



**METHODOLOGIE POUR L'ESTIMATION DES EMISSIONS PROVENANT DE LA
COMBUSTION DE LA BIOMASSE LIGNEUSE DANS LE SECTEUR RESIDENTIEL**

Travail réalisé dans le cadre de la mission de Regione Liguria pour les activités liées à la réalisation de WP3 ALCOTRA – Impacts liés aux changements climatiques et à la pollution atmosphérique sur le territoire
(prot.n°PG/2019/0314361)



<i>CODE DU PROJET</i> RLI.CE.19	<i>CODE DU DOCUMENT</i> RF1	<i>EDITION/REVISION DU MM/AA</i> 1/0 décembre 2019
<i>TITRE DU PROJET</i> Regione Liguria - Activités liées à la mise en œuvre du WP3 - Impacts liés aux changements climatiques et à la pollution atmosphérique sur le territoire ALCOTRA		
<i>TITRE DU DOCUMENT</i> Méthodologie pour l'estimation des émissions provenant de la combustion de la biomasse ligneuse dans le secteur résidentiel		
<i>MOTIF DE LA REVISION</i>		

<i>PREPARE PAR</i> Carlo Trozzi Enzo Piscitello	<i>DATE</i> 30 décembre 2019	<i>SIGNATURE</i>  
<i>APPROUVE PAR</i> Carlo Trozzi (DT)	<i>DATE</i> 30 décembre 2019	<i>SIGNATURE</i> 

LISTE DE DISTRIBUTION

<i>NUMERO DE COPIE</i>	<i>DESTINATAIRE</i>	<i>ORGANISME D'APPARTENANCE</i>
1	Cecilia Brescianini	Regione Liguria
2	Angela Patrone	Regione Liguria
3	Patrizia Costi	Regione Liguria
4	Archives informatiques	TECHNE Consulting

TABLE DES MATIERES

1	PREAMBULE.....	6
2	APERCU DES SOURCES OFFICIELLES LES PLUS RECENTES DES DONNEES DISPONIBLES DANS LES REGIONS DU TERRITOIRE	8
2.1	Données pour le territoire italien.....	8
2.1.1	Enquête ISTAT sur le chauffage domestique en Italie.....	8
2.1.2	Données de surveillance du <i>burden sharing</i>	13
2.1.2.1	Méthodologie pour évaluer les biomasses solides dans le secteur résidentiel.....	14
2.1.2.2	Résultats de la surveillance pour les régions concernées	18
2.1.3	Données du recensement ISTAT de la population et des logements	21
2.1.4	Degrés-jours sur base communale	27
2.1.5	Données sur les technologies de combustion.....	29
2.2	Données pour le territoire français.....	29
2.2.1	Données régionales	29
1.1.1	Données sur les technologies de combustion.....	30
1.1.2	Données de la population et des logements	32
2.2.2	Degrés-jours.....	33
3	COMPARAISON DES METHODOLOGIES LES PLUS RECENTES UTILISEES PAR LES PARTENAIRES DU PROJET POUR L'ESTIMATION DE LA CONSOMMATION DE BOIS DANS LE SECTEUR RESIDENTIEL ET DES EMISSIONS.....	34
3.1	Regione Liguria.....	34
3.2	Regione Piemonte.....	34
3.3	Regione Valle d'Aosta.....	42
3.4	Région Auvergne-Rhône-Alpes.....	43
3.5	Région Provence-Alpes-Côte d'Azur.....	46
4	METHODOLOGIE D'ESTIMATION DES EMISSIONS ET DE LA CONSOMMATION ...ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
4.1	Méthode de base pour l'estimation des émissions et facteurs d'émission ...Erreur ! Signet non défini.	
4.2	Méthodologie d'estimation à l'échelle régionale	50
4.3	Evaluation à l'échelle communale et sous-communale	50
5	TECHNOLOGIES INNOVANTES DE COMBUSTION DELA BIOMASSE LIGNEUSE DANS LE SECTEUR RESIDENTIEL POUR FACILITER L'ADOPTION DE MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS..... ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
5.1	Bonnes pratiques.....	53
5.2	Meilleures techniques existantes.....	54
6	REGLEMENTATIONS EN VIGUEUR DANS LA ZONE EXAMINEE EN MATIERE DE LIMITATION, CONTROLE DES EMISSIONS ET PERFORMANCE DES INSTALLATIONS DE	

COMBUSTION UTILISANT LA BIOMASSE LIGNEUSE ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.

7 ANNEXE: CODE DE BONNES PRATIQUES POUR LA COMBUSTION DOMESTIQUE DU BOIS 58

7.1 Incidences du type d'installation	58
7.1.1 Foyers ouverts.....	58
7.1.2 Foyers fermés ou semi-fermés	Erreur ! Signet non défini.
7.1.3 Poêles à bois.....	Erreur ! Signet non défini.
7.1.4 Poêles à granulés.....	Erreur ! Signet non défini.
7.1.5 Poêles de masse	Erreur ! Signet non défini.
7.1.6 Chaudières	61
7.2 Incidences de l'installation et de la gestion	61
7.3 Incidences de la qualité du bois de chauffage	62
7.4 Bonnes pratiques.....	63
7.4.1 Choix de l'installation de chauffage	Erreur ! Signet non défini.
7.4.2 Choix du bois de chauffage.....	Erreur ! Signet non défini.
7.4.3 Chargement du bois	Erreur ! Signet non défini.
7.4.4 Allumage du feu.....	Erreur ! Signet non défini.
7.4.5 Combustion.....	68
7.4.6 Extinction du feu.....	Erreur ! Signet non défini.
7.4.7 Entretien et inspection.....	Erreur ! Signet non défini.
7.5 Meilleures techniques existantes.....	Erreur ! Signet non défini.

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Articulation du questionnaire ISTAT sur la consommation d'énergie des ménages	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 2 - Ménages par source d'alimentation de l'installation de chauffage unique ou prédominante du foyer par région.....	10
Tableau 3 – Ménages utilisant le bois et les granulés (pour 100 ménages) et quantités moyennes et totales (tonnes) utilisées par région.....	11
Tableau 4 – Ménages par type d'appareil pour l'utilisation de bois et de granulés et par région, pour 100 ménages consommant respectivement du bois et des granulés	12
Tableau 5 – Ménages par type de bois principalement utilisé par région, composition en pourcentage.....	13
Tableau 6 – Surveillance des objectifs régionaux en matière de sources d'énergie renouvelables fixés par le décret ministériel du 15 mars 2012. Consommation finale brute d'énergie provenant de sources renouvelables et totale (ktep). Regione Liguria.....	18
Tableau 7 – Surveillance des objectifs régionaux sur les sources renouvelables fixés par le décret ministériel du 15 mars 2012. Consommation finale brute d'énergie provenant de sources renouvelables et totale (ktep). Regione Piemonte.....	19
Tableau 8 – Surveillance des objectifs régionaux sur les sources renouvelables fixés par le décret ministériel du 15 mars 2012. Consommation finale brute d'énergie provenant de sources renouvelables et totale (ktep). Regione Valle d'Aosta.	20
Tableau 9 – Données de recensement d'intérêt disponibles sur une base cartographique	23
Tableau 10 – Degrés-jours des communes de la province d'Imperia.....	28
Tableau 11 – Données de la consommation finale du secteur résidentiel et tertiaire: Auvergne-Rhône-Alpes....	29
Tableau 12 – Données de la consommation finale du secteur résidentiel et tertiaire: Provence-Alpes-Côte d'Azur	30
Tableau 13 – Regione Piemonte: émissions provenant de la combustion du bois dans les installations résidentielles	41

Tableau 14 – Regione Piemonte: facteurs d'émissions provenant de la combustion du bois dans les installations résidentielles	42
Tableau 15 – Regione Piemonte: facteurs d'émissions utilisés par ARPA Valle d'Aosta pour la combustion du bois dans les installations résidentielles	43
Tableau 16 – Facteurs d'émission moyens utilisés en France.....	45
Tableau 17 – Incidences de l'humidité du bois sur les émissions.....	45
Tableau 18 – Principaux facteurs d'émission de polluants provenant de la combustion du bois dans les appareils de chauffage résidentiels	49
Tableau 19 – Facteurs d'émission HAP et micropolluants provenant de la combustion du bois dans les appareils de chauffage résidentiels	49
Tableau 20 –Facteurs d'émission de métaux, oxydes de soufre et gaz à effet de serre provenant de la combustion du bois dans les appareils de chauffage résidentiels	49
Tableau 21 – Valeur limite du coefficient de déperdition volumique par transmission à travers l'enveloppe du bâtiment.....	51

SOMMAIRE DES FIGURES

Figure 1 – Les territoires du projet.....	6
Figure 2 - Superficie totale des logements occupés par au moins une personne résidente par section de recensement des communes de la province d'Imperia	25
Figure 3 - Recensement 2011: question sur le type d'installation de chauffage et le combustible ou l'énergie qui l'alimente	25
Figure 4 - Recensement 2011: question sur le type d'installation de chauffage et le combustible ou l'énergie qui l'alimente	26
Figure 5 - Recensement 2011: répartition du nombre de logements par type de vecteur énergétique alimentant l'installation de chauffage par province	26
Figure 6 - Recensement 2011: répartition municipale du nombre de logements alimentés par des combustibles solides (bois, charbon, etc.)	27
Figure 7 – Regione Valle d'Aosta. Type d'installations de biomasse utilisées, réparties entre l'installation principale et l'installation secondaire	29
Figure 8 - Enquête régionale Auvergne-Rhône-Alpes: principal vecteur énergétique utilisé pour le chauffage par les utilisateurs de bois.....	31
Figure 9 - Enquête régionale Auvergne-Rhône-Alpes: vecteur énergétique secondaire utilisé pour le chauffage par les utilisateurs de bois.....	31
Figure 10 - Enquête régionale Auvergne-Rhône-Alpes: vecteur énergétique secondaire utilisé pour le chauffage par les utilisateurs de bois.....	32
Figure 11 – Nombre de logements et leur superficie moyenne dans les territoires concernés	32
Figure 12 – Méthodologie pour évaluer les consommations pour le chauffage domestique suivie par Regione Piemonte.....	41
Figure 13 - Inventaire régional des émissions de la Vallée d'Aoste: distribution des émissions pour les différents macrosecteurs	42
Figure 14 - Inventaire régional des émissions de la Vallée d'Aoste: distribution territoriale des émissions de PM ₁₀	43
Figure 15 - Inventaire des émissions en Auvergne-Rhône-Alpes 2015: contribution des secteurs aux émissions	44
Figure 16 - Inventaire des émissions en Auvergne-Rhône-Alpes 2015: contribution des secteurs aux émissions de PM ₁₀ à différentes périodes de l'année.....	44
Figure 17 - Inventaire des émissions atmosphériques en Auvergne-Rhône-Alpes 2015: distribution spatiale des émissions de PM ₁₀ provenant du chauffage au bois	45
Figure 18 - Inventaire des émissions de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2017: secteur résidentiel	46
Figure 19 - Inventaire des émissions de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2017: distribution spatiale des émissions totales de PM ₁₀	47

1 PREAMBULE

Regione Liguria est le chef de file du projet CLIMAERA¹, financé dans le cadre du programme ALCOTRA 2014-2020. Ce projet, axé sur la fourniture d'outils utiles à la planification, vise à identifier des stratégies gagnantes pour le secteur de la « qualité de l'air » et de « l'énergie » dans le contexte des changements climatiques.

Le projet concerne les territoires suivants (Figure 1):

- pour l'Italie:
 - Regione Autonoma Valle d'Aosta
 - Provinces de Turin et Coni (Regione Piemonte)
 - Province d'Imperia (Regione Liguria)
- pour la France:
 - les Départements de la Haute Savoie et de la Savoie (Région Auvergne Rhône-Alpes)
 - les Départements des Hautes Alpes, des Alpes de Haute Provence et des Alpes Maritimes (Région Provence-Alpes-Côte d'Azur)



Figure 1 – Les territoires du projet

Le projet CLIMAERA, qui voit comme partenaires non seulement Regione Liguria (chef de file), mais aussi ARPAL Liguria (organisme délégataire), ARPA Piemonte, ARPA Valle d'Aosta, ATMOSUD et ATMO AURA, est structuré en 4 WP (composantes):

- WP 1 – Gestion administrative
- WP 2 – Communication

¹[Interreg Alcotra, Climaera. Changement climatique: améliorer la planification territoriale des institutions publiques pour l'adaptation au changement](#)

- WP 3 – Impacts liés aux changements climatiques et à la pollution atmosphérique sur le territoire ALCOTRA
- WP 4 - Analyse et évaluation des coûts et bénéfices des politiques et des mesures en matière de qualité de l'air.

Ce travail fait partie de l'action WP 3 du projet. L'objectif de cette mission est d'améliorer la quantification de la contribution apportée par la combustion de la biomasse ligneuse dans le secteur résidentiel en termes d'impact sur la qualité de l'air et de réduction des émissions de CO₂. Cette quantification est fonctionnelle pour le calcul des bilans énergétiques et de CO₂ (décret MISE dit « burden sharing » (DM 15/3/2012)) et pour l'estimation de l'inventaire des émissions (décret législatif 155/2010). La mission vise également à compléter la mise à jour de l'inventaire des émissions atmosphériques dans la région Ligurie, afin d'évaluer, dans le contexte régional, l'incidence des émissions de biomasse ligneuse du secteur résidentiel sur les émissions régionales totales.

Plus en détail, le travail est articulé en:

- Développement d'une nouvelle méthodologie pour l'estimation des émissions provenant de la combustion de biomasse ligneuse dans le secteur résidentiel;
- Conception de la collecte des données, application de la méthodologie mentionnée au point précédent, achèvement de la mise à jour méthodologique de l'ensemble de l'inventaire de Regione Liguria;
- Achèvement de la mise à jour de l'inventaire des émissions atmosphériques jusqu'à 2016 à l'aide du logiciel E2Gov.

Ce rapport est lié à la définition d'une nouvelle méthodologie partagée pour l'estimation des émissions provenant de la combustion de biomasse ligneuse dans le secteur résidentiel (point 1 de la mission) sur le territoire d'ALCOTRA, en appui aux inventaires des émissions et des bilans énergétiques et de CO₂.

Le rapport contient, au chapitre 2, un aperçu des sources officielles les plus récentes de données disponibles dans les régions du territoire ALCOTRA nécessaires à l'estimation des émissions et à leur désagrégation spatiale et temporelle: ventilation des types d'appareils et des biomasses ligneuses, technologie de combustion, indicateurs de consommation, facteurs d'émission, mode d'utilisation des appareils, etc.

Le rapport comprend ensuite (chapitre 3) une comparaison des méthodologies les plus récentes utilisées par les partenaires du projet pour l'estimation de la consommation de bois dans le secteur résidentiel et des émissions (données statistiques utilisées, niveau de détail disponible, facteurs d'émission, sources et traitement des données, méthodologie d'estimation et de désagrégation spatiale et temporelle) et pour la révision des données historiques.

Ensuite, au chapitre 4, est présentée la méthodologie d'estimation des émissions et de la consommation commune pour les partenaires du projet, élaborée sur la base des documents de référence officiels, c'est-à-dire le guide EMEP/EEE pour les inventaires des émissions et le suivi des objectifs du burden sharing régional.

Le rapport présente ensuite (chapitre 5) un approfondissement sur les technologies les plus innovantes liées à la combustion de la biomasse ligneuse dans le secteur résidentiel pour soutenir l'adoption de mesures de réduction des émissions.

L'approfondissement a également concerné (chapitre 6) les réglementations existantes dans le territoire en question, relatives à la limitation et au contrôle des émissions et à la performance des installations pour la combustion de la biomasse ligneuse.

2 APERCU DES SOURCES OFFICIELLES LES PLUS RECENTES DES DONNEES DISPONIBLES DANS LES REGIONS DU TERRITOIRE

Voici un aperçu des sources officielles les plus récentes des données disponibles dans les régions du territoire ALCOTRA (Région Ligurie - Province d'Imperia, Région Piémont pour les provinces de Turin et Coni, Région autonome de la Vallée d'Aoste, Région PACA - dép. 04-05-06 et Région Auvergne Rhône-Alpes - dép.73-74) nécessaires à l'estimation des émissions et à leur désagrégation spatiale et temporelle: ventilation des types d'appareils et de biomasses ligneuses, technologie de combustion, indicateurs de consommation, facteurs d'émission, modes d'utilisation des équipements, etc.

2.1 Données pour le territoire italien

2.1.1 Enquête ISTAT sur le chauffage domestique en Italie

Au niveau italien, les informations statistiques sur la consommation de biomasses ligneuses pour le chauffage domestique ont fait un grand pas en avant, à commencer par la diffusion des résultats de l'enquête sur la consommation énergétique des ménages pour 2013.

L'enquête sur la consommation d'énergie des ménages² visait à obtenir des informations sur la consommation d'énergie des ménages italiens.

Les informations recueillies visaient, d'une part, à connaître le type de systèmes de chauffage et de climatisation et d'appareils électroménagers disponibles dans les logements et, d'autre part, à étudier les habitudes des ménages dans la manière dont ils utilisent ces appareils.

L'enquête était prévue dans le programme statistique national, qui rassemble toutes les enquêtes statistiques nécessaires au pays. Les résultats de cette recherche, menée pour la première fois en référence à l'ensemble du territoire national, ont fourni des éléments utiles à la communauté et aux institutions pour préparer des actions visant à protéger et à améliorer la qualité de l'environnement.

Les principaux sujets étudiés étaient: les caractéristiques des logements; les installations de chauffage de la maison et de l'eau et de climatisation (nombre, type, type de combustible, utilisations par les ménages, etc.); la consommation de bois de chauffage, de granulés et d'autres types de biomasses; les installations d'éclairage et les appareils électroménagers (nombre, type, caractéristiques et utilisation); les dépenses engagées pour l'électricité et les combustibles de chauffage.

L'enquête a été menée par la Direction centrale des statistiques socio-démographiques et environnementales (DCSA), le Service national de l'environnement (AMB), l'Unité opérationnelle "Ménages, environnement et énergie" (AMB/C) de l'Institut national de la statistique (ISTAT).

Les ménages ont été interrogés dans un échantillon où chaque ménage est choisi au hasard dans des listes téléphoniques, selon une stratégie d'échantillonnage visant à constituer un échantillon statistiquement représentatif de l'ensemble de la population. L'enquête a porté sur un échantillon de 20 000 ménages italiens répartis dans différentes communes italiennes de taille démographique différente.

² ISTAT, [I consumi energetici delle famiglie: informazioni sulla rilevazione, 2013](#)

L'entretien téléphonique a été soumis au membre du ménage le plus informé sur les sujets étudiés. Dans le cas où ce membre était absent ou occupé au moment de l'appel téléphonique, il a été possible de prendre un rendez-vous dans le délai prévu pour l'enquête. S'il n'était pas vraiment possible de fixer un rendez-vous, un autre membre de la famille a été interrogé et a répondu à la place de la personne absente. L'enquête a eu lieu pendant les mois de mars à juillet 2013.

Le questionnaire de l'enquête sur la consommation d'énergie des ménages a été divisé en 9 sections thématiques, comme l'illustre le tableau 1.

Tableau 1 – Articulation du questionnaire ISTAT sur la consommation d'énergie des ménages

Section du questionnaire	Objectif
Caractéristiques des logements	Obtenir des informations sur les logements et les installations et services principaux qu'ils ont.
Chauffage du logement	Obtenir des informations sur la présence d'installations de chauffage dans les logements, sur certaines de leurs caractéristiques (source d'énergie, âge de l'installation, etc.) et sur la manière dont les ménages les utilisent.
Chauffage de l'eau	Obtenir des informations sur la présence d'installations de chauffage de l'eau, sur certaines de leurs caractéristiques (source d'alimentation, âge de l'installation, etc.) et sur la façon dont les ménages les utilisent.
Climatisation	Obtenir des informations sur la présence d'installations de climatisation, sur certaines de leurs caractéristiques (source d'alimentation, âge de l'installation, etc.) et sur la manière dont les familles les utilisent.
Consommation de biomasses	Obtenir des informations sur la consommation éventuelle de bois de chauffage, de granulés de bois, de plaquettes de bois et d'autres biomasses, sur les quantités consommées et sur l'utilisation de cette source d'énergie (chauffage, cuisson, etc.).
Eclairage	Obtenir des informations sur les installations d'éclairage des logements.
Appareils électroménagers	Obtenir des informations sur les appareils électroménagers et leur utilisation par le ménage.
Frais	Obtenir des informations sur les frais engagés pour le gaz, l'électricité et les autres combustibles que le ménage a déclaré utiliser.
Informations sur le ménage	Obtenir des informations de base sur les membres de la famille, telles que le sexe, l'âge, le lieu de naissance, la citoyenneté, l'état civil, les diplômes et la situation professionnelle.

Le Tableau 1 montre les données relatives au nombre de ménages par source d'alimentation de l'installation de chauffage unique ou prédominante du logement par région. Le tableau montre la forte pénétration des biomasses au Piémont (15,9 %) et, surtout, dans la Vallée d'Aoste (23,4%) et la part plus modérée, mais non négligeable, en Ligurie (9,6 %), bien qu'elle soit inférieure à la moyenne nationale (14,5 %).

Le Tableau 2 montre les principaux résultats de l'enquête dans le secteur des biomasses résidentielles et en particulier la consommation de bois et de granulés.

Le Tableau 3, qui présente les données par type d'appareil, montre la faible pénétration des foyers ou poêles à la pointe au Piémont (7,2%) et en Vallé d'Aoste (6,3%), tandis qu'une part légèrement supérieure à la moyenne nationale (13,4%) se retrouve en Ligurie (14,5%).

Le Tableau 4, qui présente les données relatives au type de bois principalement utilisé, met en évidence le lien étroit avec la présence locale des espèces d'arbres dans le choix du type de bois utilisé avec, par exemple, une forte utilisation d'oliviers et d'arbres fruitiers en Ligurie par rapport au Piémont et à la Vallée d'Aoste.

Enfin, il faut remarquer que les heures moyennes d'allumage de l'installation de chauffage unique ou prédominante par jour d'hiver est de 8,18 pour la Ligurie, 9,33 pour le Piémont et 10,22 pour la Vallée d'Aoste.

Tableau 1 - Ménages par source d'alimentation de l'installation de chauffage unique ou prédominante du foyer par région

	Méthane	Energie électrique	Biomasses	GPL	Gazole	Total
REGION						
Piémont	74,5	1,1	15,9	3,4	5,1	100,0
Vallée d'Aoste	30,5	2,2	23,4	10,9	33,0	100,0
Lombardie	87,0	1,0	7,2	1,5	3,3	100,0
Trentin-Haut-Adige	51,9	2,0	28,7	2,3	15,1	100,0
<i>Bolzano</i>	<i>45,4</i>	<i>2,1</i>	<i>32,2</i>	<i>1,9</i>	<i>18,4</i>	<i>100,0</i>
<i>Trento</i>	<i>57,6</i>	<i>1,9</i>	<i>25,5</i>	<i>2,9</i>	<i>12,1</i>	<i>100,0</i>
Vénétie	72,3	1,5	18,1	3,9	4,2	100,0
Frioul-Vénétie Julienne	70,8	0,5	19,5	3,6	5,6	100,0
Ligurie	77,0	4,1	9,6	3,0	6,3	100,0
Emilie-Romagne	87,4	0,6	7,2	4,0	0,8	100,0
Toscane	78,3	1,6	12,7	3,2	4,2	100,0
Ombrie	56,5	1,1	32,8	6,9	2,7	100,0
Marches	76,3	2,3	15,0	4,6	1,8	100,0
Latium	74,6	6,1	10,7	5,3	3,3	100,0
Abruzzes	70,7	2,9	23,4	2,2	..	100,0
Molise	68,4	1,4	27,7	1,6	..	100,0
Campanie	53,7	10,6	18,7	15,2	1,8	100,0
Pouilles	78,7	3,6	11,5	3,4	2,8	100,0
Basilicate	64,6	2,3	30,2	2,0	..	100,0
Calabre	47,0	7,9	33,3	10,7	1,1	100,0
Sicile	52,2	24,1	7,9	14,7	..	100,0
Sardaigne	-	19,7	40,2	21,2	18,9	100,0
Italie	70,9	5,1	14,5	5,8	3,7	100,0

Notes: La ligne (-) est indiquée lorsque le phénomène n'existe pas ou existe et est détecté, mais les cas ne se sont pas produits.
 Les deux points (..) sont indiqués lorsque l'exiguité du phénomène rend les valeurs calculées non significatives.
 Les ménages qui n'ont pas pu indiquer la source d'alimentation de l'installation égale à 0,4 % sont exclus.

Tableau 2 – Ménages utilisant le bois et les granulés (pour 100 ménages) et quantités moyennes et totales (tonnes) utilisées par région

	BOIS			GRANULES		
	Ménages utilisateurs (pour 100 ménages)	Consommation (Mg)	Consommation moyenne (Mg) par ménage	Ménages utilisateurs (pour 100 familles)	Consommation (Mg)	Consommation moyenne (Mg) par ménage
REGION						
Piémont	21,3	1759641	4,1	4,4	138203	1,5
Vallée d'Aoste	33,7	74241	3,6	13,4	13368	1,6
Lombardie	12,9	1461341	2,6	4,5	250018	1,3
Trentin-Haut Adige	46,7	662976	3,2	6,4	53091	1,9
<i>Bolzano</i>	<i>45,9</i>	<i>312741</i>	<i>3,2</i>	<i>7,0</i>	<i>36185</i>	<i>2,4</i>
<i>Trento</i>	<i>47,4</i>	<i>350235</i>	<i>3,2</i>	<i>5,8</i>	<i>16906</i>	<i>1,3</i>
Vénétie	27,1	1589578	2,9	5,4	192823	1,7
Frioul-Vénétie Julienne	31,8	565285	3,2	6,8	53134	1,4
Ligurie	10,9	359438	4,2	3,4	47370	1,7
Emilie-Romagne	16,7	828609	2,5	3,0	85589	1,4
Toscane	25,6	1294605	3,1	5,2	83833	1,0
Ombrie	47,7	628659	3,4	11,1	63476	1,5
Marches	25,4	509532	3,1	5,0	43569	1,4
Latium	20,0	1560395	3,0	1,6	43042	1,0
Abruzzes	38,4	949107	4,4	5,0	55236	2,0
Molise	33,5	229869	5,2	5,9	12030	1,5
Campanie	21,8	1590542	3,4	4,0	127267	1,5
Pouilles	17,4	763505	2,8	1,4	28870	1,3
Basilicate	35,2	440141	5,4	5,6	20724	1,6
Calabre	35,0	1318749	4,7	4,4	59526	1,7
Sicile	10,1	402596	2,0	0,8	14822	0,9
Sardegne	39,2	735543	2,6	11,5	82354	1,0
TYPE DE COMMUNE						
Commune du centre de l'aire métropolitaine	2,2	87691	0,9	0,1	2544	0,7
Communes de la périphérie de l'aire métropolitaine	11,8	704959	2,0	3,1	97348	1,0
Communes avec plus de 50 000 habitants	11,0	1169295	2,4	1,4	55580	0,9
Communes de montagne avec jusqu'à 50 000 habitants	40,8	10652672	3,8	7,4	819999	1,6
Communes non de montagne jusqu'à 50 000 habitants	24,6	5109733	2,8	5,3	492875	1,3
Italie	21,4	17724350	3,2	4,1	1468345	1,4

Note: Les données se rapportent au nombre de ménages utilisateurs et à la consommation au cours des douze derniers mois.

Tableau 3– Ménages par type d'appareil pour l'utilisation de bois et de granulés et par région, pour 100 ménages consommant respectivement du bois et des granulés.

	BOIS			GRANULE	
	Foyers ou poêles traditionnels (a)	Foyers ou poêles à la pointe (b)	Autres appareils (c)	Foyers ou poêles traditionnels (a)	Autres appareils (d)
REGION					
Piémont	86,9	7,2	12,8	97,8	..
Vallée d'Aoste	89,0	6,3	14	88,8	12,7
Lombardie	97,1	..	3,4	93,9	..
Trentin-Haut Adige	90,9	5,1	25,3	79,9	30,8
<i>Bolzano</i>	<i>90,0</i>	<i>6,6</i>	<i>36,9</i>	<i>69,3</i>	<i>50,7</i>
<i>Trento</i>	<i>91,8</i>	<i>3,8</i>	<i>13,6</i>	<i>91,7</i>	..
Vénétie	94,9	4,2	8,2	94,8	..
Frioul-Vénétie Julienne	94,2	5,4	7,6	94,5	..
Liguria	84,8	14,5	8,4	79,0	..
Emilie-Romagne	93,8	4,7	4,9	97,6	..
Toscane	88,3	10,6	7,5	81,4	19
Ombrie	87,6	15,1	8,7	77,7	24,8
Marches	87,5	11,6	..	72,8	32,7
Latium	74,6	25,0	6,5	55,3	49,3
Abruzzes	81,0	23,0	9,9	85,6	31
Molise	77,4	19,5	11,8	78,9	22,5
Campanie	70,9	28,3	7,4	57,8	42,2
Pouilles	81,9	16,0	5,5	69,6	..
Basilicate	69,6	29,6	13,1	74,2	..
Calabre	65,5	33,6	8	62,8	45,6
Sicile	79,0	10,6	14,3	64,7	..
Sardegne	91,2	10,7	4,7	92,2	8,5
Italie	85,2	13,4	8,1	84,2	18,5

Notes: La ligne (-) est indiquée lorsque le phénomène n'existe pas ou existe et est détecté, mais les cas ne se sont pas produits. Les deux points (..) sont indiqués lorsque l'exiguité du phénomène rend les valeurs calculées non significatives.

Les données concernent la consommation au cours des douze derniers mois.

a) Poêles et foyers chauffant des pièces individuelles (y compris les foyers et les poêles ventilés)

b) Poêles et foyers reliés à des radiateurs qui distribuent le chauffage dans plusieurs pièces de la maison

(c) Comprend les chauffe-eau, les chaudières reliées à des radiateurs et les appareils de cuisson.

(d) Comprend les poêles et foyers à la pointe, les chauffe-eau, les chaudières reliées à des radiateurs et les appareils de cuisson.

Tableau 4– Ménages par type de bois principalement utilisé par région, composition en pourcentage

	Type de bois							Total
	Chêne	Hêtre	Frêne, bouleau, châtaignier, peuplier	Charme, acacia, banane, eucalyptus, sapin, larice, cyprès	Olivier s ou arbres fruitiers	Autre	Je ne sais pas	
REGION								
Piémont	6,6	24,1	19,6	17,5	3,8	10,6	18,0	100,0
Vallée d'Aoste	8,5	13,4	27,9	23,3	2,5	3,2	21,2	100,0
Lombardie	10,5	28,0	19,3	12,2	5,2	9,7	15,1	100,0
Trentin-Haut Adige	3,4	24,5	6,1	38,8	11,8	4,3	11,1	100,0
<i>Bolzano</i>	2,8	9,0	4,0	51,9	18,3	1,2	12,8	100,0
<i>Trento</i>	3,9	38,4	7,9	27,1	6,0	7,1	9,5	100,0
Vénétie	4,5	38,0	17,4	12,6	5,4	5,5	16,6	100,0
Frioul-Vénétie Julienne	4,1	49,4	14,5	10,3	3,0	7,3	11,4	100,0
Liguria	14,5	9,8	18,5	2,0	18,4	10,3	26,5	100,0
Emile-Romagne	32,2	11,0	10,9	1,7	16,2	5,5	22,5	100,0
Toscane	36,1	10,4	11,8	7,1	6,7	6,4	21,5	100,0
Ombrie	48,6	2,6	10,9	1,4	4,3	7,2	25,0	100,0
Marches	35,7	7,6	12,2	5,9	11,4	8,4	19,0	100,0
Latium	46,4	3,8	15,8	5,0	9,1	6,0	13,9	100,0
Abruzzes	35,5	9,2	2,9	0,1	21,0	7,2	24,2	100,0
Molise	58,7	3,5	2,1	2,4	11,2	8,0	14,1	100,0
Campanie	47,3	3,7	8,5	1,9	17,2	6,6	14,8	100,0
Pouilles	10,8	0,7	73,4	4,8	7,2	100,0
Basilicate	59,5	6,5	5,2	2,3	11,5	3,7	11,2	100,0
Calabre	37,7	7,5	9,3	1,4	23,3	5,1	15,7	100,0
Sicile	19,4	4,4	40,5	4,3	26,9	100,0
Sardegne	33,6	..	7,0	18,3	11,8	9,4	19,5	100,0
Italie	26,0	14,7	12,1	8,5	14,5	6,9	17,2	100,0

Notes: Les deux points (..) sont indiqués lorsque l'exiguïté du phénomène rend les valeurs calculées non significatives.

° Les données concernent la consommation au cours des douze derniers mois.

2.1.2 Données de surveillance du *burden sharing*

La directive 2009/28 du Parlement européen et du Conseil³, transposée par le décret législatif n° 28 du 3 mars 2011⁴, assigne à l'Italie deux objectifs nationaux contraignants en termes de part de la

³ [Directive 2009/28/CE du Parlement européen et du conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables et modifiant puis abrogeant les directives 2001/77/CE et 2003/30/CE. OJ L 140, 5.6.2009, p. 16–62](#)

⁴ [Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE. \(GU Serie Generale n.71 del 28-03-2011 - Suppl. Ordinario n. 81\)](#)

consommation finale brute d'énergie couverte par des sources renouvelables en 2020. Le premier, en tant qu'objectif général, prévoit une part de sources renouvelables dans la consommation finale brute d'au moins 17%; le second, concernant uniquement le secteur des transports, prévoit une part d'au moins 10%.

En ce qui concerne l'objectif général, le décret du *burden sharing*⁵ définit les objectifs intermédiaires et finaux que chaque Région et Province autonome doit atteindre d'ici 2020 afin de réaliser l'objectif national en termes de part de la consommation finale brute d'énergie couverte par les sources renouvelables.

Dans ce cadre, GSE, avec la collaboration d'ENEA, a pour mission de préparer un rapport statistique annuel sur le suivi du degré de réalisation de l'objectif national et des objectifs régionaux en termes de part de la consommation finale brute d'énergie provenant de sources renouvelables, au niveau global et en référence aux secteurs de l'électricité, du chauffage et des transports.

En ce qui concerne les sources d'information utilisées, en particulier:

- les données de surveillance relatives aux sources renouvelables sont traitées par GSE sur la base des données collectées par GSE lui-même et, pour la consommation d'électricité, par TERNA;
- Les données de surveillance régionales sur les sources fossiles (pétrole, gaz, charbon) sont traitées par ENEA à partir des données produites au niveau national par le ministère du développement économique. Les procédures de traitement des données de surveillance régionales suivent les modalités et les délais prévus⁶.

Les informations et les données sont disponibles dans la section du site web de GSE consacrée au suivi des objectifs nationaux et régionaux en matière d'énergies renouvelables⁷.

La *consommation finale brute* (CFB) a été introduite par la directive 2009/28/CE. Par rapport à la *consommation finale* prise en compte dans les bilans énergétiques traditionnels, elle inclut également les pertes des réseaux électriques et la consommation auxiliaire de la production d'électricité et de chaleur.

Pour chaque région et province autonome, les données de surveillance, c'est-à-dire la part de consommation finale brute d'énergie couverte par les sources renouvelables, sont actuellement disponibles pour les années 2012 - 2017.

2.1.2.1 Méthodologie pour évaluer les biomasses solides dans le secteur résidentiel

Pour l'évaluation de la consommation finale d'énergie à partir de biomasses solides dans le secteur résidentiel, les procédures de traitement des données sont décrites ci-dessous.

⁵ [Ministero dello Sviluppo Economico. Decreto 15 marzo 2012. Definizione e qualificazione degli obiettivi regionali in materia di fonti rinnovabili e definizione della modalità di gestione dei casi di mancato raggiungimento degli obiettivi da parte delle regioni e delle province autonome \(c.d. Burden Sharing\). \(GU Serie Generale n.78 del 02-04-2012\)](#)

⁶ Ministero dello sviluppo economico. Decreto 11 maggio 2015. Approvazione della metodologia che, nell'ambito del sistema statistico nazionale, è applicata per rilevare i dati necessari a misurare il grado di raggiungimento degli obiettivi regionali, in attuazione dell'articolo 40, comma 5, del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28 ([GU Serie Generale n.123 del 29-05-2015, Supplemento Ordinario N. 24](#))

⁷ [GSE. Dati e Scenari. Monitoraggio FER. Monitoraggio Regionale](#)

Dans chaque région et province autonome, la consommation d'énergie à partir de biomasse solide dans le secteur résidentiel est obtenue à partir de la somme des consommations dans les logements principaux et des consommations dans les maisons de vacances.

La consommation d'énergie provenant de biomasses solides dans les principales maisons Q_d est déterminée annuellement à l'aide de la formule suivante:

$$Q_d = \sum_i A_i * Q_{s_i}$$

où:

- i sont les différentes catégories de générateurs de chaleur, identifiées sur la base de leurs caractéristiques de construction;
- A_i indique le stock des appareils dans le secteur résidentiel de catégorie i installés et en fonctionnement dans la région;
- Q_{s_i} est la consommation spécifique de biomasse solide des appareils de catégorie i installés et en fonctionnement dans la région [TJ/an].

Les valeurs des paramètres sont obtenues sur la base d'enquêtes directes périodiques menées sur un échantillon représentatif de ménages italiens. Une première enquête spécifique sur la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel est réalisée par Istat et ENEA.

Les années où aucune enquête par sondage n'est effectuée, les paramètres de la surveillance régionale sont déterminés comme suit:

- *Le stock d'appareils A_i* ; chaque année, les données sont mises à jour par rapport à l'année précédente avec les données sur les ventes de générateurs de chaleur dans chaque région, fournies par les opérateurs du marché en réponse à une enquête par sondage spécifique auprès des fabricants d'appareils pour la génération de chaleur alimentés par la biomasse. En l'absence de résultats des enquêtes par sondage, les données sur le stock d'appareils sont tirées du dernier recensement ISTAT de la population et des logements. En l'absence de données spécifiques, on suppose que 70% des appareils vendus remplacent des appareils anciens, et donc que seule la part complémentaire des ventes (30%) entraîne une augmentation du nombre total d'appareils. Le pourcentage des ventes attribué aux logements principaux est égal au pourcentage d'appareils installés dans les logements principaux, par rapport au nombre total d'appareils, supposé pour l'année précédente;
- *La consommation spécifique des appareils Q_{s_i}* ; les consommations spécifiques des générateurs de chaleur à biomasse desservant les logements dans les différentes régions et provinces autonomes sont obtenues à partir de l'enquête par sondage. En l'absence de résultats des enquêtes par sondage, la valeur est obtenue comme

$$Q_{s_i} = Q_h \times S \times B$$

où Q_h indique la demande spécifique d'énergie primaire des logements (TJ/m²), S est la surface moyenne des logements dans la région (m²) d'après le recensement d'ISTAT de la population et des logements, B est la part de la demande domestique qui est estimée être couverte par les appareils à biomasse. La consommation spécifique des appareils est également mise à jour pour tenir compte des variations climatiques par rapport à l'année précédente. Au cours de l'année $t+1$, en particulier, dans chaque région, la consommation spécifique des appareils pour chaque type d'appareil est calculée comme suit:

$$Q_{S_{i,t+1}} = \frac{Q_{S_{i,t}}}{GG_t} \times GG_{t+1}$$

- $Q_{S_{i,t+1}}$ est la consommation spécifique du générateur de chaleur de catégorie i estimée pour l'année t+1 soumise à la surveillance des consommations;
- $Q_{S_{i,t}}$ est la consommation spécifique du générateur de chaleur de catégorie i mesurée au cours de l'année t par l'enquête par sondage (si elle a été réalisée au cours de l'année t) ou estimée sur la base de l'enquête par sondage la plus récente (si elle a été réalisée au cours d'années précédentes à l'année t);
- G_{G_t} sont les degrés-jours attribués à la région ou à la province, calculés pour l'année t. $G_{G_{t+1}}$ sont les degrés-jours se rapportant à la région ou à la province, calculés pour l'année t+1. Les degrés-jours d'une localité sont la somme des différences positives journalières entre la température de l'environnement, fixée conventionnellement par les règlements du secteur, et la température extérieure moyenne journalière;
- GG_{t+1} sont les degrés-jours référés à la région ou à la province, calculés pour l'année t+1.

La valeur des degrés-jours pour chaque région ou province est reconstituée sur la base des données nationales requises annuellement par GSE à partir d'un sujet technique spécialisé ou traitée directement par GSE sur la base des données climatiques disponibles pour les stations météorologiques considérées, en accord avec les régions représentatives de l'évolution du climat régional.

Il a été jugé approprié de prendre également en compte les résidences secondaires puisque l'enquête ISTAT-ENEA menée en 2012-2013 vise exclusivement les ménages dans leur résidence principale.

Dans chaque région ou province autonome, les consommations domestiques de biomasse dans les maisons de vacances, ici entendues comme des maisons qui, parmi celles que l'ISTAT répertorie comme non occupées en permanence par des résidents, sont utilisées en vacances à certaines périodes de l'année, par exemple par le propriétaire ou les locataires, sont déterminées annuellement, en l'absence d'informations précises, par la formule suivante:

$$CCV = CV \times O \times I \times \left(\sum_i J_i \times Q_{sg_i} \right)$$

où:

- CV est le nombre total de résidences secondaires présentes dans la région, identifiées, en l'absence d'informations précises, sur la base des informations contenues dans les éditions les plus récentes du rapport sur le tourisme italien. La répartition des résidences secondaires entre les provinces de Trento et de Bolzano est effectuée sur la base des informations contenues dans le tableau 7 du rapport « Le tourisme italien en appartements », édition 2005, ou d'informations similaires contenues dans des éditions plus récentes;
- O indique le nombre moyen de jours d'utilisation des maisons de vacances au cours d'une année. Dans ce cas également, en l'absence d'informations plus précises, la source est les éditions les plus récentes du rapport sur le tourisme italien, qui contient les données nécessaires pour les estimations au moins en référence aux cinq ventilations territoriales italiennes. Le rapport ne fournit toutefois pas d'informations sur l'utilisation saisonnière (été/hiver) des maisons de vacances dans les différentes régions et provinces autonomes et donc sur le nombre de jours pendant lesquels, région par région, il est possible de formuler une hypothèse sur l'utilisation de la biomasse à des fins de chauffage;

- I est une valeur en pourcentage qui indique l'incidence de l'utilisation des maisons de vacances pendant la saison hivernale par rapport à l'année totale, dans chaque région. Le produit entre cette valeur et le paramètre O permet d'estimer le nombre de jours d'utilisation des maisons de vacances pour lesquels on peut supposer l'utilisation de la biomasse pour le chauffage. En l'absence d'informations précises, le paramètre I est dérivé du rapport entre le nombre de touristes dans les établissements d'hébergement régionaux enquêtés par ISTAT pendant la saison de chauffage et le nombre total de touristes pendant l'année de référence. Autrement dit, on suppose que, dans les différentes régions, la répartition de l'utilisation des maisons de vacances entre les mois d'été et d'hiver est similaire à celle de l'utilisation des établissements d'hébergement (hôtels et établissements non hôteliers) par la demande touristique « officielle »;
- J_i indique le nombre moyen de générateurs de chaleur à biomasse de catégorie i présents dans chaque maison de vacances. Les données sont obtenues en supposant pour les maisons de vacances la même composition d'installations que l'enquête par sondage pour les maisons occupées en permanence ou le dernier recensement ISTAT de la population et des logements. Les mêmes données sont mises à jour en supposant qu'elles complètent les données relatives aux résidences principales. Le pourcentage de ventes attribué aux maisons de vacances est égal au pourcentage d'appareils installés dans les maisons de vacances par rapport au total des appareils supposé pour l'année;
- Q_{sg} indique la consommation journalière de biomasse associée aux générateurs de catégorie i dans les maisons de vacances. En l'absence d'enquêtes ou de données ponctuelles, la valeur est supposée être égale à la valeur moyenne utilisée pour les logements occupés en permanence dans la région (TJ/appareil/jour).

Les consommations de biomasse dans les maisons de vacances ainsi estimées sont ajoutées, région par région, à la consommation dans les maisons occupées en permanence.

Le chiffre calculé au niveau central peut être modifié par les régions et les provinces autonomes selon la procédure suivante:

En ce qui concerne l'année de surveillance t, le 31 août de l'année t+1 GSE communique aux régions et aux provinces autonomes les données de surveillance au niveau régional obtenues par l'application de cette méthodologie (Qd régionaux).

Les régions et les provinces autonomes peuvent communiquer à GSE, pour la même date, une donnée ou un paramètre nécessaire au calcul du Qd, à la suite d'enquêtes réalisées par les mêmes régions/provinces directement (enquêtes par sondage) ou indirectement (analyse et élaboration de la documentation administrative relative par exemple aux permis, concessions, incitations, inspections, certificats de performance énergétique, etc.), ainsi qu'un document décrivant en détail les méthodologies utilisées pour produire les données afin de vérifier leur fiabilité statistique.

Si GSE vérifie un écart supérieur à 10% entre la valeur du Qd régional obtenue par l'application de la méthodologie nationale et la valeur similaire calculée à l'aide des données ou des paramètres communiqués par la région ou la province autonome, le ministère du développement économique ouvre une enquête préliminaire pour évaluer la fiabilité statistique des données de base régionales/provinciales et pour vérifier l'opportunité de remplacer par ces données celle prévue par cette méthodologie.

Le résultat de l'enquête est utilisé pour déterminer si la valeur du Qd régional obtenue à l'aide des données ou du paramètre de source régionale/provinciale peut ou non remplacer les données résultant de l'application de la méthodologie. Si la valeur du Qd obtenue à l'aide des données ou du paramètre

de source régionale/provinciale est sélectionnée comme données de surveillance, la méthodologie est appliquée aux autres régions et provinces autonomes.

2.1.2.2 Résultats de la surveillance pour les régions concernées

Le Tableau 5 montre les résultats de la surveillance pour Regione Liguria. Le tableau montre la ligne relative à la consommation d'énergie provenant de biomasses solides dans le secteur résidentiel.

Tableau 5 – Surveillance des objectifs régionaux en matière de sources d'énergie renouvelables fixés par le décret ministériel du 15 mars 2012. Consommation finale brute d'énergie provenant de sources renouvelables et totale (ktep). Regione Liguria.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ENERGIE PROVENANT DE SOURCES RENEUVELABLES	195	220	188	201	210	218
Energie électrique produite à partir de sources renouvelables (secteur électrique)	45	51	52	52	51	49
Hydraulique (normalisée)	22	22	23	22	22	22
Eolienne (normalisée)	6	10	11	11	11	11
Solaire	6	7	8	9	9	10
Géothermique	0	0	0	0	0	0
Biomasses solides	0	0	0	0	0	0
Biogaz	11	12	11	10	9	6
Bioliquides durables	0	0	0	0	0	0
Consommation finale d'énergie à partir de sources d'énergie renouvelables (secteur thermique)	149	168	135	148	159	169
Energie géothermique	0	0	0	0	0	0
Energie solaire thermique	3	3	3	3	4	4
Fraction biodégradable des déchets	0	0	0	0	0	0
Energie à partir de biomasses solides dans le secteur résidentiel	130	149	114	126	137	147
Energie à partir de biomasses solides dans le secteur non résidentiel	0	0	1	1	1	1
Energie à partir de bioliquides	0	0	0	0	0	0
Energie à partir de biogaz et biométhane alimentant le réseau	1	1	1	1	1	1
Energie renouvelable à partir de pompes à chaleur	15	15	16	16	16	16
Chaleur produite à partir de sources renouvelables (secteur thermique)	0	1	1	1	0	0
CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ENERGIE	2.321	2.661	2.559	2.661	2.845	2.751
Consommation finale d'énergie à partir de sources d'énergie renouvelables (secteur thermique)	149	168	135	148	159	169
Consommation finale brute de chaleur produite	9	8	10	11	14	18
Consommation finale brute d'énergie électrique	622	588	541	538	535	545
Consommation finale de la fraction non biodégradable des déchets	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de produits pétroliers	717	1.005	1.117	1.206	1.233	1.058
Fuel-oil	28	21	23	28	42	71
Gas-oil	352	640	673	795	827	668
GPL	48	62	102	56	51	51
Essences	260	254	292	300	287	241
Coke de pétrole	0	0	0	0	0	0
Distillats légers	0	0	0	0	0	0
Carburéacteur	29	27	27	28	26	26
Gaz de raffinerie	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de charbon et produits dérivés	34	46	12	15	95	102
Charbon	0	0	0	0	0	0
Lignite	1	1	1	1	1	1
Coke de cokerie	0	0	12	14	6	6

	Gaz de cokerie	33	45	0	0	89	96
	Gaz de haut fourneau	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de gaz		790	846	743	743	808	857
	Gaz naturel	790	846	743	743	808	857
	Autres gaz	0	0	0	0	0	0

Le Tableau 6 montre les mêmes résultats pour Regione Piemonte. Dans ce cas également, le tableau présente la ligne relative à la consommation d'énergie à partir de biomasse solide dans le secteur résidentiel.

Tableau 6 – Surveillance des objectifs régionaux sur les sources renouvelables fixés par le décret ministériel du 15 mars 2012. Consommation finale brute d'énergie provenant de sources renouvelables et totale (ktep). Regione Piemonte.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ENERGIE PROVENANT DE SOURCES RENOUVELABLES	1.653	1.846	1.825	1.888	1.943	1.941
Energie électrique produite à partir de sources renouvelables (secteur électrique)	788	860	898	930	921	925
Hydraulique (normalisée)	584	600	606	614	613	607
Eolienne (normalisée)	2	2	2	2	3	2
Solaire	123	137	142	149	145	156
Géothermique	0	0	0	0	0	0
Biomasses solides	22	29	46	60	62	64
Biogaz	54	82	87	90	89	88
Bioliquides durables	3	10	15	14	10	7
Consommation finale d'énergie à partir de sources d'énergie renouvelables (secteur thermique)	822	870	797	831	884	880
Energie géothermique	2	2	2	2	2	1
Energie solaire thermique	11	15	17	17	18	21
Fraction biodégradable des déchets	12	13	7	6	10	2
Energie à partir de biomasses solides dans le secteur résidentiel	628	660	584	618	651	650
Energie à partir de biomasses solides dans le secteur non résidentiel	6	11	13	14	29	28
Energie à partir de bioliquides	0	0	0	0	0	0
Energie à partir de biogaz et biométhane alimentant le réseau	3	4	4	4	4	3
Energie renouvelable à partir de pompes à chaleur	159	166	170	170	172	175
Chaleur produite à partir de sources renouvelables (secteur thermique)	43	116	130	127	137	137
CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ENERGIE	10.303	10.709	10.191	10.605	10.763	10.478
Consommation finale d'énergie à partir de sources d'énergie renouvelables (secteur thermique)	822	870	797	831	884	880
Consommation finale brute de chaleur produite	571	677	641	686	766	808
Consommation finale brute d'énergie électrique	2.203	2.136	2.123	2.151	2.168	2.193
Consommation finale de la fraction non biodégradable des déchets	22	21	11	12	23	5
Consommation finale de produits pétroliers	3.242	3.391	3.440	3.538	3.460	3.150
Fuel-oil	52	56	55	92	96	64
Gaz-oil	2.070	2.188	2.285	2.314	2.332	2.137
GPL	219	269	279	278	299	294
Essences	731	722	695	696	597	518
Coke de pétrole	92	82	49	80	50	46
Distillats légers	0	0	0	0	0	0
Carburéacteur	77	74	77	80	86	91
Gaz de raffinerie	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de charbon et produits dérivés	29	19	42	20	4	2
Charbon	27	17	41	20	4	2
Lignite	0	0	0	0	0	0

	Coke de cokerie	1	1	1	0	0	0
	Gaz de cokerie	0	0	0	0	0	0
	Gaz de haut fourneau	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de gaz		3.415	3.597	3.138	3.367	3.458	3.441
	Gaz naturel	3.415	3.597	3.138	3.367	3.458	3.441
	Autres gaz	0	0	0	0	0	0

Finalmente, le Tableau 7 montre les mêmes résultats pour Regione Valle d'Aosta. Dans ce cas également, le tableau présente la ligne relative à la consommation d'énergie à partir de biomasse solide dans le secteur résidentiel.

Tableau 7 – Surveillance des objectifs régionaux sur les sources renouvelables fixés par le décret ministériel du 15 mars 2012. Consommation finale brute d'énergie provenant de sources renouvelables et totale (ktep). Regione Valle d'Aosta.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ENERGIE PROVENANT DE SOURCES RENOUVELABLES	307	321	320	327	330	307
Energie électrique produite à partir de sources renouvelables (secteur électrique)	268	277	278	282	282	282
Hydraulique (normalisée)	266	274	275	278	278	279
Eolienne (normalisée)	0	0	0	0	0	0
Solaire	2	2	2	2	2	2
Géothermique	0	0	0	0	0	0
Biomasses solides	0	0	0	0	0	0
Biogaz	1	1	1	1	1	0
Bioliquides durables	0	0	0	0	0	0
Consommation finale d'énergie à partir de sources d'énergie renouvelables (secteur thermique)	36	39	39	39	42	43
Energie géothermique	0	0	0	0	0	0
Energie solaire thermique	1	1	2	2	2	2
Fraction biodégradable des déchets	0	0	0	0	0	0
Energie à partir de biomasses solides dans le secteur résidentiel	32	35	34	33	35	36
Energie à partir de biomasses solides dans le secteur non résidentiel	0	1	2	3	3	3
Energie à partir de bioliquides	0	0	0	0	0	0
Energie à partir de biogaz et biométhane alimentant le réseau	0	0	0	0	0	0
Energie renouvelable à partir de pompes à chaleur	2	2	2	2	2	2
Chaleur produite à partir de sources renouvelables (secteur thermique)	3	5	3	6	7	6
CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ENERGIE	491	423	429	408	376	404
Consommation finale d'énergie à partir de sources d'énergie renouvelables (secteur thermique)	36	39	39	39	42	43
Consommation finale brute de chaleur produite	3	5	3	6	7	9
Consommation finale brute d'énergie électrique	99	98	95	91	92	98
Consommation finale de la fraction non biodégradable des déchets	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de produits pétroliers	274	200	214	196	157	178
Fuel-oil	1	0	0	1	0	1
Gaz-oil	218	152	168	152	113	134
GPL	8	19	19	18	19	19
Essences	46	29	26	25	25	25
Coke de pétrole	0	0	0	0	0	0
Distillats légers	0	0	0	0	0	0
Carburacteur	0	0	0	0	0	0
Gaz de raffinerie	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de charbon et produits dérivés	0	0	0	0	0	0
Charbon	0	0	0	0	0	0

	Lignite	0	0	0	0	0	0
	Coke de cokerie	0	0	0	0	0	0
	Gaz de cokerie	0	0	0	0	0	0
	Gaz de haut-fourneau	0	0	0	0	0	0
Consommation finale de gaz		80	81	78	75	78	76
	Gaz naturel	80	81	78	75	78	76
	Autres gaz	0	0	0	0	0	0

2.1.3 I dati dell'indagine del progetto Prepair

Una indagine campionaria è stata realizzata nell'ambito della Action D.3 Residential wood combustion estimation in the Po Valley del progetto LIFE PREPAIR, con l'obiettivo di aggiornare all'anno 2018 le stime dei consumi di biomasse legnose impiegate in ambito residenziale nel territorio del Bacino Padano⁸. Si riportano di seguito alcuni risultati utili alla valutazione dei consumi nelle regioni Piemonte e Valle d'Aosta. In Tabella 8 è riportata la percentuale di utilizzatori e utilizzatori frequenti di biomassa ed in Tabella 9 i consumi totali e procapite per il 2018. Infine, in Tabella 10 è riportata una stima del numero di apparecchi per regione e tipologia.

Tabella 8 – Utilizzatori di biomassa e utilizzatori frequenti nelle regione del progetto Prepair

Regione	legna	pellet	cippato	bricchette	biomasse totali	utilizzatori frequenti
Valle d'Aosta	31.8%	9.3%	0.4%	0.0%	38.9%	37.2%
Piemonte	20.7%	7.3%	0.2%	0.1%	26.2%	24.4%
Lombardia	10.8%	4.0%	0.2%	0.0%	14.4%	12.7%
Veneto	23.9%	6.9%	0.3%	0.3%	29.7%	28.6%
Friuli Venezia Giulia	29.1%	5.2%	0.1%	0.1%	33.2%	31.2%
Emilia Romagna	15.8%	3.3%	0.1%	0.0%	18.5%	16.7%
Provincia autonoma di Bolzano	30.8%	7.2%	2.1%	1.5%	37.7%	36.9%
Provincia autonoma di Trento	40.6%	5.0%	0.8%	0.2%	44.6%	42.5%
Totale complessivo	17.7%	5.1%	0.2%	0.1%	21.9%	20.3%

Tabella 9 – Consumi totali e procapite per il 2018 nelle regione del progetto Prepair

	pellet (Mg)	legna (Mg)	pellet (Mg/abitante)	legna (Mg/abitante)
Valle d'Aosta	11.624	66.246	1,9	3
Piemonte	249.833	1.227.531	1,6	2,5
Lombardia	282.245	1.134.936	1,5	2,1
Veneto	227.385	1.288.429	1,6	2,2
Friuli Venezia Giulia	47.510	464.119	1,3	2,2
Emilia Romagna	117.243	799.122	3	2,2
Provincia autonoma di Bolzano	27.213	299.118	2,5	3,1
Provincia autonoma di Trento	19.027	360.812	3,6	2,8
Totale complessivo	982.081	5.640.312		

Tabella 10 – Stima del numero di apparecchi singoli per regione e provincia autonoma per il 2018 nelle regioni del progetto Prepair

Tipo	Valle d'Aosta	Piemonte	Lombardia	Veneto	Friuli Venezia Giulia
Stufa a pellet	3.928	108.128	154.901	111.079	24.774
Camino chiuso a pellet	607	9.735	13.657	12.196	2.335
Cucina a pellet	-	960	2.040	2.037	619

⁸ [Progetto Life Prepair, Action D3. Consumo Residenziale di Biomasse Legnose nel Bacino Padano. Report sull'indagine per Stimare i Consumi di Biomasse Legnose nel Residenziale. 01/02/2020](#)

Termostufa e termocucina a legna	723	9.130	3.164	6.918	1.365
Termostufa e termocucina a pellet	944	19.817	12.412	12.385	1.392
Caldaia a pellet	1.434	64.744	156.220	96.198	22.582
Caminetto aperto	10.575	228.548	162.851	254.609	90.779
Stufa a legna	3.788	90.635	158.183	83.894	33.038
Camino chiuso a legna	387	13.145	4.629	51.410	27.508
Cucina a legna	841	5.077	18.588	34.905	7.464
Stufa in maiolica	1.060	19.600	6.513	26.192	6.974
Caldaia a legna	2.121	40.503	18.925	10.271	4.396
Caldaia a cippato	219	-	-	-	-

Tabella 10 – Stima del numero di apparecchi singoli per regione e provincia autonoma per il 2018 nelle regioni del progetto Prepair (segue)

	Emilia Romagna	Provincia autonoma di Bolzano	Provincia autonoma di Trento	Totale	% apparecchi seconde case
Stufa a pellet	58.128	10.706	9.991	481.635	5.3%
Camino chiuso a pellet	1.503	1.863	914	42.810	3.9%
Cucina a pellet	7.215	-	-	5.656	2.3%
Termostufa e termocucina a legna	5.254	-	766	28.515	0.6%
Termostufa e termocucina a pellet	119.742	2484	4.480	55.454	1.4%
Caldaia a pellet	132.637	3.685	59.303	469.085	9.9%
Caminetto aperto	81.622	50.897	4.629	990.199	6.0%
Stufa a legna	7.817	2.948	20.983	458.737	4.6%
Camino chiuso a legna	4.838	9.737	15.087	135.616	2.1%
Cucina a legna	19.137	9.112	7.691	95.912	4.0%
Stufa in maiolica	7.525	1.863	4.864	89.030	1.3%
Caldaia a legna	5.254	11.173	766	99.778	1.9%
Caldaia a cippato	-	621	766	1.606	0.0%

2.1.4 Données du recensement ISTAT de la population et des logements

Le recensement de la population et des logements enregistre, pour chaque commune, la totalité des habitants qui demeurent habituellement et permet de connaître la structure démographique et sociale de l'Italie et de ses territoires. Le 9 octobre 2011 est la date de référence du 15^e recensement général de la population et des logements, caractérisé par de nombreuses innovations méthodologiques et techniques, destinées à simplifier l'impact organisationnel sur les communes, à améliorer les données administratives, à récupérer l'actualité dans la diffusion des données finales, à réduire la charge statistique sur les ménages.

Contrairement à 2001, la livraison des questionnaires aux ménages inscrits dans les registres municipaux s'est faite par la poste. Les citoyens ont eu la possibilité de remplir le questionnaire en ligne ou, en alternative, de remplir le questionnaire papier et de le renvoyer aux bureaux de poste ou aux centres de collecte spécifiquement installés sur le territoire municipal.

À l'occasion du recensement de 2011, pour la première fois, certaines informations de nature socio-économique ont été recueillies par échantillonnage au moyen de deux types de questionnaires: l'un sous une forme réduite, avec peu de questions, y compris celles indispensables à la production des données requises par l'Union Européenne à un niveau de détail territorial élevé, et l'autre sous une forme complète dans laquelle les autres variables prévues dans le plan d'enquête ont été ajoutées.

Les questionnaires ont été préparés en tenant compte de la législation nationale et européenne, de la nouvelle stratégie d'enquête, de la nécessité d'assurer la comparabilité internationale, des demandes des utilisateurs des données du recensement et d'assurer la continuité de certaines séries historiques.

Le recensement de la population et des logements ISTAT contient des données à un niveau de ventilation territoriale plus détaillé que le niveau régional mentionné dans les paragraphes précédents.

Une nouvelle édition du recensement permanent de la population et des logements a débuté en octobre 2019. Le recensement permet de connaître les principales caractéristiques socio-économiques de la population qui demeure habituellement en Italie. Pour la deuxième fois, ISTAT effectue le recensement sur une base annuelle et non plus tous les dix ans, ce qui permet de diffuser des informations continues et opportunes.

Contrairement aux recensements précédents, le recensement permanent ne concerne plus tous les ménages en même temps, mais seulement un échantillon d'entre eux. Chaque année les ménages appelés à participer sont environ un million quatre cent mille dans plus de 2 800 communes.

Le nouveau recensement est toutefois en mesure de donner des informations représentatives de l'ensemble de la population, grâce à l'intégration des données recueillies dans les différentes enquêtes par sondage avec celles provenant de sources administratives.

Les principaux avantages introduits par la nouvelle conception du recensement sont une forte limitation des coûts de l'enquête et une réduction des nuisances pour les ménages. La deuxième enquête s'est terminée le 20 décembre 2019. Aucun résultat utile n'a encore été publié.

ISTAT a publié les données géographiques du système de bases territoriales pour les années 1991, 2001 et 2011 de tous les zonages et partitions du territoire italien⁹:

- Sections de recensement;
- Zones de recensement (uniquement dans la version 2011 et pour les communes de plus de 20 000 habitants ou capitale de province au 1^{er} janvier 2008);
- Zones sous-communales (municipalités, quartiers, etc.) des 34 communes de plus grande taille démographique ayant une population non inférieure à 100 000 habitants);
- Localités.

Les données géographiques des sections de recensement, en mosaïque au niveau national, sont disponibles dans deux projections géographiques (système de référence ED 1950 UTM Zone 32n et WGS 84 UTM Zone 32n) en format shape file.

Les données figurant dans le Tableau 11 ci-dessous sont pertinentes.

Tableau 11 – Données de recensement d'intérêt disponibles sur une base cartographique

Code	Variable
P1	Population résidente - Total
A2	Logements occupés par au moins une personne résidente
A3	Logements vides et logements occupés seulement par personnes non résidentes
A44	Superficie des logements occupés par au moins une personne résidente par section de recensement
E1	Bâtiments et ensembles de bâtiments (total)
E2	Bâtiments et ensembles de bâtiments utilisés
E3	Bâtiments résidentiels

⁹ ISTAT, [Basi territoriali e variabili censuarie: Censimenti 1991, 2001 e 2011, 11 gennaio 2017](#)

E4	Bâtiments et ensembles de bâtiments (utilisés) pour la production, le commerce, la gestion/tertiaire, le tourisme/réception, les services, autres
E5	Bâtiments résidentiels en maçonnerie porteuse
E6	Bâtiments résidentiels en béton armé
E7	Bâtiments résidentiels en d'autres matériaux (acier, bois, etc.).
E8	Bâtiments résidentiels construits avant 1919
E9	Bâtiments résidentiels construits entre 1919 et 1945
E10	Bâtiments résidentiels construits de 1946 à 1960
E11	Bâtiments résidentiels construits de 1961 à 1970
E12	Bâtiments résidentiels construits de 1971 à 1980
E13	Bâtiments résidentiels construits de 1981 à 1990
E14	Bâtiments résidentiels construits de 1991 à 2000
E15	Bâtiments résidentiels construits de 2001 à 2005
E16	Bâtiments résidentiels construits après 2005
E17	Bâtiments résidentiels d'un étage
E18	Bâtiments résidentiels de 2 étages
E19	Bâtiments résidentiels de 3 étages
E20	Bâtiments résidentiels de 4 étages ou plus
E21	Bâtiments résidentiels avec un intérieur
E22	Bâtiments résidentiels avec 2 intérieurs
E23	Bâtiments résidentiels avec 3 à 4 intérieurs
E24	Bâtiments résidentiels avec 5 à 8 intérieurs
E25	Bâtiments résidentiels avec 9 à 15 intérieurs
E26	Bâtiments résidentiels avec 16 intérieurs ou plus
E27	Total des intérieurs de bâtiments résidentiels

La Figure 2 montre, à titre d'exemple, la superficie des logements occupés par au moins une personne résidente par section de recensement pour la province d'Imperia.

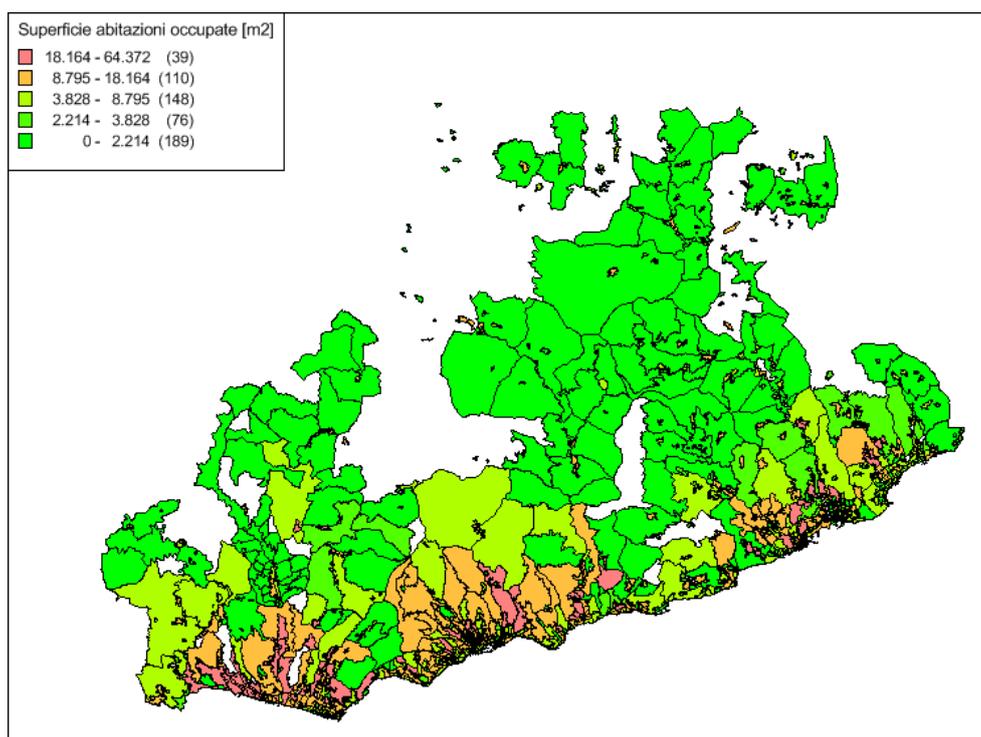


Figure 2 - Superficie totale des logements occupés par au moins une personne résidente par section de recensement des communes de la province d'Imperia

Le 15^e recensement de la population et des logements (2011) a demandé, parmi les différentes questions, quelle(s) installation(s) de chauffage possède le logement et, pour chaque installation, le combustible ou l'énergie qui l'alimente (Figure 3). Une question similaire figurait déjà dans le 14^e recensement de 2001 (Figure 4).

4.2 Indicare quale impianto (o impianti) di riscaldamento ha l'abitazione e – per ciascun impianto – il combustibile o l'energia che lo alimenta (sono possibili più risposte)

	Metano, gas naturale	Gasolio	GPL (Gas Petrolio Liquefatto)	Combustibile solido (legna, carbone, ecc.)	Olio combustibile	Energia elettrica	Altro combustibile o energia
Impianto centralizzato ad uso di più abitazioni	01 <input type="checkbox"/>	02 <input type="checkbox"/>	03 <input type="checkbox"/>	04 <input type="checkbox"/>	05 <input type="checkbox"/>	06 <input type="checkbox"/>	07 <input type="checkbox"/>
Impianto autonomo ad uso esclusivo dell'abitazione	08 <input type="checkbox"/>	09 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	11 <input type="checkbox"/>	12 <input type="checkbox"/>	13 <input type="checkbox"/>	14 <input type="checkbox"/>
Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, radiatore, pompe di calore, ecc.) che riscaldano l'intera abitazione, o la maggior parte di essa	15 <input type="checkbox"/>	16 <input type="checkbox"/>	17 <input type="checkbox"/>	18 <input type="checkbox"/>	19 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	21 <input type="checkbox"/>
Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, radiatore, pompe di calore, ecc.) che riscaldano alcune parti dell'abitazione	22 <input type="checkbox"/>	23 <input type="checkbox"/>	24 <input type="checkbox"/>	25 <input type="checkbox"/>	26 <input type="checkbox"/>	27 <input type="checkbox"/>	28 <input type="checkbox"/>

Figure 3 - Recensement 2011: question sur le type d'installation de chauffage et le combustible ou l'énergie qui l'alimente

4. Impianto di riscaldamento

4.1 Indicare qual è l'impianto di riscaldamento di cui dispone l'abitazione

(sono possibili più risposte)

- | | | | |
|--|----------------------------|--|--|
| Impianto <u>centralizzato</u> ad uso di più abitazioni | 1 <input type="checkbox"/> | Apparecchi <u>singoli fissi</u> (caminetto, stufa, radiatore individuale, ecc.) che consentono il riscaldamento solo di alcune parti dell'abitazione | 4 <input type="checkbox"/> |
| Impianto <u>fisso autonomo</u> ad uso esclusivo dell'abitazione | 2 <input type="checkbox"/> | <u>Non dispone</u> di nessuno degli impianti o apparecchi precedenti | 5 <input type="checkbox"/> ➔ andare al punto 5 |
| Apparecchi <u>singoli fissi</u> (caminetto, stufa, radiatore individuale, ecc.) che consentono il riscaldamento di <u>tutta</u> o della <u>maggior parte</u> dell'abitazione | 3 <input type="checkbox"/> | | |

4.2 Indicare qual è il combustibile o l'energia che alimenta l'impianto di riscaldamento dell'abitazione

(sono possibili più risposte)

- | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--|----------------------------|
| Metano, gas naturale | 1 <input type="checkbox"/> | Legna | 4 <input type="checkbox"/> | Carbone | 7 <input type="checkbox"/> |
| Gasolio | 2 <input type="checkbox"/> | Energia elettrica | 5 <input type="checkbox"/> | Energia solare | 8 <input type="checkbox"/> |
| GPL (Gas Petrolio Liquefatto) | 3 <input type="checkbox"/> | Olio combustibile | 6 <input type="checkbox"/> | Altro tipo di combustibile o energia ... | 9 <input type="checkbox"/> |

Figure 4 - Recensement 2011: question sur le type d'installation de chauffage et le combustible ou l'énergie qui l'alimente

ISTAT a fourni sur demande un traitement des réponses du recensement consistant en un nombre de logements par type de vecteur énergétique alimentant l'installation de chauffage. La Figure 5 montre un résumé régional sur la répartition des logements par vecteur énergétique tandis que la Figure 6 montre la répartition par commune du nombre de logements alimentés par un combustible solide (bois, charbon, etc.) qui peut être assimilé au nombre de logements alimentés par le bois.

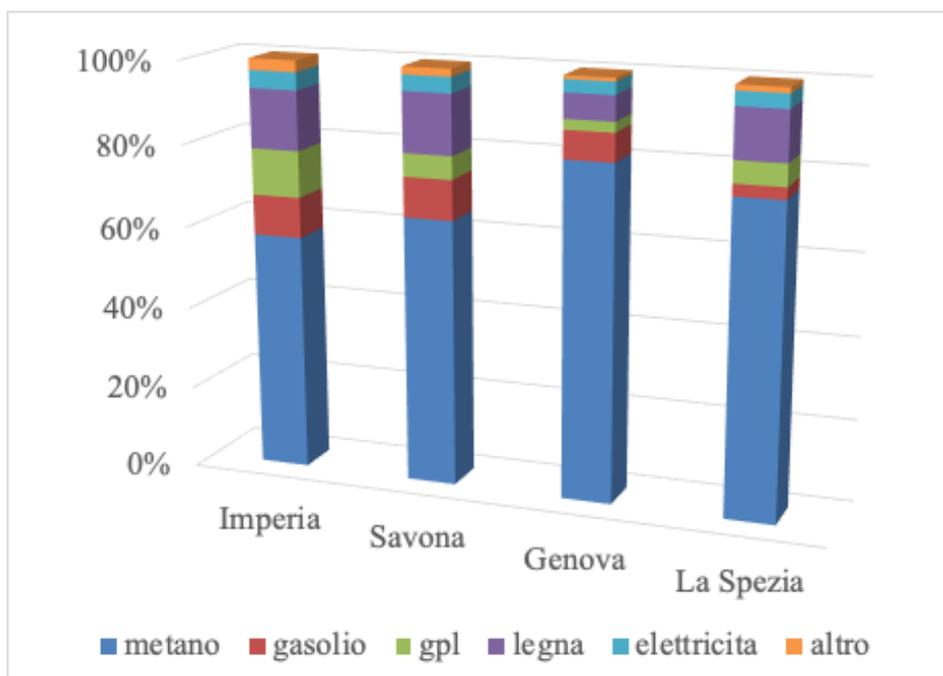


Figure 5 - Recensement 2011: répartition du nombre de logements par type de vecteur énergétique alimentant l'installation de chauffage par province

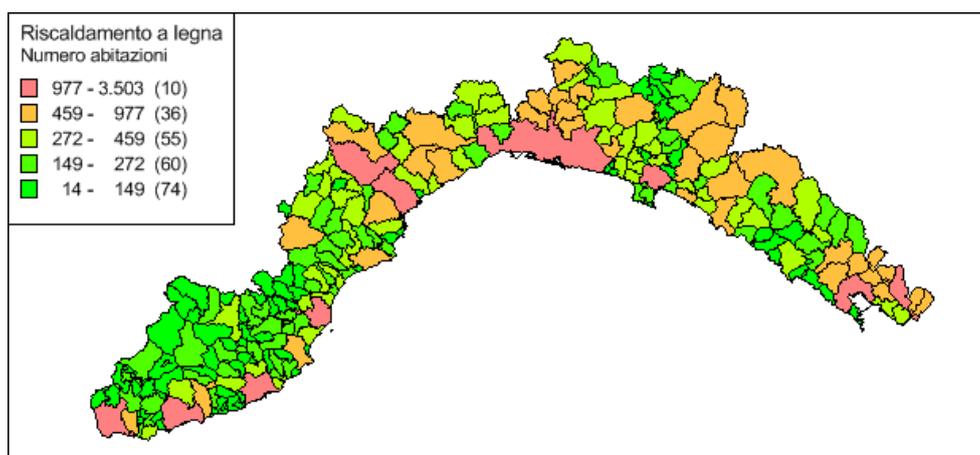


Figure 6 - Recensement 2011: répartition municipale du nombre de logements alimentés par des combustibles solides (bois, charbon, etc.).

Des données similaires sont disponibles pour Regione Piemonte et Regione Valle d'Aosta.

2.1.5 Degrés-jours sur base communale

Les degrés-jours de chauffage d'un lieu sont la somme, étendue à tous les jours d'une période annuelle conventionnelle de chauffage (R), des seules différences positives journalières entre la température ambiante (T_{ref}), conventionnellement fixée à 20°C, et la température moyenne extérieure journalière (T_i); l'unité de mesure utilisée est le degré-jour (GG):

$$GG = \sum_{i \in R: T_i < 20} (T_{ref} - T_i)$$

Les degrés-jours sont un indicateur permettant de mesurer les besoins thermiques pour le chauffage des logements dans une localité donnée sur une période donnée. Le calcul numérique consiste en la somme cumulative de la seule différence positive entre la température intérieure de base et la température extérieure moyenne.

Il existe une forte corrélation entre les degrés-jours et la consommation d'énergie pour le chauffage¹⁰. La législation italienne fixe la température de base intérieure à 20°C, même si par exemple ISPRA prend comme température de « confort » la valeur de 18°C, celle adoptée par JRC (Joint Research Centre).

Les degrés-jours sont un élément fondamental pour le calcul de la demande énergétique des bâtiments, comme déjà souligné au paragraphe 2.1.2.1. Les données relatives à la demande énergétique, comme décrit au chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, peuvent être utilisées pour l'évaluation des émissions au niveau sous-régional et en particulier au niveau de LAU2¹¹ (communes en Italie et communes en France).

¹⁰ [ISPRA, Consumi energetici ed heating degree days \(HDD\) a confronto. Proiezioni al 2050 degli HDD in differenti scenari climatici. Rapporti 277, 2017](#)

¹¹ [Eurostat, NUTS - Nomenclature of Territorial Units for Statistics, Local Administrative Units \(LAU\)](#)

Les degrés-jours conventionnels au niveau communal ont été déterminés en Italie par la législation¹² et ont été mis à jour par la suite¹³. Le Tableau 12 montre, à titre d'exemple, les degrés-jours pour la province d'Imperia.

Tableau 12 – Degrés-jours des communes de la province d'Imperia

Commune	altitude au-dessus du niveau de la mer	degrés-jours	zone climatique	Commune	altitude au-dessus du niveau de la mer	degrés-jours	zone climatique
Airole	149	1706	D	Molini di Triora	460	2242	E
Apricale	273	2015	D	Montalto Ligure	315	1881	D
Aquila di Arroscia	495	2329	E	Montegrosso Pian Latte	721	3093	F
Armo	578	2536	E	Olivetta San Michele	292	1748	D
Aurigo	431	2170	E	Ospedaletti	5	1057	C
Badalucco	179	1543	D	Perinaldo	572	2521	E
Baiardo	900	3338	F	Pietrabruna	400	2093	D
Bordighera	5	1057	C	Pieve di Tecò	240	2290	E
Borghetto d'Arroscia	155	2153	E	Pigna	280	1718	D
Borgomaro	249	1717	D	Pompeiana	200	1566	D
Camporosso	25	1301	C	Pontedassio	80	1354	C
Caravonica	360	2051	D	Pornassio	630	2866	E
Carpasio	720	2958	E	Prelà	151	1541	D
Castel Vittorio	420	2143	E	Ranzo	124	2103	E
Castellaro	275	1782	D	Rezzo	563	2499	E
Ceriana	369	2016	D	Riva Ligure	2	1050	C
Cervo	66	1340	C	Rocchetta Nervina	235	1606	D
Cesio	530	2416	E	San Bartolomeo al Mare	26	1240	C
Chiusanico	360	2051	D	San Biagio della Cima	100	1584	D
Chiusavecchia	140	1514	D	San Lorenzo al Mare	6	1191	C
Cipressa	240	1694	D	San Remo	15	1105	C
Civezza	225	1657	D	Santo Stefano al Mare	7	1062	C
Cosio di Arroscia	721	3093	F	Seborga	500	2342	E
Costarainera	220	1645	D	Soldano	80	1401	D
Diano Arentino	331	1979	D	Taggia	39	1165	C
Diano Castello	135	1501	D	Terzorio	185	1564	D
Diano Marina	4	1186	C	Triora	780	3039	F
Diano San Pietro	83	1382	C	Vallebona	149	1572	D
Dolceacqua	51	1365	C	Vallecrosia	5	1109	C
Dolcedo	75	1362	C	Vasia	385	2114	E
Imperia	10	1201	C	Ventimiglia	9	1119	C

¹² Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412. Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10. ([GU Serie Generale n.242 del 14-10-1993 - Suppl. Ordinario n. 96](#))

¹³ [ARERA, Tab. A allegata al D.P.R. 412/93 aggiornata al 31 ottobre 2009, Zone climatiche, Elenco dei comuni italiani diviso per regioni e provincie](#)

Isolabona	106	1502	D	Vessalico	192	2220	E
Lucinasco	499	2339	E	Villa Faraldi	336	1992	D
Mendatica	778	3235	F				

2.1.6 Données sur les technologies de combustion

En ce qui concerne Regione Valle d’Aosta, on dispose des informations dans la Figure 7¹⁴.



Figure 7 – Regione Valle d’Aosta. Type d’installations de biomasse utilisées, réparties entre l’installation principale et l’installation secondaire.

2.2 Données pour le territoire français

2.2.1 Données régionales

Les données régionales de consommation de bois sont publiées, dans le cadre des bilans énergétiques régionaux, par le Service de la donnée et des études statistiques (SDES)¹⁵, qui a pour mission d’organiser le système d’observation socio-économique et statistique dans les domaines des logements, de la construction, des transports, de l’énergie, de l’environnement et du développement durable, en liaison avec les institutions nationales, européennes et internationales concernées.

Les données montrées dans le Tableau 13 et le Tableau 14 sont pertinentes.

Tableau 13 – Données de la consommation finale du secteur résidentiel et tertiaire: Auvergne-Rhône-Alpes

	Consommation finale	Unité	2014	2015	2016	2017
CRT1	Résidentiel tertiaire (CRT3+CRT5+CRT9+CRT15+CRT16)	ktep	7859	8192	8196	8291
CRT2	Charbon	ktep	0	0	0	0
CRT3	Produits pétroliers	ktep	1532	1613	1338	1378

¹⁴ [Regione Valle d’Aosta. Pratiques correctes de gestion et d’entretien des installations thermiques civiles alimentées par les biomasses: lignes directrices](#)

¹⁵ [Service de la donnée et des études statistiques. Données régionales de production et de consommation finale de l’énergie. Publié le 27/05/2019](#)

CRT4	Gaz naturel et gaz de réseaux (unité propre) (CRT6+CRT7)	GWh	24062	24512	26226	26461
CRT5	Gaz naturel et gaz de réseaux	ktep	1853	1887	2019	2037
CRT6	dont résidentiel	GWh	13679	14680	16399	15155
CRT7	dont tertiaire	GWh	10384	9831	9828	11306
CRT8	Électricité (unité propre), (CRT10+CRT11)	GWh	37707	39281	39967	40435
CRT9	Électricité	ktep	3243	3378	3437	3477
CRT10	- Résidentiel: basse tension (usages domestiques et agricoles)	GWh	18552	19111	20043	20271
CRT11	- Tertiaire: haute et basse tension (CRT12+CRT13+CRT14)	GWh	19155	20170	19924	20164
CRT12	- Usages professionnels et divers: basse tension	GWh	5350	5401	5267	5411
CRT13	- services publics et éclairages publics: basse tension	GWh	728	686	673	631
CRT14	- tertiaire: haute tension	GWh	13078	14083	13984	14122
CRT15	Bois énergie (EnR5 + EnR7)	ktep	1098	1174	1257	1223
EnR5	Production bois de chauffage des ménages	ktep	985	1046	1126	1083
EnR6	Production dont bois-énergie dans le collectif et tertiaire	ktep	113	128	131	140
CRT16	Chauffage urbain (hors bois et produits pétroliers)	ktep	132	139	144	174
CRT17	Consommation totale du secteur résidentiel (0,7*CRT3+0,077*CRT6+0,086*CRT10+EnR5+0,6*CRT16)	Ktep	4786	5033	5136	5063
CRT18	Consommation totale du secteur tertiaire (CRT1-CRT17)	Ktep	3073	3159	3060	3227

Tableau 14 – Données de la consommation finale du secteur résidentiel et tertiaire: Provence-Alpes-Côte d'Azur

	Consommation finale	Unité	2014	2015	2016	2017
CRT1	Résidentiel tertiaire (CRT3+CRT5+CRT9+CRT15+CRT16)	ktep	4014	4064	4051	3979
CRT2	Charbon	ktep	nd	nd	nd	Nd
CRT3	Produits pétroliers	ktep	531	574	526	519
CRT4	Gaz naturel et gaz de réseaux (unité propre) (CRT6+CRT7)	GWh	11725	10563	10305	9695
CRT5	Gaz naturel et gaz de réseaux	ktep	903	813	793	747
CRT6	dont résidentiel	GWh	7622	6086	6196	5791
CRT7	dont tertiaire	GWh	4103	4476	4108	3904
CRT8	Électricité (unité propre), (CRT10+CRT11)	GWh	25988	26847	27144	27059
CRT9	Électricité	ktep	2235	2309	2334	2327
CRT10	- Résidentiel: basse tension (usages domestiques et agricoles)	GWh	13897	14494	14762	14622
CRT11	- Tertiaire: haute et basse tension (CRT12+CRT13+CRT14)	GWh	12092	12353	12382	12437
CRT12	- Usages professionnels et divers: basse tension	GWh	3479	3492	3548	3471
CRT13	- services publics et éclairages publics: basse tension	GWh	424	410	405	398
CRT14	- tertiaire: haute tension	GWh	8189	8451	8429	8568
CRT15	Bois énergie (EnR5 + EnR7)	ktep	324	345	374	361
EnR5	Production bois de chauffage des ménages	ktep	310	329	354	341
EnR6	Production dont bois-énergie dans le collectif et tertiaire	ktep	s	s	s	s
CRT16	Chauffage urbain (hors bois et produits pétroliers)	ktep	21	22	23	26
CRT17	Consommation totale du secteur résidentiel (0,7*CRT3+0,077*CRT6+0,086*CRT10+EnR5+0,6*CRT16)	ktep	2476	2459	2483	2423
CRT18	Consommation totale du secteur tertiaire (CRT1-CRT17)	ktep	1537	1604	1568	1556

s: variable secrétisée; nd: non disponible

1.1.1 Données sur les technologies de combustion

Les données sur les technologies de combustion ont été obtenues grâce à des enquêtes appropriées sur le terrain menées par les partenaires du projet.

En ce qui concerne plus particulièrement la Région Auvergne-Rhône-Alpes, une enquête téléphonique régionale a été réalisée sur les usages et les appareils des personnes utilisant le bois comme combustible de chauffage¹⁶. 19 000 ménages ont été interrogés pour atteindre l'objectif de 6

¹⁶ATMO, Climarea, Enquête bois

000 utilizzatori de bois dans la région et la consommation de bois a été indiquée par 1/3 des répondants, soit environ 2 000 ménages.

La Figure 8 présente les résultats sur le principal vecteur énergétique utilisé pour le chauffage chez les utilisateurs de bois, ce qui montre que le principal vecteur utilisé par ces utilisateurs est l'électricité alors que le bois n'est utilisé comme vecteur principal que dans une proportion de 22,9%. Cependant, dans la Figure 9, 78,1% déclarent utiliser le bois comme combustible secondaire.

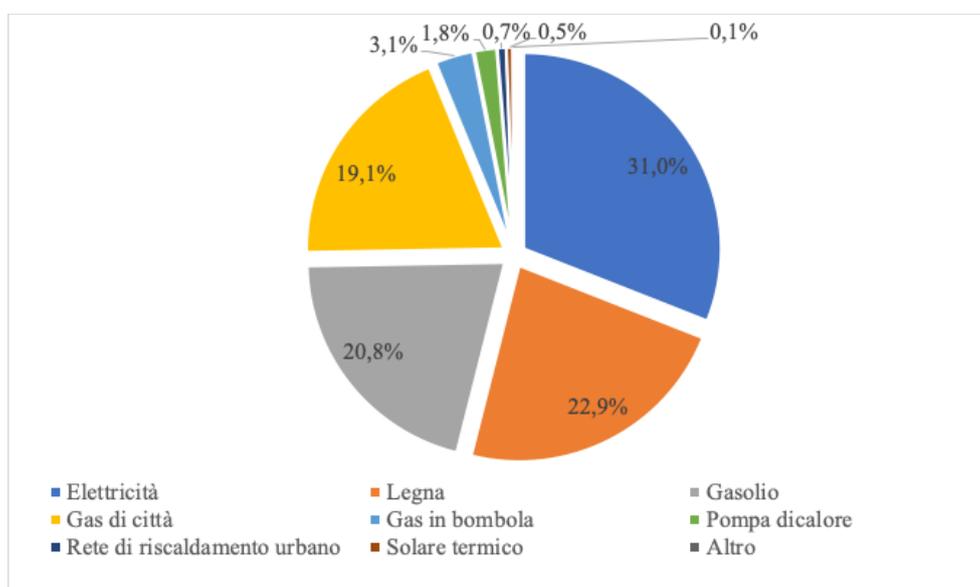


Figure 8 - Enquête régionale Auvergne-Rhône-Alpes: principal vecteur énergétique utilisé pour le chauffage par les utilisateurs de bois.

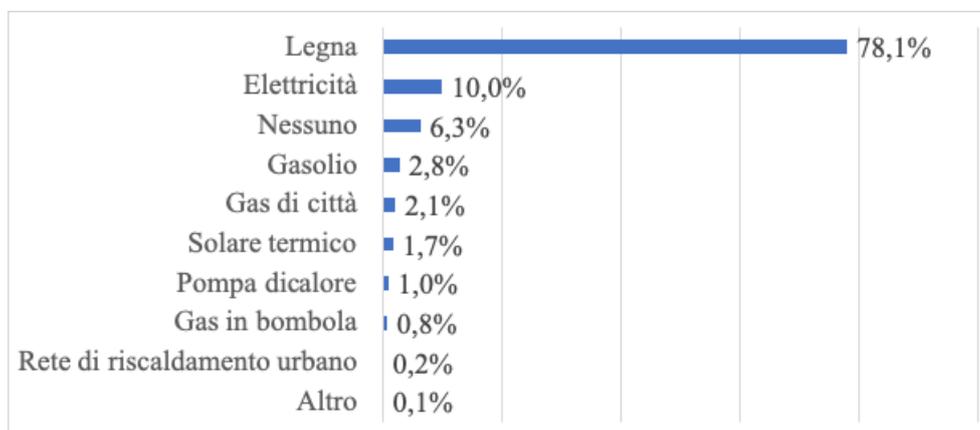


Figure 9 - Enquête régionale Auvergne-Rhône-Alpes: vecteur énergétique secondaire utilisé pour le chauffage par les utilisateurs de bois.

Avec référence aux technologies utilisées, Figure 10, 61,5% des utilisateurs utilisent des systèmes traditionnels (poêles à feu ouvert pour plus de 35%, poêles à bois à bûches pour plus de 19%, chaudières à chargement manuel pour environ 5% et poêles à bois pour plus de 2%) et seulement 15% utilisent les granulés.

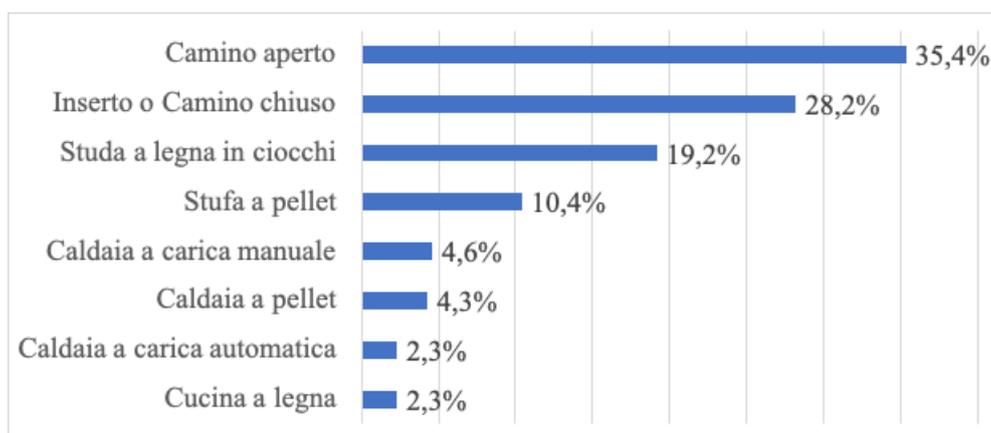


Figure 10 - Enquête régionale Auvergne-Rhône-Alpes: technologies utilisées utilisé pour le chauffage par les utilisateurs de bois.

1.1.2 Données de la population et des logements

Les données sur le nombre de logements au niveau communal et la surface moyenne des logements au niveau communal ou à 1 kmx 1km¹⁷ sont disponibles sur le site de l'Institut national de la statistique et des études économiques. La Figure 11 montre un exemple.

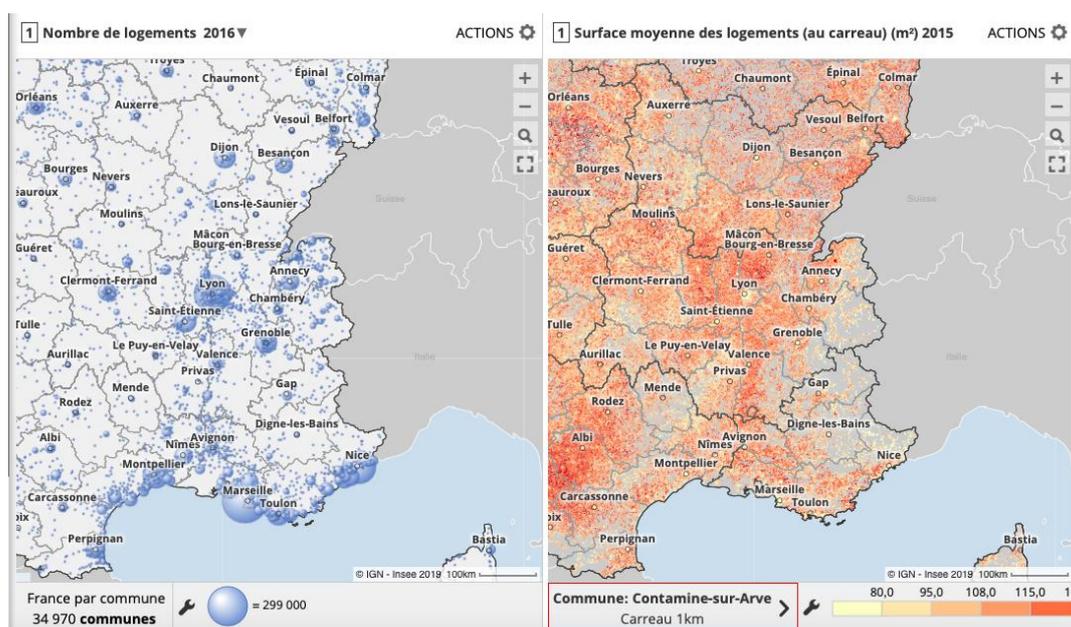


Figure 11 – Nombre de logements et leur superficie moyenne dans les territoires concernés

Plus de détails sur les logements sont disponibles auprès de l'Institut national de la statistique et des études économiques¹⁸, qui rend compte chaque année de la composition du parc immobilier au niveau

¹⁷[Institut national de la statistique et des études économiques. Statistiques Locales. Indicateurs: cartés, données et graphiques](#) sélection: *Conditions de vie – société ->Logements ->Logement (2016 ... 1968)* et ->*Surface moyenne des logements (au carreau) (m²) 2015*

¹⁸[Institut national de la statistique et des études économiques. Logements, individus, activités, mobilités scolaires et professionnelles, migrations résidentielles en 2015. Recensement de la population - Fichier détail](#)

sous-communal (type de résidence, type de chauffage, combustible principal, surface du logement, etc.).

Le niveau sous-communal est le niveau de IRIS¹⁹, une unité dans laquelle sont divisées les villes de plus de 10 000 habitants et un grand pourcentage de villes entre 5 000 et 10 000 habitants. La France est composée d'environ 16 100 IRIS, dont 650 dans les départements d'outre-mer. Par extension, afin de couvrir l'ensemble du pays, toutes les villes non divisées en unités IRIS sont des unités IRIS à part entière.

2.2.2 Degrés-jours

Les degrés-jours de chauffage d'une localité française²⁰ sont la somme, étendue à tous les jours d'une période annuelle conventionnelle de chauffage (R) qui pour la France va de janvier à mai et d'octobre à décembre, des seules différences positives journalières entre la température ambiante (Ta), conventionnellement fixée à 17°C, et la température extérieure moyenne journalière (Ti). L'unité de mesure utilisée est le degré-jour (GG):

$$GG = \sum_{i \in R: T_i < 17} (17 - T_i)$$

Les degrés-jours sont disponibles à titre payant auprès de Météo France sur base communale²¹.

Les données relatives à la demande énergétique, telles qu'elles seront décrites au chapitre 4, peuvent être utilisées pour évaluer les émissions au niveau sous-régional et en particulier au niveau LAU2²² (communes en Italie et communes en France).

¹⁹[Institut national de la statistique et des études économiques, IRIS](#)

²⁰[Évaluation des degrés-jours unifiés au niveau régional et départemental. Note d'accompagnement, juillet 2019](#)

²¹[Météo France. L'offre de services, Degrés Jours Unifiés - DJU](#)

²²[Eurostat, NUTS - Nomenclature of Territorial Units for Statistics, Local Administrative Units \(LAU\)](#)

3 COMPARAISON DES METHODOLOGIES LES PLUS RECENTES UTILISEES PAR LES PARTENAIRES DU PROJET POUR L'ESTIMATION DE LA CONSOMMATION DE BOIS DANS LE SECTEUR RESIDENTIEL ET DES EMISSIONS

Ce chapitre présente une comparaison des méthodologies utilisées par les partenaires du projet pour l'estimation de la consommation de bois dans le secteur résidentiel et des émissions (données statistiques utilisées, niveau de détail disponible, facteurs d'émission, sources et traitement des données, méthodologie d'estimation et de ventilation spatiale et temporelle) et pour la révision des données historiques.

3.1 Regione Liguria

La consommation globale a été évaluée au niveau régional et communal dans le cadre de la mise en œuvre du bilan énergétique régional en utilisant la méthodologie déjà mentionnée dans ce document. La consommation a été évaluée séparément pour le bois et les granulés.

La consommation totale de bois a été évaluée à partir des données de GSE sur l'énergie de la biomasse solide dans le secteur résidentiel²³ et, en l'absence de plus amples informations, la relation entre les granulés et le bois de chauffage est maintenue constante, comme dans l'enquête ISTAT 2013²⁴.

Tableau 15 – Consommation régionale dans le secteur résidentiel par vecteur d'énergie en 2016

Vecteur	Consommation	Unité de mesure
Bois de chauffage	315.872	Mg
Granulés	41.628	Mg
Gaz naturel	559.505	Milliers m ³
Gazole	48.373	Mg
G.P.L.	23.146	Mg

Pour l'estimation des émissions, il a été nécessaire de faire une distinction entre les différentes technologies de combustion du bois (

Tableau 16).

Tableau 16 – Répartition de la consommation de bois dans le secteur résidentiel entre les différentes technologies

Technologie	Part de pourcentage
Foyers traditionnels	59,4%
Poêles traditionnels	25,4%
Chaudières	8,4%
Foyers à la pointe	10,2%
Poêles à la pointe	4,4%

À des fins d'estimation, la donnée régionale pour l'enquête ISTAT 2013 a été maintenue constante. Une répartition de la consommation de bois entre les foyers et les poêles a également été effectuée à

²³ [GSE, Liguria: Monitoraggio obiettivi regionali sulle fonti rinnovabili fissati dal DM 15 marzo 2012 "Burden sharing", Consumi finali lordi di energia da fonti rinnovabili e totali](#)

²⁴ [ISTAT, I consumi energetici delle famiglie \(Tabella 17\)](#)

l'aide d'une évaluation des sources de l'ENEA²⁵ (environ 70 % de foyers et 30 % de poêles). Enfin, en attendant les résultats de la mise à jour de l'enquête ISTAT, les pourcentages de pénétration des appareils à la pointe pour 2013 restent constants, par mesure de précaution.

Les données au niveau communal ont été obtenues en utilisant les besoins énergétiques des logements par commune et par type de chauffage, comme indiqué dans le chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Les facteurs d'émission utilisés, pour lesquels il est fait référence au EMEP/EEA Guidebook 2019²⁶, sont indiqués dans le chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Le paragraphe suivant fournit des détails sur les émissions régionales totales pour l'année 2016.

La Figure 12 montre graphiquement la répartition entre les différents combustibles de la consommation et des émissions pour les polluants les plus importants.

Les émissions par technologie et par combustible sont présentées en détail dans le Tableau 17 pour les polluants principaux, le Tableau 18 pour les métaux lourds, dans le Tableau 19 pour IPA, benzène et noir de carbone, dans le Tableau 20 pour les micropolluants et dans le Tableau 21 pour les gaz climalteranti.

La Figure 13 pour les oxides d'azote et la Figure 15 pour PM₁₀ montrent les cartes sur une base communale des émissions totales dans le secteur résidentiel pour l'année 2016. Les cartes montrent comment les émissions sont plus élevées dans les grandes communes et dans les communes de l'arrière-pays.

La Figure 14 pour les oxides d'azote et la Figure 16 pour PM₁₀ montrent les cartes des émissions par habitant dans le secteur résidentiel pour l'année 2016. Les cartes montrent de manière plus importante les effets climatiques et la plus grande pénétration de la combustion au bois dans les communes de l'arrière-pays.

²⁵ [Gerardi V., Perrella G., I consumi energetici di biomasse nel settore residenziale in italia nel 1999, ENEA RT/ERG/2001/7](#)

²⁶ [EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Report No 13/2019](#)

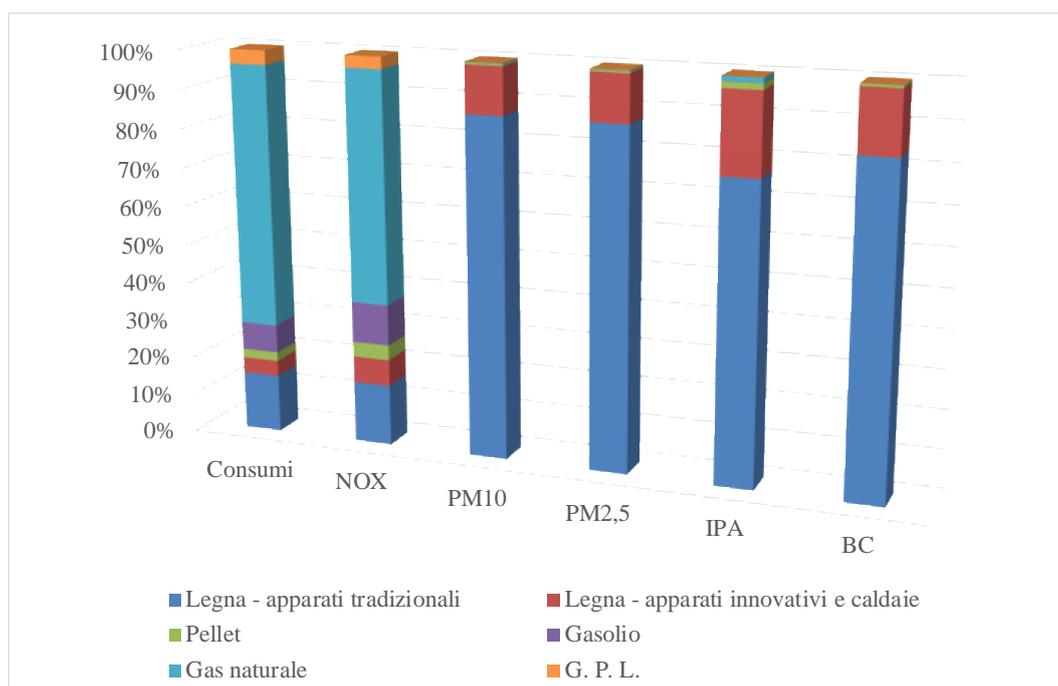


Figure 12 – Regione Liguria - Répartition, entre les différents combustibles, de la consommation et des émissions des polluants les plus importants

Tableau 17 - Regione Liguria - Émissions totales des principaux polluants par technologie (Mg) – Année 2016

Code	Activité	Combustible	CO	COVNM	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	PST	SO _x	NH ₃
02020300	Chaudières < 20 MWth	Bois	1.698,1	148,6	34,0	203,8	199,5	212,3	4,7	31,4
		Gazole	7,6	0,4	142,5	3,1	3,1	3,1	96,0	-
		Gaz naturel	425,2	34,8	811,7	3,9	3,9	3,9	5,8	-
		G. P. L.	10,7	2,1	42,6	2,1	2,1	10,7	0,2	-
02020620	Foyers	Bois	12.008,2	1.801,2	150,1	2.521,7	2.461,7	2.641,8	33,0	222,2
02020621	Foyers à la pointe	Bois	2.062,0	180,4	41,2	195,9	190,7	206,2	5,7	19,1
02020630	Poêles traditionnels	Bois	5.134,8	770,2	64,2	975,6	949,9	1.027,0	14,1	89,9
02020631	Poêles haut rendement	Bois	889,5	77,8	17,8	84,5	82,3	88,9	2,4	8,2
02020632	Poêles à granulés	Bois	199,8	6,7	53,3	19,3	19,3	20,6	7,3	8,0
TOTAL			22.435,9	3.022,2	1.357,4	4.009,9	3.912,6	4.214,5	169,3	378,7

Tableau 18 – Regione Liguria - Émissions totales de métaux lourds par technologie (Mg) – Année 2016

Code	Activité	Combustible	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
02020300	Chaudières< 20 MWth	Bois	0,1	5,5	9,8	2,5	0,2	0,8	11,5	0,2	217,4
		Gazole	0,0	0,0	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,9
		Gaz naturel	2,3	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,2	0,0
		G. P. L.	0,1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
02020620	Foyers	Bois	0,6	39,0	69,0	18,0	1,7	6,0	81,1	1,5	1.537,0
02020621	Foyers à la pointe	Bois	0,1	6,7	11,9	3,1	0,3	1,0	13,9	0,3	263,9
02020630	Poêles traditionnels	Bois	0,2	16,7	29,5	7,7	0,7	2,6	34,7	0,6	657,3
02020631	Poêles haut rendement	Bois	0,0	2,9	5,1	1,3	0,1	0,4	6,0	0,1	113,9
02020632	Poêles à granulés	Bois	0,1	8,7	15,3	4,0	0,4	1,3	18,0	0,3	341,0
TOTAL			3,6	79,5	141,1	37,0	6,3	12,2	165,1	3,3	3.131,4

Tableau 19 - Regione Liguria - Émissions totales de HAP, de benzène et de carbone noir par technologie – Année 2016

Code	Activité	Combustible	BAP	BBF	BKF	INP	C6H6	BC
02020300	Chaudières < 20 MWth	Bois	51,4	47,1	17,8	30,1	23.324,2	31.415,4
		Gazole	0,2	0,1	0,1	0,3	1,3	120,8
		Gaz naturel	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	212,6
		G. P. L.	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	115,1
02020620	Foyers	Bois	363,2	333,2	126,1	213,1	164.935,5	172.317,5
02020621	Foyers à la pointe	Bois	62,4	57,2	21,7	36,6	21.395,4	30.517,8
02020630	Poêles traditionnels	Bois	155,3	142,5	53,9	91,1	70.528,0	151.990,5
02020631	Poêles haut rendement	Bois	26,9	24,7	9,3	15,8	9.229,4	13.164,5
02020632	Poêles à granulés	Bois	6,7	10,7	3,3	2,7	27.643,7	2.897,3
TOTAL			29,2	0,3	666,1	615,5	232,3	389,8

Tableau 20 – Regione Liguria - Émissions totales de micropolluants par technologie – Année 2016

Code	Activité	Combustible	HCB	PCB	PCDD/F
02020300	Chaudières < 20 MWth	Bois	2,1	0,0	0,2
		Gazole	-	-	0,0
		Gaz naturel	-	-	0,0
		G. P. L.	-	-	0,0
02020620	Foyers	Bois	15,0	0,2	2,4
02020621	Foyers à la pointe	Bois	2,6	0,0	0,1
02020630	Poêles traditionnels	Bois	6,4	0,1	1,0
02020631	Poêles haut rendement	Bois	1,1	0,0	0,1
02020632	Poêles à granulés	Bois	2,0	0,0	0,1
TOTAL			29,2	0,3	3,9

Tableau 21 – Regione Liguria - Émissions totales de gaz à effet de serre par technologie – Année 2016

Code	Activité	Combustible	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
02020300	Chaudières < 20 MWth	Bois	395,7	47.547,6	3,0
		Gazole	1,4	153.055,6	0,8
		Gaz naturel	19,3	1.084.148,7	19,3
		G. P. L.	1,0	67.256,6	0,1
02020620	Foyers	Bois	2.797,9	336.229,3	27,0
02020621	Foyers à la pointe	Bois	480,4	57.736,3	3,6
02020630	Poêles traditionnels	Bois	1.196,4	143.774,8	9,0
02020631	Poêles haut rendement	Bois	207,3	24.905,9	1,6
02020632	Poêles à granulés	Bois	620,8	74.597,4	4,7
TOTAL			5.720,2	1.989.252,1	69,1

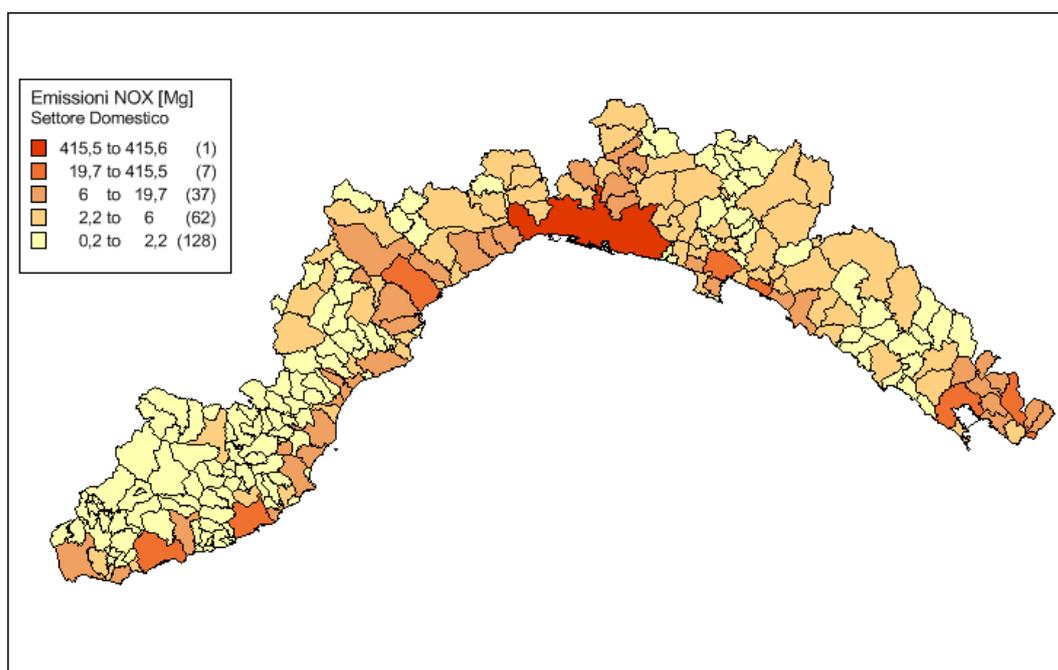


Figure 13 – Regione Liguria - Émissions totales d'oxydes d'azote (Mg) dans le secteur résidentiel – Année 2016

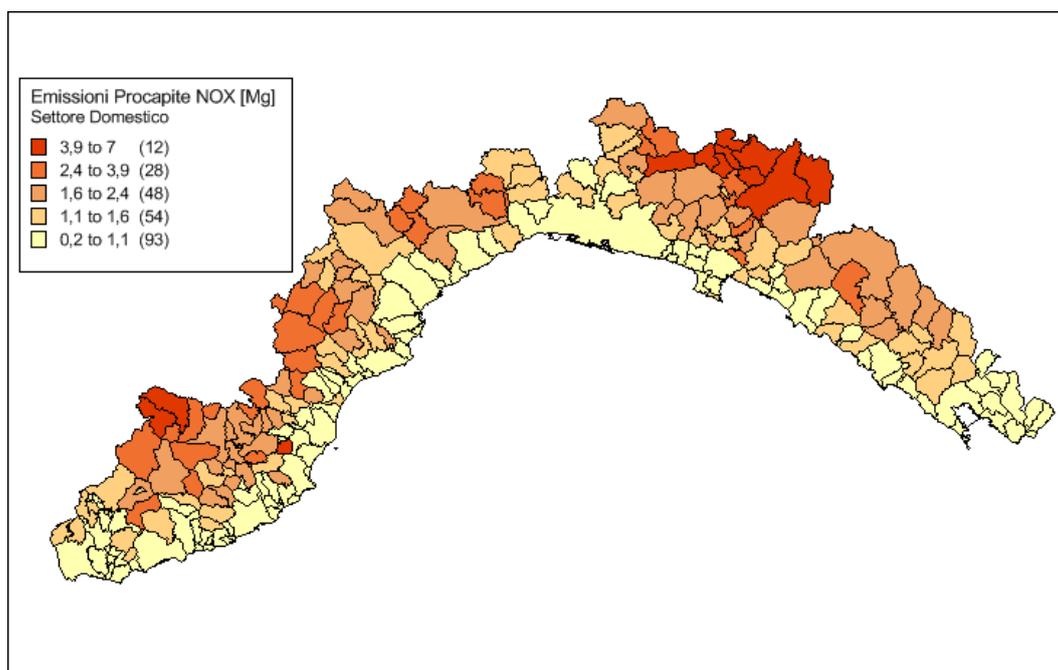


Figure 14 – Regione Liguria - Émissions d'oxydes d'azote (Mg) par habitant dans le secteur résidentiel - Année 2016

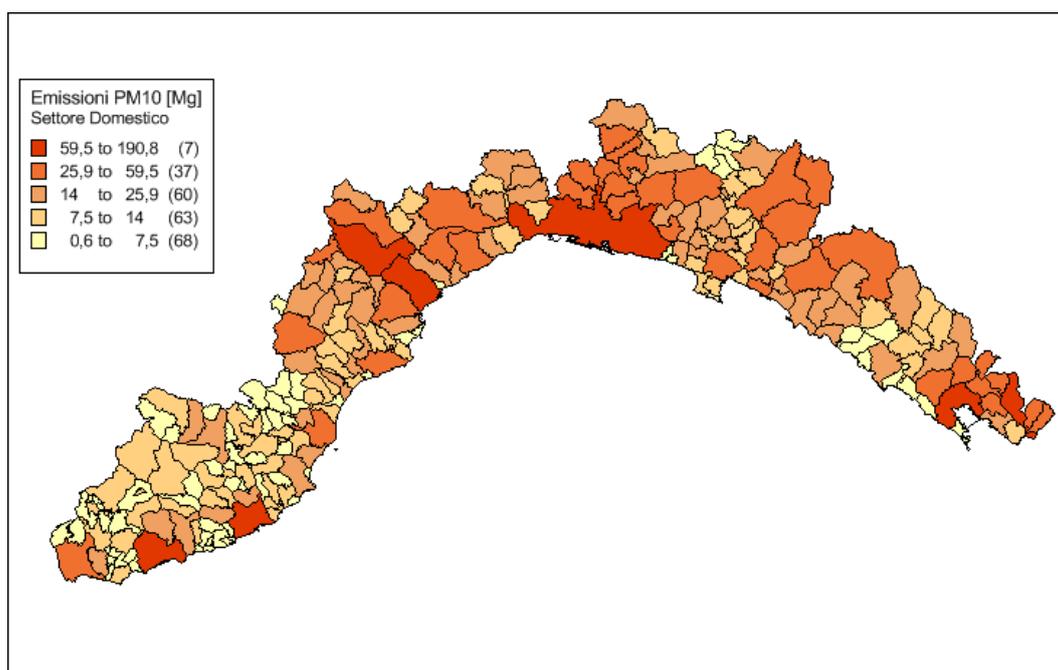


Figure 15 – Regione Liguria - Émissions totales de PM₁₀ (Mg) dans le secteur résidentiel - Année 2016

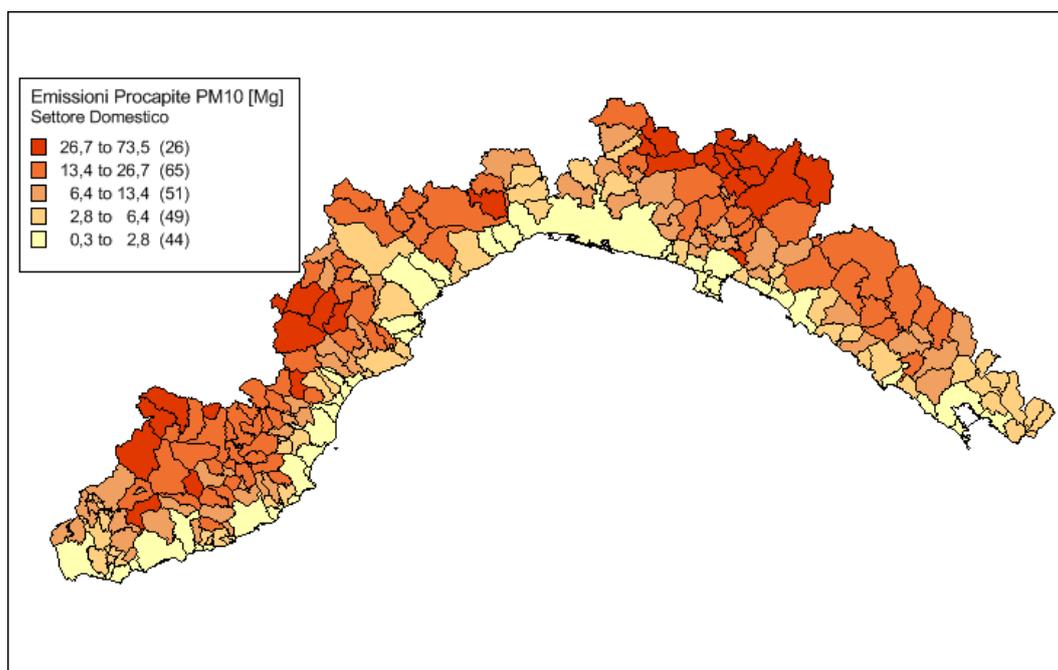


Figure 16 – Regione Liguria - Émissions de PM₁₀ (Mg) par habitant dans le secteur résidentiel - Année 2016

3.2 Regione Piemonte

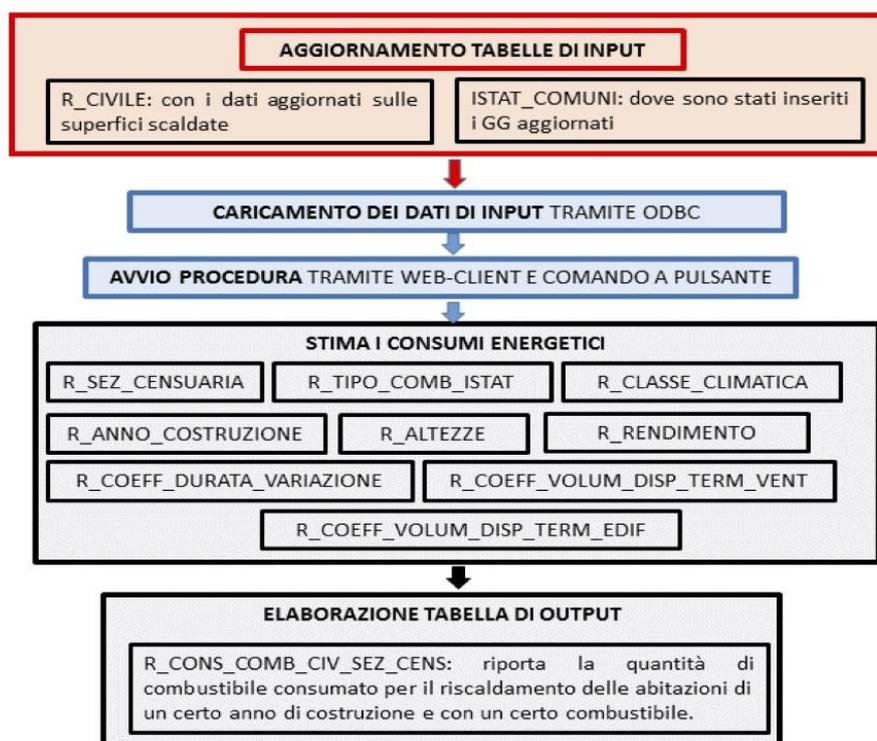
L'Inventaire Régional des Emissions (IREA) est réalisé par le Département de l'environnement de Regione Piemonte - Secteur de l'assainissement acoustique, électromagnétique et atmosphérique. Les données pour 2013²⁷ sont disponibles.

Les émissions sont disponibles sur base communale. Le Tableau 22 montre les émissions des polluants principaux provenant de la combustion du bois dans les installations résidentielles par province.

Tableau 22 – Regione Piemonte: émissions provenant de la combustion du bois dans les installations résidentielles (Mg)

Provinces	CO	NM VOC	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	NH ₃	CO ₂ eq	CH ₄	N ₂ O
Alessandria	11.791,3	1.097,0	332,2	1.178,9	1.166,3	41,4	29,9	34,7	1.006,8	43,6
Asti	9.879,6	872,9	268,4	961,4	951,0	33,1	23,6	27,6	802,6	34,7
Biella	7.777,3	687,1	211,3	756,8	748,7	26,0	18,5	21,7	631,8	27,3
Cuneo	29.806,8	2.633,4	809,8	2.900,6	2.869,3	99,7	71,1	83,3	2.421,5	104,7
Novara	7.470,9	695,1	210,5	747,0	739,0	26,2	19,0	22,0	637,9	27,6
Torino	37.350,8	3.475,0	1.052,4	3.734,5	3.694,4	131,0	94,8	109,8	3.189,0	138,2
Verbania	5.507,7	486,6	149,6	536,0	530,2	18,4	13,1	15,4	447,4	19,3
Vercelli	5.221,9	485,8	147,1	522,1	516,5	18,3	13,3	15,4	445,9	19,3
TOTAL	114.806,2	10.433,0	3.181,4	11.337,4	11.215,4	394,1	283,4	329,8	9.582,9	414,7

La méthodologie utilisée pour évaluer les consommations²⁸ est décrite brièvement dans la Figure 17.



²⁷ Sistema Piemonte. IREA Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera

²⁸ INEMAR, Modulo di riscaldamento. Flusso di processo

Figure 17 – Méthodologie pour évaluer les consommations pour le chauffage domestique suivie par Regione Piemonte.

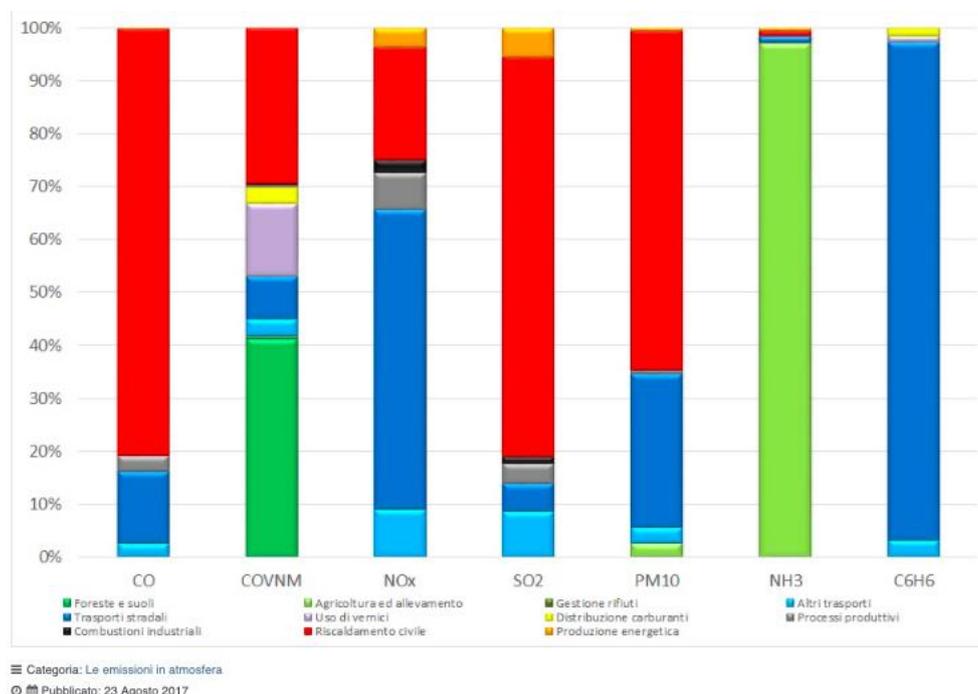
Le Tableau 23 montre les facteurs d'émission utilisés pour la combustion de la biomasse²⁹.

Tableau 23 – Regione Piemonte: facteurs d'émissions provenant de la combustion du bois dans les installations résidentielles

Type	CO (g/GJ)	NM VOC (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	PM ₁₀ (g/GJ)	SO ₂ (g/GJ)	NH ₃ (g/GJ)	CO ₂ eq (kg/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
Foyer ouvert traditionnel	5000	1000	100	860	13	10	116,7	320	14
Poêle traditionnel au bois	5000	300	100	480	13	10	101,3	320	14
Foyer fermé ou insert	4000	500	100	380	13	10	101,3	320	14
Chaudières <50MW	7500	600	270	100	20		94,6	400	14
Poêle ou chaudière à la pointe	4000	300	100	380	13	10	101,3	320	14
Système BAT à granulés	500	20	90	76	13	10	101,3	320	14
Système automatique à granulés ou à plaquettes ou BAT au bois	150	15	100	76	13	10	101,3	320	14

3.3 Regione Valle d'Aosta

La répartition des émissions des principaux polluants dans Regione Valle d'Aosta dans les différents macro-secteurs est présentée dans la Figure 18³⁰, tandis que la distribution territoriale des émissions de PM₁₀ est montrée dans la Figure 19³¹. Les facteurs d'émission utilisés sont montrés dans le Tableau 24³².



²⁹ [Inemar. Fonti Emissioni. Ricerca FE](#)

³⁰ [ARPA Valle d'Aosta. Le emissioni in atmosfera Gli apporti delle diverse sorgenti emissive](#)

³¹ [ARPA Valle d'Aosta. Le emissioni in atmosfera. Mappe Inventario Emissioni](#)

³² [ARPA Valle d'Aosta. Le emissioni in atmosfera. Metodologia e normativa](#)

Figure 18 – Inventaire régional des émissions de la Vallée d’Aoste: distribution des émissions pour les différents macrosecteurs.

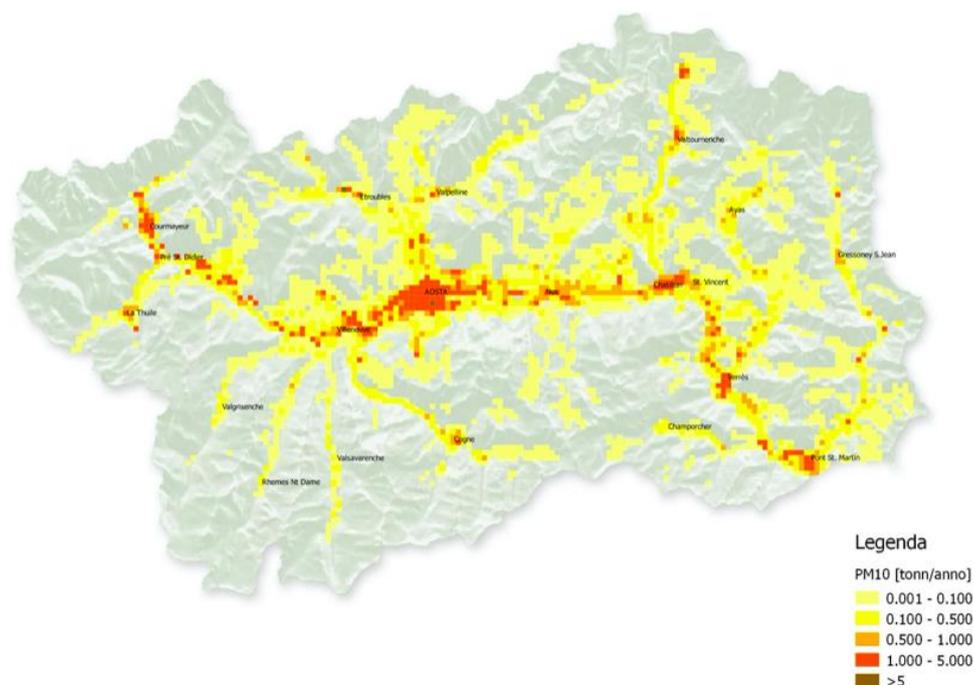


Figure 19 – Inventaire régional des émissions de la Vallée d’Aoste: distribution territoriale des émissions de PM₁₀.

Tableau 24 – Regione Piemonte: facteurs d’émissions utilisés par ARPA Valle d’Aosta pour la combustion du bois dans les installations résidentielles

Type	PM ₁₀ (g/GJ)	B(a)P (g/GJ)	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	CO (g/GJ)	Dioxines (g/GJ)
Chaudières	290	60	13	100	4000	170
Poêle à granulés	29	5	13	90	500	50

3.4 Région Auvergne-Rhône-Alpes

Selon l'inventaire des émissions de la Région Auvergne-Rhône-Alpes, la principale contribution aux émissions de particules de benzo (a) pyrène et de monoxyde de carbonio³³ provient du chauffage au bois.

Les seuils réglementaires de la qualité de l'air pour les particules en suspension sont régulièrement dépassés dans la région. Le chauffage résidentiel, en particulier au bois, est généralement le principal émetteur de particules fines en suspension, avec une contribution beaucoup plus importante que l'industrie, les transports et l'agriculture (Figure 20). Le secteur du logement est donc une question prioritaire pour réduire la consommation et les émissions liées au chauffage.

³³ ATMO, Chauffage au bois et qualité de l'air

La Figure 20 montre que dans la région, en 2015, le chauffage au bois dans le secteur résidentiel est celui qui contribue le plus aux émissions de particules fines (45% de PM₁₀ et près de 60% de PM_{2.5}) et représente près de 2/3 des émissions de benzo(a)pyrène et de monoxyde de carbone.

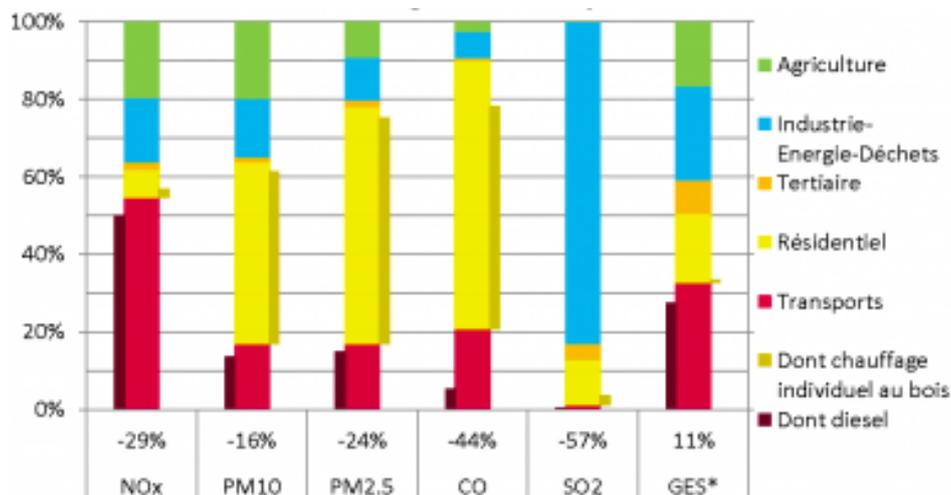


Figure 20 – Inventaire des émissions en Auvergne-Rhône-Alpes 2015: contribution des secteurs aux émissions.

Les activités de chauffage étant concentrées en période hivernale, la part de ces émissions augmente considérablement en hiver et surtout les jours très froids (Figure 21). Ainsi, dans la Région Auvergne-Rhône-Alpes, la contribution du chauffage au bois aux émissions de PM₁₀ varie de 45% en moyenne sur toute l'année à plus de 60% sur les six mois de chauffage et jusqu'à près de 75% lors d'une journée particulièrement froide, c'est-à-dire une journée avec une température moyenne de 0°C. Les émissions du chauffage au bois ont été plus importantes en 2010, 2013 et 2015, lorsque les hivers ont été plus froids.

Les émissions dues au chauffage au bois sont plus élevées dans les zones rurales de haute altitude et dans les zones périurbaines ou dans les zones au climat plus froid (Haute-Savoie, Ardèche, Cantal, Haute-Loire), car le mix énergétique pour le chauffage des logements comprend généralement plus de bois et nécessite plus d'énergie que dans les zones de plaine (Figure 22).

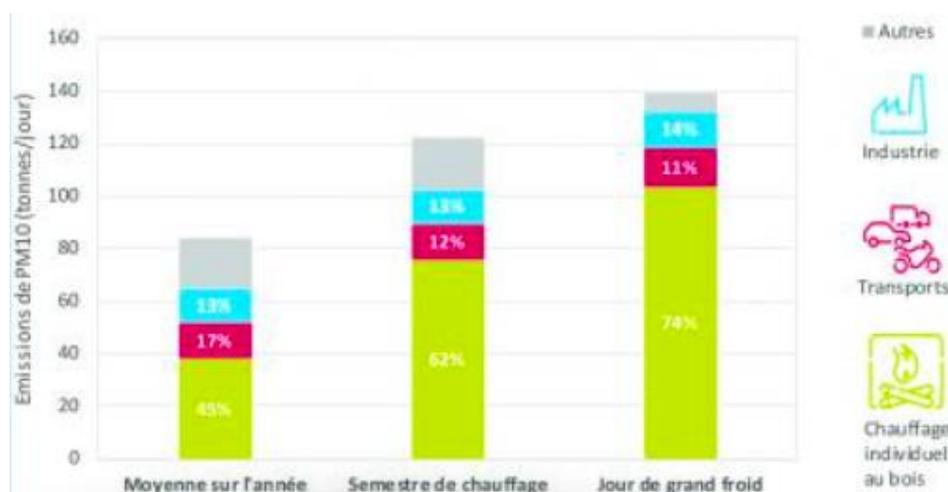


Figure 21 - Inventaire des émissions en Auvergne-Rhône-Alpes 2015: contribution des secteurs aux émissions de PM₁₀ à différentes périodes de l'année.

Au contraire, les émissions dues au chauffage au bois, Figure 22, sont plus faibles dans l'hyper-centre des agglomérations (Métropole de Lyon, Valence, Clermont-Ferrand), qui comptent moins de logements individuels et d'appareils de chauffage au bois, et dans le sud-est de la région qui bénéficie d'un climat plus doux (département de la Drôme). On estime que 75% des émissions de PM₁₀ sont dues à des appareils plus anciens, 11% à des appareils plus performants et 11% à des appareils plus récents.

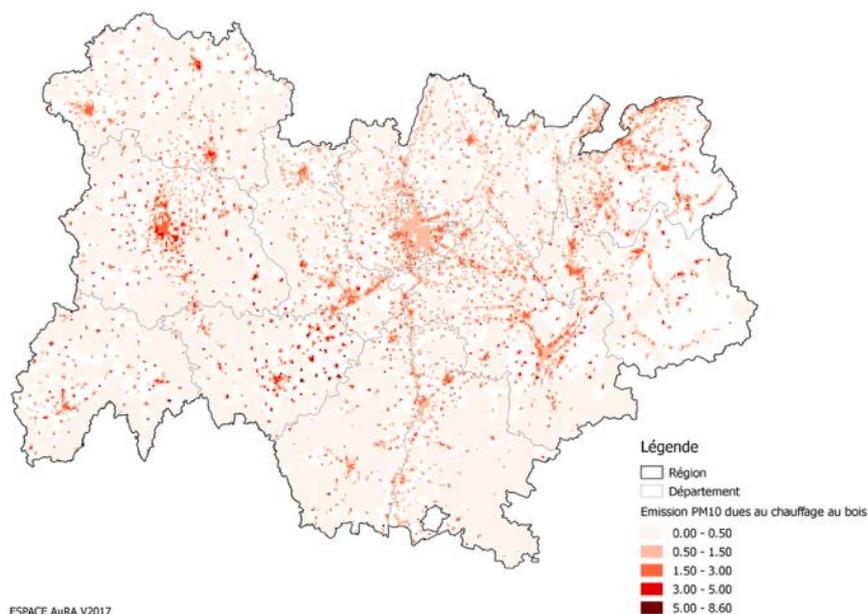


Figure 22 - Inventaire des émissions atmosphériques en Auvergne-Rhône-Alpes 2015: distribution spatiale des émissions de PM₁₀ provenant du chauffage au bois

Les facteurs d'émission utilisés³⁴ sont indiqués dans le Tableau 22. Le Tableau 26 présente une évaluation des facteurs d'émission pour différents taux d'humidité du bois.

Tableau 25 – Facteurs d'émission moyens utilisés en France

Polluant	2015	Intervalle
CO (g/GJ)	3694	1448 – 8183
NO _x (g/GJ)	56	33-69
COVNM (g/GJ)	596	151-2287
PM (g/GJ)	417	94-1355

Tableau 26 – Incidences de l'humidité du bois sur les émissions

Polluant	Humidité	
	15%	30%
CO (g/GJ)	6000	5400
NO _x (g/GJ)	64	67

³⁴[Serge COLLET, Détermination de facteurs d'émission de polluants des foyers domestiques alimentés au bois, Rapport final. ADEME](#)

PM (g/GJ)	584	1207
Benzo(a)pyrène (mg/GJ)	50	71

3.5 Région Provence-Alpes-Côte d'Azur

L'inventaire des émissions de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur est actualisé à 2017³⁵. Pour le secteur résidentiel l'inventaire³⁶ prend en compte la consommation d'énergie et les émissions dans l'atmosphère qui lui sont associées, de la part des ménages pour leur chauffage mais aussi pour faire la cuisine et pour produire l'eau chaude sanitaire. Les données de base utilisées pour traiter ce secteur sont celles des unités IRIS déjà décrites dans le paragraphe 1.1.2

Un parc d'habitations est créé sur la base des données des logements mentionnées ci-dessus et:

- Les coefficients unitaires CEREN³⁷ qui permettent d'estimer, dans chaque commune, la consommation annuelle par utilisation et par vecteur énergétique;
- les données météorologiques sur les températures sont utilisées pour estimer un indice annuel de rigueur climatique pour chaque commune; cet indice permet de pondérer la consommation estimée afin de prendre en compte les différences de pratiques de chauffage entre différentes zones géographiques ayant des climats différents.

À la fin du calcul, la consommation régionale est calibrée.

Comme les émissions provenant de la combustion du bois dépendent de la consommation de bois, mais surtout du type d'appareil de chauffage au bois, du type de combustible (bûches, granulés, plaquettes...) et de leur qualité, une répartition communale a été estimée entre les différents types d'appareils de chauffage au bois.

La Figure 23 montre le résultat des émissions des principaux polluants au niveau régional par vecteur énergétique et la Figure 24 montre la distribution spatiale des émissions totales de PM₁₀.

³⁵ [AtmoSud. CIGALE. Consultation d'Inventaires Géolocalisés. Air CLimat Énergie](#)

³⁶ [AirPACA. Inventaires des émissions atmosphériques en Provence Alpes Côte d'Azur Années 2007 à 2015 Note méthodologique](#)

³⁷ [CEREN. Données énergie 1990-2018 du secteur résidentiel](#)

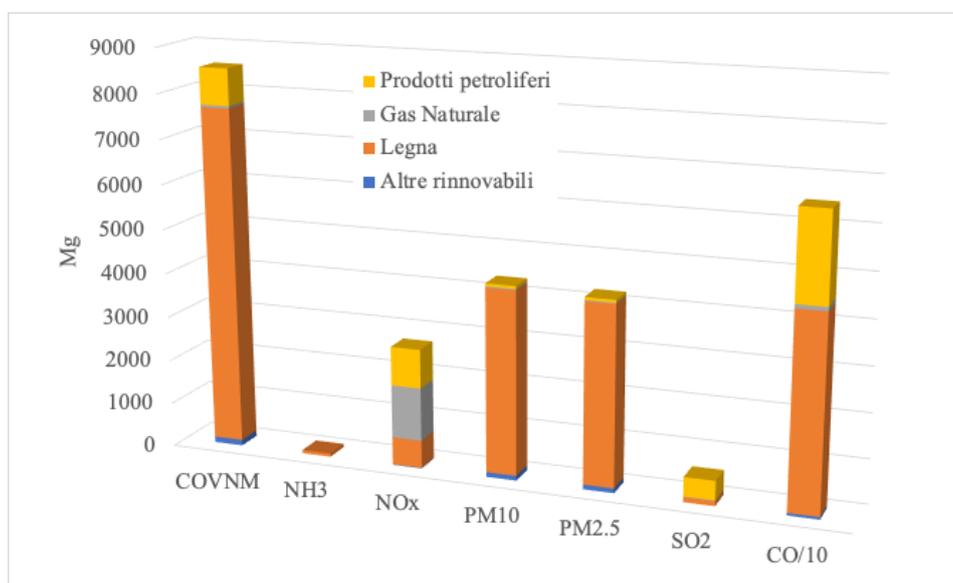


Figure 23 - Inventaire des émissions de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2017: secteur résidentiel

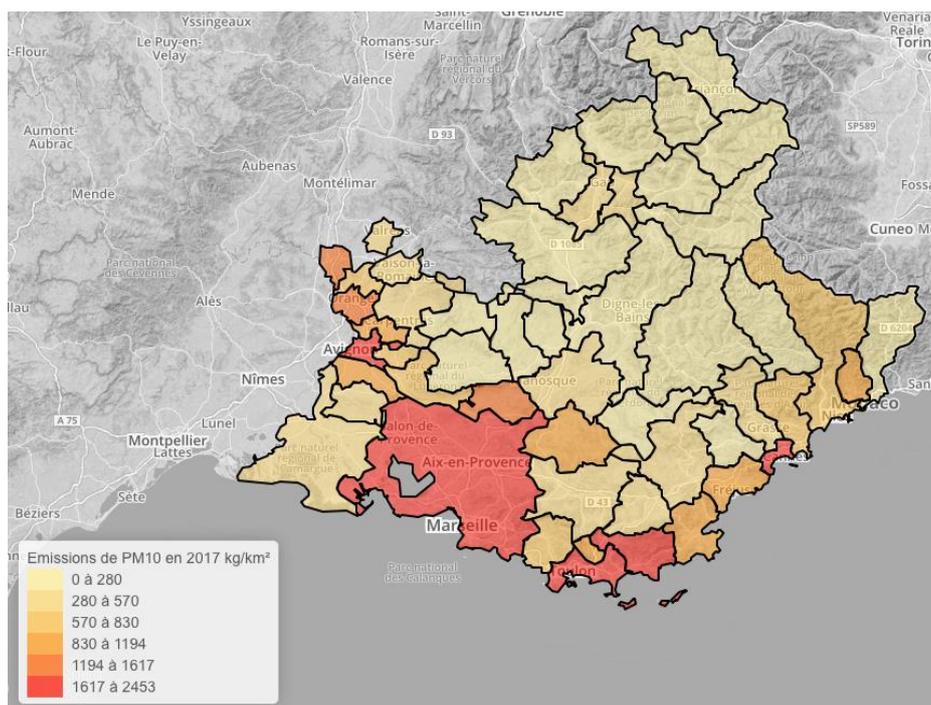


Figure 24 - Inventaire des émissions de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2017: distribution spatiale des émissions totales de PM₁₀

4 METHODOLOGIE D'ESTIMATION DES EMISSIONS ET DE LA CONSOMMATION

La section suivante décrit une méthodologie d'estimation des émissions et de la consommation commune aux partenaires du projet, qui tient compte des méthodologies utilisées par les partenaires et des documents de référence officiels, c'est-à-dire les guides EMEP/AEE pour les inventaires d'émissions et pour le suivi des objectifs régionaux de répartition des charges (Burden Sharing).

4.1 Méthode de base pour l'estimation des émissions et facteurs d'émission

Les émissions du polluant i sont calculées comme suit:

$$E_i = \sum_j C_j \times F_{i,j}$$

où:

- j est la technologie de combustion du bois utilisée,
- C_j est la consommation de bois associée à la technologie j ;
- $F_{i,j}$ est le facteur d'émission associé au polluant i et à la technologie j .

Les polluants visés sont ceux indiqués dans le Guide EMEP/AEE 2019³⁸:

- principaux polluants atmosphériques:
 - oxydes de soufre (SO_x);
 - oxydes d'azote (NO_x);
 - composés organiques volatils, à l'exclusion du méthane, (COVNM);
 - monoxyde de carbone (CO);
 - particules totales en suspension (PTS)
 - particules en suspension d'un diamètre inférieur à 10 microns (PM₁₀)
 - particules en suspension d'un diamètre inférieur à 2,5 microns (PM_{2,5})
 - ammoniac (NH₃)
- métaux lourds:
 - Arsenic (As),
 - Cadmium (Cd),
 - Nickel (Ni),
 - Plomb (Pb),
 - Chrome (Cr),
 - Mercure (Hg),
 - Cuivre (Cu),
 - Sélénium (Se),
 - Zinc (Zn);
- principaux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP):
 - benzo[b]fluoranthène (BBF)
 - benzo[k]fluoranthène (BKF)

³⁸ [EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Report No 13/2019](#)

- benzo[a]pyrène (BAP)
- indeno[123cd]pyrène (INP)
- autres micropolluants
 - hexachlorobenzène (HCB)
 - biphényles polychlorés (PCB)
 - dioxines et furanes (PCCD, PCCF)
 - carbone noir (BC)
- gaz à effet de serre:
 - dioxyde de carbone (CO₂)
 - méthane (CH₄)
 - protoxyde d'azote (N₂O).

Les facteurs d'émission recommandés, pour lesquels il est fait référence au guide mentionné ci-dessus, sont indiqués dans les Tableau 27 et Tableau 28 par technologie et par polluant et dans le Tableau 29 par polluant (polluants pour lesquels la technologie n'est pas pertinente).

Tableau 27 – Principaux facteurs d'émission de polluants provenant de la combustion du bois dans les appareils de chauffage résidentiels

Technologie	CO (g/GJ)	COVNM (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	PM ₁₀ (g/GJ)	PM _{2.5} (g/GJ)	PST (g/GJ)	NH ₃ (g/GJ)	BC (g/GJ)
Poêles traditionnels	4000	600	50	760	740	800	70	10
Foyers	4000	600	50	840	820	880	74	7
Chaudières < 50 kWth	4000	350	80	480	470	500	74	16
Foyers et poêles à la pointe	2000	250	95	95	93	100	37	28
Poêles et chaudières à granulés	300	10	80	60	60	62	12	15
Poêles haut rendement	4000	350	80	380	370	400	37	16

Tableau 28 – Facteurs d'émission HAP et micropolluants provenant de la combustion du bois dans les appareils de chauffage résidentiels

Technologie	BAP (mg/GJ)	BBF (mg/GJ)	BKF (mg/GJ)	INP (mg/GJ)	PCCD/F (I-Teq ng/GJ)	PCB (µg/GJ)	HCB (µg/GJ)
Poêles traditionnels	121	111	42	71	800	0,06	5
Foyers	121	111	42	71	800	0,06	5
Chaudières < 50 kWth	121	111	42	71	550	0,06	5
Foyers et poêles à la pointe	10	16	5	4	93	0,007	5
Poêles et chaudières à granulés	10	16	5	4	100	0,01	5
Poêles haut rendement	121	111	42	71	250	0,03	5

Tableau 29 – Facteurs d'émission de métaux, oxydes de soufre et gaz à effet de serre provenant de la combustion du bois dans les appareils de chauffage résidentiels

Polluant	FE (g/GJ)	Polluant	FE (g/GJ)
As	0,19	SO _x	11
Cd	13		
Cr	23	Gaz	FE
Cu	6		(g/GJ)
Hg	0,56	CO ₂	112.000
Ni	2	CH ₄	300
Pb	27	N ₂ O	4
Se	0,5		
Zn	512		

4.2 Méthodologie d'estimation à l'échelle régionale

L'estimation des émissions à l'échelle régionale repose sur l'utilisation des données statistiques examinées au chapitre 2. Comme expliqué en détail au chapitre 2, les données statistiques sur l'utilisation du bois sont disponibles à l'échelle régionale et il existe plusieurs enquêtes pour la ventilation des données régionales entre les différentes technologies de combustion. Lorsque ces données ne sont pas disponibles, des enquêtes nationales peuvent être utilisées pour évaluer la répartition de la consommation entre les différents appareils de chauffage pour lesquels les facteurs d'émission visés au chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** sont disponibles.

La consommation régionale de bois associée à la technologie de combustion j définie dans les Tableau 27 et Tableau 28 des facteurs d'émission (Poêles traditionnels, Foyers, Chaudières < 50 kWth, Foyers et poêles à la pointe, Poêles et chaudières à granulés, Poêles haut rendement) est obtenue de source statistique à partir de la consommation régionale totale de bois comme suit:

$$C_j = C \times q_j$$

où C est la consommation régionale totale de bois et q_j est la part de bois utilisée dans les appareils de la classe j .

4.3 Evaluation à l'échelle communale et sous-communale

L'estimation à l'échelle communale est faite en désagrégant la consommation régionale par la demande énergétique des logements ayant une installation de chauffage au bois. La méthodologie utilisée pour déterminer la consommation de bois est détaillée ci-dessous.

Les données à l'échelle communale sont obtenues en utilisant la demande énergétique des logements par commune et par type de chauffage comme suit:

$$C_{ij} = C_j \times \frac{F_{ij}}{\sum_i F_{ij}}$$

où i indique la commune, j la source d'énergie, C la consommation et F la demande.

La demande est calculée à l'échelle communale à partir du nombre de logements par commune et source d'énergie, de la surface moyenne des logements par commune et par type de chauffage et des degrés jours par commune comme suit:

$$F_{ij} = 24 \times (N_{ij} \times S_i \times h) \times G_i \times D_i$$

où i est la commune, j la source d'énergie, F la demande, N le nombre de logements, S la surface moyenne d'un logement, G les degrés-jours et h la hauteur du logement.

D est le coefficient maximal de déperdition thermique des bâtiments:

$$D = C_d + 0,34 \times n$$

où C_d est la valeur limite du coefficient de déperdition volumique par transmission à travers l'enveloppe du bâtiment, exprimée en $W/m^3 \text{ } ^\circ C$ et n est le nombre de débits d'air échangés en une heure (valeur moyenne sur 24 heures).

La valeur limite du coefficient de déperdition volumique par transmission à travers l'enveloppe du bâtiment est définie en fonction de la zone climatique³⁹ comme dans le Tableau 30.

Tableau 30 – Valeur limite du coefficient de déperdition volumique par transmission à travers l'enveloppe du bâtiment

S/V	ZONE CLIMATIQUE									
	A	B		C		D	E	F		
	Degrés - Jours <600	Degrés - Jours 601	Degrés - Jours 900	Degrés - Jours 901	Degrés - Jours 1400	Degrés - Jours 1401	Degrés - Jours 2100	Degrés - Jours 2101	Degrés - Jours 3000	Degrés - Jours >3000
≤ 0,2	0,49	0,49	0,46	0,46	0,42	0,42	0,34	0,34	0,3	0,3
≥ 0,9	1,16	1,16	1,08	1,08	0,95	0,95	0,78	0,78	0,78	0,73

S/V rapport surface/volume

V est le volume brut, exprimé en mètres cubes, des parties chauffées du bâtiment, défini par les surfaces qui le délimitent; S est la surface délimitant le volume chauffé V vers l'extérieur, c'est-à-dire vers les pièces sans installation de chauffage, et elle s'exprime en mètres carrés.

Pour les valeurs S/V intermédiaires comprises entre 0,2 et 0,9, on procède par interpolation linéaire; pour les valeurs S/V inférieures à 0,2 et supérieures à 0,9, on suppose les valeurs C_d correspondant respectivement à S/V égal à 0,2 et S/V égal à 0,9.

Le coefficient a été calculé en supposant une hauteur moyenne h égale à 3, le nombre de débits d'air échangés par heure n égal à 0,5; et la valeur C_d est calculée en supposant un rapport surface/volume égal à 1/3.

Puisque la demande ainsi calculée est utilisée dans le seul but de répartir la valeur statistique régionale et compte tenu de l'incertitude déjà contenue dans cette donnée, la méthode est considérée comme suffisamment appropriée.

³⁹ Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Decreto 27 luglio 2005. Norma concernente il regolamento d'attuazione della legge 9 gennaio 1991, n. 10 (articolo 4, commi 1 e 2), recante: "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia". ([GU Serie Generale n.178 del 2-8-2005](#))

5 TECHNOLOGIES INNOVANTES DE COMBUSTION DE LA BIOMASSE LIGNEUSE DANS LE SECTEUR RESIDENTIEL POUR FACILITER L'ADOPTION DE MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS

Pour l'évaluation des technologies les plus innovantes de combustion de la biomasse ligneuse dans le secteur résidentiel, afin de faciliter l'adoption de mesures de réduction des émissions, on se référera essentiellement dans la suite au document récent de la *Task Force on Techno-economic Issues of LRTAP Convention*⁴⁰ (Équipe spéciale des questions technico-économiques de la PATLD - Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance) concernant les bonnes pratiques de combustion du bois dans les petites installations de combustion destinées au chauffage de locaux, qui ont une puissance thermique nominale de moins de 100 kW. Ce document met particulièrement l'accent sur les dispositifs domestiques de chauffage direct au bois (comme les foyers et les poêles) et les chaudières domestiques au bois.

Le document décrit pour les installations domestiques de chauffage au bois:

- les bonnes pratiques (*best practice*);
- les meilleures techniques existantes (*BAT - Best available techniques*).

Le document répond à la nécessité d'informer le grand public sur:

- les bonnes pratiques existantes en matière de chauffage domestique au bois pour réduire les émissions au minimum et accroître le rendement, diminuer les dépenses par l'abaissement des besoins de stockage et de consommation de bois, et réduire en même temps les conséquences néfastes des émissions sur l'environnement et la santé humaine;
- les meilleurs appareils de chauffage actuellement disponibles sur le marché;
- l'origine et les caractéristiques correctes de la biomasse ligneuse et la nécessité de brûler du bois sec et propre et donc d'éviter l'utilisation de bois composite, traité et/ou contaminé.

En plus d'être inefficaces, les anciens modèles de poêles et de cheminées peuvent produire des niveaux d'émissions considérables. Cela dit, même les nouveaux appareils de chauffage domestique à haut rendement et à faible niveau d'émissions peuvent être responsables de niveaux élevés d'émissions et présenter un rendement énergétique moindre s'ils ne sont pas utilisés comme il convient et dans des conditions de combustion non optimales. Au-delà du type d'appareil de combustion, différents points très importants sont à respecter pour réduire au minimum les émissions en conditions réelles. On veillera notamment à ce que sa taille soit adaptée et à ce qu'il soit correctement installé et utilisé, ce qui suppose un bon allumage, une combustion optimale, l'utilisation de bois de chauffage sec et propre, un feu non couvant et un bon entretien de l'installation.

Les informations contenues dans le document figurent en annexe, qui est essentiellement la traduction du texte original car ce document a été considéré comme approprié et autonome et extrêmement pertinent pour les fins du présent travail. Quelques conclusions sont résumées ci-après.

⁴⁰ [UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Task Force on Techno-economic Issues, Code of good practice for wood-burning and small combustion installations, September 2019](#)

5.1 Bonnes pratiques

À la lumière des considérations figurant dans l'annexe, les bonnes pratiques recommandées, en particulier pour les installations de chauffage à commande manuelle telles que les poêles, sont les suivantes:

- *Veiller à obtenir et à maintenir une température élevée dans la chambre de combustion le plus rapidement possible.* Cela permet d'assurer le fonctionnement optimal et efficace de l'installation de chauffage et de réduire ainsi les émissions de polluants nocifs, la production de cendres et l'accumulation de créosote dans la cheminée, tout en augmentant le rendement. Une combustion optimale et efficace se traduit en outre par une baisse des dépenses de combustibles pour le consommateur;
- *Veiller à ce que la flamme reste vive et « chaude ».* Une flamme bleue, jaune-rouge ou rouge clair est le signe d'une bonne combustion. Lorsque la flamme est rouge ou rouge foncé, la combustion est de mauvaise qualité;
- *Éviter les feux couvants.* L'apparition d'impuretés sur les portes vitrées ou de fumée sale provenant de la cheminée indique que le feu a besoin d'une plus grande quantité d'air, que la température de la chambre de combustion n'est pas suffisamment élevée ou que le bois de chauffage est trop humide;
- *Vérifier la fumée dégagée par la cheminée (contrôle visuel).* Lorsque la combustion est bonne, la fumée qui sort de la cheminée devrait être quasiment transparente. Si elle est épaisse et de couleur jaune ou gris foncé, cela signifie que la combustion ne se déroule pas correctement et qu'il y a lieu d'apporter des ajustements au niveau du combustible ou du fonctionnement de l'installation de chauffage. Dans des conditions très froides, une "fumée blanche" non nocive, composée de gouttelettes d'eau, peut se former;
- *S'assurer que la fumée provenant de la combustion du bois ne dégage pas d'odeurs.* Une bonne combustion du bois de chauffage ne doit pas produire une fumée odorante. Dans le cas contraire, cela signifierait qu'une quantité importante de substances nocives est produite et libérée en raison d'une mauvaise combustion;
- *Mesurer, si possible, la température dans la cheminée.* La température des gaz de combustion devrait se situer entre 150 et 200 °C. Une température plus basse peut créer un risque de condensation dans la cheminée;
- *Vérifier la couleur des cendres.* Lorsque la combustion est bonne, les cendres sont de couleur grise ou blanche. Des cendres lourdes et de couleur sombre ou l'apparition de souillures noires sur le corps de la cheminée sont révélatrices d'une mauvaise combustion. Ces signes témoignent en outre fortement d'une possible accumulation de créosote dans la cheminée, qui accroît le risque de feu de cheminée. Parce qu'un feu de cheminée peut couvrir un certain temps avant d'être détecté, il peut occasionner de graves dommages au logement et causer la mort des occupants;
- *Vider régulièrement les cendres de l'unité de chauffage à l'aide d'un dispositif approprié, équipé d'un couvercle et d'une ouverture assurant la bonne circulation de l'air.*

Evidemment il faut faire appel à un technicien qualifié, qui assurera régulièrement l'inspection et l'entretien de l'installation de chauffage et de la cheminée, de préférence une fois par an au moins, et plus fréquemment dans un climat froid s'il s'agit de la source de chauffage principale.

5.2 Meilleures techniques existantes

Les technologies qui sont à la base des installations de chauffage domestique au bois ont beaucoup évolué au cours de la dernière décennie ⁴¹.

Vous trouverez ci-dessous une liste de technologies à la pointe et innovantes pour les installations de chauffage domestique au bois:

- *Nouveaux poêles à la pointe* équipés d'un régulateur d'air amélioré, de matériaux réfléchissants et de deux chambres de combustion;
- *Nouveaux poêles intelligents* dotés d'un système automatique de contrôle de l'apport d'air et de la combustion, d'un dispositif de régulation thermostatique et d'une connexion WiFi permettant de recueillir et d'envoyer au fabricant des données relatives à la combustion dans une optique d'amélioration des services;
- *Nouveaux poêles de masse (en maçonnerie) à la pointe*, à rendement élevé et peu polluants;
- *Nouvelles chaudières à granulés à la pointe*: il s'agit de chaudières entièrement automatisées (contrôle électronique de l'apport d'air et sondes lambda), à condensation, conçues pour brûler des granulés de type normalisé;
- *Chaudières à carburateur* conçues pour brûler des bûches ou des plaquettes de bois;
Équipements à accumulation de chaleur permettant de réduire la fréquence des arrêts et des démarrages et d'éviter les démarrages à charge partielle, plus polluants que le fonctionnement à pleine charge;
- *Autres technologies*: recirculation des gaz de combustion, rétrocombustion, gazéification.

Certaines technologies spécifiques sont mentionnées dans une étude précédente commandée par la DG Environnement de la Commission européenne ⁴².

⁴¹ [UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Task Force on Techno-economic Issues, Code of good practice for wood-burning and small combustion installations, September 2019](#)

⁴² [IIASA, Umweltbundesamt Vienna. Measures to address air pollution from small combustion sources, 2018](#)

6 REGLEMENTATIONS EN VIGUEUR DANS LA ZONE EXAMINEE EN MATIERE DE LIMITATION, CONTROLE DES EMISSIONS ET PERFORMANCE DES INSTALLATIONS DE COMBUSTION UTILISANT LA BIOMASSE LIGNEUSE

L'étude a également porté sur les réglementations en vigueur dans la zone examinée en matière de limitation, contrôle des émissions et performance des installations de combustion utilisant la biomasse ligneuse.

En 2018, Regione Liguria a adopté une série de mesures urgentes⁴³ pour lutter contre la pollution atmosphérique. Les dispositions adoptées ne prévoient pas de mesures spécifiques pour la combustion du bois sur le territoire régional, car il a été constaté que la situation des particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) s'est nettement améliorée par rapport à la limite moyenne annuelle, qui est depuis longtemps respectée dans toute la région. Par contre, on a enregistré en 2015 à Gênes un seul dépassement de la limite moyenne journalière, dont les valeurs depuis 2013 respectent les limites réglementaires dans toute la région.

Regione Piemonte a approuvé de manière coordonnée avec les autres régions du bassin du Pô:

- les premières mesures structurelles suivantes, en octobre 2017⁴⁴:
 - interdiction, à partir du 1er octobre 2018, pour les constructions neuves ou les grandes rénovations, d'utiliser la combustion de la biomasse, afin de garantir le respect des valeurs fixées à l'annexe 3 du décret législatif 28/2011, dans les communes où ont été dépassées une ou plusieurs valeurs limites de PM₁₀ et/ou la valeur cible du benzo(a)pyrène pendant au moins 3 ans, y compris s'ils ne sont pas consécutifs, au cours des cinq années précédentes. La Direction régionale de l'environnement, de la protection et de l'aménagement du territoire publie chaque année, au moyen d'une disposition spéciale, la liste des communes où ont été dépassées une ou plusieurs valeurs limites de PM₁₀ ou de dioxyde d'azote NO₂ pendant au moins 3 ans, y compris s'ils ne sont pas consécutifs, au cours des cinq années précédentes;
 - interdiction, à compter du 1er octobre 2018 dans le cas de financements utilisant des fonds structurels destinés à l'efficacité énergétique, d'encourager l'installation d'appareils de chauffage utilisant la biomasse ligneuse dans les communes où ont été dépassées une ou plusieurs valeurs limites de PM₁₀ et/ou la valeur cible du benzo(a)pyrène pendant au moins 3 ans, y compris s'ils ne sont pas consécutifs, au cours des cinq années précédentes;
 - obligation, à partir du 1er octobre 2018, pour les installations de chauffage à granulés qui ont une puissance thermique nominale de moins de 35 kW, d'utiliser des granulés fabriqués à partir d'une matière végétale issue exclusivement de la transformation mécanique de bois vierge et composée d'écorces, de sciures, de copeaux, de délignures et de rondins de bois vierge, de liège vierge, de granulés et de déchets de bois vierge, non

⁴³ [Regione Liguria. Misure urgenti per la riduzione della concentrazione degli inquinanti nell'aria ambiente in Regione Liguria](#) (Deliberazione di Giunta Regionale n. 941 del 16 novembre 2018)

⁴⁴ Regione Piemonte. Deliberazione della Giunta Regionale 20 ottobre 2017, n. 42-5805. Prime misure di attuazione dell'Accordo di Programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano, sottoscritto in data 9 giugno 2017, ai sensi dell'articolo 10, comma 1, lett. d), della legge n. 88/2009. ([BU43 26/10/2017](#))

contaminée par des polluants et certifiée conforme à la classe A1 de la norme UNI EN ISO 17225-2 par un organisme de certification agréé. L'utilisateur est aussi tenu de conserver la documentation correspondante;

- les mesures complémentaires suivantes, en septembre 2018⁴⁵, en application de l'Accord de programme pour l'adoption coordonnée et commune de mesures d'amélioration de la qualité de l'air dans le bassin du Pô:
 - interdiction, dans toutes les communes du territoire régional, d'installer des appareils de chauffage utilisant la biomasse ligneuse dont les performances en matière d'émissions sont inférieures à celles identifiées par la législation nationale⁴⁶ pour les classes de performance suivantes:
 - “trois étoiles”, pour les appareils installés à partir du 1.10.2018;
 - “quatre étoiles”, pour les appareils installés à partir du 1.10.2019;
 - interdiction, à partir du 01/10/2019, dans toutes les communes appartenant aux zones "Agglomération de Turin", "Plaine" et "Colline" telles qu'identifiées dans le zonage du territoire relatif à la qualité de l'air ambiant⁴⁷, d'utiliser des installations de chauffage fonctionnant à la biomasse ligneuse si leur performance en matière d'émissions, ainsi que définie par la législation nationale susmentionnée, est inférieure à "trois étoiles".

En octobre 2018, Regione Valle d'Aosta a établi des lignes directrices spécifiques pour la gestion et l'entretien des installations de chauffage domestique utilisant la biomasse⁴⁸.

Les lignes directrices s'adressent en particulier aux utilisateurs d'installations de chauffage domestique fonctionnant à la biomasse ligneuse (bûches, granulés et plaquettes de bois), dans le but d'illustrer la bonne gestion de celles-ci, en vue de réduire les émissions produites dans l'atmosphère et d'assurer un meilleur rendement tant énergétique qu'économique.

Pour la Région Auvergne-Rhône-Alpes, le schéma régional biomasse préconise le développement de la consommation de bois. Le remplacement des anciennes installations individuelles, des foyers ouverts et traditionnels par des appareils modernes, ainsi que l'amélioration des pratiques individuelles de combustion, sont identifiés dans le schéma comme des actions permettant de réduire drastiquement les émissions.

⁴⁵ Regione Piemonte. Deliberazione della Giunta Regionale 14 settembre 2018, n. 29-7538. Integrazione alle misure di cui alla DGR 42-5805 del 20.10.2017, approvate in attuazione dell'Accordo di Programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano, relativamente ai generatori di calore alimentati a biomassa legnosa con potenza nominale inferiore a 35 kWh, in riferimento ai disposti di cui al DM 7 novembre 2017, n. 186. ([BU38 20/09/2018](#))

⁴⁶ Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Decreto 7 novembre 2017, n. 186 Regolamento recante la disciplina dei requisiti, delle procedure e delle competenze per il rilascio di una certificazione dei generatori di calore alimentati a biomasse combustibili solide. (17G00200) ([GU Serie Generale n.294 del 18-12-2017](#))

⁴⁷ Regione Piemonte. Deliberazione della Giunta Regionale 29 dicembre 2014, n. 41-855. Aggiornamento della zonizzazione del territorio regionale piemontese relativa alla qualità dell'aria ambiente e individuazione degli strumenti utili alla sua valutazione, in attuazione degli articoli 3, 4 e 5 del d.lgs. 155/2010 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE). ([BU 4S1 del 29/01/2015](#))

Aggiornamento della zonizzazione del territorio regionale piemontese relativa alla qualità dell'aria ambiente e individuazione degli strumenti utili alla sua valutazione, in attuazione degli articoli 3, 4 e 5 del d.lgs. 155/2010 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE).

⁴⁸ [Regione Valle d'Aosta. Corrette pratiche di gestione e manutenzione di impianti termici civili alimentati a biomasse: Linee guida](#)

Dans le territoire régional:

- le Plan de la région grenobloise⁴⁹ prévoit de:
 - promouvoir l'utilisation d'un bois de chauffage de bonne qualité par le biais de labels;
 - remplacer progressivement les foyers ouverts utilisés comme chauffage d'appoint et interdire les foyers ouverts pour les logements neufs;
 - mettre en place un fond d'aide au financement pour encourager le renouvellement ou l'amélioration des systèmes de chauffage au bois peu performants;
 - interdire l'installation d'appareils de chauffage au bois non performants.
- Le Plan de la vallée de l'Arve⁵⁰ prévoit la poursuite du fonds d'aide publique au renouvellement des appareils de chauffage au bois peu performants par des appareils de chauffage au gaz avec les objectifs suivants:
 - 3.500 appareils au bois renouvelés en 3 ans du bois vers le bois, classe de performance *label flamme verte 7**,
 - 1000 à 2000 appareils renouvelés du bois vers le gaz;
 - interdiction à partir de 2022 des foyers ouverts.

Pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur l'évaluation environnementale stratégique du schéma régional biomasse⁵¹ encourage les mesures d'amélioration de la qualité de l'air en soutenant la diffusion d'appareils au rendement et à la filtration optimisés. Les plans de protection de l'atmosphère⁵² visent à réduire les émissions liées au chauffage ou brûlage dans le secteur résidentiel/tertiaire par l'amélioration de la performance des chaudières collectives et l'incitation à s'équiper de foyers fermés pour le chauffage au bois individuel.

⁴⁹ [Plan de Protection de l'Atmosphère de la région grenobloise](#)

⁵⁰ [Plan de protection de l'atmosphère de la vallée de l'Arve 2019-2023](#)

⁵¹ [Schéma régional Biomasse de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2017-2023. Volet 3: Évaluation environnementale stratégique](#)

⁵² [Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Les Plans de Protection de l'Atmosphère](#)

7 ANNEXE: CODE DE BONNES PRATIQUES POUR LA COMBUSTION DOMESTIQUE DU BOIS

Comme annoncé au chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, pour l'évaluation des technologies les plus innovantes de combustion de la biomasse ligneuse dans le secteur résidentiel, afin de faciliter l'adoption de mesures de réduction des émissions, on peut faire référence au document récent de la *Task Force on Techno-economic Issues of LRTAP Convention*⁵³ (Équipe spéciale des questions technico-économiques de la PATLD - Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance) concernant les bonnes pratiques de combustion du bois dans les petites installations de combustion destinées au chauffage de locaux, qui ont une puissance thermique nominale de moins de 100 kW. Ce document met particulièrement l'accent sur les dispositifs domestiques de chauffage direct au bois (comme les foyers et les poêles) et les chaudières domestiques au bois. Le document prend également en compte les résultats d'une étude précédente commandée par la DG Environnement de la Commission Européenne⁵⁴.

La présente Annexe est essentiellement la traduction du texte original car ce document a été considéré comme approprié et autonome et extrêmement pertinent pour les fins du présent travail.

7.1 Incidences du type d'installation

Il existe différents types d'installations de chauffage domestique au bois dont l'efficacité et les émissions diffèrent. Un aperçu des appareils domestiques de chauffage au bois les plus courants est donné ci-après. Cet aperçu est également destiné à donner une indication de l'efficacité et des émissions des différents systèmes.

Les petits appareils de chauffage au bois sont traditionnellement classés selon leur construction (sur place ou en usine), le mode de combustion, la forme du combustible à utiliser (bûches ou granulés), le type de tirage (tirage vertical ou tirage inversé) et le système de distribution de la chaleur (local ou central).

Les appareils de chauffage domestique modernes les plus novateurs sont des versions améliorées des anciens modèles traditionnels qui sont de conception très simple. Relèvent de la catégorie des petits appareils de chauffage domestique au bois: les foyers ouverts, les foyers semi-fermés, les foyers fermés, les poêles à bois, les poêles à granulés, les poêles de masse, les chaudières.

7.1.1 Foyers ouverts

Les foyers ouverts, qui sont les appareils de combustion les plus simples, sont principalement utilisés comme chauffage d'appoint ponctuel dans les bâtiments résidentiels. Ce sont surtout des considérations d'ordre esthétique ou récréatif qui motivent l'installation de ce type de dispositif, plus que le besoin de chauffer des locaux. Dans les régions les plus pauvres ou souffrant de pénurie de combustibles, les foyers ouverts font parfois office de moyen de chauffage principal afin de réduire la facture énergétique. Un foyer ouvert consiste en une chambre de combustion directement reliée au conduit de la cheminée et en un foyer doté d'une large ouverture. La chaleur produite par le feu se

⁵³ [UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Task Force on Techno-economic Issues, Code of good practice for wood-burning and small combustion installations, September 2019](#)

⁵⁴ [IIASA, Umweltbundesamt Vienna. Measures to address air pollution from small combustion sources, 2018](#)

diffuse directement dans la pièce où se trouve le foyer (par rayonnement et par convection) sans passer par des conduits de distribution d'eau ou d'air. Les foyers ouverts sont habituellement intégrés à la construction d'un bâtiment.

Les foyers ouverts se caractérisent par un important excès d'air de combustion et par une combustion incomplète du bois de chauffage, ce qui se traduit par un faible rendement énergétique (entre 10 % et 15 %) et par des taux d'émission de PM_{2,5} et de polluants connexes plus importants que dans d'autres types d'installations. Les foyers ouverts sont loin d'être à la pointe et la technologie qu'ils utilisent pour la combustion du bois est généralement la moins efficace et la moins propre.

7.1.2 Foyers fermés ou semi-fermés

Les foyers fermés ou semi-fermés se distinguent des foyers ouverts susmentionnés en ce qu'il s'agit de dispositifs préassemblés, contrairement aux foyers ouverts, qui sont habituellement intégrés à la construction du bâtiment. Ils peuvent être sur pied (et fonctionner comme des unités autonomes) ou être encastrés (dans une cheminée à foyer ouvert préexistante).

Les foyers semi-fermés sont équipés de lucarnes et de portes vitrées pour réduire l'entrée d'air de combustion, mais ne permettent pas de réguler précisément la distribution de l'air de combustion. Par comparaison avec les foyers ouverts, les conditions de combustion ne sont donc que légèrement améliorées. Les foyers fermés sont équipés de portes à l'avant, qui permettent de fermer complètement l'ouverture du foyer donnant sur la zone à chauffer, et de systèmes de contrôle du flux d'air. Dans les foyers fermés, la température à l'intérieur de la chambre de combustion peut atteindre 400 °C, voire plus, et le temps de séjour des gaz de combustion y est plus long que dans les foyers ouverts. Tous les foyers fermés ont des entrées d'air; les modèles modernes peuvent également être munis de clapets de commande automatique, de convertisseurs catalytiques et d'une soufflerie dirigeant le surcroît d'air chaud vers la zone à chauffer.

Grâce à leur processus de combustion, les foyers fermés se caractérisent par un rendement énergétique plus élevé (souvent proche de 55 %) et des émissions plus faibles que dans les foyers ouverts. Grâce aux récentes avancées technologiques, le rendement des foyers fermés s'est amélioré, ce qui en fait un moyen de chauffage au bois plus efficace et moins polluant, leur rendement pouvant excéder 80 % et leurs émissions rester d'un niveau comparable à celles des poêles modernes.

7.1.3 Poêles à bois

Les poêles à bois peuvent être de différents types et présenter des formes et des tailles variées. Ils comprennent les poêles à rayonnement traditionnels, les poêles à la pointe ou modernes (catalytiques, non catalytiques ou hybrides), les poêles intelligents (semi-automatiques) et les poêles de masse (à accumulation de chaleur). Ils peuvent être encastrés ou non. Les poêles à bois sont le plus souvent en acier ou en fonte moulée, sauf les poêles de masse qui sont en général construits sur place en brique, en pierre ou en céramique. Ils peuvent être alimentés avec différentes formes de bois de chauffage tels que bûches et granulés de bois. Les poêles de masse et les poêles à granulés sont présentés séparément dans les paragraphes ci-après.

Les poêles à bois peuvent trouver place dans l'encadrement maçonné d'une cheminée ou être installés sur pied ailleurs dans la pièce. Un insert peut transformer une cheminée traditionnelle en un système de chauffage plus efficace. Les poêles à bois sont des appareils dans lesquels le bois de chauffage est brûlé pour produire la chaleur utile qui est diffusée à proximité immédiate (chauffage de la pièce) par rayonnement ou par convection. Dans certaines régions, où sévit la précarité énergétique, les poêles

à bois non encastrés peuvent également servir à cuisiner et à faire chauffer de l'eau pour la toilette et le ménage.

Les poêles à rayonnement traditionnels font appel à divers principes de combustion (la combustion montante, la combustion inversée, ou un mélange des deux précédentes). En général, tous ces appareils traditionnels ont un rendement faible, se situant aux alentours de 40 % à 50 %, et émettent d'importantes quantités de polluants (PM, CO, COVNM et HAP), qui s'expliquent principalement par la combustion incomplète. Les poêles à combustion montante (soit la plupart des vieux poêles) émettent davantage d'émissions que les poêles à combustion inversée du fait de leur combustion plus incomplète. L'autonomie des poêles traditionnels (soit la capacité à fonctionner sans intervention de l'utilisateur) est faible.

Les poêles à bois modernes s'appuyant sur des technologies plus sophistiquées ont de meilleurs rendements, de plus faibles émissions et une consommation de bois moindre en comparaison des poêles traditionnels. Les poêles dotés de technologies de combustion à la pointe, caractérisés par un meilleur contrôle de l'air, une meilleure utilisation de l'air secondaire dans la chambre de combustion, des entrées d'air multiples, et le préchauffage de l'air secondaire ont des rendements compris entre 55 % et 75 %.

Les poêles équipés d'un convertisseur catalytique réduisant les émissions de particules issues d'une combustion incomplète sont plus onéreux que les poêles non catalytiques; en revanche, leur autonomie est plus grande, de même que leur rendement en principe (entre 75 % et 80 % ou plus), et ils sont moins polluants. Les poêles hybrides, qui s'appuient à la fois sur des technologies catalytiques et non catalytiques, ont des rendements pouvant dépasser 80 %.

Les poêles à bois les plus récents sont de plus en plus automatisés; ils sont munis de détecteurs et de puces destinés à ajuster automatiquement le flux d'air et donc à limiter l'action de l'opérateur et de la vitesse du vent. Ces poêles automatiques ou semi- automatiques dits *smart* ou intelligents peuvent avoir d'autres fonctionnalités ou caractéristiques, comme la régulation thermostatique, qui permet à l'utilisateur de déterminer la température désirée afin d'éviter de surchauffer la pièce, ou comme le dispositif d'alerte indiquant le meilleur moment pour recharger le combustible. Il existe des poêles intelligents pouvant être connectés au WiFi, de sorte que les données relatives à la combustion peuvent être transmises au fabricant afin qu'il la contrôle et apporte des ajustements si nécessaire. Les poêles intelligents appartiennent à une catégorie naissante de poêles dont la popularité ne cesse de croître.

7.1.4 Poêles à granulés

Les poêles à granulés utilisent comme combustible non pas des bûches mais des granulés de bois. Les granulés sont principalement composés de sciure de bois séchée et comprimée en petits cylindres. Ils sont plus homogènes et moins humides que les bûches, ce qui donne lieu à une combustion de meilleure qualité. De plus, un système de chargement automatique verse les granulés dans la chambre de combustion en ajustant la quantité de granulés en fonction de la demande de chaleur. Les poêles à granulés récents sont souvent équipés d'un système de contrôle actif de l'entrée d'air de combustion et de thermostats pour maintenir une température constante dans la pièce. Ils ont de meilleurs rendements que les poêles traditionnels, qui vont de 70 % à plus de 90 % pour les plus performants. Quant à leurs émissions, elles sont nettement plus faibles que celles des poêles à bois traditionnels.

7.1.5 Poêles de masse

Les poêles de masse sont de grands poêles construits en pierre, en céramique, en briques, en carreaux de faïence ou en stéatite. Le principe de base des poêles de masse est le suivant: ils emmagasinent dans la masse thermique en maçonnerie la chaleur produite par le feu et la diffusent longuement par rayonnement dans la pièce à vivre. Grâce à sa grande capacité thermique, la masse de l'ouvrage à travers laquelle serpente le conduit d'air sur une grande distance, peut chauffer une pièce pendant de nombreuses heures (entre 8 et 12), voire entre un et deux jours après que le feu s'est éteint, raison pour laquelle on parle ici de poêles à accumulation de chaleur. Leur chambre de combustion peut être pourvue de bandes horizontales ou de chicanes inclinées perpendiculaires en acier ou en matériaux réfractaires afin d'améliorer la qualité et l'efficacité de la combustion. Le temps de séjour du combustible dans la chambre de combustion étant prolongé, les émissions de polluants sont inférieures à celles des poêles traditionnels à rayonnement. L'efficacité de combustion de ces poêles est de 60 % à 80 % et leur autonomie va de 8 à 12 heures. Les poêles de masse sont des installations onéreuses qui prennent beaucoup de place. Étant donné que la construction sur place des poêles de masse requiert la présence de maçons compétents sur le chantier durant plusieurs jours, ils coûtent souvent plus cher que les poêles de masse construits en usine.

7.1.6 Chaudières

Les chaudières à bois sont des installations dotées d'une capacité généralement supérieure à celle des poêles à bois et des foyers. Elles comprennent un ou plusieurs générateurs de chaleur, qui font monter en température l'eau contenue dans le circuit de chauffage central pour atteindre et maintenir la température désirée dans un ou plusieurs locaux fermés. Elles servent à chauffer indirectement une ou plusieurs pièces. Les bûches, granulés et plaquettes de bois peuvent y être utilisés comme combustible. Il existe des chaudières automatiques alimentées à l'aide de bûches, mais la plupart des chaudières automatiques à bois fonctionnent avec des granulés ou des plaquettes. Les chaudières automatiques modernes à granulés ou à plaquettes disposent, en plus d'un système de chargement automatisé, de capteurs permettant de contrôler la combustion (notamment l'entrée d'air de combustion). Il existe plusieurs modèles de brûleurs, qui peuvent être alimentés par le haut, par le bas ou horizontalement. Ces chaudières automatiques obtiennent des rendements élevés, soit 80 % ou plus, avec des émissions bien plus faibles que celles des poêles traditionnels.

7.2 Incidences de l'installation et de la gestion

Outre le choix du type d'appareil de chauffage, il est très important, pour réduire les émissions et accroître le rendement en situation réelle, de bien dimensionner l'appareil en fonction de la demande de chaleur, de l'installer correctement et de suivre les consignes d'utilisation et d'entretien, en prêtant suffisamment attention à l'inspection et au respect des normes. En particulier, dans le cas des appareils de chauffage alimentés manuellement, l'utilisation et l'entretien dont fait l'objet l'appareil de chauffage de la part de l'utilisateur, pèsent fortement sur le niveau d'émissions et sur le rendement de celui-ci.

Il importe que l'appareil de chauffage acheté soit non seulement écoénergétique et écologique, mais aussi qu'il soit adapté aux besoins d'énergie et de chauffage de la résidence où il est installé. Il convient également de veiller à ce que l'appareil et la cheminée soient placés au bon endroit, en tenant compte de l'environnement immédiat de la cheminée, et à ce que les consignes de réglage, d'entretien et d'utilisation soient respectées (par exemple, appareil correctement allumé avec une bonne alimentation en air et dans des conditions atmosphériques favorables).

La phase d'allumage est l'une des plus critiques étant donné que la température de combustion pendant cette phase est encore basse. La méthode consistant à allumer le feu par le bas (*bottom fire ignition*), couramment utilisée, produit environ 75 % d'émissions de particules fines de plus que la méthode moderne d'allumage par le haut (*top-fire ignition*). De plus, il est essentiel que l'utilisateur règle correctement l'alimentation en air pour garantir un processus de combustion de bonne qualité (et donc maintenir les émissions à un bas niveau). Maintenir un feu couvant dans l'appareil de chauffage, par exemple, en diminuant l'arrivée d'air, produit 10 fois plus d'émissions de particules fines qu'un feu normal. Malheureusement, cette technique est encore appliquée par un nombre considérable d'utilisateurs.

En général, si l'appareil de chauffage, le conduit de fumée ou d'arrivée d'air sont mal entretenus, l'alimentation en air est trop faible, ce qui nuit à la qualité du processus de combustion.

Il convient de noter ici que les poêles et chaudières à bois de la dernière génération sont de plus en plus automatisés, avec une régulation automatique de l'arrivée d'air, de l'alimentation en bois de chauffage et de l'allumage, entre autres. En conséquence, l'influence de l'utilisateur et celle de la vitesse du vent, qui se répercute sur le tirage de la cheminée, s'en trouvent considérablement réduites, de même que les émissions.

7.3 Incidences de la qualité du bois de chauffage

Pour qu'un feu ait un bon rendement et produise de faibles émissions, il est également nécessaire d'utiliser un bon bois de chauffage, sous la bonne forme et en bonne quantité. Le bois de chauffage domestique existe sous différentes formes (bûches, granulés, plaquettes, briquettes), qui présentent chacune des caractéristiques, des profils d'émissions, des avantages et des inconvénients particuliers. Les bûches sont moins chères que les granulés ou les briquettes. Souvent, on utilise du bois de chauffage obtenu hors commerce (c'est-à-dire non acheté mais récupéré par les utilisateurs finals).

Le type de bois de chauffage, classé comme bois tendre ou bois dur et selon son poids, sa forme, son volume, sa densité, son épaisseur, son pouvoir calorifique, sa proportion d'écorce et son taux d'humidité, influe sur la température de combustion et sur le fonctionnement, le rendement énergétique et le niveau d'émissions de l'appareil de chauffage. Du point de vue de la combustion, le chêne, le frêne, le hêtre, l'érable et les arbres fruitiers (à l'exception du cerisier) sont tous considérés comme bois de chauffage de haute qualité. Le bois de châtaignier, de bouleau et d'aulne est de bonne qualité, et celui de tilleul, de peuplier et de saule est de qualité acceptable.

Le taux d'humidité du bois en particulier influe fortement sur les émissions et l'efficacité de la combustion. Le bois doit avoir suffisamment séché avant l'utilisation, avec un taux d'humidité compris de préférence entre 10 % et 20 % pour les bûches. L'utilisation de bois ayant un taux d'humidité de 20 % peut réduire les émissions de particules fines de 75 % par rapport à un bois ayant un taux d'humidité de 30 %. L'utilisation systématique de bois sec et de bonne qualité contribue à réduire encore les émissions provenant du chauffage domestique au bois. Les granulés de bois sont un combustible stable et normalisé présentant un faible taux d'humidité, d'environ 10 %. Les bûches sont moins homogènes que les granulés de bois sur le plan du volume, du taux d'humidité et de la proportion d'écorce et nécessitent plus d'attention lorsqu'elles sont utilisées comme bois de chauffage. *Il faut éviter à tout prix d'utiliser du bois composite ou traité.*

La combustion du bois tendre produit normalement plus d'émissions que celle du bois dur. Le bois tendre s'allume facilement, ce qui est utile pour démarrer un feu; il brûle plus rapidement et produit

une longue flamme. Il est utilisé dans les appareils de chauffage où une flamme longue et ronde est nécessaire. Le peuplier, l'aulne, le châtaignier et le saule sont des exemples de bois tendre. Les bûches plus petites ont aussi tendance à brûler plus rapidement, ce qui peut donner un taux d'émissions plus élevé. La taille optimale des bûches devrait être indiquée dans le mode d'emploi de l'appareil de chauffage.

Le bois dur est plus compact et se caractérise par une combustion plus lente et des flammes courtes. Le bois dur brûle plus lentement et plus régulièrement, ce qui génère moins d'émissions polluantes. Il a besoin de plus d'air de combustion que le bois tendre, pour cette raison il est plus adapté au chauffage domestique. L'orme, le chêne, le houx, le hêtre, le frêne et le robinier sont des exemples de bois dur. Il y a d'autres éléments à prendre en considération lors du choix du bois adapté au système de chauffage, notamment son origine, son caractère durable, les besoins en matière de stockage (plus importants pour les bûches que pour les briquettes ou les granulés de bois) et l'existence d'un système de certification.

7.4 Bonnes pratiques

Dans cette section du document l'Equipe spéciale présente des recommandations et des bonnes pratiques censées aider les utilisateurs finals à choisir un appareil de chauffage et les encourager à l'utiliser correctement. Les bonnes pratiques peuvent s'articuler autour de quatre piliers clefs: brûler le bon bois, de la bonne manière et dans le bon appareil de chauffage, et entretenir et nettoyer régulièrement l'appareil de chauffage ou la cheminée.

Les campagnes de sensibilisation visant à promouvoir l'utilisation d'appareils de chauffage plus sûrs, à plus haut rendement énergétique et moins polluants ainsi que l'application des meilleures techniques de combustion peuvent en général constituer un bon outil pour réduire les émissions et la nocivité relative du chauffage domestique au bois. Les sous-sections suivantes fournissent des informations sur les bonnes pratiques qui pourraient être recommandées dans le cadre de telles campagnes de communication. Cependant, les recommandations en question ne sont pas toutes applicables à tous les types d'installations de chauffage (foyers, poêles, chaudières), et d'autres distinctions s'imposent encore entre ces différents types.

7.4.1 Choix de l'installation de chauffage

Afin de réduire l'impact sur l'environnement et d'améliorer le rendement énergétique, il convient d'étudier soigneusement le type, la taille et les prescriptions d'installation de l'appareil de chauffage. Lors du choix d'un nouveau système de chauffage pour une maison, il convient d'envisager des systèmes de chauffage autres que les chaudières et les poêles au bois, avec des émissions plus faibles et des rendements plus élevés; cela inclut les pompes à chaleur, le photovoltaïque, les chaudières solaires et le raccordement à un réseau local de téléchauffage. Si un système de chauffage au bois est choisi, Il est recommandé d'appliquer les bonnes pratiques suivantes:

- *Choisir une installation de chauffage qui utilise les meilleures techniques disponibles pour réduire les émissions et accroître le rendement.* Les installations de chauffage automatisées, qui régulent automatiquement l'arrivée d'air, l'alimentation et l'allumage, ce qui diminue donc l'influence de l'utilisateur et de la vitesse du vent, produisent nettement moins d'émissions que les appareils de chauffage à commande manuelle;

- *Choisir une installation de chauffage adaptée aux dimensions de l'espace à chauffer ainsi qu'à sa fonction (source de chauffage principale ou d'appoint). La demande de chaleur doit être calculée en fonction du volume de la/des pièce(s) à chauffer, en tenant compte de la déperdition de chaleur, du degré d'isolation du bâtiment et de la température extérieure. Si l'installation de chauffage est trop grande pour la pièce, l'espace sera rapidement surchauffé et il sera nécessaire de maintenir un feu lent et couvant la plupart du temps pour éviter de surchauffer la pièce, ce qui produira des émissions élevées et nuira au rendement énergétique. À l'inverse, une installation de chauffage sous-dimensionnée risque d'être endommagée par les surchauffes fréquentes qu'entraînerait la demande accrue de chaleur. Une installation de chauffage de la bonne taille consommera moins de bois de chauffage;*
- *Choisir une installation de chauffage homologuée ou pourvue d'une étiquette-énergie de haut rendement énergétique ou d'une écoétiquette, si possible. L'homologation ou l'étiquetage garantissent que l'installation de chauffage est de bonne qualité et conforme aux règles de sécurité ou aux exigences minimales en termes de rendement et de niveau d'émissions;*
- *Choisir une installation de chauffage en fonction de la capacité de stockage disponible à l'intérieur ou à l'extérieur pour entreposer le bois de chauffage (bûches, granulés, plaquettes);*
- *Éviter d'installer une cheminée à foyer ouvert. Ce type de chauffage a un mauvais rendement énergétique, entraîne des émissions importantes et nuit à la qualité de l'air intérieur. De plus, il peut provoquer un incendie si des braises ou du bois en feu s'échappent du foyer;*
- *Demander un mode d'emploi lors de l'achat d'une installation de chauffage. Le mode d'emploi doit être facile à lire et à utiliser et contenir toutes les informations utiles spécifiques à l'installation de chauffage achetée, notamment en ce qui concerne son utilisation correcte;*
- *Prévoir l'extraction de l'air de combustion depuis l'extérieur de la maison par un conduit adéquat, afin de garantir un fonctionnement plus sûr et de réduire la déperdition de chaleur. À cet égard, il convient de prendre en compte les exigences en matière d'isolation, d'étanchéité à l'air et de ventilation des bâtiments à haut rendement énergétique pour la gestion de la prise d'air de l'installation de chauffage;*
- *Faire appel à des techniciens agréés ou qualifiés pour l'installation de l'appareil de chauffage;*
- *Veiller à ce que les conduits de fumée et la cheminée soient bien placés. La cheminée doit dépasser en hauteur le faîte du toit et les bâtiments adjacents. Le diamètre des conduits de fumée doit être adapté à l'installation de chauffage afin d'éviter un mauvais tirage et un risque de feu de cheminée. Faire installer les conduits de fumée et la cheminée par un technicien spécialisé. Éviter la pose de conduits formant des coudes prononcés ou comportant des segments à l'horizontale;*
- *Veiller à ce que l'évacuation des gaz de combustion s'effectue selon les techniques les plus perfectionnées en la matière.*

7.4.2 Choix du bois de chauffage

Le choix du bois à utiliser comme combustible est essentiel pour garantir le bon fonctionnement de l'installation de chauffage et limiter l'impact sur la qualité de l'air et l'environnement. Voici les bonnes pratiques recommandées en la matière:

Utilisation de bûches de bois traditionnelles:

- *Brûler du bois bien sec.* Le bois brûle mieux si son taux d'humidité est compris entre 15 % et 20 %. Le bois sec s'enflamme et brûle facilement. Par conséquent, les émissions sont plus faibles que lorsque du bois humide est utilisé. Plus le taux d'humidité du bois augmente, plus l'allumage devient difficile plus la température de combustion et le rendement énergétique diminuent et plus les émissions augmentent du fait de la combustion incomplète. À l'inverse, si le bois est trop sec, les émissions de particules de suie peuvent également augmenter. Un moyen simple et peu coûteux de vérifier le taux d'humidité du bois pour s'assurer qu'il est prêt à être brûlé est d'utiliser un humidimètre. Il faut pour cela mesurer le taux d'humidité sur la face intérieure de la bûche qui vient d'être fendue. Les bois durs secs ont le meilleur rendement de combustion et produisent moins de fumée et d'émissions.
- *Ne pas brûler de bois humide ou vert non séché, car il dégage plus de fumée que le bois sec.* Le bois bien sec est généralement plus foncé, présente des fentes, pèse moins lourd que le bois humide et sonne creux lorsqu'on entrechoque les bûches.
- *Acheter du bois sec en été (juin-juillet) et le laisser sécher au soleil, à l'abri de la pluie.* Le bois non commercial, récupéré par les utilisateurs finals, doit être fendu en bûches, empilé et couvert, et laissé à sécher pendant au moins une à deux années ou saisons de séchage avant d'être utilisé, selon le type de bois et la ventilation du tas de bois. Les bois durs ont besoin de plus de temps que les bois tendres pour sécher suffisamment.
- *Empiler le bois fendu à l'extérieur de la maison, sous abri et sans contact avec le sol, en le rangeant de façon ordonnée pour permettre une bonne circulation de l'air sous la pile et entre les bûches.* La partie supérieure de la pile doit être couverte pour protéger le bois de la pluie et de la neige, afin qu'il continue à sécher. Les côtés de la pile doivent rester découverts, de façon à ne pas entraver la bonne circulation de l'air.
- *Dans la mesure du possible, conserver le bois prêt à être brûlé dans un endroit chauffé.* Le bois brûle mieux quand il n'est pas froid.
- *N'utiliser que du bois propre et non traité, avec le moins d'écorce et de feuilles possible.* Le sable ou la boue sur le bois nuisent à la combustion. Éviter, déconseiller ou interdire l'utilisation de bois composite ou traité (contreplaqué ou bois peint, enduit ou traité avec des produits de protection du bois), de matériaux synthétiques (papier plastifié, emballages en plastique) et de toutes formes de déchets (résultant de travaux de démolition ou de rénovation, de matériaux d'emballages, de meubles ou de déchets ménagers), y compris pour allumer le feu. La combustion de ces matériaux augmente les émissions de substances nocives et toxiques, telles que les métaux lourds, les COV et les polluants organiques persistants, et peut également endommager l'installation de chauffage et la cheminée. Il convient de souligner qu'en règle générale, il ne faut jamais brûler de déchets ni de déchets de bois dans une installation de chauffage domestique.
- *Placer la bonne quantité de bois dans l'appareil de chauffage en veillant à utiliser du bois de bonne qualité et présentant les bonnes dimensions, comme indiqué dans les instructions du fabricant.* Ne pas surcharger l'appareil afin d'éviter d'endommager le revêtement interne sous l'effet de températures trop élevées. La dimension optimale du bois doit être indiquée dans le mode d'emploi.

- *Utiliser des bûches de taille similaire, de préférence fendues plutôt que rondes.* Le bois fendu sèche plus rapidement que les bûches entières.
- *Utiliser des bûches de bois fendues de la bonne dimension, qui rentrent dans la chambre de combustion de l'installation de chauffage.* Suivre les instructions du fabricant. En général, éviter les bûches de plus de 40 cm de longueur et de plus de 15 cm de largeur. Les bûches plus petites sont plus faciles à stocker, séchent mieux avant utilisation et permettent une meilleure combustion. Laisser un espace libre entre la paroi de la chambre de combustion et les bûches afin d'améliorer la combustion.
- *Utiliser du bois de chauffage coupé localement afin de réduire au minimum la consommation de carburant pour le transport et de réduire le risque d'introduire des insectes potentiellement nuisibles dans de nouvelles régions.* Si le bois est acheté, choisir de préférence du bois certifié ou labellisé dans la mesure du possible, afin de réduire au minimum les effets néfastes potentiels sur l'environnement, le climat et la biodiversité.

Utilisation de granulés de bois:

- *Pour les poêles et les chaudières à granulés, choisir des granulés de qualité élevée et stable (pas d'impuretés, pas d'écorce, faible teneur en cendre, pouvoir calorifique élevé, taux d'humidité d'environ 10 %) qui soient conformes aux recommandations du fabricant.* Cela réduira les émissions pendant la combustion. Acheter de préférence des granulés certifiés (par exemple, DINplus ou ENplus) ou labellisés (par exemple, Programme de reconnaissance des certifications forestières (PEFC) ou Forest Stewardship Council (FSC)). Les granulés de bois certifiés doivent respecter des normes techniques strictes. Les labels comme celui du PEFC et celui du FSC garantissent que le bois utilisé pour la production des granulés provient de forêts gérées de façon durable. Vérifier qu'il n'y a pas trop de poussière de bois dans les sacs de granulés. Les granulés de haute qualité sont bien pressés et ne sont pas déchiquetés. Vu leur densité, les granulés nécessitent moins d'espace de stockage et conviennent mieux à une utilisation dans des installations de chauffage automatisées.

Utilisation de bûches artificielles (bûches compressées fabriquées à partir de sciure et de copeaux de bois), de briquettes ou de plaquettes de bois:

- *En cas d'utilisation de bûches compressées, de briquettes de bois ou d'autres formes de bois de chauffage que les bûches traditionnelles ou les granulés de bois, consulter les instructions du fabricant dans le mode d'emploi avant utilisation.* N'utiliser que le combustible recommandé par le fabricant. Ne pas utiliser de bûches artificielles ni de briquettes dans une installation de chauffage conçue pour fonctionner avec des bûches traditionnelles, car le contenu énergétique plus élevé des bûches compressées ou des briquettes de bois peut provoquer une surchauffe. Stocker les bûches compressées, les briquettes et les plaquettes de bois à l'intérieur.

7.4.3 Chargement du bois

Pour que le feu brûle bien, la chambre de combustion doit être chargée correctement. Les pratiques suivantes sont recommandées pour le chargement manuel des bûches:

- Charger les bûches horizontalement et avec l'extrémité vers l'avant lorsque la chambre de combustion est étroite;

- Charger les bûches horizontalement et avec leur face latérale vers l'avant lorsque la chambre de combustion est large mais peu profonde;
- Charger les bûches verticalement lorsque la chambre de combustion est étroite, mais haute;
- Dans les poêles de masse (poêles à accumulation de chaleur), charger les bûches horizontalement et avec l'extrémité vers l'avant;
- Dans les chambres de combustion carrées, charger les bûches en les croisant, en laissant un espace libre d'environ 4 à 8 cm entre les bûches pour permettre une bonne circulation de l'air;
- Consulter le mode d'emploi du fabricant pour connaître les instructions de chargement spécifiques à l'installation de chauffage;
- Entretien du feu, en particulier lorsque l'installation de chauffage (poêle) est la principale ou la seule source de chaleur. Ajouter des bûches avant que les flammes ne disparaissent. La plupart des émissions sont produites pendant la phase d'allumage, et un poêle chaud brûle plus efficacement, en produisant moins d'émissions.

7.4.4 Allumage du feu

Pour une bonne combustion et un bon rendement énergétique de l'installation de chauffage et pour maintenir les émissions à un faible niveau, la phase d'allumage revêt une importance critique dans le cycle de combustion. Les pratiques suivantes sont recommandées pour allumer manuellement le feu dans les dispositifs de chauffage décentralisés tels que les poêles et les foyers.

Avant d'allumer le feu:

- *Vérifier les conduits d'alimentation en air et de fumée.* Veiller à ce qu'il y ait une arrivée d'air suffisante dans la maison. Si nécessaire, éteindre la ventilation de la cuisine. Idéalement, l'installation de chauffage devrait être raccordée à une arrivée d'air provenant de l'extérieur. Plus l'installation est grande, plus il faut d'air de combustion. Vérifier si le tirage vers le haut dans le conduit de fumée est suffisant, par exemple en y mettant la main et en allumant une allumette ou du papier, si cette manipulation est physiquement possible.

À l'allumage du feu:

- *Ne jamais remplir complètement la chambre de combustion quand on allume le feu, mais seulement à la moitié au maximum.*
- *Placer le matériau le plus inflammable au sommet de l'empilement de bois sec correctement disposé et allumer le feu par le haut, au sommet de la pile ou juste au-dessous.* L'utilisation de cette méthode dite « inversée » (*top-down fire* - méthode suisse) produit moins d'émissions lors de la phase d'allumage, car elle réduit la combustion incomplète. Les bûches de bois plus épaisses sont placées en bas de la pile. Pour certaines installations de chauffage, la pratique recommandée est celle qui consiste à allumer le feu par le bas. Consulter le manuel du fabricant pour les instructions.
- *Utiliser du bois d'allumage (petit bois) sec ou des allume-feu naturels comme matériau inflammable pour allumer le feu par le haut.* Éviter pour ce faire d'utiliser du papier journal, car le journal est imprimé et l'encre brûle avec le papier. Ne pas utiliser d'essence, de kérosène ou de charbon de bois comme allume-feu.

- *Ouvrir complètement l'arrivée d'air de l'installation de chauffage au moment d'allumer le feu. Réduire un peu l'alimentation en air dès que le feu brûle bien et qu'il a véritablement démarré. Veiller à ce que les flammes ne diminuent pas. Si l'installation de chauffage aspire trop d'air (oxygène), le bois brûlera trop fort: il n'aura pas le temps de brûler complètement et la cheminée aspirera des étincelles. Si l'alimentation en air est trop faible, il en résultera une augmentation des émissions de particules de suie et d'autres substances nocives, comme le monoxyde de carbone.*
- *Rajouter du bois dans le feu à temps, lorsque la température de combustion est encore élevée et avant que les flammes ne disparaissent.*
- *Ajouter régulièrement de petites quantités ou de petites pièces de bois pour éviter de surcharger le feu et fermer la porte le plus rapidement possible afin d'assurer une combustion optimale avec moins d'émissions de substances nocives.*
- *Attendre, pour charger de plus grosses pièces de bois fendu, que le feu soit vigoureux ou qu'un lit de braises adéquat se soit formé.*
- *Contrôler la quantité de chaleur dégagée en intervenant au niveau du chargement du bois plutôt qu'en essayant de réguler l'alimentation en air.*
- *En dehors du chargement de la chambre de combustion, maintenir fermée et verrouillée la porte avant de l'installation de chauffage, pour des raisons de sécurité, à moins que le fabricant ne recommande de faire autrement.*

7.4.5 Combustion

Une mauvaise combustion a pour effet de réduire l'efficacité énergétique et d'augmenter les émissions de polluants atmosphériques, notamment de particules fines, et forme un dépôt de créosote sur les surfaces internes du conduit de cheminée, qui nuit au tirage et crée un risque de feu de cheminée. La combustion du bois se fait en trois phases, essentiellement liées à la température du processus: séchage, pyrolyse, gazéification/combustion.

Voici la description de ces phases:

- **Séchage**
Lorsque le bois est chauffé, l'eau commence à s'évaporer à sa surface. L'évaporation commence généralement en dessous de 100 °C. Jusqu'à 150-200 °C, le bois perd l'eau qu'il contient. Pendant le processus d'évaporation, la température dans la chambre de combustion diminue temporairement, ralentissant le processus de combustion et réduisant le rendement thermique de l'installation de chauffage, raison principale pour laquelle le bois non séché ne doit pas être utilisé. Plus le bois est humide, plus grande sera l'énergie requise pour le sécher et plus l'efficacité de la combustion du bois sera faible. La combustion d'un bois à fort taux d'humidité est incomplète et fait baisser le rendement thermique tout en émettant davantage de polluants atmosphériques.
- **Pyrolyse**
À une température d'environ 200 °C, le bois commence à se décomposer et à se transformer en substances volatiles et en carbone solide. Les particules volatiles du bois s'évaporent. Celles-ci représentent plus de 75 % de la masse totale du bois. Aux alentours de 400°C, la plupart des composants volatils s'évaporent.

- **Gazéification et combustion**

Cette phase, qui commence à une température de 500 à 600 °C et se poursuit jusqu'à environ 1000 °C, est caractérisée par l'oxydation complète des gaz. La combustion est complète lorsque tous les composants du bois ont achevé leur réaction chimique avec l'oxygène. Cependant, une combustion complète à 100 % est un concept purement théorique, dans la mesure où il existe des conditions qui limitent la combustion, comme la difficulté à obtenir en peu de temps le bon degré de mélange entre l'air et le combustible. En l'absence de conditions idéales garantissant une combustion complète, les émissions de substances nocives augmentent.

En réalité, pendant la combustion, les trois phases susmentionnées ne se produisent pas à des moments distincts dans le temps, mais se chevauchent de manière complexe.

Les principales raisons d'une combustion incomplète sont les suivantes:

- mélange incorrect ou inapproprié de l'air de combustion et des gaz combustibles générés par le bois de chauffage dans la chambre de combustion, dû par exemple à la conception de la chambre de combustion ou au mauvais chargement des bûches;
- manque d'air de combustion (oxygène) dans la chambre de combustion, qui peut être dû à un apport d'air insuffisant;
- température de combustion trop basse due, par exemple, à l'utilisation de bois non séché ou d'un excès de circulation d'air dans la chambre de combustion;
- temps de séjour trop court dans la chambre de combustion;
- surcharge de bois dans la chambre de combustion.

Une combustion incomplète se traduit par l'oxydation incomplète des gaz et par l'augmentation des fractions organiques non brûlées, ce qui peut accroître les émissions de CO, de PM et de COV.

Au cours des dernières décennies, l'innovation technologique a progressivement renforcé l'efficacité des installations de chauffage au bois (poêles), en réduisant de manière considérable le CO et d'autres émissions nocives. S'agissant de bois, l'obtention de conditions de combustion optimales garantissant une combustion complète reste cependant difficile, notamment par rapport à la combustion du gaz naturel, dans laquelle il est bien plus facile d'obtenir un bon mélange d'air et de gaz de combustion, et davantage de turbulences. C'est pourquoi les émissions de CO et de COV issues de la combustion du bois sont nettement supérieures à celles provenant de la combustion du gaz naturel, même dans les installations de chauffage au bois les plus efficaces. D'un autre côté, l'utilisation du gaz naturel dans les poêles produit des émissions de gaz à effet de serre (CO₂ et émissions fugitives de méthane), qui ont une incidence tant sur le climat que sur la qualité de l'air, par la formation d'ozone troposphérique. L'automatisation accrue peut considérablement réduire les émissions provenant de la combustion du bois, y compris le carbone noir, qui constitue également un facteur de forçage climatique.

7.4.6 Extinction du feu

Les bonnes pratiques recommandées, en particulier pour les installations de chauffage à commande manuelle comme les poêles, sont les suivantes:

- Rassembler la biomasse brûlée afin d'obtenir une meilleure combustion;
- Attendre que la braise ait fini de brûler avant d'arrêter complètement l'apport d'air.

7.4.7 Entretien et inspection

Comme toutes les installations techniques, une installation de chauffage au bois doit régulièrement faire l'objet d'un entretien et d'une inspection. S'ils sont effectués de manière appropriée, l'entretien et l'inspection contribueront à assurer une combustion plus propre (moins d'émissions de polluants et de cendres), plus efficace, plus économique et plus sûre.

Les bonnes pratiques recommandées sont les suivantes:

- Ramasser les cendres régulièrement ou chaque fois que nécessaire – quotidiennement, toutes les semaines ou toutes les trois semaines – selon l'efficacité de la combustion. La présence d'une quantité de cendres trop importante dans la chambre de combustion peut avoir des effets négatifs sur le fonctionnement de l'installation de chauffage (par exemple, en obstruant les prises d'air). Un petit dépôt de cendres (2 cm) dans la chambre de combustion permettra à la braise de rester chaude et facilitera le redémarrage du feu, qui produira moins d'émissions qu'un redémarrage complet;
- Nettoyer régulièrement la chambre de combustion et la zone qui l'entoure;
- Faire appel à un technicien qualifié, qui assurera régulièrement l'inspection et l'entretien de l'installation de chauffage et de la cheminée, de préférence une fois par an au moins, et plus fréquemment dans un climat froid s'il s'agit de la source de chauffage principale. Des techniciens qualifiés et/ou des ramoneurs doivent contrôler régulièrement l'installation de chauffage et la cheminée afin de détecter d'éventuels dommages ou dysfonctionnements. La cheminée doit être nettoyée au moins une fois par an pour éliminer les dépôts de créosote. L'étanchéité et le non-encrassement du dispositif assurant l'apport d'air frais dans l'installation de chauffage doivent également être vérifiés;
- Respecter les instructions et la fréquence des opérations d'entretien recommandées par le fabricant, contenus dans le manuel fourni par ce dernier.

7.5 Meilleures techniques existantes

Les technologies qui sont à la base des installations de chauffage domestique au bois ont beaucoup évolué au cours de la dernière décennie.

On citera notamment les progrès suivants:

- *Meilleure étanchéité à l'air permettant de mieux contrôler l'apport d'air.* Installations de chauffage robustes et compactes, pourvues de lignes de soudure de haute qualité qui réduisent le risque de pénétration d'air incorrecte ou malvenue, et dont la porte de la chambre de combustion est petite et fermée par un meilleur mécanisme de verrouillage pour plus de sécurité;
- *Meilleur contrôle de l'air:* le contrôle de l'air bénéficie de l'ajout d'un clapet d'air primaire en partie basse, d'un clapet d'air secondaire à la hauteur des flammes et parfois aussi d'un clapet d'air tertiaire dans la partie surplombant les flammes;
- *Utilisation de matériaux réfléchissant la chaleur dans la chambre de combustion, ce qui permet d'augmenter la température initiale.* L'utilisation dans la chambre de combustion d'un revêtement composé de matériaux réfractaires protège les matériaux et réduit la perte de chaleur;

- *Chambre de postcombustion permettant aux gaz de combustion de brûler mieux et plus longtemps.* Deux types de chambre existent: une chambre de combustion principale et une chambre de postcombustion secondaire, en particulier dans les chaudières;
- *Meilleur réglage de l'apport d'air en fonction du pouvoir calorifique souhaité;*
- *Automatisation de l'apport d'air et de la combustion.* Cela concerne les installations de chauffage équipées de systèmes électroniques ou thermiques/mécaniques;
- *Possibilité d'équiper les dispositifs de chauffage décentralisés, comme les poêles, d'un système de récupération de chaleur pour accroître leur rendement, ou de les raccorder à un système de stockage de la chaleur permettant d'améliorer la distribution de la chaleur.*