

Rapport

Synthèse des travaux réalisés par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes pour le PPA de l'agglomération de Saint-Etienne

2021-2022

Diffusion : Mai 2022 – version 2

Siège social :
3 allée des Sorbiers 69500 BRON
Tel. 09 72 26 48 90
contact@atmo-aura.fr



Conditions de diffusion

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (décret 98-361 du 6 mai 1998) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO.

Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. La structure agit dans *l'esprit de la charte de l'environnement de 2004 adossée à la constitution de l'État français et de l'article L.220-1 du Code de l'environnement. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de l'article L.220-2 du Code de l'Environnement.*

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux.

A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site www.atmo-auvergnerhonealpes.fr

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (2022) *Synthèse des travaux réalisés par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes pour le PPA de l'agglomération de Saint-Etienne.*

Les données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.

Par ailleurs, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

- depuis le [formulaire de contact](#)
- par mail : contact@atmo-aura.fr
- par téléphone : 09 72 26 48 90

Sommaire

Introduction générale	10
1. Contexte au sujet du PPA.....	11
1.1. Contexte réglementaire.....	11
1.2. Contexte sanitaire	11
2. Diagnostic qualité de l'air sur le périmètre d'étude du PPA de Saint-Etienne ...	12
2.1. Le périmètre d'étude	12
2.2. Les réglementations de la pollution de l'air.....	13
2.2.1. Réglementation des concentrations dans l'air ambiant	13
2.2.2. Réglementation des émissions.....	16
2.3. Dispositif de surveillance de la qualité de l'air et description des phénomènes de transport et de diffusion de la pollution	17
2.3.1. Dispositif de surveillance de la qualité de l'air	17
2.3.2. Phénomènes de transport et de diffusion de la pollution.....	19
2.4. Justification du choix de l'année de référence (2017)	21
2.5. Analyse des différentes sources de pollution	21
2.5.1. Présentation de l'inventaire des émissions.....	21
2.5.2. Les principales sources d'émissions à l'échelle du périmètre d'étude.....	34
2.5.3. Analyses de l'historique des émissions depuis 2000	35
2.5.4. Analyse des émissions par EPCI	39
2.6. Evaluation de la qualité de l'air à l'échelle du périmètre d'étude	42
2.6.1. Présentation des outils de modélisation	42
2.6.2. Le dioxyde d'azote	44
2.6.3. Les particules fines PM10	46
2.6.4. Les particules fines PM2,5	48
2.6.5. L'ozone	51
2.6.6. Focus sur quelques polluants émergents.....	52
2.6.7. Analyse de la contribution des régions voisines à la pollution chronique locale	56
2.6.8. Les épisodes de pollution.....	58
2.6.9. Conclusions sur la qualité de l'air.....	60
3. Evaluation prospective	61
3.1. Méthodologie déployée	61
3.2. Polluants étudiés.....	61
3.3. Outils et hypothèses déployées.....	62
3.3.1. Les hypothèses associées au scénario tendanciel.....	62
3.3.2. Les hypothèses associées au scénario PPA	71
3.3.3. Résidentiel et Tertiaire.....	72
3.3.4. Transport routier.....	75
3.3.5. Industrie	77
3.3.6. Agriculture.....	79
3.4. Scénario retenu	80
3.5. Cadastre des émissions	80
3.6. Evaluation prospective des gains en matière de qualité de l'air.....	80
3.6.1. Rappel du périmètre	80
3.6.2. Bilan global de l'évolution des émissions	80

3.6.3.	Oxydes d'azote (NO _x).....	83
3.6.4.	Particules PM _{2,5}	89
3.6.5.	Particules PM ₁₀	94
3.6.6.	Ozone.....	99
3.6.7.	Oxydes de soufre (SO _x).....	101
3.6.8.	Composés organiques volatils (COVNM).....	102
3.6.9.	Ammoniac (NH ₃).....	104
Conclusions		106
ANNEXES		107
Annexe 1 : Présentation du scénario tendanciel		107
Concentrations moyennes annuelles en 2017		108
Annexe 2 : Conversion de VLE en facteur d'émission pour les chaudières biomasse		116

Illustrations

Figure 1 : Présentation du périmètre d'étude.....	12
Figure 2 : Les valeurs limites et seuils de qualité de l'air	14
Figure 3 : Les différents seuils réglementaires de qualité de l'air	15
Figure 4 : Comparaison entre les valeurs guides OMS 2005 et 2021	16
Figure 5 : Carte du réseau de mesure de la qualité de l'air sur le périmètre d'étude.....	18
Figure 6 : Facteurs influençant les concentrations en polluants	20
Figure 7: Interactions autour de l'inventaire des émissions	22
Figure 8 : Principales étapes de la réalisation d'un inventaire d'émissions	22
Figure 9 : Logigramme de calcul des consommations et émissions résidentielles	23
Figure 10 : Logigramme de calcul des consommations et émissions tertiaires	26
Figure 11 : Chaîne de calcul simplifiée des émissions du transport routier	28
Figure 12 : Chaîne de calcul des émissions du transport ferroviaire.....	28
Figure 13 : Logigramme de calcul des consommations et émissions du secteur industrie manufacturière	30
Figure 14 : Logigramme de calcul des émissions des carrières	31
Figure 15 : Répartition des émissions de PM10 des principales sources d'émissions d'une carrière ..	32
Figure 16 : Répartition des différents systèmes de gestion des déjections animales par type de cheptel	33
Figure 17 : Répartition des matériels d'épandage.....	33
Figure 18 : Répartition des émissions par secteur d'activités en 2017/ Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020	35
Figure 19 : Evolution des émissions de NOx / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020	36
Figure 20 : Evolution des émissions de PM10 / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020	36
Figure 21 : Evolution des émissions de PM2.5 / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020	37
Figure 22 : Evolution des émissions de COVNM / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020	38
Figure 23 : Evolution des émissions de NH3 / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020	38
Figure 24 : Evolution des émissions de SO2 / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020	39
Figure 25 : Répartition des émissions polluantes par EPCI / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020.....	40
Figure 26 : Cartographie des émissions polluantes par EPCI / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020.....	41
Figure 27 : Chaîne de modélisation régionale.....	43
Figure 28 : Schéma de calcul de l'exposition de population	44
Figure 29 : Historique des moyennes annuelles en NO2 pour les stations de la zone d'étude	44
Figure 30 : Cartographies des concentrations moyennes annuelles en NO2 sur l'année de référence 2017	45
Figure 31 : Exposition de la population des EPCI au dioxyde d'azote en 2017.....	46

Figure 32 : Historique des moyennes annuelles en PM10 sur le périmètre d'étude	46
Figure 33 : Concentrations annuelles en PM10 sur le périmètre d'étude.....	47
Figure 34 : Nombre de jours au-dessus du seuil de la valeur limite journalière en PM10 en 2017	47
Figure 35 : Historique des moyennes annuelles en PM2.5 sur la zone d'étude	48
Figure 36 : Concentrations annuelles en PM2,5 en 2017	49
Figure 37 : Population exposée au-dessus de la valeur guide OMS 2005 par EPCI	50
Figure 38 : Concentrations moyennes en PM2,5 auxquelles sont exposées les habitants des EPCI en 2017	50
Figure 39 : Evolution des dépassements de la valeur cible en O3 relevées sur les sites de mesure du périmètre d'étude.....	51
Figure 40 : Evolution des moyennes annuelles en O3 relevées sur les sites de mesure du périmètre d'étude	51
Figure 41 : Nombre de jours de dépassement en O3 en 2017	52
Figure 42 : Distribution granulométrique moyenne des PUF par site	55
Figure 43 : Contribution de la pollution extérieure à la région AURA à la moyenne annuelle en NO2	56
Figure 44 : Contribution de la pollution extérieure à la région AURA à la moyenne annuelle en PM2.5	57
Figure 45 : Contribution de la pollution extérieure à la région AURA à la moyenne annuelle en PM10	57
Figure 46 : Reconstitution du nombre de mise en vigilance des bassins d'air du périmètre d'étude de 2011 à 2017)	58
Figure 47 : Reconstitution du nombre de mise en vigilance par polluant au niveau du périmètre d'étude de 2011 à 2017.....	59
Figure 48 : Evolution annuelle de la population	63
Figure 49 : Evolution annuelle des emplois.....	63
Figure 50 : Répartition par énergie des consommations du résidentiel en GWh en 2013 et 2017	63
Figure 51 : Evolution de la surface par employé sur le périmètre du PPA Saint-Etienne	65
Figure 52 - Répartition par énergie des consommations du tertiaire en GWh en 2013 et 2017	65
Figure 53 : Hypothèses d'évolution annuelle des veh.km par type de véhicule	66
Figure 54 : Evolutions des émissions des ICPE entre 2014 et 2018 sur le territoire PPA pour aider à fixer les hypothèses d'évolution 2018-2027 des émissions.....	67
Figure 55 : Hypothèses d'évolution annuelle des cheptels et cultures.....	70
Figure 56 : Hypothèses de répartition des ventes régionales par type d'engrais.....	70
Figure 57 - Principe de calcul pour les gains d'émission	71
Figure 58 - Principe général d'évaluation	71
Figure 59 – Réductions d'émission par rapport au tendanciel par polluant et secteur PCAET sur la zone PPA Saint-Etienne.....	81
Figure 60 - Comparaison des projections d'émissions aux objectifs de réduction sur la zone PPA Saint-Etienne.....	82

Figure 61 - Évolution des émissions par polluant et scénario sur la zone PPA Saint-Etienne	82
Figure 62 – Réductions d'émission de NOx par secteur d'activité sur la zone PPA Saint-Etienne	84
Figure 63 - Top 5 des actions en termes de réductions d'émission de NOx sur la zone PPA Saint-Etienne	84
Figure 64 : Cartographies des concentrations moyennes annuelles en NO2 attendues selon le scénario Actions PPA 2027	86
Figure 65 : Différences de concentration moyennes annuelles en NO2 estimées entre le scénario Actions PPA 2027 et tendanciel 2027	86
Figure 66 : Histogramme de distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote selon l'état de référence (bleu), le scénario tendanciel 2027 (jaune), et le scénario Actions PPA 2027 (gris)	87
Figure 67 : Evolution de l'exposition moyenne au NO2 sur le périmètre PPA entre le scénario 2027 tendanciel et Actions 2027	88
Figure 68 – Réductions d'émission de PM2,5 par secteur d'activité sur la zone PPA Saint-Etienne....	89
Figure 69 - Top 5 des actions en termes de réductions d'émission de PM2,5 sur la zone PPA Saint-Etienne.....	90
Figure 70 : Cartographies des concentrations moyennes annuelles en PM2.5 attendues selon le scénario Actions PPA 2027	91
Figure 71 : Rapports de concentration moyennes annuelles en PM2.5 estimées entre le scénario Actions PPA 2027 et tendanciel 2027	92
Figure 72 : Histogramme de distribution de l'exposition de la population aux particules PM2.5 selon l'état de référence (bleu), le scénario tendanciel 2027 (jaune), et le scénario Actions PPA 2027 (gris)	93
Figure 73 – Réductions d'émission de PM10 par secteur d'activité sur la zone PPA Saint-Etienne.....	95
Figure 74 - Top 5 des actions en termes de réductions d'émission de PM10 sur la zone PPA Saint-Etienne.....	95
Figure 75 : Cartographies des concentrations moyennes annuelles en PM10 attendues selon le scénario Actions PPA 2027	97
Figure 76 : Rapports de concentration moyennes annuelles en PM10 estimées entre le scénario Actions PPA 2027 et tendanciel 2027	97
Figure 77 : Histogramme de distribution de l'exposition de la population aux particules PM10 selon l'état de référence (bleu), le scénario tendanciel 2027 (jaune), et le scénario Actions PPA 2027 (gris)	98
Figure 78 : Moyenne annuelle en ozone estimées selon le scénario Actions PPA 2027	100
Figure 79 : Différences de concentration moyennes annuelles en ozone estimées entre le scénario Actions PPA 2027 et tendanciel 2027	100
Figure 80 - Réductions d'émission de SOx par secteur d'activité sur la zone PPA Saint-Etienne	101
Figure 81 - Réductions d'émission de COVNM par secteur d'activité sur la zone PPA Saint-Etienne	103
Figure 82 - Top 5 des actions en termes de réductions d'émission de COVNM sur la zone PPA Saint-Etienne.....	103
Figure 83 - Réductions d'émission de NH3 par secteur d'activité sur la zone PPA Saint-Etienne	104
Figure 84 - Top 5 des actions en termes de réductions d'émission de NH3 sur la zone PPA Saint-Etienne	105

Tableau 1 : Facteurs d'émissions retenus pour le chauffage individuel biomasse (g/GJ).....	25
Tableau 2 : Facteurs d'émissions retenus pour le chauffage collectif biomasse.....	26
Tableau 3 : Evolution annuelle de la consommation régionale par branche non-bâtiment.....	27
Tableau 4 : Détail par catégorie animale des ajustements 2018	68
Tableau 5 : Détail par type de culture des ajustements 2018.....	69
Tableau 10 - Hypothèses de projection du parc d'appareils de chauffage au bois domestique.....	73
Tableau 11 - Facteurs d'émission de l'utilisation d'appareil de chauffage selon le combustible	73
Tableau 12 - Réductions d'émission liée à l'action RT1.2	74
Tableau 13 - Coefficient d'évolution utilisés pour les actions RT1.5 / R1	75
Tableau 14 - Coefficients d'évolution utilisés pour les actions R5-R6 / T.2.2.....	75
Tableau 15 - Hypothèses par zone PPA et type de ZFE.....	75
Tableau 12 - Facteurs d'émission utilisés pour évaluer le renouvellement des bus	76
Tableau 13 - Facteurs d'émission utilisés pour évaluer le renouvellement des BOM	76
Tableau 14 - Etablissements pris en compte pour l'action I2.1	77
Tableau 15 - Coefficients d'évolution appliqués aux actions I2.2, I2.4 et E1	78
Tableau 16 - Liste des établissements utilisés pour l'évaluation de l'action.....	78
Tableau 17 - Coefficients d'évolution appliqués aux émissions tendancielle pour l'action I11/I.3.2	79
Tableau 21 - Part du gain d'émission total par polluant pour chaque action	83
Tableau 23 - Comparaison des émissions de NOx entre les scénarios tendanciel et PPA en 2027 sur la zone PPA Saint-Etienne.....	83
Tableau 20 – Réductions d'émission de NOx par action sur la zone PPA Saint-Etienne.....	85
Tableau 21 : Concentrations moyennes annuelles en NO2 mesurées ou estimées au niveau des stations fixes de mesures d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes situées dans sur le périmètre du PPA stéphanois .	85
Tableau 22 - Comparaison des émissions de particules entre les scénarios tendanciel et PPA en 2027 sur la zone PPA Saint-Etienne	89
Tableau 23 - Comparaison des émissions de particules du chauffage au bois domestique entre les scénarios tendanciel et PPA sur la zone PPA Saint-Etienne.....	89
Tableau 27 – Réductions d'émission de PM2,5 sur la zone PPA Saint-Etienne.....	90
Tableau 31 : Concentrations moyennes annuelles en PM2.5 mesurées ou estimées au niveau des stations fixes de mesures d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes situées dans l'agglomération stéphanoise en 2017, selon le scénario tendanciel 2027 et selon le scénario Actions PPA 2027	91
Tableau 25 - Comparaison des émissions de particules entre les scénarios tendanciel et PPA en 2027 sur la zone PPA Saint-Etienne	94
Tableau 26 - Comparaison des émissions de particules du chauffage au bois domestique entre les scénarios tendanciel et PPA sur la zone PPA Saint-Etienne.....	94
Tableau 27 – Réductions d'émission de PM10 sur la zone PPA Saint-Etienne.....	96
Tableau 35 : Concentrations moyennes annuelles en PM10 mesurées ou estimées au niveau des stations fixes de mesures d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes situées dans l'agglomération stéphanoise en 2017, selon le scénario tendanciel 2027 et selon le scénario Actions PPA 2027	96

Tableau 30 - Comparaison des émissions de SOx entre les scénarios tendanciel et PPA en 2027 sur la zone PPA Saint-Etienne.....	101
Tableau 31 - Réductions d'émission de SOx sur la zone PPA Saint-Etienne	102
Tableau 30 – Comparaison des émissions de COVNM entre les scénarios tendanciel et PPA en 2027 sur la zone PPA Saint-Etienne.....	102
Tableau 33 – Réductions d'émission de COVNM par action sur la zone PPA Saint-Etienne.....	104
Tableau 32 - Comparaison des émissions de NH3 entre les scénarios tendanciel et PPA en 2027 sur la zone PPA Saint-Etienne.....	104
Tableau 35 – Réductions d'émission de NH3 par action sur la zone PPA Saint-Etienne	105

Introduction générale

En région Auvergne-Rhône-Alpes, 4 agglomérations sont concernées par un PPA : les territoires de Lyon, Grenoble et Saint-Etienne dont leur « PPA2 » a été adopté en février 2014, et l'agglomération clermontoise avec un « PPA2 » adopté en décembre 2014.

Ces 4 PPA ont fait l'objet d'une évaluation qualitative et quantitative en 2019-2020, dont les conclusions ont mis en évidence le besoin de révision.

Comme défini dans le cadre de son PRSQA (Plan Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air), Atmo Auvergne-Rhône-Alpes participe aux différentes étapes d'élaboration, mise en œuvre, suivi, évaluation et révision des PPA.

Dans le cadre de la révision de ces quatre PPA, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes en tant qu'observatoire régional de la qualité de l'air, est très impliqué, tout d'abord en réalisant le diagnostic de la situation initiale de la qualité de l'air et en participant à l'identification des enjeux des territoires (partie 2).

Pour chaque projet de PPA révisé, des propositions de périmètres ont été étudiées en tenant compte des tonnages d'émissions de polluants par EPCI, ainsi que des niveaux d'exposition des habitants.

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a aussi aidé à la définition de l'état prévisionnel du territoire à 5 ans.

Pendant la période d'ateliers, l'observatoire a procédé à un travail d'évaluation qualitative des actions des 4 PPA. Un travail plus poussé a été engagé pour certains leviers d'actions afin d'apporter des éléments chiffrés (globaux et estimation de gain d'actions), l'objectif étant de guider au dimensionnement des actions et aux paramètres nécessaires pour en faire l'évaluation.

Une évaluation prospective (partie 3) a été réalisée sur la base de deux scénarios :

- 2027 tendanciel sur la base du descriptif d'évolution du territoire à 5 ans (sans PPA),
- 2027 actions PPA3 (avec la mise en œuvre d'actions proposées dans le PPA3).

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a contribué aussi à la relecture des fiches actions, notamment pour s'assurer que les indicateurs des fiches actions seront pertinents et exploitables.

L'observatoire apporte bien sûr son expertise lors des COTECH, COPIL, ateliers, plénières, certaines réunions de l'équipe projet.

Pour chaque territoire, l'analyse finale s'apprécie au travers de plusieurs paramètres que sont les émissions de polluants atmosphériques, leurs concentrations dans l'air ambiant, le nombre de personnes exposées à des dépassements, pour 3 scénarii :

- un scénario de référence : « référence 2017 »,
- un scénario tendanciel : « 2027 tendanciel » : évaluation de la qualité de l'air à l'horizon 2027 sans mise en œuvre des actions du PPA3,
- un scénario actions PPA : « 2027 actions PPA3 » : évaluation de la qualité de l'air à l'horizon 2027 avec prise en compte des actions validées dans le cadre du PPA3.

La comparaison des scénarii tendanciel et actions PPA met en évidence la plus-value des actions du PPA.

1. Contexte au sujet du PPA

1.1. Contexte réglementaire

La directive européenne 2008/50/CE concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant prévoit que, dans les zones et agglomérations où les normes de concentrations de polluants atmosphériques sont dépassées, les Etats membres doivent élaborer des plans ou des programmes permettant d'atteindre ces normes.

En France, c'est le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA), mis en place par la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (loi LAURE du 30/12/1996), qui doit permettre d'assurer le respect des normes de qualité de l'air fixées à l'article R. 221-1 du Code de l'Environnement. Outre les zones où les normes de qualité de l'air sont dépassées ou risquent de l'être, des Plans de Protection de l'Atmosphère doivent aussi être élaborés dans toutes les agglomérations de plus de 250 000 habitants.

Le PPA est un plan d'actions dont l'élaboration est pilotée par le Préfet et qui définit les objectifs et les mesures locales préventives et correctives, d'application permanente ou temporaire, pour réduire significativement les émissions polluantes. Il comporte des mesures réglementaires mises en œuvre par arrêtés préfectoraux, ainsi que des mesures volontaires concertées et portées par les collectivités territoriales et les acteurs locaux.

1.2. Contexte sanitaire

Le PPA est un outil réglementaire établi pour répondre à une problématique sanitaire de qualité de l'air. La pollution de l'air extérieur et les matières particulaires sont aujourd'hui classées comme cancérigènes certains pour l'homme par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) depuis octobre 2013.

Il a par ailleurs été montré que la pollution de l'air peut diminuer l'espérance de vie des personnes affectées de quelques mois et contribue à l'apparition de maladies graves, telles que des maladies cardiaques, des troubles respiratoires et des cancers. De manière plus précise, près de 5 à 7 mois d'espérance de vie pourraient être gagnés pour les résidents des grandes agglomérations françaises si les niveaux moyens de pollution pour les particules fines (PM_{2,5}) étaient ramenés aux seuils recommandés par l'Organisation Mondiale de la Santé (étude APHEKOM).

Par ailleurs, habiter à proximité d'axes routiers importants augmenterait de 15 à 30 % les nouveaux cas d'asthme chez l'enfant, ainsi que les pathologies chroniques respiratoires et cardiovasculaires (étude APHEKOM/INVS).

Santé publique France a réévalué en 2020-2021 l'impact que représente la pollution atmosphérique sur la mortalité annuelle en France métropolitaine pour la période 2016-2019. Il ressort de cette réévaluation que chaque année près de 40 000 décès prématurés seraient attribuables à une exposition des personnes âgées de 30 ans et plus aux particules fines (PM_{2,5}). L'exposition à la pollution de l'air ambiant représenterait en moyenne pour ces personnes une perte d'espérance de vie de près de 8 mois pour les PM_{2,5}.

Par ailleurs, le coût sanitaire de la pollution de l'air est estimé entre 68 et 97 milliards d'euros par an pour la France (estimation réalisée sur des données datant de l'année 2000). Il concerne à la fois l'air intérieur et l'air extérieur.

2. Diagnostic qualité de l'air sur le périmètre d'étude du PPA de Saint-Etienne

2.1. Le périmètre d'étude

Le périmètre d'étude inclut l'intégralité des EPCI qui sont couverts par la zone administrative de surveillance de la qualité de l'air qui est ici la ZAG (Zone à Risques – Agglomération) de Saint-Etienne, ainsi que les EPCI partiellement couverts par le précédent PPA afin de respecter l'engagement pris par la Ministre de la transition écologique (doctrine nationale du 24 juillet 2019), à savoir :

- Saint Etienne Métropole et la communauté de communes Loire et Semène qui sont couverts par la ZAG,
- la communauté d'agglomération Loire Forez Agglomération et la communauté de communes Forez-Est qui sont couverts partiellement par le précédent PPA.

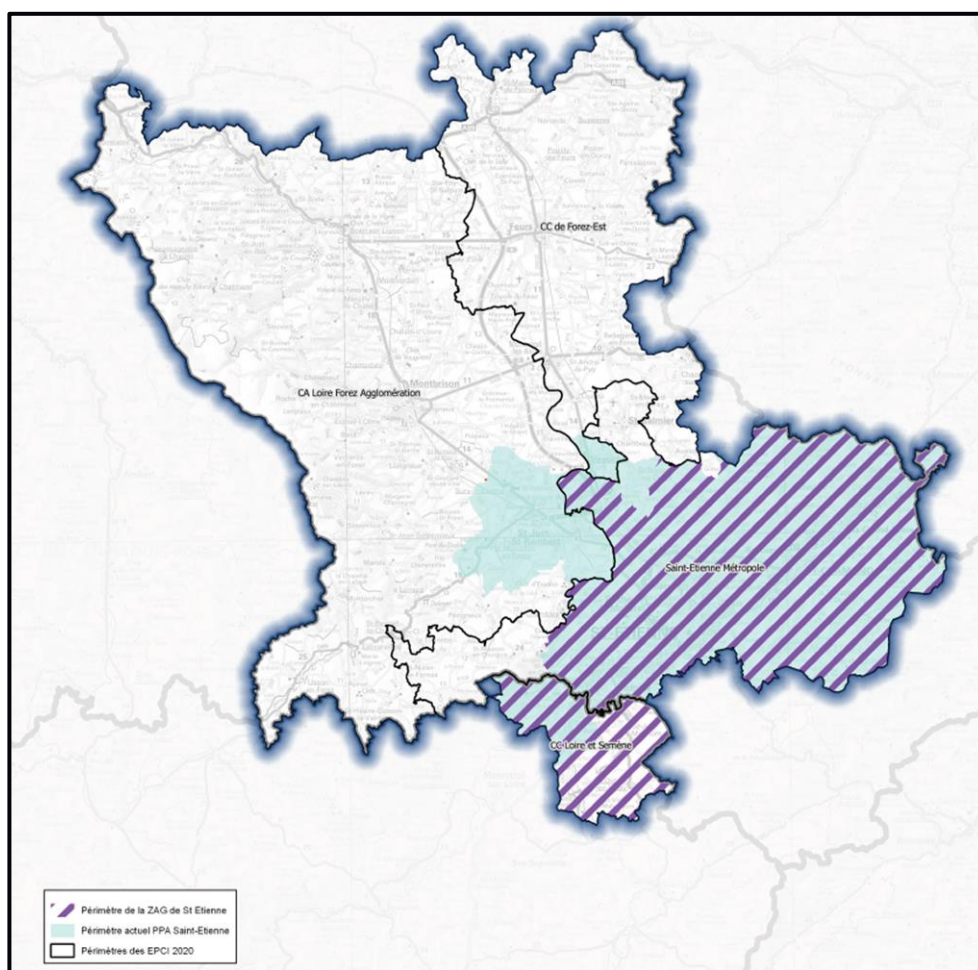


Figure 1 : Présentation du périmètre d'étude

2.2. Les réglementations de la pollution de l'air

La pollution atmosphérique est encadrée par plusieurs éléments de réglementation : certains textes précisent des niveaux de concentrations moyens à ne pas dépasser pour plusieurs polluants dits réglementés, tandis que d'autres textes encadrent le niveau des émissions de certains polluants et imposent une trajectoire de baisse progressive de ces émissions.

2.2.1. Réglementation des concentrations dans l'air ambiant

La réglementation des concentrations de polluants dans l'air ambiant concerne en particulier 13 polluants cités par l'article R.221-1 du code de l'environnement. Il s'agit notamment du NO_x, des PM₁₀ et PM_{2,5}, du monoxyde de carbone (CO), de l'ozone (O₃) des oxydes de soufre (SO_x) ainsi que 7 autres polluants parmi la famille des métaux lourds, des COV et des HAP.

L'article R.221-1 du code de l'environnement fixe, pour chacun des 13 polluants évoqués ci-avant, une ou plusieurs valeurs réglementaires correspondant à des niveaux de concentration à ne pas dépasser en situation chronique, ou bien qui conditionnent le déclenchement des procédures de gestion des épisodes de pollution. Plusieurs types de valeurs, définies par ce même article du code de l'environnement, permettent de caractériser différentes situations :

- Valeurs limites : niveaux de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser. Ces niveaux sont fixés sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir et de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble ;
- Seuil d'information – recommandation : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates à destination de ces groupes et de recommandations pour réduire certaines émissions ;
- Seuil d'alerte : niveau de concentration de substances au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant la mise en place de mesures d'urgence.

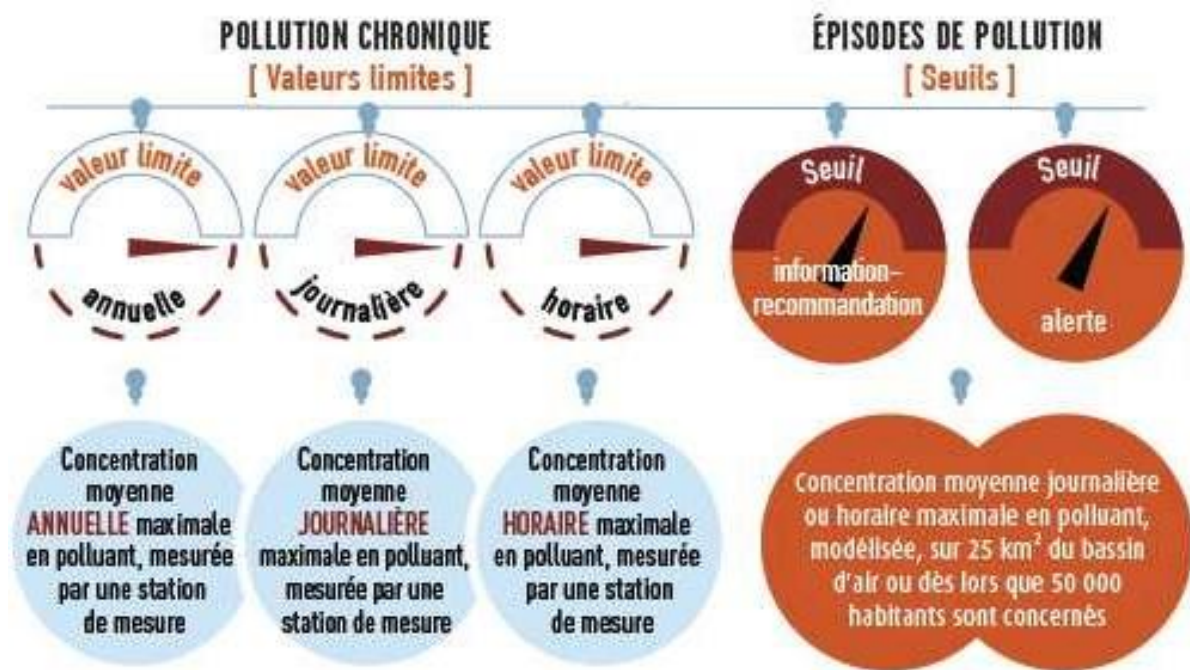


Figure 2 : Les valeurs limites et seuils de qualité de l'air

Par ailleurs, en plus de ces valeurs limites réglementaires, dont le respect doit être considéré comme obligatoire, l'article R.221-1 du code de l'environnement définit d'autres types de valeurs : les valeurs cibles, ou encore les objectifs de qualité (OQ) vers lesquelles il faudrait tendre pour limiter encore les impacts sur la santé humaine. En outre, les valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) donnent également une cible à atteindre à long terme pour minimiser ces impacts sanitaires.

- Valeurs cibles : niveaux de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixés afin d'éviter, de prévenir ou réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- Objectifs de qualité de l'air : niveaux de concentration de substances polluantes à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement ;
- Recommandations de l'OMS : basées sur l'analyse par des experts des données scientifiques les plus récentes. Ces valeurs sont des recommandations. Les analyses produites dans ce document se basent très largement sur les valeurs guides publiées par l'OMS en 2005. De nouvelles valeurs guides, plus basses pour la plupart des polluants, ont été publiées le 22 septembre 2021 (cf. tableau ci-après).

Polluant	Seuil réglementaire 1	Seuil réglementaire 2	Objectif de qualité (OQ) annuel
NO ₂	<u>VL Horaire</u> : 200 µg/m ³ , à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile	<u>VL Annuel</u> : 40 µg/m ³	<u>OQ</u> : 40 µg/m ³
PM ₁₀	<u>VL Journalier</u> : 50 µg/m ³ , à ne pas dépasser plus de 35 fois par année civile	<u>VL Annuel</u> : 40 µg/m ³	<u>OQ annuel</u> : 30 µg/m ³
PM _{2,5}	<u>VL Annuel</u> : 25 µg/m ³	À venir <u>VL Annuel</u> : 20 µg/m ³	<u>OQ annuel</u> : 10 µg/m ³
Monoxyde de carbone (CO)	<u>Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures</u> : 10 mg/m ³	-	-
Pb	<u>Annuel</u> : 0,5 µg/m ³	-	<u>OQ</u> : 0,25 µg/m ³
SO ₂	<u>VL Horaire</u> : 350 µg/m ³ , à ne pas dépasser plus de 24 fois par année civile	<u>VL Journalier</u> : 125 µg/m ³ , à ne pas dépasser plus de 3 fois par année civile	<u>OQ</u> : 50 µg/m ³
O ₃	<u>VC</u> : <u>Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures</u> : 120 µg/m ³ , à ne pas dépasser plus de 25 jours par an (moyenne sur 3 ans)	-	<u>OQ</u> : <u>Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures</u> : 120 µg/m ³
Benzène (C ₆ H ₆)	<u>VL Annuel</u> : 5 µg/m ³	-	<u>OQ annuel</u> : 2 µg/m ³
Métaux lourds : Hg Cd As Ni	<u>VC annuelle</u> (fraction PM ₁₀) : - 5 ng/m ³ 6 ng/m ³ 20 ng/m ³	-	-
HAP : B(a)P	<u>VC annuelle</u> (fraction PM ₁₀) : 1 ng/m ³	-	-

Figure 3 : Les différents seuils réglementaires de qualité de l'air

(en vert : pas de dépassement, en orange : dépassement faible, en rouge : dépassement fort)

Concernant les concentrations de polluants dans l'air sur la zone du PPA de Saint-Etienne, ce tableau synthétise l'état des lieux. La seule valeur limite dépassée est celle concernant le NO₂ jusqu'en 2017. Par ailleurs, la valeur

cible concernant l’ozone est nettement dépassée, de même que l’objectif de qualité concernant ce polluant qui l’est aussi. L’objectif de qualité concernant les PM_{2,5} est également dépassé mais faiblement.

De nouvelles valeurs guides ont été publiées par l’OMS en septembre 2021 alors que l’élaboration du PPA3 de l’agglomération stéphanoise était déjà très avancée. Elles vont dans le sens d’une meilleure prise en compte de la protection de la santé humaine avec en particulier un seuil de référence divisé par 2 pour les PM_{2,5} et par 4 pour le NO₂. Dans le présent rapport, les comparaisons aux valeurs OMS correspondront généralement aux valeurs recommandées de 2005 et seront désignées OMS₂₀₀₅ afin de limiter l’ambiguïté à cet égard.

Polluants	Durée	Seuils de référence OMS 2005 (ref)	Seuils intermédiaires				Seuils de référence OMS 2021 (ref)
			1	2	3	4	
PM _{2,5} (µg/m ³)	Année	10	35	25	15	10	5
	24 heures ^a	25	75	50	37.5	25	15
PM ₁₀ (µg/m ³)	Année	20	70	50	30	20	15
	24 heures ^a	50	150	100	75	50	45
NO ₂ (µg/m ³)	Année	40	40	30	20	-	10
	24 heures ^a	-	120	50	-	-	25
O ₃ (µg/m ³)	Pic saisonnier ^b	-	100	70	-	-	60
	8 heures ^a	100	160	120	-	-	100
SO ₂ (µg/m ³)	24 heures ^a	20	125	50	-	-	40
CO (mg/m ³)	24 heures ^a	-	7	-	-	-	4

µg :

^a 99^e (3 à jours de dépassement par an)

^b Moyenne de la concentration moyenne quotidienne maximale d’O₃ sur 8 heures au cours des six mois consécutifs où la concentration moyenne d’O₃ a été la plus élevée

Remarque : l’exposition annuelle et l’exposition pendant un pic saisonnier sont des expositions à long terme, tandis que l’exposition pendant 24h et 8heures sont des expositions à court terme.

Figure 4 : Comparaison entre les valeurs guides OMS 2005 et 2021

2.2.2. Réglementation des émissions

Au-delà de la réglementation des concentrations dans l’air ambiant, le niveau d’émission de certains polluants dans l’air, ainsi que l’évolution de ces émissions font également l’objet d’un encadrement réglementaire au travers du PREPA (Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques).

Parmi les polluants visés on retrouve les NO_x, les PM_{2,5} et les SO_x mais aussi d’autres polluants dont les concentrations ne font pas spécifiquement l’objet de valeur limite réglementaire comme les COVnm (composés organiques volatils non méthaniques - précurseurs d’ozone) et l’ammoniac (NH₃) précurseur de poussières.

Le PREPA a été approuvé en 2017. Il vise à répondre aux engagements en matière de réduction des émissions de polluants atmosphériques prévus dans la directive européenne 2016/2284 du 14 décembre 2016.

Instauré par l’article 64 de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), ce plan est composé :

- D’un décret qui fixe, à partir d’une année de référence (2005), les objectifs de réduction à horizon 2020, 2025 et 2030 (décret n°2017-949 du 10 mai 2017) des émissions de dioxyde de soufre (SO₂), d’oxydes d’azote (NO_x), de composés organiques volatils non méthaniques (COVnm), d’ammoniac (NH₃) et de particules fines (PM_{2,5}),

Objectifs de réduction fixés pour la France (exprimés en % par rapport à 2005)

	À horizon 2020	À horizon 2030
SO ₂	-55 %	-77 %
NOx	-50 %	-69 %
COVNM	-43 %	-52 %
NH ₃	-4 %	-13 %
PM _{2,5}	-27 %	-57 %

- D'un arrêté ministériel qui :
 - Détermine les actions de réduction des émissions anthropique à renforcer ou/et à mettre en œuvre (arrêté du 10 mai 2017), en particulier, concernant les secteurs de l'industrie, de l'habitat, des transports et de la mobilité ;
 - Fixe des orientations concernant la mobilisation des acteurs locaux, l'amélioration des connaissances et l'innovation ou encore concernant les financements à déployer ou pérenniser pour des actions en faveur de la qualité de l'air.

Cette trajectoire nationale de baisse des émissions inscrite au PREPA doit également être prise en compte dans la détermination des objectifs à l'échelle des PPA. Elle conduit de surcroît à prendre en considération, dans le cadre du PPA, des polluants comme le NH₃ et les COVnm dont les concentrations dans l'air ne sont pas réglementées, mais pour lesquels des objectifs spécifiques de baisse d'émissions devront donc être retenus en cohérence avec la trajectoire du PREPA.

2.3. Dispositif de surveillance de la qualité de l'air et description des phénomènes de transport et de diffusion de la pollution

2.3.1. Dispositif de surveillance de la qualité de l'air

Les missions de surveillance et d'information sur la qualité de l'air ont été confiées en France aux AASQA (Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air). Pour la région Auvergne-Rhône-Alpes, cette mission revient à Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. L'évaluation de la qualité de l'air sur la zone d'étude détaillée ci-après se base donc sur les bilans et études publiés par cette association, ainsi que sur les données qui ont été fournies. L'ensemble des bilans annuels de qualité de l'air sont disponibles sur le site internet d'Atmo AURA : www.atmo-auvergnhonealpes.fr

La surveillance de la qualité de l'air en Auvergne-Rhône-Alpes est réalisée à partir de différents outils conformément à la directive européenne 2008/50/CE définissant le type de surveillance nécessaire en fonction des niveaux de pollution estimés. Elle est réalisée sur le territoire à partir :

- D'un réseau métrologique composé :
 - De stations de mesures permanentes représentatives des différents types d'exposition (fond urbain, fond périurbain, proximité trafic, proximité industrielle, observation spécifique) ;

- De stations de mesures temporaires équipées d'analyseurs, ou autres dispositifs de prélèvement ;
- D'un inventaire spatialisé des émissions atmosphériques. Les émissions de polluants correspondent aux quantités de polluants directement rejetées dans l'atmosphère par les activités humaines (cheminées d'usine ou de logements, pots d'échappement, agriculture...) ou par des sources naturelles (composés émis par la végétation et les sols, etc.). L'inventaire des émissions des polluants consiste à identifier et recenser la quantité des polluants émis en masse par unité de temps (généralement en tonnes par an) par une source donnée pour une période donnée. Cet outil permet une restitution des résultats à l'échelle du km² ;
- D'une plateforme de modélisation composée :
 - D'un modèle déterministe régional PREVALP d'évaluation de la pollution atmosphérique à une échelle kilométrique ;
 - D'un modèle fine échelle (10 m) permettant une meilleure évaluation de la pollution en proximité du trafic automobile (SIRANE) ;
 - D'un modèle composite regroupant le modèle régional et le modèle fine échelle.

Ces outils permettent d'évaluer l'exposition des territoires et des populations à la pollution de fond mais aussi en proximité d'installations fixes ou d'infrastructures de transports fortement émettrices qui peuvent localement augmenter les concentrations en polluants.

L'implémentation de scénarios d'émissions prospectifs dans les modèles permet de caractériser l'exposition des populations et l'impact de la mise en œuvre d'actions à un horizon donné.

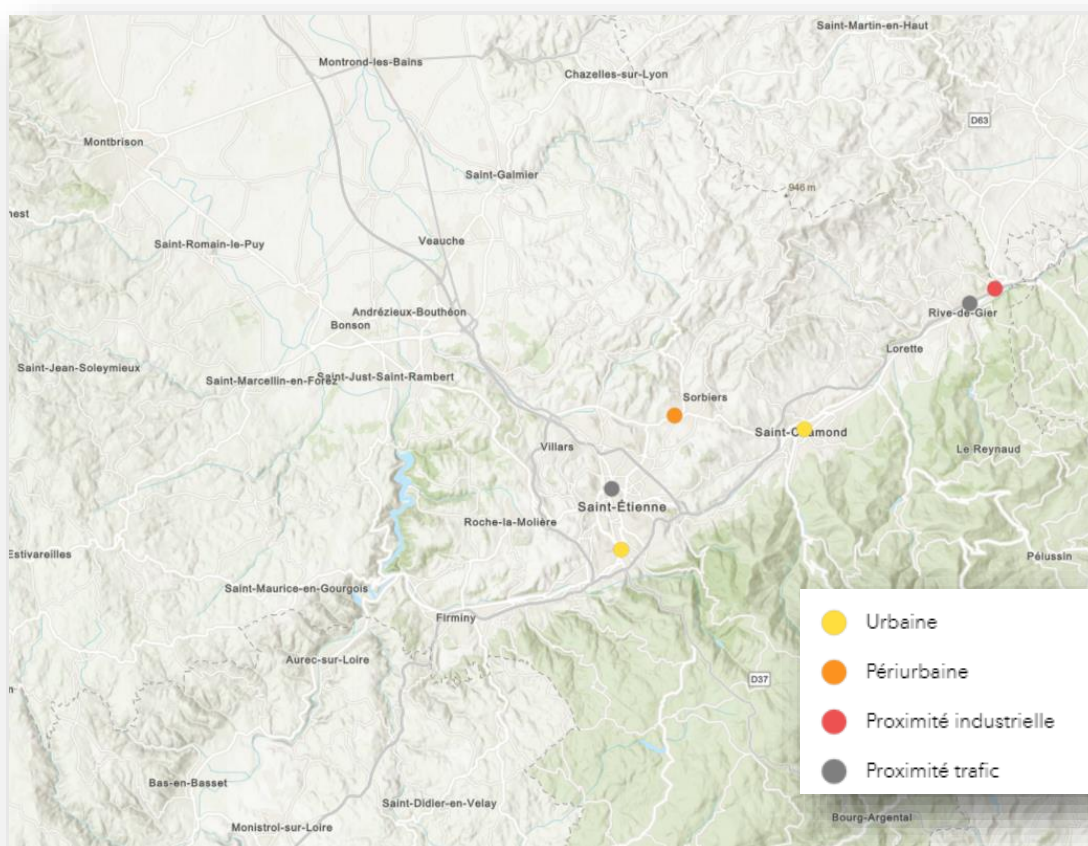


Figure 5 : Carte du réseau de mesure de la qualité de l'air sur le périmètre d'étude

Les données mesurées au niveau de ces stations sont disponibles au lien suivant :

<https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/donnees/acces-par-station/>

2.3.2. Phénomènes de transport et de diffusion de la pollution

Les niveaux de concentration des polluants dans l'atmosphère dépendent à la fois de l'intensité des émissions de ces polluants sur le territoire, du caractère plus ou moins persistant dans l'air de ces polluants, mais également des conditions météorologiques et de la topographie qui conditionnent les phénomènes de diffusion et de dispersion. De plus, certains polluants peuvent interagir avec d'autres, entraînant leur transformation par réactions chimiques en d'autres polluants dits secondaires (voir encadré ci-dessous).

Polluants primaires et secondaires

Les polluants dits « primaires » sont émis directement par une source. C'est notamment le cas du dioxyde de soufre (SO₂) et des oxydes d'azotes (NOx). Leurs concentrations dans l'air sont maximales à proximité des sources, puis tendent à diminuer au fur et à mesure que l'on s'éloigne de celles-ci en raison de leur dispersion.

Les polluants dits « secondaires » sont le produit de la transformation chimique de polluants primaires. C'est le cas de l'ozone, qui se forme à partir de précurseurs comme les oxydes d'azotes et les composés organiques volatils sous l'effet du rayonnement solaire.

Description simplifiée des divers phénomènes de dispersion

Les paramètres relatifs à la source du polluant (hauteur et température du rejet atmosphérique...), ainsi que les conditions météorologiques, climatiques et topographiques jouent un rôle prépondérant dans le transport et la transformation chimique des polluants. Ils ont une incidence importante sur les niveaux de polluants observés au voisinage du sol. Parmi les facteurs pouvant influencer la dispersion des polluants, on peut citer :

- les turbulences et le vent : le vent et les turbulences thermiques par différence de température des masses d'air permettent de disperser les polluants,
- la stabilité ou l'instabilité de la masse d'air : la dispersion est favorisée par une atmosphère instable,
- la pluie : les précipitations ont pour effet de « lessiver » l'atmosphère et ramener les polluants au sol,
- les situations anticycloniques (hautes atmosphériques) : par nature stables avec peu de vent, ces situations sont défavorables à la qualité de l'air en été comme en hiver : la stabilité de la masse d'air, s'oppose à la dispersion des polluants et conduit à l'inverse à une accumulation de ceux-ci au niveau des zones d'émissions,
- géométrie du site : les reliefs, vallées ou encore les rues dites canyon (rues étroites bordées d'immeubles hauts) ne sont pas propices à la dispersion horizontale des polluants. Ainsi, les polluants émis par le trafic automobile s'accumulent à proximité immédiate de l'axe de circulation.

Zoom sur l'inversion thermique :

Habituellement, la température de l'air décroît avec l'altitude, ce qui permet un brassage vertical des masses d'air, l'air chaud situé près du sol est plus léger et s'élève entraînant avec lui les polluants.

Dans certains cas, il peut se produire un phénomène d'inversion de température ; les couches d'air sont plus chaudes en altitude qu'au niveau du sol, ce qui bloque la dispersion verticale des masses d'air plus froides et plus lourdes situées au niveau du sol. Les polluants se trouvent alors bloqués dans les basses couches.

Les inversions thermiques se produisent notamment en hiver et par ciel clair. Le sol peut ainsi subir un fort refroidissement pendant la nuit, et au matin la température de l'air près du sol devient plus faible que la température de l'air en altitude.

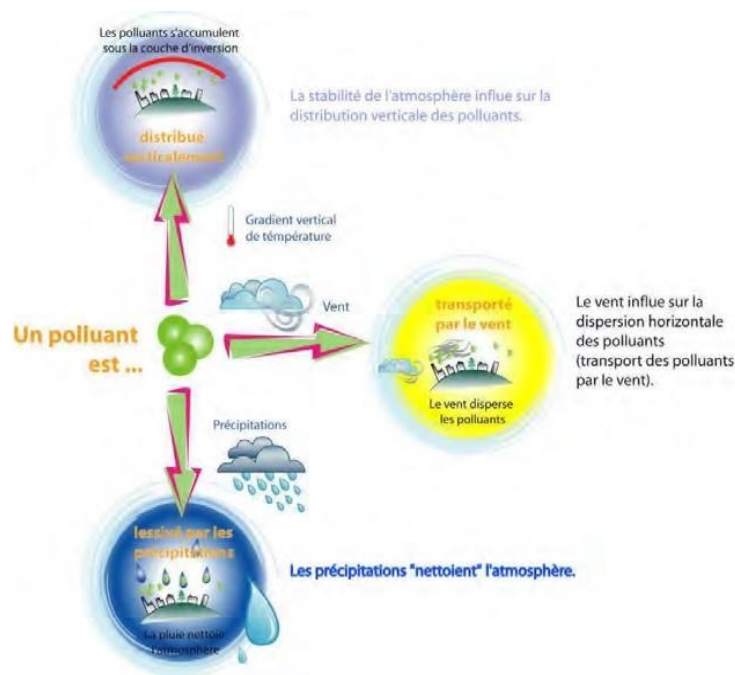
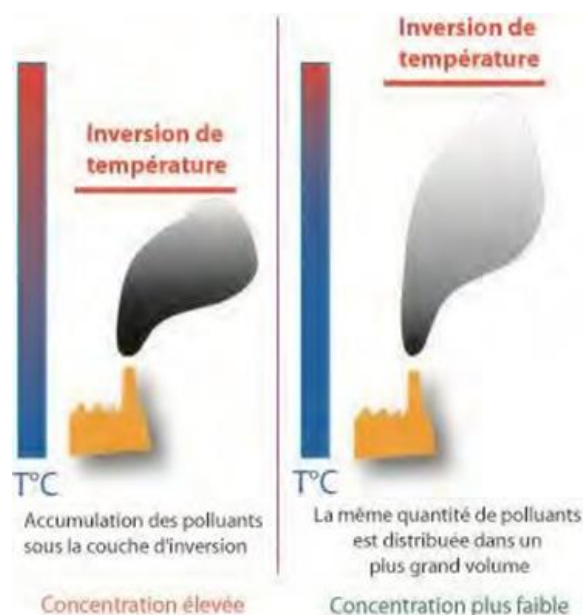


Figure 6 : Facteurs influençant les concentrations en polluants

Dans le cas de l'agglomération stéphanoise et la vallée de la Loire, le climat semi-continental favorise des hivers froids et des étés chauds, les épisodes de pollution peuvent être fréquents pendant ces deux saisons. En effet, les jours les plus froids favorisent les inversions de température et en l'absence de vent les polluants s'accumulent jour après jour. Cela concerne surtout les particules, mais aussi dans une moindre mesure le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre. En été, les périodes anticycloniques stables, chaudes et ensoleillées favorisent la hausse des concentrations d'ozone.

2.4. Justification du choix de l'année de référence (2017)

Comme exposé ci-avant, les niveaux de pollution de l'air observés sur un territoire peuvent être influencés en partie par des facteurs météorologiques. D'une année à l'autre, sur un territoire donné, ce facteur météo peut faire varier de manière non négligeable les niveaux moyens de pollution observés en influençant à la fois l'ampleur des émissions des polluants (en particulier les émissions dues au chauffage) et les conditions de dispersion de la pollution.

En premier lieu, le nombre d'épisodes anticycloniques et leur durée peut se traduire par davantage de jours d'épisode de pollution. Ainsi, un été chaud, sec et ensoleillé va se traduire par des niveaux plus élevés d'ozone qu'un été plus frais et marqué par des perturbations fréquentes. De même, un hiver froid, peu agité et peu pluvieux va à la fois se traduire par des émissions de polluants plus importantes en lien avec une utilisation accrue des chauffages, mais également par une moindre dispersion de ces polluants émis, alors qu'un hiver plus doux, humide et perturbé va être favorable à une dispersion fréquente des polluants et participant à une meilleure qualité de l'air.

Compte tenu de ces éléments, il est important, pour assurer une comparabilité adéquate dans les analyses portant sur la qualité de l'air, de retenir une année de référence représentative de la moyenne de la période récente et dont la météo n'a donc pas présenté de caractéristiques atypiques. A ce titre, il a été choisi d'établir ce diagnostic sur l'année de référence 2017. En effet bien que disposant de données plus récentes, cette année apparaît pertinente au regard des conditions rencontrées qui s'avèrent être représentatives de la moyenne de la dernière décennie :

- une température moyenne en France plus élevée que la normale (mais qui reste sous la barre de +1°C contrairement aux années 2018 à 2020),
- un hiver conforme aux normales de températures avec deux épisodes de froid en janvier,
- plusieurs épisodes de fortes chaleurs durant l'été en alternance avec des périodes plus fraîches.

2.5. Analyse des différentes sources de pollution

2.5.1. Présentation de l'inventaire des émissions

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes développe et enrichit en continu depuis près de vingt ans un inventaire régional des émissions qui répond à différents besoins pour :

- les modèles d'évaluation de la qualité de l'air,
- les observatoires régionaux ORCAE (Observatoire Régional Climat Air Energie en Auvergne-Rhône-Alpes) et ORHANE (Observatoire Régional Harmonisé Auvergne-Rhône-Alpes des Nuisances Environnementales),
- les diagnostics des différents plans d'actions en faveur de la qualité de l'air, comme les Plans de Protection de l'Atmosphère, les Plans de Déplacements Urbains, les Zones à Faibles Emissions, les Plans Climat Air Energie Territoriaux.

Les méthodes utilisées suivent les guides méthodologiques européens (EMEP/EEA), nationaux (CITEPA/OMINEA) et régionaux (guide méthodologique du Pôle de Coordination des Inventaires Territoriaux) qui décrivent, pour toutes les activités susceptibles d'émettre des polluants dans l'atmosphère, les méthodes pour générer les données d'activités les plus fiables possibles.

Les bilans de consommations énergétiques et d'émissions de polluants atmosphériques locaux et de Gaz à Effet de Serre sont élaborés à partir de l'outil ESPACE (Evaluation des inventaires spatialisés Air Climat Energie), développé en interne et s'appuyant sur une base de données PostgreSQL.

Le graphe suivant synthétise les interactions autour de l'inventaire des émissions.

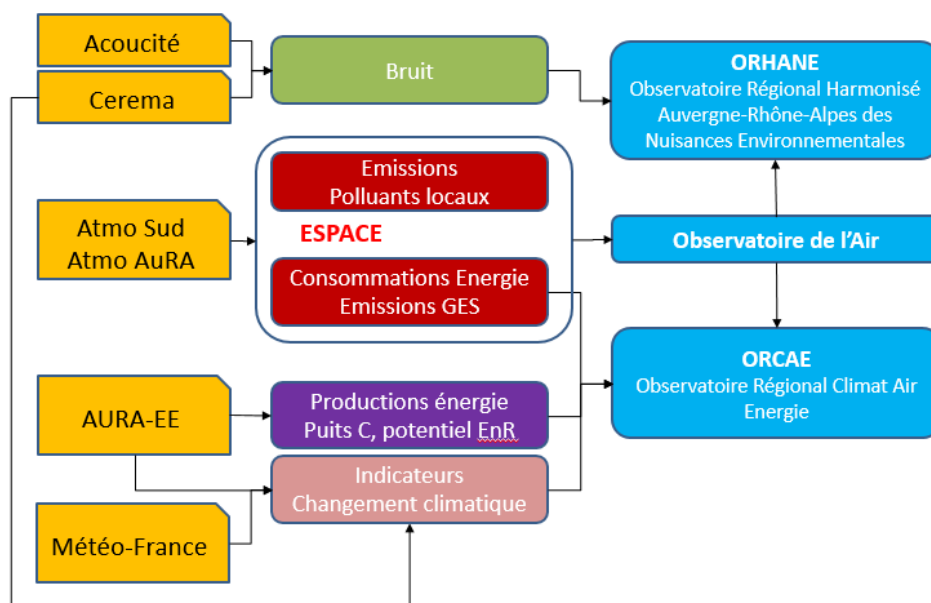


Figure 7: Interactions autour de l'inventaire des émissions

Tout inventaire des émissions obéit à certains critères : exhaustivité des sources, comparabilité entre territoires, cohérence temporelle, traçabilité, validation/bouclage avec des statistiques régionales ou consommations réelles locales, respect des règles de diffusion relatives aux données confidentielles.

La méthode privilégiée pour la réalisation de l'inventaire régional est dite « bottom-up » : elle utilise dans la mesure du possible les données (activités, émissions) les plus fines disponibles à l'échelle infra communale (principales émissions industrielles, comptages routiers, parc local de chauffage au bois, ...).

Ces données sont ensuite agrégées à l'échelle communale pour le calcul des émissions.

Lorsque les données n'existent pas à une échelle fine, des données régionales sont désagrégées à l'échelle communale au moyen de clés de désagrégation connues pour l'ensemble des communes de la région (population, emplois, ...). Les données sont en partie ajustées avec les consommations réelles d'énergie (gaz, électricité, chaleur et froid) disponibles en OpenData ou fournies par les partenaires de l'ORCAE.

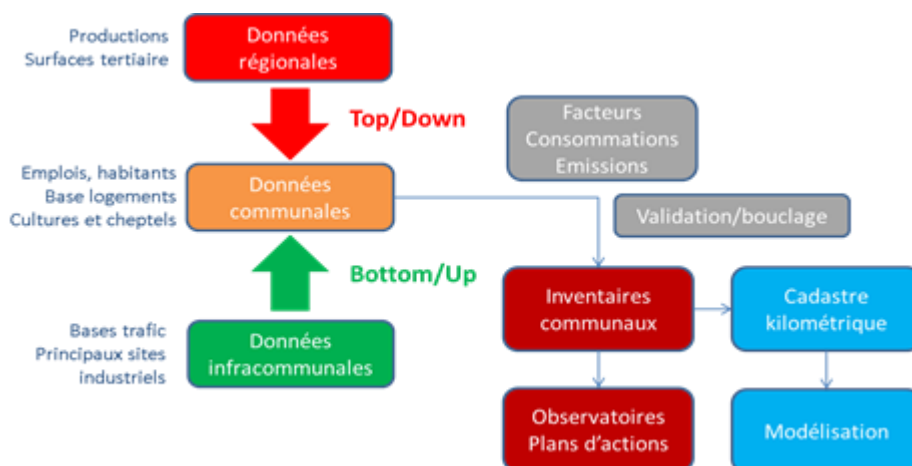


Figure 8 : Principales étapes de la réalisation d'un inventaire d'émissions

L'inventaire des émissions s'inscrit dans un processus d'amélioration continue. Ainsi sur les dernières années, les améliorations suivantes ont pu être apportées en fonction du territoire :

Trafic routier :

- Exploitation d'un plus grand nombre de comptages routiers afin de mieux estimer l'évolution des volumes de trafic sur plusieurs années ;
- Intégration des mises à jour des modèles trafics gérés sur les territoires ;
- Mise à jour du réseau routier structurant, en lien avec l'observatoire ORHANE.

Chauffage biomasse :

- Exploitation du recensement des petites chaufferies biomasse (FIBOIS, ALEC, Grenoble, Région) pour les travaux PPA. Ces informations seront prochainement implémentées dans l'inventaire régional spatialisé.

Industrie :

- Première exploitation à l'installation des émissions BDREP permettant de préciser les différentes énergies associées aux émissions.

Agriculture :

- Consolidation à l'échelle EPCI des cheptels et cultures pour l'année 2018 initialement calculés par projection des résultats du dernier recensement général agricole 2010 avec les statistiques Agricoles Annuelles post 2010.

Résidentiel et tertiaire

← Résidentiel

Le logigramme suivant synthétise les étapes de calcul des émissions du secteur résidentiel.

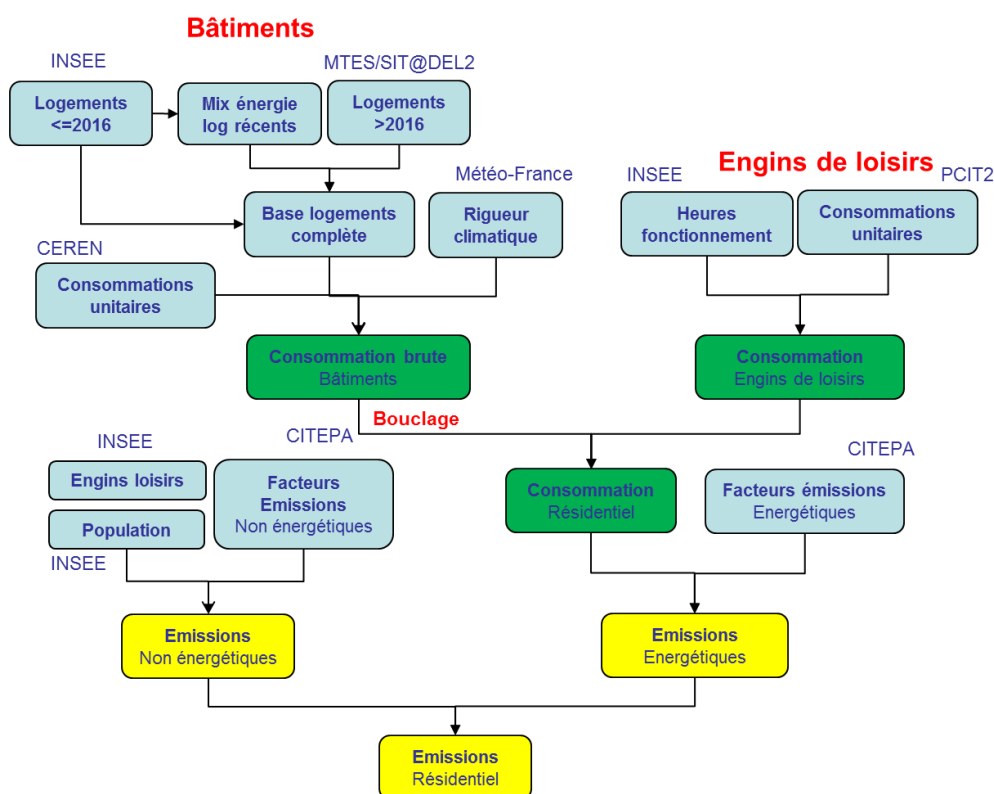


Figure 9 : Logigramme de calcul des consommations et émissions résidentielles

Sources des émissions

Les émissions du secteur résidentiel proviennent :

- De la consommation d'énergie des logements (chauffage, production d'eau chaude sanitaire, cuisson) ;
- De la consommation d'énergie et de l'abrasion des engins de loisirs (tondeuses, motoculteurs/motobineuses, tronçonneuses et débroussailleuses), cf guide méthodologique PCIT ;
- Du brûlage des déchets végétaux sur la base des principales hypothèses suivantes :
 - 9% des maisons ont recours à cette pratique ;
 - Afin de tenir compte du recul progressif de cette pratique (au vu de son illégalité), une décroissance annuelle de 2%/an a été appliquée après 2008. Cette hypothèse a été déduite de l'analyse des quantités de déchets verts traités sur les plateformes de compostage rhônalpines qui, à nombre de maisons équivalent, augmentent d'environ 2%/an (source SINDRA).

Plus d'informations sont disponibles dans le guide méthodologique PCIT¹ pour les activités domestiques suivantes : protection et travail du bois, utilisation domestique de peinture, de solvants et de produits pharmaceutiques ; utilisation de feux d'artifice ; consommation de tabac ; usure des chaussures.

Données d'entrée et méthodes de calcul

Consommation et émissions hors biomasse

Plusieurs données sont nécessaires aux calculs présentés plus loin :

- Une base communale annualisée des logements à partir des enquêtes détail logements de l'INSEE et de la base SIT@DEL ;
- Un facteur unitaire de consommation par usage fourni par le CEREN ;
- Des données météo permettant de calculer la rigueur climatique de l'année ;
- Des facteurs d'émission nationaux fournis par le CITEPA.

Un facteur unitaire de consommation par usage détaillé selon les caractéristiques des logements est utilisé pour modéliser les consommations des appareils de chauffage électriques, gaz, fioul, GPL (source CEREN). Un facteur d'émission par polluant et combustible (issu du guide méthodologique national OMINEA) permet d'en déduire les émissions associées.

Chauffage individuel biomasse

Contrairement aux autres énergies de chauffage pour lesquelles un facteur d'émission moyen est utilisé, le chauffage biomasse donne lieu à la modélisation d'un parc pluriannuel d'appareils de chauffage individuel au bois à partir de l'enquête régionale menée en 2017.

Après avoir déterminé le parc d'appareils et la consommation, un facteur d'émission par polluant est associé. Les facteurs d'émissions utilisés pour le chauffage individuel proviennent de l'étude ADEME/DPED/SBIO de 2010. Les facteurs d'émissions issus de la dernière étude CARVE ne sont pas utilisés pour l'instant, par cohérence avec les inventaires nationaux.

¹ LCSQA, 2019, Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques, disponible sur https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/MTES_Guide_methodo_elaboration_inventaires_PCIT_mars2019.pdf

Individuel	Combustible	NOx	PM10	PM2.5	COVNM	NH3	SO2	CH4	N2O
Chaudières	Bûches <2002	60	238	233	1000	43	10	330	4.0
	Bûches >2002	60	95	93	300	43	10	100	4.0
	Bûches Perf	90	52	51	50	43	10	17	4.0
	Granulés	90	29	28	20	23	10	6.7	4.0
	Plaquettes	90	38	37	20	23	10	6.7	4.0
Poêles et cuisinières	Bûches <2002	60	665	651	1600	43	10	530	4.0
	Bûches >2002	60	247	242	400	43	10	130	4.0
	Bûches Perf	60	133	130	250	43	10	80	4.0
	Granulés	60	67	65	20	23	10	6.7	4.0
	Plaquettes	60	177	174	20	23	10	6.7	4.0
Inserts	Bûches <2002	60	665	651	1600	43	10	530	4.0
	Bûches >2002	60	247	242	400	43	10	130	4.0
	Bûches Perf	60	133	130	250	43	10	80	4.0
Foyers ouverts		60	713	698	1700	45	10	565	4.0

Tableau 1 : Facteurs d'émissions retenus pour le chauffage individuel biomasse (g/GJ)

Chauffage collectif biomasse

La connaissance des logements ayant recours au chauffage collectif biomasse se fait au travers d'un inventaire des installations dédiées au résidentiel par croisement entre plusieurs sources de données :

- Agences locales de l'énergie ;
- Recensement FIBOIS ;
- Appel à projet de la région.

Les informations suivantes sont utilisées pour caractériser les consommations annuelles de biomasse :

- Commune ;
- Année de mise en service ;
- Puissance de la chaudière ;
- Combustible utilisé ;
- Type de locaux chauffés ;
- Consommation déclarée sinon consommation calculée selon puissance de sortie divisée par un rendement de 80% multipliée par le nombre d'heures de fonctionnement, résultant de la valeur moyenne des installations renseignées :
 - o Secteur industriel ou agricole : 4000h ;
 - o Secteur tertiaire :
 - Puissance <1MW : 2000h ;
 - Puissance >1MW : 3400h ;
 - o Secteur résidentiel :
 - Puissance <1MW : 2000h ;
 - Puissance >1MW : 3600h ;
 - o Secteur résidentiel/tertiaire :
 - Puissance <1 MW : 2000h ;
 - Puissance >1 MW : 2250h.

Concernant les chaufferies collectives biomasse :

- Puissance < 1 MW : en l'absence de VLE réglementaire, les valeurs de l'ADEME sont utilisées ;
- Puissance > 1MW :
 - o Mise en service avant 2013 : VLE PM à 50 mg/Nm3 à 13% d'O2 ;
 - o Mise en service à partir de 2013 : VLE PM à 30 mg/Nm3 à 13% d'O2 (correspondant à la réglementation en zone PPA).

Collectif	Combustible	NOx	PM10	PM2.5	COVNM	NH3	SO2	CH4	N2O
< 1 MW	granulés/plaquettes	90	29/38	28/37	20	23	10	6.7	4.0
> 1MW avant 2013	plaquettes	132	17	17	2.2	37	6.0	6.7	4.0
> 1MW à partir de 2013	plaquettes	132	10	10	2.2	37	6.0	6.7	4.0

Tableau 2 : Facteurs d'émissions retenus pour le chauffage collectif biomasse

← Tertiaire

Le logigramme suivant synthétise les calculs relatifs au secteur tertiaire.

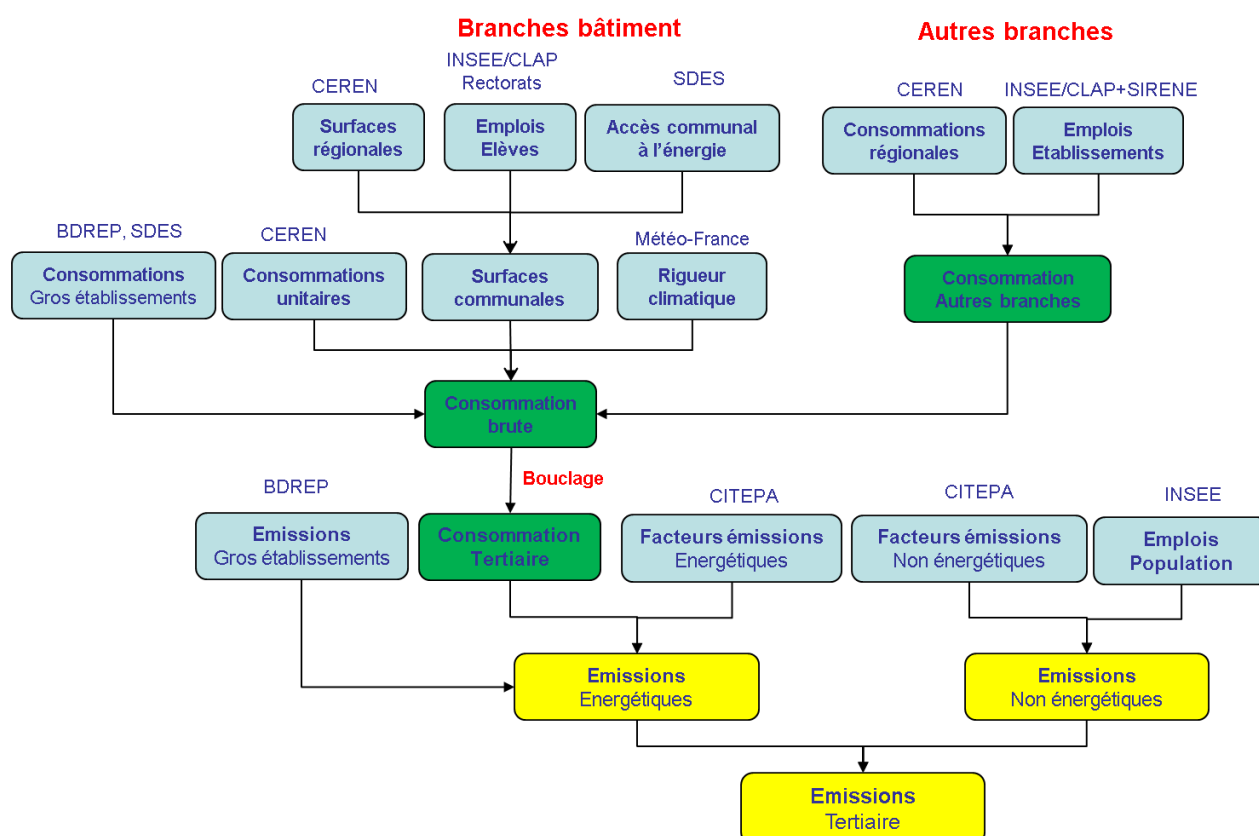


Figure 10 : Logigramme de calcul des consommations et émissions tertiaires

Sources des émissions

Le secteur tertiaire regroupe :

- une branche « bâtiment » : bureaux, cafés hôtels restaurants, commerces, enseignement/recherche, santé, habitat communautaire, sport, culture et loisirs, et activités liées aux transports (logistique, transports en commun) ;
- une branche « non bâtiment » (consommations générales d'immeubles résidentiels et tertiaires, locaux de la défense nationale, secteur des télécommunications, épuration des eaux usées et distribution d'eau potable, secteur de l'édition, collecte des déchets, et datacenters).

Sont regroupées les émissions liées au chauffage et aux autres usages (eau chaude sanitaire, cuisson, usages spécifiques de l'électricité) telles que définies par le CEREN.

Données d'entrée et méthodes de calcul

Contrairement au secteur résidentiel, les données disponibles pour le secteur tertiaire sont en général régionales. La répartition communale s'appuie sur plusieurs variables (ou clés) de répartition :

- Nombre d'élèves pour la branche Enseignement (niveaux 1, 2 et 3) ;
- Base emplois CLAP de l'INSEE pour les autres branches.

Des données locales existent cependant pour quelques branches.

Branche « bâtiment »

Les enquêtes CEREN 1992, 1999, 2007, 2010 et 2013 permettent de disposer d'une consommation unitaire annualisée par branche, énergie et usage (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson, usages spécifiques de l'électricité – climatisation et autres usages). Les années manquantes avant 2013 sont interpolées, pour les autres, une extrapolation de la tendance 2010-2013 est réalisée.

Les émissions des chaufferies biomasse sont également intégrées lorsqu'elles desservent tout ou en partie des bâtiments communaux (cf. chapitre résidentiel).

Des facteurs d'émissions par polluant et combustible (issus du guide méthodologique national OMINEA) permettent d'en déduire les émissions associées.

Branche « non bâtiment »

Les consommations régionales 2010 par branche sont fournies par le CEREN. Une évolution annuelle à dire d'expert est appliquée pour chacune de ces branches:

Branche	désagrégation communale	Evol an
Consommations générales d'immeubles résidentiels et tertiaires	Emplois	-1.0%
Frigo	Emplois	1.0%
Locaux de la défense nationale	Emplois	-2.0%
Secteur des télécommunications	Emplois	2.5%
Epuration eaux usées et distribution eau potable	Emplois	1.0%
Secteur de l'édition	Emplois	-4.0%
Collecte des déchets	Emplois	1.0%
Datacenters	Etablissements	1.0%

Tableau 3 : Evolution annuelle de la consommation régionale par branche non-bâtiment

Transports

← Transport routier

Sources des émissions

Le calcul des émissions est réalisé pour chaque type de véhicule en distinguant :

- les opérations de moteurs chauds stabilisés : ces émissions peuvent parfois dépendre de l'âge du véhicule ;
- la phase de chauffage (les émissions à froid) : définie en fonction du type de parcours (urbain, péri-urbain ou autoroutier) et de la température extérieure ;
- les sources d'évaporation (distinction entre évaporations au roulage, diurnes et suite à l'arrêt du véhicule). Ces deux derniers types sont évalués à partir du parc statique connu annuellement à l'échelon départemental ;
- l'usure des pneus, des plaquettes de freins et des routes : un facteur d'émission moyen par kilomètre est attribué selon le type de véhicule pour les particules ;

- la remise en suspension des particules déposées sur la chaussée : cette source n'est calculée que pour des besoins de modélisation fine échelle (exclue des bilans d'émissions pour éviter tout double compte).

Le logigramme suivant synthétise la démarche retenue pour le calcul des émissions du transport routier à chaud et à froid.

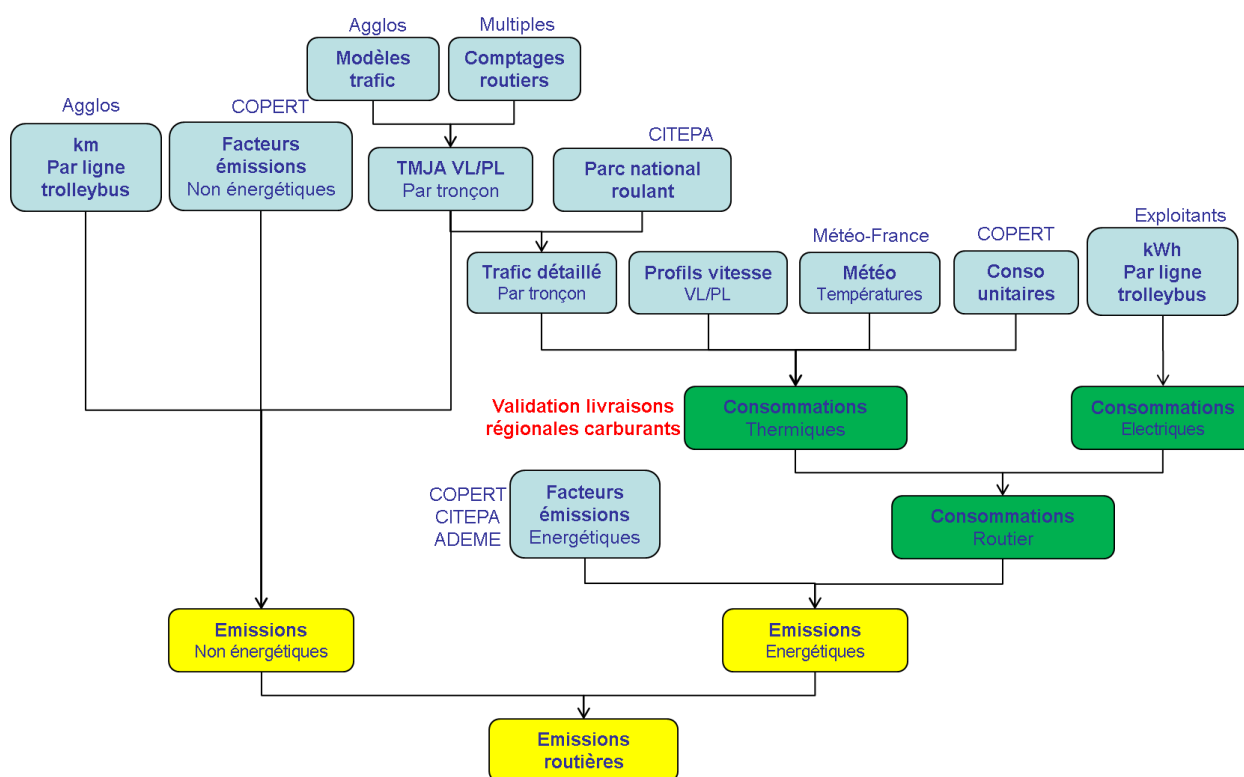


Figure 11 : Chaîne de calcul simplifiée des émissions du transport routier

← Transport ferroviaire

Le logigramme suivant résume l'approche méthodologique.

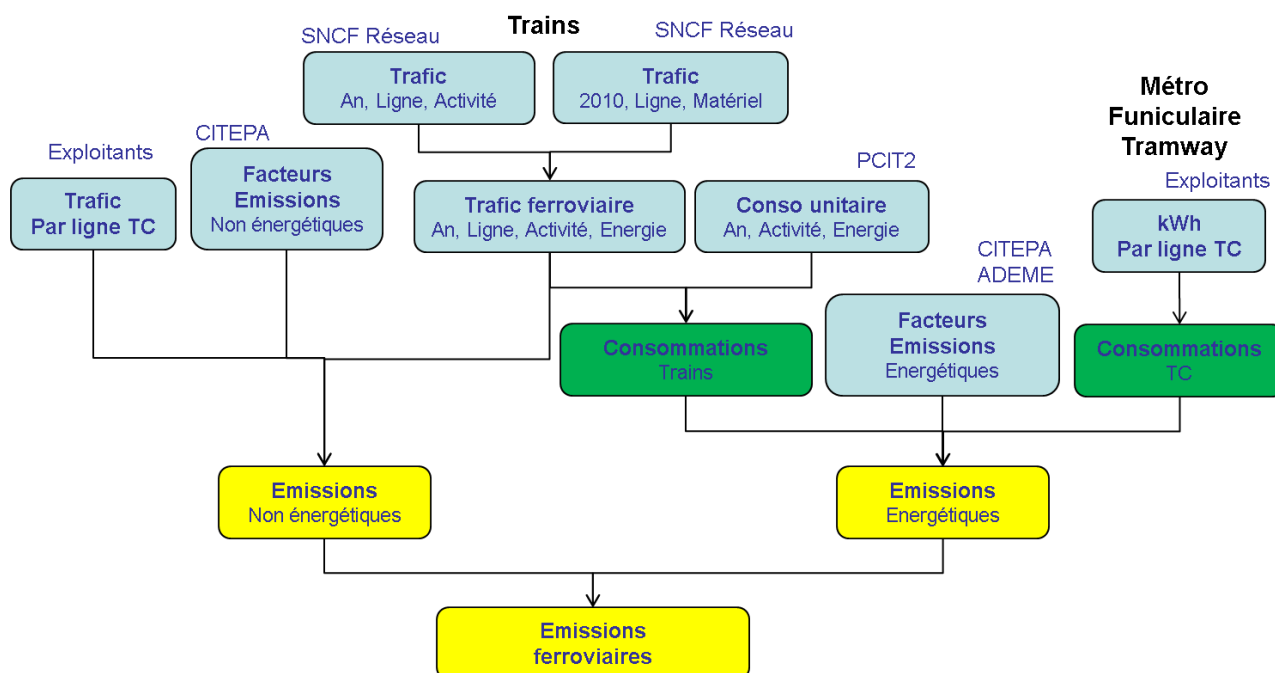


Figure 12 : Chaîne de calcul des émissions du transport ferroviaire

Sont traités également dans ce secteur les transports en commun électriques (tramway) pour lesquels les données de parc roulant, de kilométrage et de consommations d'énergie sont fournies par les exploitants.

Sources des émissions

Les sources d'émissions ferroviaires sont multiples :

- locomotives diesel circulant majoritairement sur les lignes non électrifiées ;
- usure des roues, rails et freins, à l'origine d'émissions de poussières ;
- usure des caténaires (lignes électrifiées), à l'origine d'émissions de poussières et cuivre.

Les principales sources de données utilisées sont les suivantes :

- Les volumes de trafic annuels par tronçon sont fournis par SNCF Réseau sur chaque section du réseau ferroviaire, avec distinction des activités (fret, grandes lignes/TGV et TER) ;
- Une étude détaillée réalisée par SNCF Réseau en 2009 permet de disposer d'informations relatives aux types de matériel roulant et d'en déduire la part des locomotives à traction électrique et diesel (certaines lignes électrifiées pouvant accueillir des locomotives diesel) ;
- Les consommations unitaires des locomotives diesel (moyenne pour tous les types de locomotives évoluant dans le temps) et électriques (valeur fixe dans le temps mais distinguant le fret, les grandes lignes et les TER) ont également été fournies par la SNCF.

← Transport fluvial

Sur le PPA stéphanois, le secteur fluvial n'est pas considéré.

← Transport aérien

Sur le territoire PPA, les émissions de l'aéroport de St-Etienne Bouthéon provenant des aéronefs sont calculées à partir du nombre annuel de mouvements distinguant le trafic domestique/international, les types d'avions, les différents phases LTO (déplacement au sol, poussée, décollage et atterrissage). Les émissions des activités au sol (groupes électrogènes thermiques, antigivrage et dégivrage des avions, tondeuses, push, loader, ...) ne sont pour l'instant pas évaluées par manque de données.

Industries

← ICPE

Le logigramme suivant synthétise les calculs relatifs au secteur de l'industrie manufacturière.

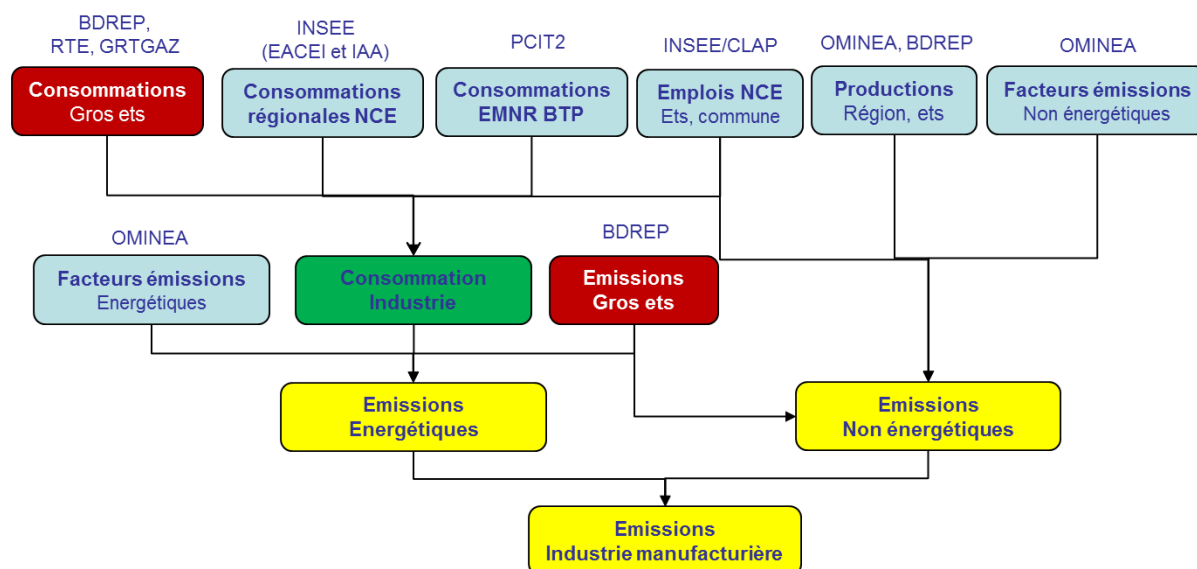


Figure 13 : Logigramme de calcul des consommations et émissions du secteur industrie manufacturière

Données d'entrée et méthodes de calcul

► Consommations et émissions énergétiques

Les données utilisées reposent majoritairement sur les données « réelles » pour les installations importantes des territoires :

- **BDREP** : les ICPE déclarent annuellement à l'Etat leurs consommations d'énergie (sauf électricité) et émissions de polluants (GES et Air), ces informations sont disponibles et complètes depuis 2005. Concernant les années antérieures (dans la perspective de la production d'un bilan consolidé 1990) :
 - Consommations d'énergie : aucune information avant 2003
 - Emissions de GES : aucune information avant 2000, certaines données avant 2005 étant partielles (par exemple CO₂ procédé non renseigné pour certains industriels)
 - Emissions de polluants locaux :
 - NO_x, SO₂ : bien renseigné depuis 1991 ;
 - PM, COVNM : partiellement renseigné depuis 1991 ;
- **RTE** : les consommations réelles d'électricité à l'IRIS, disponibles à l'échelle de l'IRIS en OpenData depuis 2012, sont associées manuellement au client industriel.
- **GRTGAZ** : les consommations réelles de gaz (à usage énergétique, voire en tant que matière première), disponibles à l'échelle de l'IRIS en OpenData depuis 2008, sont associées manuellement au client industriel. Elles viennent en complément des données BDREP.

Les enquêtes régionales EACEI et IAA de l'INSEE permettent d'estimer les consommations et émissions des autres établissements :

- Le solde de consommation régionale est obtenu par déduction entre les consommations régionales par NCE et les consommations régionales provenant de la grosse industrie :
- Cette consommation est ensuite ventilée au prorata des salariés par regroupement NCE des activités.

► Emissions non énergétiques

Les émissions d'origine non énergétique sont estimées à partir des données régionales de productions industrielles ventilées au prorata des emplois associés.

Pour plus d'informations : se référer aux guides méthodologiques régionaux et PCIT mentionnés dans la section bibliographie.

Hypothèses d'évolution des émissions 2018-2027

La moyenne des émissions 2014-2018 a été considérée pour caractériser les émissions tendanciennes 2027.

← Carrières

Le logigramme suivant synthétise les calculs relatifs aux émissions des carrières :

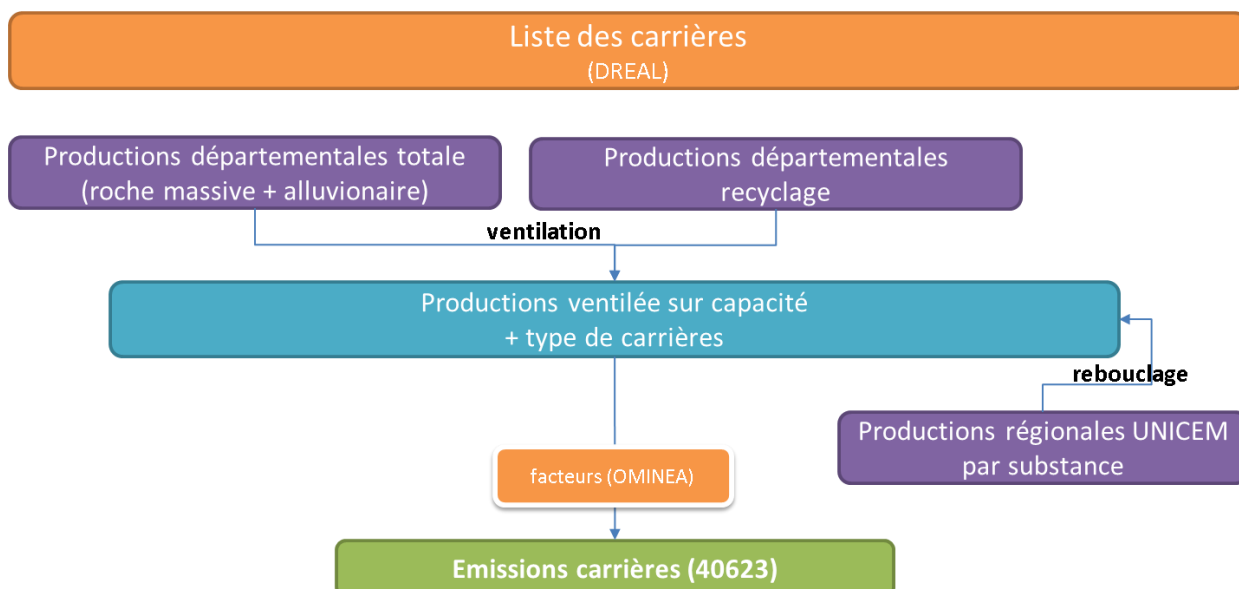


Figure 14 : Logigramme de calcul des émissions des carrières

Données d'entrée et méthodes de calcul

Les émissions des carrières sont calculées de deux manières :

- Pour les plus importantes d'entre elles, les émissions proviennent des déclarations BDREP.
- Pour les autres : on ventile les productions départementales de matériau au prorata des capacités de chacune des carrières (dont la liste a été établie avec la DREAL). Pour chaque carrière, on distingue le traitement de la roche massive de celui des alluvions (une quantité de matériaux recyclés est aussi calculée), les facteurs d'émissions associés à ces types de matériaux étant très différents. Dans le cadre des travaux du PPA, les quantités de matériaux par site ont été collectées pour l'année 2018, ce qui a permis d'ajuster les valeurs estimées antérieurement.

Le facteur d'émission national utilisé ne détaille pas les différentes activités émettrices. Une étude récente menée par Atmo Sud sur une de ses carrières permet de se faire une idée de la répartition des émissions de particules entre les principaux postes émetteurs.

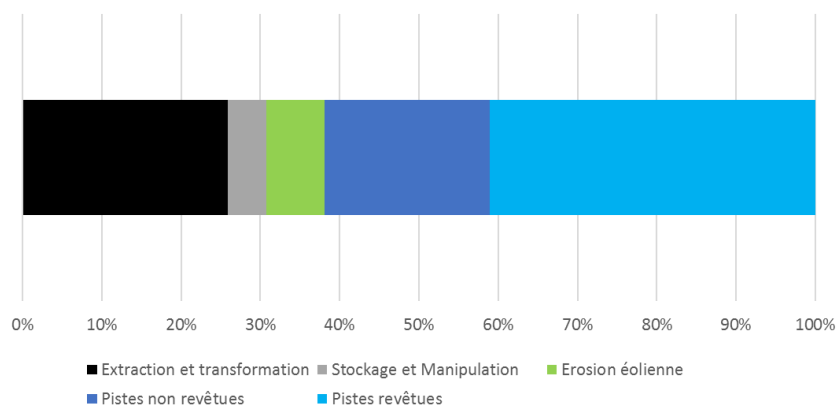


Figure 15 : Répartition des émissions de PM10 des principales sources d'émissions d'une carrière

← Chantiers/BTP

Les émissions des chantiers/BTP proviennent de deux sources :

- Emissions issues des différentes opérations d'un chantier sans détail : démolition éventuelle, terrassement, disqueuse, perçage, ... Estimation à partir des surfaces de chantier issues des permis de construire SITADEL (habitations et locaux tertiaire/industrie) auxquelles est appliqué un facteur d'émission national exprimée en g/ha.
- Emissions des **engins de chantiers** : une consommation régionale de carburant (GPL et GNR) est estimée à partir des enquêtes régionales EACEI puis ventilée au prorata des surfaces communales de chantiers. Des facteurs d'émissions (annualisés pour tenir compte du renouvellement progressif du parc de véhicules) sont ensuite appliqués à ces consommations.

Agriculture

Les émissions agricoles sont d'origine :

- Énergétique : engins agricoles/sylvicoles et chauffage des bâtiments
- Non énergétique selon trois principales sources :

← Elevage

L'évaluation des émissions issues de l'élevage s'appuie sur :

- Des données communales par catégories de cheptel ;
- La répartition des déjections entre bâtiment et stockage ;
- La répartition des types de déjections animales.

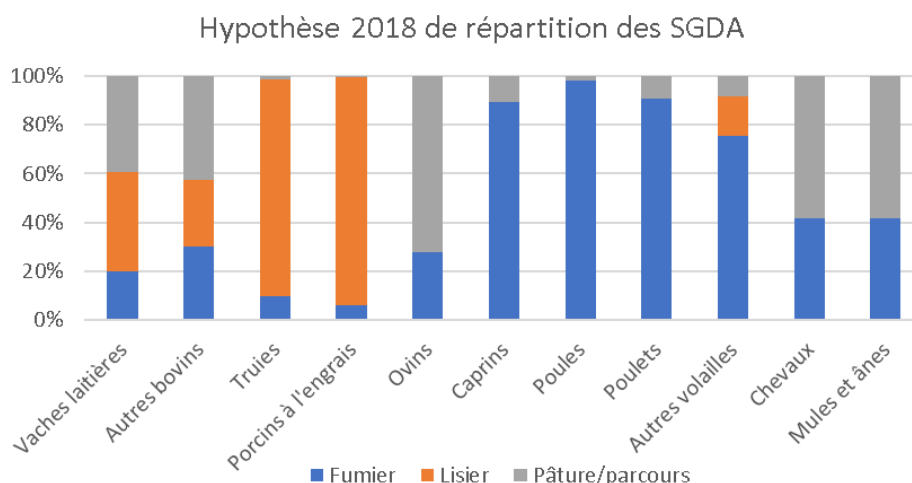


Figure 16 : Répartition des différents systèmes de gestion des déjections animales par type de cheptel

← Epannage

Les épandages d'engrais organiques et minéraux sont réalisés au prorata des surfaces cultivées (terres arables, cultures permanentes et vergers) sans distinction des cultures (par manque d'informations précises).

Epandages minéraux : les quantités épandues s'appuient sur les ventes régionales de la campagne N-1 / N réparties selon 8 catégories.

Epandages organiques : les quantités épandues sont calculées selon :

- Les quantités d'azote ammoniacal contenues dans les déjections épandues par catégorie animale et par type de déjection ;
- Les facteurs d'émission à l'épandage par catégorie animale et par type de déjection (EMEP/EEA) ;
- L'hypothèse que l'ensemble des déjections produites à l'échelle régionale sont épandues sur le territoire (ni import, ni export de déjections) ;
- Le type de matériel utilisé à l'échelle nationale pour l'épandage de lisier bovins et porcins et de facteurs d'ajustement (FA) par technique (d'après les enquêtes bâtiment nationales).

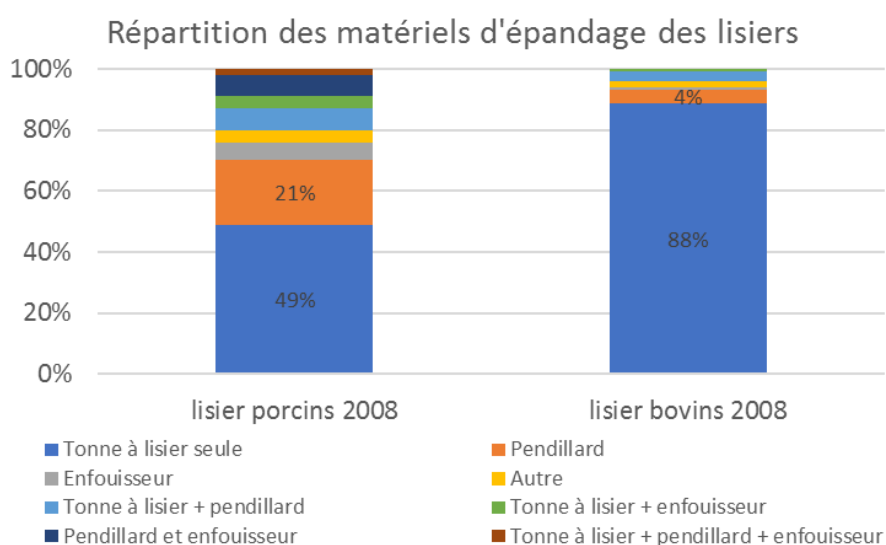


Figure 17 : Répartition des matériels d'épandage

2.5.2. Les principales sources d'émissions à l'échelle du périmètre d'étude

L'analyse des émissions développée ci-après prend en considération 6 polluants :

- les **NO_x**, les **PM_{2,5}**, les **PM₁₀** qui sont les polluants réglementés dont les concentrations dans l'air soulèvent une problématique sanitaire ;
- les **COVnm** et le **NH₃** qui représentent un enjeu dans le cadre des objectifs de réduction d'émissions fixés par le PREPA et qui constituent en outre des polluants primaires impliqués dans la formation d'autres polluants à enjeux pour le PPA ;
- les **SO_x** : polluant dont la concentration est réglementée, mais sans que ça ne pose de difficulté majeure sur le territoire, et qui présente surtout un enjeu dans le cadre des objectifs de réduction d'émissions fixés par le PREPA.

Concernant les autres polluants réglementés :

- **l'ozone**, polluant secondaire et donc non-émis directement par les activités humaines, est traité dans la partie concernant les concentrations ;
- le monoxyde de carbone (CO), le benzo-(a)-pyrène (B-[a]-P), le benzène C₆H₆ et les métaux lourds (plomb, nickel, arsenic, cadmium, mercure) ne présentent pas ou plus d'enjeux, en ce qu'ils respectent assez largement les valeurs limites réglementaires ou/et les valeurs cibles sur le périmètre d'étude considéré. Les données mesurées pour attester ce constat sont en outre disponibles sur le site internet d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes sur les pages suivantes : <https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/donnees/acces-par-station> et <https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/acces-aux-mesures-differees>

Concernant les six polluants considérés, sur le périmètre d'étude du PPA, les émissions représentent en 2017 environ 5 900 tonnes pour les NO_x, 1 800 tonnes pour les PM₁₀, dont 1 500 tonnes de PM_{2,5} ; 5 500 tonnes de COVnm, 3 300 tonnes d'ammoniac et 600 tonnes de SO_x. Le poids relatif des différentes sources d'émissions est très variable d'un polluant à l'autre.

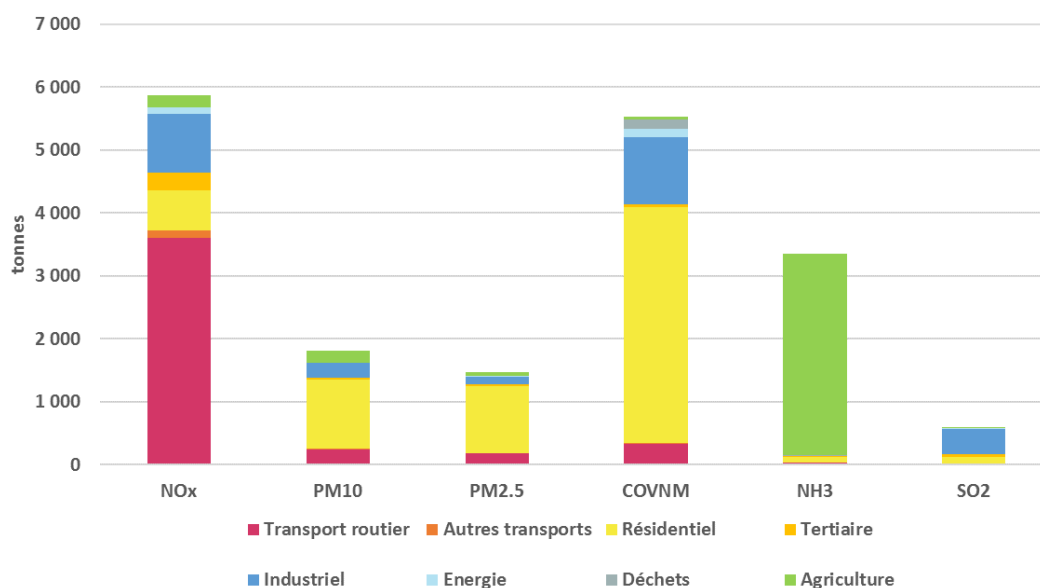


Figure 18 : Répartition des émissions par secteur d'activités en 2017/ Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020

NB : Le secteur de la production d'énergie regroupe entre autres : le chauffage urbain et les chaufferies associées, les raffineries, les UIOM/ISDND/méthaniseurs (avec valorisation énergétique), les centrales thermiques, les centrales nucléaires. Chacun de ces sites est considéré dans l'inventaire comme une source ponctuelle et est traité individuellement.

Les sources d'émissions varient selon les polluants. Pour les NOx, plus de 60% des émissions sont en provenance du transport routier, le deuxième secteur le plus émetteur est le secteur industriel (17%).

Pour les PM10, environ 60% provient du secteur résidentiel, la contribution de ce secteur monte à près de 75% pour les émissions de PM2.5. Les émissions de ce secteur sont principalement dues au chauffage au bois des particuliers. Les autres secteurs émetteurs se répartissent uniformément entre le transport routier (13% des PM10), l'industrie (13% des PM10) et l'agriculture (10% des PM10).

Les émissions anthropiques de COVNM (précurseurs de l'ozone), sont principalement émises par le secteur résidentiel via le chauffage au bois et l'usage de produits domestiques émetteurs de COVNM. Ce secteur représente ainsi 68% des émissions en 2017, le second contributeur majeur en COVNM est l'industrie avec 22% des émissions.

Les émissions de NH3 sont pour la quasi-totalité émises par le secteur agricole (95%). Les émissions d'oxydes de soufre proviennent du secteur industriel.

2.5.3. Analyses de l'historique des émissions depuis 2000

Depuis les années 2000, les émissions de polluants sont en assez nette diminution sur l'ensemble de la zone d'étude. Les principaux facteurs expliquant cette évolution favorable sont les durcissements réglementaires concernant les émissions industrielles et les véhicules routiers. L'amélioration de l'efficacité énergétique des logements et l'amélioration des systèmes de chauffage y contribuent aussi.

Evolution des émissions de NOx

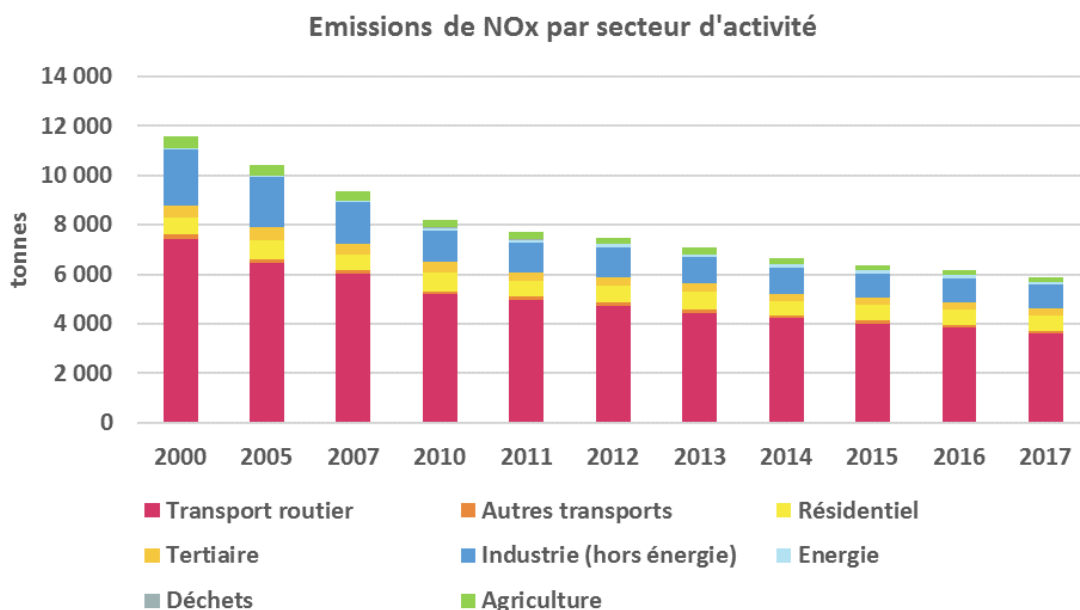


Figure 19 : Evolution des émissions de NOx / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020

La baisse significative observée depuis 2000 concernant les émissions de NO_x est surtout liée aux secteurs de l'industrie et du transport routier. La diminution des émissions industrielles, principalement entre 2005 et 2010, est en grande partie imputable à une efficacité grandissante des technologies de dépollution, en lien avec le durcissement des réglementations appliquées à cette période. La diminution des émissions du transport routier s'explique par le renouvellement continu du parc de véhicules en circulation, avec en particulier la généralisation des systèmes de dépollution sur les véhicules neufs à compter du milieu des années 2000 imposée par les normes EURO successives. Cette baisse des émissions unitaire des véhicules est en partie contrebalancée par l'augmentation du trafic routier.

Evolution des émissions de PM₁₀ et PM_{2.5}

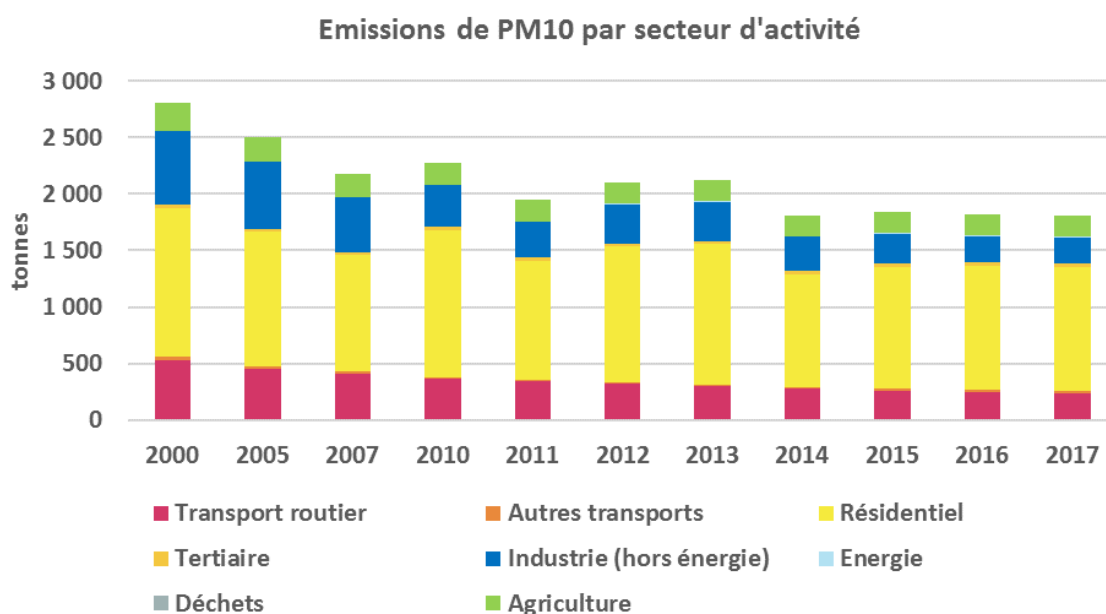


Figure 20 : Evolution des émissions de PM10 / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020

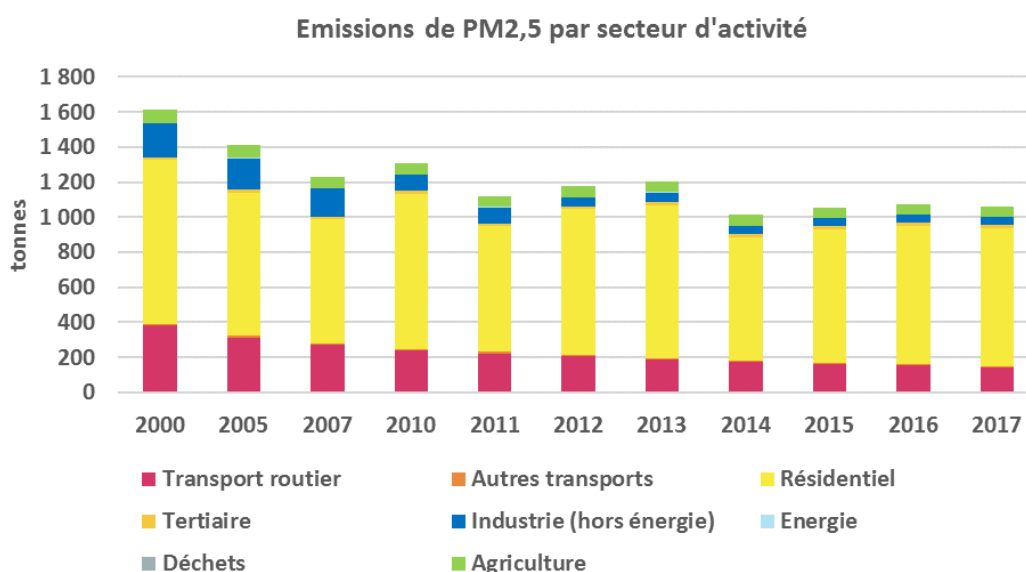


Figure 21 : Evolution des émissions de PM_{2,5} / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020

Les PM_{2,5} étant un sous-ensemble des PM₁₀, la chronique des émissions suit logiquement la même trajectoire. La baisse observée sur plusieurs années est avant tout imputable au transport routier (renouvellement du parc automobile, avec la généralisation des filtres à particules pour les véhicules neufs à partir de 2011) ainsi qu'à l'industrie (amélioration des procédés de fabrication, renforcement des normes relatives aux rejets des ICPE, réduction d'activités ou fermeture de certaines unités).

En corollaire, les émissions du secteur résidentiel ont baissé mais moins fortement : l'amélioration de l'efficacité énergétique des logements et des systèmes de chauffage est avérée pour les logements neufs, toutefois l'amélioration du bâti existant constitue un chantier très vaste avec un taux de renouvellement annuel bien moins élevé que ce qu'on peut observer pour les véhicules. De plus, les surfaces à chauffer continuent à augmenter.

Au-delà de cette tendance à la baisse sur le long terme, les chroniques ci-dessus font apparaître des fluctuations annuelles s'expliquant par les variations météorologiques d'une année à l'autre. En effet, les hivers plus rigoureux occasionnent des besoins en chauffage accrus et donc des consommations de combustible associées, en particulier pour le bois de chauffage. C'est pourquoi ces émissions de PM sont plus fortes en 2010 par exemple, année marquée par un hiver plus froid.

Evolution des émissions de Composés Organiques Volatils non méthaniques (COVnm)

Les émissions de COVnm ont connu une baisse marquée au cours des années 2000 notamment du fait de la baisse des émissions du secteur des transports et de l'industrie, pour les mêmes raisons que celles invoquées pour les PM et les NO_x. Cependant depuis 2014 ces émissions stagnent.

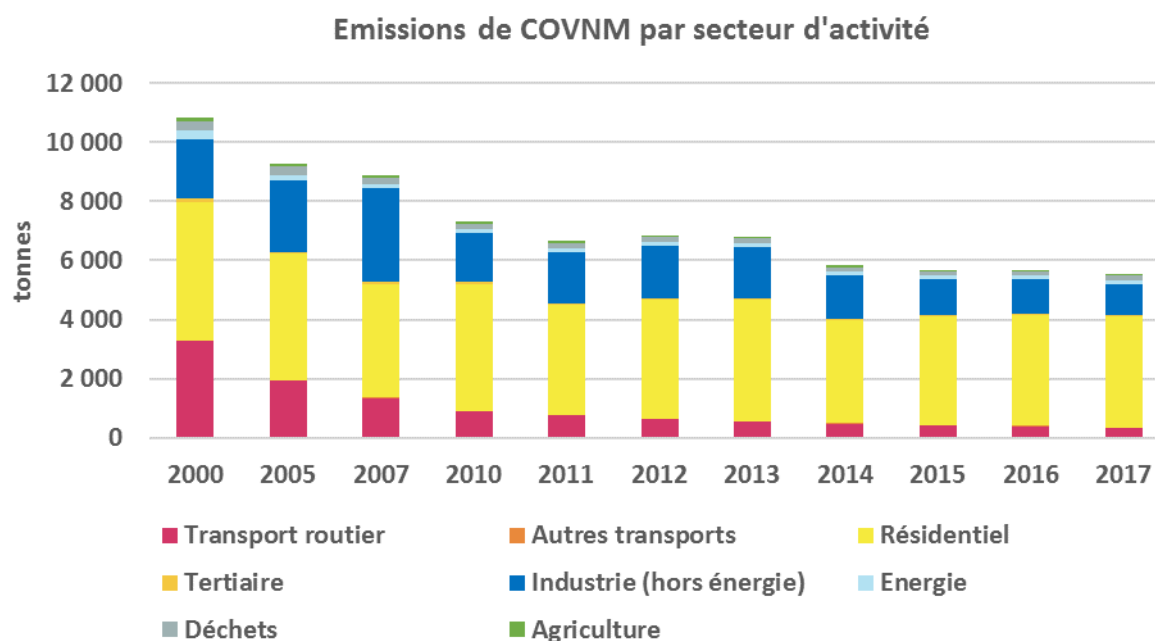


Figure 22 : Evolution des émissions de COVNM / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020

Evolution des émissions d'ammoniac NH₃

Les émissions d'ammoniac sur la zone d'étude présentent une légère variabilité annuelle, mais sont globalement stables sur la période considérée.

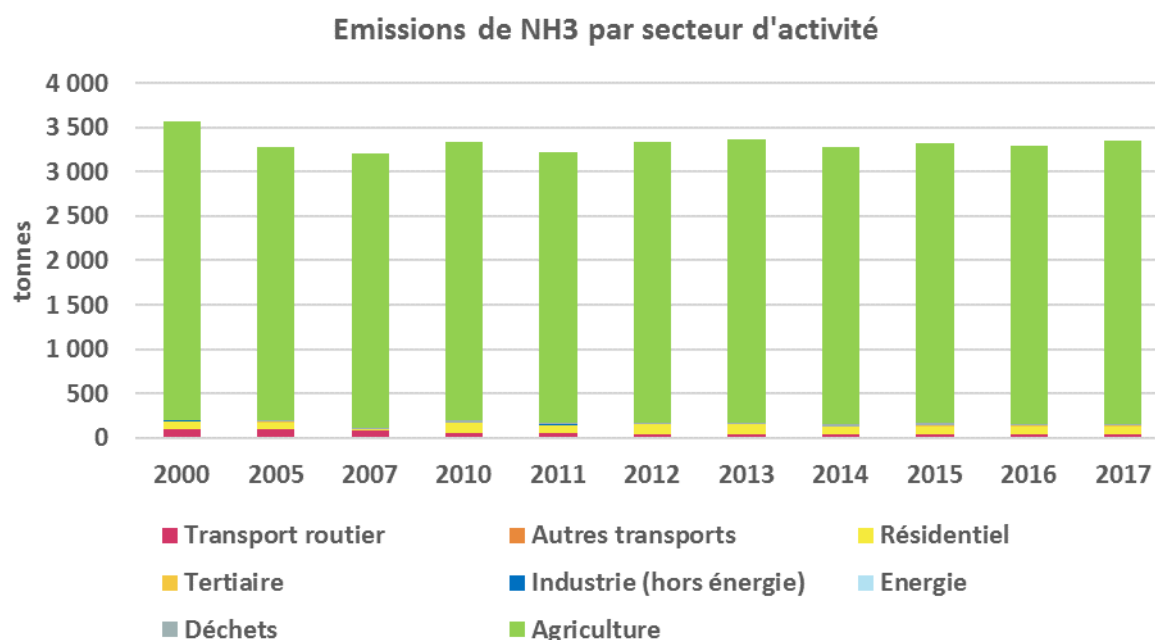


Figure 23 : Evolution des émissions de NH₃ / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020

Evolution des émissions d'oxydes de soufre (SO_x)

Le niveau d'émissions était à l'origine élevé sur le territoire d'étude en lien avec la forte concentration d'activités industrielles dans la vallée du Gier et dans le secteur d'Andrezieux-Bouthéon/Veauche. Une baisse importante est intervenue au début des années 2000, en lien avec les évolutions réglementaires appliquées

à ce secteur, ainsi qu'au secteur du transport et à la branche énergie (réduction de la teneur en soufre des combustibles, mise en œuvre de limitations réglementaires plus sévères, etc.) La baisse est moins marquée depuis 2012 et on observe une légère variabilité des émissions annuelles en lien avec la variation de l'activité des sites industriels émetteurs.

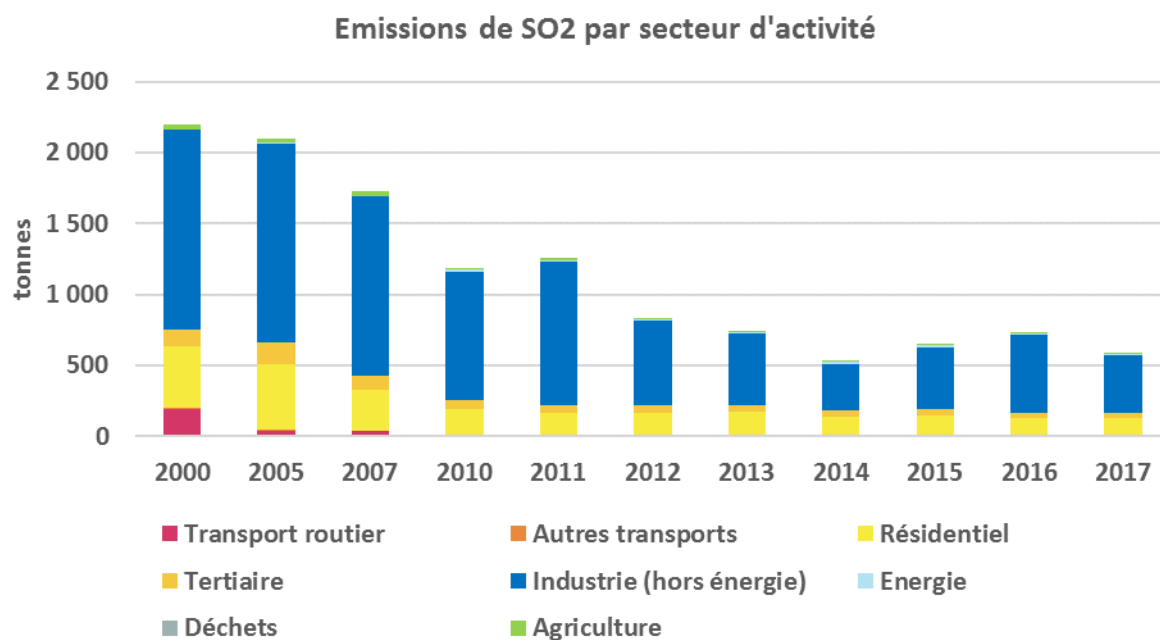


Figure 24 : Evolution des émissions de SO₂ / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020

2.5.4. Analyse des émissions par EPCI

Le tableau ci-dessous reprend la contribution en émissions de chacun des 4 EPCI de la zone d'étude pour chacun des polluants analysés précédemment.

EPCI	Emissions 2017 (t)					
	COVNM	NH ₃	NO _x	SO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
Loire Forez	1383	1523	1266	153	522	421
Forez-Est	744	984	1158	267	340	238
Loire et Semène	195	149	142	7	77	59
Saint-Etienne Métropole	3051	758	2996	113	759	646

La figure ci-dessous présente la contribution de chacun des 4 EPCI.

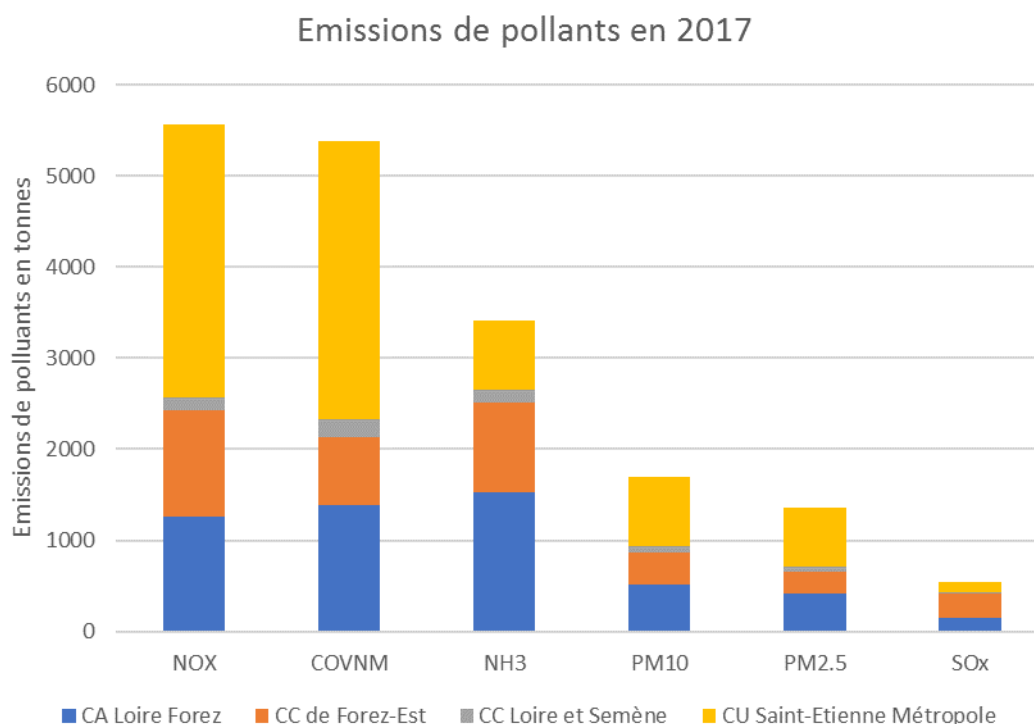


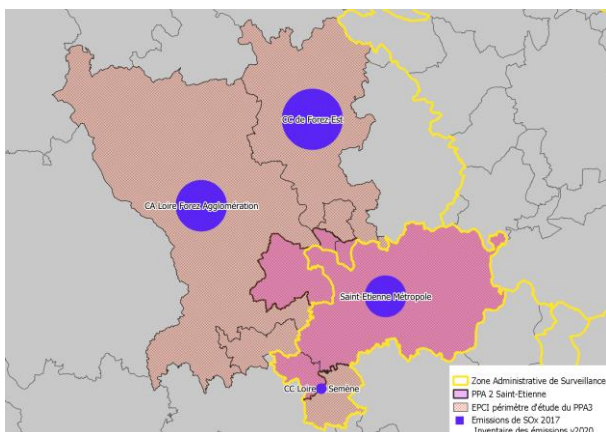
Figure 25 : Répartition des émissions polluantes par EPCI / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020

Saint-Etienne Métropole qui rassemble près de 68% de la population est le premier territoire contributeur de COVnm avec 57% des émissions, 54% des émissions de NOx, 47% des émissions de PM2.5 et 45% des émissions de PM10. Elle ne représente cependant que 22% des émissions d’ammoniac compte tenu de son caractère urbanisé et 21% des émissions de SO2. Rapportées à l’habitant, les émissions sont les plus faibles de la zone d’étude. En effet les zones denses permettent des approches plus efficaces et plus économes en énergie en matière de déplacements ou de logements.

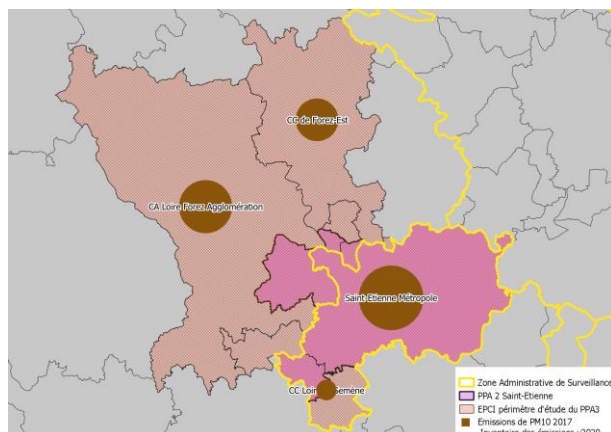
Sans surprise au regard du poids démographique, Loire-Forez Agglomération arrive en seconde position pour la majorité des polluants, 1ère pour le NH3.

La communauté de communes Forez-Est avec un tissu industriel important est le premier contributeur de SOx et présente des émissions par habitant de NOx relativement élevées.

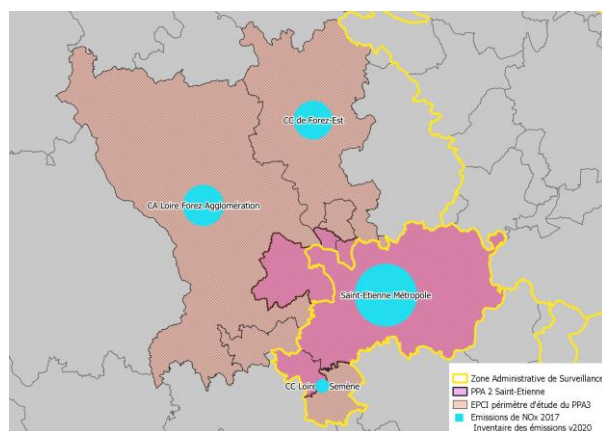
Avec seulement 3% de la population de la zone d’étude, la communauté de commune de Loire et Semène se classe 4ème au classement pour l’ensemble des polluants émis.



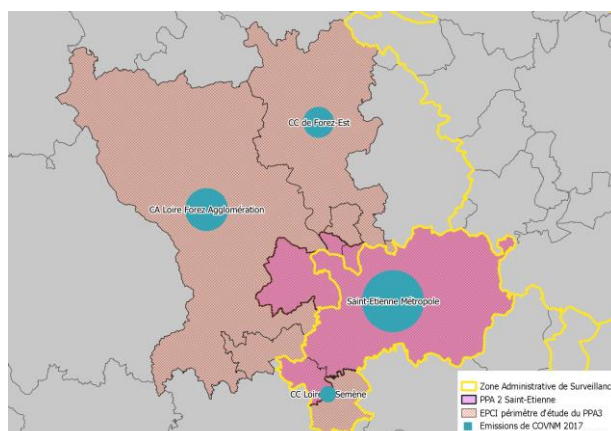
SOx



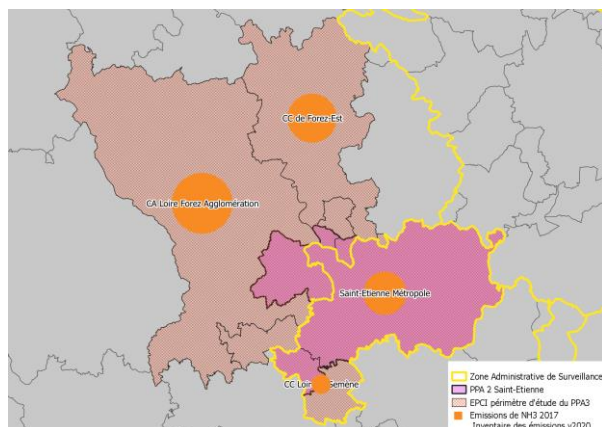
PM10



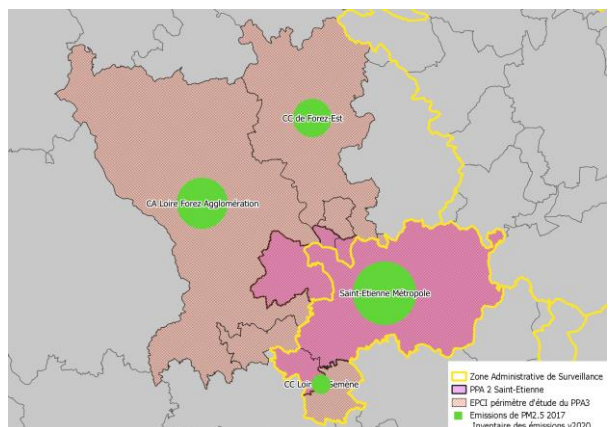
NOx



COVNM



NH3



PM2.5

Figure 26 : Cartographie des émissions polluantes par EPCI / Source : Inventaire Atmo Aura ESPACE V2020

2.6. Evaluation de la qualité de l'air à l'échelle du périmètre d'étude

En complément de ces analyses des niveaux d'émissions des différents polluants atmosphériques, il est utile d'analyser l'évolution des concentrations de ces polluants qui sont plus directement révélatrices de la qualité de l'air sur le territoire. Les analyses présentées ci-après portent sur les différents polluants dont les concentrations représentent un enjeu pour le PPA3 : le NO₂, les PM₁₀ et PM_{2,5} ainsi que l'ozone (O₃). Dans un souci de cohérence entre les différents travaux portés par Atmo Auvergne Rhône Alpes, l'évaluation est figée à l'année 2017. En effet, 2017 sert d'année météorologique de référence pour l'évaluation *ex ante* (cf partie 3) du PPA. Il convient de préciser que les années 2018 à 2020 ont été marquées par une amélioration de la qualité de l'air, notamment en lien avec des conditions météorologiques plus favorables (hiver peu prononcé, périodes de chaleur courte, printemps perturbés).

2.6.1. Présentation des outils de modélisation

Méthodologie

La chaîne de modélisation des concentrations utilisée intègre plusieurs échelles spatiales. En effet, la méthode développée par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes combine les résultats de modèles à l'échelle de la région et à fine échelle (10 mètres).

Cette méthode a évolué vers une approche permettant d'améliorer significativement l'association des deux échelles et sa comparaison avec les mesures disponibles dans le réseau de l'observatoire régional. Ces améliorations progressives ont été entreprises au cours des dernières années à travers différents axes de travail comme :

- des améliorations du cadastre des émissions (recensement du parc local de chauffage au bois, spatialisation des émissions, mises à jour des facteurs d'émissions, ...),
- des tests de sensibilités de modélisation et de post-traitements de modélisation réalisés par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes,
- des mises à jour régulières des modèles utilisés par les équipes de recherche comme l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), le Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD), l'Ecole Centrale de Lyon (ECL), le National Center for Atmospheric Research (NCAR) et National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Les modèles utilisés dans l'approche par modélisation prennent en compte de nombreux paramètres afin de caractériser au mieux la qualité de l'air en tout point du territoire : les conditions météorologiques, les émissions polluantes (dont celles du trafic de proximité), la description des rues et du bâti, les mesures de polluants sur le terrain, les processus chimiques.

Réalisation des cartographies

La première étape est un calcul utilisant des modèles régionaux et géostatistiques. Il s'agit d'une spatialisation des polluants à l'échelle régionale dite « de fond », c'est-à-dire à l'échelle du kilomètre.

Cette approche utilise tout d'abord le modèle météorologique WRF² (pour calculer les conditions météorologiques), puis le modèle de chimie transport CHIMERE³ (pour modéliser le transport atmosphérique des polluants).

Une étape d'adaptation géostatistique (appelée krigeage) est ensuite effectuée afin de « redresser » la carte de concentration avec les concentrations mesurées à l'emplacement des stations du réseau d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

La seconde étape est réalisée à l'échelle locale et utilise le modèle de transport atmosphérique en milieu urbain SIRANE⁴, développé par l'Ecole Centrale de Lyon. A ce stade, la dispersion de polluants due aux émissions issues du transport et des plus grandes sources ponctuelles industrielles est modélisée à une échelle fine (10m).

Les cartographies de pollution atmosphérique à haute résolution (10m) sont alors calculées en combinant la cartographie de l'échelle locale avec la cartographie de fond.

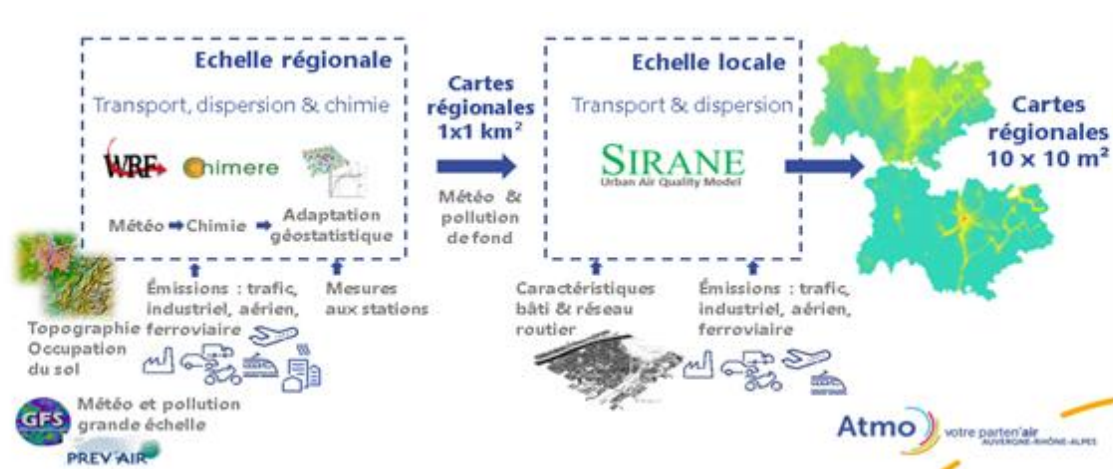


Figure 27 : Chaîne de modélisation régionale

Cet outil de modélisation a été appliqué aux différents scénarii du projet. À chaque scénario correspond un nouveau cadastre des émissions, une mise à jour du réseau routier et une météorologie fixe qui constituent un nouveau jeu de données d'entrées.

Calcul de l'exposition des populations

Le calcul de l'exposition est réalisé en croisant les cartes de concentrations de polluants à une résolution de 10 mètres avec la répartition spatiale des populations résidentes.

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air a fourni une couche de bâtiments dans lesquels figurent les populations résidentes pour l'année 2016 selon une méthodologie décrite dans la note « Méthodologie de répartition spatiale de la population »⁵.

La population par bâtiment est ensuite projetée sur la grille de 10 m de résolution servant à la modélisation. Cela permet de croiser, en chaque point du territoire, la population et la concentration de polluants et d'en

² WRF : National Center for Atmospheric Research <http://www.wrf-model.org/>

³ CHIMERE : Institut Pierre-Simon Laplace, INERIS, CNRS <http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere/chimere.php>

⁴ Soulhac L, Salizzoni P, Mejean P, Didier D, Rios I. The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion; PART II, validation of the model on a real case study. Atmos Environ. 2012 Mar; 49(0): 320.37.

⁵ Le détail de la méthodologie est disponible à partir de cette page : https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/drc-15-152374-01704a_utilisation_donnees_population_majic_vf.pdf

déduire les niveaux d'exposition de la population, ainsi que le nombre d'habitants exposés au-dessus d'un seuil.

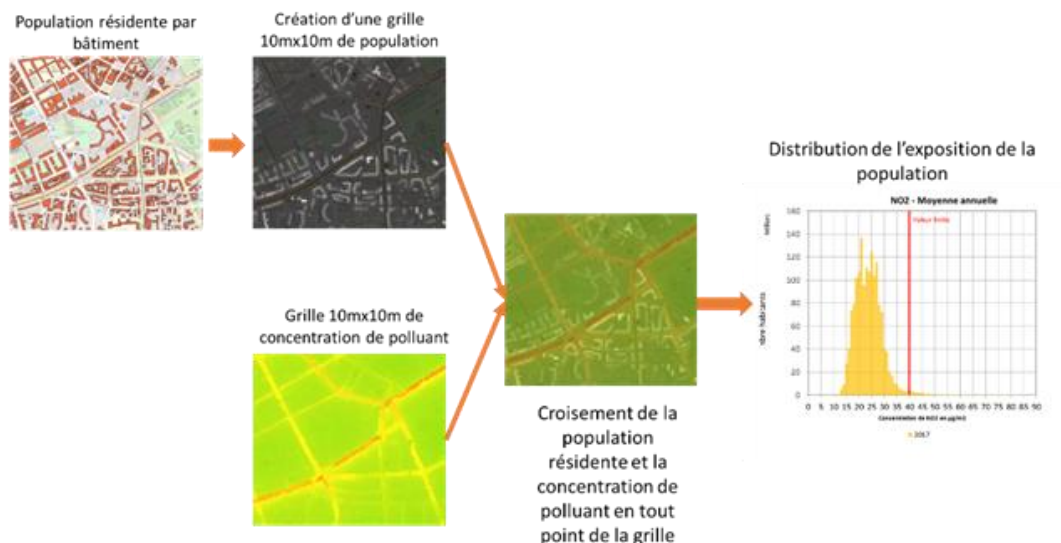


Figure 28 : Schéma de calcul de l'exposition de population

Les émissions de polluants sont présentées à partir des données de l'inventaire de l'année 2017 qui constituera l'année de référence retenue pour l'évaluation du PPA3. L'analyse des concentrations détaillée ci-après couvre l'ensemble de la zone d'étude prise en compte pour la révision de ce PPA.

2.6.2. Le dioxyde d'azote

Ce paragraphe présente l'évolution des niveaux de concentration en NO₂ sur les différents types de stations de mesures du réseau d'Atmo sur le périmètre d'étude : en proximité routière et en fond urbain/périurbain.

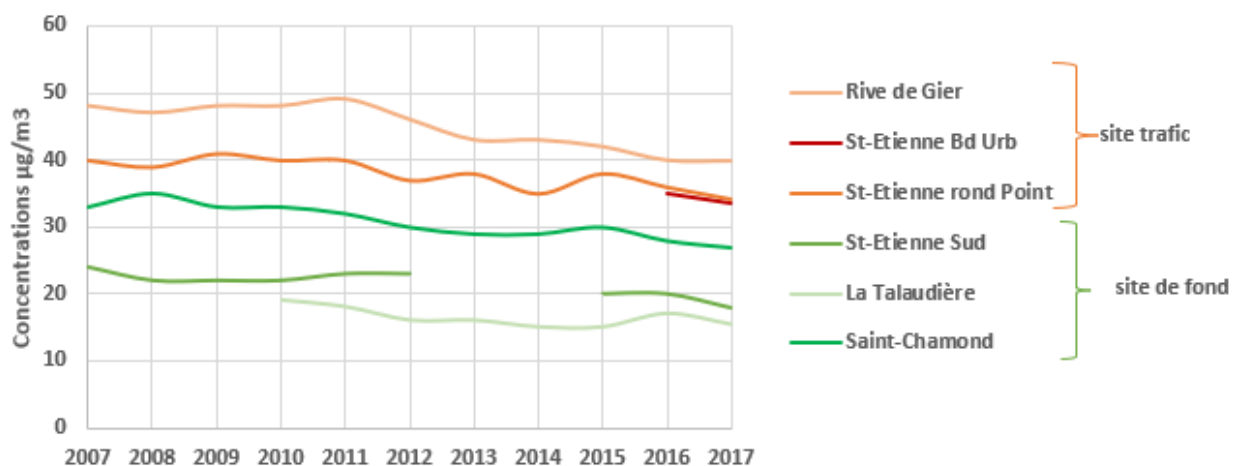


Figure 29 : Historique des moyennes annuelles en NO₂ pour les stations de la zone d'étude

En cohérence avec l'évolution des émissions décrite précédemment, les concentrations de dioxyde d'azote ont tendance à diminuer régulièrement ces dernières années. Ainsi depuis 2017, les mesures effectuées sur l'ensemble des sites de mesure respectent la valeur limite.

Un modèle est un outil complémentaire à la mesure. Il permet d'estimer les concentrations de divers polluants en tout point d'un domaine géographique donné, pour des périodes passées, présentes ou futures.

La carte ci-dessous présente les niveaux de concentration annuelle en NO₂ modélisés sur l'aire d'étude pour l'année 2017, avec une valeur limite réglementaire annuelle à 40 µg/m³.

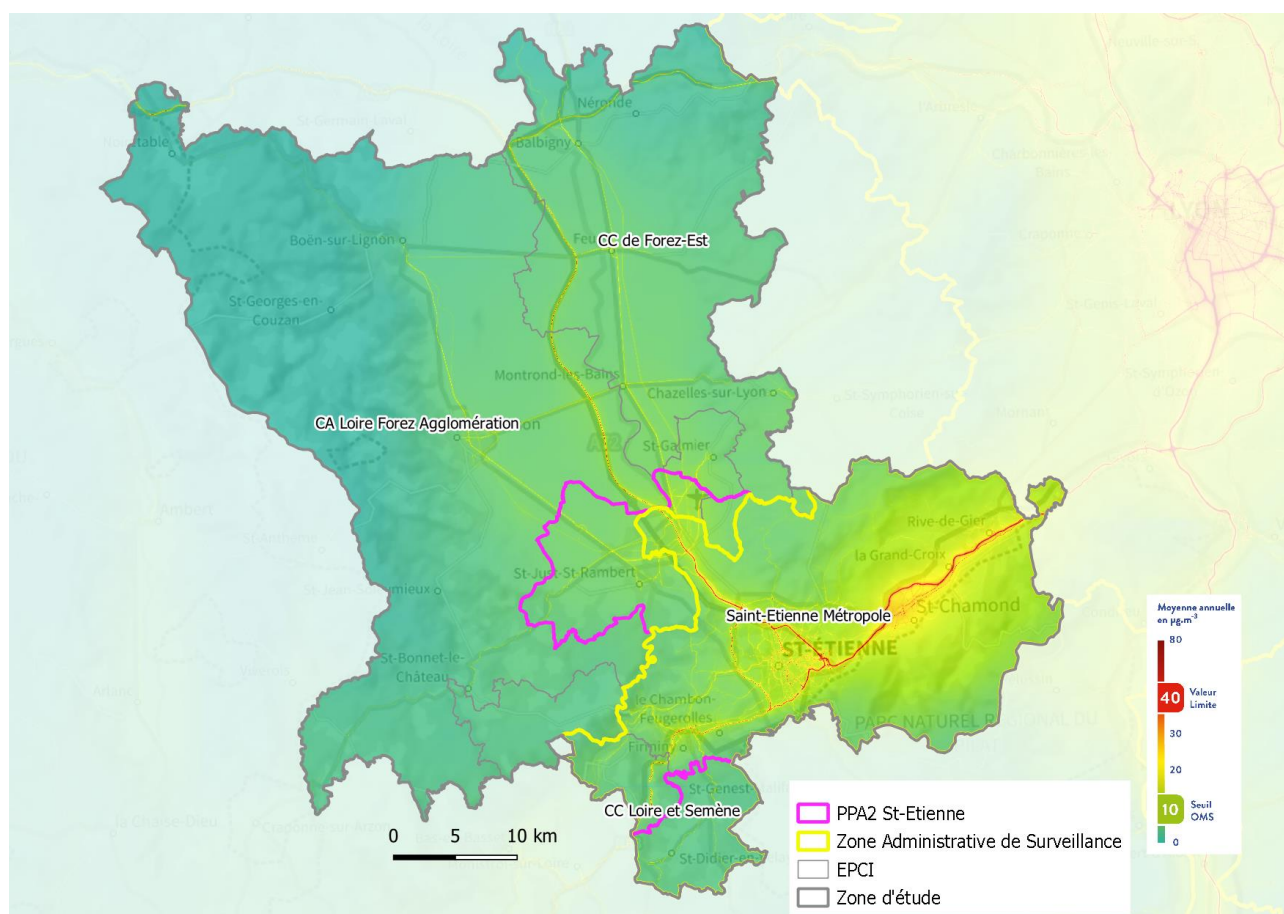


Figure 30 : Cartographies des concentrations moyennes annuelles en NO₂ sur l'année de référence 2017

Ainsi même si l'ensemble des sites de mesures respectent la valeur limite en 2017, la modélisation met en évidence des zones en dépassement dans la vallée du Gier en proximité de l'A47, dans le centre-urbain de Saint-Etienne et le long des principales pénétrantes et de contournement de l'agglomération.

Ainsi, sur le périmètre d'étude du PPA, Atmo estimait à environ 1 200 le nombre de personnes exposées à des niveaux supérieurs à la valeur limite annuelle en concentration en NO₂ en 2017.

Le graphique ci-dessous détaille ce chiffre pour chacun des EPCI.

Population exposée au-dessus de la valeur limite NO₂

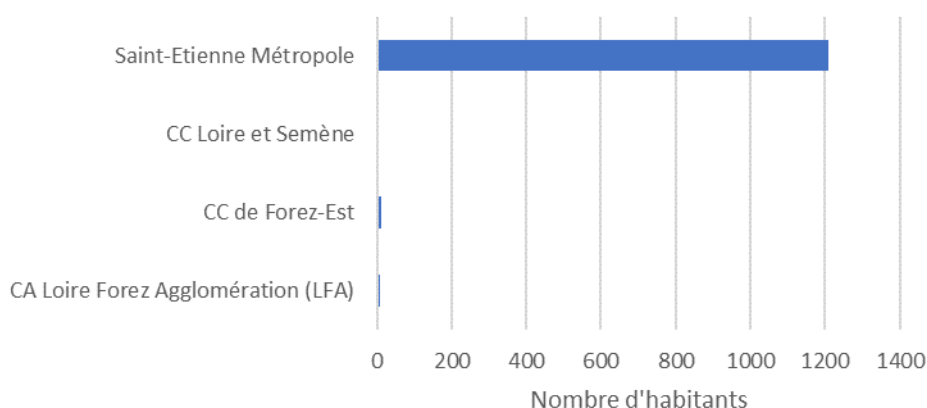


Figure 31 : Exposition de la population des EPCI au dioxyde d'azote en 2017 (concentration > 40 µg/m³)

2.6.3. Les particules fines PM₁₀

Ce paragraphe présente l'évolution des niveaux de concentration en PM₁₀ sur les différents types de stations de mesures du réseau d'Atmo du périmètre d'étude : en proximité trafic et en fond urbain/périurbain.

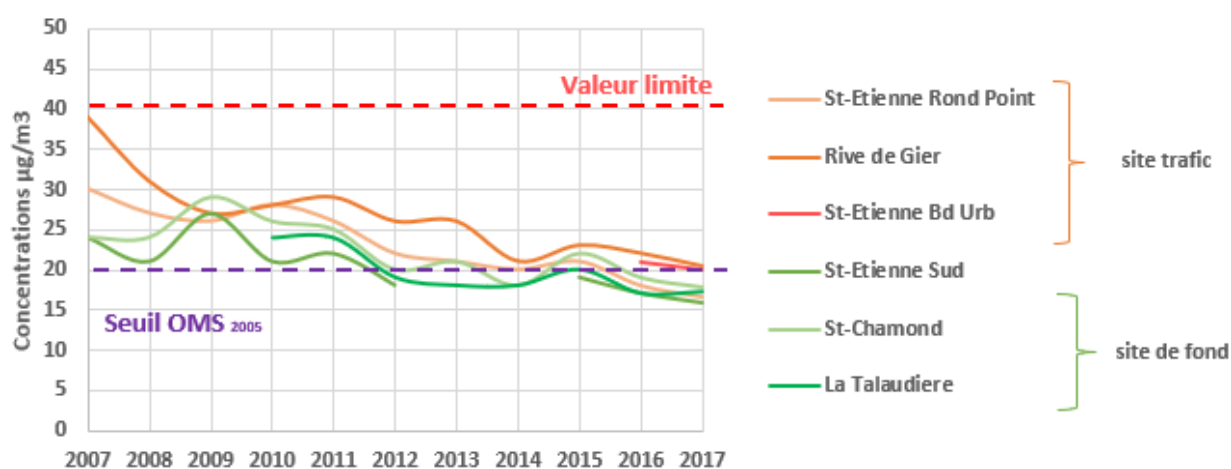


Figure 32 : Historique des moyennes annuelles en PM₁₀ sur le périmètre d'étude

Au niveau du réseau de mesures fixes de la zone d'étude PPA, la valeur limite en moyenne annuelle (40 µg/m³), est respectée déjà depuis de nombreuses années, quelle que soit la typologie des stations de mesures. Le seuil recommandé par l'OMS₂₀₀₅ (20 µg/m³) est respecté en situation de fond depuis 2016.

Modélisation des concentrations annuelles et journalières en PM₁₀ à l'échelle du territoire pour l'année de référence

La carte ci-dessous présente les niveaux de concentration annuelle en PM₁₀ modélisés sur l'aire d'étude pour l'année 2017, avec une valeur limite réglementaire annuelle à 40 µg/m³.

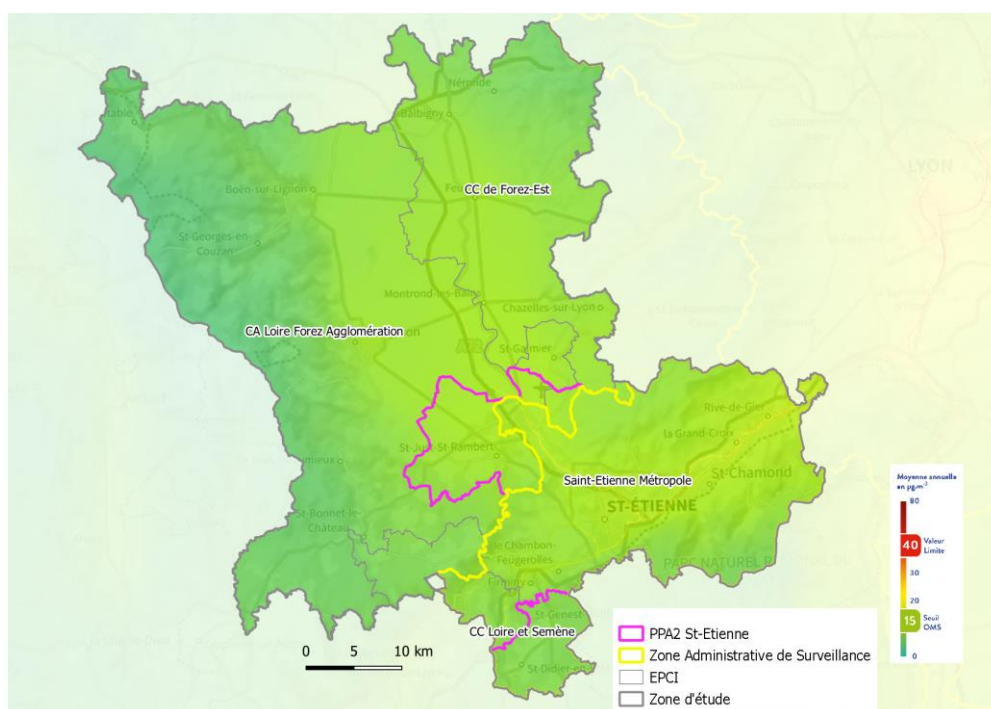


Figure 33 : Concentrations annuelles en PM10 sur le périmètre d'étude

La valeur limite annuelle est respectée sur l'ensemble du territoire. Le seuil recommandé par l'OMS₂₀₀₅ (20 µg/m³) n'est dépassé que très ponctuellement en proximité routière des axes les plus circulés (A47, A72, contournement Ouest de Saint-Etienne...). Seule 1,9% de la population est concernée par un niveau de pollution dépassant ce seuil OMS.

La carte ci-dessous illustre le nombre de jours au-dessus du seuil de la valeur limite journalière en PM₁₀ en 2017, avec une valeur limite réglementaire journalière de 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.

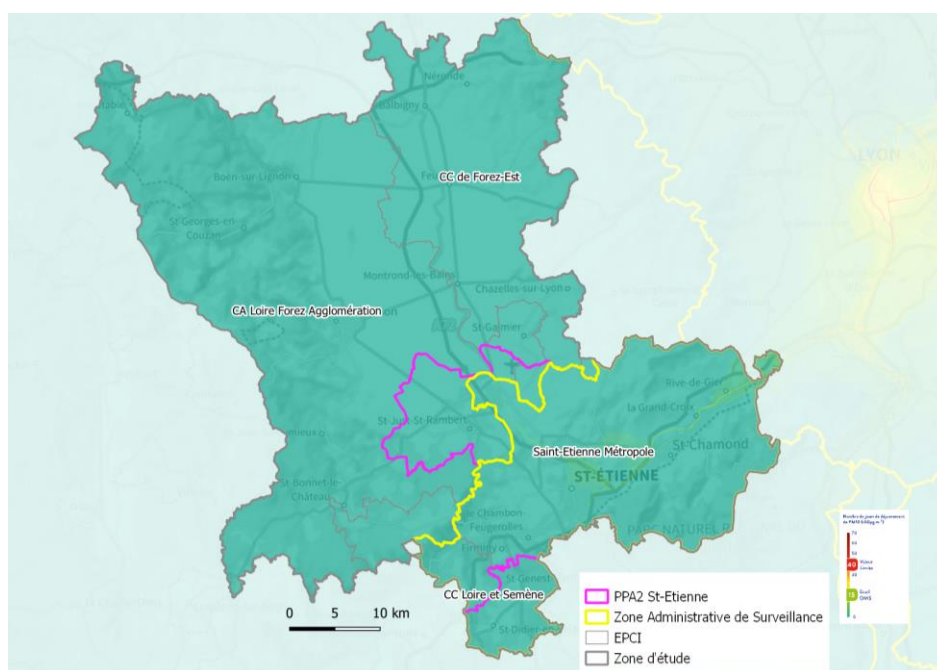


Figure 34 : Nombre de jours au-dessus du seuil de la valeur limite journalière en PM10 en 2017

Pour l'année 2017, comme depuis au moins 5 ans, la valeur limite en moyenne journalière (35 jours par an $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est respectée au niveau de toutes les stations de mesure d'Atmo. L'évaluation des niveaux par modélisation ne montre également aucune zone en dépassement de cette valeur. Aucun habitant de la zone d'étude n'est donc exposé au-dessus de ce seuil réglementaire.

2.6.4. Les particules fines PM_{2,5}

Informations relatives à l'évolution de la qualité de l'air pour les PM_{2,5}

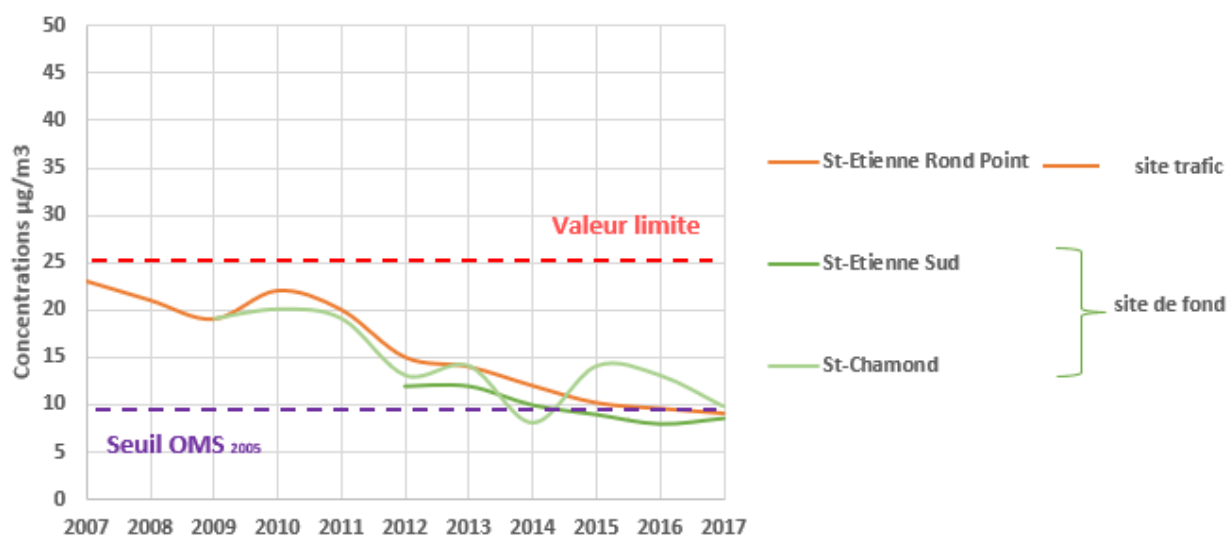


Figure 35 : Historique des moyennes annuelles en PM_{2,5} sur la zone d'étude

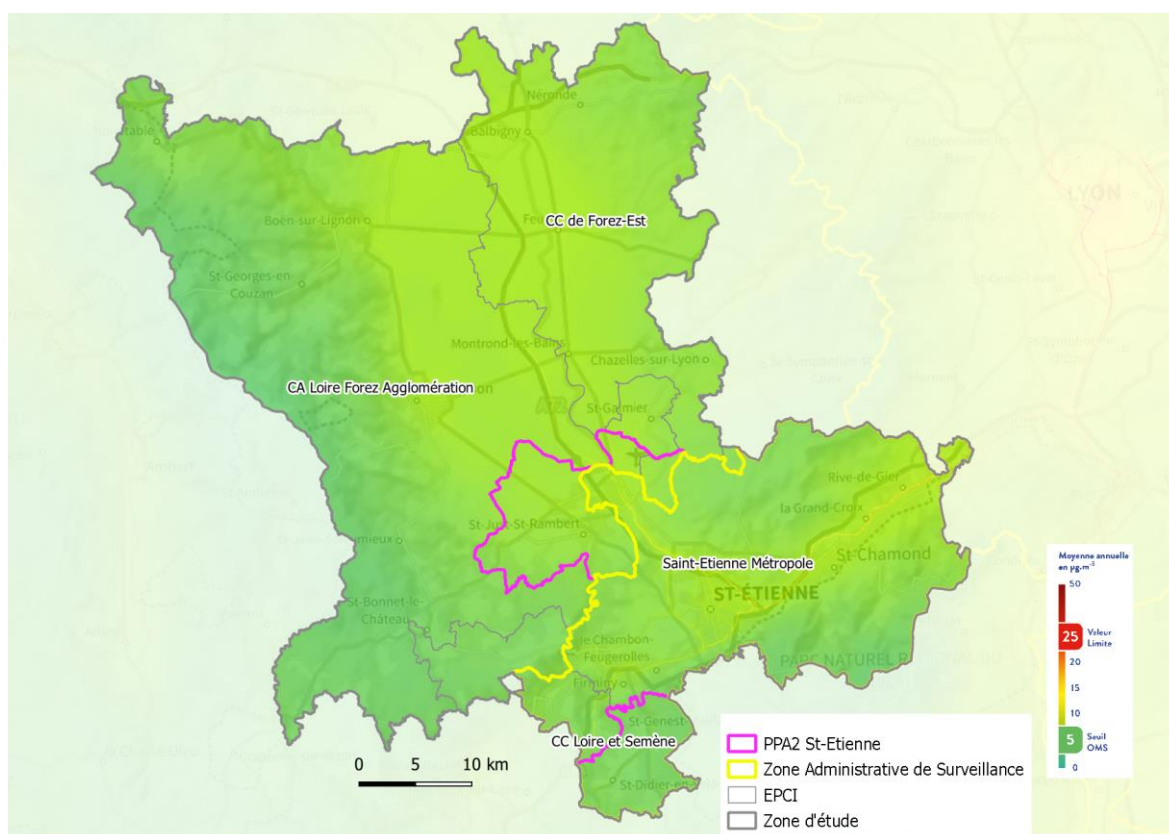
Sur le territoire d'étude, comme c'est le cas pour les PM₁₀, les concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} respectent depuis plusieurs années le seuil réglementaire fixé par la directive européenne à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle⁶ et cela pour l'ensemble des stations de la zone d'étude. On peut également souligner que la diminution des moyennes annuelles se poursuit ces dernières années mais à un rythme plus faible.

Le seuil recommandé par l'OMS₂₀₀₅ pour les PM_{2,5} ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) est tout juste atteint en 2017 sur une large partie du territoire, que ce soit au niveau des stations mesurant la pollution de fond qu'au niveau de celles implantées en proximité trafic.

Modélisation des concentrations annuelles en PM_{2,5} à l'échelle du territoire pour l'année de référence

La carte ci-dessous présente les niveaux de concentration annuelle en PM_{2,5} modélisés sur l'aire d'étude pour l'année 2017, avec une valeur limite réglementaire annuelle à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

⁶ Ce seuil a été abaissé au 1^{er} janvier 2020 de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la réglementation européenne, mais cela n'a pas encore été retranscrit en droit français dans le code de l'environnement.



La valeur limite annuelle est respectée sur l'ensemble du périmètre, seuls les abords immédiats de l'A47 restent concernés par des niveaux de PM_{2,5} relativement proches de la valeur réglementaire. En revanche le seuil recommandé par l'OMS₂₀₀₅ (10 µg/m³) est dépassé sur une large partie de la plaine de la Loire et en proximité des axes routiers secondaires hors de cette zone.

Exposition des populations aux PM_{2,5} par EPCI

Il n'y a aucune exposition, en 2017, à un dépassement de la valeur limite annuelle de concentration de 25 µg /m³ ni au seuil de 20 µg /m³ (valeur cible en 2017 et nouvelle valeur limite européenne au 1^{er} janvier 2020).

71% de la population exposée à des dépassements de la concentration annuelle maximum recommandée par l'OMS₂₀₀₅ (10 µg / m³) se situent sur la métropole stéphanoise, 18% sur la communauté d'agglomération de Loire Forez et 11% sur la communauté de commune de Forez-Est. La communauté de communes Loire et Semène est préservée.

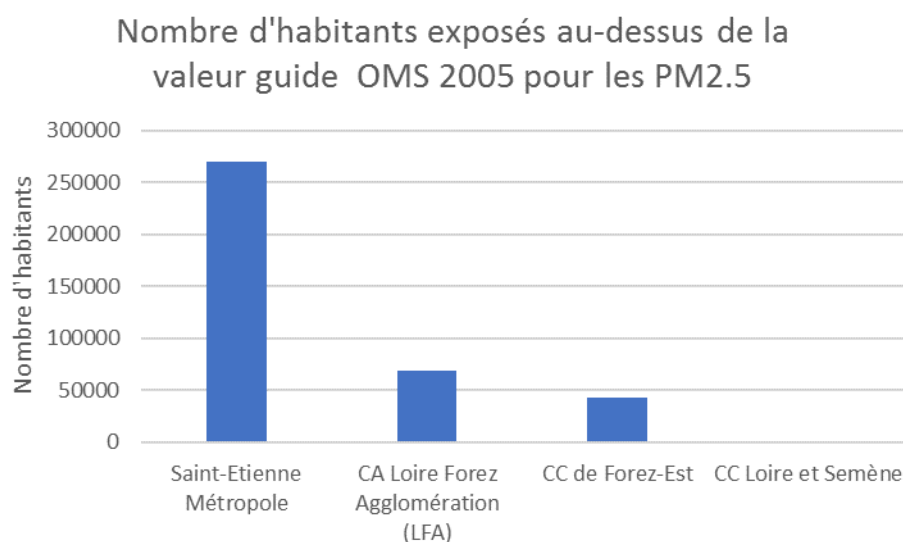


Figure 37 : Population exposée au-dessus de la valeur guide OMS 2005 par EPCI

Les particules fines sont un polluant sans effet de seuil, c'est-à-dire qu'il suscite des effets sanitaires également à faible concentration. Il est donc intéressant de considérer l'exposition à la concentration moyenne annuelle. Cette donnée est présentée dans le graphique ci-dessous.

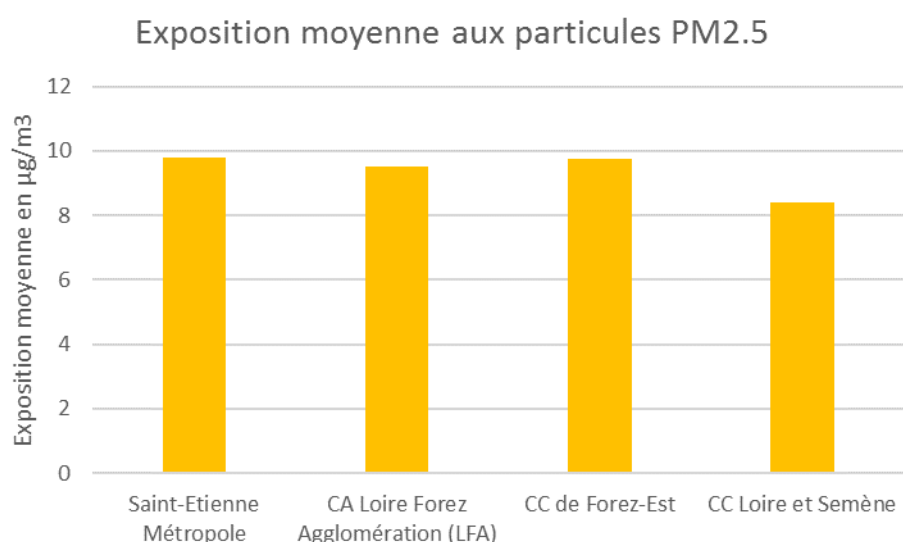


Figure 38 : Concentrations moyennes en PM2,5 auxquelles sont exposées les habitants des EPCI en 2017

L'exposition aux particules PM2.5 est très homogène entre les trois EPCI (Saint-Etienne Métropole, Loire Forez et Forez-Est). Seule Loire et Semène reste plus préservée. Pour les 4 EPCI, leur exposition moyenne reste en-dessous du seuil OMS₂₀₀₅ égal à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.6.5. L'ozone

Informations relatives à l'évolution de la qualité de l'air pour l'ozone

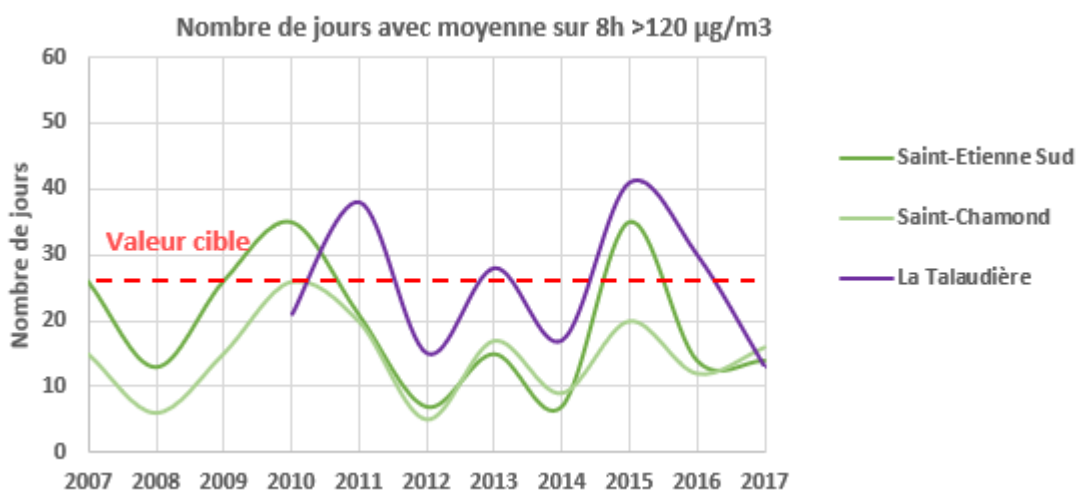


Figure 39 : Evolution des dépassements de la valeur cible en O₃ relevées sur les sites de mesure du périmètre d'étude

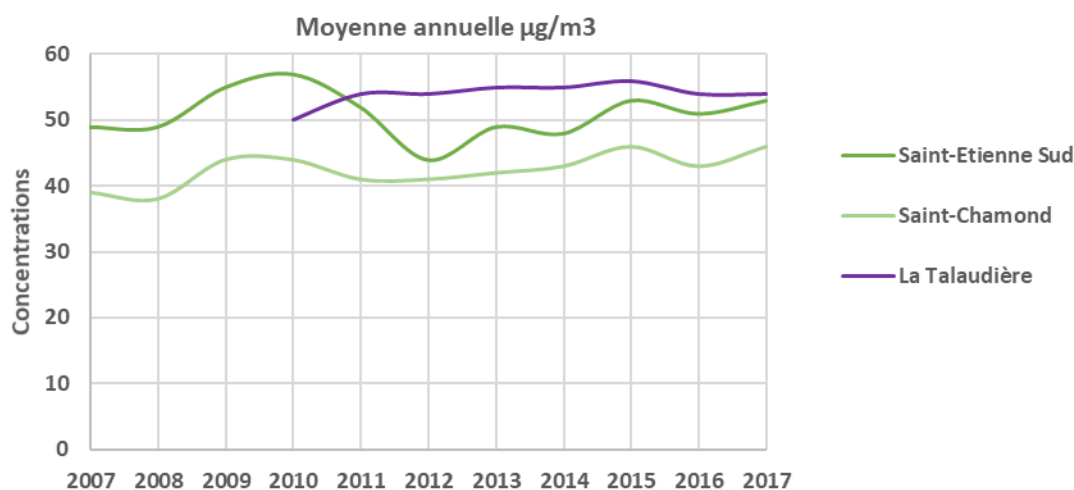


Figure 40 : Evolution des moyennes annuelles en O₃ relevées sur les sites de mesure du périmètre d'étude

Les niveaux d'ozone sont fortement dépendants des conditions météorologiques (ensoleillement, stabilité de l'atmosphère) et des imports de masses d'air polluées en provenance de régions voisines. Aussi les niveaux d'ozone observés sont assez variables d'une année sur l'autre, avec néanmoins une tendance de fond orientée à la hausse sur les moyennes annuelles.

L'ozone est ainsi le seul polluant qui a connu une hausse sensible en deuxième moitié de la décennie 2010, après une période de stagnation. Les périodes estivales ont notamment été plutôt favorables à des épisodes de plusieurs jours de concentrations élevées d'ozone sur une large partie du territoire.

Modélisation des concentrations journalières en ozone à l'échelle du territoire pour l'année de référence

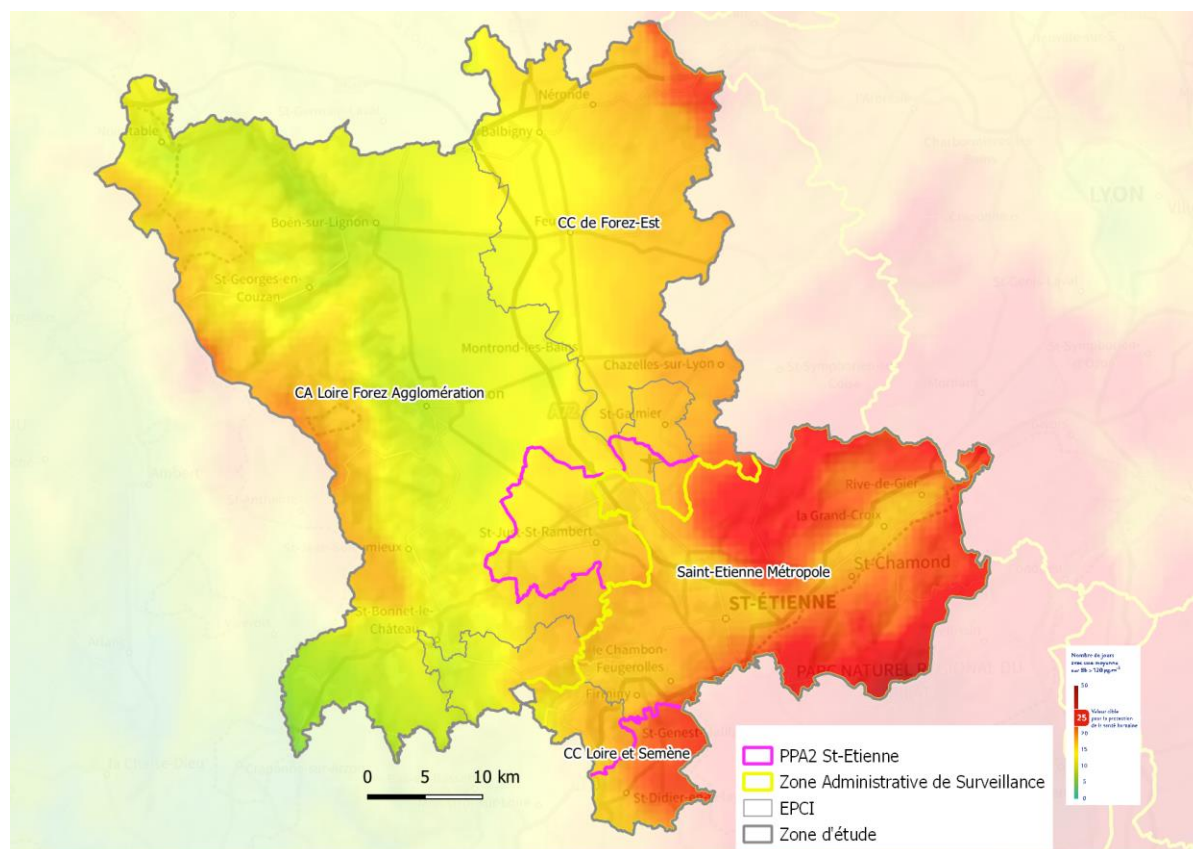


Figure 41 : Nombre de jours de dépassement en O₃ en 2017

La présence notable d'émissions de composés précurseurs (NO_x, COV) associée à un ensoleillement important dans la vallée du Rhône sont deux facteurs qui expliquent la formation d'ozone plus importante dans la partie est de ce territoire.

Pour ce polluant secondaire, les niveaux maximums sont très souvent localisés en zones périurbaines ou montagneuses.

Seulement 4000 habitants de la métropole stéphanoise étaient exposés en 2017 à un dépassement réglementaire de la valeur cible pour la santé, et aucun habitant sur les autres EPCI de l'aire d'étude. Ceci s'explique par la dynamique chimique de l'ozone, dont une grande partie est détruite la nuit par un excès des polluants primaires (NO_x) présents aux abords des principaux axes routiers et dans le centre-ville.

En outre, l'Objectif Long Terme (aucun dépassement de 120 µg/m³ sur 8h) est dépassé sur la totalité du territoire.

2.6.6. Focus sur quelques polluants émergents

On appelle polluants émergents des polluants de l'air non réglementés à ce jour, mais dont les effets sanitaires sont connus ou pressentis. Certains font l'objet d'un suivi au niveau de quelques stations de mesures des réseaux des AASQA à titre expérimental, afin de réunir de premières données sur leur concentration observée dans l'air.

- **Les pesticides**

La contamination de l'air par les pesticides est une composante de la pollution atmosphérique qui demeure moins documentée que d'autres milieux. Ainsi, il n'existe pas à ce jour de plan de surveillance national, ni de valeur réglementaire sur la contamination en pesticides dans les différents milieux aériens (air ambiant et air intérieur). C'est en 2000 que les premières mesures de pesticides dans l'air ont été réalisées par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA), afin d'établir un premier état des lieux de la présence de ces substances dans l'atmosphère sur le territoire national.

Malgré la grande richesse de ces données, l'exposition aux pesticides présents dans l'air ambiant des populations agricoles, riverains de zones agricoles ou de la population générale, reste difficile à estimer. En effet, en l'absence de réglementation spécifique, la connaissance des niveaux de contamination en pesticides dans l'air ambiant demeure partielle et hétérogène.

L'Anses a ainsi été saisie par les ministères en charge de l'agriculture, de l'écologie, de la santé et du travail afin d'apporter son expertise scientifique à la définition de modalités de mise en œuvre d'une surveillance nationale des pesticides dans l'air ambiant en France métropolitaine et dans les départements et régions d'outre-mer (DROM).

Dans ce contexte, un partenariat a été mis en place entre l'Anses, l'Ineris, en tant que membre du Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA) et la Fédération ATMO France pour la définition et la réalisation de l'une campagne nationale exploratoire (CNEP). Les mesures se sont déroulées entre juin 2018 et juin 2019, selon le protocole harmonisé.

En Auvergne-Rhône-Alpes, quatre sites ont été sélectionnés pour faire partie de la campagne :

- 1 site urbain, de typologie « Grandes cultures » dans le Puy-de-Dôme ;
- 1 site urbain, de typologie « Viticulture » dans le Rhône ;
- 1 site urbain, de typologie « Arboriculture » dans la Drôme ;
- 1 site rural, de typologie « Elevage » dans le Cantal.

Les résultats obtenus pour 75 substances sur 50 sites, couvrant des situations variées et réparties sur l'ensemble du territoire national (métropole et DROM), ont été publiés en juillet 2020⁷.

Leur exploitation a permis d'établir une première photographie annuelle nationale des niveaux de concentration en résidus de pesticides dans l'air ambiant au regard de critères quantitatifs comme leur fréquence de quantification, les ordres de grandeurs des concentrations rencontrées et leurs distributions statistiques. En s'appuyant sur ce socle robuste de données, l'Anses a été en mesure d'établir une première interprétation sanitaire des résultats de cette campagne⁸.

Courant 2020, sur la base du retour d'expérience de cette campagne et dans l'optique de mettre en place un suivi pérenne du niveau d'imprégnation de fond, et de son évolution, des pesticides dans l'air ambiant, un groupe de travail a été mis en place au sein du dispositif de surveillance de la qualité de l'air pour définir les modalités de ce suivi. Ce dernier a démarré en juillet 2021, en 18 sites du territoires (1 par région), représentatifs de bassins de vie urbain/péri-urbain, répartis selon différents profils agricoles (grandes cultures, viticulture, arboriculture, maraîchage). 75 substances ont été recherchées, identiques à celles de la CNEP, selon les méthodes de mesure

⁷ <https://www.lcsqa.org/fr/rapport/resultats-de-la-campagne-nationale-exploratoire-de-mesure-des-residus-de-pesticides-dans>

⁸ <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2020SA0030Ra.pdf>

déployées pendant la CNEP. L'ensemble de ces substances ayant été déclaré comme polluant d'intérêt national par le LCSQA (<https://www.lcsqa.org/fr/rapport/liste-des-polluants-dinteret-national>), les résultats de ce suivi pérenne sont intégrés dans la base de données nationale de la qualité de l'air, GEOD'AIR, ouverte au public à partir de l'automne 2021. Les données seront également accessibles sur la base de données PhytAtmo et sur les portails régionaux open data des AASQA (<https://atmo-france.org/lesdonnees>) dès l'été 2022.

- **Le carbone suie**

Le carbone suie (ou black carbon) est un type de particules produit par les combustions incomplètes de combustibles fossiles ou de biomasse, débarrassé de sa fraction organique. Ses principales sources sont les moteurs à combustion (diesel essentiellement), le chauffage individuel au bois, les combustions du charbon ou du fioul lourd, les centrales électriques, la combustion de déchets agricoles, ainsi que les incendies de forêt et de végétation. Le carbone suie appartient aux particules fines $PM_{2,5}$ (diamètre inférieur à $2,5\ \mu m$), mais se retrouve principalement dans la partie la plus petite de celles-ci, les PM_{10} , dont le diamètre est égal ou inférieur à $1\ \mu m$ (plus petite qu'une bactérie).

Le rapport de l'Anses de 2019 sur les effets des particules sur la santé traite de l'impact de certaines sources de pollution en particules et pointe pour le carbone suie en particulier les émissions en provenance des gaz d'échappement des véhicules Diesel et leur impact à court et long terme sur la santé.

Surveillance par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes du carbone suie

L'éthéromètre est un appareil d'analyse de mesure en continu du carbone suie. Il permet de différencier les poussières ayant pour origine la combustion de biomasse (dont la combustion du bois) de celles émises par la combustion de combustibles pétroliers (issus en partie du trafic routier). Atmo Auvergne-Rhône-Alpes dispose actuellement de 7 appareils de mesure de ce type dans la région installés à Lyon, Grenoble, Clermont-Ferrand et dans la Vallée de l'Arve.

- **Particules ultrafines**

Les particules ultrafines (PUF) se caractérisent par leur taille encore plus petite : moins de $0,1\ \mu m$, elles sont également dénommées nanoparticules ou $PM_{0,1}$. Elles peuvent rester suspendues dans l'air pendant un certain temps, et sont ainsi susceptibles d'être inhalées. Leur composition ainsi que leur origine sont multiples : il peut s'agir de poussières issues de sources naturelles (sels marins, éruptions volcaniques, des feux de forêts...) ou résultantes des activités humaines (industrie, transports, chauffage, agriculture...).

A l'heure actuelle, les PUF ne sont pas réglementées, ce qui signifie que leur mesure n'est pas obligatoire et qu'aucun seuil quotidien ou annuel de dépassement n'est imposé, ni même recommandé.

L'ANSES a publié un rapport en juillet 2019 qui évalue les effets sur la santé des particules selon leurs composition, leurs sources et leur taille. L'organisme confirme « l'effet sanitaire de ces fractions » appuyant sa préconisation déjà exprimée de prévoir à terme une surveillance nationale des PUF dans l'air ambiant.

Surveillance par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes des particules ultrafines

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a lancé, en 2011, l'Observatoire régional des Particules Ultra Fines grâce au soutien du conseil régional. Deux appareils pour la mesure automatique en nombre (comptage) et en taille (granulométrie) des PUF ont été acquis permettant la réalisation de campagnes de surveillance spécifiques à Lyon et à Grenoble.

Des premières analyses ont pu être conduites, il en ressort notamment que les concentrations en PUF aux abords des voiries de circulation sont deux fois plus élevées qu'en situation de fond urbain. Ces premiers résultats viennent corroborer le fait que les PUF sont des polluants fortement émis par le trafic routier et constitueraient donc un indicateur plus pertinent que les PM₁₀ pour évaluer l'impact sanitaire lié à cette source.

Les graphiques ci-dessous sont issus d'une présentation réalisée par les AASQA et le LCSQA dans le cadre du congrès Français sur les Aérosols de 2018⁹. Ils illustrent bien le phénomène décrit ci-avant : le graphe de droite montre en effet qu'en proximité routière on retrouve un nombre plus élevé de particules très fines et un peu moins de particules légèrement plus grossières, alors qu'en fond urbain la distribution est plus homogène.

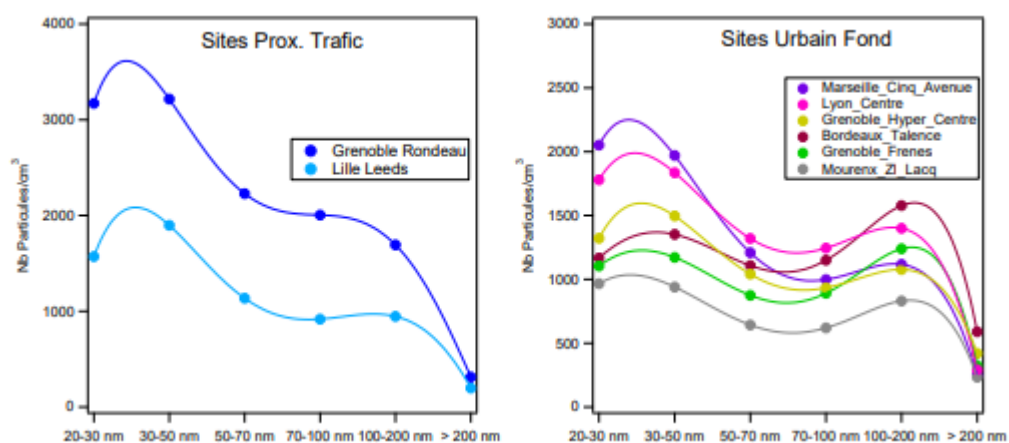


Figure 42 : Distribution granulométrique moyenne des PUF par site

• Le 1,3 butadiène

Le 1,3-butadiène est un polluant émis notamment par des activités industrielles traitant du plastique et du caoutchouc, mais aussi par l'échappement des moteurs automobiles et la fumée de cigarette.

Classé cancérigène avéré pour l'homme, le 1,3-butadiène ne fait pour l'instant l'objet d'aucune valeur réglementaire en France. En revanche, le Royaume-Uni a adopté en 2007 un objectif de qualité de 2,25 µg.m³ à respecter en moyenne annuelle.

Ce polluant fait l'objet de différentes campagnes de mesures ponctuelles en France, conduisant fréquemment à des dépassements de VTR (Valeur Toxicologique de Référence) quelle que soit la typologie des sites de mesures.

Dans le cadre d'un avis sur la surveillance des nouveaux polluants publiés en 2018, l'Anses souligne la nécessité d'une surveillance nationale du 1,3-butadiène dans l'air ambiant.

Surveillance par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes du 1-3 butadiène

En plus des campagnes ponctuelles, un suivi permanent des concentrations est effectué sur 3 sites de la région Auvergne Rhône Alpes à Grenoble et à proximité de la raffinerie de Feyzin.

⁹ <https://www.asfera.org/medias/files/articles/2018/12554.pdf>

2.6.7. Analyse de la contribution des régions voisines à la pollution chronique locale

Dans le cadre des travaux d'accompagnement de la stratégie Eau-Air-Sol de l'Etat en Auvergne-Rhône-Alpes lancée le 28 mai 2021 et plus particulièrement de l'action 19 relative au Plan Ozone, Atmo Auvergne Rhône Alpes a été amené à produire une expertise sur la contribution des sources extérieures à la région en faisant une simulation par modélisation.

Les cartographies ci-dessous représentent la contribution relative des polluants intrants sur la région Auvergne-Rhône-Alpes par rapport à la pollution moyenne modélisée sur la zone d'étude du PPA. Elles ont été obtenues via le modèle CHIMERE sur l'année météorologique 2018 en éliminant du modèle toutes les émissions anthropiques régionales.

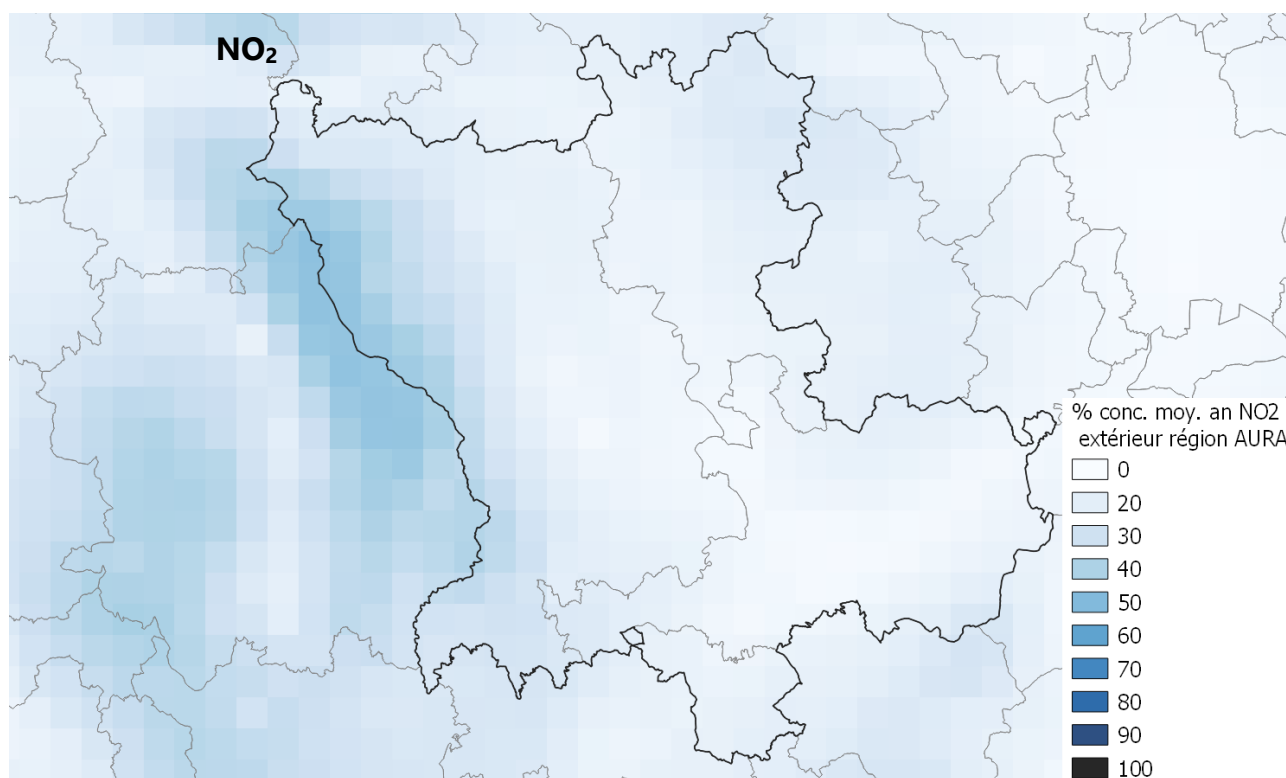


Figure 43 : Contribution de la pollution extérieure à la région AURA à la moyenne annuelle en NO₂

Le NO₂ est un polluant peu persistant dans l'air, il se dégrade peu de temps après son émission (de l'ordre de 24h), si bien qu'il se déplace très peu et qu'on le retrouve surtout à proximité immédiate des sources d'émissions. Cette analyse montre très logiquement que la pollution locale constitue la principale source de pollution pour le NO₂, quel que soit le territoire considéré, avec des contributions relatives de l'ordre de 83% aux concentrations annuelles de NO₂ sur la zone du PPA de Saint-Etienne. Cette contribution diminue lorsque l'on s'éloigne des zones denses et que l'on aborde le relief du Forez.

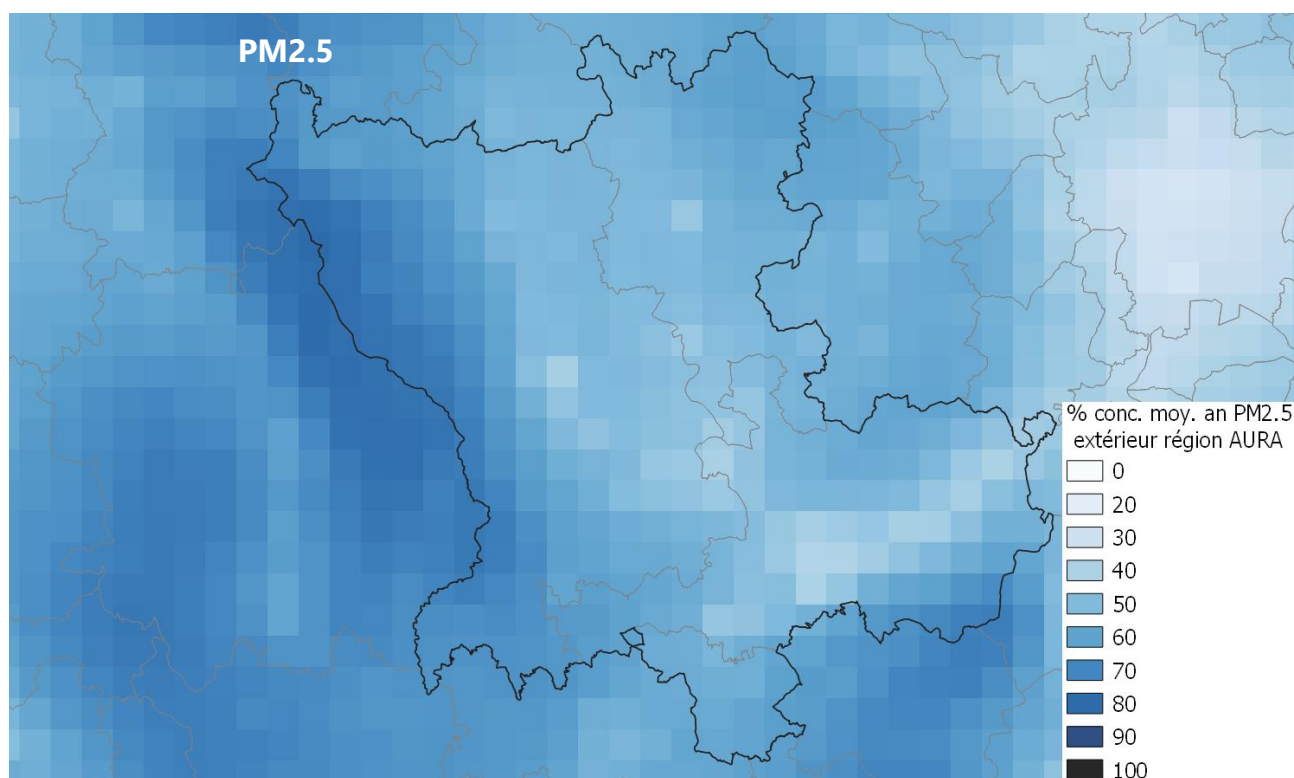


Figure 44 : Contribution de la pollution extérieure à la région AURA à la moyenne annuelle en PM2.5

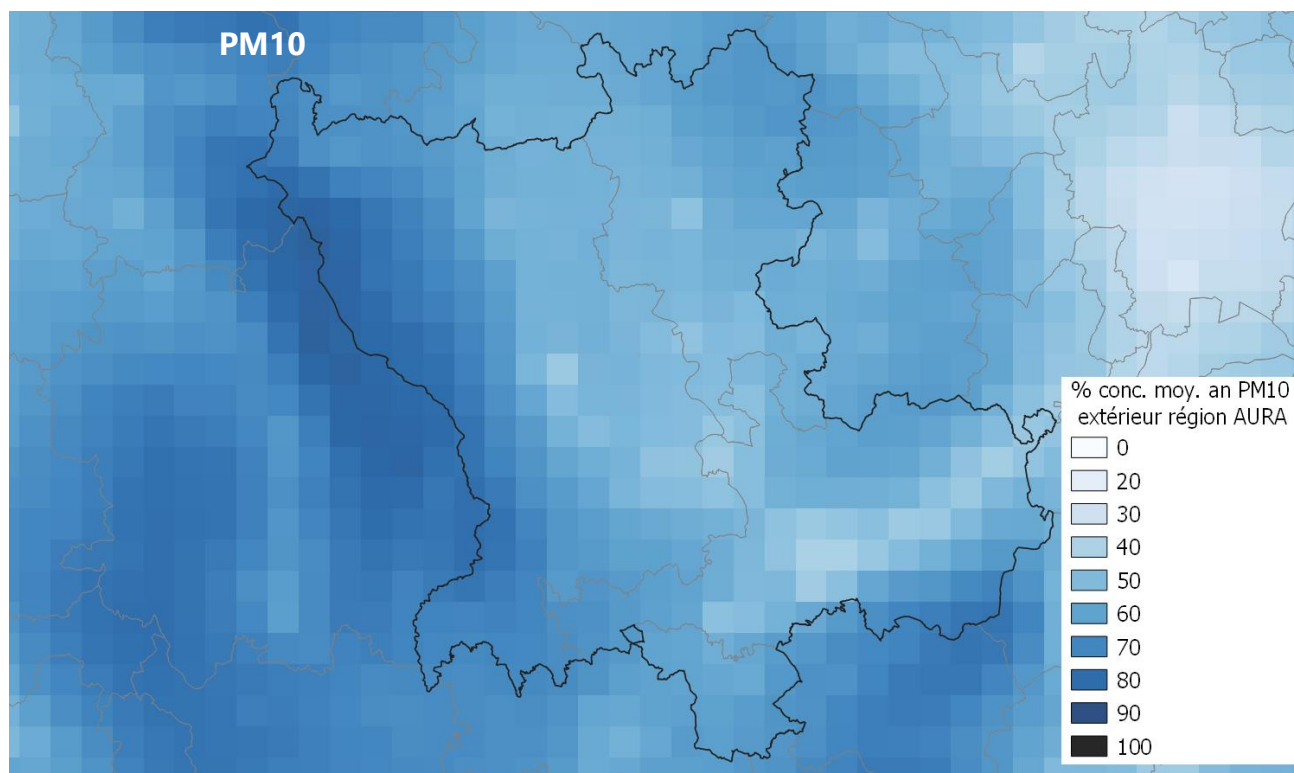


Figure 45 : Contribution de la pollution extérieure à la région AURA à la moyenne annuelle en PM10

Pour les PM₁₀, et les PM_{2,5}, la pollution émise localement reste la principale source de pollution en milieu urbain dense avec une contribution de 62% pour les PM_{2,5} et de 59% pour les PM₁₀ sur la zone du PPA.

Néanmoins les contributions relatives hors région Auvergne-Rhône-Alpes sont plus importantes voire majoritaires en milieu périurbain/rural à l'échelle annuelle, les sources d'émissions locales ayant un poids d'environ 20% dans la moyenne annuelle des PM10 et des PM2.5 pour les zones les plus rurales

Ces cartes doivent être interprétées avec précaution car il s'agit de simulations réalisées avec des hypothèses de travail irréalistes comme la suppression de toutes les émissions anthropiques à l'échelle régionale. Par ailleurs il existe de très fortes variabilités saisonnières. Ainsi en cas d'épisode de pollution aux particules fines l'hiver par exemple les contributions locales augmentent fortement. L'étude DECOMBIO¹⁰ conduite dans la vallée de l'Arve montre que la source de combustion de la biomasse contribue en moyenne hivernale entre 60% et 70% des PM₁₀.

2.6.8. Les épisodes de pollution

Le dispositif préfectoral de pic de pollution est déclenché en cas de concentration importante de particules, de dioxyde d'azote, de dioxyde de soufre et/ou d'ozone. Ces niveaux de concentration s'apprécient à l'échelle de bassins d'air qui sont des zonages infra ou supra-départementaux définis dans l'arrêté cadre zonal relatif aux procédures en cas d'épisode de pollution. Le périmètre d'étude recoupe principalement deux bassins d'air : bassin stéphanois et contreforts du Massif-Central.

Les niveaux de vigilance ont été introduits par l'Arrêté préfectoral n°69-2017-11-16-002 du 16 novembre 2017, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a reconstitué un historique des niveaux de vigilance depuis 2011 afin d'appréhender les tendances en matière de « pic de pollution ». Le graphique ci-dessous illustre les évolutions sur les deux bassins d'air concernés par le PPA.

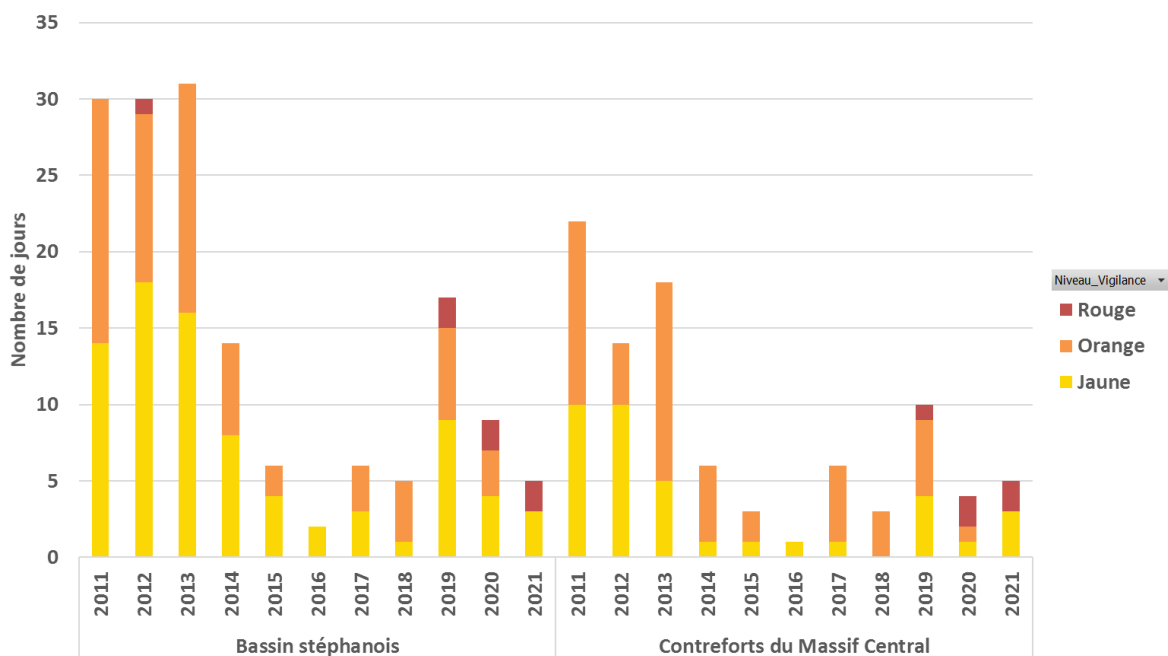


Figure 46 : Reconstitution du nombre de mise en vigilance des bassins d'air du périmètre d'étude de 2011 à 2017

¹⁰ https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/deconvolution-combustion-biomasse-particules-vallee-arve_2018.pdf

Le bassin stéphanois connaît généralement plus d'épisodes de pollution que celui des contreforts du massif central. Ces dernières années, le nombre de mise en vigilance est orienté à la baisse, la réduction des concentrations de fond concourant également à réduire le nombre d'épisode de pollution aiguë.

Les facteurs responsables des dépassements

Les polluants responsables des vigilances sont les suivants :

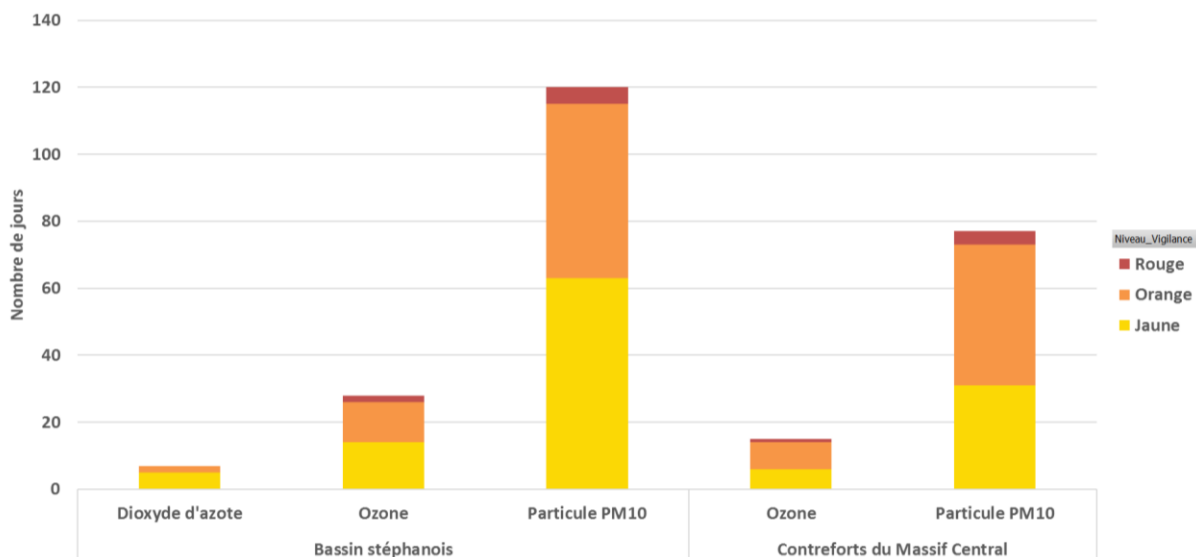


Figure 47 : Reconstitution du nombre de mise en vigilance par polluant au niveau du périmètre d'étude de 2011 à 2017

Ainsi il apparaît que sur cette période plus 80 % des vigilances sont imputables aux particules fines que l'on peut retrouver dans deux types d'épisode de pollution :

- Épisodes hivernaux dits de « combustion », dus principalement aux particules fines et oxydes d'azote. Le chauffage et le trafic routiers sont les sources principales auxquelles peuvent s'ajouter des émissions industrielles.
- Épisodes printaniers dits « mixte », caractérisés par une élévation de teneurs en particules secondaires. En plus des sources habituelles (trafic routier, industrie, chauffage...), les activités agricoles peuvent être impliquées via les émissions d'ammoniac. L'ammoniac issu de la fertilisation des sols et/ou de la gestion des effluents d'élevage peut se combiner dans l'atmosphère avec les oxydes d'azote pour former des particules fines selon les conditions d'humidité.

Le deuxième polluant incriminé dans les épisodes de pollution est l'ozone. En période estivale, l'ensoleillement excédentaire favorise les réactions photochimiques et la formation d'ozone troposphérique à partir des précurseurs que sont les oxydes d'azote NO_x et les composés organiques volatils COV, ce qui entraîne des dépassements. Par ailleurs l'altitude favorise un rayonnement solaire plus important ce qui peut expliquer le nombre plus élevé de déclenchement sur le bassin d'air des contreforts du Massif-Central.

Les épisodes de pollution au NO_2 sont de plus en plus rares et concernent le début de la décennie 2010.

Les dépassements ne sont pas uniquement liés aux émissions, mais également aux conditions de dispersion, aux imports d'autres territoires (pour l'ozone, pour les particules fines), aux mécanismes de destruction, etc. comme cela a été décrit précédemment.

2.6.9. Conclusions sur la qualité de l'air

Le périmètre d'étude pris en compte pour l'élaboration du PPA3 est un territoire qui présente des problématiques notables vis-à-vis de plusieurs polluants réglementés : le dioxyde d'azote, les particules en suspension PM₁₀ et PM_{2.5}, et l'ozone.

L'analyse rétrospective tant des niveaux d'émissions que des concentrations mesurées montre cependant qu'entre 2013 (année précédant la mise en place du deuxième PPA) et 2017, une nette amélioration se dessine pour les particules et le dioxyde d'azote. Globalement, les moyennes annuelles relevées sur les stations fixes pour ces polluants baissent d'année en année et suivent la tendance régionale d'amélioration de la qualité de l'air. En revanche les concentrations en ozone sont orientées à la hausse depuis quelques années après une période de stagnation.

En guise de synthèse, voici les problématiques qui subsistent :

- Les concentrations en dioxyde d'azote restent problématiques à proximité de l'autoroute A47 (secteur Rive de Gier), dans le centre urbain de Saint-Etienne et le long des principales pénétrantes et de contournement de l'agglomération. ;
- Les concentrations en particules PM₁₀ et PM_{2.5} ont bien été ramenées sous les seuils réglementaires, ce qui constitue une première étape. Mais l'enjeu sanitaire subsiste, car les niveaux moyens dépassent encore assez nettement les valeurs recommandées par l'OMS₂₀₀₅, sur une large partie de la plaine de la Loire et en proximité des axes routiers principaux ;
- Concernant les particules, les dépassements journaliers restent réguliers en hiver, lorsque les conditions météorologiques sont favorables à l'accumulation des polluants ;
- La progression des niveaux d'ozone qui concerne une large partie de l'ex-région Rhône-Alpes conduit depuis ces dernières années à une augmentation du déclenchement des dispositifs préfectoraux pour ce polluant et à un dépassement de la valeur cible au niveau de plusieurs stations du territoire.

Au regard de ces problématiques et des différents éléments apportés par Atmo Aura dans cette phase de diagnostic, le comité de pilotage du PPA du 15 octobre 2021 a décidé de retenir le périmètre suivant :

- Métropole de Saint-Etienne ;
- CA Loire Forez.

3. Evaluation prospective

3.1. Méthodologie déployée

La modélisation de la qualité de l'air concerne plusieurs paramètres que sont les émissions de polluants atmosphériques, leurs concentrations dans l'air ambiant ou encore le niveau d'exposition des populations à ces polluants.

Ce nouveau PPA de l'agglomération stéphanoise sera approuvé en 2023 et déclinera la stratégie de l'État et ses partenaires pour lutter contre la pollution de l'air pour les 5 années suivantes au moins.

L'horizon d'évaluation à prendre en compte est donc l'année 2027. Au-delà de l'état des lieux de la qualité de l'air en 2017 - année de référence présenté en partie 2, Atmo Auvergne Rhône Alpes a donc été amené à modéliser deux scénarios permettant d'apprécier l'impact du plan d'action sur ces différents paramètres à horizon 2027 :

- **Un scénario tendanciel « 2027 tendanciel » ou « 2027 sans PPA »** : qui reflète l'évolution attendue de la qualité de l'air du territoire en l'absence de déploiement d'actions spécifiques. Cette évolution « naturelle » est favorable par rapport à la situation de référence 2017, car indépendamment du PPA il existe une tendance de fond et des réglementations nationales qui conduisent à des baisses des émissions des différents secteurs (renouvellement des véhicules routiers, performances énergétiques des constructions neuves, etc.) Concrètement, ce scénario tendanciel est basé sur l'inventaire des émissions d'Atmo auquel sont appliquées les hypothèses d'évolution des différents types d'émissions.
- **Un scénario « 2027 actions PPA » ou « 2027 avec PPA »** : qui intègre les hypothèses d'évolution des différentes sources d'émissions résultant de la mise en œuvre complète des actions intégrées au 3ème PPA (PPA3). Il s'agit en particulier d'appliquer des baisses d'émissions supplémentaires par rapport à la trajectoire tendancielle 2027.

Il doit être souligné que ces modélisations concernent avant tout la seule année 2027, et que les années intermédiaires ne sont pas modélisées en tant que telles.

La comparaison de ces deux scénarios à l'horizon 2027 permet in fine d'obtenir une évaluation des gains en émissions et en concentrations spécifiquement apportés par les actions du PPA.

3.2. Polluants étudiés

Les travaux de révision portent sur les polluants suivants :

- Polluants faisant l'objet de dépassements réglementaires et qui ont été visés par les précédents PPA: NOx/ NO₂, PM₁₀ et PM_{2,5},

- Polluant présentant des augmentations de concentrations au cours des dernières années : l’ozone (ce polluant secondaire présente des dépassements de l’objectif long terme : 120 µg.m-3 sur 8 heures sur une partie importante de la région),
- Polluants faisant l’objet d’objectif de réduction dans le cadre du PREPA (Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques) : COVNM, NH₃ et SO₂.

3.3. Outils et hypothèses déployées

Les outils déployés pour cette évaluation prospective sont les mêmes que ceux décrits au chapitre 2.5.1 et 2.6.1 mais alimentés avec des données d’activités prédites pour l’année 2027.

Les émissions à horizon 2027 sont calculées selon un principe commun : pour chaque activité, les émissions d’un polluant donné sur l’année de référence sont multipliées par des coefficients qui intègrent les différentes hypothèses d’évolution.

Ces dernières portent aussi bien sur la consommation d’énergie (ou l’activité pour les émissions non énergétiques) que sur les facteurs d’émission. Le calcul suivant est ainsi obtenu :

$$emissions_{2027} = emissions_{2017} * evolution_{conso/activite} * evolution_{FE}$$

avec $evolution_{conso/activite} = \frac{conso / activite_{2027}}{conso / activite_{2017}}$ le coefficient d’évolution de la consommation d’énergie ou activité

et $evolution_{FE} = \frac{FE_{2027}}{FE_{2017}}$ le coefficient d’évolution du facteur d’émission.

Les hypothèses locales sont priorisées dans ce calcul. En leur absence, des hypothèses régionales ou nationales sont utilisées. Si aucun élément sur l’activité n’est disponible, les émissions sont considérées comme constantes.

3.3.1. Les hypothèses associées au scénario tendanciel

3.3.1.1. Données générales

Les données d’évolution démographique et d’emplois, présentées ci-dessous, proviennent des données d’entrée du modèle multimodal régional.

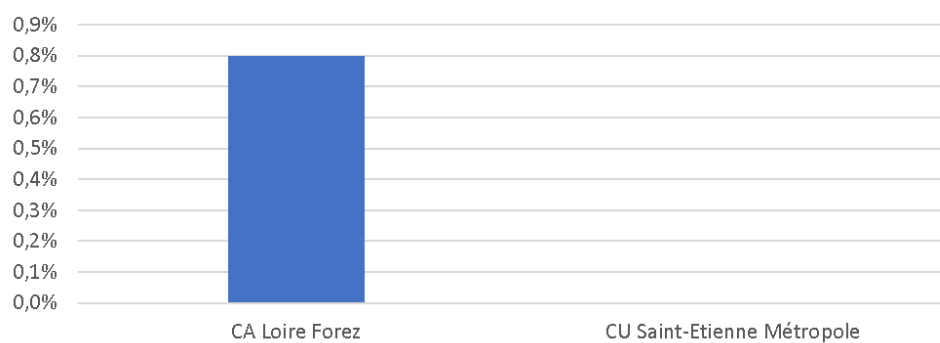


Figure 48 : Evolution annuelle de la population

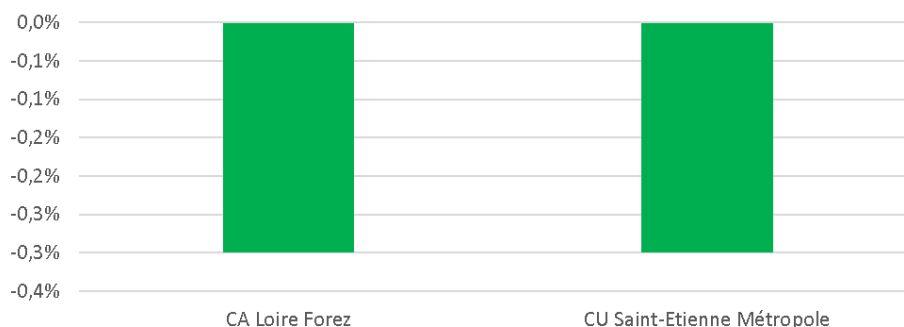


Figure 49 : Evolution annuelle des emplois

3.3.1.2. Données par secteur d'activité

Résidentiel

L'évolution des consommations d'énergie par type d'énergie

L'évolution des consommations d'énergie est considérée conforme à la prolongation de la tendance observée entre 2013 et 2017.

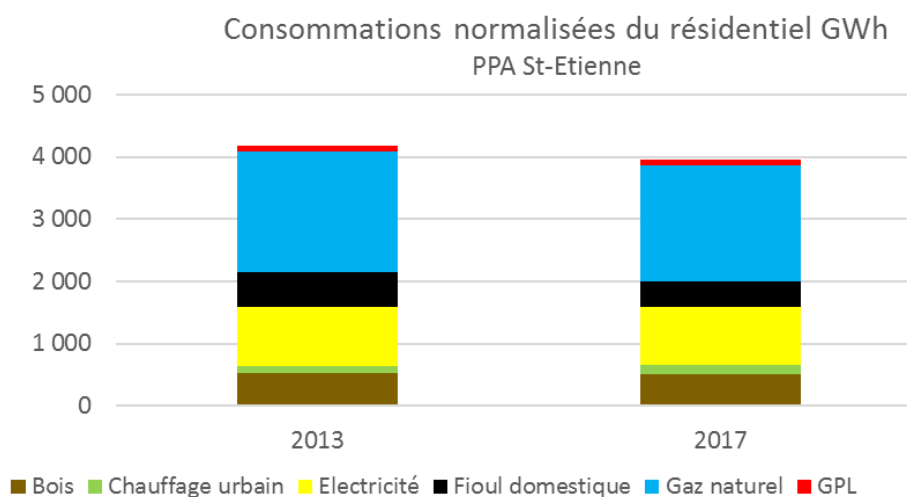


Figure 50 : Répartition par énergie des consommations du résidentiel en GWh en 2013 et 2017

L'évolution du parc d'appareils individuels de chauffage au bois

Les émissions ont été calculées en tenant compte de l'évolution du parc d'appareils de chauffage au bois par rapport à 2018. Cela comprend :

- le nombre de logements par EPCI chauffés au bois ;
- l'évolution du facteur d'émission moyen par polluant, traduisant le renouvellement tendanciel du parc.

Part de bois labellisé

La part de bois labellisé a été considérée constante entre 2018 et 2027 (5%).

Evolution du parc d'installations de chauffage biomasse collectif et industriel

Les projections à 2027 ont été réalisées comme suit :

- L'évolution du nombre de petites chaufferies biomasse existant en 2020 (compilation des recensements FIBOIS et appels à projet Région) a été réalisée en cohérence avec l'atteinte des objectifs régionaux de consommations de biomasse du Schéma Régional Biomasse. Cela correspond ainsi à 28 nouvelles installations selon la répartition des classes de puissances <400kW et 400kW/1MW issue des installations mises en service entre 2010 et 2020 : 93%/7% ;
- Les facteurs d'émissions appliqués sont ceux de 2018, en particulier pour les PM :
 - Puissance<1 MW : FE CITEPA d'une chaudière individuelle performante ;
 - Puissance>=1MW :
 - Mise en service avant 2013 : 50 mg/Nm³ à 6% d'O₂ ;
 - Mise en service après 2013 :
 - En zone PPA2 :
 - <20 MW : 30 mg/Nm³ à 6% d'O₂ ;
 - >=20 MW : 10 mg/Nm³ à 6% d'O₂ ;
 - Hors zone PPA2 : 50 mg/Nm³ à 6% d'O₂.

Evolution du brûlage de déchets verts

Les émissions 2027 ont été considérées comme étant égales à celles de la situation 2018.

Evolution de l'utilisation de solvants, peintures et autres produits d'entretien

Les émissions évoluent selon la progression de la population.

Tertiaire

Dans le secteur du bâtiment tertiaire, l'évolution des surfaces considérées repose sur l'évolution des surfaces par employé et du nombre d'employés (croisement entre enquêtes régionales CEREN qui donnent des surfaces chauffées par branche d'activité) et emplois communaux (source INSEE : base CLAP Connaissance Locale de l'Appareil Productif).

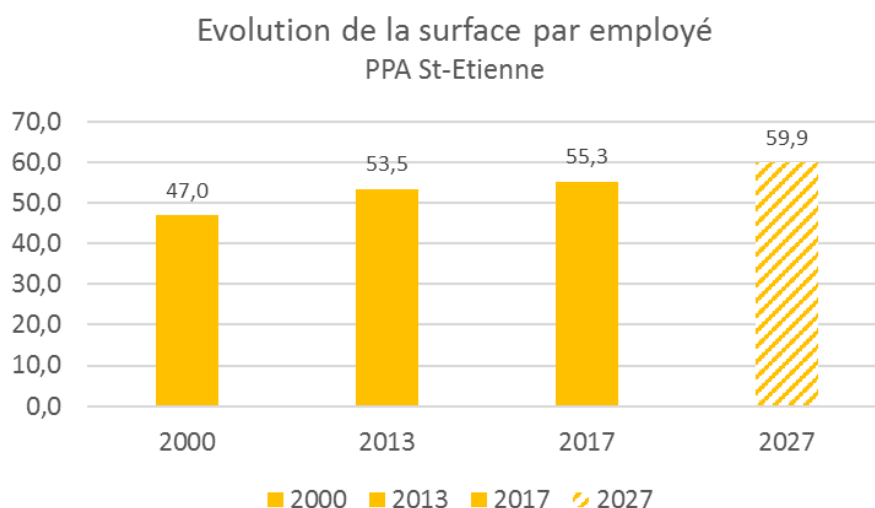


Figure 51 : Evolution de la surface par employé sur le périmètre du PPA Saint-Etienne

Tout comme pour le résidentiel, l'évolution des consommations d'énergie est considérée conforme à la prolongation de la tendance observée entre 2013 et 2017.

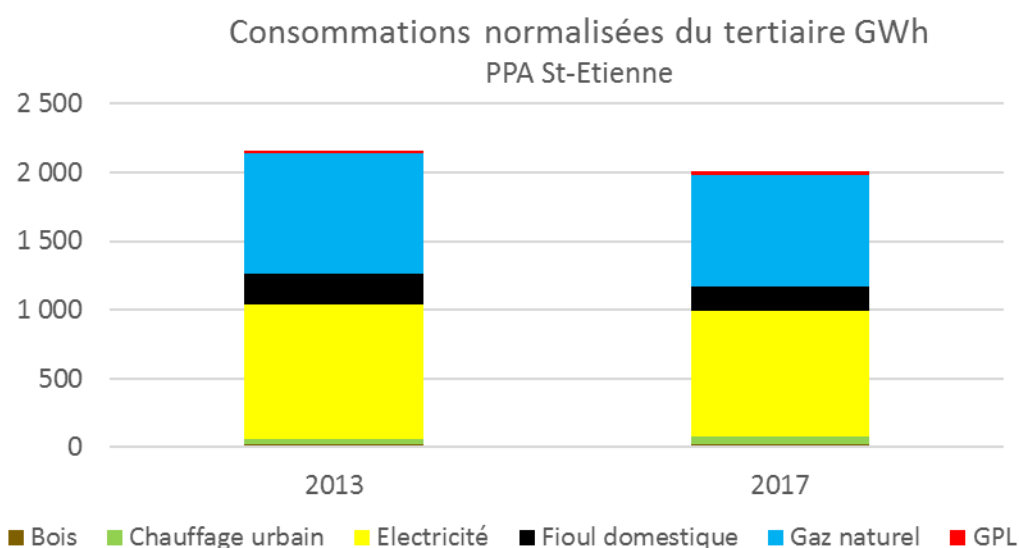


Figure 52 - Répartition par énergie des consommations du tertiaire en GWh en 2013 et 2017

Transport routier

Pour le secteur du transport routier, le modèle de trafic local géré par EPURES a été retenu.

Evolution des veh.km :

Par interpolation des volumes de trafics issus des modélisations "situation actuelle 2016" et "fil de l'eau 2030" où seuls les « coups partis » sont considérés.

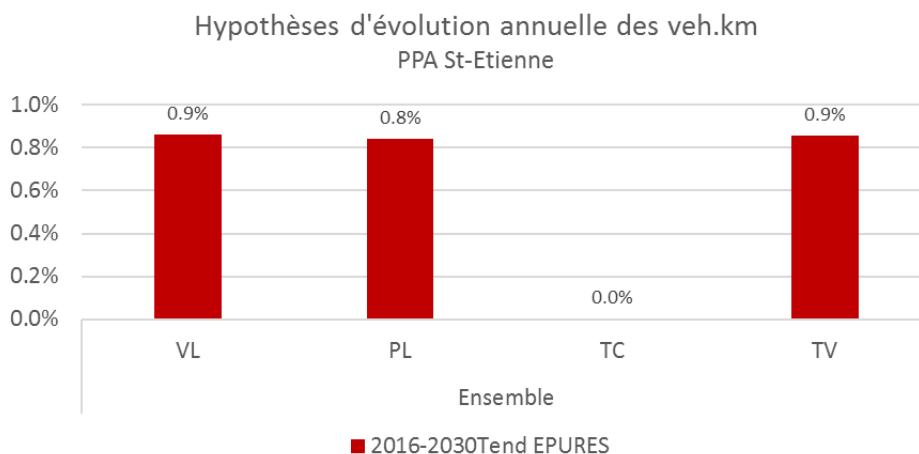


Figure 53 : Hypothèses d'évolution annuelle des veh.km par type de véhicule

Evolution du parc dynamique :

- Transports en Commun Urbains : parc local STAS 2018 auquel sont appliquées les hypothèses nationales de renouvellement (scénario AME « Avec Mesures Existantes ») ;
- Autres véhicules : projections nationales CITEPA/MTES scénario prospectif AME :
 - o Déclinaison en 6 grandes catégories (VP, VUL, PL, bus, car, 2RM) :
 - Détail selon 450 classes de véhicules
 - Sous-catégorie : cylindrée/PTAC/Nb d'essieux
 - Energie
 - Norme Euro
- Le choix a été fait de ne pas prendre en compte le parc local SDES 2019 décliné en 3 grandes catégories (VP, VUL, PL+BUS+CAR) détaillées par CQA projeté selon parc national AME, car :
 - o Périmètre PPA définitif non validé ;
 - o Risque d'incohérence avec travaux ZFE en cours sur les agglos ;
 - o Emissions non cohérentes avec évaluation 2013-2018 du PPA2.

Evolution des facteurs unitaires (consommation et émissions)

Prise en compte des facteurs d'émissions COPERT 5.0.

Transport ferroviaire

Les hypothèses suivantes ont été considérées :

- Marchandises : prolongation de la tendance observée sur les années précédentes, soit -7% entre 2018 et 2027 ;
- Grandes lignes : prolongation de la tendance observée sur les années précédentes, soit +13% entre 2018 et 2027 ;
- TER : hypothèses du MMR +0.1%/an ;
- Stabilisation de la part des trains.km à motorisation thermique.

Transport aérien

Les hypothèses suivantes ont été considérées pour l'évolution des émissions des aéronefs d'Andrézieux Bouthéon :

- Stabilité entre 2019 et 2024 puis hausse du nombre de passagers de 4%/an entre 2024 et 2027 ;
- Evolution du nombre de mouvements tenant compte de l'évolution 2010-2017 du ratio passagers/mouvements.

Industries : ICPE

La moyenne des émissions 2014-2018 a généralement été considérée pour caractériser les émissions tendanciellles 2027. Les exceptions suivantes ont été considérées (après validation auprès des services de la DREAL) :

- Moyenne 2015-2018 pour SNF Andrézieux ;
- Moyenne 2016-2018 pour les sites suivants dont les émissions ont durablement diminué entre 2014 et 2018 :
 - Becker (Montbrison/Savigneux)
 - Coveris (Firminy)
 - Castmétal (Feurs)

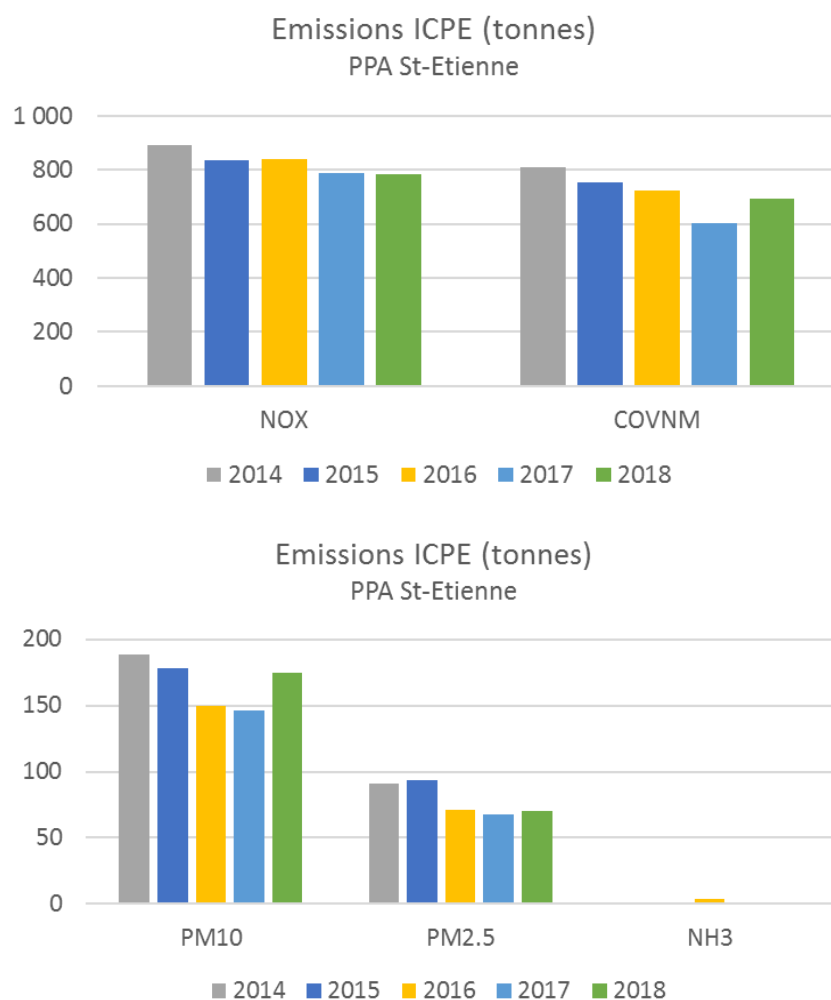


Figure 54 : Evolutions des émissions des ICPE entre 2014 et 2018 sur le territoire PPA pour aider à fixer les hypothèses d'évolution 2018-2027 des émissions

Industrie : Carrières

Les émissions des carrières ont été considérées constantes entre 2018 et 2027.

Industrie : Chantiers/BTP

Les émissions liées aux chantiers / BTP ont été considérées comme suit :

- les émissions des différentes opérations d'un chantier ont été considérées comme étant constantes entre 2018 et 2027 (mises en chantier équivalentes sans amélioration des pratiques) ;
- les émissions des engins de chantier tiennent compte de l'amélioration technologique du parc à horizon 2027 sur la base des hypothèses PREPA.

Agriculture

Les émissions non énergétiques sont prises en compte ainsi :

- Ajustement des données en situation actuelle 2018 (DRAAF) :

PPA St-Etienne	Ajust 2018	Memo ajustement 2018
Vaches laitières	0,999	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Autres bovins	0,674	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Porcins à l'engrais	2,591	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Truies	2,748	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Caprins	0,721	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Ovins	0,581	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Chevaux	1,338	correction avec donnée draaf périmètre région
Mules et ânes	1,455	correction avec donnée draaf périmètre région
Poules	1,001	correction avec donnée draaf périmètre région
Poulets	1,000	correction avec donnée draaf périmètre région
Autres volailles	1,000	constant car données DRAAF incohérente

Tableau 4 : Détail par catégorie animale des ajustements 2018

PPA St-Etienne	Ajust 2018	Memo ajustement 2018
Blé tendre d'hiver	0,913	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Blé tendre de printemps	2,814	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Blé dur d'hiver	1,560	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Blé dur de printemps	1,000	constant car pas de donnée DRAAF
Seigle et méteil	0,825	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Orge et escourgeon d'hiver	0,889	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Orge et escourgeon de printemps	1,452	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Avoine d'hiver	1,599	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Avoine de printemps	0,903	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa
Maïs (grain et semence)	2,513	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Sorgho	1,107	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Triticale	0,843	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Autres céréales non mélangées	1,000	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Mélanges de céréales (hors méteil)	0,903	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa
Colza d'hiver (et navette)	1,243	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Colza de printemps (et navette)	1,000	constant car pas de données Atmo
Tournesol	1,045	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Soja	1,000	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Lin oléagineux	1,000	constant car pas de donnée DRAAF
Autres oléagineux	1,000	constant car pas de donnée DRAAF
Féveroles et fèves	1,000	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Pois protéagineux	0,219	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Lupin doux	1,000	correction avec donnée draaf périmètre ppa
Blé non alimentaire	0,903	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa
Maïs non alimentaire	0,903	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa
Colza non alimentaire	0,903	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa
Tournesol non alimentaire	0,903	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa
Betteraves non alimentaires	0,903	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa
Autres cultures non alimentaires	0,903	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa
Choux, racines et tubercules fourragers	0,903	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa
Maïs fourrage et ensilage (plante entière)	0,000	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa
Betteraves industrielles	1,000	constant car pas de données Atmo
Pommes de terre	0,903	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa
Lin textile	0,903	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa
Vignes	0,903	correction avec donnée draaf moyenne toutes cultures sur zone ppa

Tableau 5 : Détail par type de culture des ajustements 2018

- Evolution des données d'activité 2018-2027 selon projections nationales :

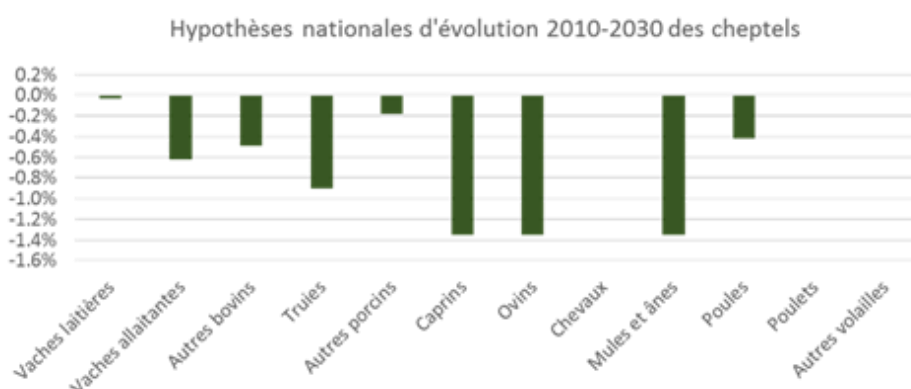




Figure 55 : Hypothèses d'évolution annuelle des cheptels et cultures

- Les hypothèses relatives au temps passé en bâtiment/pâture, ainsi que la répartition fumier/lisier ont été considérées comme étant stables entre 2018 et 2027.
- Pas d'évolution des facteurs d'émissions entre 2018 et 2027.

Les émissions liées aux épandages organiques sont prises en compte ainsi :

- Les techniques d'épandage considérées sont stables par rapport à 2018 ;
- Les quantités épandues évoluent selon l'évolution considérée des cheptels.

Les émissions liées aux épandages d'engrais minéraux sont prises en compte ainsi :

- Evolution des quantités d'engrais épandues selon projections PREPA (-0.14%/an) ;
- Evolution de la décomposition par type d'engrais (source PREPA).

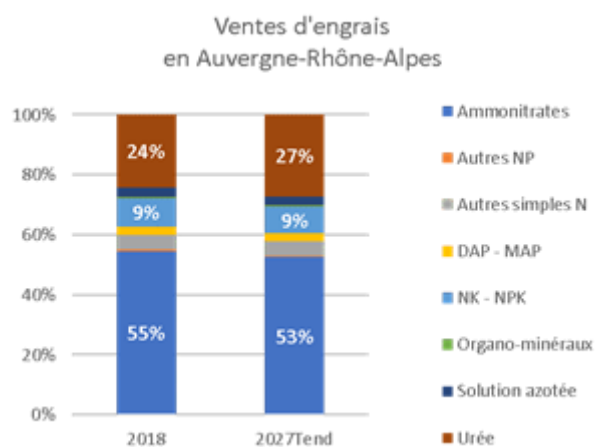


Figure 56 : Hypothèses de répartition des ventes régionales par type d'engrais

3.3.2. Les hypothèses associées au scénario PPA

Cette évaluation détaillée vise à analyser chaque action quantifiable prévue pour le PPA3 de Saint-Etienne, de façon à produire un bilan détaillé des gains d'émission par rapport au scénario tendanciel. Ce travail, réalisé à l'échelle communale, permet d'améliorer la précision des estimations en exploitant des données additionnelles et est nécessaire pour produire un cadastre¹¹ des émissions et ainsi alimenter les modèles de qualité de l'air.

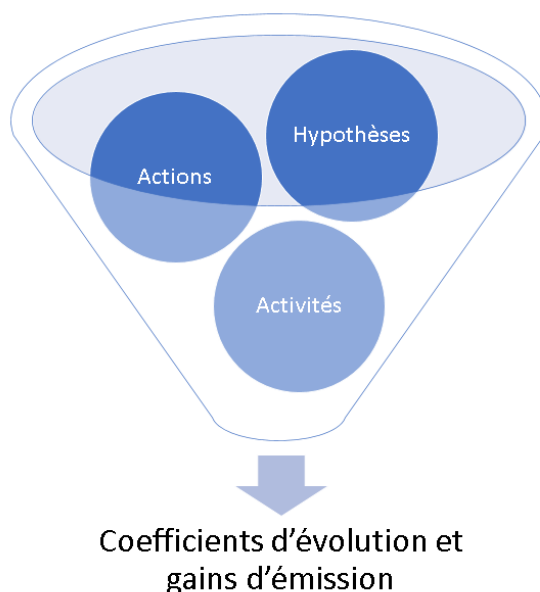


Figure 57 - Principe de calcul pour les gains d'émission

Des méthodes différentes sont utilisées selon l'action à évaluer. Pour la majorité, elles consistent à appliquer un abattement¹² aux émissions du scénario tendanciel 2027 et de calculer la différence entre les deux scénarios. Pour d'autres, des projections plus complexes sont réalisées en amont (parc d'appareils de chauffage au bois, trafic routier) et sont directement exploitées pour le calcul des gains.

Les actions pour la zone PPA de Saint-Etienne sont évaluées par « bouquet » (ensemble d'une ou plusieurs actions liées entre elles) et la somme des gains permet à la fin d'obtenir les projections pour 2027. Chaque bouquet fait donc l'objet d'une estimation, indépendamment des autres.

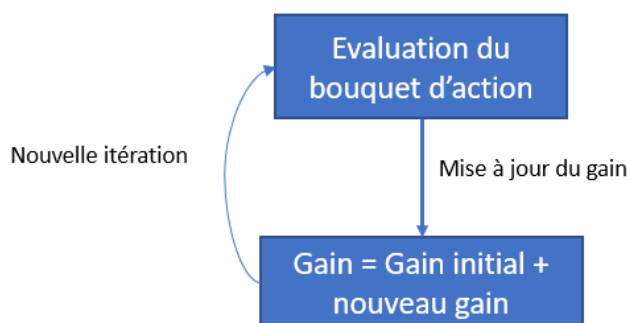


Figure 58 - Principe général d'évaluation

¹¹ Spatialisation des émissions atmosphériques sur le territoire à la maille 1kmx1km

¹² Un abattement correspond à une baisse d'un certain pourcentage des émissions

Les actions ont été évaluées selon trois scénarios (bas, intermédiaire, haut) afin d’observer les retombées pour plusieurs hypothèses. Lorsqu’une action ne présente qu’une seule hypothèse, les gains sont identiques pour les trois scénarios. Lorsqu’une action ne présente que deux hypothèses, la première est appliquée aux scénarios bas et intermédiaire et la seconde au scénario haut.

Identifiant d'action	Libellé de l'action
A2.1	Soutenir les exploitants adoptant des pratiques plus vertueuses
I2.1	Réduire les émissions en NOx des gros émetteurs industriels
I2.2	Réduire les émissions des installations industrielles soumises à la directive IED
I3.2	Accompagner et booster l'amélioration de la performance énergétique des sites industriels
I2.4	Renforcer le niveau de prescription si nécessaire des émissions de particules et de Nox pour les installations de combustion de puissance comprise entre 1 et 50 MW
I4.1	Valoriser et diffuser les bonnes pratiques sur les chantiers
RT1.1	Interdire l'installation et l'usage de certains appareils de chauffage au bois
RT1.2	Eradiquer les appareils de chauffage au fioul
RT1.3	Faciliter le renouvellement des appareils de chauffage au bois peu performants
RT1.4	Faire connaître et encourager les bonnes pratiques en matière de chauffage au bois, promouvoir l'utilisation de bois de qualité (labellisé)
RT1.5	Encourager la rénovation énergétique des logements
RT2.1	Sensibiliser le grand public et les acheteurs publics aux émissions de solvants, peintures et autres produits d'entretien
T3.1.1	Limiter les brûlages agricoles et favoriser les alternatives
T3.1.2	Rappeler l'interdiction du brûlage des déchets verts, faciliter l'accès aux alternatives, faciliter la verbalisation des infractions
MU2.1, MU2.2, MU2.3	ZFE, renouvellement de la flotte publique de bus, renouvellement des bennes à ordures ménagères
MU2.5	Dispositif CO2

Tableau 1 - Liste des actions évaluées sur la zone PPA Saint-Etienne

3.3.3. Résidentiel et Tertiaire

Renouvellement du parc d'appareils de chauffage au bois domestique

Ce bouquet regroupe les actions RT1.1 et RT1.3 en zone PPA Saint-Etienne

Des actions du PPA de Saint-Etienne ont pour objectif de diminuer les émissions issues du chauffage au bois domestique. Deux principaux leviers sont identifiés pour appuyer ce renouvellement :

- Les interdictions d’usage ;
- Les aides financières.

Trois scénarios sont utilisés pour réaliser des projections du parc d’appareils de chauffage au bois domestique :

- tendanciel 2027 sans Fonds Air Bois ;
- hypothèses basse et intermédiaire scénario PPA3 ;
- hypothèse haute scénario PPA3.

Scénario	Zone PPA Saint-Etienne
Bas	- Interdiction des foyers ouverts sur l'ensemble de Saint-Etienne Métropole ainsi que 5 communes de Loire-Forez (Bonson, Sury, St-Marcellin, St-Just-St-Rambert et St-Cyprien) - 400 remplacements d'équipements de chauffage biomasse non performants par an sur 5 ans pour Saint-Etienne Métropole et 150 pour Loire-Forez
Intermédiaire	
Haut	- Interdiction des foyers ouverts sur l'ensemble de Saint-Etienne Métropole ainsi que 5 communes de Loire-Forez (Bonson, Sury, St-Marcellin, St-Just-St-Rambert et St-Cyprien) - 800 remplacements d'équipements de chauffage biomasse non performants par an sur 5 ans pour Saint-Etienne Métropole et 450 pour Loire-Forez

Tableau 6 - Hypothèses de projection du parc d'appareils de chauffage au bois domestique

Pour tous ces scénarios, le nombre de dossiers est considéré comme un complément du renouvellement naturel des appareils. Par ailleurs, 100% des remplacements sont effectués par des appareils performants (norme ECODESIGN).

On estime ensuite le gain d'émission pour chaque commune, polluant et combustible en comparant les émissions du scénario tendanciel avec l'un des deux scénarios PPA.

Suppression des appareils de chauffage au fioul

Ce bouquet correspond à l'action RT1.2 de la zone PPA Saint-Etienne.

Le PPA3 prévoit le remplacement de 1500 appareils de chauffage au fioul. Parmi eux, 1300 doivent être remplacés par des appareils de chauffage au gaz naturel. C'est cette partie qui fait l'objet d'une quantification des gains. Pour les autres, renouvelés par exemple par de la géothermie, les données disponibles ne permettent pas d'estimer les retombées sur les émissions.

Ces gains sont calculés manuellement en supposant une consommation annuelle constante de 14 000 kWh par an par logement. Le tableau ci-dessous liste les facteurs d'émission utilisés par polluant pour effectuer la conversion.

Polluant	Combustible	Facteur d'émission	Unité
COVNM	Fioul domestique	0,17	g/GJ
NOx	Fioul domestique	69,00	g/GJ
PM10	Fioul domestique	1,50	g/GJ
PM2.5	Fioul domestique	1,50	g/GJ
SOx	Fioul domestique	56,44	g/GJ
COVNM	Gaz naturel	1,80	g/GJ
NOx	Gaz naturel	42,00	g/GJ
PM10	Gaz naturel	0,90	g/GJ
PM2.5	Gaz naturel	0,90	g/GJ
SOx	Gaz naturel	0,50	g/GJ

Tableau 7 - Facteurs d'émission de l'utilisation d'appareil de chauffage selon le combustible

Au final, les tonnes économisées sont relativement négligeables sur l'ensemble des polluants étudiés (voir Tableau ci-dessous).

Polluant	Tonnes économisées
COVNM	0,11
NOx	1,77
PM10	0,04
PM2.5	0,04
SOx	3,66

Tableau 8 - Réductions d'émission liée à l'action RT1.2

Augmentation de la part de bois labellisé

Ce bouquet regroupe respectivement les actions RT1.4 en zone PPA Saint-Etienne

La consommation de bois bûche domestique passe souvent hors des circuits de distribution. Or, la qualité du combustible joue un rôle important dans les émissions de polluants. Le PPA3 de Saint-Etienne prévoit ainsi une augmentation de la part de bois labellisé pour le chauffage domestique. Cette proportion passe de 5% dans le scénario tendanciel à 30% dans le cas du PPA de Saint-Etienne. Le coefficient d'évolution à partir des émissions tendanciellles est calculé comme suit pour Saint-Etienne :

$$EMI_{ppa} = 0,7 * \frac{1}{0,95 + 0,05 * (1 - 0,2)} * EMI_{tendanciel} + 0,3 * \frac{1}{0,95 + 0,05 * (1 - 0,2)} * EMI_{tendanciel} * (1 - 0,2)$$

Avec $\frac{1}{0,95 + 0,05 * (1 - 0,2)} * EMI_{tendanciel}$ les émissions si 0% du bois était labellisé et $(1 - 0,2)$ l'abattement de 20% pour la part de bois labellisé. En poursuivant le calcul, on obtient :

$$EMI_{ppa} = EMI_{tendanciel} * [0,7 * \frac{1}{0,95 + 0,05 * 0,8} + 0,3 * \frac{1}{0,95 + 0,05 * 0,8} * 0,8]$$

$$coeff_{evol} = 0,7 * \frac{1}{0,95 + 0,05 * 0,8} + 0,3 * \frac{1}{0,95 + 0,05 * 0,8} * 0,8 = 0,94949494949495$$

Ce coefficient est ensuite appliqué aux émissions tendanciellles issues du chauffage au bois domestique de façon à obtenir le gain apporté par le scénario PPA :

$$gain = gain_{initial} + emission_{tendanciel} - coeff_{evol} * emission_{tendanciel}$$

Rénovation thermique des logements

Ce bouquet regroupe les actions RT1.5 en zone PPA Saint-Etienne

Cette évaluation porte sur l'amélioration de l'isolation thermique des logements ainsi que la réduction des consommations d'énergie et des émissions associées.

Pour les logements, un abattement de 40% des émissions est appliqué à 2% des logements par an. Dans le scénario tendanciel, l'hypothèse était un abattement de 1% de la consommation unitaire chaque année par rapport à la précédente. Sur cette baisse, seule 25% provenait de la rénovation des logements contre 75% pour le renouvellement tendanciel du parc. Cela revient à considérer une rénovation d'environ 0,4% des logements par an avec 40% de réduction d'émission après travaux ($0,004 * 0,6 \approx 0,0025$)

$$coeff_{evol} = 0,01 * 5 * \frac{1}{(0,9975)^{2027-2022}} * (1 - 0,4) + (1 - 0,01 * (2027 - 2022) * \frac{1}{(0,9975)^{2027-2022}})$$

$$coeff_{evol} = 0,99234241$$

Sensibilisation sur les émissions de solvants

Ce bouquet correspond à l'action RT2.1 en zone PPA Saint-Etienne

Une diminution de 10% est appliquée sur l'ensemble des émissions concernées par l'utilisation de solvants. La snap3 060405 n'est pas incluse car elle ne rentre pas dans le périmètre PCAET.

Zone PPA	Coefficient d'évolution
Saint-Etienne	0,9

Tableau 9 - Coefficient d'évolution utilisés pour les actions RT1.5 / R1

Brûlage de déchets verts

Ce bouquet regroupe une partie de l'action T3.1 en zone PPA Saint-Etienne

Une diminution de 50% des brûlages de déchets verts est envisagée tout scénario confondu.

Zone	Coefficient d'évolution
Saint-Etienne	0,5

Tableau 10 - Coefficients d'évolution utilisés pour les actions R5-R6 / T.2.2

3.3.4. Transport routier

Mise en œuvre de la ZFE

Le périmètre de la ZFE-m correspond à l'intérieur du triangle autoroutier stéphanois, soit 34 km² délimité par la RN88, l'A72 et la RD201. 140 000 métropolitains habitent dans cette zone. Il s'agit du même périmètre que celui déjà utilisé pour la circulation différenciée mise en place lors des pics de pollution.

Saint-Étienne Métropole compte mettre en place la ZFE-m en plusieurs étapes entre 2022 et 2027, en concertation avec les professionnels. Au 1^{er} janvier 2027, l'interdiction de circulation concernera les poids lourds, fourgons et fourgonnettes ayant une vignette Crit'air 3, 4, 5 et NC.

L'accès à la ZFE-m est réglementé 365 jours par an, 7 jours sur 7 et 24h sur 24. L'accès pour certains véhicules sera interdit en permanence.

Actions	PPA Saint-Etienne
Périmètre	Triangle autoroutier
ZFE VUL/PL	Interdiction CQA3+
Taux de fraude	8%

Tableau 11 - Hypothèses par zone PPA et type de ZFE

Dispositif CO₂

Ce bouquet correspond à l'action MU2.5 de la zone PPA Saint-Etienne.

L'évaluation de l'action consiste à diminuer de 15% les veh.km des poids lourds sur la zone PPA. À facteur d'émission constant, les émissions évoluent donc de façon identique.

Renouvellement de la flotte de bus publique

Ce bouquet correspond à une partie de l'action MU2.3 de la zone PPA Saint-Etienne.

Le PPA intègre le renouvellement de la flotte captive de bus de Saint-Etienne Métropole (220 bus), circulant au gazole sur une distance de 40 000km par an chacun. On considère que les bus sont à la norme Euro V EGR initialement et que l'intégralité du trajet s'effectue en milieu urbain dense.

77 d'entre eux (35%) passent à l'électrique et 33 au GNV (15%) à horizon 2027. On suppose également que l'ensemble de la flotte captive respecte la ZFE en 2027. Les 110 bus restants au gazole passent ainsi de la norme Euro V (Crit'Air 3) à la norme Euro VI (Crit'Air 2).

type_vehicule	sous_categorie_veh	carburant	norme_vehicule	polluant	emis_g_km
Bus urbains	midi <=15t	gazole	Euro V PL EGR	COVNM	0,03
Bus urbains	midi <=15t	gazole	Euro VI	COVNM	0,04
Bus urbains	midi <=15t	gazole	Euro V PL EGR	NOx	6,96*
Bus urbains	midi <=15t	gazole	Euro VI	NOx	0,80
Bus urbains	midi <=15t	électrique	Euro VI	PM10	0,03
Bus urbains	midi <=15t	gazole	Euro V PL EGR	PM10	0,04
Bus urbains	midi <=15t	gazole	Euro VI	PM10	0,03
Bus urbains	midi <=15t	électrique	Euro VI	PM2.5	0,02
Bus urbains	midi <=15t	gazole	Euro V PL EGR	PM2.5	0,03
Bus urbains	midi <=15t	gazole	Euro VI	PM2.5	0,01
Bus urbains	standard 15 à 18t	GNV	Euro VI	COVNM	0,02
Bus urbains	standard 15 à 18t	GNV	Euro VI	NOx	0,38
Bus urbains	standard 15 à 18t	GNV	Euro VI	PM10	0,03
Bus urbains	standard 15 à 18t	GNV	Euro VI	PM2.5	0,01

Tableau 12 - Facteurs d'émission utilisés pour évaluer le renouvellement des bus

* Ce facteur d'émission résulte de la moyenne entre celui utilisé en 2021 (8,65g/km) et celui issu de COPERT5 (5,28 g/km).

Les gains sont calculés manuellement via des facteurs d'émission issues de COPERT5 puis injectés à l'évaluation globale. Une répartition est faite par commune au prorata des émissions des bus.

Renouvellement de la flotte de bennes à ordures ménagères (BOM)

Ce bouquet correspond à une partie de l'action MU2.3 de la zone PPA Saint-Etienne.

Le PPA intègre le renouvellement des 34 bennes à ordures ménagères existantes, circulant au gazole sur une distance de 15 000km par an chacune. 17 d'entre elles (50%) passent au GNV à horizon 2027. On considère que les BOM sont à la norme Euro V EGR initialement et que l'intégralité du trajet s'effectue en milieu urbain dense. Les BOM ont des charges allant de 14 à 20 tonnes.

Type véhicule	Sous-catégorie	Carburant	Norme	Polluant	Emissions (g/km)
Poids lourds	articulé 14 à 20t	gazole	Euro V PL EGR	COVNM	0,14
Poids lourds	articulé 14 à 20t	GNV	Euro VI	COVNM	0,02
Poids lourds	articulé 14 à 20t	gazole	Euro V PL EGR	NOx	4,93
Poids lourds	articulé 14 à 20t	GNV	Euro VI	NOx	0,33
Poids lourds	articulé 14 à 20t	gazole	Euro V PL EGR	PM10	0,05
Poids lourds	articulé 14 à 20t	GNV	Euro VI	PM10	0,03
Poids lourds	articulé 14 à 20t	gazole	Euro V PL EGR	PM2.5	0,03
Poids lourds	articulé 14 à 20t	GNV	Euro VI	PM2.5	0,02

Tableau 13 - Facteurs d'émission utilisés pour évaluer le renouvellement des BOM

Les gains sont calculés manuellement via des facteurs d'émission issues de COPERT5 puis injectés à l'évaluation globale. Une répartition est faite par commune au prorata des émissions des poids lourds transportant des marchandises.

3.3.5. Industrie

Réduire les émissions de NOx des principaux émetteurs

Ce bouquet concerne l'action I2.1 du PPA de Saint-Etienne.

Une réduction des émissions de NOx est fixée à 50 tonnes pour les gros émetteurs industriels. 3 établissements identifiés par la DREAL parmi les gros émetteurs de NOx sont intégrés à l'évaluation faute de connaître en avance les efforts fournis par chaque établissement. Les gains sont ensuite répartis entre les différents établissements au prorata de leurs émissions de NOx sur la période 2016-2017.

Remarque : pour Verallia, une étude technico-économique est d'ores et déjà prévue pour diminuer leurs émissions de NOx. Cet élément conforte la baisse d'émission projetée pour le scénario PPA.

Numéro d'inspection	Etablissements	Part des émissions 2016-2017	Réduction NOx PPA3 (tonnes)
0061.03381	INDUSTEEL FRANCE - CHÂTEAUNEUF	6%	3
0061.03493	VERALLIA FRANCE	13%	6
0061.03344	SOC DE DISTRIBUTION DE CHALEUR FIRMINY	81%	41

Tableau 14 - Etablissements pris en compte pour l'action I2.1

Réduire les émissions des installations industrielles

Ce bouquet d'action regroupe les actions I2.2 et I2.4.

La liste des établissements concernés pour chaque action est établie à partir des déclarations BDREP disponibles en 2018 pour la zone PPA Saint-Etienne. Pour l'action I2.2, il s'agit des installations de combustion de puissance supérieure ou égale à 50MW et donc classées IED. Pour l'action I2.4, il s'agit cette fois des établissements de puissance comprise entre 1 et 50 MW.

À partir des codes d'établissement fournis, les données nécessaires sont récupérées via BDREP. Plusieurs établissements listés ne sont pas présents dans l'inventaire tendanciel 2027.

Le principe de calcul est le suivant :

$$gain = gain_initial + emission - coeff_evol * emission$$

Avec gain_initial le gain déjà calculé par d'éventuelles précédentes actions, emission les émissions tendanciels 2027 et coeff_evol le coefficient d'évolution appliqué pour obtenir les émissions du scénario PPA à partir du tendanciel.

Action	Scénario	Polluant	Puissance	Coefficient d'évolution
I2.2	Bas	COVNM	> 50 MW	0,983
I2.2	Intermédiaire	COVNM	> 50 MW	0,967
I2.2	Haut	COVNM	> 50 MW	0,95
I2.4	Bas	NOx	1 – 5 MW	0,9
I2.4	Intermédiaire	NOx	1 – 5 MW	0,9
I2.4	Haut	NOx	1 – 5 MW	0,9
I2.4	Bas	TSP, PM10, PM2.5	1 – 5 MW	0,6
I2.4	Intermédiaire	TSP, PM10, PM2.5	1 – 5 MW	0,6

I2.4	Haut	TSP, PM10, PM2.5	1 – 5 MW	0,6
I2.4	Bas	TSP, PM10, PM2.5	5 – 50 MW	0,67
I2.4	Intermédiaire	TSP, PM10, PM2.5	5 – 50 MW	0,67
I2.4	Haut	TSP, PM10, PM2.5	5 – 50 MW	0,67

Tableau 15 - Coefficients d'évolution appliqués aux actions I2.2, I2.4 et E1

Plusieurs cas sont possibles :

- Si l'établissement est concerné par la mesure I2.2, alors on applique une diminution de 5% pour le scénario 1, 10% pour le scénario 2 et 15% pour le scénario 3 sur un tiers des émissions.
- Si l'établissement est concerné par la mesure I2.4, alors on applique une diminution sur les émissions de NOx et de poussières.
 - o -10% sur les émissions de NOx pour les puissances comprises entre 1 et 10 MW ;
 - o -40% sur les émissions de poussières pour les puissances comprises entre 1 et 5 MW et -33% si la puissance est comprise entre 5 et 50MW.

À défaut de disposer du détail des émissions tendancielle par installation de combustion, l'évaluation se base ici sur l'établissement complet. Cela entraîne des incertitudes dans l'évaluation des actions.

Booster la performance énergétique des établissements industriels de combustion

Ce bouquet correspond à l'action I3.2 sur la zone PPA Saint-Etienne.

L'action I3.2 prévoit une économie de consommation d'énergie d'environ 6 GWh/an à horizon 2027 par rapport au scénario tendanciel. Cette réduction correspond à un accompagnement de plusieurs établissements encore inconnus au moment de la modélisation des actions. Pour cette raison, les 5 établissements les plus consommateurs d'énergie de la zone PPA Saint-Etienne se répartissent la baisse.

Cette diminution est appliquée au prorata de la consommation de chaque établissement. Au sein d'un même établissement, elle est également répartie entre les différentes activités selon la même méthode.

Liste des établissements évalués pour l'action		
id_corresp	Numéro d'inspection	Etablissement
1040	0061.03493	VERALLIA FRANCE
382	0061.03291	SNF SAS
443	0061.03381	INDUSTEEL FRANCE - Site de Chateauneuf
571		ASCOMETAL
1110	0061.03348	AUBERT & DUVAL - Site de FIRMINY

Tableau 16 - Liste des établissements utilisés pour l'évaluation de l'action

Pour chaque activité, la consommation en GWh après réduction est calculée comme suit :

$$conso_{finale} = conso_{initiale} - 6 * \frac{conso_{initiale}}{conso_{totale}}$$

Avec $conso_{finale}$ la consommation annuelle en 2027 après prise en compte de l'action I3.2, $conso_{initiale}$ la consommation 2027 du scénario tendanciel et $conso_{totale}$ la consommation du scénario tendanciel 2027 pour les 5 établissements.

Bonnes pratiques des chantiers

Ce bouquet regroupe les actions I4.1 de la zone PPA Saint-Etienne.

La mise en place d'une charte de bonnes pratiques sur les chantiers fait partie des mesures préconisées par le PPA3 Saint-Etienne. Il est supposé que le respect de cette charte permettrait d'abaisser de 25% les

émissions des chantiers. L'évaluation est ici effectuée en supposant également que seuls 15% des chantiers l'adopteront. Il est possible que cette part représente les chantiers les plus émetteurs. Toutefois, on suppose ici que ces chantiers représentent 15% des émissions totales pour chaque zone.

Zone PPA	Coefficient d'évolution des émissions de poussières, PM10 et PM2.5
Saint-Etienne	0,9625

Tableau 17 - Coefficients d'évolution appliqués aux émissions tendanciennes pour l'action I11/I.3.2

Le calcul est réalisé comme suit pour les activités concernées par l'action :

$$gain = gain_{initial} + emission - coeff_{evol} * emission$$

3.3.6. Agriculture

Sensibilisation

Ce bouquet comprend uniquement l'action A.2.2 pour la zone PPA Saint-Etienne.

Le plan d'action du PPA intègre, pour le volet agricole, une action de sensibilisation et communication portée par la Chambre d'Agriculture. Celle-ci vise à une amélioration des pratiques et, à terme, une réduction des émissions atmosphériques par le secteur. Cette partie présente la méthodologie employée pour effectuer une estimation prudente des retombées de l'action sur les émissions d'ammoniac à l'épandage.

La quantification est tirée des enseignements du projet Epand'air menée en 2019 par Atmo Hauts-de-France¹³. Sans nécessairement investir dans du nouveau matériel agricole, il est possible de diminuer de 22% les émissions d'ammoniac à l'épandage.

Sur le territoire du PPA de Saint-Etienne, cela représente un potentiel de réduction des émissions d'environ 73 tonnes. Un taux d'application est appliqué à ce chiffre pour tenir compte de la part d'agriculteurs formés par la Chambre d'Agriculture à horizon 2027. À raison de deux formations de 10 agriculteurs par an, cela représente 100 agriculteurs formés sur environ 498 recensés dans les données emploi de l'INSEE. Ce dernier regroupe les emplois NCE E10 en excluant :

- les activités d'élevage seules (codes NAF 01.41Z, 01.42Z, 01.43Z, 01.44Z, 01.45Z, 01.46Z, 01.47Z, 01.48Z, 01.49Z) ;
- les activités sylvicoles (codes NAF 02.10Z, 02.20Z, 02.30Z, 02.40Z) ;
- les activités de chasse (code NAF 01.70Z).

Le taux d'application est ainsi fixé à 20% pour l'ensemble de la zone PPA. On obtient alors une réduction d'environ 15 tonnes des émissions, répartie par commune au prorata des émissions d'ammoniac à l'épandage.

Brûlages agricoles

Ce bouquet correspond à une partie de l'action T3.1 sur la zone PPA Saint-Etienne.

L'écobuage est une technique ancienne de préparation de terrains pour une mise en culture. Elle implique le brûlage de mottes de terre et de végétation qui émettent des polluants atmosphériques.

Pour la zone PPA Saint-Etienne, l'abattement est de 50% pour tous les scénarios.

¹³ Atmo Hauts-de-France, <https://www.atmo-hdf.fr/projets/projets-en-cours/epand-air-milieu-agricole.html>

3.4. Scénario retenu

Un scénario supplémentaire final est retenu pour modélisation. Il reprend pour l'essentiel les hypothèses du scénario intermédiaire avec quelques ajustements :

- abattement de 15% du tiers des émissions pour l'action I2.2 ;
- scénario bas pour le renouvellement du parc d'appareils de chauffage au bois.

3.5. Cadastrage des émissions

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a la charge de produire une modélisation des concentrations à l'horizon 2027 selon le scénario PPA. Ce modèle, produit à une maille 1kmx1km, est notamment alimenté par l'évolution des émissions atmosphériques sur le territoire. L'évaluation détaillée des actions à l'échelle communale est donc adaptée sous forme d'un cadastre.

3.6. Evaluation prospective des gains en matière de qualité de l'air

Les principaux résultats sont présentés en matière :

- d'atteinte des objectifs de réduction des émissions fixés par le comité de pilotage du PPA,
- d'atteinte des objectifs en matière de concentrations en polluants et de populations exposés aux valeurs sanitaires et réglementaires.

Pour ne pas alourdir le document, toutes les cartographies et analyses propres au scénario tendanciel seul sont renvoyées en annexe.

3.6.1. Rappel du périmètre

Le périmètre retenu pour le PPA de Saint-Etienne inclut 2 EPCI :

- Saint-Etienne Métropole ;
- Loire-Forez.

3.6.2. Bilan global de l'évolution des émissions

Il est rappelé ici que le PPA doit être conforme aux exigences du PREPA et du plan national biomasse issu de la loi Climat et Résilience.

Le tableau ci-dessous synthétise les objectifs à atteindre pour 2027 sur la zone PPA de Saint-Etienne. La colonne « Gain PPA à trouver » représente la réduction d'émission en tonnes que doit apporter le scénario PPA pour respecter dès 2027 les objectifs vis-à-vis du PREPA 2030. Concernant la plan national biomasse, il vise une réduction 50% des émissions de particules fines liées au chauffage biomasse entre 2020 et 2030. L'analyse du tableau ci-dessous montre que les efforts à fournir pour respecter le PREPA permettent de couvrir les obligations de la Loi Climat et Résilience.

A noter que pour l'ammoniac l'objectif fixé consiste à réduire les émissions pour être en cohérence avec le PREPA. Il est donc fixé une baisse de 11% des émissions en 2027 pour être dans la bonne trajectoire et atteindre en 2030 -13%.

Zone PPA Saint-Etienne					
PREPA : objectifs nationaux de réduction des émissions atmosphériques					
Polluants	Emissions 2005	Emission tendancielle 2027	Évolution 2005-2027 tendanciel	Objectif fixé	Gain à trouver
NH3	2056	1960	-5%	-11%	139
COVNM	7872	4047	-49%	-52%	269
NOx	8625	2946	-66%	-69%	272
SOx	1547	249	-84%	-77%	0
PM2,5	1666	877	-47%	-57%	161
Plan national biomasse : -50% d'émissions du chauffage domestique au bois entre 2020 et 2030					
Polluants	Emissions 2018	Projection émissions 2020	Emissions tendancielle 2027	Projection émissions tendancielle à 2030	Gain PPA à trouver
PM2,5	816	764	584	507	87
PM10	833	781	597	518	89

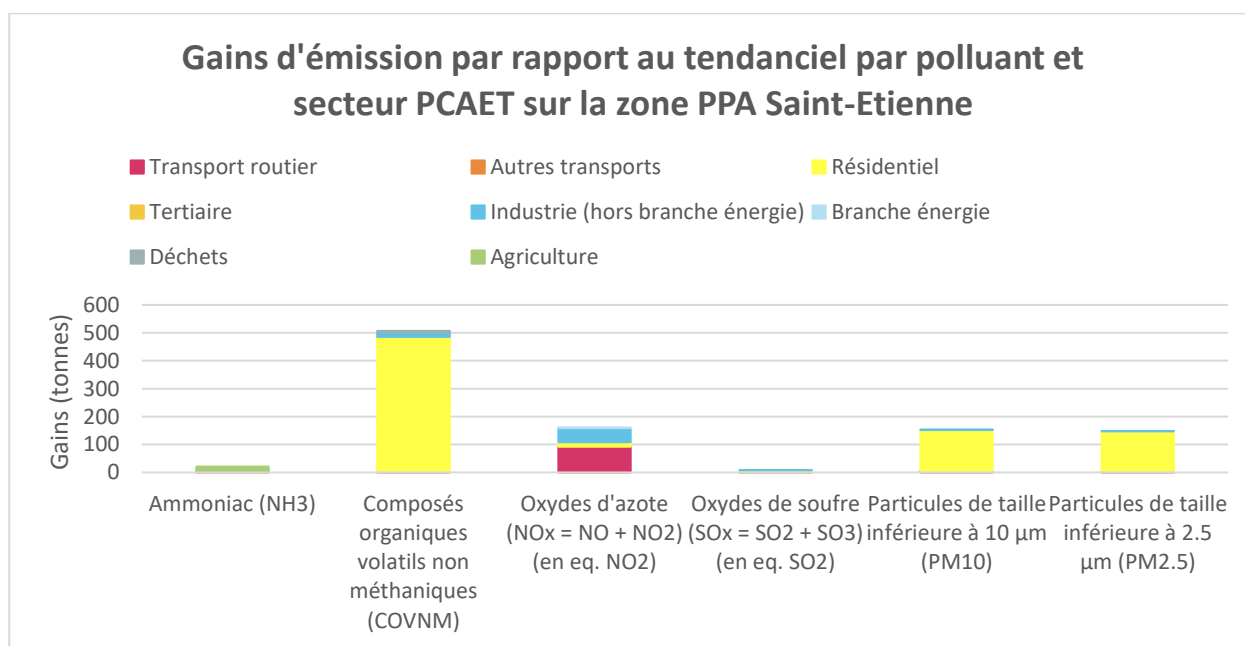


Figure 59 – Réductions d'émission par rapport au tendanciel par polluant et secteur PCAET sur la zone PPA Saint-Etienne

Les actions mises en place dans le cadre de la révision du Plan de Protection de l'Atmosphère entraînent des réductions d'émission sur l'ensemble des polluants ciblés par le PREPA.

Pour chaque polluant, un secteur contribue particulièrement à cette baisse : résidentiel pour les COVNM et particules, agriculture pour l'ammoniac ou encore transport routier pour les oxydes d'azote (cf. Figure ci-dessus).

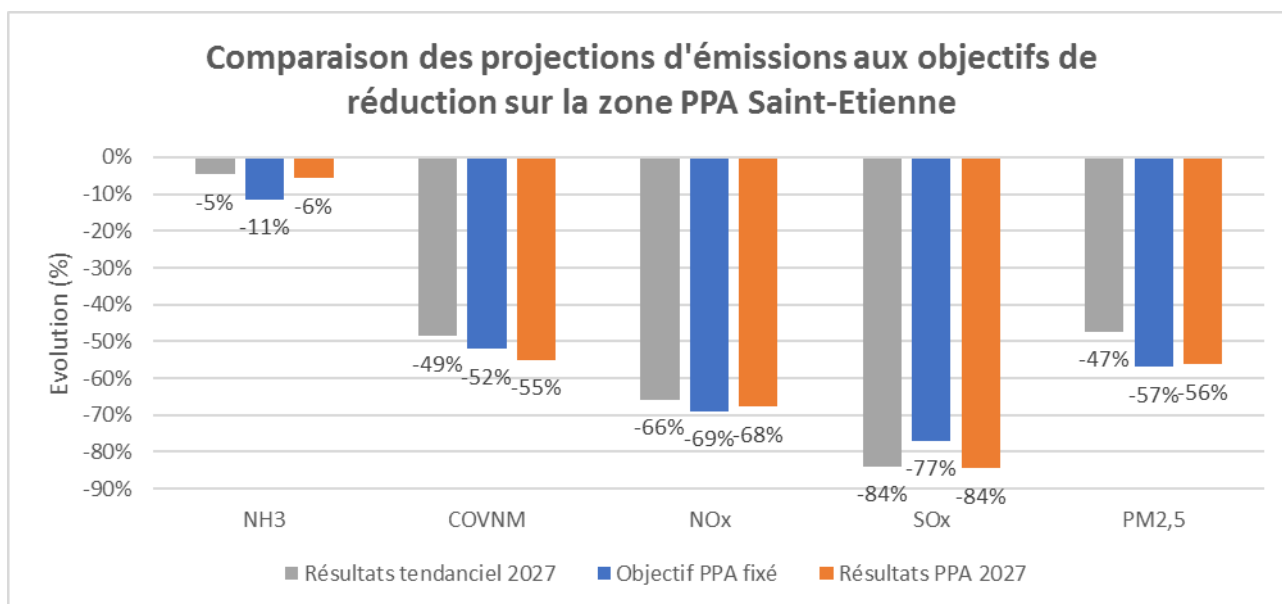


Figure 60 - Comparaison des projections d'émissions aux objectifs de réduction sur la zone PPA Saint-Etienne par rapport à 2005

Ces réductions permettent d'atteindre ou d'approcher les objectifs du PREPA 2030 et du plan national chauffage au bois sur la zone (cf. Figure ci-dessus). Un écart à l'objectif est toutefois visible sur l'ammoniac et dans une moindre mesure sur les NOx et les PM2.5.

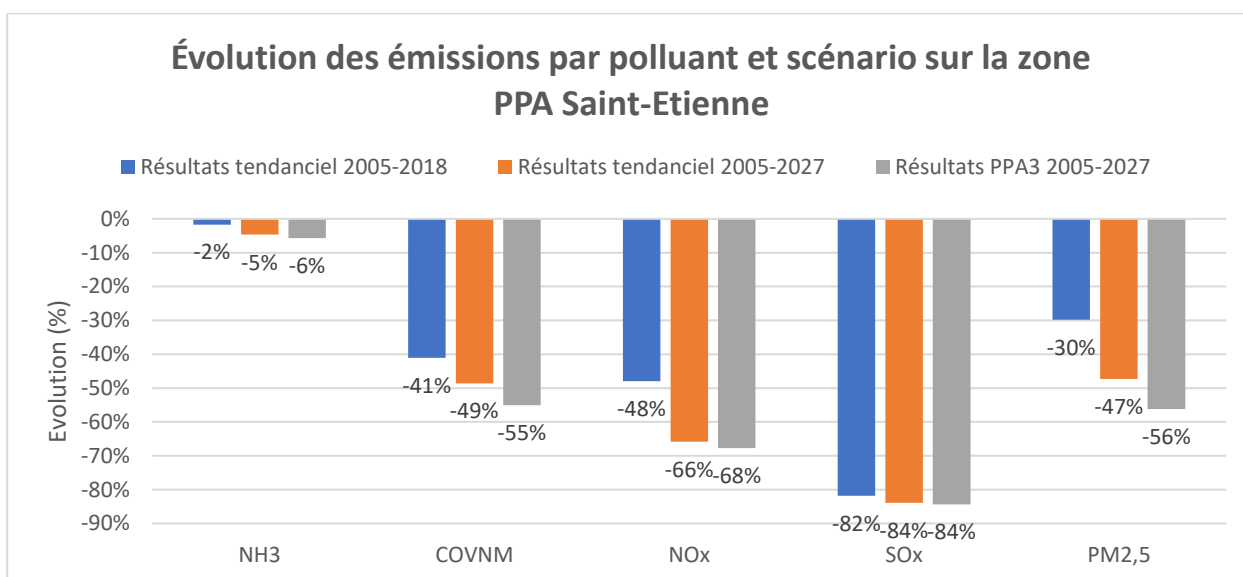


Figure 61 - Évolution des émissions par polluant et scénario sur la zone PPA Saint-Etienne

L'évolution permet d'atteindre des réductions significatives en 2018 et aussi en 2027 de manière tendancielle.

La mise en place des actions du PPA3 contribue de façon visible à l'évolution des émissions entre 2018 et 2027, notamment pour l'ammoniac, les COVNM et les particules fines (cf. Figure ci-dessus).

Pour les COVNM par exemple, plus de 45% des tonnes économisées entre 2018 et 2027 proviennent du scénario PPA. Cette part descend jusqu'à moins de 10% dans le cas des oxydes d'azote où le scénario tendanciel prévoit déjà des efforts importants – bien qu'insuffisants à eux seuls.

Zone PPA Saint-Etienne - Part du gain d'émission total par polluant pour chaque action							
Identifiant de l'action	Libellé	NOx	SOx	PM10	PM2,5	NH3	COVNM
RT1.1, RT1.2, RT1.3	Chauffage au bois	3%	17%	69%	71%	27%	61%
RT1.4	Bois labellisé	4%	14%	20%	20%	3%	14%
A2.2	Sensibilisation	0%	0%	0%	0%	69%	0%
RT1.2	Eradiquer les appareils de chauffage au fioul	2%	48%	0%	0%	0%	0%
MU2.1, MU2.2, MU2.3	ZFE et renouvellement de bus et BOM	41%	0%	0%	0%	0%	0%
I2.1	Baisse NOx établissements industriels	31%	0%	0%	0%	0%	0%
MU2.5	Objectif CO2	16%	3%	3%	2%	1%	0%
RT1.5	Rénovation thermique	1%	7%	3%	3%	1%	2%
RT2.1	Sensibilisation solvants	0%	0%	0%	0%	0%	17%
I3.2	Amélioration performance énergétique	1%	10%	0%	0%	0%	0%
T3.1.2	Brûlage déchets résidentiel	0%	1%	4%	4%	0%	1%
I2.2	Etablissements IED	0%	0%	0%	0%	0%	4%
I2.4	Baisse VLE combustion	0%	0%	0%	0%	0%	0%
I4.1	Bonnes pratiques chantiers	0%	0%	0%	0%	0%	0%
T3.1.1	Brûlage déchets verts	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau 18 - Part du gain d'émission total par polluant pour chaque action

Les actions ne contribuent pas toutes de la même façon aux tonnes économisées sur les différents polluants (cf. Figure ci-dessus). Par exemple, 71% des tonnes économisées de PM2,5 grâce aux actions du PPA proviennent des actions autour du parc de chauffage au bois domestique. Plus généralement, chaque polluant a une ou deux actions phares qui concentrent la majorité des réductions d'émission.

3.6.3. Oxydes d'azote (NO_x)

Evolution des émissions de NOx selon le scénario PPA Actions 2027

Scénario	Emissions
Tendanciel 2027	2946
PPA3 2027	2785
Réduction d'émission	-161
Objectif	-272

Tableau 19 - Comparaison des émissions de NOx entre les scénarios tendanciel et PPA en 2027 sur la zone PPA Saint-Etienne

Les émissions de NOx à horizon 2027 diminuent sur le territoire grâce aux actions du PPA3. Les 161 tonnes économisées permettent de s'approcher de l'objectif 2030 du PREPA (-272 tonnes par rapport au tendanciel 2027).

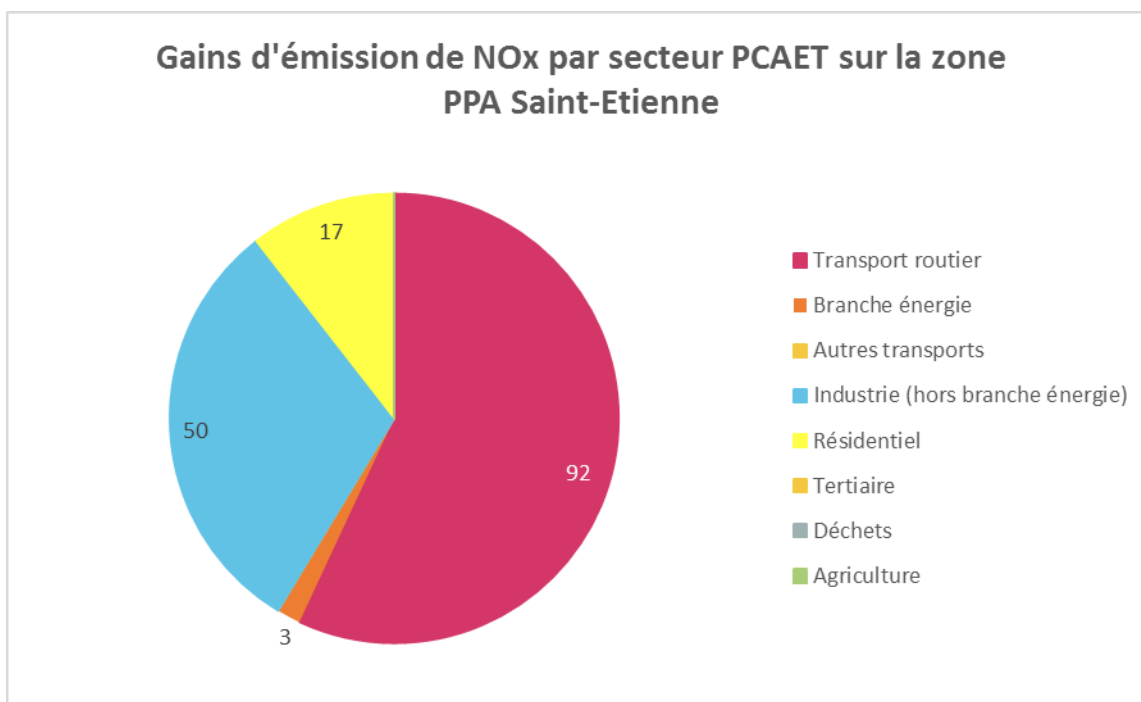


Figure 62 – Réductions d'émission en tonnes de NOx par secteur d'activité sur la zone PPA Saint-Etienne

La figure ci-dessus montre que le transport routier contribue en majorité à cette baisse (57% du total des gains) suivi par l'industrie hors énergie (31%) ainsi que le résidentiel (11%).

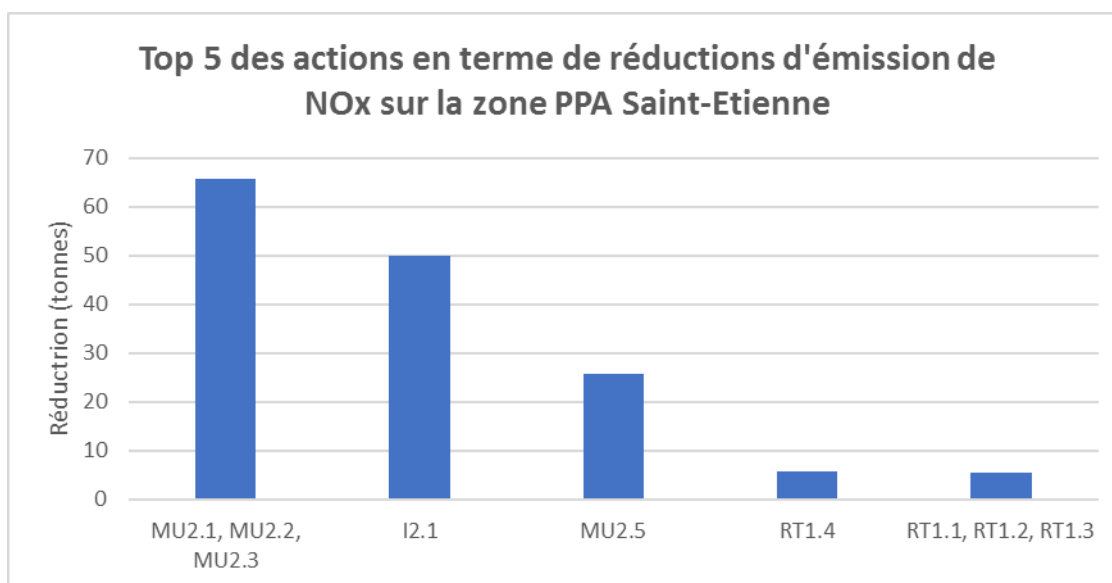


Figure 63 - Top 5 des actions en termes de réductions d'émission de NOx sur la zone PPA Saint-Etienne

Identifiant de l'action	Libellé de l'action	Réduction d'émission (tonnes)	Part de la réduction totale
MU2.1, MU2.2, MU2.3	ZFE et renouvellement des bus et BOM	-66	41%
I2.1	Réduire les émissions de NOx des grosses installations industrielles	-50	31%
MU2.5	Dispositif CO2	-26	16%
RT1.4	Bois bûche labellisé	-6	4%
RT1.1, RT1.2, RT1.3	Parc d'appareils de chauffage au bois domestique	-6	3%
RT1.2	Chauffage fioul	-3	2%
RT1.5	Rénovation thermique	-2	1%
I3.2	Amélioration performance énergétique	-2	1%
T3.1.2	Brûlage déchets résidentiel	-1	0%
I2.4	Renforcement des VLE	-1	0%
I4.1	Bonnes pratiques sur les chantiers	0	0%
I2.2	Installations IED	0	0%
RT2.1	Sensibilisation solvants	0	0%
A2.2	Techniques et matériaux d'épandage	0	0%
T3.1.1	Brûlage air libre agriculture	0	0%

Tableau 20 – Réductions d'émission de NOx par action sur la zone PPA Saint-Etienne

Les tonnes économisées sur le transport routier sont essentiellement dues au renouvellement de la flotte de bus publics (-57t), au dispositif CO2 (-26t) et à la ZFE (-7t). Dans le secteur industriel, c'est l'action de réduction des émissions de NOx des grosses installations industrielles qui permet d'économiser 50 tonnes supplémentaires.

Evolution des concentrations mesurées de NO₂ selon le scénario PPA Actions 2027

NO2	Mesures 2017	2027 Tendanciel	2027 Actions
Saint-Etienne Sud	18	13	12
Saint-Chamond	27	18	17
N88 Saint-Etienne	34	19	18
A47 Vallée du Gier	40	26	26
La Talaudière	15	11	11
Saint-Etienne Bld Urbain	33	18	17

> valeur limite
> valeur OMS 2021

Tableau 21 : Concentrations moyennes annuelles en NO₂ mesurées ou estimées au niveau des stations fixes de mesures d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes situées dans sur le périmètre du PPA stéphanois

La mise en place des actions PPA permet de réduire de 1 µg/m³ la concentration moyenne annuelle de NO₂ estimées aux stations de proximité trafic de l'agglomération stéphanoise, et de 1 µg/m³ maximum la concentration moyenne annuelle de NO₂ estimée sur les stations de fond de cette agglomération.

Sur la station de proximité trafic située dans la vallée du Gier (A47 Vallée du Gier), les actions mises en place n'ont qu'un très faible impact.

Concentrations moyennes annuelles de NO₂ selon le scénario Actions PPA 2027 estimées sur le territoire du PPA

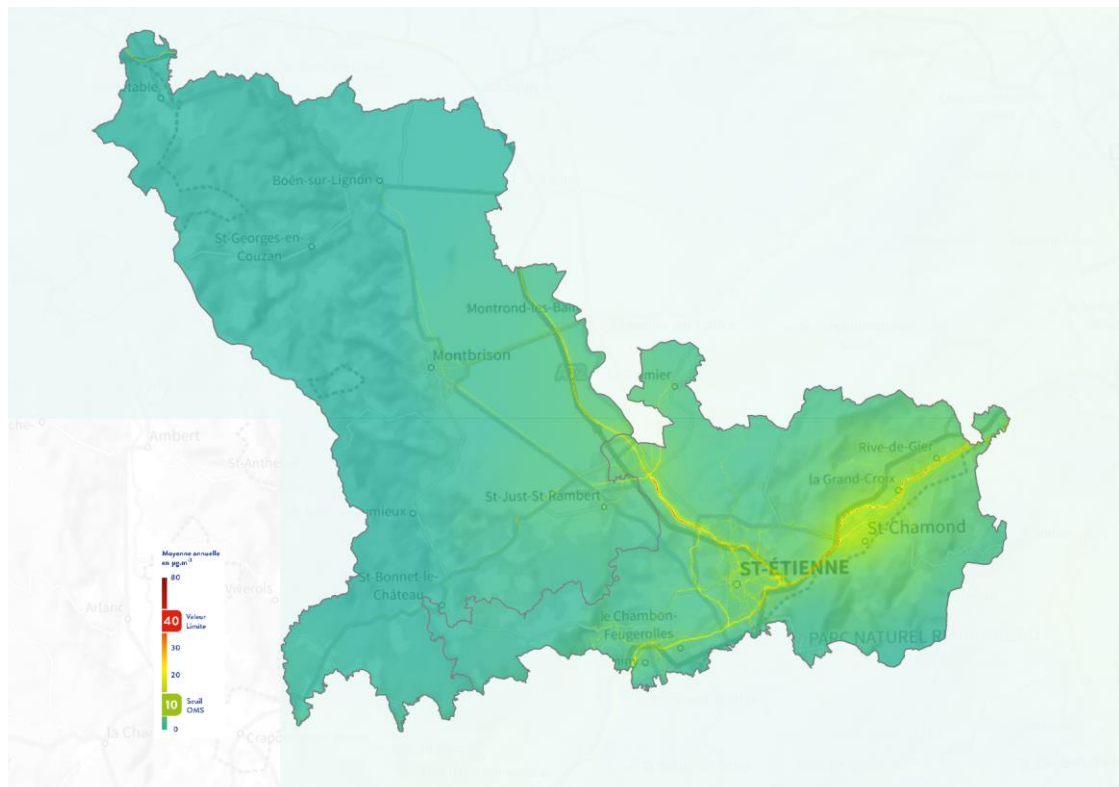


Figure 64 : Cartographies des concentrations moyennes annuelles en NO₂ attendues selon le scénario Actions PPA 2027

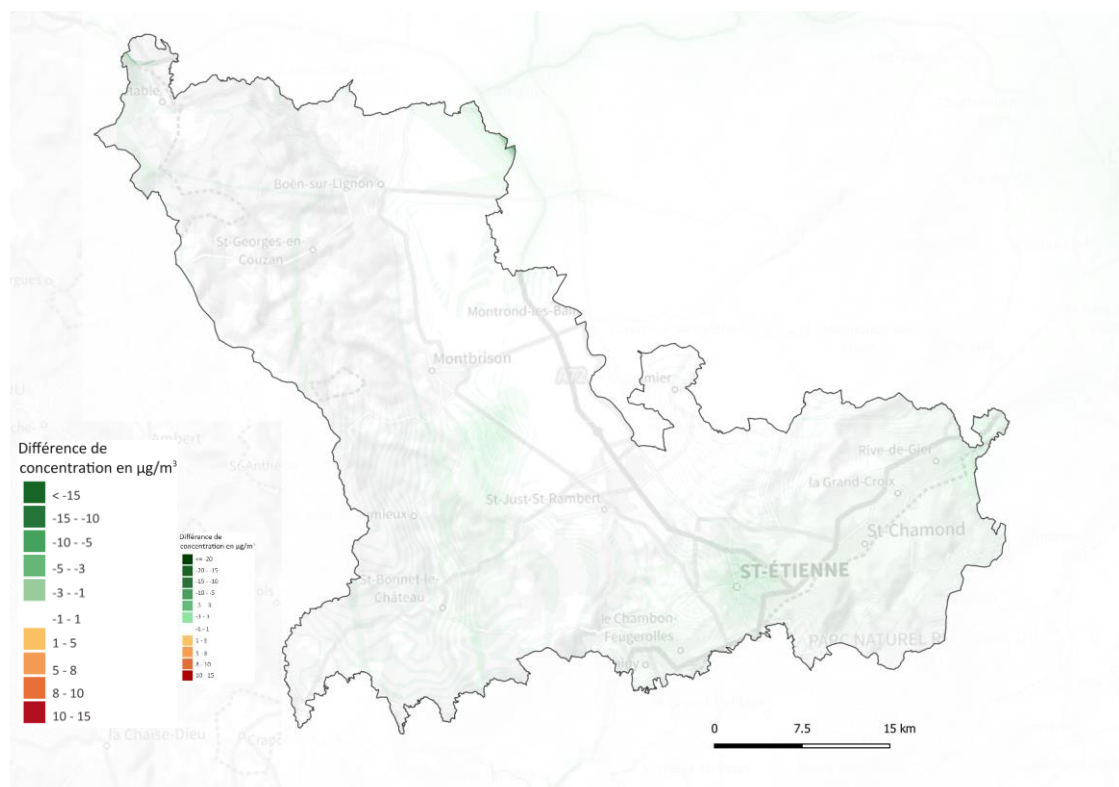


Figure 65 : Différences de concentration moyennes annuelles en NO₂ estimées entre le scénario Actions PPA 2027 et tendanciel 2027

La mise en place des actions du PPA permet de réduire d'environ 1 µg/m³ les concentrations de dioxyde d'azote en proximité automobile soit approximativement jusqu'à 4%. En situation de fond, sur la commune de Saint-Etienne, en zone éloignée d'influence directe d'un axe routier, cette réduction s'élève au maximum à 1 µg/m³, soit - 4%.

Evolution de l'exposition des populations entre le scénario tendanciel 2027 et Actions PPA 2027

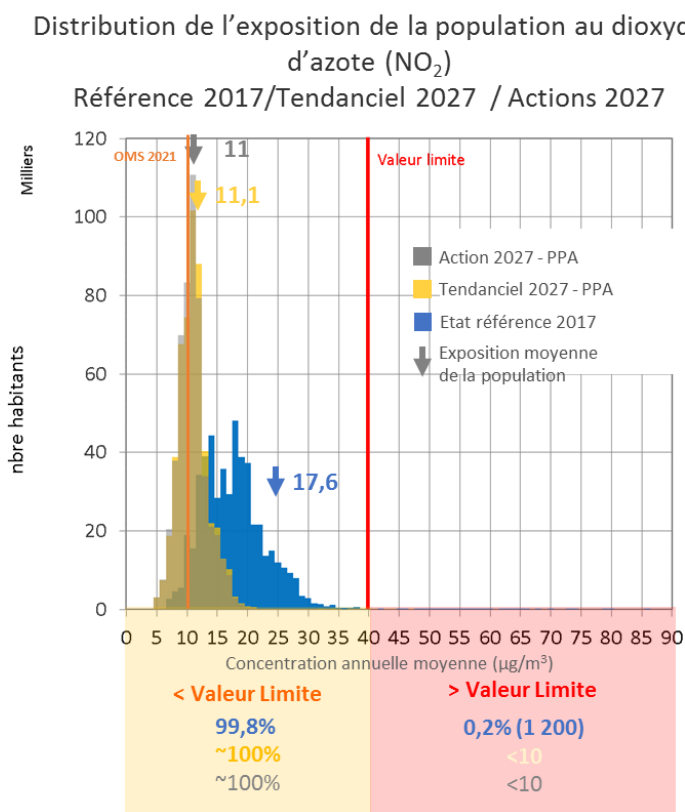


Figure 66 : Histogramme de distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote selon l'état de référence (bleu), le scénario tendanciel 2027 (jaune), et le scénario Actions PPA 2027 (gris)

L'histogramme ci-dessus présente la distribution de l'exposition des populations par classe de concentration moyenne annuelle de NO₂. Il met en évidence que la diminution tendancielle des émissions de NO_x (en particulier celle due au renouvellement des parcs de véhicules) induit une baisse de l'exposition moyenne des habitants du PPA de 6,5 µg/m³ en 2027.

Les actions du PPA ne permettront quasiment pas de réduire cette exposition moyenne qui s'élèverait à 11 µg/m³. Elle resterait donc légèrement supérieure à la nouvelle valeur moyenne d'exposition recommandée par l'OMS depuis septembre 2021 (à savoir 10 µg/m³ contre 40 µg/m³ auparavant, soit une division par 4 de la cible).

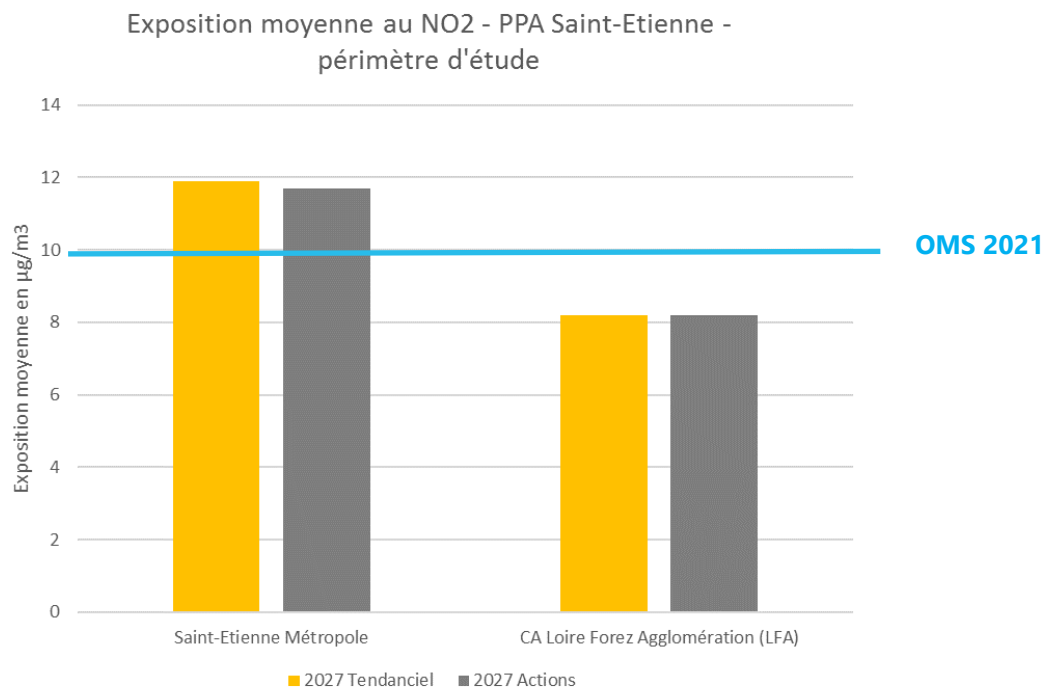


Figure 67 : Evolution de l'exposition moyenne au NO₂ sur le périmètre PPA entre le scénario 2027 tendanciel et Actions 2027

L'histogramme ci-dessus montre que les actions du PPA3 ne permettaient de réduire que très légèrement l'exposition moyenne des habitants de chaque EPCI.

L'histogramme permet également de comparer ces niveaux moyens d'exposition avec le nouveau seuil d'exposition recommandé par l'OMS₂₀₂₁ et montre que l'exposition moyenne de Saint-Etienne Métropole resterait au-dessus de ce seuil.

En abaissant sa valeur recommandée à 10 µg/m³ fin septembre 2021, l'OMS a également introduit, des seuils intermédiaires à 20, 30 et 40 µg/m³.

Le tableau ci-après illustre la répartition de la population selon ces quatre seuils :

		Seuil intermédiaire OMS 2021			Niveau recommandé OMS 2021	Valeur limite = OMS 2005
		1	2	3		
Tendanciel 2027	NO ₂ Moy. Annuelle en µg/m3	>40	>30	>20	>10	>40
		0%	<0,05%	0,5%	74%	0%
		0 hab	< 50 hab	2 300 hab	377 300 hab	0 hab
Actions 2027		0%	<0,05%	0,4%	3%	0%
		0 hab	< 50 hab	2 100 hab	375 200 hab	0 hab

La mise en place des actions du PPA, permet de réduire d'approximativement 2000, le nombre d'habitants exposés au-dessus de la valeur guide recommandée par l'OMS en 2021.

3.6.4. Particules PM2,5

Evolution des émissions à l'horizon 2027

Emissions périmètre PCAET (tonnes)	
Scénario	PM2,5
Tendanciel 2027	877
PPA3 2027	730
Réduction d'émission	-148
Objectif 2027	-161

Tableau 22 - Comparaison des émissions de particules entre les scénarios tendanciel et PPA en 2027 sur la zone PPA Saint-Etienne

Emissions chauffage au bois domestique (tonnes)	
Scénario	PM2,5
Réduction d'émission 2027	-138
Objectif 2027	-87

Tableau 23 - Comparaison des émissions de particules du chauffage au bois domestique entre les scénarios tendanciel et PPA sur la zone PPA Saint-Etienne

Les émissions de PM2,5 diminuent sur le territoire à horizon 2027 grâce aux actions du PPA3 (cf. Tableau ci-dessus). Les 148 tonnes économisées ne permettent pas d'atteindre l'objectif 2030 du PREPA dès 2027 (-161 tonnes par rapport au tendanciel 2027). Si les résultats ne permettent pas d'atteindre dès 2027 la réduction de moitié des émissions de particules du chauffage au bois domestique par rapport à 2020, l'évolution est favorable pour respecter cet objectif en 2030 selon les obligations de la loi Climat et Résilience..

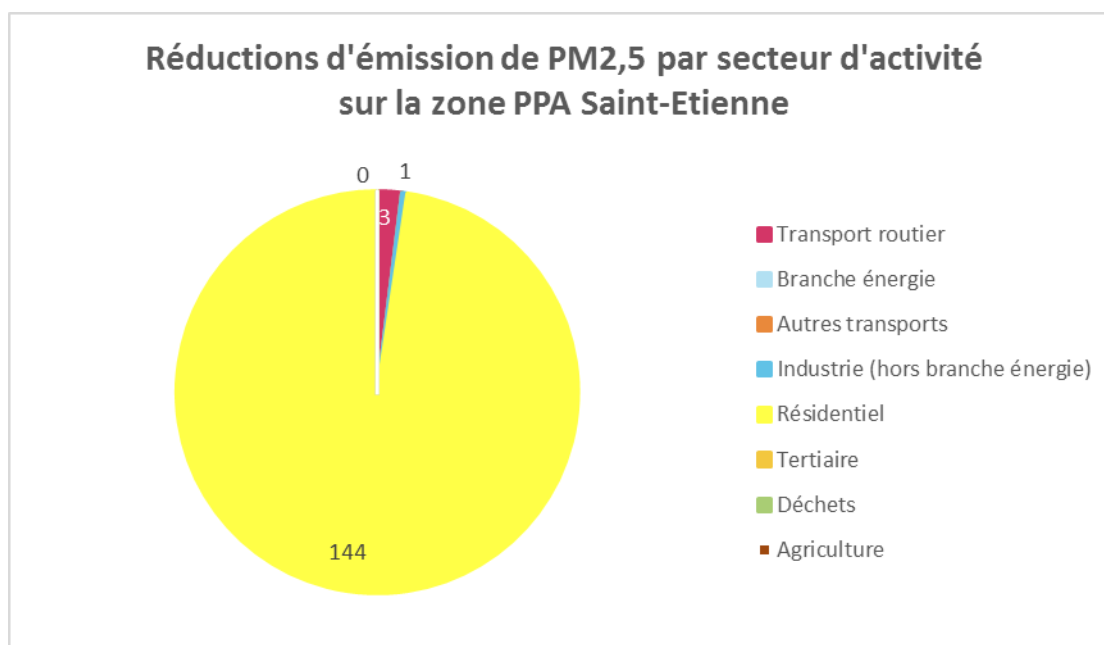


Figure 68 – Réductions d'émission de PM2,5 par secteur d'activité sur la zone PPA Saint-Etienne

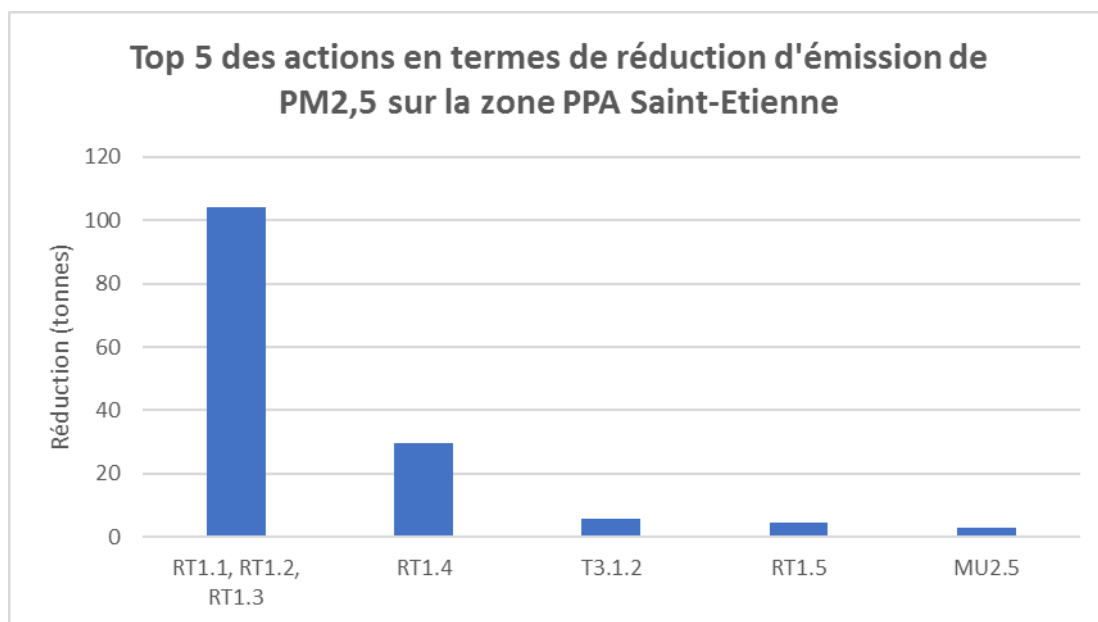


Figure 69 - Top 5 des actions en termes de réductions d'émission de PM2,5 sur la zone PPA Saint-Etienne

Identifiant de l'action	Libellé de l'action	Réduction d'émission (tonnes)	Part de la réduction totale
RT1.1, RT1.2, RT1.3	Parc d'appareils de chauffage au bois domestique	-104	71%
RT1.4	Bois bûche labellisé	-29	20%
T3.1.2	Brûlage déchets résidentiel	-6	4%
RT1.5	Rénovation thermique	-5	3%
MU2.5	Objectif CO2	-3	2%
I4.1	Bonnes pratiques sur les chantiers	0	0%
I2.4	Renforcement des VLE	0	0%
MU2.1, MU2.2, MU2.3	Transport routier	0	0%
I3.2	Amélioration performance énergétique	0	0%
RT1.2	Chauffage fioul	0	0%
I2.1	Réduire les émissions de NOx des grosses installations industrielles	0	0%
RT2.1	Sensibilisation solvants	0	0%
T3.1.1	Brûlage air libre agriculture	0	0%
A2.2	Techniques et matériaux d'épandage	0	0%
I2.2	Installations IED	0	0%

Tableau 24 – Réductions d'émission de PM2,5 sur la zone PPA Saint-Etienne

Les tonnes économisées proviennent pour 98% du secteur résidentiel. Plus de 70% de la réduction est attribuée aux actions autour du parc d'appareil de chauffage au bois. L'augmentation de la part de bois labellisé arrive en deuxième position avec environ 20% des économies d'émission.

Evolution des concentrations mesurées de PM2.5 selon le scénario PPA Actions 2027

PM2.5	Mesures 2017	2027 Tendanciel	2027 Actions
Saint-Etienne Sud	9	8	8
Saint-Chamond	10	9	8
N88 Saint-Etienne	9	9	9
A47 Vallée du Gier		12	11
La Talaudière		8	8
Saint-Etienne Bld Urbain		9	9

> valeur limite (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 > valeur OMS 2021 seuil 3 (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 > Valeur OMS 2005/2021 seuil 4 (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 > valeur OMS 2021 (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tableau 25 : Concentrations moyennes annuelles en PM2.5 mesurées ou estimées au niveau des stations fixes de mesures d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes situées dans l'agglomération stéphanoise en 2017, selon le scénario tendanciel 2027 et selon le scénario Actions PPA 2027

La mise en place des actions PPA permet de réduire d'environ 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la concentration moyenne annuelle de PM2.5 estimée aux stations de proximité trafic et aux stations de fond.

Concentrations moyennes annuelles de PM2.5 selon le scénario Actions PPA 2027 estimées sur le territoire du PPA

Les PM2,5 demeurent un polluant particulièrement préoccupant en matière d'impacts sanitaires. Aussi, la valeur recommandée par l'OMS₂₀₀₅ de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour ces poussières fines constitue une cible à atteindre à terme sur le territoire. Les cartes ci-dessous illustrent les concentrations modélisées à l'horizon 2027 selon le scénario Actions PPA en PM2,5, la différence calculée par rapport au scénario tendanciel 2027, ainsi que le rapport entre ces 2 mêmes scénarios.

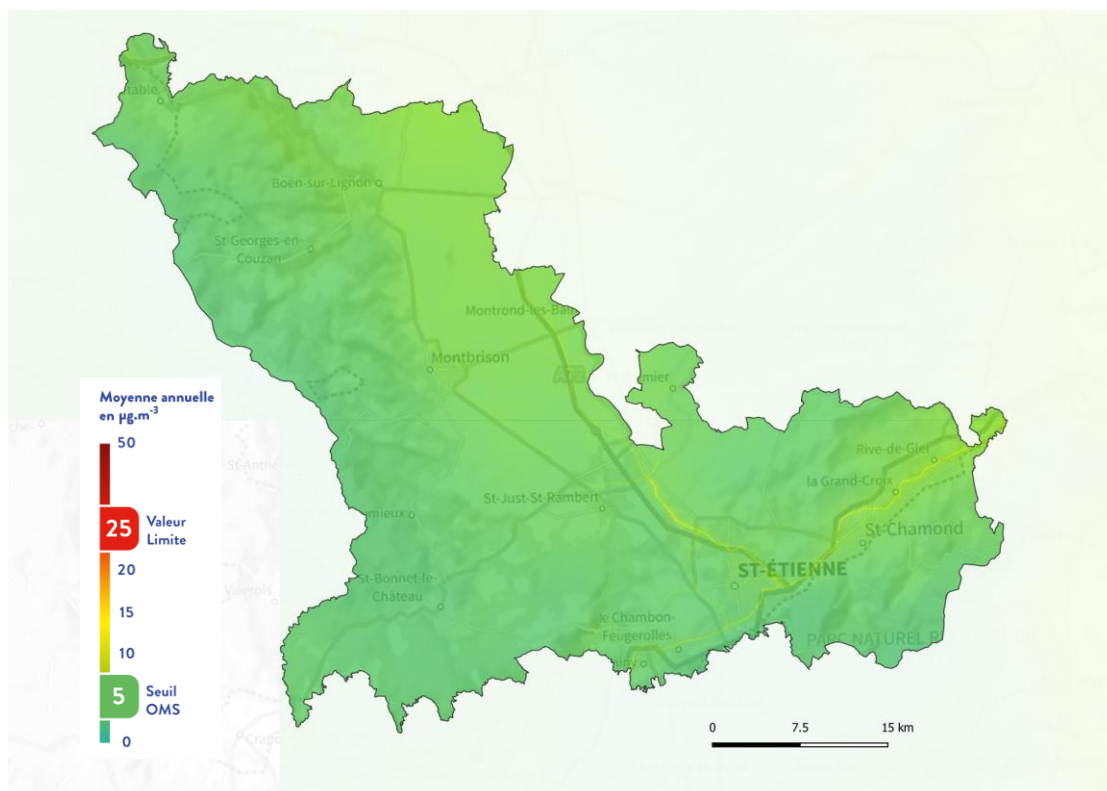


Figure 70 : Cartographies des concentrations moyennes annuelles en PM2.5 attendues selon le scénario Actions PPA 2027

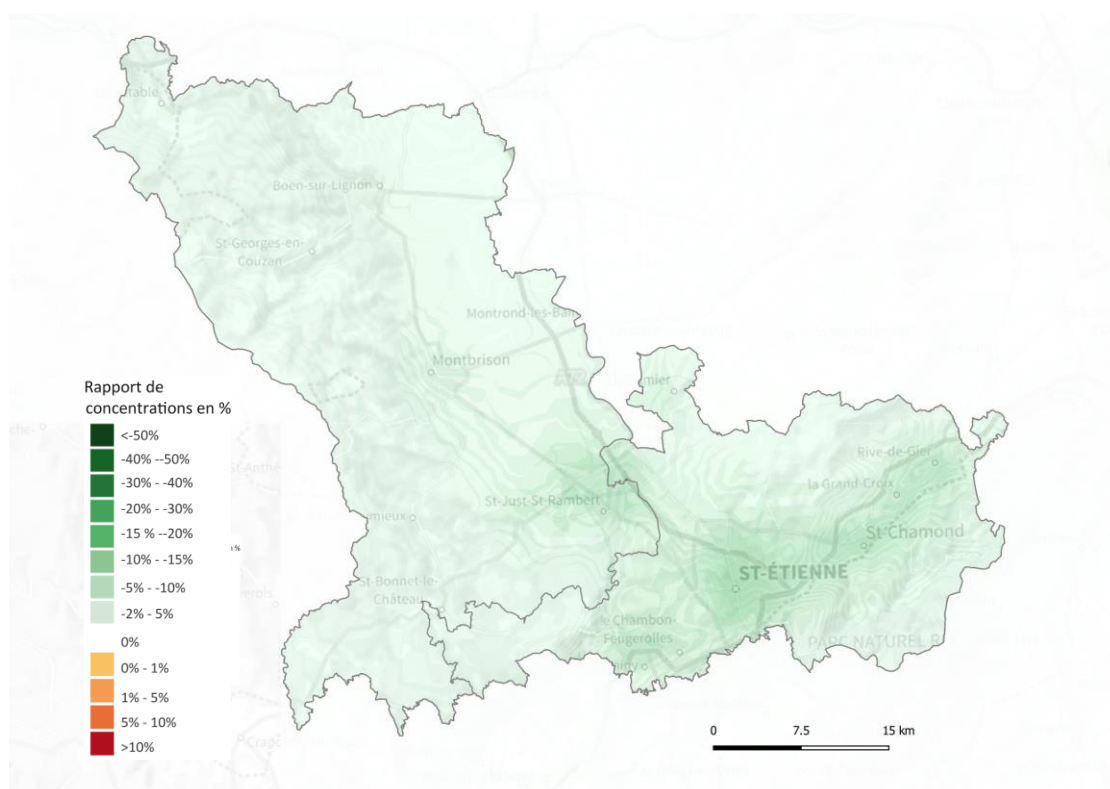


Figure 71 : Rapports de concentration moyennes annuelles en PM2.5 estimées entre le scénario Actions PPA 2027 et tendanciel 2027

Ces cartes montrent des niveaux de concentrations moyennes annuelles en particules PM2.5 relativement homogènes sur le territoire variant entre 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en proximité trafic, 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les secteurs les plus urbains et 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou un peu moins en zone plus rurale. La valeur limite réglementaire française (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) est respectée partout.

La carte comparative du scénario tendanciel et du scénario PPA montre que l'impact des mesures prises est surtout visible sur la vallée du Gier et sur le centre de la métropole stéphanoise en lien avec les mesures prises concernant le chauffage au bois. Les gains sont inférieurs à -1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, soit de -4% à -7%.

Evolution de l'exposition des populations entre le scénario tendanciel 2027 et Actions PPA 2027

Distribution de l'exposition de la population aux particules PM2.5 Référence 2017/Tendanciel 2027 /Actions 2027

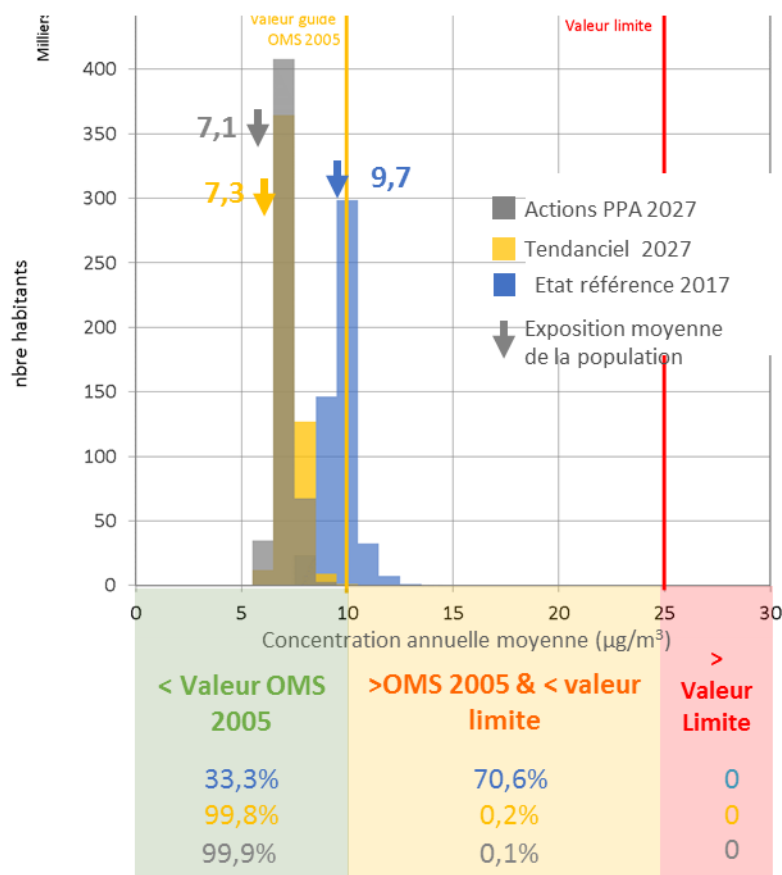


Figure 72 : Histogramme de distribution de l'exposition de la population aux particules PM2.5 selon l'état de référence (bleu), le scénario tendanciel 2027 (jaune), et le scénario Actions PPA 2027 (gris)

L'histogramme ci-dessus présente la distribution de l'exposition des populations par classe de concentration moyenne annuelle de particules PM2.5. Il met en évidence que la diminution tendancielle des émissions de particules PM2.5 induit une baisse de l'exposition moyenne des habitants du PPA de 2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2027. Les actions du PPA permettront en sus, un gain de 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'exposition moyenne resterait inférieure à la valeur guide de l'OMS fixée en 2005 à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mais supérieure à celle fixée par l'OMS en 2021 (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Le nouveau seuil de référence recommandé par l'OMS en 2021, fixé à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle paraît inatteignable à court terme. A ce jour, ce seuil est dépassé sur l'intégralité des sites de mesures de la région, y compris au niveau de la station de fond rural exposée à une pollution anthropique minimale.

Là encore, l'OMS a introduit en septembre 2021 quatre seuils intermédiaires à 10, 15, 25 et 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en concentration moyenne annuelle. Le tableau ci-après illustre la répartition de la population du territoire couvert par le PPA3 selon ces quatre seuils.

		Seuil intermédiaire OMS 2021				Niveau recommandé OMS 2021	Valeur limite
		1	2	3	4 = OMS 2005		
Tendanciel 2027	PM2.5 Moy. Annuelle en µg/m3	>35	>25	>15	>10	>5	>25
		0%	0%	0%	0,2%	100%	0%
		0 hab	< 10 hab	~ 0 hab	900 hab	513 800 hab	0 hab
Actions 2027		0%	0%	0%	0,1%	100%	0%
		0 hab	0 hab	0 hab	500 hab	513 800 hab	0 hab

Ce tableau confirme que selon le scénario Actions PPA 2027, le 3^{ème} seuil intermédiaire fixé par l'OMS en 2021 à 15 µg/m³ est respecté pour la totalité de la population. La mise en œuvre des actions du PPA à l'horizon 2027 permettrait également de réduire de 400, le nombre d'habitants soumis à des niveaux supérieurs à l'ancien seuil OMS₂₀₀₅ devenu le 4^{ème} palier intermédiaire. Par contre, le nouveau seuil OMS₂₀₂₁ de référence à 5 µg/m³ est dépassé en tout point du territoire du PPA3 et paraît hors d'atteinte à court ou moyen terme.

3.6.5. Particules PM10

Evolution des émissions à l'horizon 2027

Emissions périmètre PCAET (tonnes)	
Scénario	PM10
Tendanciel 2027	1088
PPA3 2027	935
Réduction d'émission	-154
Objectif 2027	NA

Tableau 26 - Comparaison des émissions de particules entre les scénarios tendanciel et PPA en 2027 sur la zone PPA Saint-Etienne

Emissions chauffage au bois domestique (tonnes)	
Scénario	PM10
Réduction d'émission	-141
Objectif 2027	-89

Tableau 27 - Comparaison des émissions de particules du chauffage au bois domestique entre les scénarios tendanciel et PPA sur la zone PPA Saint-Etienne

Les émissions de PM10 diminuent sur le territoire à horizon 2027 grâce aux actions du PPA3 (cf. Tableau ci-dessus). Si les résultats ne permettent pas d'atteindre dès 2027 la réduction de moitié des émissions de particules du chauffage au bois domestique par rapport à 2020, l'évolution est favorable pour respecter cet objectif en 2030 selon les obligations de la loi Climat et Résilience.

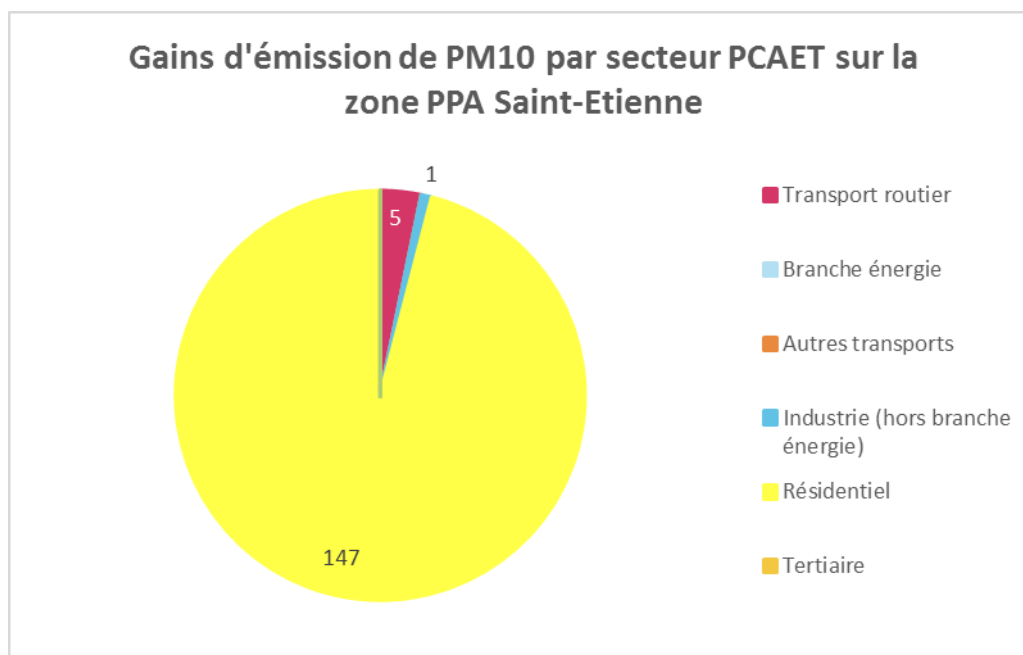


Figure 73 – Réductions d'émission de PM10 par secteur d'activité sur la zone PPA Saint-Etienne

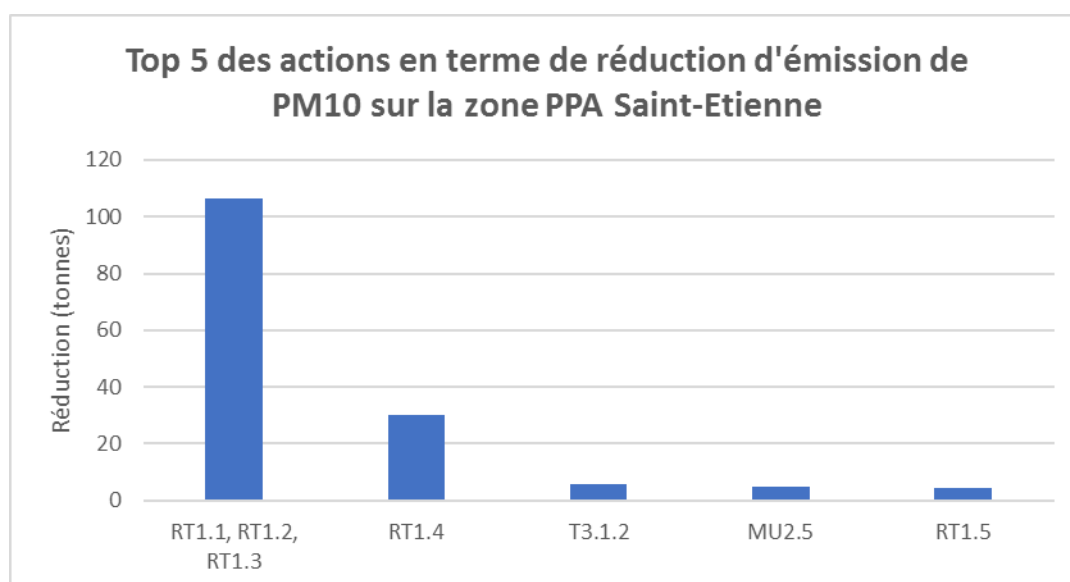


Figure 74 - Top 5 des actions en termes de réductions d'émission de PM10 sur la zone PPA Saint-Etienne

Identifiant de l'action	Libellé de l'action	Réduction d'émission (tonnes)	Part de la réduction totale
RT1.1, RT1.2, RT1.3	Parc d'appareils de chauffage au bois domestique	-107	69%
RT1.4	Bois bûche labellisé	-30	20%
T3.1.2	Brûlage déchets résidentiel	-6	4%
MU2.5	Objectif CO2	-5	3%
RT1.5	Rénovation thermique	-5	3%
I4.1	Bonnes pratiques sur les chantiers	-1	0%
I2.4	Renforcement des VLE	0	0%
I3.2	Amélioration performance énergétique	0	0%

MU2.1, MU2.2, MU2.3	Transport routier	0	0%
RT1.2	Chauffage fioul	0	0%
T3.1.1	Brûlage air libre agriculture	0	0%
I2.1	Réduire les émissions de NOx des grosses installations industrielles	0	0%
A2.2	Techniques et matériaux d'épandage	0	0%
RT2.1	Sensibilisation solvants	0	0%
I2.2	Installations IED	0	0%

Tableau 28 – Réductions d'émission de PM10 sur la zone PPA Saint-Etienne

Les tonnes économisées proviennent pour 95% du secteur résidentiel Environ 70% de la réduction est attribuée aux actions autour du parc d'appareil de chauffage au bois. L'augmentation de la part de bois labellisé arrive en deuxième position avec environ 20% des économies d'émission.

Evolution des concentrations mesurées de PM10 selon le scénario PPA Actions 2027

PM10	Mesures 2017	2027 Tendanciel	2027 Actions	
Saint-Etienne Sud	16	14	14	> valeur limite (40 µg/m³) > valeur OMS 2021 seuil 3 (30µg/m³) > Valeur OMS 2005/2021 seuil 4 (20 µg/m³) > valeur OMS 2021 (15µg/m³)
Saint-Chamond	18	16	15	
N88 Saint-Etienne	17	16	16	
A47 Vallée du Gier	20	17*	17*	
La Talaudiere	17	15	15	
Saint-Etienne Bld Urbain	20	16	15	

Tableau 29 : Concentrations moyennes annuelles en PM10 mesurées ou estimées au niveau des stations fixes de mesures d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes situées dans l'agglomération stéphanoise en 2017, selon le scénario tendanciel 2027 et selon le scénario Actions PPA 2027

*Valeur estimée : -3µg/m³ en 2017 tendanciel et 2027 actions par rapport à la situation 2017 modélisée

La mise en place des actions PPA permet de réduire de 0 à 1 µg/m³ la concentration moyenne annuelle de PM10 estimées aux stations de fond sur le territoire du PPA.

Concentrations moyennes annuelles de PM10 selon le scénario Actions PPA 2027 estimées sur le territoire du PPA

Les cartes ci-dessous illustrent les concentrations modélisées à l'horizon 2027 selon le scénario Actions PPA en PM10, la différence calculée par rapport au scénario tendanciel 2027, ainsi que le rapport entre ces 2 mêmes scénarios.

Les tendances sont similaires à celles des particules PM2.5. Ces cartes montrent que les concentrations moyennes annuelles en PM10 s'inscrivent globalement entre 10 et 15 µg/m³ sur le territoire avec des concentrations plus élevées en proximité immédiate des axes routiers importants.

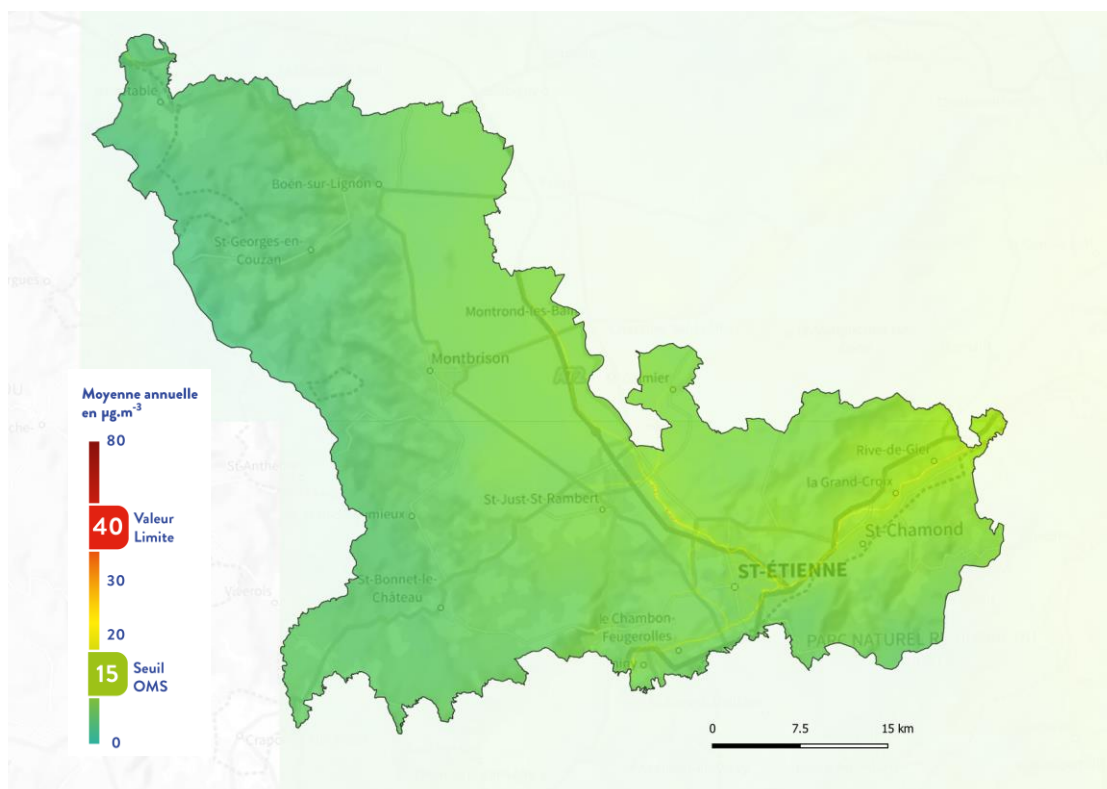


Figure 75 : Cartographies des concentrations moyennes annuelles en PM10 attendues selon le scénario Actions PPA 2027

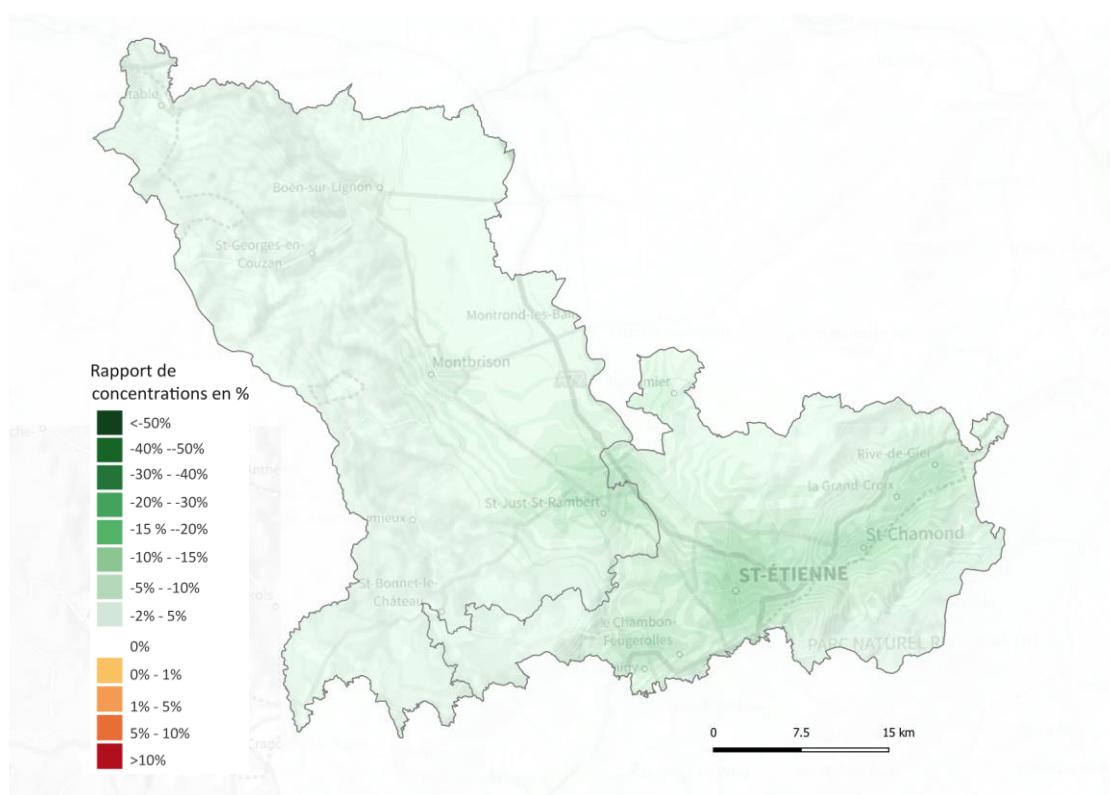


Figure 76 : Rapports de concentration moyennes annuelles en PM10 estimées entre le scénario Actions PPA 2027 et tendanciel 2027

Les cartes comparatives (rapport) du scénario tendanciel et du scénario PPA montre un impact favorable mais très limité des mesures sur la zone urbanisée du territoire (vallée du Gier, Saint-Etienne et Saint-

Just/Saint-Rambert) jusqu'à -7%. La valeur limite réglementaire de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle est respectée partout.

Evolution de l'exposition des populations entre le scénario tendanciel 2027 et Actions PPA 2027

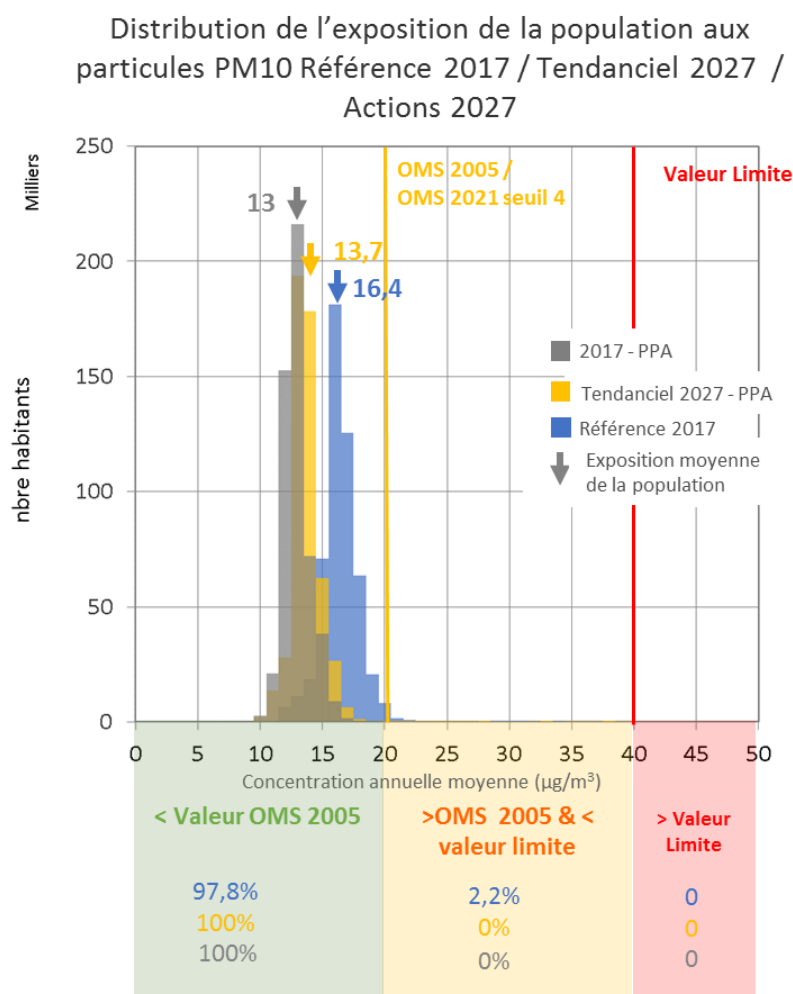


Figure 77 : Histogramme de distribution de l'exposition de la population aux particules PM10 selon l'état de référence (bleu), le scénario tendanciel 2027 (jaune), et le scénario Actions PPA 2027 (gris)

L'histogramme ci-dessus présente la distribution de l'exposition des populations par classe de concentration moyenne annuelle de particules PM10. Il met en évidence que la diminution tendancielle des émissions de particules PM10 induit une baisse de l'exposition moyenne des habitants du PPA de 2,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2027 et permet d'atteindre une exposition moyenne globale des habitants du PPA inférieure à la valeur guide fixée par l'OMS en 2021 à 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les actions du PPA permettront un gain supplémentaire de 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Là encore, l'OMS a introduit en septembre 2021 quatre seuils intermédiaires à 20, 30, 50 et 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en concentration moyenne annuelle. Le tableau ci-après illustre la répartition de la population du territoire couvert par le PPA3 selon ces quatre seuils. Quasiment aucun habitant n'est exposé au-dessus des 3 premiers seuils selon le scénario tendanciel comme le scénario Action PPA 2027.

		Seuil intermédiaire OMS 2021				Niveau recommandé OMS 2021	Valeur limite
		1	2	3	4 = OMS 2005		
Tendanciel 2027	PM10 Moy. Annuelle en µg/m3	>70	>50	>30	>20	>15	>40
		0%	0%	0%	<0,01%	19,0%	0%
		0 hab	0 hab	< 10 hab	< 250 hab	97 300 hab	0 hab
Actions 2027		0%	0%	0%	<0,01%	9,6%	0%
		0 hab	0 hab	< 10 hab	< 150 hab	49 400 hab	0 hab

Le 4^{ème} seuil intermédiaire prévu par les valeurs OMS₂₀₂₁ correspond à l'ancienne valeur OMS₂₀₀₅. Grâce aux évolutions tendanciennes, ce seuil serait respecté pour plus de 99 % de la population du PPA3 à l'horizon 2027. La mise en œuvre des actions du PPA permettrait de réduire de près de 50 000 le nombre d'habitants encore exposés au-dessus de la nouvelle valeur recommandée par l'OMS fixée à 15 µg/m³.

3.6.6. Ozone

Evolution des concentrations d'ozone selon le scénario PPA Actions 2027

L'ozone constitue un polluant secondaire complexe dont la modélisation des concentrations est très délicate. Ce polluant n'est pas directement émis dans l'atmosphère mais résulte de transformations chimiques d'autres polluants tels que les oxydes d'azote et les Composés Organiques Volatils précurseurs de l'ozone. Ainsi, les mécanismes de formation et de destruction de ce polluant sont régis par les niveaux relatifs de concentration de COVNM et de NOx, ainsi que par les mouvements des masses d'air et les conditions d'ensoleillement et de chaleur. Il est donc d'autant plus complexe de prévoir ces réactions chimiques à l'horizon 2027 avec l'évolution du climat.

Par ailleurs, il s'agit d'un polluant régional, voire national dont les masses d'air peuvent parcourir de grandes distances et pour lequel les actions doivent être mise en œuvre sur de très larges territoires.

En effet, une baisse locale des émissions de précurseurs d'ozone ne signifie pas obligatoirement une baisse des concentrations d'ozone, et dans tous les cas pas une baisse proportionnelle (phénomène non linéaire), le rapport entre les émissions de ces différents polluants ayant un effet non négligeable sur les concentrations.

Aucun secteur d'activité ayant un impact direct positif et important sur les concentrations d'ozone n'a été identifié.

Compte tenu de ces éléments, les modélisations réalisées, bien que faisant l'objet de perpétuelles améliorations doivent être considérées avec une grande prudence concernant ce polluant. Ainsi, la modélisation tendancielle, basée sur une baisse des émissions et concentrations des polluants précurseurs de l'ozone, à climat constant, avait abouti à identifier un risque (contre-intuitif) de hausse des concentrations d'ozone.

Les cartes ci-dessous illustrent les concentrations moyennes annuelles modélisées à l'horizon 2027 selon le scénario Actions PPA en ozone et la différence calculée par rapport au scénario tendanciel 2027.

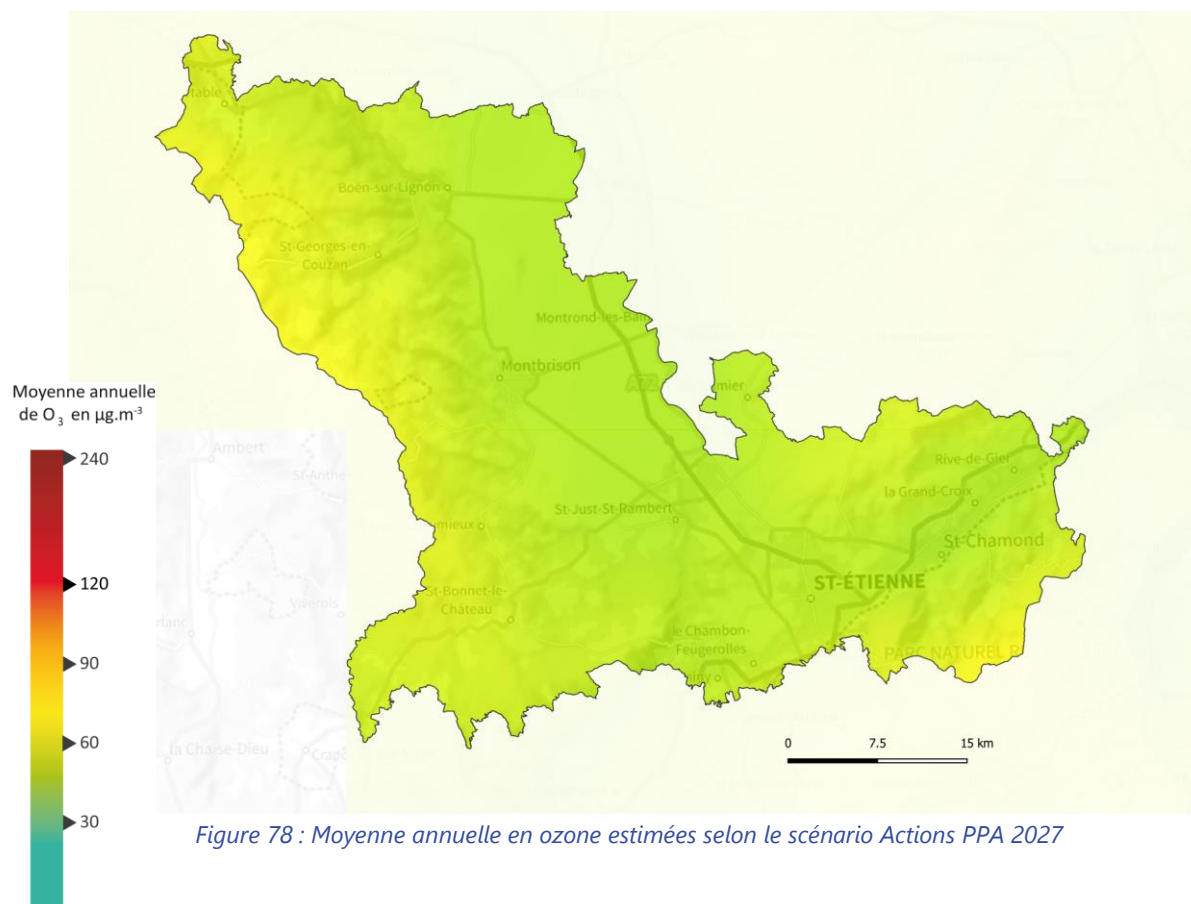


Figure 78 : Moyenne annuelle en ozone estimées selon le scénario Actions PPA 2027

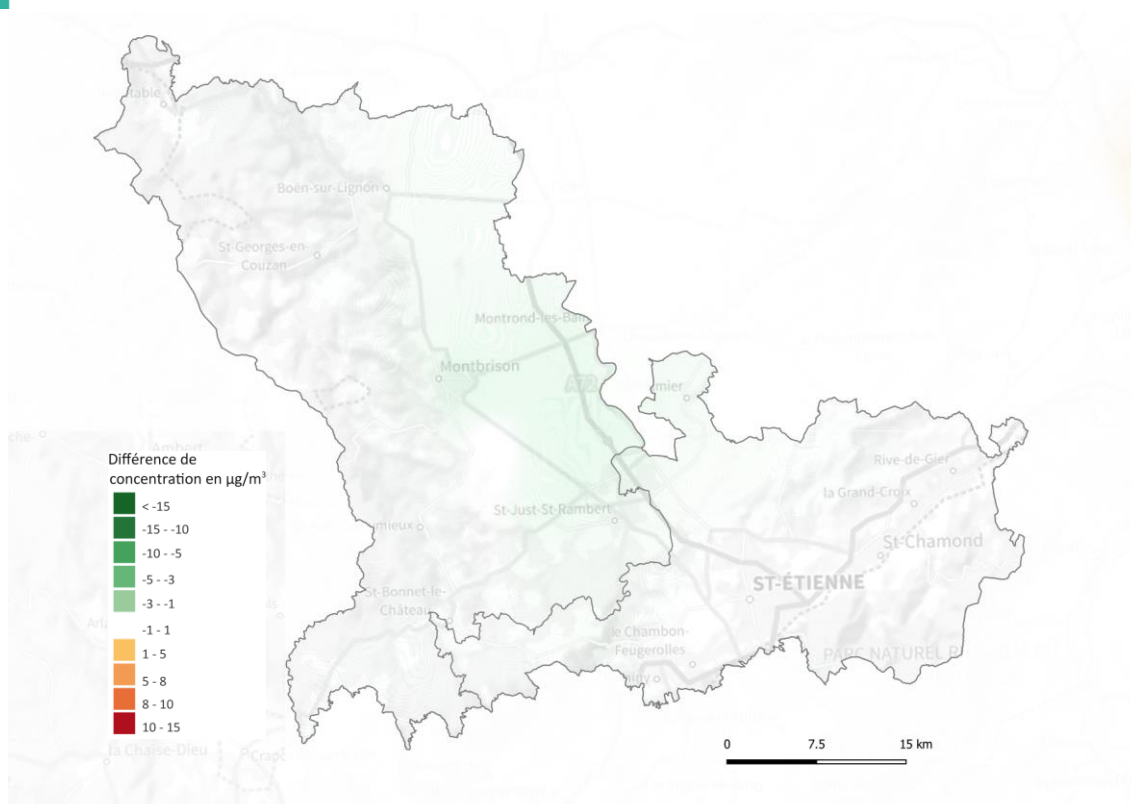


Figure 79 : Différences de concentration moyennes annuelles en ozone estimées entre le scénario Actions PPA 2027 et tendanciel 2027

Les niveaux moyens d’ozone sont assez homogènes sur l’agglomération avec des niveaux compris entre 50 et 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La carte de différence du scénario tendanciel et du scénario PPA ne montre quasiment aucune variation de concentration (environ $-1\mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.6.7. Oxydes de soufre (SOx)

Scénario	Emissions
Tendanciel 2027	249
PPA3 2027	241
Réduction d’émission	-8
Objectif 2027	Atteint

Tableau 30 - Comparaison des émissions de SOx entre les scénarios tendanciel et PPA en 2027 sur la zone PPA Saint-Etienne

Les émissions de SOx ne diminuent pas de façon significative sur le territoire à horizon 2027 du fait des actions du PPA3 (cf. Tableau ci-dessus). Le tendanciel permet toutefois déjà d’atteindre l’objectif PREPA 2030 fixé pour ce polluant.

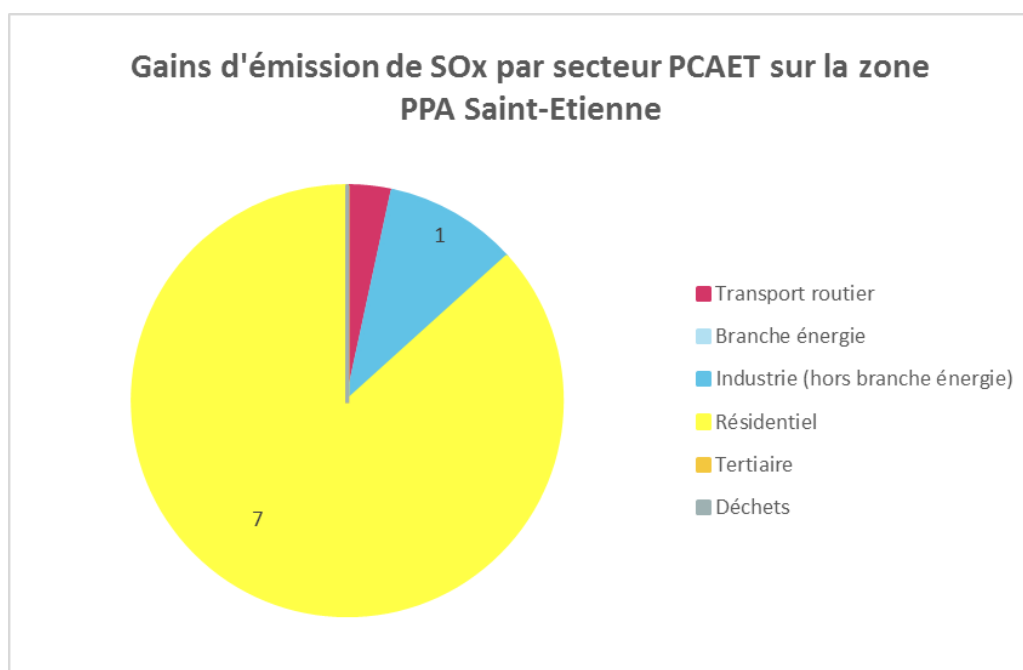


Figure 80 - Réductions d’émission de SOx par secteur d’activité sur la zone PPA Saint-Etienne

Identifiant de l'action	Libellé de l'action	Réduction d'émission (tonnes)	Part de la réduction totale
RT1.2	Chauffage fioul	-4	48%
RT1.1, RT1.2, RT1.3	Parc d'appareils de chauffage au bois domestique	-1	17%
RT1.4	Bois bûche labellisé	-1	14%
I3.2	Amélioration performance énergétique	-1	10%
RT1.5	Rénovation thermique	0	7%
MU2.5	Objectif CO2	0	3%
T3.1.2	Brûlage déchets résidentiel	0	1%
RT2.1	Sensibilisation solvants	0	0%
I2.1	Réduire les émissions de NOx des grosses installations industrielles	0	0%
I2.2	Installations IED	0	0%
I4.1	Bonnes pratiques sur les chantiers	0	0%
T3.1.1	Brûlage air libre agriculture	0	0%
I2.4	Renforcement des VLE	0	0%
A2.2	Techniques et matériaux d'épandage	0	0%
MU2.1, MU2.2, MU2.3	Transport routier	0	0%

Tableau 31 - Réductions d'émission de SOx sur la zone PPA Saint-Etienne

3.6.8. Composés organiques volatils (COVNM)

Scénario	Emissions
Tendanciel 2027	4047
PPA3 2027	3540
Réduction d'émission	-508
Objectif 2027	-269

Tableau 32 – Comparaison des émissions de COVNM entre les scénarios tendanciel et PPA en 2027 sur la zone PPA Saint-Etienne

Les émissions de COVNM diminuent sur le territoire à horizon 2027 grâce aux actions du PPA3 (cf. Tableau ci-dessus). Le tendanciel ne permet pas d'atteindre l'objectif fixé pour ce polluant et le scénario PPA3 permet quant à lui d'atteindre l'objectif PREPA 2030 avec 508 tonnes économisées par rapport au tendanciel 2027.

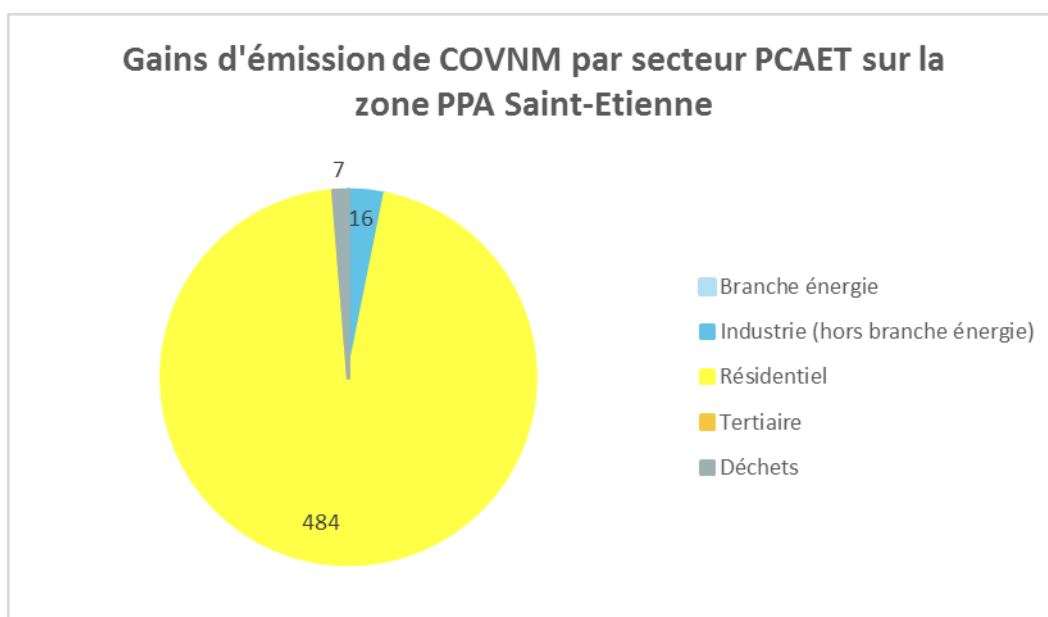


Figure 81 - Réductions d'émission de COVNM par secteur d'activité sur la zone PPA Saint-Etienne

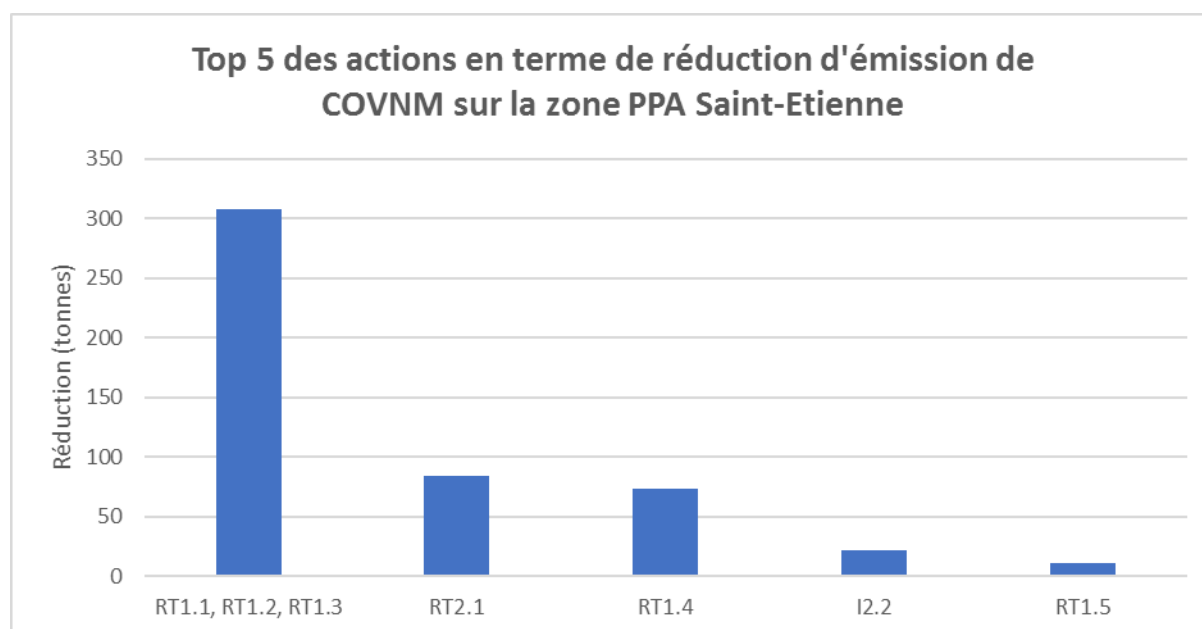


Figure 82 - Top 5 des actions en termes de réductions d'émission de COVNM sur la zone PPA Saint-Etienne

Identifiant de l'action	Libellé de l'action	Réduction d'émission (tonnes)	Part de la réduction totale
RT1.1, RT1.2, RT1.3	Parc d'appareils de chauffage au bois domestique	-308	61%
RT2.1	Sensibilisation solvants	-84	17%
RT1.4	Bois bûche labellisé	-73	14%
I2.2	Installations IED	-21	4%
RT1.5	Rénovation thermique	-11	2%
T3.1.2	Brûlage déchets résidentiel	-7	1%
MU2.5	Objectif CO2	-1	0%
I3.2	Amélioration performance énergétique	-1	0%

MU2.1, MU2.2, MU2.3	Transport routier	0	0%
I2.1	Réduire les émissions de NOx des grosses installations industrielles	0	0%
I4.1	Bonnes pratiques sur les chantiers	0	0%
A2.2	Techniques et matériaux d'épandage	0	0%
I2.4	Renforcement des VLE	0	0%
T3.1.1	Brûlage air libre agriculture	0	0%
RT1.2	Chauffage fioul	0	0%

Tableau 33 – Réductions d'émission de COVNM par action sur la zone PPA Saint-Etienne

Le secteur résidentiel concentre 95% des réductions d'émission du scénario PPA. Au sein du secteur, les actions autour du parc d'appareils de chauffage domestique au bois ainsi que la sensibilisation à l'utilisation des solvants représentent près de 80% du total des économies d'émission (cf. Figure et Tableau ci-dessus).

3.6.9. Ammoniac (NH3)

Scénario	Emissions
Tendanciel 2027	1960
PPA3 2027	1939
Réduction d'émission	-21
Objectif 2027	-139

Tableau 34 - Comparaison des émissions de NH3 entre les scénarios tendanciel et PPA en 2027 sur la zone PPA Saint-Etienne

Les émissions de NH3 à horizon 2027 diminuent sur le territoire grâce aux actions du PPA3. Cette baisse n'est toutefois pas significative et ne permet pas d'être en phase avec l'atteinte des objectifs du PREPA en 2030 sur le territoire.

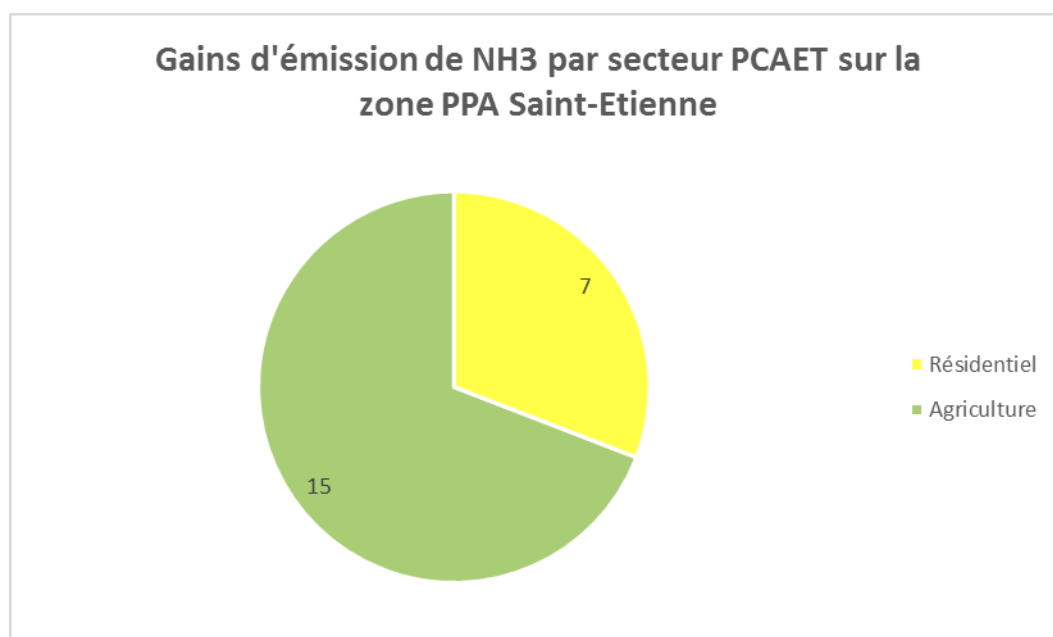


Figure 83 - Réductions d'émission de NH3 par secteur d'activité sur la zone PPA Saint-Etienne

Le secteur agricole concentre près de 70% des gains obtenus par les actions PPA (cf. Figure ci-dessus). Les actions autour du chauffage au bois domestique complètent la part manquante.

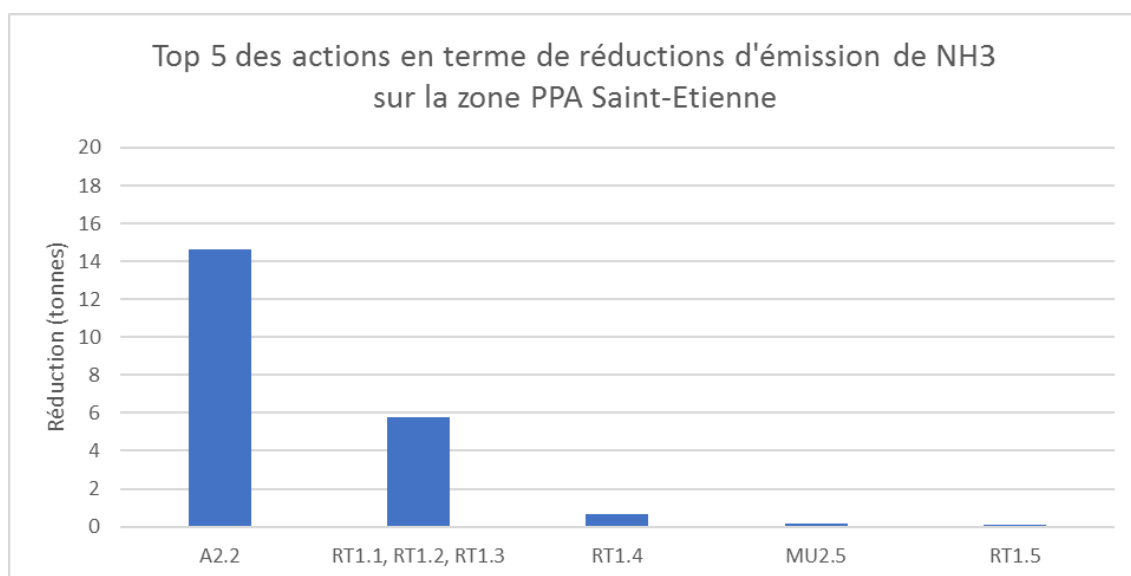


Figure 84 - Top 5 des actions en termes de réductions d'émission de NH3 sur la zone PPA Saint-Etienne

Identifiant de l'action	Libellé de l'action	Réduction d'émission (tonnes)	Part de la réduction totale
A2.2	Techniques et matériaux d'épandage	-15	69%
RT1.1, RT1.2, RT1.3	Parc d'appareils de chauffage au bois domestique	-6	27%
RT1.4	Bois bûche labellisé	-1	3%
MU2.5	Objectif CO2	0	1%
RT1.5	Rénovation thermique	0	1%
I3.2	Amélioration performance énergétique	0	0%
T3.1.1	Brûlage air libre agriculture	0	0%
I2.1	Réduire les émissions de NOx des grosses installations industrielles	0	0%
RT1.2	Chauffage fioul	0	0%
I2.4	Renforcement des VLE	0	0%
RT2.1	Sensibilisation solvants	0	0%
I4.1	Bonnes pratiques sur les chantiers	0	0%
I2.2	Installations IED	0	0%
T3.1.2	Brûlage déchets résidentiel	0	0%
MU2.1, MU2.2, MU2.3	Transport routier	0	0%

Tableau 35 – Réductions d'émission de NH3 par action sur la zone PPA Saint-Etienne

Ces résultats présentent toutefois des incertitudes. En effet, l'impact de la formation d'agriculteurs à une amélioration des pratiques a fait l'objet d'une quantification partielle en lien avec les activités d'épandage. Les résultats des actions entreprises dans le cadre du projet Epand'Air ont été extrapolés à la zone PPA de Saint-Etienne.

Conclusions

Ce rapport présente la contribution d'Atmo Auvergne Rhône Alpes à l'évaluation du projet de PPA3 de l'agglomération stéphanoise.

L'expertise mobilisée a permis d'apporter les outils d'aide à la décision et les données nécessaires aux services de la DREAL, ainsi qu'à l'ensemble des partenaires associés, pour :

- Définir le périmètre le plus opportun pour le PPA3,
- Construire des fiches actions étayées lors de la phase de concertation,
- Etablir des objectifs de réduction des émissions et des concentrations en lien avec les différents documents réglementaires et les valeurs guide sanitaires,
- Dimensionner les actions pour s'assurer du plus large respect possible des objectifs,
- Evaluer de manière ex ante le plan d'actions proposé par l'ensemble des partenaires à horizon 2027.

La révision du PPA3 se poursuit en 2022 avec les différentes phases de consultations. Le dossier sera ainsi soumis à l'avis des Conseils départementaux de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques (CODERST), à l'ensemble des collectivités locales concernées, ainsi qu'à l'avis de l'autorité environnementale nationale. À l'issue de ces procédures, le PPA3 de l'agglomération de Saint-Etienne sera soumis à une enquête publique.

Ce rapport pourra donc faire l'objet de précisions et de modifications au grès des différents retours.

ANNEXES

Annexe 1 : Présentation du scénario tendanciel

○ Précision sur le périmètre

Le périmètre d'étude pour le PPA de l'agglomération stéphanoise inclut :

- Saint-Etienne-Métropole (49 communes toutes dans le PPA 2)
- CA Loire Forez (87 communes dont 5 dans le PPA 2)
- CC Forez Est (42 communes dont 1 dans le PPA 2)
- CC Loire et Semène (7 communes dont 3 dans le PPA 2)

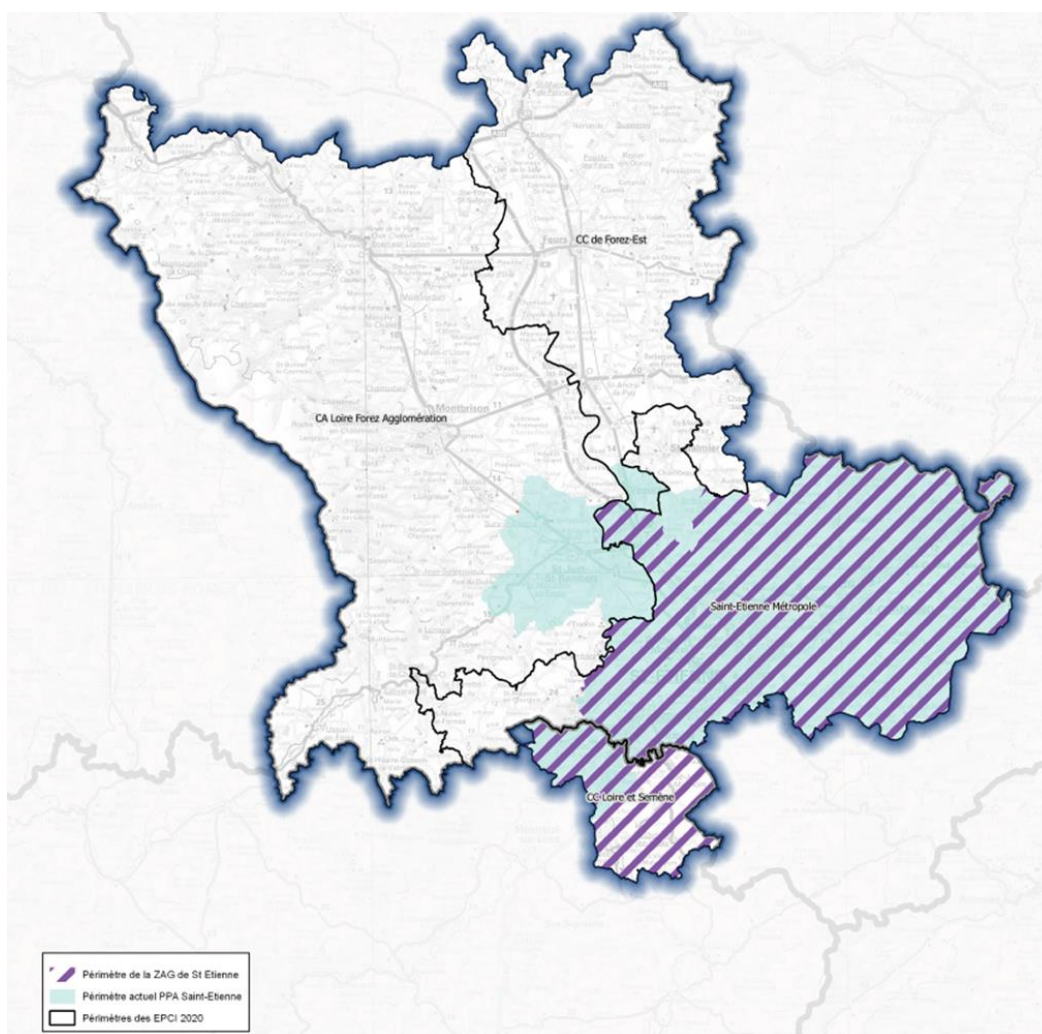


Figure : périmètre d'étude du PPA3 de Saint-Etienne

○ Dioxyde d'azote (NO₂)

Concentrations moyennes annuelles en 2017

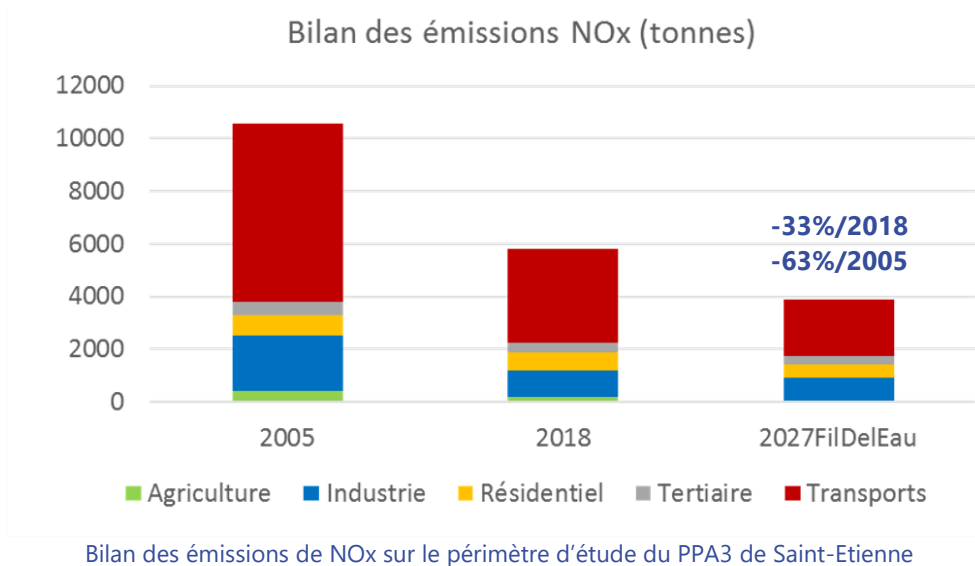
Une amélioration globale de la qualité de l'air est observée ces dernières années. Les concentrations moyennes annuelles en NO₂ respecte en 2017 la valeur limite applicable pour ce polluant au niveau de la station de mesure fixes d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Le site de Rive de Gier présente une concentration égale à la valeur limite (40 µg/m³), les autres sites de la zone d'étude ayant un niveau inférieur à cette valeur.

Evolution des émissions à l'horizon 2027

Pour rappel, le tableau ci-dessous présente les objectifs de réduction des émissions des différents polluants atmosphériques à l'échelle nationale aux horizons 2025 et 2030 (Objectifs PREPA)

	2020	2025	2030
% par rapport à 2005			
SO ₂	-55%	-66%	-77%
NO _x	-50%	-60%	-69%
COVNM	-43%	-47%	-52%
NH ₃	-4%	-8%	-13%
PM _{2,5}	-27%	-42%	-57%

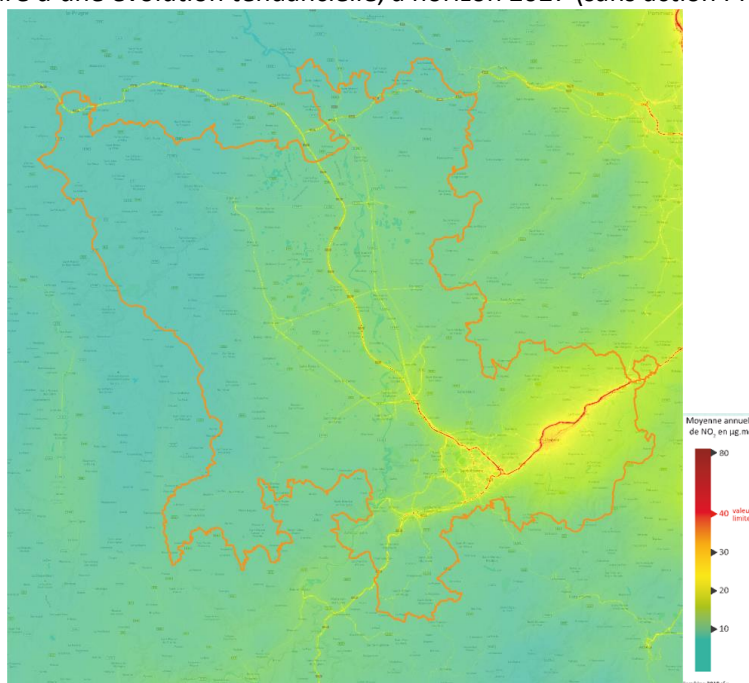
Les graphiques ci-dessous présentent les évolutions des émissions de NO_x attendus sur le périmètre d'étude du PPA, dans le cadre d'une évolution tendancielle (sans action PPA).



Les émissions de NO_x du scénario tendanciel seraient réduites de 33% par rapport aux émissions de référence (2018) et de 63% par rapport à l'année 2005.

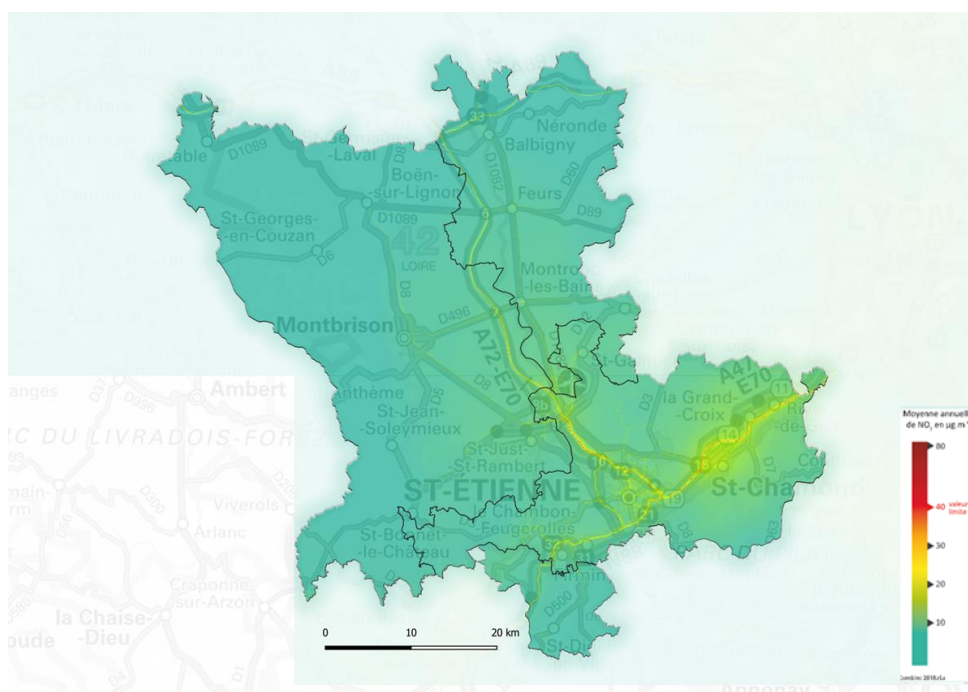
Concentrations moyennes annuelles sur l'année de référence 2017

Les cartes ci-dessous présentent les évolutions des concentrations de NO₂ attendues sur le territoire du PPA, en 2017 et dans le cadre d'une évolution tendancielle, à horizon 2027 (sans action PPA).



Cartographies des concentrations moyennes annuelles en NO₂ sur l'année de référence 2017

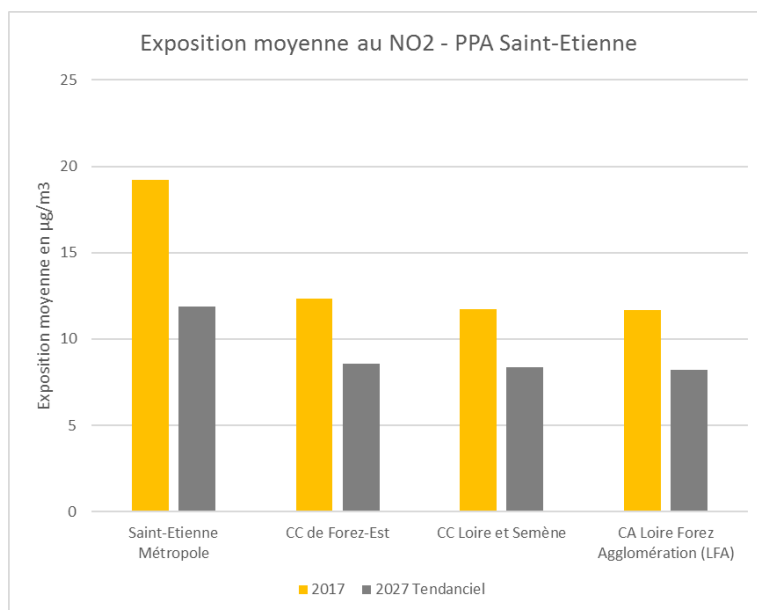
Concentrations moyennes annuelles à horizon 2027 tendanciel



Cartographies des concentrations moyennes annuelles en NO₂ attendues à l'horizon 2027 tendanciel

Les résultats de la modélisation du scénario tendanciel 2027 ne mettent quasiment plus en évidence de secteurs de dépassement de la valeur limite annuelle en NO₂.

Evolution de l'exposition des populations entre 2017 et 2027 tendanciel

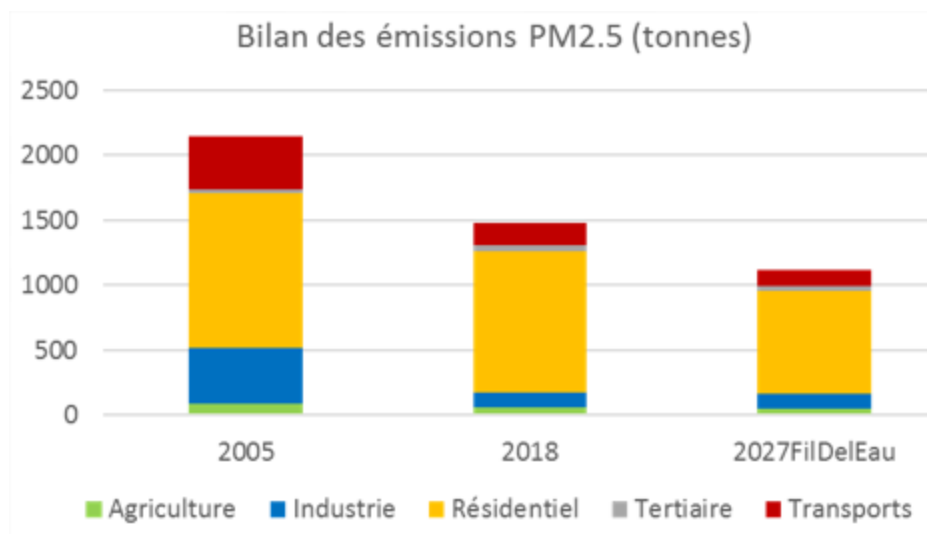


Evolution de l'exposition moyenne pour le NO₂, entre 2017 et 2027 tendanciel

Selon la modélisation tendancielle, on constate une baisse notable de l'exposition moyenne au NO₂ de l'ordre de 7 µg/m³, notamment sur la métropole stéphanoise. Moins de 10 personnes resteraient exposées à des dépassements de la valeur limite annuelle.

- Particules fines (PM2,5)

Evolution des émissions à l'horizon 2027

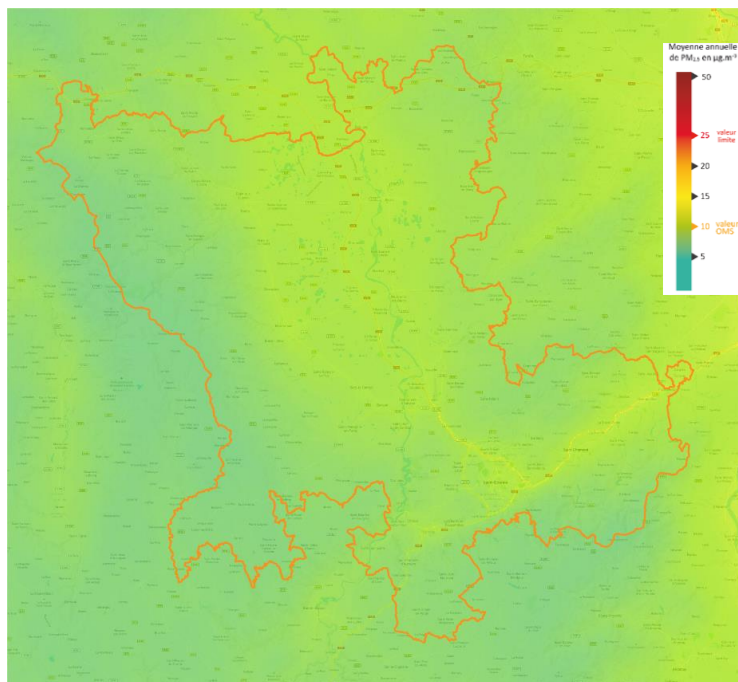


Bilan des émissions de PM2,5 sur le territoire d'étude du PPA3 de Saint-Etienne

Les émissions de PM2.5 du scénario tendanciel seraient réduites de 25% par rapport aux émissions de référence (2018) et de 48% par rapport à l'année 2005.

Concentrations moyennes annuelles sur l'année de référence 2017

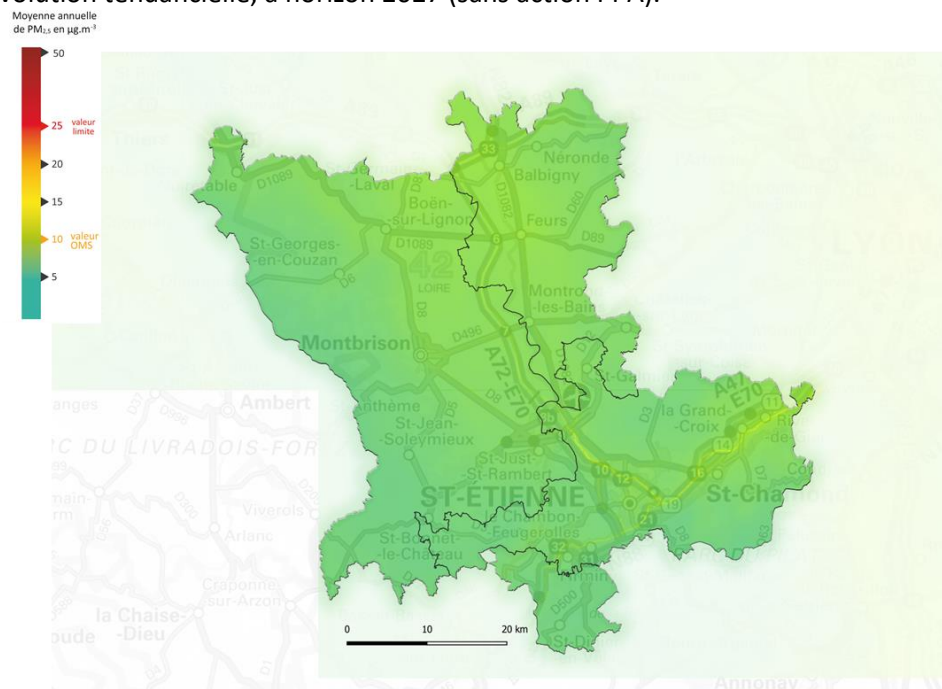
La carte ci-dessous présente les concentrations moyennes en PM_{2.5} en 2017.



Cartographies des concentrations moyennes annuelles en PM_{2.5} sur l'année de référence 2017

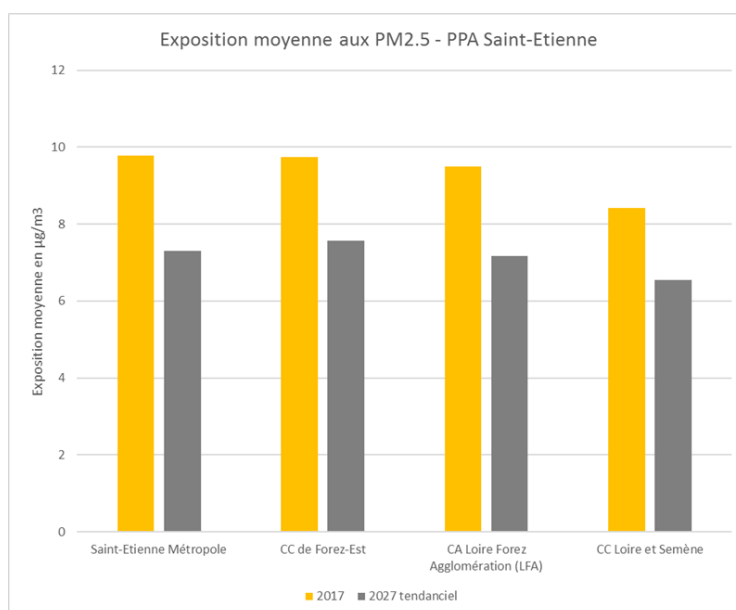
Concentrations moyennes annuelles à horizon 2027 tendanciel

La carte ci-dessous présente la concentration moyenne attendue en PM_{2.5} sur le territoire du PPA, dans le cadre d'une évolution tendancielle, à horizon 2027 (sans action PPA).



Cartographies des concentrations moyennes annuelles en PM_{2.5} attendues à l'horizon 2027 tendanciel

Evolution de l'exposition des populations entre 2017 et 2027

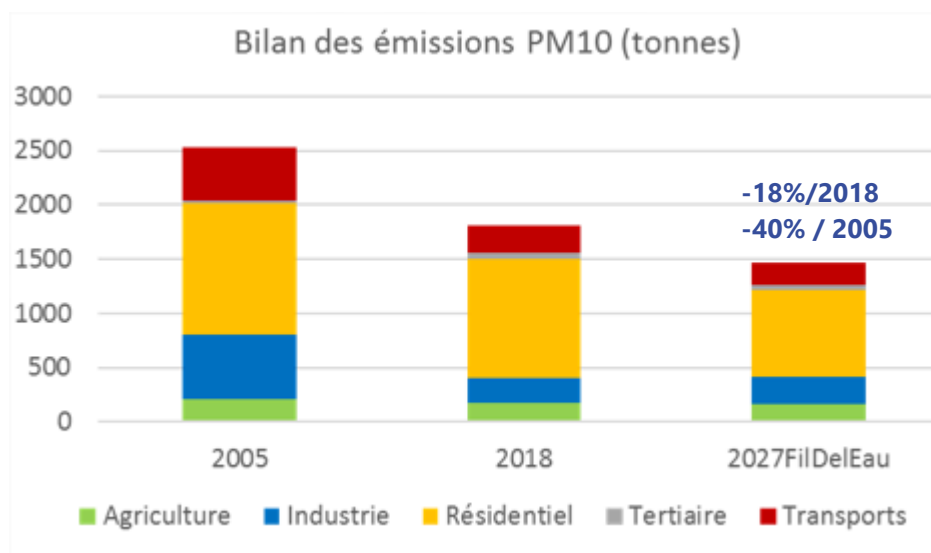


Evolution de l'exposition moyenne pour les PM2,5 entre 2017 et 2027 tendanciel

Selon la modélisation tendancielle, la baisse de l'exposition moyenne aux particules PM2,5 de l'ordre de 2,5 µg/m³ permet de passer d'environ 297 000 habitants (~67% de la population du PPA) exposés à des concentrations de PM2,5 supérieures à la valeur guide de l'OMS en 2017 à moins de 1 000 habitants en 2027.

○ Particules fines (PM10)

Evolution des émissions à l'horizon 2027

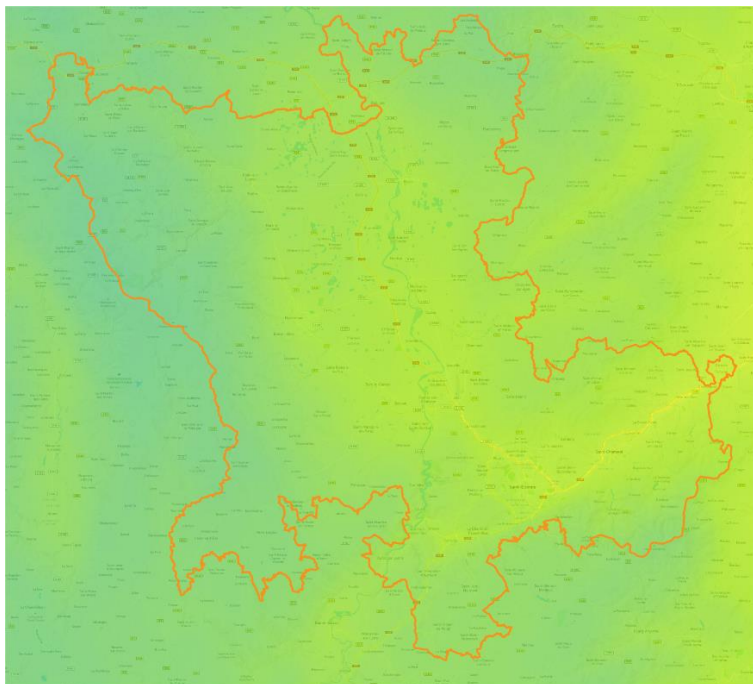


Bilan des émissions de PM10 sur le territoire d'étude du PPA3 de Saint-Etienne

Les émissions de PM10 du scénario tendanciel seraient réduites de 18% par rapport aux émissions de référence (2018) et de 40% par rapport à l'année 2005.

Concentrations moyennes annuelles sur l'année de référence 2017

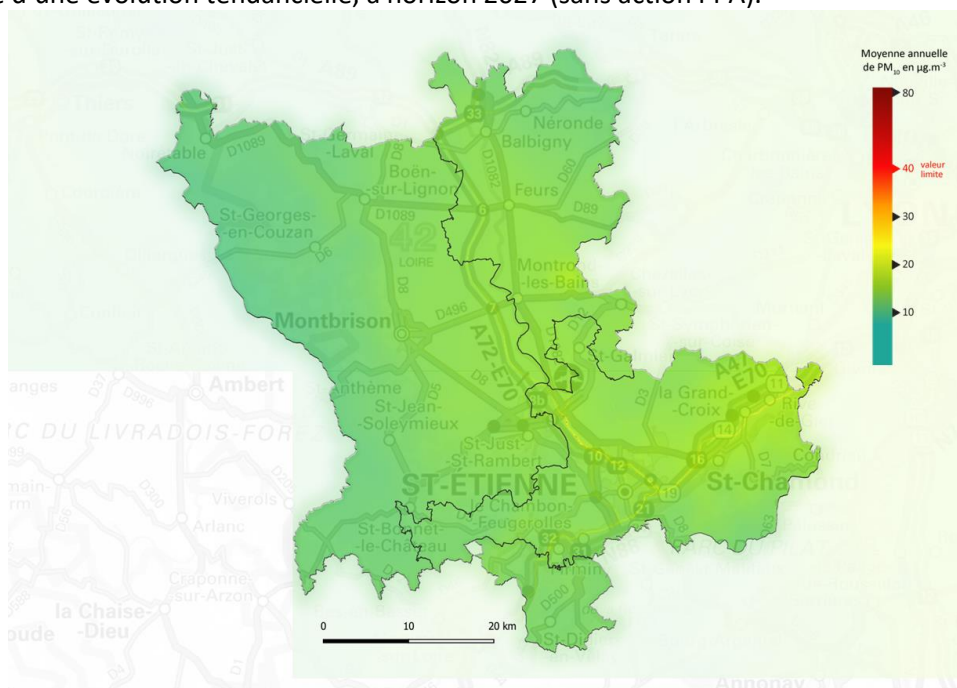
La carte ci-dessous présente les concentrations moyennes en PM10 en 2017.



Cartographies des concentrations moyennes annuelles en PM10, sur l'année de référence 2017

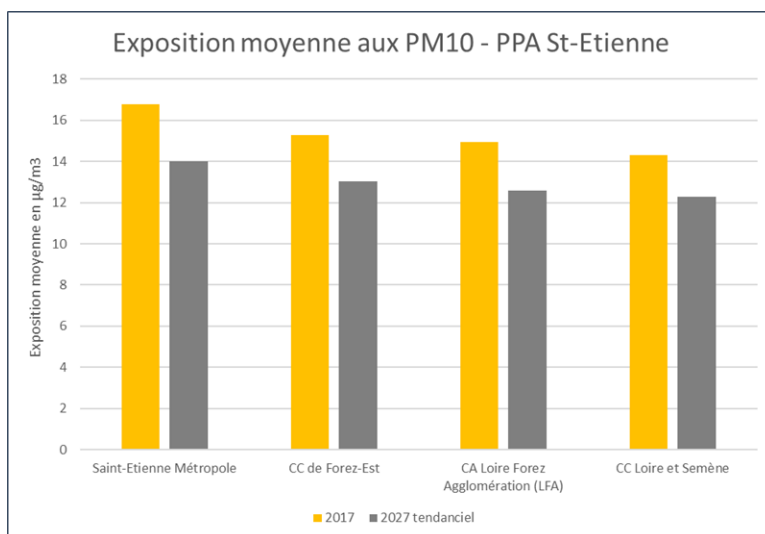
Concentrations moyennes annuelles à horizon 2027

La carte ci-dessous présente la concentration moyenne attendue en PM10 sur le territoire d'étude du PPA, dans le cadre d'une évolution tendancielle, à horizon 2027 (sans action PPA).



Cartographies des concentrations moyennes annuelles en PM10 attendues à l'horizon 2027 tendanciel

Evolution de l'exposition des populations entre 2017 et 2027 tendanciel



Evolution de l'exposition moyenne aux PM10 sur le périmètre PPA entre 2017 et le scénario 2027 tendanciel

Selon la modélisation tendancielle, la baisse de l'exposition moyenne aux particules PM10 de l'ordre de 3 µg/m³ permet de passer d'environ 11 000 habitants (~2,5 % de la population du PPA) exposés à des concentrations de PM10 supérieures à la valeur guide de l'OMS en 2017 à environ 200 habitants en 2027.

Annexe 2 : Conversion de VLE en facteur d'émission pour les chaudières biomasse

La réglementation applicable aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) impose des Valeurs Limites d'Emission (VLE) exprimées en mg/Nm³ (« milligrammes par mètre cube normal ») à 6% d'O₂. Pour calculer des émissions annuelles, il faut alors disposer du débit moyen de fumées.

Les estimations étant ici réalisées à partir de données de consommation d'énergie exprimées le plus souvent en MWh, une conversion de ces VLE est nécessaire pour obtenir un facteur d'émission exploitable. La méthode présentée ici se base sur les travaux de l'AEA Technology pour le compte du Département de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales (DEFRA) en Angleterre¹⁴. Le calcul suivant est applicable aux NO_x et poussières :

$$FE = \frac{VLE * SDFGV}{1000}$$

avec FE le facteur d'émission exprimé en g/GJ, VLE la valeur limite d'émission exprimée en mg/Nm³ à un % d'O₂ donné et SDFGV le volume spécifique de fumées sèches (*Specific Dry Flue Gas Volume*) exprimé en m³/GJ. Le tableau ci-dessous présente les différents SDFGV en fonction du % d'O₂.

Specific dry flue gas volumes for wood, m ³ /GJ (net heat input, dry gas at 0°C, 101.3 kPa)					
Oxygen content, % (dry)	0 (stoichiometric)	6	10	11	[N] (where [N] is the O ₂ concentration)
Specific dry flue gas volume, m ³ /GJ	253	354	483	531	253 x (21÷(21-[N]))

SDFGV en fonction du % d'O₂ pour convertir une VLE en facteur d'émission

Exemple :

Une installation de combustion a une VLE fixée à 30 mg/Nm³ à 6% d'O₂. Pour obtenir le facteur d'émission correspondant à l'installation – en supposant que ses émissions sont équivalentes à la VLE – on fait le calcul suivant :

$$FE = \frac{30 * 354}{1000} = 10,62 \text{ g/GJ}$$

Il est aussi possible de convertir une VLE à une concentration d'O₂ donnée vers une VLE à une autre concentration.

$$\frac{VLE_1 * SDFGV_1}{1000} = \frac{VLE_2 * SDFGV_2}{1000}$$

$$VLE_2 = VLE_1 * \frac{SDFGV_1}{SDFGV_2}$$

¹⁴ AEA Technology, 2012, *Conversion of biomass boiler emission concentration data for comparison with Renewable Heat Incentive emission criteria*, 11 pages, disponible sur https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat07/1205310837_Conversion_of_biomass_boiler_emission_data_rep_Issue1.pdf

Exemple 2 : On veut convertir une VLE de 30mg/Nm³ à 6% d'O₂ vers une VLE équivalente à 11% d'O₂. On obtient :

$$VLE = 30 * \frac{354}{531} = 20 \text{ mg/Nm}^3 \text{ à 11\% d'O}_2$$