommations unitaires par énergie et usage :
    - Bureaux
    - Cafés Hôtels Restaurants
    - Commerces
    - Enseignement/Recherche
    - Santé
    - Habitat communautaire
    - Sport, culture et loisirs
    - Activités liées aux transports (logistique, transports en commun)
- Des autres usages associés aux bâtiments : eau chaude sanitaire, cuisson et usages spécifiques de l'électricité ;
- De l'utilisation de l'électricité pour d'autres branches :
  - Eclairage public
  - Consommations générales d'immeubles résidentiels et tertiaires
  - Entrepôts frigorifiques
  - Grands centres de recherche publics ou privés
  - Locaux de la défense nationale
  - Secteur des télécommunications
  - Secteur de l'eau
  - Secteur de l'édition
  - Datacenters

- Remontées mécaniques des stations de ski

Les consommations de certains hôpitaux et grands centres de recherche sont directement issues de la BDREP ou des données RTE en OpenData.

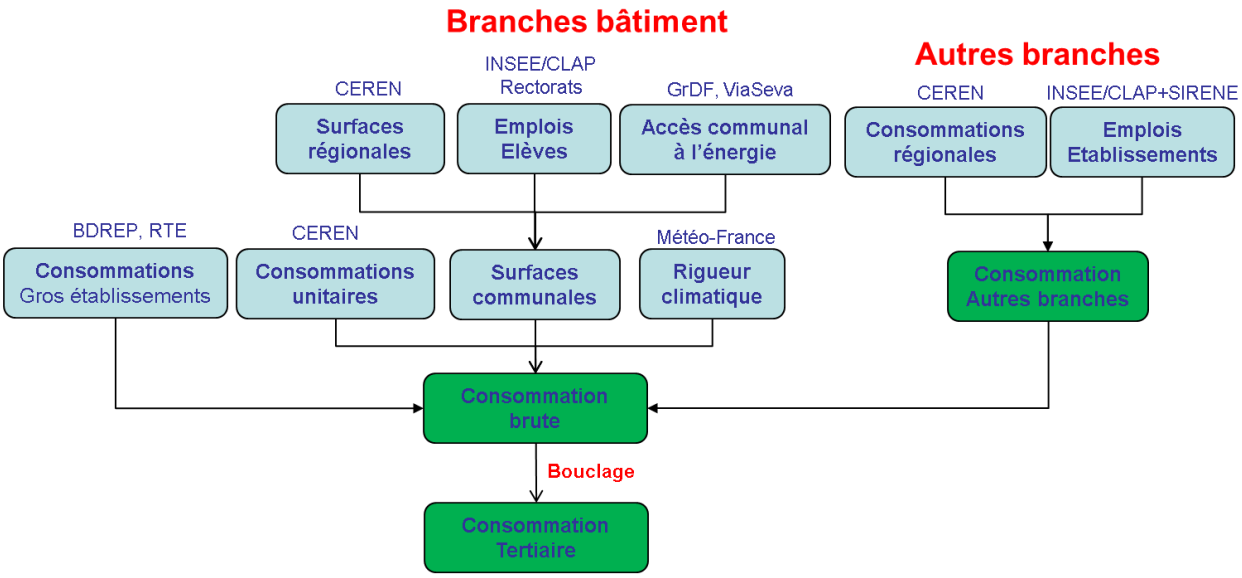


Schéma simplifié de calcul des consommations du secteur tertiaire

6.1.3.3 Industrie manufacturière

Les consommations de l'industrie manufacturière sont évaluées selon plusieurs sources :

- Pour les plus grosses industries, les consommations individualisées sont déduites de la BDREP et des données en Open Data fournies par RTE et GRTgaz ;
- Les consommations des autres entreprises sont déduites du solde entre les consommations régionales par sous-secteur et celles des grosses entreprises citées plus haut, ventilées à l'échelle communale au prorata des salariés ;
- Concernant les engins du BTP pour lesquels aucune statistique n'est disponible, la méthode du guide méthodologique du Pôle de Coordination des Inventaires Territoriaux (PCIT) est suivie.

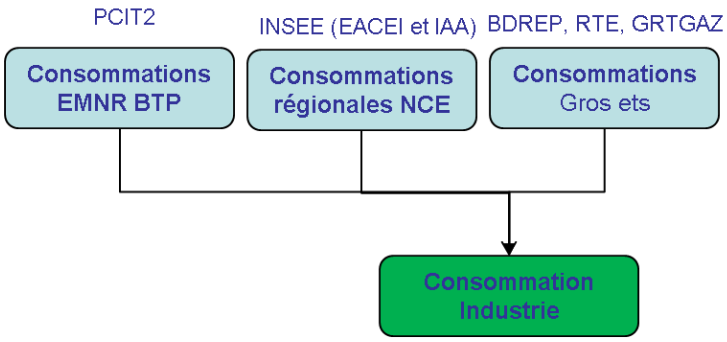


Schéma simplifié de calcul des consommations du secteur industrie manufacturière

6.1.3.4 Production et transformation d'énergie

Ce secteur, qui comprend essentiellement les centrales thermiques productrices d'électricité, la raffinerie de Feyzin et les réseaux de chaleur, n'est pas comptabilisé dans le bilan des consommations finales d'énergie afin de ne pas générer de doubles comptes avec l'énergie finale consommée par ailleurs : par exemple, les ventes de chaleur/froid produit par les réseaux de chaleur sont directement prises en compte dans les secteurs résidentiel, tertiaire, industrie manufacturière et agriculture.

6.1.3.5 Traitement des déchets

Les consommations finales d'énergie dans le traitement des déchets concernent :

- Les UIOM non reliées à un réseau de chaleur : les informations sont issues de la BDREP ;
- Les Stations d'épuration (STEP).

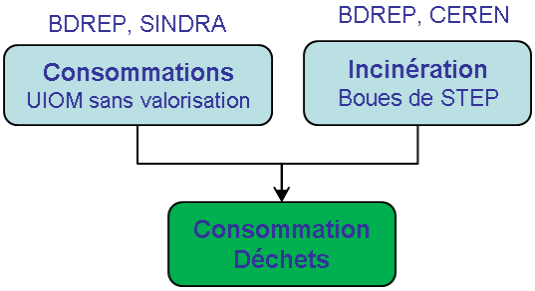


Schéma simplifié de calcul des consommations pour le traitement des déchets

6.1.3.6 Agriculture et sylviculture

Les consommations du secteur agriculture/sylviculture sont évaluées pour les postes suivants :

- **Exploitations** : chauffage (bâtiments, serres) et usages spécifiques de l'électricité par croisement entre exploitations communales et consommations régionales ;
- **Engins agricoles** : consommations de carburant selon 17 types d'engins provenant des enquêtes décennales de l'AGRESTE ;
- **Engins sylvicoles** : consommations de carburant selon 4 types d'engins dont la répartition communale est obtenue par croisement entre parc national d'engins, récoltes de bois à différentes échelles et surfaces forestières communales.

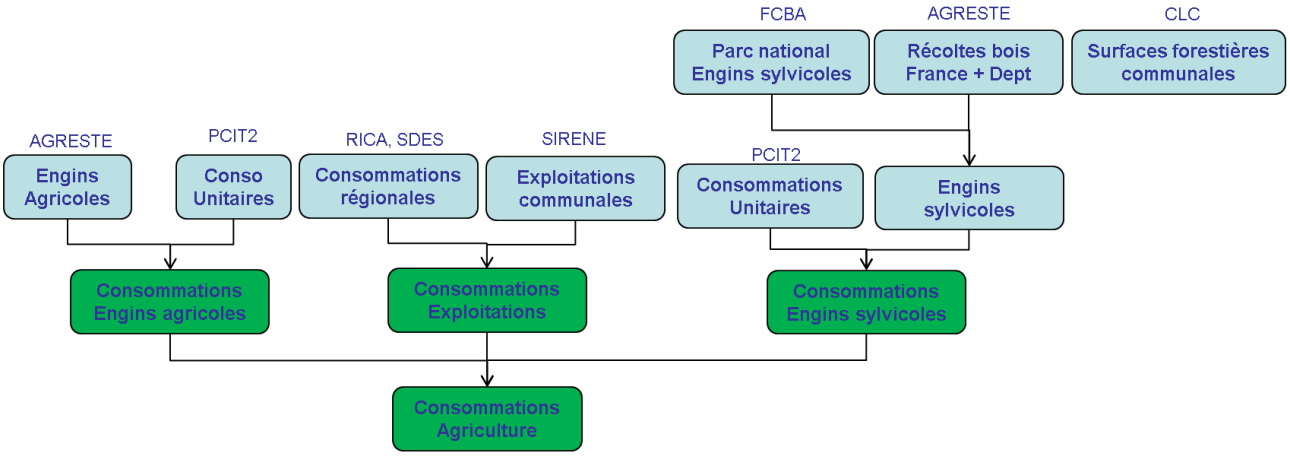


Schéma simplifié de calcul des consommations pour le secteur agriculture/sylviculture

6.1.3.7 Transport routier

Les consommations du transport routier concernent l'ensemble des véhicules circulant sur la voie publique (voitures, véhicules utilitaires légers, poids-lourds, bus urbains, autocars et deux roues motorisés). Les volumes de trafic (Trafic Moyen Journalier Annuel TMJA) sont estimés sur le réseau structurant (autoroutes, nationales et majorité des départementales) et ventilés selon plus de 300 types détaillés de véhicules provenant du parc roulant national du CITEPA. Les consommations de carburant ou d'électricité sont estimées à partir de la source européenne COPERT, en tenant compte de la vitesse, des conditions météorologiques (pour le calcul des surconsommations à froid), de la rampe de la route…

Les consommations d'électricité des trolleybus sont également prises en compte à partir des données fournies par l'exploitant.

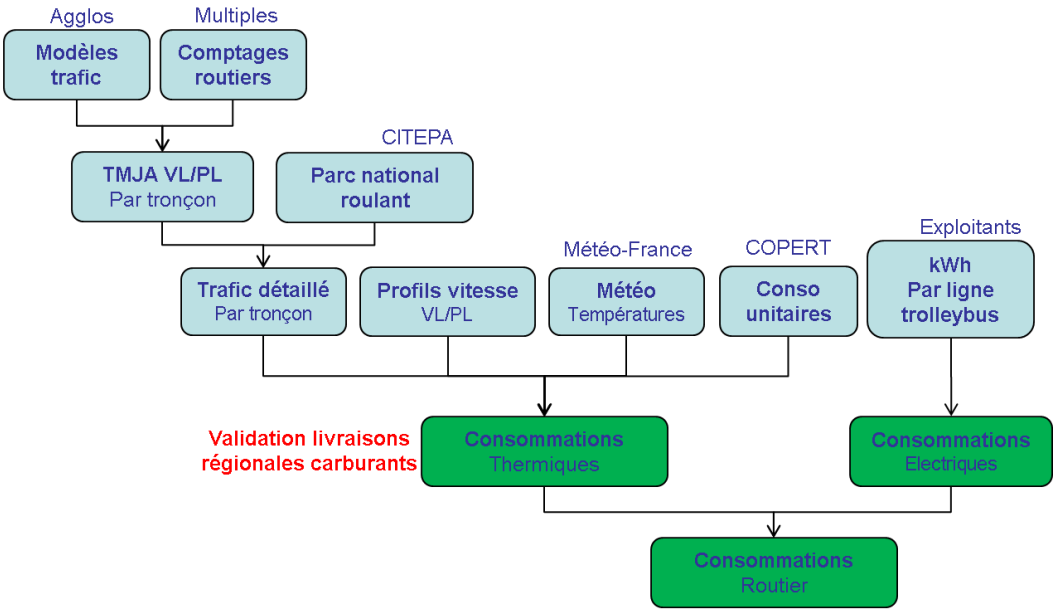


Schéma simplifié de calcul des consommations pour le transport routier

6.1.3.8 Autres transports

6.1.3.8.1 Transport ferroviaire

Le transport ferroviaire inclut :

- la circulation des trains sur l'ensemble des voies ferrées ;
- les transports en commun sur rail : métro, funiculaire et tramway.

Les consommations des trains sont obtenues par combinaison entre trafics par section et consommations unitaires appropriées, tandis que les consommations électriques des TCU sont généralement fournies par l'exploitant.

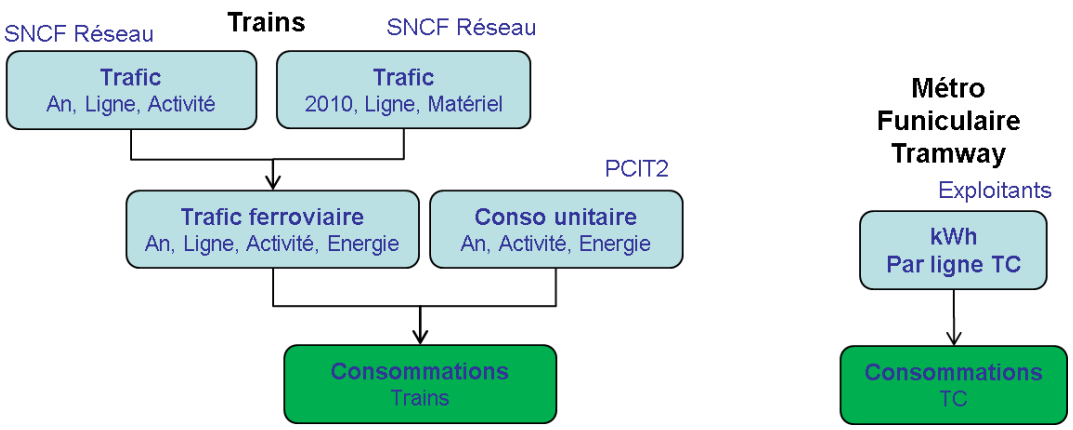


Schéma simplifié de calcul des consommations pour le transport ferroviaire

6.1.3.8.2 Transport aérien

Les consommations du transport aérien concernent :

- Les aéronefs (cycle Landing Taking Off LTO en dessous de 3000 pieds, ainsi que la croisière) ;
- D'autres activités sur le tarmac sont considérées sur la plateforme de Lyon St-Exupéry (négligées sur les autres plateformes) : engins de piste, APU (groupe auxiliaire de puissance),…

Le transport aérien international n'est plus pris en compte dans le calcul des consommations d'énergie du transport aérien depuis la version 2021.

29 plateformes sont considérées dans l'inventaire. Ces plateformes comprennent les aéroports ainsi que les petits aérodromes. Ces derniers, pour lesquels il est très difficile de collecter des informations fiables, ont un poids négligeable :

- Annemasse ;
- Alpe d' Huez ;
- Annecy Haute-Savoie ;
- Aubenas ;
- Aurillac ;
- Bellegarde-Vouvray ;
- Bourg-en-Bresse ;
- Chambéry Aix-les-Bains ;
- Clermont-Ferrand-Auvergne ;
- Courchevel ;
- Grenoble le Versoud ;
- Grenoble Isère (St-Geoirs) ;
- Issoire-Le-Broc ;
- Le Puy-Loudes ;
- Lyon Bron ;
- Lyon-Corbas ;
- Lyon St-Exupéry ;
- Megève ;
- Montélimar-Ancône ;
- Moulins-Montbeugny ;
- Roanne Renaison ;
- Saint-Etienne Bouthéon ;
- Saint-Flour ;

- Saint-Rambert ;
- Tournon ;
- Valence Chabeuil ;
- Vichy-Charmeil ;
- Vienne-Reventin ;
- Villefranche-Tarare.

-

Le nombre de mouvements combiné à une consommation unitaire par type d'avion permet d'estimer les consommations en cycle LTO, auxquelles s'ajoute la consommation en croisière fournie par la modélisation TAARMAC de la DGAC.

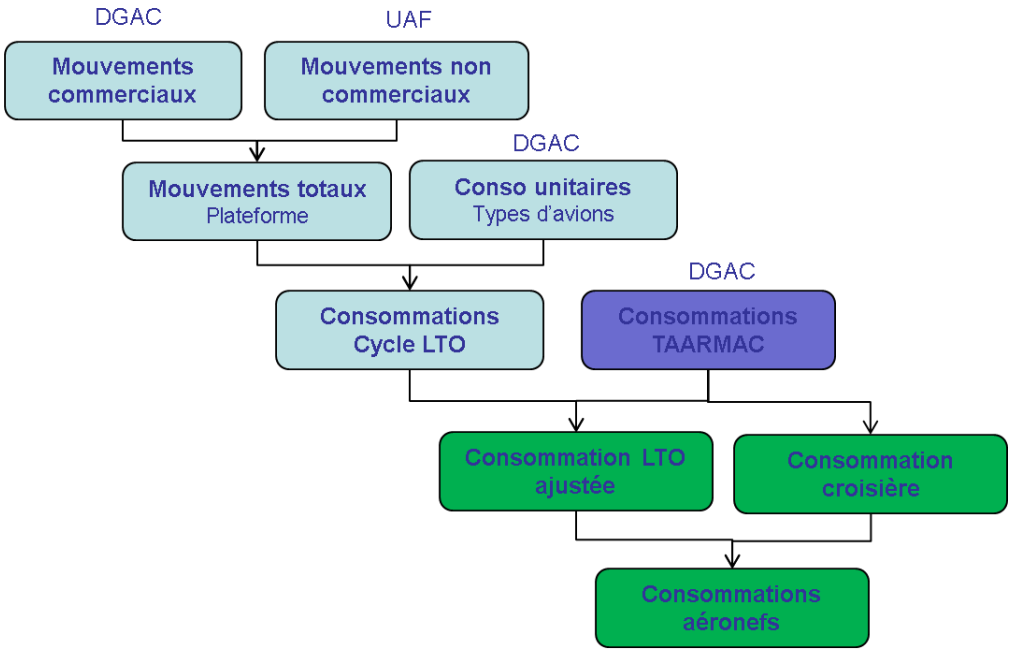


Schéma simplifié de calcul des consommations pour le transport aérien

6.1.3.8.3 Transport fluvial

Le transport fluvial concerne :

- le trafic de marchandises sur l'axe Saône/Rhône ;
- le trafic de passagers et bateaux de plaisance sur l'axe Saône/Rhône, le canal latéral de la Loire et le canal de Roanne à Digoin.

Les consommations sont obtenues en associant les trafics à des consommations unitaires appropriées.

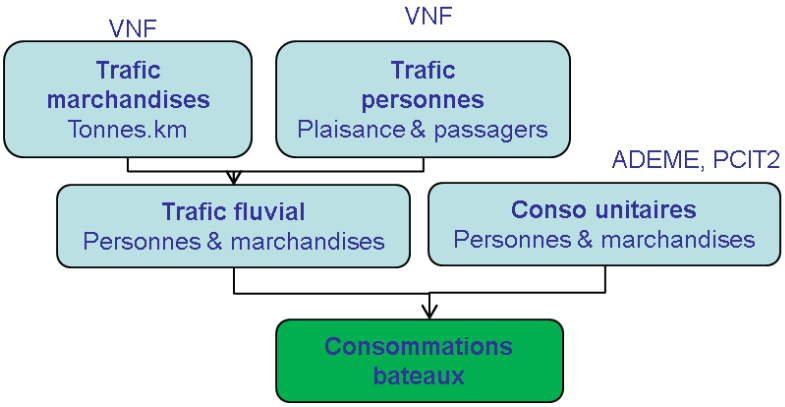


Schéma simplifié de calcul des consommations pour le transport fluvial

6.1.4 Diffusion aux territoires des consommations finales d'énergie

6.1.4.1 Bouclage énergétique ou cohérence des ordres de grandeur

Produits pétroliers : fioul domestique, GPL et carburants routiers

Bien que les livraisons effectuées par les raffineries et dépôts à l'échelle départementale soient diffusées par le MTES (à partir des informations fournies par le CPDP), l'écart entre livraisons et consommations peut s'avérer important : il est dû au fait que les livraisons du département ne correspondent pas nécessairement à ses consommations. Des revendeurs situés dans un département peuvent très bien avoir étendu leur zone de livraison au-delà des frontières départementales, c'est pourquoi :

- Un bouclage est réalisé à l'échelle régionale pour FOD et GPL, ce qui permet de minimiser les effets évoqués ci-dessus ;
- Une validation des ordres de grandeur est réalisée sur les carburants routiers pour lesquels une partie vendue sur le territoire peut être consommée ailleurs. Inversement dans les territoires frontaliers où le carburant est moins cher chez nos voisins, les livraisons pourront sous-estimer les quantités réellement consommées.

Par ailleurs, le phénomène de stockage/déstockage par les consommateurs n'est actuellement pas considéré dans les guides méthodologiques mais pourrait faire l'objet d'un approfondissement (cas d'un hiver très froid où un consommateur va exceptionnellement remplir deux fois sa cuve sans pour autant tout consommer).

Kérosène

Une validation des ordres de grandeur est réalisée entre les livraisons régionales et les consommations estimées par la DGAC sur les plateformes régionales (considérées comme plus fiables, car aucune donnée de livraison n'est disponible sur l'ex-région Auvergne).

Gaz/électricité

Un bouclage est réalisé à l'échelle de l'EPCI (plutôt qu'à l'échelle communale) pour plusieurs raisons :

- Cette échelle géographique est préconisée dans le guide PCIT relatif aux inventaires d'émissions de polluants locaux et de GES.

- A l'échelle communale, certaines consommations réelles peuvent ne pas être disponibles (par exemple lorsqu'elles sont soumises à l'ICS[10] ou lorsque le nombre minimal de clients requis pour la diffusion n'est pas atteint), ce qui impliquerait un bouclage non homogène sur l'ensemble des communes de la région ;
- La consommation « réelle » identifiée à l'échelle d'une commune ou d'un IRIS peut dans certains cas concerner l'IRIS ou la commune d'à côté : le bouclage communal pourrait dans certains cas dégrader la modélisation au lieu de l'améliorer. A l'échelle de l'EPCI, ces cas de figure sont beaucoup moins nombreux et ont été identifiés/rectifiés (concernent essentiellement des clients industriels) ;
- La consommation présentée comme « réelle » ne doit pas être prise pour argent comptant : pas de relevé de tous les compteurs au 31/12 à 23h59, des régulations de facture l'année suivante qui pourraient induire une sous-estimation de la consommation l'année N et une surestimation l'année N+1. A l'échelle de l'EPCI, ces anomalies sont beaucoup moins perceptibles (compensation des « erreurs »).

La généralisation progressive des compteurs intelligents laisse toutefois entrevoir pour les prochaines années des améliorations dans la donnée réelle mise à disposition. La pertinence d'aller vers un bouclage à une échelle infra EPCI pourra donc se poser à moyen terme.

Chaleur/froid

Le bouclage est réalisé à partir des ventes de chaleur/froid déclarées par chaque réseau de chaleur.

Biomasse

Un bouclage est réalisé à l'échelle régionale.

6.1.4.2 Calcul à climat réel, diffusion à climat normalisé

Les consommations réelles ou livraisons utiles à la validation de la modélisation impliquent de modéliser d'abord la consommation à climat réel. La tendance évaluée sur les consommations à climat normalisé peut être interprétée en excluant la fluctuation de la rigueur climatique d'une année à l'autre (qui joue de façon significative sur les besoins en chauffage).

La normalisation des consommations réelles d'énergie est réalisée uniquement sur les besoins de chauffage :

- Un DJU annuel moyenné sur les années 2000 à 2009 est calculé sur l'ensemble des sites de référence Météo-France ;
- Pour chaque année de l'inventaire, un écart à cette moyenne est calculé puis appliqué aux consommations de chauffage.

Les conditions météorologiques influent également sur les besoins en climatisation, ainsi que sur la surconsommation à froid des véhicules routiers, mais cet effet est considéré comme négligeable au regard du chauffage.

Les consommations obtenues par la modélisation sont ainsi agrégées selon le format de rapportage PCAET proposé dans les profils climat, air, énergie selon :

- Huit macro-secteurs d'activités : transport routier, autres transports, résidentiel, tertiaire, industrie, traitement des déchets, production et transformation d'énergie (branche énergie) et agriculture ;
- Différentes classes énergétiques ;
- Différents usages.

[10] *Information Commercialement Sensible*

6.2 METHODOLOGIE DE CALCUL DES DONNEES DE PRODUCTION D'ENERGIE

6.2.1 Principes généraux

L'ORCAE produit et diffuse des données de production d'énergie au niveau régional et au niveau infra-régional.

Pour la plupart des filières, on combine les approches top-down et bottom-up en utilisant les données régionales publiées sur la plateforme ODRÉ et sur le site data.enedis.fr comme référence dans un premier temps. On agrège ensuite les différentes données au niveau local puis on s'assure que les agrégations entre données estimées et réelles correspondent aux valeurs régionales.

La méthodologie de calcul de la production d'énergie peut se schématiser de la façon suivante :

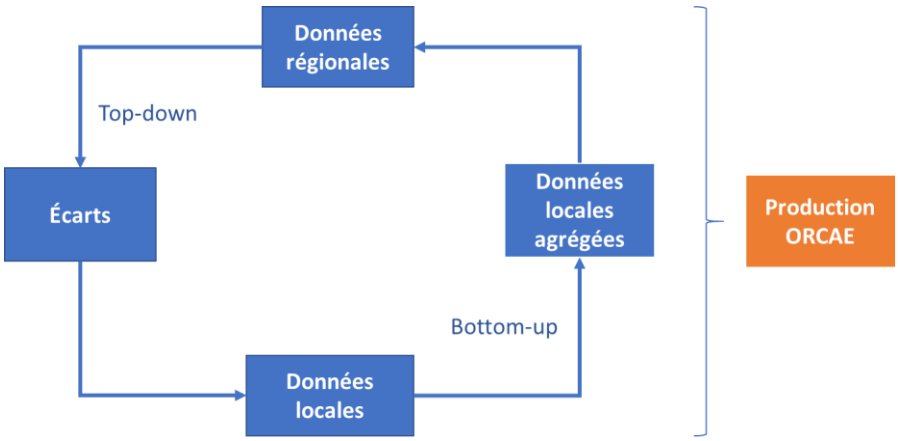


Schéma simplifié de calcul de la production d'énergie

4 types de filières de production d'énergie sont donc distingués :

Les filières classiques : il s'agit de la filière nucléaire et des centrales thermiques classiques, c'est-à-dire les centrales thermiques à combustible fossile (gaz, fioul et charbon).

Les filières d'énergies renouvelables thermiques : solaire thermique, géothermie (et pompes à chaleur), biomasse solide, valorisation thermique du biogaz, incinération des déchets (par convention, 50% de cette valorisation énergétique des unités d'incinération de déchets urbains peut être considérée comme une énergie renouvelable).

Les filières d'énergies renouvelables électriques : solaire photovoltaïque, éolien, hydroélectricité, valorisation électrique des déchets (par convention, 50% de cette valorisation énergétique des unités d'incinération de déchets urbains peut être considérée comme une énergie renouvelable) et du biogaz.

L'injection de biométhane : il s'agit de l'injection de biométhane dans les réseaux de gaz issu de la méthanisation.

Les paragraphes suivants précisent la méthodologie mise en œuvre pour chacune des filières de production d'énergie.

6.2.2 Production d'énergie au niveau régional

6.2.2.1 Energies fissiles et fossiles

Pour déterminer la production d'électricité fissile et fossile au niveau régional, l'ORCAE utilise les données publiées sur la plateforme ODRÉ qui donne pour la région la production et la puissance installée des centrales nucléaires et des centrales thermiques à combustible fossile.

Concernant la production de chaleur issue des énergies fossiles, l'ORCAE estime les productions des installations reliées à un réseau de chaleur. Ce calcul est effectué sur la base du mix énergétique des réseaux et de la chaleur totale livrée.

6.2.2.2 Les énergies renouvelables

6.2.2.2.1 Les énergies renouvelables électriques

L'ORCAE se base sur les données mises à disposition par RTE pour la production des énergies renouvelables électriques (hydraulique, solaire, éolien et autres sources d'énergie renouvelable électrique).

6.2.2.2.1.1 Hydroélectricité

Les données de production et de puissance installée au niveau régional sont issues des données mises à disposition sur la plateforme ODRÉ ou Open Data réseaux énergies (www.opendata.reseaux-energies.fr).

NB : on alloue l'ensemble de la production (y.c. pompage) aux installations. On alloue par ailleurs la consommation des pompages aux stations référencées et on les soustrait des productions.

6.2.2.2.1.2 Eolien

Les données de production et de puissance du parc au niveau régional sont issues des données mises à disposition sur la plateforme ODRÉ ou Open Data réseaux énergies (www.opendata.reseaux-energies.fr).

6.2.2.2.1.3 Photovoltaïque

Les données de production et de puissance du parc au niveau régional sont issues des données mises à disposition sur la plateforme ODRÉ ou Open Data réseaux énergies (www.opendata.reseaux-energies.fr).

6.2.2.2.1.4 Valorisation électrique des déchets et du biogaz

Pour la valorisation électrique des déchets et du biogaz, l'ORCAE consolide les données de production des installations régionales recensées par SINOE. Conformément à la législation française et européenne, l'énergie électrique produite à partir des déchets ménagers et assimilés est considérée comme renouvelable à hauteur de 50%.

6.2.2.2.1.5 Valorisation électrique de la biomasse solide

La valorisation électrique issue de la biomasse solide est estimée à partir de la différence entre le total de la production ENR électrique régionale et les productions régionales des autres filières d'ENR électriques (hydraulique, éolien, PV, déchets et biogaz).

6.2.2.2.2 Les énergies renouvelables thermiques

6.2.2.2.2.1 Le bois et les autres biomasses solides

La production de bois énergie (et autres biomasses solides) de la région diffusée par l'ORCAE correspond à la valorisation énergétique régionale issue du bois qu'il soit produit à partir de ressources régionales ou de ressources importées. La partie du bois produit en Auvergne-Rhône-Alpes utilisé pour produire de l'énergie dans d'autres régions n'est pas comptabilisé.
La production de bois énergie est estimée à partir de la valeur énergétique du bois consommé par chacun des secteurs, à climat réel, calculée à partir de la modélisation des consommations d'énergie finale. (cf § 6.1.2.9 Bois énergie).

6.2.2.2.2.2 Le solaire thermique

Les données de production du parc solaire thermique sont issues du panorama de la chaleur renouvelable.

6.2.2.2.2.3 Les pompes à chaleur (PAC)

Les données de production et de parc régional de pompes à chaleur individuelles ont été obtenu par une méthodologie utilisée par l'AREC Nouvelle-Aquitaine. On utilise comme données d'entrée :

- l'historique du marché de pompes à chaleur de type aérothermie sur vecteur eau et géothermie fourni par Uniclima (cf. dossier de presse 2017 pour 2016) ;
- le parc de maison principales individuelles disponible sur le site de l'institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) ;
- l'historique des productions nationales des pompes à chaleur individuelles issues des bilans Énergies renouvelables du Service de la donnée et des études statistiques (SDES).

Le parc de maisons individuelles étant seulement disponible jusqu'à 2016, les données ultérieures ont été estimées en appliquant aux données 2016 le taux d'évolution médian sur la période 2005-2016 (même principe pour les années entre 2002 et 2004 absentes de l'historique).

Ensuite, on répartit les ventes nationales de pompes à chaleur sur la région Auvergne-Rhône-Alpes au prorata du taux de maisons individuelles par département de la région et par année. On estime par la suite le parc de pompes à chaleur en cumulant la part de la région dans les ventes nationales depuis 2002.

Pour la production, on multiplie le parc annuel par le ratio moyen de production par unité sur la période 2005-2011 qui est de 1.91 tep.

6.2.2.2.2.4 Valorisation thermique des déchets et du biogaz

Pour la valorisation thermique des déchets et du biogaz, l'ORCAE consolide les données de production des installations régionales recensées par SINOE. Conformément à la législation française et européenne, l'énergie thermique produite à partir des déchets ménagers et assimilés est considérée comme renouvelable à hauteur de 50%.

6.2.2.2.3 Le biométhane injecté

6.2.3 Production d'énergie locale

En 2019, l'ORCAE a travaillé sur une mise à jour importante des données locales de production d'énergie. La méthodologie a été actualisée à l'issue de cette phase de mise à jour pour intégrer les dernières modifications.

6.2.3.1 Energies fissiles et fossiles

Pour déterminer la production d'électricité des centrales thermiques et des centrales nucléaires, l'ORCAE utilise les données suivantes :

- Registre national des installations de production d'électricité et de stockage ;
- Données régionales de productions et de parcs installés par année des énergies renouvelables.

Elles donnent pour la région la production et la puissance installée des centrales nucléaires et des centrales thermiques à combustible fossile.

Concernant les centrales nucléaires, les informations sur les puissances installées et productions des centrales par commune ne sont disponibles qu'à partir de 2015. On estime dans un premier temps les données d'avant 2015 (2011-2014) en filtrant les installations par date de mise en service. On recalcule les productions pour ces années en distribuant les productions régionales qui elles, sont disponibles pour ces années, en fonction des productions en 2015. Les puissances ne varient pas même au niveau de l'historique régional issu des données ODRE, on conserve donc les mêmes valeurs qu'en 2015.

Pour le thermique fossile, on croise les données du registre et celles d'Enedis par domaine de tension afin de faire correspondre les puissances installées du registre aux productions. Les données d'Enedis ne font pas de distinction par combustible. On regroupe ensuite les données du registre par type de combustible (gaz, fioul et charbon) afin d'affecter les productions d'Enedis aux combustibles correspondants. Une seule installation au charbon est présente dans la région.

6.2.3.2 Les énergies renouvelables

6.2.3.2.1 La biomasse

La biomasse est constituée de 3 familles :

- Le bois énergie (et les autres biomasses solides, cependant très minoritaires, comme par exemple les résidus de cultures agricoles) ;
- Le biogaz ;
- Les biocarburants ;

A partir de la biomasse, différentes énergies peuvent être produites :

- De la chaleur ;
- De l'électricité ;
- Du gaz renouvelable ;
- Du carburant.

Certaines installations produisent chaleur et électricité par cogénération.

Pour obtenir les nombres, puissances installées et productions électriques des centrales de cogénération bois au niveau local, on effectue un croisement par commune des données relatives aux puissances installées

issues du registre avec les données d'Enedis à la maille commune comprenant les nombres et productions correspondant à ces centrales.

6.2.3.2.2 Le bois énergie

Au niveau infra-régional, il n'est actuellement pas possible de connaître la production EnR à partir de la ressource bois locale.

La production de bois énergie territoriale diffusée par l'ORCAE correspond à la valorisation énergétique du bois consommé localement qu'il soit produit à partir de ressources du territoire ou importées d'autres territoires. La partie du bois produit sur le territoire utilisé pour produire de l'énergie dans d'autres territoires n'est pas comptabilisé.

La production de bois énergie est estimée à partir de la valeur énergétique du bois consommé, tout combustible confondu (bois et déchets assimilés, granulés de bois, plaquettes et bois déchiqueté déchets de bois et déchets agricoles), par chacun des secteurs, à climat réel, calculée à partir de la modélisation des consommations d'énergie finale. (cf § 6.1.3.1 Modélisation communale résidentiel).

6.2.3.2.3 Le biogaz

Le biogaz est un gaz constitué majoritairement de méthane (CH_4) – gaz à fort pouvoir de réchauffement climatique – et de dioxyde de carbone (CO_2). La valorisation du biogaz permet d'éviter l'utilisation de sources d'énergies fossiles et l'émission de méthane dans l'atmosphère.
Le biogaz peut être utilisé pour produire de la chaleur soit en utilisation directe dans une chaudière ou en production combinée d'électricité et de chaleur par cogénération. Epuré, il devient du biométhane pouvant être injecté dans le réseau de gaz.

Les principales sources de données de l'ORCAE sont :

- Le registre national des installations de production d'électricité et de stockage ;
- La base SINOE ;
- Données sur les capacités et quantités d'injection de biométhane de l'opendata GRDF.

6.2.3.2.4 Les agro-carburants

L'ORCAE ne fait pas d'observation de la production d'agro-carburants.

6.2.3.2.5 Les déchets

Lors de l'incinération des ordures ménagères, les usines de traitements des déchets produisent de la chaleur et/ou de l'électricité qui peuvent-être valorisées de différentes manières :

- Autoconsommation (chaleur + électricité) ;
- Réseau de chaleur local (chaleur) ;
- Industriels à proximité (chaleur) ;
- Revente au réseau d'électricité (électricité).

La principale source de données de l'ORCAE est la base ORDEC.

Conformément à la législation française et européenne, l'énergie produite à partir des déchets ménagers et assimilés est considérée comme renouvelable à hauteur de 50%.

6.2.3.2.6 Le solaire thermique

La principale source de données concernant cette filière de production est celle le panorama de la chaleur renouvelable publié par le syndicat des énergies renouvelables. On y trouve la surface totale de capteurs solaires thermiques et les productions associées au niveau régional.

On estime les surfaces en capteurs et les productions au niveau local en répartissant les valeurs régionales correspondantes en fonction du nombre de résidences principales de 5 pièces ou plus et des irradiations globales horizontales quotidiennes moyennes par commune.

6.2.3.2.7 La géothermie et les Pompes à Chaleur (PAC)

On peut différencier 4 types de pompes à chaleur :

- Les pompes à chaleur avec capteurs verticaux ;
- Les pompes à chaleur de surface ou sol/sol avec capteurs horizontaux ;
- Les pompes à chaleur collectives sur nappe ;
- Les pompes à chaleur individuelles eau/eau ou air/eau.

Actuellement, l'ORCAE ne produit des données que pour les PAC individuelles.

<u>Les pompes à chaleur individuelles</u>

Elles représentent la plus grosse part d'installations en nombre. L'ORCAE utilise la méthodologie employée par l'AREC Nouvelle-Aquitaine. Cette méthodologie consiste à récupérer les données statistiques nationales de l'AFPAC et d'Uniclima indiquant le nombre de PAC vendues dans l'année par type d'installation. L'INSEE fournit le nombre de maisons individuelles pour la France métropolitaine et par département. Les données n'étant pas disponibles pour toutes les années, on estime les données manquantes grâce au taux d'évolution national du nombre de maisons individuelles. On obtient la part de maisons individuelles par département par rapport au nombre total de maisons individuelles en France métropolitaine. On applique ce taux de maisons individuelles au nombre de PAC vendues dans l'année (données AFPAC), ce qui permet d'obtenir un nombre de PAC total par département et par année. Le SDES fournit dans son bilan des énergies renouvelables, la quantité de consommation de chaleur renouvelable issue des PAC (la consommation de chaleur renouvelable est égale à la chaleur totale produite dont on retire la consommation d'électricité utilisée pour la produire). On peut ainsi obtenir une production moyenne annuelle par installation et donc par département grâce au nombre de PAC. Pour estimer la production des PAC par département, le ratio moyen de production sur la période 2005-2011 est utilisé, soit 1,9 tep/installation.

Les données de production sont calculées sur la base de ratios par type d'installation et pour le niveau local, en fonction du nombre de résidences principales.

Ces données pourraient être complétées pour les autres types de PAC. Les paragraphes ci-dessous donnent quelques indications méthodologiques.

<u>Les pompes à chaleur avec capteurs verticaux et horizontaux</u>

Les données sont issues des aides de l'ADEME et plus récemment du Fonds Chaleur. De plus, le dossier est soumis à autorisation (avec étude d'impact et enquête d'utilité publique) dès que l'un des forages dépasse la

profondeur de 100 m ou que la puissance thermique cumulée des pompes à chaleur à installer dépasse un certain seuil. On peut, à partir de ces déclarations, estimer ainsi une puissance par mètre linéaire, en fonction du type de sol et de la profondeur. La production est ensuite calculée sur la base du coefficient de performance de ce type d'installation (ratio moyen).

Les pompes à chaleur collectives sur nappe

Les installations sont soumises à déclaration, dès que la profondeur du forage dépasse 10m. Une piste en cours de d'expertise consisterait à exploiter les demandes d'autorisation de captage d'eau collectées par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières). Des données telles que l'emplacement des sites ou la profondeur de forage sont disponibles en ligne. La puissance peut ensuite être extrapolée en appliquant un débit nominal de 3m^3/h.

6.2.3.2.8 L'hydroélectricité

L'hydroélectricité utilise la force motrice des cours d'eau et chutes pour la transformer en électricité.

On distingue la petite hydroélectricité (installations de moins de 10 MW) de la grande hydroélectricité (installations supérieures à 10 MW).

Depuis le bilan de production édition 2017, l'ORCAE propose une distinction supplémentaire : puissance supérieure ou inférieure à 4,5 MW.

Pour déterminer le nombre d'installations, la puissance et la production à l'échelle communale, l'ORCAE utilise les sources suivantes :

- Registre national des installations de production d'électricité et de stockage (ODRÉ) ;
- Données communales relatives aux installations de production d'électricité renouvelable bénéficiant d'une obligation d'achat (SDES) ;
- Données de production électrique annuelle par filière a la maille commune par Enedis ;
- Données de production électrique annuelle par filière a la région par Enedis ;
- Puissances régionales installées par Enedis (voir bilans régionaux Enedis) ;
- Données régionales de productions et de parcs installés par année et par énergie (ODRÉ) ;
- Fichier des gestionnaires de réseau par commune (Agence ORÉ).

Conformément à l'arrêté du 7 juillet 2016, les informations relatives aux installations de moins de 36 kW sont rendues publiques après agrégation et ce si le nombre d'installation est au moins de 10. Nous estimons la puissance, le nombre et la production de ces installation en identifiant les communes concernées. Nous estimons également les informations relatives aux ELD en utilisant le fichier des gestionnaires de réseau des communes, les puissances installées des données locales du SDES et la différence entre la production régionale issue des données ODRE et celle d'Enedis.

6.2.3.2.9 L'éolien

Pour déterminer le nombre d'installations, la puissance et la production, à l'échelle communale l'ORCAE utilise les sources suivantes :

- Registre national des installations de production d'électricité et de stockage ;
- Données de production électrique annuelle par filière a la maille commune par Enedis ;
- Puissances régionales installées par Enedis (voir bilans régionaux Enedis) ;
- Données régionales de productions et de parcs installés par année des énergies renouvelables.

Grand éolien

Par commune, les puissances installées, les nombres d'installation et les productions sont la somme des données Enedis en haute tension A (HTA) et celles des données des installations gérées par RTE.

Petit éolien

Nous ne disposons pas d'information sur les éolien en basse tension au niveau des données locales, mais les données au niveau régional selon Enedis montrent des valeurs très négligeables par rapport à l'ensemble de la production. Les calculs n'incluent ainsi que les installations en HTA au niveau d'Enedis.

6.2.3.2.10 Le photovoltaïque

Pour déterminer le nombre d'installations, la puissance et la production, à l'échelle communale l'ORCAE utilise les sources suivantes :

- Registre national des installations de production d'électricité et de stockage ;
- Données communales relatives aux installations de production d'électricité renouvelable bénéficiant d'une obligation d'achat ;
- Données de production électrique annuelle par filière a la maille commune par Enedis ;
- Données de production électrique annuelle par filière a la région par Enedis ;
- Puissances régionales installées par Enedis (voir bilans régionaux Enedis) ;
- Données régionales de productions et de parcs installés par année des énergies renouvelables ;
- Fichier des gestionnaires de réseau par commune.

Conformément à l'arrêté du 7 juillet 2016, les informations relatives aux installations de moins de 36 kW sont rendues publiques après agrégation et ce si le nombre d'installation est au moins de 10. Nous estimons la puissance, le nombre et la production de ces installation en identifiant les communes concernées. Nous estimons également les informations relatives aux ELD en utilisant le fichier des gestionnaires de réseau des communes, les puissances installées des données locales du SDES et la différence entre la production régionale issue des données ODRE et celle d'Enedis.

6.3 METHODOLOGIE DE CALCUL DES POTENTIELS ENR

6.3.1 Estimation du potentiel méthanisable

Dans le cadre de l'évaluation des potentiels d'énergies renouvelables, le potentiel méthanisable a été caractérisé pour la région Auvergne-Rhône-Alpes. La méthodologie est en partie fondée sur l'étude réalisée pour le compte de l'ADEME par SOLAGRO et INDDIGO en 2013 : estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation. Depuis la version V4, le potentiel tient compte des installations de méthanisation existantes : la partie du potentiel déjà exploitée est retranchée du potentiel pour obtenir le potentiel restant.

L'objectif de ce document est de présenter les principes généraux de la méthodologie et ses principales étapes. Grosso modo, les quantités de matières sont déterminées par filière : agriculture avec déjections animales, résidus de cultures et CIVE, biodéchets ménagers, déchets verts, assainissement, restauration commerciale, restauration collective pour les établissements de santé, maisons de retraite et établissement sociaux, restauration collective pour les établissements scolaires, petits commerces et distribution (l'industrie agroalimentaire n'est plus prise en compte depuis la version V4). La part mobilisable de ces différentes quantités de matières est ensuite estimée puis converties en volume de méthane et en énergie (GWh). La conversion des quantités de matières en volumes de méthane est fondée sur le pouvoir méthanogène qui varie selon le type de matière. Le pouvoir méthanogène est exprimé en m3 de méthane par tonne de matière, cette dernière pouvant être exprimée en matière brute (MB), matière sèche (MS) ou matière organique (MO). A titre d'exemple, le pouvoir méthanogène des cannes de maïs est de 243 m3 CH4 / tMS. La conversion des volumes de méthane en énergie est effectuée à l'aide du pouvoir calorifique inférieur (PCI) du méthane (9.94 kWh/m³ de CH4). Pour plus de détails, se référer à l'étude citée précédemment. Ce document précise également les différences entre la méthodologie mise en place dans le cadre de cette étude et celle de SOLAGRO-INDDIGO.

Une partie de ce potentiel qui ne tient pas compte des installations de méthanisation existantes est déjà exploitée à l'heure actuelle. Cette partie du potentiel déjà exploitée est estimée à l'aide du suivi régional mutualisé de la filière méthanisation (suivi annuel DREAL / Région /ADEME opéré par la DREAL et AURA-EE). Elle est ensuite retranchée du potentiel pour obtenir le potentiel restant.

L'échelle retenue pour ce travail est celle de la commune : le potentiel méthanisable est calculé par commune. Il peut ensuite être agrégé à des échelles spatiales plus grossières (EPCI, départements…).

6.3.1.1 Agriculture

Pour estimer le potentiel méthanisable lié à l'élevage et aux cultures, les données du RGA (Recensement Agricole) 2010, réalisé par le ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, sont utilisées pour identifier le cheptel et les surfaces cultivées par commune.

Pour cette filière agricole, une mise en cohérence avec le SRB (Schéma régional biomasse) d'Auvergne-Rhône-Alpes a été effectuée pour les aspects déjections animales, résidus de cultures et CIVE (Cultures Intermédiaires à Vocation Energétique).

6.3.1.1.1 Déjections animales

Le gisement méthanisable lié à l'élevage est estimé à partir des quantités de fumier et de lisier produites par les animaux. Le nombre d'animaux, leur type (bovins, porcins, ovins, caprins, volailles…) et les caractéristiques de stabulation sont utilisées pour estimer ces quantités. Ainsi, en fonction de son type, un animal produira une certaine quantité de déjection, sous forme de fumier et/ou de lisier, qui pourra être récupérée lors des périodes de stabulation de l'animal. Les cheptels sont actualisés et des projections

d'évolutions futures sont faites. L'ensemble de ces différents ratios a été défini par département en lien avec l'expertise des chambres d'agriculture, de la DRAAF et d'AURA-EE.

6.3.1.1.2 Résidus de Cultures

Dans un raisonnement similaire au gisement méthanisable lié à l'élevage, celui lié aux cultures est estimé à partir des surfaces des différents types de cultures.

Trois types de résidus de cultures sont identifiés : les pailles d'oléagineux (La région Auvergne-Rhône-Alpes étant importatrice de pailles de céréales (blé et orge), ce type de paille n'est pas comptabilisé dans le gisement méthanisable. L'ensemble des pailles de protéagineux retourne directement au sol et ne peut donc pas être utilisé pour la méthanisation), les cannes de maïs et les pailles issues de silos. Les chiffres régionaux du SRB sont utilisés et territorialisés à l'aide des surfaces des différents types de culture du RGA 2010.

6.3.1.1.3 CIVE

Pour estimer le gisement lié aux CIVE (Cultures Intermédiaires à Vocation Energétique), les surfaces implantables en CIVE d'été et d'hiver sont déterminées à partir des surfaces des différents types de culture. En effet, certains types de cultures ne sont pas compatibles avec les CIVE, d'autres uniquement avec des CIVE d'été ou d'hiver. Des ratios de production et de mobilisation variables selon les départements sont utilisés. Ces ratios sont définis par département en lien avec l'expertise des chambres d'agriculture, de la DRAAF et de AURA-EE. A noter que les ratios de mobilisation utilisés pour les CIVE sont très faibles car basés sur des scénarios pessimistes.

6.3.1.1.4 Estimation des données manquantes

Pour de nombreuses communes, les données sont secrétisées pour certains types de culture et d'animaux. Il existe également des communes pour lesquelles les données sont manquantes. Pour estimer les données de ces communes, la méthode des forêts aléatoires (*random forest*), technique d'apprentissage automatique (*machine learning*), est utilisée. L'apprentissage est effectué sur les communes pour lesquelles les informations sont disponibles. Les cheptels et les surfaces cultivées sont notamment estimées par commune à partir des caractéristiques suivantes : population, superficie, densité de population, département, position géographique et altitude moyenne. La forêt aléatoire construite est ensuite utilisée pour prédire le potentiel méthanisable des communes où les données sont manquantes.

6.3.1.2 Biodéchets Ménagers

Pour estimer le gisement méthanisable lié aux biodéchets ménagers, les principes de la méthodologie mise en place dans le cadre du PRPGD (Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets) d'Auvergne-Rhône-Alpes ont été repris.

Les communes sont classées selon leur type d'habitat (se référer au PRPGD pour la méthodologie) : dispersé (rural), pavillonnaire, intermédiaire (urbain) et urbain dense en utilisant les données logement de l'INSEE (2017). Pour l'habitat rural, le compostage étant privilégié, aucun biodéchet n'y est collecté. Pour l'habitat pavillonnaire, la collecte porte à porte et le compostage individuel sont privilégiés. Dans ce secteur, la collecte est estimée à environ 33 kg/hab. Pour l'habitat urbain, les apports volontaires et le compostage de quartier sont privilégiés. La collecte y est estimée à environ 9 kg/hab. Enfin, pour l'habitat urbain dense, les apports volontaires sont privilégiés et la collecte est estimée à environ 10 kg/hab. Ces données sont ensuite calibrées pour respecter le total régional du PRGPD. Les données de population de l'INSEE du dernier recensement INSEE disponible sont utilisées avec ces productions pour calculer les quantités de biodéchets par communes. Dans notre étude, ces biodéchets ménagers issus de la collecte sélective sont considérés comme totalement mobilisables pour la méthanisation.

6.3.1.3 Déchets verts

La méthodologie est proche de celle utilisée pour les déchets ménager. Une production de déchets verts par habitant, variant selon si le département est considéré comme continental (52 kg par habitant, départements 42, 69, 07 et 26) ou montagnard (45 kg par habitant, départements 01, 03, 15, 38, 43, 63, 73 et 74), permet de calculer les quantités de déchets verts par communes. Les données de population de l'INSEE sont à nouveau utilisées. Dans notre étude, déchets verts sont considérés comme totalement mobilisables pour la méthanisation.

6.3.1.4 Assainissement

Le gisement méthanisable lié à l'assainissement collectif est estimé à partir des données des Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU) issues du portail d'information sur l'assainissement communal du ministère de la Transition écologique et solidaire. Les quantités de boues urbaines et de graisses sont directement extraites de ces données ou, lorsqu'elles sont manquantes, estimées à partir des capacités des stations d'épurations. Contrairement à l'étude SOLAGRO-INDDIGO, et pour rester homogène par rapport aux autres sous-filières du potentiel méthanisable, le potentiel calculé ici inclus la part de ce qui est déjà valorisé par la méthanisation. Des ratios de mobilisation variant en fonction de la capacité des STEU sont utilisés : les matières issues des grandes installations sont considérées comme plus facilement mobilisables que celles des petites stations d'épurations.

L'assainissement non collectif n'est ici pas considéré. En effet, le pourcentage de logements raccordés au réseau d'assainissement a fortement évolué depuis 1999, date des dernières données disponibles. De plus, ces données sont uniquement à l'échelle du département et non à celle de la commune.

6.3.1.5 Restauration

6.3.1.5.1 Restauration commerciale

Les quantités de déchets et d'huiles usagées sont estimées à partir du nombre de salariés et de ratios de nombre de repas servis par salarié et de quantité de déchets par repas servi. Ces ratios sont variables selon le type de restauration (restauration traditionnelle, restauration rapide et traiteurs). Le nombre de salariés par commune et par secteur (code NAF) est issu de la base de données ACOSS de l'URSAFF. Dans notre étude, ces biodéchets issus de la restauration commerciale sont considérés comme totalement mobilisables pour la méthanisation.

6.3.1.5.2 Restauration collective

Etablissements de santé, maisons de retraite et établissements sociaux

Les quantités de déchets sont estimées à partir des capacités d'accueil des établissements, de ratios d'occupation, de ratios de nombre de repas servis par jour et de quantité de déchets par repas. Ces ratios varient en fonction du mode d'accueil (hébergement complet, accueil de jour, hébergement de semaine / du week-end...) et du type d'établissement. Pour les hôpitaux et les cliniques, les déchets alimentaires liés au personnel sont également considérés. Leur évaluation est fondée sur la quantification du personnel (médical et non médical), d'hypothèses de nombre de repas par jour et de nombre de jours travaillés par an ainsi que de ratios de quantité de déchets par repas.

Pour les hôpitaux et cliniques, les données sont issues de la Statistique Annuelle des Etablissements de santé (SAE). Pour les maisons de retraite, les établissements sociaux (ex : Centre Hébergement & Réinsertion Sociale, Maison d'Enfants à Caractère Social…) et les autres établissements de santé (ex : Foyer d'Accueil Médicalisé pour Adultes Handicapés, Appartement de Coordination Thérapeutique…), les données proviennent du Fichier National des Etablissement Sanitaires et Sociaux (base FINESS).

Comme pour la restauration commerciale, les biodéchets issus de la restauration collective sont considérés comme totalement mobilisables pour la méthanisation dans notre étude

Etablissements scolaires

Pour les établissements scolaires, l'estimation des quantités de déchets suit la même logique. Un ratio de nombre moyen de repas pris à la cantine par an par élève et un ratio de quantité de déchets par repas sont utilisés. Les données de localisation et d'effectifs proviennent du portail data.education.gouv.fr du ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse. Elles couvrent les établissements d'enseignement du premier et second degrés. Dans notre étude, ces biodéchets issus des établissements scolaires sont également considérés comme totalement mobilisables pour la méthanisation.

6.3.1.6 Industrie agroalimentaire et petits commerces

Dans les version précédentes, l'industrie agroalimentaire (IAA) était prise en compte. Toutefois, le travail sur le potentiel restant a mis en lumière des incohérences sur la méthodologie. En effet, pour de nombreux types d'IAA (principalement dans les industries liées au lait/fromage et celles liées aux fruits/légumes) le potentiel est inférieur aux intrants (suivi régional mutualisé). Il semble nécessaire de revoir l'ensemble des hypothèses pour cette filière. Dans l'état actuel, l'IAA n'est donc pas considérée dans le potentiel.

Pour les petits commerces, la méthodologie est proche de celle utilisée pour la restauration. Un ratio de déchets produits par salarié selon le type de commerce (fleuristes, primeurs, boulangeries, poissonneries, boucheries) est utilisé. Les nombres de salariés sont issus de la base de données ACOSS de l'URSAFF. Dans notre étude, les biodéchets des petits commerces sont considérés comme totalement mobilisables pour la méthanisation.

6.3.1.7 Distribution

Les quantités de déchets issues de la distribution sont estimées à partir d'un ratio de déchets par m² de magasin. Le ratio de production de 10 kg/m² du PRPGD d'Auvergne-Rhône-Alpes est retenu. Une superficie moyenne est estimée pour chacun des types de magasins (commerce d'alimentation générale, supérettes, supermarchés, magasins multi-commerces et hypermarchés). Le nombre de magasins par commune est issu de la base de ACOSS de l'URSAFF. Notons que, contrairement au PRPGD qui n'intègre que les GMS (grandes et moyennes surfaces), notre étude considère l'ensemble de la distribution alimentaire. Dans notre étude, ces biodéchets issus de la distribution sont considérés comme totalement mobilisables pour la méthanisation.

6.3.1.8 Prise en compte du potentiel déjà utilisé

A ce stade, le potentiel ne tient pas compte des installations de méthanisation existantes. Une partie du potentiel est ainsi déjà exploitée. Cette partie décrit la méthodologique permettant d'estimer cette ressource déjà exploitée et la retrancher du potentiel.

6.3.1.8.1 Estimation des intrants des méthaniseurs

Le suivi régional mutualisé est utilisé pour quantifier les intrants des différents méthaniseurs. Cette enquête donne les tonnages de déchets selon leur type (ex : fumier, déchets industrie agroalimentaire, biodéchets, boues de STEP…) et leur département d'origine.

La nomenclature des intrants dans l'enquête n'est pas la même que dans le potentiel méthanisable que nous avons estimé. Un travail d'homogénéisation des deux nomenclatures est effectué.

6.3.1.8.2 Estimation de la localisation des intrants

La méthodologie utilisée pour localiser les intrants diffère selon le type d'intrants.

Effluents d'élevage et CIVE

Pour les effluents d'élevage et les CIVE l'approvisionnement est très local. Il est donc plus pertinent d'utiliser une zone d'approvisionnement située autour du méthaniseur plutôt que l'information de localisation départementale de l'enquête.

Une distance de 15 km de centre de commune à centre de commune est retenue. Cela équivaut à dire que les intrants d'un méthaniseur proviennent uniquement des communes dont le centre est à moins de 15 km du centre de la commune du méthaniseur.

Résidus de cultures

L'approvisionnement des méthaniseurs en résidus de cultures ne suit pas la même logique. En effet, l'enquête montre que, bien souvent, les résidus de culture viennent de loin et non d'un périmètre assez rapproché du méthaniseur comme pour les effluents ou les CIVE.

L'information de localisation départementale de l'enquête est donc retenue. Cela équivaut à dire que les intrants d'un méthaniseur proviennent de toutes les communes du ou des départements indiqués dans l'enquête.

Stations d'épuration (STEP)

Dans l'enquête commune, un doute persiste sur les intrants des STEP qui ne seraient pas forcément toujours exprimés en matière brute. De plus, dans l'estimation du potentiel, les données utilisées (quantités de boues urbaines et de graisses) peuvent être manquantes. Dans ces cas, elles sont estimées à partir des capacités des stations d'épurations. Il est donc possible qu'on se retrouve, pour certains cas, avec des intrants supérieurs au potentiel et donc un potentiel restant négatif.

Dans la très grande majorité des méthaniseurs sur STEP (sauf 1 ou 2 en région), la totalité des boues et graisses de la station d'épuration est utilisée par le méthaniseur. Plutôt que de soustraire les intrants au potentiel, nous considérons que la totalité du potentiel est utilisé dans les cas où il y a un méthaniseur au niveau de la STEP (le potentiel restant est ainsi nul).

Biodéchets

Concernant les biodéchets (restauration, distribution, biodéchets ménagers), les intrants sont issus de collecteurs et centres de déconditionnement. Ces collecteurs et centres de déconditionnement traitent des déchets qui peuvent provenir de très loin, notamment de l'extérieur de la région.

Il semble donc illusoire de vouloir localiser précisément l'origine de ces intrants. Nous proposons donc de régionaliser ces déchets plutôt que d'utiliser l'approche départementale. Cela équivaut à dire que les intrants sont répartis entre toutes les communes de la région.

Cette méthode présente d'importantes limites car des intrants vont provenir de l'extérieur de la région. Mais l'inverse est également vrai : des déchets de la région vont être collectés pour ensuite aller dans d'autres régions.

Répartition des intrants entre communes

Sauf pour les STEP, les intrants sont répartis entre les communes de la zone d'où ils proviennent (cercle avec rayon de 15 km, département, région). La répartition ne se fait pas de façon homogène entre les communes,

mais de façon proportionnelle au potentiel de chaque commune (pour un intrant donné, si le potentiel d'une commune est élevé, on considère plus d'intrants pour cette commune).

Par exemple : si on a 9 tonnes d'intrants et 3 communes (A avec 40 tonnes de potentiel, B avec 20 tonnes de potentiel et C avec 0 tonne de potentiel), on affecte 6 tonnes (9x40/(40+20)) à la commune A, 3 tonnes à la commune A et 0 tonne à la commune C.

6.3.1.8.3 Calcul du potentiel restant

Les intrants sont soustraits du potentiel total pour ne plus considérer que le potentiel restant :

Potentiel restant=potentiel total-potentiel déjà utilisé

6.3.2 Estimation du potentiel bois (surfaces de forêts exploitables)

6.3.2.1 Forêts exploitables

La première étape consiste à identifier les zones boisées puis à reconnaître celles où l'exploitation du bois est possible.

6.3.2.1.1 Identification des forêts

La BD Forêt® de l'IGN (version 2 de 2016) est utilisée pour identifier les forêts d'Auvergne-Rhône-Alpes. Les zones non arborées, telles les landes par exemple, ne sont pas considérées pour cette étude. La typologie de formations végétales de la BD Forêt® est simplifiée en 3 catégories : forêt de feuillus, forêt de résineux et forêt mixte.

6.3.2.1.2 Identification des zones exploitables

Parmi ces forêts, certaines ne sont pas exploitables du fait de contraintes environnementales, techniques et économiques. Cette étude n'ayant pas vocation à aborder l'aspect économique, seuls les deux premiers types de contraintes sont considérés.

Concernant les contraintes environnementales, l'exploitation forestière est interdite dans les réserves biologiques intégrales. Par conséquent, les forêts situées dans ces réserves sont exclues pour le calcul du potentiel. Par ailleurs, différentes mesures de protection peuvent localement limiter, contraindre voire interdire l'exploitation forestière. Ces mesures locales ne sont pas prises en compte dans cette étude.

Concernant les contraintes techniques, uniquement la pente est considérée. Cette dernière est calculée à partir de le BD ALTI® de l'IGN au pas de 25 m. Un seuil à 60% est retenu : les forêts où la pente est supérieure à ce seuil ne peuvent pas être exploitées d'un point de vue technique.

6.3.2.2 Diffusion : croisements d'informations

La seconde étape consiste à croiser différentes informations pour faciliter l'exploitation et l'interprétation. Les forêts exploitables, les pentes (BD ALTI® de l'IGN) et la cartographie des forêts publiques (ONF) sont croisées par analyse spatiale. Pour chaque zone de forêt, son type d'essence sa pente et sa classe de propriété sont ainsi connus. Ces informations sont agrégées à l'échelle des communes pour la diffusion.

6.3.3 Estimation du potentiel solaire photovoltaïque

6.3.3.1 Zones favorables au développement du solaire PV

La première étape consiste à identifier les zones où il est possible d'installer des panneaux photovoltaïques. On considère cela possible sur les bâtiments dont la surface est supérieure à 50 m² ainsi que sur les parkings (ombrières). Les installations de panneaux ailleurs que sur des bâtiments et parkings (par exemple des champs ou des friches industrielles) ne sont pas actuellement prises en compte par l'ORCAE.

La BD TOPO® de l'IGN (Version Juin 2021) est utilisée pour identifier les bâtiments. On retrouve ainsi les éléments suivants :

- Bâtiments agricoles
- Bâtiments sportifs et tribunes
- Bâtiments commerciaux et liés aux services
- Bâtiments industriels
- Bâtiments résidentiels individuels (avec un seul logement)
- Bâtiments résidentiels collectifs (avec plusieurs logements)
- Bâtiments indifférenciés et autres

Les bâtiments indifférenciés correspondent principalement à des bâtiments résidentiels. On répartit ces bâtiments entre bâtiments résidentiels individuels et bâtiments résidentiels collectifs. Cette distinction est fondée sur deux critères : la hauteur et la surface. Ainsi, les bâtiments d'une superficie supérieure à 1000 m² ou d'une hauteur supérieure ou égale à 9 m sont considérés comme collectifs. Les seuils pour ces deux critères ont été choisis de façon empirique.

La BD TOPO® ne contient pas l'ensemble des parkings, notamment les plus petits (plus précisément, elle ne contient pas les parkings publics de moins de 25 places, les parkings associés à un service de transport de moins de 100 places et les parkings privés de moins de 5000m²). Pour les parkings, le choix s'est porté sur le projet collaboratif de cartographie en ligne OpenStreetMap (OMS). « OpenStreetMap fournit les données cartographiques pour des milliers de sites web, d'applications mobiles et d'appareils. OpenStreetMap est bâti par une communauté de cartographes bénévoles qui contribuent et maintiennent les données des routes, sentiers, cafés, stations ferroviaires et bien plus encore, partout dans le monde. » (https://www.openstreetmap.org/about). Les données OSM sont récupérées à l'aide du package R osmdata basé sur l'API Overpass. Uniquement les données OSM relatives aux parkings sont utilisées. Ces derniers sont classés en 4 catégories :

- Parking < 500 m²
- Parking de 500 à 1 500 m²
- Parking de 1 500 à 10 000 m²
- Parking > 10 000 m²

Ce travail à l'échelle régionale ne tient pas compte des masques proches (ombrage lié aux bâtiments, à la végétation ou à la topographie locale). Par conséquent, l'ensemble des bâtiments et parkings est ainsi considéré comme favorable au développement du solaire. Les masques lointains (montagnes) sont eux considérés. Ils sont intégrés dans les données d'ensoleillement (cf. partie 3) avec un modèle de surface d'une résolution spatiale d'environ 90 m.

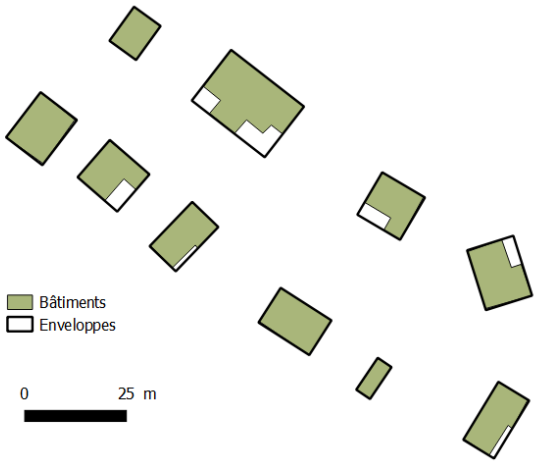
6.3.3.2 Caractéristiques des zones

Chacune des zones où il est possible d'installer des panneaux photovoltaïques est notamment caractérisée par deux critères : son type de toit (et potentiellement son orientation) et l'éventuelle présence de contraintes patrimoniales.

6.3.3.2.1 Type de toit et orientation

En fonction du type de bâtiment, un type de toit est défini. Il est ainsi considéré que les bâtiments industriels, commerciaux et sportifs, ainsi que les tribunes possèdent un toit plat. Bien qu'ils ne possèdent pas de toit, les parkings sont également considérés comme plats.

A l'inverse, il est considéré que les bâtiments agricoles, administratifs et indifférenciés (individuels et collectifs) présentent un toit pentu. Pour ceux-ci, il est nécessaire de caractériser leur orientation. La méthode utilisée pour déterminer cette dernière est décrite ci-après. Une enveloppe rectangulaire est créée autour des bâtiments (cf. ci-dessous). Le côté le plus long de ce rectangle est utilisé pour établir la direction du faitage du toit (angle d'orientation). Une forme de toit relativement simple est considérée : 2 pans de même superficie orientés vers des directions opposées avec une inclinaison de 30°.



6.3.3.2.2 Contraintes patrimoniales

La présence de contraintes patrimoniales peut limiter l'implantation de panneaux solaires. Les zones à proximité de ces contraintes ne sont pas exclues de l'analyse mais il a été choisi de les indiquer. Il est ainsi possible de distinguer le potentiel correspondant aux zones sans contraintes de celui correspondant aux zones avec contraintes. Les zones de contraintes patrimoniales retenues sont les suivantes :

- Sites patrimoniaux remarquables (SPR) AC4
- Sites historiques classés
- Sites historiques inscrits
- Directive paysagère (paysages du Salève)
- Protection au titre des abords de monuments historiques AC1

6.3.3.3 Calcul de la puissance et de la production

L'étape suivante consiste à estimer les puissance et production annuelle solaires photovoltaïques potentielles pour chacune des zones. Le potentiel est ainsi exprimé en unité énergétique à la fois en puissance (W) et en productible annuel (kWh).

Les formules suivantes sont utilisées :

$$Puissance(W) = s(m^2) \times IS(W/m^2) \times E \times f_{corr} \times r$$

$$Productionannuelle(kWh) = s(m^2) \times IS(kWh/m^2) \times E \times f_{corr} \times r$$

Avec :

- s la surface utile de panneaux :
    - Bâtiments :
        - Pour les toits pentus, il est considéré qu'un seul pan de toit peut être équipé (celui orienté vers le sud).
        - Pour les toits plats, il est également considéré qu'uniquement la moitié de la surface est installable. En effet, les panneaux y seront installés avec une inclinaison de 30° ce qui entrainera de l'ombrage s'ils sont trop rapprochés et donc l'impossibilité d'équiper toute la surface du toit.
        - Un encombrement (fenêtres, cheminées, éléments architecturaux…) de 30% est considéré pour les bâtiments.
        - L'inclinaison de 30° implique que ce n'est pas la surface au sol qu'il faut considérer pour la production solaire mais cette surface au sol divisée par le cosinus de l'angle d'inclinaison.
        - Pour les bâtiments la surface utile est calculée de la façon suivante :

$$s = \frac{surface(toit)}{2 \times cos(30°)} \times 0{,}7$$

    - Parkings :
        - Les ombrières sont en général espacées pour laisser de la place à la circulation des voitures entre les places de parking. Un coefficient d'utilisation de surface (CUS) de 50 à 60% est généralement retenu. Ce coefficient correspond à la surface de panneaux divisée par la surface du parking.
        - Pour les parkings la surface utile est calculée de la façon suivante :

$$s = surface(parking) \times 0{,}55$$

- IS l'irradiation solaire (W/m²ou kWh/m²). Pour ces données, il est important de tenir compte des principales zones de relief (masques lointains) et des phénomènes météorologiques. Deux services ont été identifiés : PVGIS et Météo France. Le premier étant gratuit, le second payant. Le choix s'est donc porté vers PVGIS[11] (Photovoltaic Geographical Information System). La moyenne annuelle sur la période 2005-2015 et pour une surface inclinée de façon optimale (ce qui correspond environ à l'inclinaison de 30° considérée) est utilisée. Ces données sont issues de la *National Solar Radiation Database* (NSRDB) développé par le *National Renewable Energy Laboratory* (NREL). Les données PVGIS sont exprimées en W/m² et tiennent compte du jour et de la nuit. Pour le calcul du productible annuel, elles sont donc converties en kWh/m² en multipliant la valeur de PVGIS par 8,766 (365,25 x 24 / 1000). Les valeurs d'irradiation sont disponibles sous la forme d'un raster de résolution de 90m. Toutefois, l'irradiation est modélisée à une maille de 12 x 12 km.

- E l'efficacité. Elle varie généralement entre 12 et 20% (source photovoltaique.info). Elle est fixée, à dire d'experts, à 16%, ce qui correspond à 160 Wc/m².

[11] PVGIS European Communities,

- f_{corr} le facteur de correction en fonction de l'orientation. Pour tous les types de toit, l'inclinaison étant fixée à 30°, ce facteur varie entre 0,9 et 1 selon l'orientation (source Hespul[12]) :
    - Sud : 1,00
    - Sud-Est ou Sud-Ouest : 0,96
    - Est ou Ouest : 0,90

  Le facteur de correction est défini en fonction de l'angle d'orientation du bâtiment. Par exemple, un bâtiment avec une direction du faitage du toit orientée NO-SE aura un pan de toit orienté vers le SO et donc un facteur de correction de 0,96.

  Pour les toits plats il est considéré que les panneaux y seront installés avec une inclinaison de 30°. Un facteur de correction de 1 est donc retenu.

- r le rendement du système photovoltaïque (pertes onduleur, température, câble…). On retiendra par convention un rendement de 75%.

6.3.3.4 Estimation du potentiel

Les productions solaires photovoltaïques de chacun des bâtiments et parkings sont agrégées à l'échelle de la commune. Pour une commune, il est ainsi possible d'avoir son potentiel solaire photovoltaïque en puissance (W) et en productible annuel (kWh) ventilé par type de bâtiments et parkings, par type d'orientation et selon la présence ou non de contraintes patrimoniales. Il est par exemple possible d'identifier le potentiel solaire photovoltaïque des bâtiments indifférenciés collectifs orientés vers le sud où il n'y a pas de contraintes patrimoniales.

Notons que la méthodologie ne tient pas compte des installations photovoltaïques existantes. Le potentiel solaire photovoltaïque évalué correspond ainsi au potentiel total et non au potentiel restant.

Notons également que les données diffusées sont converties en kW et en MWh et sont arrondies à l'unité. Toutefois, les chiffres significatifs des données ne préjugent pas du niveau de précision.

[12] Hespul

6.3.4 Estimation du potentiel solaire thermique

La méthodologie pour estimer le potentiel solaire thermique est fondée sur une approche par besoin. En effet, à la différence du solaire photovoltaïque où l'électricité produite peut être envoyée sur le réseau électrique, la chaleur produite par la solaire thermique est utilisée localement. Il est donc indispensable d'avoir un besoin en chaleur avant d'installer des panneaux solaires thermiques. Si les besoins locaux sont importants, il est envisageable de mettre en place un réseau de chaleur pouvant être alimenté par du solaire thermique. Toutefois, dans cette étude de potentiel solaire thermique, les réseaux de chaleur ne sont pas abordés.

Dans cette étude, il est considéré que les secteurs résidentiel et industrie ont des besoins en chaleur suffisamment importants pour qu'il soit intéressant de mettre en place des installations solaires thermiques. Le secteur tertiaire n'est pas considéré car les besoins d'eau chaude sanitaire (ECS) pour ce secteur sont faibles et le système de chauffage complexe (besoins de froid en été). Le secteur agriculture n'est également pas considéré car, bien qu'il existe des besoins en chaleur pour ce secteur, ils sont difficiles à estimer et aucune hypothèse simple ne peut être formalisée.

La méthodologie mise en place diffère entre le résidentiel et le secteur industrie. Ceci est expliqué dans les deux points suivants.

6.3.4.1 Secteur résidentiel

Pour le secteur résidentiel, on considère qu'il existe des besoins de chaleur pour tous les bâtiments, notamment pour le chauffage et l'ECS. Ces besoins sont toutefois différents selon le type d'habitat. En effet, un logement collectif a des besoins plus importants qu'un logement individuel du fait que plus de personnes y résident.

Nous faisons ici les hypothèses suivantes :

- Pour les maisons individuelles il est possible d'installer 10 m² de panneaux solaires.
- Pour les logements collectifs, il est possible d'installer 6,5 m² de panneaux solaires par logement.
- Une production de 500 kWh par m² de panneaux est considérée.

Pour ces hypothèses il est considéré que les panneaux solaires installés subviendront aux besoins de chauffage et d'ECS.

Les données du recensement de la population de l'INSEE (base logement 2017) sont utilisées pour caractériser le nombre de logements individuels et collectifs par communes. Ce travail à l'échelle régionale ne tient pas compte des masques proches et lointains (ombrage lié aux bâtiments, à la végétation ou à la topographie) et des contraintes architecturales (éléments techniques ou réglementaires pouvant empêcher l'installation de panneaux). Par conséquent, l'ensemble des logements est ainsi considéré comme favorable au développement du solaire thermique.

6.3.4.2 Secteur industrie

Pour le secteur industrie, les besoins de chaleur sont très variables. De plus, la température nécessaire peut varier. Ainsi, des panneaux solaires thermiques pourront fournir de la chaleur à 80°C mais pas à 500°C. Il n'est donc pas possible d'avoir la même approche que pour le secteur résidentiel avec des besoins identiques pour tous les bâtiments, ni même des besoins proportionnels à la surface des bâtiments.

Par conséquent, l'estimation du potentiel pour le secteur industrie est basée sur la consommation énergétique de ce secteur diffusée par l'ORCAE Auvergne-Rhône-Alpes.

Nous considérons qu'il est possible d'utiliser le solaire thermique comme alternative à une partie des consommations des autres énergies. Nous faisons ainsi l'hypothèse à dire d'experts, que le potentiel solaire thermique du secteur industrie est égal à 10% de la consommation totale de ce secteur.

A noter qu'une partie des données communales de consommation énergétique du secteur industrie est confidentielle. Ces données ne sont donc pas considérées dans cette étude. Par conséquent, le potentiel solaire thermique du secteur industrie estimé ici ne porte que sur la partie non confidentielle. Il est ainsi potentiellement sous-estimé.

6.3.4.3 Prise en compte du potentiel déjà utilisé : potentiel restant

Les productions solaires thermiques de chacun des logements sont agrégées à l'échelle de la commune. Les données de potentiel pour l'industrie sont également disponibles à cette échelle.

A ce stade, le potentiel communal ne tient pas compte des installations solaires thermiques existantes. Une partie du potentiel est ainsi déjà exploitée. Cette partie décrit la méthodologique permettant d'estimer ce potentiel déjà exploité et le retrancher du potentiel total pour avoir le potentiel restant.

Le potentiel déjà exploité correspond à la production solaire thermique. Cette production est donnée par commune, mais il n'y a pas de détail selon le secteur (résidentiel, industrie…). La production est donc répartie entre les 3 secteurs de façon proportionnelle au potentiel de chaque secteur (pour une commune donnée, si le potentiel d'un secteur est élevé, on considère que la production est importante pour ce secteur).

Le potentiel utilisé est soustrait du potentiel total pour ne plus considérer que le potentiel restant :

$$\textit{Potentiel restant=potentiel total-potentiel déjà utilisé}$$

Au final, pour une commune, il est ainsi possible d'avoir son potentiel solaire thermique (MWh) ventilé par secteur (résidentiel collectif, résidentiel individuel, industrie) et selon le fait qu'il soit déjà utilisé ou non (potentiel utilisé, potentiel restant). Ce potentiel correspond à un productible annuel. Notons que les données diffusées sont arrondies au MWh. Toutefois, les chiffres significatifs des données ne préjugent pas du niveau de précision.

Exemple :

On a un potentiel de 750 MWh pour une commune (Industrie : 50 MWh, Résidentiel collectif : 400 MWh, Résidentiel individuel : 300 MWh). On a une production solaire thermique de 100 MWh. Le potentiel restant est calculé de la façon suivante : Industrie : 50-100*(50/750) = 50 - 7 = 43 MWh, Résidentiel collectif : 400-100*(400/750) = 400 - 53 = 347 MWh, Résidentiel individuel : 300-100*(300/750) = 300 - 40 = 260 MWh.

Notons également que les données diffusées sont arrondies au MWh. Toutefois, les chiffres significatifs des données ne préjugent pas du niveau de précision.

6.3.5 Estimation du potentiel éolien (zones favorables au développement de l'éolien)

La première étape consiste à identifier les zones favorables au développement de l'éolien.

6.3.5.1 Contraintes

Un certain nombre de contraintes peut limiter ou interdire l'implantation d'éoliennes. Il est possible de classer ces contraintes en 3 types : exclusion (l'implantation d'éolienne est interdite par la réglementation), enjeu fort (pouvant potentiellement empêcher l'implantation) et point de vigilance (contrainte à évaluer localement).

D'un point de vue thématique, les contraintes peuvent être regroupées en 4 catégories : « Patrimoine culturel et historique », « Patrimoine naturel », « Servitudes et contraintes aériennes et terrestres » et « Infrastructures ». L'ensemble des contraintes prises en compte dans cette étude sont exposées dans les points suivants.

A noter que les contraintes liées aux chiroptères (chauves-souris), à l'avifaune (oiseaux) et aux enjeux paysagers ne sont pas considérées dans ce travail. À notre connaissance, il n'existe pas de données disponibles sur ces enjeux pour l'ensemble de la région Auvergne-Rhône-Alpes.

Pour chaque contrainte, est indiqué :

- Le niveau, ou l'impact de la contrainte : exclusion, enjeu fort, ou point de vigilance ;
- Le critère à retenir : dans certain cas c'est le périmètre exact de la contrainte (ex. réserves biologiques) qui doit être exclu de la zone d'analyse, dans d'autres cas il faut appliquer un tampon, i.e. une zone autour de cette contrainte. Ainsi, aucune éolienne ne peut être installée à moins de 500 m d'un site historique classé.

6.3.5.1.1 Patrimoine culturel et historique

Contrainte	Critère	Impact de la contrainte
Site Historique classé	Tampon 500m	Exclusion
Monument Historique classé	Tampon 500m	Exclusion
Directive paysagère	Périmètre exact	Exclusion
SPR (Sites patrimoniaux remarquables)	Périmètre exact	Exclusion
Site historique inscrit	Tampon 500m	Enjeu fort
Monument historique inscrit	Tampon 500m	Enjeu fort

6.3.5.1.2 Patrimoine naturel

Contrainte	Critère	Impact de la contrainte
Zone protégée par un arrêté de protection de biotope APPB	Périmètre exact	Exclusion
Parcs nationaux	Cœur du parc	Exclusion
Réserves naturelles nationales	Périmètre exact	Exclusion
Réserves naturelles régionales	Périmètre exact	Exclusion
Réserves biologiques	Périmètre exact	Exclusion
Réserves intégrales de parc national	Périmètre exact	Exclusion
Forêts de protection (forêts classées)	Périmètre exact	Exclusion
Bande de 100 m loi littoral	Périmètre exact	Exclusion

Acquisitions Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres	Périmètre exact	Exclusion
Zones humides RAMSAR	Périmètre exact	Enjeu fort
Réserves de biosphère	Zone centrale	Enjeu fort
	Hors zone centrale	Point de vigilance
Réserves de chasse et de la faune sauvage	Périmètre exact	Enjeu fort
Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) type I et II	Périmètre exact	Point de vigilance
Zone d'importance pour la conservation des oiseaux (ZICO)	Périmètre exact	Point de vigilance
Parcs naturels régionaux (PNR)	Périmètre exact	Point de vigilance
Zone de protection spéciale (ZPS)	Périmètre exact	Enjeu fort
Zone spéciale de conservation (ZSC)	Périmètre exact	Enjeu fort
Sites d'intérêt communautaire (SIC)	Périmètre exact	Enjeu fort

6.3.5.1.3 Servitudes et contraintes aériennes et terrestres

Les radars militaires ne sont pas pris en compte dans cette étude. En effet, leur localisation étant confidentielle, il n'est pas possible de les intégrer.

Contrainte	Critère	Impact de la contrainte
Plans de servitudes aéronautiques (PSA)	Périmètre exact	Exclusion
Aérodromes	Tampon 5km	Enjeu fort
Plateforme ULM	Tampon 2500m	Enjeu fort
Hélistations	Tampon 1500m	Enjeu fort
Navigation aérienne : radars primaires + secondaires + VOR (visual omni range) + VOR DME (Distance measuring equipment) + TACAN (TACtical Air Navigation) : zones de protection	Tampon 5km	Exclusion
Navigation aérienne : radars primaires : zones de coordination	Tampon 5-30km	Enjeu fort
Navigation aérienne : radars secondaires + VOR (visual omni range) + VOR DME (Distance measuring equipment) + TACAN (TACtical Air Navigation) : zones de coordination	Tampon 5-16km (secondaires) ou 5-15km (autres)	Point de vigilance
Navigation aérienne : NDB (balise non directionnelle)	Tampon 5km	Point de vigilance
Radars météorologiques : zones de protection[13]	Tampon 4km (type C), 5km (type X) ou 10km (type S)	Exclusion
Radars météorologiques : zones de coordination	Tampon 4-20km (type C), 5-10km (type X) ou 10-30km (type S)	Enjeu fort
Secteurs d'entraînement à très basse altitude de l'armée de l'air (SETBA)	Périmètre exact	Enjeu fort

[13] *Les types C, X ou S correspondent à des types de radars météorologiques.*

Secteurs VOLTAC (vols tactiques) où les hélicoptères militaires (ALAT) effectuent des missions d'entraînement	Périmètre exact	Enjeu fort
Réseau très basse altitude de la Défense (RTBA) : zones abaissées au sol	Périmètre exact	Exclusion
Réseau très basse altitude de la Défense (RTBA) : autres zones	Périmètre exact	Point de vigilance
Terrains militaires	Périmètre exact	Exclusion

6.3.5.1.4 Infrastructures

Contrainte	Critère	Impact de la contrainte
Contraintes de voisinage : bâti (cf. Arrêté du 26 août 2011)	Tampon 500m	Exclusion
Installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE)	Tampon 300m	Point de vigilance
Installations nucléaires	Tampon 300m	Exclusion
Routes (autoroutes, voies rapides et routes de grande circulation)	Tampon 150m	Exclusion
Réseau électrique (haute et très haute tensions : ≥ 63 kV)	Tampon 150m	Exclusion

Pour les contraintes de voisinage, les zones urbanisées de la base de données Corine Land Cover 2012 sont utilisées. Les codes 111 (Tissu urbain continu) et 112 (Tissu urbain discontinu) sont retenus.

Toutefois, ces zones urbanisées ne couvrent pas l'ensemble du bâti habité. En parallèle de Corine Land Cover, le bâti indifférencié de la BD topo de l'IGN est également utilisé. Cependant, le bâti indifférencié intègre un certain nombre de bâtiments inoccupés. Il n'est ainsi pas utilisé comme zone d'exclusion mais plutôt comme une « zone d'exclusion potentielle du fait de la présence de contraintes de voisinage (bâti habité) qui nécessite une évaluation locale ». Le bâti est donc à vérifier au cas par cas pour définir le tampon de 500 mètres.

6.3.5.2 Zones favorables

Dans les zones où il n'y a pas de contrainte d'exclusion, il est réglementairement possible d'implanter des éoliennes. Dans ce document, ces zones sont nommées « zones favorables au développement de l'éolien ». Parmi ces zones, on retrouve 6 types :

- zones favorables au développement de l'éolien sans aucune contrainte particulière ;
- zones favorables au développement de l'éolien mais présentant une zone d'exclusion potentielle du fait de la présence de contraintes de voisinage ;
- zones favorables au développement de l'éolien mais présentant au moins un point de vigilance ;
- zones favorables au développement de l'éolien mais présentant au moins un point de vigilance et une zone d'exclusion potentielle du fait de la présence de contraintes de voisinage ;
- zones favorables au développement de l'éolien mais présentant au moins un enjeu fort qui pourrait potentiellement empêcher l'implantation ;
- zones favorables au développement de l'éolien mais présentant au moins un enjeu fort qui pourrait potentiellement empêcher l'implantation et une zone d'exclusion potentielle du fait de la présence de contraintes de voisinage.

Pour l’élaboration de ces zones favorables, l’accessibilité et le gisement de vent ne sont pas considérés.

7 METHODOLOGIE - RESEAUX D'ENERGIE

7.1 RESEAUX DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION DE GAZ

L'ORCAE recense les communes desservies par le gaz, sur la base de données fournies par les gestionnaires de réseaux en opendata.

7.2 RESEAUX DE CHALEUR ET DE FROID

L'ORCAE diffuse des informations (localisation géographique, mix énergétique, caractéristiques techniques du réseau : longueur, chaleur produite, …) concernant les réseaux de chaleur et froid à la maille communale.

Ces données sont issues du recensement effectué par AURA-EE et celles de l'enquête annuelle sur les réseaux de chaleur et de froid réalisée par le Syndicat National du Chauffage Urbain et de la Climatisation Urbaine (SNCU).

8 METHODOLOGIE D'ELABORATION DES DIAGRAMMES DE FLUX D'ENERGIE

Les diagrammes de flux d'énergie, appelés également diagramme de Sankey, permettent de mettre en rapport la production d'énergie par filière (locale et importée) et la consommation d'énergie territorial par secteur en fonction des différents vecteurs énergétiques. Les flux énergétiques sont représentés par des flèches proportionnelles au flux représentés. L'ORCAE s'est inspiré du diagramme de Sankey de l'Agence internationale de l'énergie pour élaborer le diagramme des flux d'énergie en Auvergne-Rhône-Alpes (http://www.iea.org/sankey/).

8.1 DONNEES DE PRODUCTION D'ENERGIE

Il s'agit de la production d'énergie primaire. Le diagramme sépare l'énergie produite localement de celle importée.

8.1.1 Energie fissile

Les données pour la production nucléaire viennent de la plateforme ODRÉ ou Open Data réseaux énergies (www.opendata.reseaux-energies.fr).

Il a été décidé de ne pas représenter sur le diagramme la transformation de l'uranium brut en uranium enrichi. L'uranium brut est enrichi dans l'usine Georges Besse, qui alimente en combustible toutes les centrales nucléaires en France.

Pour trouver l'équivalent primaire de la production d'électricité nucléaire en Auvergne-Rhône-Alpes, on utilise un rendement de 33%.

8.1.2 Energies fossiles

8.1.2.1 Agrocarburants

Il s'agit des données de consommation disponibles dans la modélisation, qui est la part d'agro-carburants dans les carburants classiques.

8.1.2.2 Produits pétroliers

Il s'agit de la production de la raffinerie de Feyzin par sous-produit, issue de du Comité professionnel du pétrole. A noter que les productions de Feyzin à usage non énergétique n'apparaissent pas sur le diagramme.

Le détail de la modélisation et de la production de Feyzin donne la consommation et la production par sous-produit. Le croisement de ces deux sources permet d'estimer la part de la production de Feyzin consommée en région et la part exportée (on fait ici une hypothèse de préférence locale).

Les flux de pétrole de l'énergie produits pétroliers vers les secteurs est issue de la modélisation, à laquelle on retranche la part utilisée dans les réseaux de chaleur.

8.1.2.3 Gaz naturel

Le gaz totalement importé (mise à part l'injection de biométhane) est consommé directement sur les lieux de consommation. Les données de production se basent sur la consommation d'énergie finale par secteur à laquelle on ajoute le gaz consommé par le secteur de la transformation d'énergie : centrales électriques de

pointe, centrales de cogénération et chaudières gaz alimentant les réseaux de chaleur. Les pertes de gaz dans le transport et la distribution sont égales à 0,5 % des quantités transportées (donc consommées).

8.1.2.4 Charbon

Les données de production se basent sur les données de consommation par d'énergie finale par secteur à laquelle on ajoute le charbon consommé par le secteur de la transformation d'énergie : centrales électriques de pointe, centrales de cogénération et chaudières gaz alimentant les réseaux de chaleur.

8.1.3 Energies renouvelables

Les données de production d'énergie primaire par filière sont des données ORCAE (cf § 6.2 Méthodologie de calcul des données de production d'énergie).

Pour la biomasse solide, on fait l'hypothèse que 100% des besoins sont couverts par de la production locale ou régionale (locale ou régionale à la maille infra-régionale).

8.2 LES VECTEURS ENERGETIQUES

8.2.1 Electricité

La production totale d'électricité est issue de la somme des productions électriques renouvelables directes (photovoltaïque, hydroélectricité, éolien), celles par cogénération (biogaz, gaz, fioul, bois, combustibles minéraux solides, incinérateurs) et de production d'électricité via l'uranium. De cet ensemble on déduit les pertes de distribution (estimées à 9%).

8.2.2 Réseaux de chaleur

La chaleur produite est la somme des contributions des différentes énergies de laquelle on déduit les pertes réseaux (5%) pour obtenir la chaleur livrée aux consommateurs finaux.

La chaleur pour usage local provient de la production du solaire thermique et des pompes à chaleur ainsi que de la transformation en chaleur pour le biogaz et les déchets.

8.2.3 Secteur de transformation de l'énergie

Pour reconstituer ce secteur, les hypothèses suivantes sont utilisées :

- Centrales électriques (nucléaire et thermique) : rendement de 33% / pertes de 67% ;
- Cogénération : rendement thermique de 40% / rendement électrique de 40% / pertes de 20% ;
- Production de chaleur : rendement de 100% / pas de pertes ;
- Incinérateurs : données réelles (via sinoe).

On connaît les productions en sortie et on calcule les pertes et les consommations en entrée.

8.3 DONNEES DE CONSOMMATION D'ENERGIE

Les données de consommation d'énergie par secteur sont des données ORCAE à climat réel (cf 6.1 Méthodologie de calcul des données de consommation d'énergie).

8.4 CONFIDENTIALITE

Les diagrammes de flux énergétiques diffusés dans l'ORCAE tiennent compte de la confidentialité des données.

Les données confidentielles concernent de manière directe les flèches allant des vecteurs énergétiques et les consommations par secteur.

Lorsque qu'un flux de consommation d'énergie par vecteur est confidentiel (cf § 9. Principe de secrétisation des données de consommation et d'émissions de GES et polluants atmosphériques), le principe suivant est appliqué : la valeur du flux confidentiel est comparée successivement à chaque nœud (filière de production, vecteur et secteur de consommation) pour décider de masquer les valeurs par nœud ou non.

Si le flux de consommation est confidentiel et qu'il est supérieur ou égal à 0.85 fois la valeur du nœud de départ ou d'arrivée alors la valeur du nœud de départ ou d'arrivée est masqué (la valeur du nœud indiquée est « confidentiel »).

Lorsque l'un des nœuds constituant un des totaux affichés (production par filière, consommation par secteur) est confidentiel, cela entraine la confidentialité du total.

9 PRINCIPE DE SECRETISATION DES DONNEES DE CONSOMMATION D'ENERGIE ET D'EMISSIONS DE GES ET DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

9.1 PRINCIPES GENERAUX

Dans un objectif de fiabilisation progressive des données produites, l'ORCAE Auvergne-Rhône-Alpes utilise de plus en plus des données réelles (collectées via des conventions de partenariat), qui ne sont pas rediffusables en l'état. Il s'agit notamment des données de consommation réelle de certains établissements industriels.

Les données diffusées dans le cadre de l'ORCAE ne sont pas des données unitaires (par exemple la consommation de gaz de telle entreprise) mais des données agrégées (par exemple la consommation de gaz dans telle commune). Comme certaines données unitaires sont confidentielles, cela peut générer de la confidentialité sur les données agrégées.

Afin de respecter la confidentialité des données, l'ORCAE développe une méthode s'appuyant sur l'analyse de la « diffusabilité » des différentes données produites. Cette analyse s'effectue en deux temps :

- Dans un premier temps, l'application des règles de confidentialité permet d'identifier les données non diffusables d'un point de vue du secret direct.
- Dans un second temps, la démarche consiste à « masquer » progressivement certaines données, pour faire en sorte que les données finalement diffusées ne permettent pas de retrouver, par déduction, des données confidentielles. On parle dans ce cas de secret indirect.

9.2 SECRET DIRECT

Une donnée produite est considérée comme « confidentielle » si et seulement si elle correspond à une des deux situations suivantes :

- Elle est produite sur la base d'une ou de deux données unitaires et ces données sont confidentielles ;
- Elle est produite sur la base de plusieurs données unitaires et la part confidentielle de ces données correspond à au moins 85% du total.

Dans ces cas, la donnée est automatiquement masquée lors de sa diffusion par l'ORCAE.

9.3 SECRET INDIRECT

La gestion du secret indirect a pour objectif de rendre impossible la déduction d'une donnée confidentielle à partir de l'ensemble des données diffusées sur le site de l'ORCAE. Le caractère multidimensionnel des données produites (données par énergie, par secteur, par usage, par territoire, etc…) rend l'analyse complexe. Ainsi, toute « catégorie » créée selon un axe d'analyse des données est susceptible de créer des cas de secret indirect :

- Dans le cas d'un territoire constitué d'un ensemble de communes pour lesquelles, à une exception près, les données de consommation d'énergie dans l'industrie sont diffusables, la diffusion du total de consommation sur l'ensemble du territoire, permet de fait la déduction de la valeur pour la commune présentant un cas de confidentialité ;

- Des difficultés similaires existent pour l'analyse des consommations d'énergie par énergie, par secteur, ou par usage.

Depuis 2015, l'ORCAE a développé une méthode permettant d'assurer le secret indirect des données confidentielles. La règle générale suivante est retenue, pour un regroupement de *n* valeurs :

- Si une et une seule des *n* valeurs est confidentielle et que le total des *n* valeurs n'est pas confidentiel, alors une seconde valeur des *n* valeurs initiales est masquée ;
- Si aucune des *n* valeurs n'est confidentielle et que le total est confidentiel, alors une des *n* valeurs est masquée.

La secrétisation indirecte s'effectue de façon itérative. Par exemple, un cas de secret direct va entrainer du secret indirect sur une seconde valeur qui va elle-même engendrer de la confidentialité indirecte sur un autre territoire. Cette secrétisation par propagation peut ainsi entrainer des réactions en chaîne complexes. Un suivi de cette propagation est mis en place. Il permet pour chaque cas de secret indirect de retrouver l'origine de la confidentialité.

Pour chacun des axes d'analyse, un ordre de secrétisation est défini. Certaines modalités d'une catégorie sont ainsi secrétisées de façon préférentielle. Par exemple, pour la catégorie « Secteurs », l'ordre est le suivant : "Industrie hors branche énergie" (1), "Gestion des déchets" (2), "Tous secteurs hors branche énergie" (3), "Tertiaire" (4), "Résidentiel" (5), "Agriculture, sylviculture et aquaculture" (6), "Transport routier" (7) et "Autres transports" (8).

Toutefois, pour réduire le nombre de cas confidentiels, l'ordre de secrétisation est modifié s'il existe des cas de confidentialité par ailleurs. Ainsi, des modalités déjà confidentielles par ailleurs sont secrétisées prioritairement. Par exemple, supposons les croisements "Gestion des déchets/Gaz" et "Tertiaire/PP (Produits Pétroliers)" confidentiels. Le croisement "Gestion des déchets/Gaz" va entraîner de la confidentialité indirecte sur un autre secteur pour l'énergie "Gaz". Selon l'ordre indiqué précédemment, le croisement "Industrie hors branche énergie/Gaz" devrait être confidentialisé. Toutefois, "Tertiaire/PP" étant confidentiel, c'est plutôt le croisement " Tertiaire /Gaz" qui est secrétisé. Dans cet exemple présentant 2 cas de confidentialité directe, la méthode permet de ne confidentialiser que 2 autres cas plutôt que 4.

Une attention particulière est portée aux cas où les valeurs secrétisées sont des zéros. En effet, si deux zéros sont secrétisés et que le total est également égal à zéro, il est possible de déduire que les deux valeurs sont égales à zéro. Dans ce cas, la confidentialité indirecte a donc été adaptée afin d'empêcher la déduction des données confidentielles.

9.4 PERIMETRE ET DIFFUSION

Ce travail de confidentialisation concerne les données de consommation d'énergie, d'émissions de gaz à effet de serre et différents polluants atmosphériques (COVNM, NH3, NOx, PM10, PM2.5, SO2).

Les données sont diffusées selon les énergies, les secteurs et les usages. Toutefois, la confidentialité est uniquement fondée sur les énergies et les secteurs et ne prend pas en compte les usages. Ainsi une approximation est faite : pour un couple énergie-secteur donné, tous les croisements avec les usages auront la même confidentialité que le couple énergie-secteur (ex : si "Gaz/Gestion des déchets" est confidentiel, toutes les combinaisons avec les usages - cad "Gaz/Gestion des déchets/usage1", "Gaz/Gestion des déchets/usage2", "Gaz/Gestion des déchets/usage3", etc - seront confidentielles).

Contacter l'ORCAE pour connaître le processus de levée de la confidentialité des données