

Evaluation quantitative du PPA de la vallée de l'Arve

PPA adopté en avril 2019



Diffusion :

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





Financement

Cette étude a pu être réalisée grâce aux données générales de l'observatoire, financé par l'ensemble des membres d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, parmi lesquels la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes (Ministère de la Transition Ecologique).



Sommaire

1. Contexte et objectifs du PPA	5
1.1 Contexte réglementaire	5
1.2 Contexte sanitaire	5
1.3 Contexte général du PPA de la vallée de l'Arve	6
1.4 Les objectifs et les actions envisagées dans le PPA2	6
1.5 Pourquoi une évaluation du PPA ?	9
1.6 Méthodologie d'évaluation	9
2. Bilan réglementaire de la qualité de l'air (2018-2023)	10
2.1 Localisation des stations et historique des mesures	10
2.2 Le dioxyde d'azote (NO ₂)	12
2.2.1 Émissions des oxydes d'azote (NO _x)	12
2.2.2 Moyenne annuelle de NO ₂ et exposition de la population	12
2.2.3 Évolution des concentrations aux stations fixes de mesure	13
2.3 Les particules fines	14
2.3.1 Émissions des particules fines PM ₁₀	14
2.3.2 Moyenne annuelle de PM ₁₀ et exposition de la population	15
2.3.3 Évolution des concentrations de PM ₁₀ aux stations fixes de mesure	16
2.3.4 Émissions des particules fines PM _{2,5}	17
2.3.5 Moyenne annuelle de PM _{2,5} et exposition de la population	17
2.3.6 Évolution des concentrations de PM _{2,5} aux stations fixes de mesure	18
2.4 Benzo[a]Pyrène	19
2.4.1 Émissions du Benzo[a]Pyrène	19
2.4.2 Évolution des concentrations de Benzo[a]Pyrène aux stations fixes de mesure	20
2.5 L'ozone	20
2.5.1 Définition et sources	20
2.5.2 Nombre de jours de dépassement pour l'ozone et exposition de la population	21
2.5.3 Évolution des concentrations d'ozone aux stations fixes de mesure	21
2.6 Les épisodes de pollution	23
2.7 Quels enjeux perdurent sur le territoire ?	24
3. Evaluation quantitative des actions	26
3.1 Quelles sont les réductions d'émissions obtenues grâce aux actions du PPA ?	26
3.1.1 Calcul des émissions : méthode générale	26
3.1.2 Scenarii modélisés et polluants considérés	27
3.1.3 Méthodologie détaillée de l'évaluation des réductions d'émissions des actions PPA prises en compte	28
3.1.4 Emissions de polluants atmosphériques des différents scenarii	32
3.1.5 Les objectifs de réduction des émissions fixés dans le PPA sont-ils atteints ?	38
3.1.6 Les objectifs de réduction des émissions du PREPA sont-ils déjà atteints ?	39
3.1.7 Les objectifs de réduction des émissions du Plan Bois sont-ils atteints ?	40
3.1.8 Perspectives	40
3.2 Quels sont les effets sur l'exposition des populations ?	41
3.2.1 Méthodologie	41
3.2.2 Impact des actions du PPA en moyenne sur l'année pour le dioxyde d'azote	42

3.2.3 Impact des actions du PPA en moyenne sur l'année pour les particules PM2.5.....	45
3.2.4 Impact des actions du PPA en moyenne sur l'année pour les particules PM10.....	48
3.2.5 Impact des actions du PPA en nombre de jours de dépassement pour les particules PM10	51
4 – Conclusions	53
Glossaire	55
Bibliographie	57

1. Contexte et objectifs 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, les plans de protection de l'atmosphère (PPA), introduits la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (loi LAURE du 30/12/1996), prévoient un ensemble de mesures permettant de limiter les concentrations de polluants dans l'air dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants, et dans les territoires où les valeurs limites de polluants sont atteintes ou risquent de l'être. La vallée de l'Arve relève de cette seconde catégorie.

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

En plus de l'aspect purement réglementaire, le PPA est établi pour répondre à une problématique sanitaire de qualité de l'air.

La pollution de l'air extérieur et les matières particulaires qu'elle contient sont classées comme cancérogène certain 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 de quelques mois des personnes affectées 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 (PM2.5) 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).

Selon les estimations présentées dans le rapport de l'Agence Européenne de l'Environnement publié en 2018, les concentrations de particules fines (PM2.5) ont été responsables d'environ 391 000 décès prématurés dans les 28 États membres de l'Union Européenne pour l'année 2015 pour les PM2.5 d'origine anthropiques ou non. En France, cela représente 35 800 décès prématurés pour l'année. 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.

Sur la Vallée de l'Arve, une étude de Santé publique France (2017) montre que 8 % de la mortalité dans la vallée serait imputable aux particules fines (PM2,5), soit l'équivalent de 85 décès prématurés par an. Réduire les concentrations annuelles moyennes de 30% pour ce seul polluant permettrait d'éviter 45 décès prématurés par an.

1.3 Contexte général du PPA de la vallée de l'Arve

La vallée de l'Arve est un territoire propice à la pollution atmosphérique. Sa topographie encaissée, les conditions météo, ainsi que la présence de nombreuses activités humaines favorisent l'accumulation des polluants, notamment en hiver.

Alors qu'en situation normale, l'air se refroidit au fur et à mesure que l'altitude augmente, la vallée de l'Arve connaît en hiver des inversions de température, tout particulièrement lors des nuits dégagées et sans vent. Pendant la nuit, les couches d'air au sol se refroidissent plus vite que les couches immédiatement supérieures : la situation devient alors favorable à l'accumulation des polluants, ces derniers se retrouvant bloqués comme sous un couvercle.

Un premier PPA pour la vallée de l'Arve (PPA1) a été approuvé en février 2012. Son évaluation a été finalisée en 2017 et a conduit à la décision, par le Préfet de Haute-Savoie, de réviser le PPA. En effet, malgré de réelles baisses des émissions de polluants atmosphériques, la qualité de l'air dans la vallée de l'Arve devait encore être améliorée, avec des dépassements qui subsistaient.

Fruit d'un travail partenarial de près de 2 années, l'adoption d'un second PPA de la vallée de l'Arve (PPA2) a été approuvée le 29 avril 2019 pour la période 2019-2023.

Le périmètre du PPA de la vallée de l'Arve s'étend du pays rochois à l'ouest jusqu'à Chamonix-Mont-Blanc à l'est. Il comprend 41 communes, regroupées en 5 communautés de communes (Cluses Arve et Montagnes, vallée de Chamonix-Mont-Blanc, Pays Rochois, Pays du Mont-Blanc et Faucigny Glières).



Figure 1 : Périmètre du PPA de la Vallée de l'Arve

1.4 Les objectifs et les actions envisagées dans le PPA2

Le PPA2 se fixe des objectifs ambitieux, pour respecter, à l'échéance du plan, les valeurs limites applicables en matière de qualité de l'air, mais également d'un point de vue sanitaire.

En effet, un objectif retenu s'appuie sur la recommandation sanitaire de réduction de 50% à l'horizon de 2023, de la mortalité prématurée en lien avec la pollution aux particules fines tel que proposé par l'étude de Santé Publique France en 2017.

	Les objectifs pour 2023	L'efficacité des mesures par polluant
	- Une réduction de 50 % de la mortalité attribuable à la pollution atmosphérique - Aucun dépassement du seuil des 35 jours avec une moyenne journalière supérieure à 50 µg/m³ - Une réduction de 30 % des concentrations en moyenne annuelle - Tendre vers une moyenne annuelle de 20 µg/m³	- Un gain moyen d'espérance de vie de 5 mois à l'âge de 30 ans - 80 % de la réduction est concentrée sur trois mesures relevant du secteur résidentiel : ▪ le fonds « Air Bois » ; ▪ le fonds « Air Gaz » ; ▪ l'interdiction des foyers ouverts dans les nouvelles constructions et les bâtiments existants. - 10 % des gains viennent des actions portant sur le secteur industriel, dont les activités du BTP et de la construction.
	- Une réduction de 30 % des concentrations en moyenne annuelle - Tendre vers une moyenne annuelle de 10 µg/m³	Deux tiers des gains proviennent des actions affectant le secteur des transports routiers : - le renouvellement du parc de véhicules légers, des poids lourds et des véhicules utilitaires ; - le maillage des stations GNV ; - le covoiturage, etc.
	- Une réduction de 24 % des concentrations en moyenne annuelle - Ne plus avoir de population exposée à une concentration annuelle supérieure à la valeur limite	Près de 60 % des baisses ont pour origine : - le fonds « Air Bois » ; - le fonds « Air Gaz » ; - l'interdiction des foyers ouverts dans les nouvelles constructions et les bâtiments existants.
	- Une réduction d'un tiers des concentrations en moyenne annuelle - Ne plus avoir de dépassement de la valeur cible	

Figure 2 : Objectifs du PPA2 (par rapport à 2017)

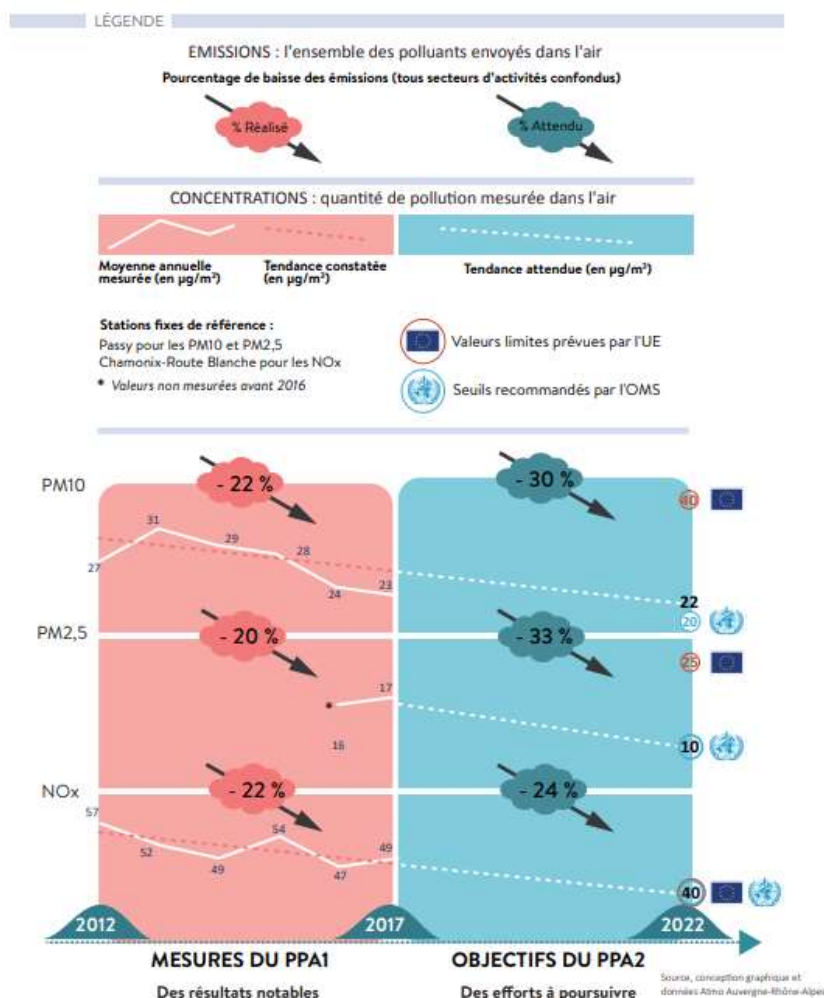


Figure 3 : Évolution des émissions et concentrations de PM10, PM2.5 et NOx

Pour répondre aux objectifs du PPA2 à l'horizon 2023, le plan d'actions s'organise autour de 5 axes, 12 défis et 30 actions, afin de faire porter l'effort sur l'ensemble des sources d'émission de polluants.

Issues des propositions faites entre octobre 2017 et mars 2018 par les 8 groupes de travail, présentées et validées par les comités de pilotage, les 30 actions retenues se répartissent en trois grandes catégories :

- les mesures réglementaires de fond (dispositions légales, arrêtés préfectoraux, prescriptions dans les documents de planification et d'urbanisme) et d'urgence (uniquement lors des épisodes de pollution) ;
- les mesures d'accompagnement, d'incitation et de communication ;
- les mesures d'amélioration des connaissances, notamment d'ordre scientifique.

AXES	DÉFIS		ACTIONS	
COLLECTIF & TRANSVERSAL	1 ^{er} DÉFI	PILOTER MUTUALISER FINANCER	1	Organiser la Gouvernance de l'Air dans la vallée et le suivi du PPA
			2	Mutualiser les moyens et harmoniser les bonnes pratiques des collectivités
	2 ^e DÉFI	COMMUNIQUER INFORMER ÉDUCUER	3	Mieux informer les populations et faciliter le dialogue sur la qualité de l'air
			4	Développer des actions/une stratégie de communication « Air »
			5	Déployer un réseau d'ambassadeurs de l'air sur tout le territoire
			6	Mettre en place des actions d'éducation sur « santé et qualité de l'air » pour tous les publics
	3 ^e DÉFI	INTERDIRE CONTRÔLER SANCTIONNER	7	Renforcer les contrôles routiers anti-pollution des véhicules
			8	Supprimer et interdire les foyers ouverts et les appareils de chauffage non-performants
			9	Faire respecter l'interdiction des brûlages à l'air libre, de l'écobuage et des mesures en pics
			10	Contrôler les activités économiques relevant de la police des installations classées
	4 ^e DÉFI	SANTÉ	11	Améliorer les recommandations sanitaires et le suivi de l'impact de la pollution sur les populations
	5 ^e DÉFI	MOBILISATION CITOYENNE	12	Concours de projets citoyens « Chacun fait sa part pour l'air »
RÉSIDENTIEL & TERTIAIRE	6 ^e DÉFI	RÉSIDENTIEL & TERTIAIRE	13	Massifier la rénovation énergétique
			14	Poursuivre et amplifier le « Fonds Air Bois »
			15	Développer un « Fonds Air Gaz »
ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES	7 ^e DÉFI	ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES	16	Améliorer la connaissance des émissions des acteurs économiques pour mieux les maîtriser
			17	Poursuivre l'aide publique environnementale et à l'investissement des opérateurs économiques
	8 ^e DÉFI	SECTEUR DE LA CONSTRUCTION ET DES TRAVAUX PUBLICS	18	Agir sur les émissions du secteur de la construction, de la production et de la transformation des matériaux
			19	Promouvoir les entreprises exemplaires dont les « chantiers propres »
		20	Mailler le territoire en installations de traitement des déchets inertes du BTP	
TRANSPORTS / MOBILITÉ	9 ^e DÉFI	MOBILITÉS	21	Manager la mobilité à l'échelle de la vallée via une « conférence des mobilités »
			22	Renforcer l'offre ferroviaire dans la vallée pour offrir des alternatives à l'autosolisme et accompagner les changements de comportement
			23	Mettre en place des « zones à faibles émissions »
	10 ^e DÉFI	PARC ROULANT	24	Accélérer et amplifier le renouvellement du parc de véhicules
			25	Renforcer le maillage du territoire en énergies alternatives
	11 ^e DÉFI	TRANSPORT DE MARCHANDISE	26	Rationaliser la logistique de proximité
27			Favoriser les modes de transports de marchandise les plus vertueux, notamment le report de la route vers le fer	
RESSOURCES & DÉCHETS	12 ^e DÉFI	RESSOURCES & DÉCHETS	28	En application de la Loi TECV et du PRPGD, diminuer la production et le transport de déchets, anticiper la future organisation du traitement des déchets en optimisant leur valorisation
			29	Développer la méthanisation
			30	Développer une filière bois-énergie locale et améliorer la gestion de la forêt

Figure 4 : Synthèse du plan d'actions

1.5 Pourquoi une évaluation du PPA ?

L'article L.222-4.IV du Code de l'Environnement indique que les plans font l'objet d'une évaluation au terme d'une période de cinq ans et, le cas échéant, sont révisés. Or, l'arrêté d'approbation par le Préfet du PPA de la vallée de l'Arve date du 29 avril 2019.

Lors de la Conférence Locale de l'Air (CL'Air) du 7 juillet 2023, le lancement de la démarche d'évaluation du PPA de la vallée de l'Arve a été annoncé officiellement.

Cette évaluation quinquennale consiste en :

- une évaluation qualitative participative afin d'analyser la mise en œuvre des mesures, de mettre en évidence les points forts et faibles du PPA actuel, d'en tirer des enseignements, notamment pour adapter les actions à poursuivre et étudier la possibilité d'en mettre en œuvre de nouvelles,
- une évaluation quantitative réalisée en 2023-2024 par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, objet de ce rapport.

1.6 Méthodologie d'évaluation

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 de l'élaboration, la mise en œuvre, le suivi, l'évaluation et la révision des PPA.

Concernant plus spécifiquement le PPA de la vallée de l'Arve adopté en 2019, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes :

- a contribué fortement à son élaboration ;
- a accompagné sa mise en œuvre et son suivi ;
- s'est impliqué dans des études complémentaires ;
- et réalise son évaluation quantitative.

La suite de ce rapport présente les résultats de cette évaluation quantitative :

- partie 2 : le bilan de la qualité de l'air de 2018 à 2023 ;
- partie 3 : l'analyse de l'impact des actions mises en œuvre par le PPA sur la réduction des émissions de polluants atmosphériques et sur les niveaux de concentrations dans l'air auxquels les populations sont exposées.

Cette analyse s'appuie d'une part sur les données de l'inventaire spatialisé des émissions de polluants atmosphériques et, d'autre part, sur les concentrations modélisées de ces polluants dans l'air ambiant en étudiant la différence entre :

- un scénario « avec les actions PPA » qui correspond aux émissions réelles du territoire,
- un scénario « tendanciel » qui représente le scénario « avec les actions PPA » auquel on a retranché les effets associés à la mise en œuvre des actions qui ont pu être quantifiées.

2. Bilan réglementaire de la qualité de l'air (2018-2023)

Cette partie dresse le bilan des mesures réalisées sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve pour les polluants présentant des dépassements des seuils réglementaires cités dans les directives européenne qualité de l'air, des seuils de la potentielle nouvelle directive européenne ou des seuils de l'OMS établis en 2021, à savoir les particules fines en suspension, le dioxyde d'azote, l'ozone et le Benzo[a]Pyrène.

Ce bilan présente les sources d'émissions de ces différents polluants, les résultats cartographiques les plus récents (2023) et l'exposition des populations aux différents seuils, ainsi que l'évolution des concentrations durant ces 6 années (2018-2023).

Un tableau des normes de qualité de l'air des polluants réglementés figure à l'annexe 1, un tableau de classification des stations de mesure à l'annexe 2.

2.1 Localisation des stations et historique des mesures

Selon l'arrêté du 19 avril 2017, ATMO Auvergne-Rhône-Alpes, en tant qu'organisme agréé par le Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires, est chargé de surveiller et d'évaluer la qualité de l'air ambiant pour les polluants réglementés.

La surveillance de la qualité de l'air 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.

Sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve, elle est réalisée à partir de :

- Un réseau métrologique (voir Figure 5 et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**6) composé de stations de mesures permanentes représentatives de différents types d'exposition (fond urbain, fond périurbain, proximité trafic, voir annexe 2) ;

- Des stations de mesures temporaires, avec des campagnes de mesures de plusieurs mois à plusieurs années sur les territoires non couverts par le réseau fixe ou en complément de celui-ci ;

- Un inventaire spatialisé des émissions atmosphériques à une échelle kilométrique (voir éléments méthodologiques dans la partie 3.1.1 et dans l'Annexe 4) ;

- Une chaîne de modélisation qui intègre plusieurs échelles spatiales. La méthode développée par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes combine ainsi 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 (voir éléments méthodologiques dans la partie 3.2.1 et dans l'Annexe 3) ;

- Un calcul de l'exposition des populations en croisant les cartes de concentrations de polluants à une résolution de 10 mètres avec la répartition spatiale des populations résidentes sur la base de la population communale INSEE. L'affectation des populations résidentes à chaque bâtiment a été réalisée par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) (voir éléments méthodologiques dans la partie 3.2.1).

L'ensemble de ces outils permet 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 sur l'ensemble du territoire du PPA. L'implémentation de scénarios d'émissions dans les modèles permet de caractériser l'évolution des concentrations et de l'exposition des populations, et donc l'impact de la mise en œuvre d'actions à un horizon donné.

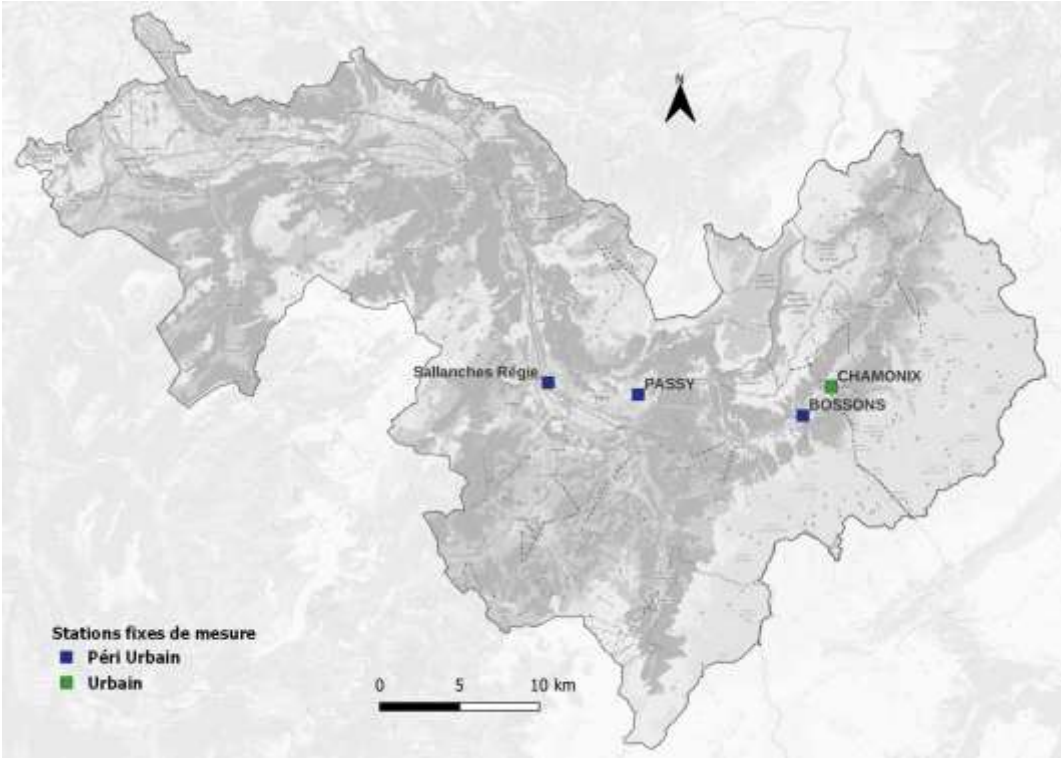


Figure 5 : Cartes des stations fixes de mesure sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve

Stations	Typologie/Influence	Polluants mesurés	Période de mesures
Chamonix	Urbain/Fond	Particules PM10	2007 à aujourd'hui
		Dioxyde d'azote	1997 à aujourd'hui
		Ozone	1997 à aujourd'hui
		Dioxyde de soufre	1997-2009
		Benzène	2024
Bossons (Chamonix route blanche)	Périurbain/Trafic	Particules PM10	2001 à aujourd'hui
		Dioxyde d'azote	2008 à aujourd'hui
Passy	Périurbain/Fond	Particules PM10	2007 à aujourd'hui
		Particule PM2,5	2016 à aujourd'hui
		Ozone	2006 à aujourd'hui
		Dioxyde d'azote	2006 à aujourd'hui
		Benzo(a)Pyrène	2014 à aujourd'hui
Sallanches Régie	Périurbain/Fond	Particules PM10	2017 à aujourd'hui
		Benzo(a)Pyrène	2019-2020

Figure 6 : Listes des polluants mesurés par les stations fixes de mesure sur le périmètre du PPA de la Vallée de l'Arve

2.2 Le dioxyde d'azote (NO₂)

Le dioxyde d'azote (NO₂) est formé dans l'atmosphère à partir du monoxyde d'azote (NO) émis lors des phénomènes de combustion, principalement par combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air. Le transport routier constitue la principale source d'émissions, suivi par les installations de combustion.

Ses émissions sont assez stables sur l'année, même si les chauffages en hiver peuvent contribuer à les augmenter. Au cours de la saison hivernale, ce sont surtout les conditions météorologiques peu dispersives qui contribuent à observer des concentrations parfois importantes par accumulation dans les basses couches de l'atmosphère. En été, les concentrations de dioxyde d'azote sont plus faibles, ceci également en raison de la chimie de l'ozone qui détruit ce composé précurseur.

2.2.1 Émissions des oxydes d'azote (NO_x)

Les principales sources d'émissions des oxydes d'azote sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve sont le transport routier, avec une part majoritaire des émissions de 57%, suivi par le résidentiel (13%), le tertiaire (11%) et l'industrie (11%) (Figure 7).

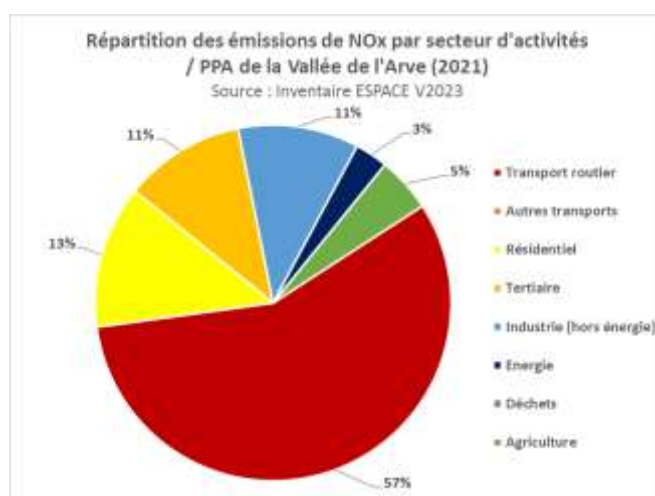


Figure 7 : Répartition des émissions d'oxydes d'azote (NO_x) par secteur d'activités sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve en 2021 (Source : Atmo AuRA – Espace Inventaire V2023)

2.2.2 Moyenne annuelle de NO₂ et exposition de la population

La Figure 8 montre les concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur le territoire de la Vallée de l'Arve pour l'année 2023. Les concentrations les plus élevées se situent à proximité des principaux axes de circulation. La quasi-totalité du territoire est exposée à des concentrations inférieures à la valeur limite réglementaire (40 µg/m³), ainsi aucun habitant n'est exposé à un dépassement de cette valeur sur le territoire. Concernant la potentielle valeur réglementaire de la nouvelle directive européenne (20 µg/m³), moins de 1% de la population est exposée à un dépassement. Le seuil OMS établi en 2021, de 10 µg/m³ à ne pas dépasser en moyenne annuelle, est largement dépassé sur une très grande partie du territoire du PPA, et notamment les zones les plus urbanisées de la vallée, avec plus de 93% de la population qui est exposée à un dépassement de ce seuil en 2023 (Figure 9).

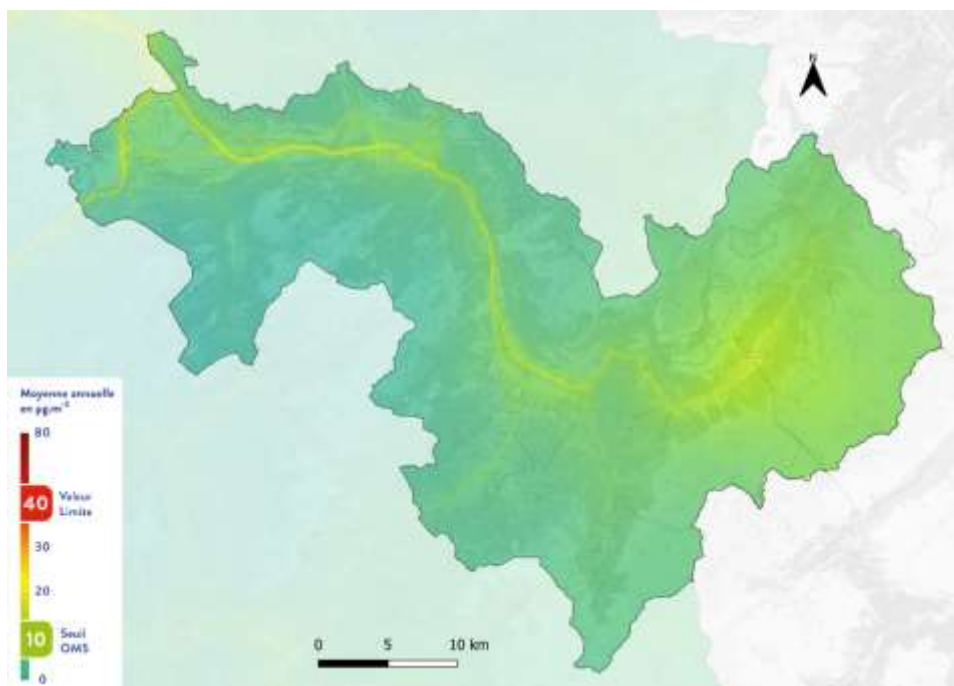


Figure 8 : Carte de la moyenne annuelle des concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve en 2023 (Source : Atmo AuRA)

2023	Part de la population exposée à un dépassement		
	Valeur limite réglementaire	Future valeur réglementaire (nouvelle directive européenne)	Seuil OMS 2021
Territoire du PPA de la Vallée de l'Arve	0%	<1%	93%

Figure 9 : Part de la population exposée à un dépassement de la valeur limite réglementaire, du seuil OMS de 2021 et de la potentielle future valeur réglementaire pour le NO_2 (Source : Atmo AuRA)

2.2.3 Évolution des concentrations aux stations fixes de mesure

Les stations fixes de mesure du réseau d'Atmo AuRA « Chamonix », « Bossons » et « Passy » mesurent les concentrations de dioxyde d'azote sur la vallée. La Figure 10 montre les concentrations annuelles réglementaires mesurées à ces différentes stations entre 2018 et 2023.

La station « Bossons » (encore appelée Chamonix route blanche), qui est une station périurbaine avec une influence de trafic, mesurait jusqu'à 2019 des concentrations supérieures à la valeur limite réglementaire de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, puis entre 2020 et 2023, les concentrations mesurées sont comprises entre 30 et $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pour les deux stations avec une influence de fond, « Chamonix » et « Passy », les concentrations fluctuent en fonction des années mais sont respectivement comprises entre 17 et $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et entre 12 et $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Depuis 2020, les concentrations mesurées à ces stations sont inférieures à la potentielle nouvelle directive européenne ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mais elles restent supérieures au seuil de l'OMS de 2021 ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

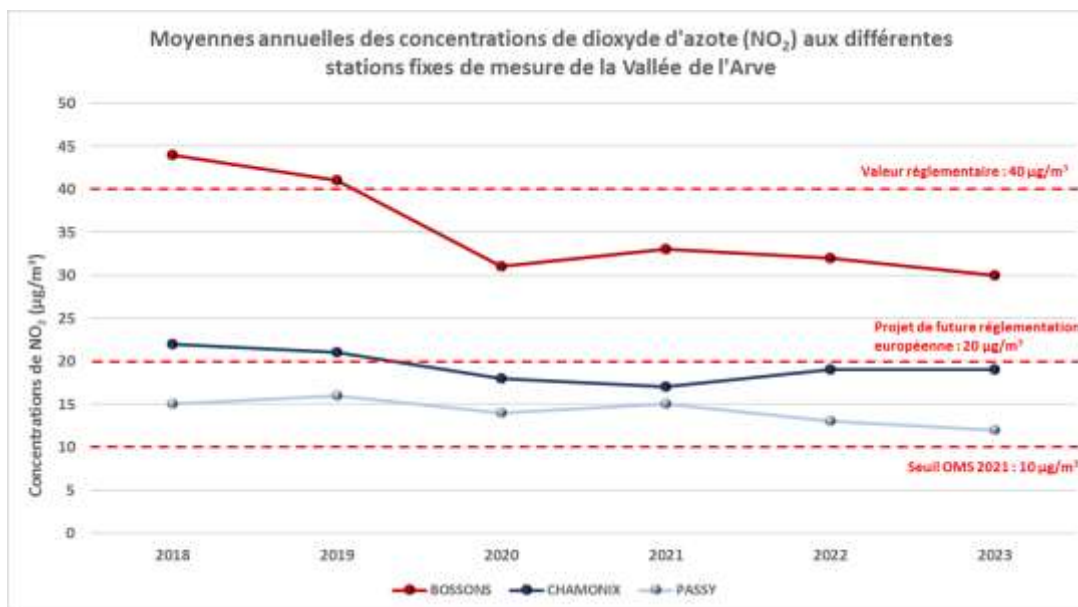


Figure 10 : Évolution des concentrations en moyenne annuelle de dioxyde d'azote (NO₂) aux stations de mesure réglementaires d'Atmo AuRA entre 2018 et 2023 sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve (Source : Atmo AuRA)

2.3 Les particules fines

Les particules fines sont classées en fonction de leur taille :

- les PM₁₀ : particules de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (µm),
- les PM_{2,5} : particules de diamètre inférieur à 2,5 micromètres.

Différents types de particules sont distingués :

- les particules primaires, directement émises dans l'atmosphère. Elles sont majoritairement issues des combustions incomplètes liées aux chauffages (notamment au bois), aux activités industrielles, ainsi qu'aux transports (particules émises directement par la combustion des carburants, particules résultant de l'usure des pneumatiques et des freins, particules provenant de la remise en suspension des dépôts sur la chaussée par la circulation).
- les particules secondaires, formées dans l'atmosphère suite à des réactions physico-chimiques pouvant impliquer le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x) ou les composés organiques volatils (COV), ainsi que des particules primaires.

2.3.1 Émissions des particules fines PM₁₀

La Figure 61 montre la répartition des émissions de particules fines PM₁₀ en fonction des différents secteurs d'activité sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve. Le secteur résidentiel est le principal émetteur de PM₁₀ (72%), dont la majorité des émissions sont liées au chauffage individuel au bois non performant. Les autres secteurs émetteurs de PM₁₀ sont le transport routier (13%) et l'industrie (10%).

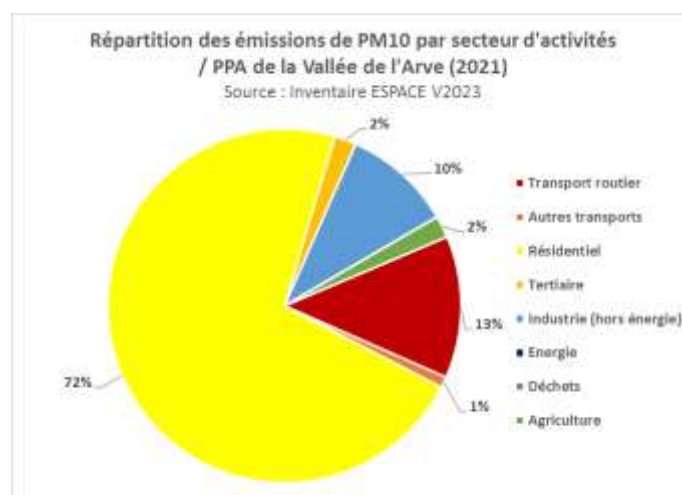


Figure 61 : Répartition des émissions de particules fines PM10 par secteur d'activités sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve en 2021 (Source : Atmo AuRA – Espace Inventaire V2023)

2.3.2 Moyenne annuelle de PM10 et exposition de la population

Les concentrations moyennes annuelles de particules fines PM10 sur le territoire de la Vallée de l'Arve sont plus homogènes que pour le NO₂, avec des concentrations qui restent plus élevées dans les zones urbanisées et à proximité des principaux axes de circulation (Figure 72).

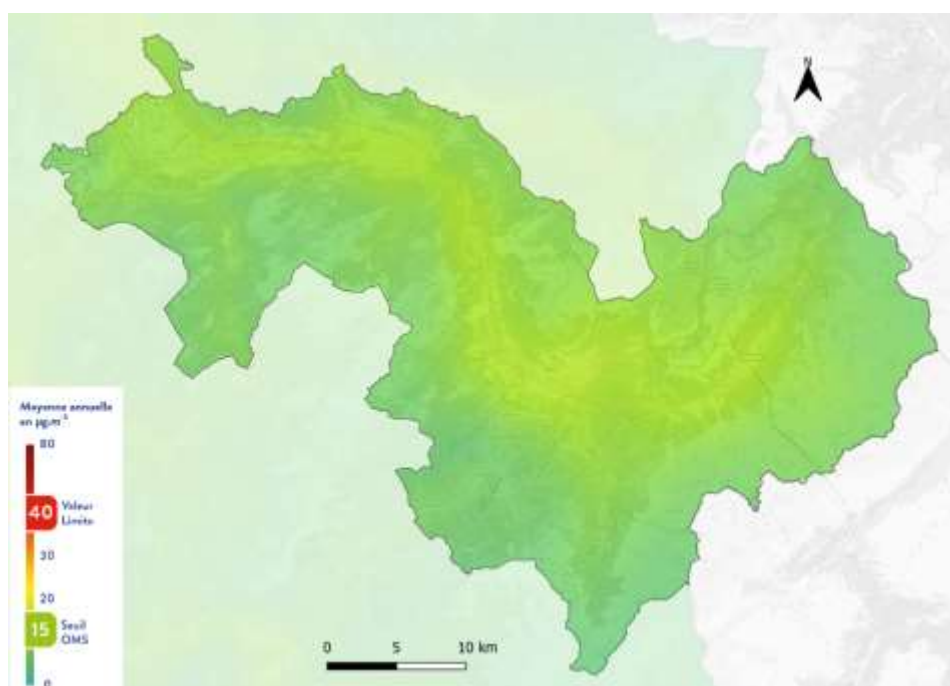


Figure 72 : Carte de la moyenne annuelle des concentrations de particules fines PM10 sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve en 2023 (Source : Atmo AuRA)

La totalité du territoire est exposée à des concentrations inférieures à la valeur limite réglementaire (40 µg/m³) et la quasi-totalité à des concentrations inférieures à la potentielle nouvelle directive européenne (20 µg/m³). En 2023, aucun habitant n'est exposé à un dépassement de la valeur limite réglementaire et à la potentielle nouvelle valeur réglementaire.

Concernant le seuil fixé par l'OMS en 2021 (15 µg/m³), une grande partie du territoire est exposée à un dépassement de cette valeur, en particulier les zones de vallée, avec environ 59% de la population qui est exposée à des concentrations de PM10 supérieures à ce seuil (Figure 83).

2023	Part de la population exposée à un dépassement		
	Valeur limite réglementaire	Future valeur réglementaire (nouvelle directive européenne)	Seuil OMS 2021
Territoire du PPA de la Vallée de l'Arve	0%	0%	59%

Figure 83 : Part de la population exposée à un dépassement de la valeur limite réglementaire, du seuil OMS de 2021 et de la potentielle future valeur réglementaire pour les PM10 (Source : Atmo AuRA)

2.3.3 Évolution des concentrations de PM10 aux stations fixes de mesure

Les stations fixes de mesure du réseau d'Atmo AuRA « Chamonix », « Bossons », « Passy » et « Sallanches Régie » mesurent les concentrations de PM10 sur le territoire de la Vallée de l'Arve. La Figure 94 montre les concentrations annuelles réglementaires mesurées à ces différentes stations entre 2018 et 2023.

Les mesures depuis 2018 restent assez similaires entre les différentes stations, avec des concentrations comprises entre 15 et 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Entre 2018 et 2023, la station trafic « Bossons » (encore appelée Chamonix route blanche) et la station de fond « Chamonix » mesurent des concentrations de PM10 inférieures aux deux stations de fond « Sallanches Régie » et « Passy ».

Les concentrations annuelles moyennes mesurées aux stations « Bossons », « Chamonix » et « Sallanches Régie » sont comprises entre la potentielle nouvelle directive européenne (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), et le seuil de l'OMS de 2021 (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Pour la station « Passy », en fonction des années, les concentrations annuelles mesurées sont comprises entre 18 et 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

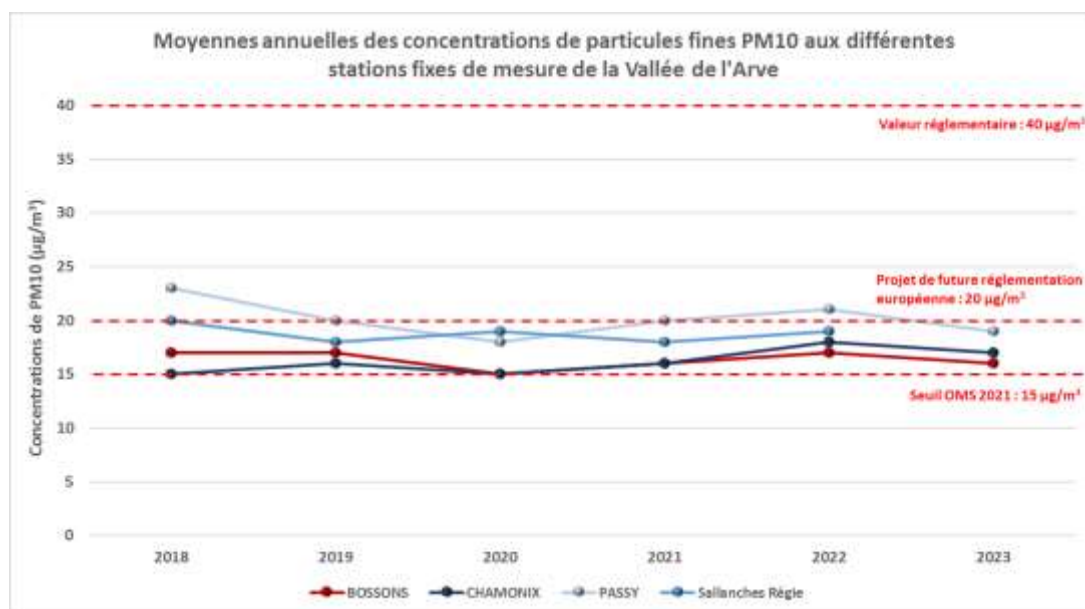


Figure 94 : Évolution des concentrations en moyenne annuelle des particules fines PM10 aux stations de mesure réglementaires d'Atmo AuRA entre 2018 et 2023 sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve (Source : Atmo AuRA)

2.3.4 Émissions des particules fines PM2,5

Comme pour les PM10, les particules fines PM2,5 sont majoritairement émises par le secteur résidentiel et plus particulièrement par le chauffage au bois individuel non performant (75%), puis secondairement par les secteurs de l'industrie (12%) et du transport routier (9%) (Figure 105).

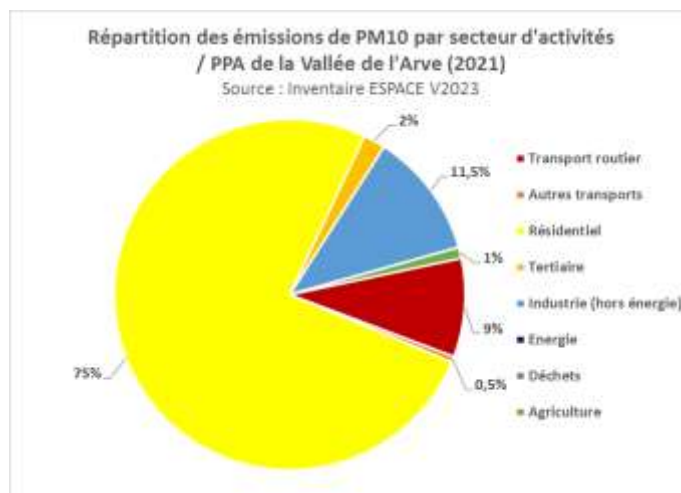


Figure 105 : Répartition des émissions de particules fines PM2,5 par secteur d'activités sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve en 2021 (Source : Atmo AuRA – Espace Inventaire V2023)

2.3.5 Moyenne annuelle de PM2,5 et exposition de la population

Les concentrations annuelles de particules fines PM2,5 sur le territoire de la Vallée de l'Arve sont un peu moins homogènes que pour les PM10, avec des concentrations plus élevées dans les zones urbanisées en fond de vallées et à proximité des principaux axes de circulation (Figure 116).

La totalité du territoire est exposée à des concentrations inférieures à la valeur limite réglementaire (25 µg/m³). La quasi-totalité est exposée à des concentrations supérieures au seuil de l'OMS de 2021 (5 µg/m³). En 2023, aucun habitant n'est exposé à un dépassement de la valeur limite réglementaire. 10% de la population est exposée à un dépassement de la potentielle nouvelle valeur réglementaire (10 µg/m³) et 97% à un dépassement du seuil fixé par l'OMS en 2021 (Figure 127).

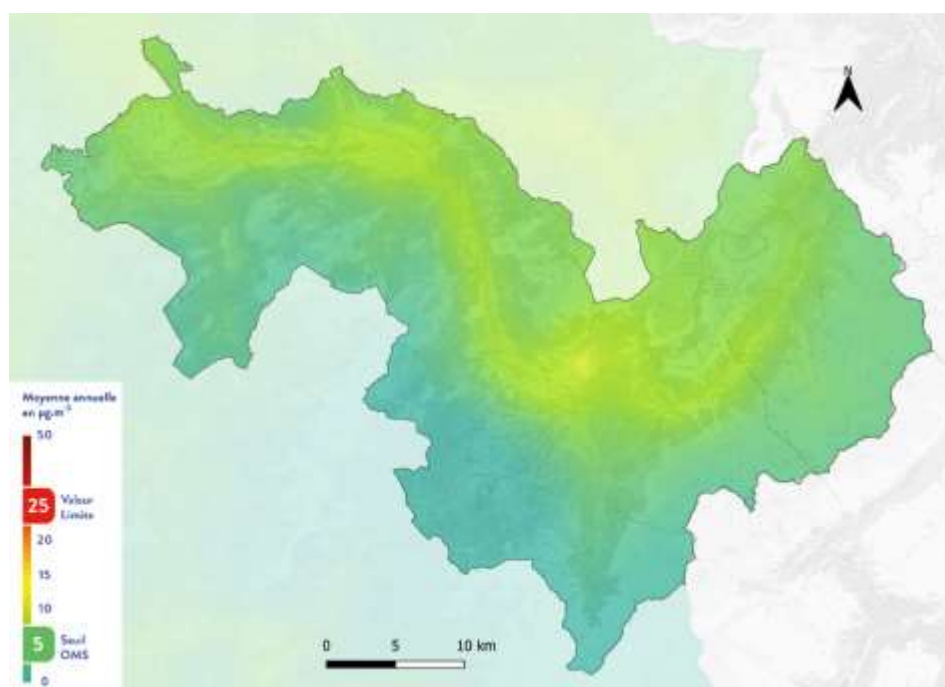


Figure 116 : Carte de la moyenne annuelle des concentrations de particules fines PM_{2,5} sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve en 2023 (Source : Atmo AuRA)

2023	Part de la population exposée à un dépassement		
	Valeur limite réglementaire	Future valeur réglementaire (nouvelle directive européenne)	Seuil OMS 2021
Territoire du PPA de la Vallée de l'Arve	0%	10%	97%

Figure 127 : Part de la population exposée à un dépassement de la valeur limite réglementaire, du seuil OMS de 2021 et de la potentielle future valeur réglementaire pour les PM_{2,5} (Source : Atmo AuRA)

2.3.6 Évolution des concentrations de PM_{2,5} aux stations fixes de mesure

Sur le territoire de la Vallée de l'Arve, une seule station fixe d'Atmo AuRA mesure les concentrations en particules PM_{2,5}, il s'agit de la station « Passy ». Entre 2018 et 2023, les concentrations moyennes annuelles réglementaires observées sur cette station sont comprises entre 13 et 17 µg/m³ (Figure 138). C'est inférieur à la valeur limite réglementaire (25 µg/m³), mais c'est au-dessus du projet de la future réglementation européenne (10 µg/m³) et du seuil de l'OMS de 2021 (5 µg/m³).

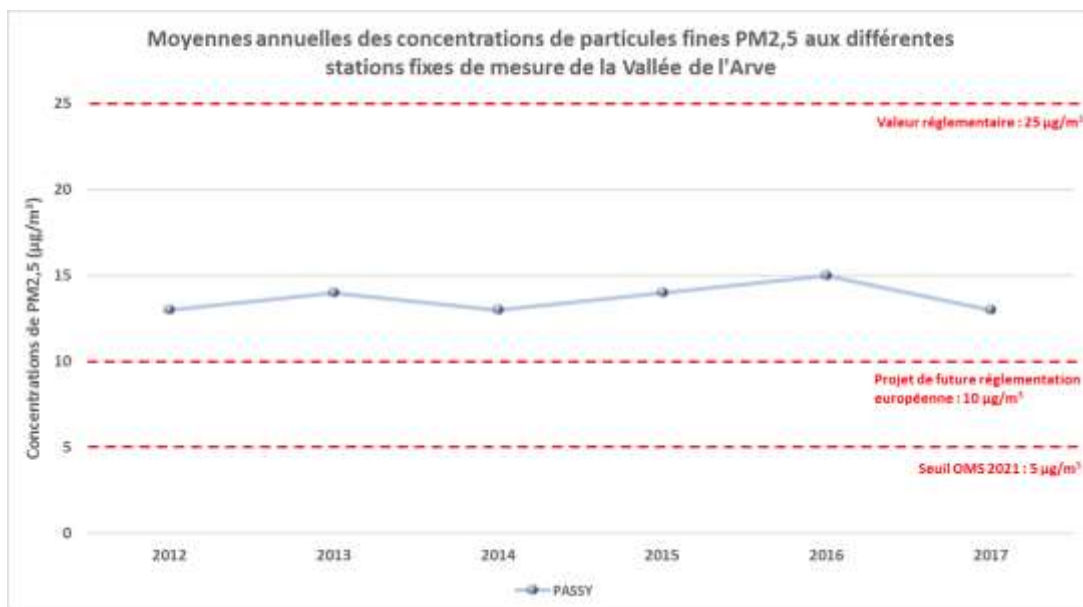


Figure 138 : Évolution des concentrations en moyenne annuelle des particules fines PM2,5 aux stations de mesure réglementaires d'Atmo AuRA entre 2012 et 2017 sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve (Source : Atmo AuRA)

2.4 Benzo[a]Pyrène

Le Benzo[a]Pyrène est un composé appartenant aux Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). Les principales sources d'émissions de B[a]P sont les combustions incomplètes de biomasse et de carburants fossiles. Ce composé est utilisé comme traceurs des HAP. Il est soumis à une valeur cible, dans la directive pour la qualité de l'air, qui est de 1 ng/m³ en moyenne annuelle.

2.4.1 Émissions du Benzo[a]Pyrène

La Figure 149 montre la répartition des émissions de Benzo[a]Pyrène (B[a]P) en fonction des différents secteurs d'activité sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve. Le secteur résidentiel est le principal émetteur (72%), dont la majorité des émissions sont liées au chauffage individuel au bois non performant. Les autres principaux secteurs émetteurs de B[a]P sont le transport routier (19%) et l'industrie (9%).

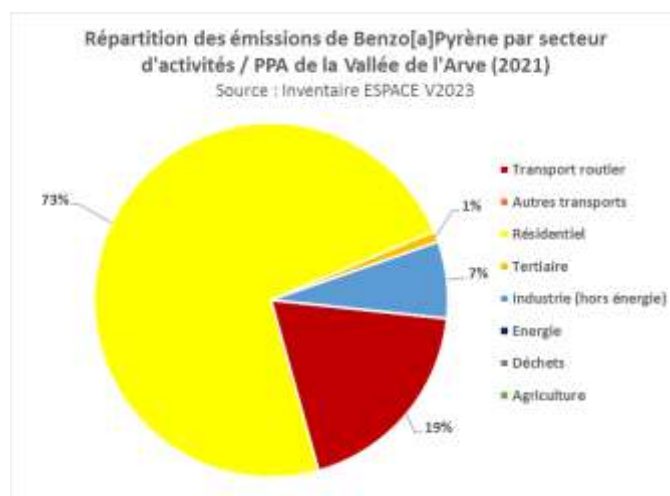


Figure 149 : Répartition des émissions de Benzo[a]Pyrène par secteur d'activités sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve en 2021 (Source : Atmo AuRA – Espace Inventaire V2023)

2.4.2 Évolution des concentrations de Benzo[a]Pyrène aux stations fixes de mesure

Entre 2018 et 2023, le Benzo[a]Pyrène est suivi en continu à la station « Passy » avec des prélèvements effectués toutes les semaines. D'autres prélèvements ont été effectués à la station « Sallanches Régie » sur deux années (2019 et 2020).

Les concentrations moyennes mesurées à « Sallanches Régie » sont inférieures à la valeur cible (1 ng/m³ en moyenne annuelle). À la station « Passy », hormis l'année 2021 où la concentration moyenne annuelle mesurée est de 0,96 ng/m³, toutes les autres années sont supérieures à 1 ng/m³, avec des moyennes comprises entre 1,03 et 1,75 ng/m³.

Bien que la valeur puisse être supérieure à 1 ng/m³, les règles d'arrondi ne permettent pas de conclure à un dépassement de la valeur cible (la valeur cible serait dépassée à partir de 1.5 ng/m³ en moyenne annuelle).

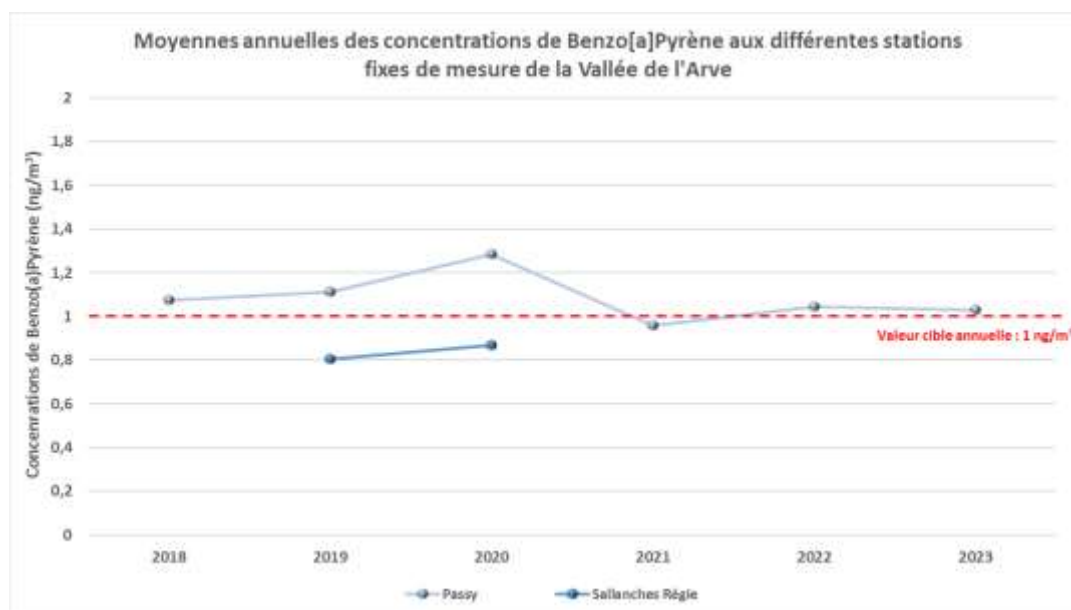


Figure 2015 : Évolution des concentrations en moyenne annuelle du Benzo[a]Pyrène aux stations de mesure réglementaires d'Atmo AuRA entre 2018 et 2023 sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve (Source : Atmo AuRA)

2.5 L'ozone

2.5.1 Définition et sources

Ce composé est dit « secondaire » car il n'est pas émis directement par une source primaire. Il est issu de réactions chimiques dans l'atmosphère quand certaines conditions sont réunies : présence de polluants précurseurs issus des activités humaines, tels que les NOx et les composés organiques volatils (COV), ainsi que par les mouvements des masses d'air et les conditions d'ensoleillement et de chaleur.

Les mécanismes réactionnels de formation de ce composé sont complexes et les concentrations varient dans le temps (différence jour/nuit) et dans l'espace (zones urbaines / péri-urbaines / rurales). Les concentrations les plus élevées sont généralement relevées dans les zones périphériques des zones émettrices des polluants primaires. En effet, ce polluant secondaire est formé par réactions chimiques et prospère sur des territoires plutôt périurbains et ruraux. En centre-ville, il est détruit dès sa formation par les polluants primaires présents en excès.

2.5.2 Nombre de jours de dépassement pour l’ozone et exposition de la population

La valeur cible pour la santé mise en place dans la directive européenne de la qualité de l’air vise un nombre de jours, avec une moyenne supérieure à 120 µg/m³ sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 jours par an, en faisant une moyenne sur 3 ans. Le projet de la nouvelle directive européenne vise à baisser ce nombre de jours à 18 par an.

La Figure 161 montre le nombre de jours en 2023 avec des concentrations supérieures à 120 µg/m³ moyenné sur 3 ans sur le territoire du PPA de la vallée de l’Arve. La partie est du territoire est exposée à un nombre de jours de dépassement assez faible (inférieur à 8 jours) par rapport à la partie ouest qui est exposée à un nombre de jours compris entre 8 et 17 jours.

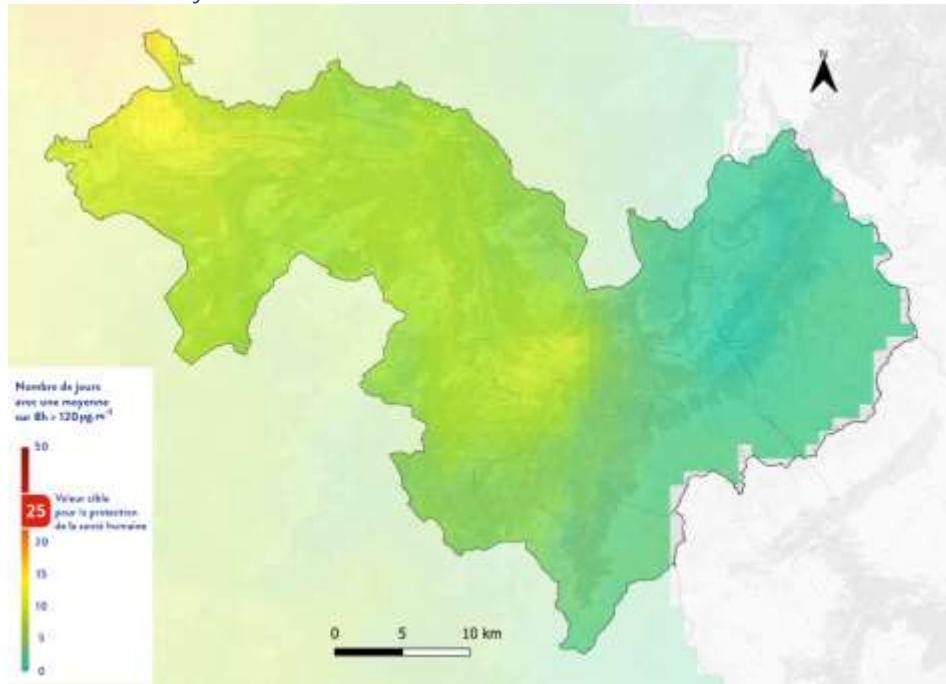


Figure 161 : Carte du nombre de jours de dépassement de la valeur cible (nombre de jours avec une moyenne sur 8h supérieure à 120 µg/m³) pour l’ozone sur le territoire du PPA de la Vallée de l’Arve en 2023 (Source : Atmo AuRA)

En 2023, aucun habitant n’est exposé à un dépassement de la valeur cible santé (25 jours par an) sur la vallée de l’Arve, et environ 2% de la population est exposée un dépassement de la valeur cible visée dans le projet de la nouvelle directive européenne (18 jours par an).

2023	Part de la population exposée à un dépassement	
	Valeur cible	Valeur cible (nouvelle directive européenne)
Territoire du PPA de la Vallée de l’Arve	0%	2,2%

Figure 172 : Part de la population exposée à un dépassement de la valeur cible santé et de la potentielle future valeur cible pour l’ozone (Source : Atmo AuRA)

2.5.3 Évolution des concentrations d’ozone aux stations fixes de mesure

Deux stations fixes mesurent les concentrations d’ozone sur le territoire de la vallée de l’Arve, « Chamonix » et « Passy ». Les concentrations annuelles mesurées restent globalement stables sur la période 2018 à 2023, avec quelques variations en fonction des années, dues notamment aux conditions météorologiques (Figure 183).

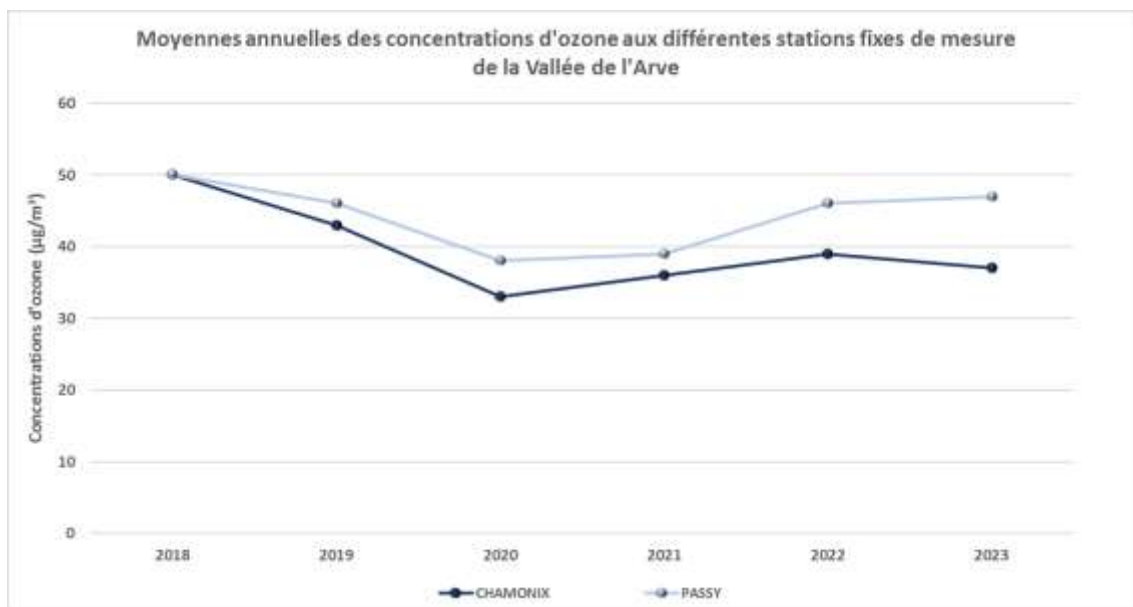


Figure 183 : Évolution des concentrations en moyenne annuelle de l'ozone aux stations de mesure réglementaires d'Atmo AuRA entre 2018 et 2023 sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve (Source : Atmo AuRA)

Entre 2018 et 2023, les deux stations de mesure ne dépassent pas le nombre de jours, avec une concentration moyenne sur 8 heures supérieure à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de la valeur cible santé (25 jours) (Figure 194). Entre 2020 et 2021, ces nombres de jours de dépassement diminuent fortement en passant de 20 jours à 8 jours à la station « Passy » et de 13 jours à 1 jour à la station « Chamonix ».

Pour la période de 2021 à 2023, ce nombre de jours reste similaire à la station « Chamonix » avec seulement 1 jour de dépassement de la moyenne de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Contrairement à la station « Passy », où ils augmentent légèrement sur cette période en allant de 8 jours en 2021 à 13 jours de dépassement en 2023.

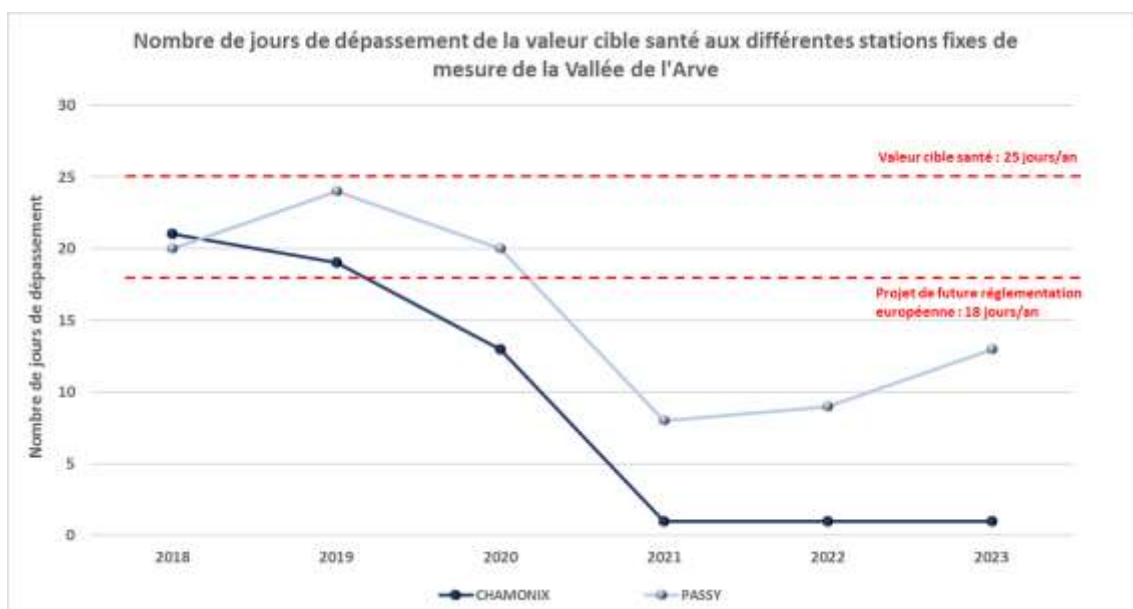


Figure 194 : Évolution du nombre de jours avec une moyenne supérieure à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures aux stations de mesure réglementaires d'Atmo AuRA entre 2018 et 2023 sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve (Source : Atmo AuRA)

2.6 Les épisodes de pollution

La gestion des épisodes de pollution s'appuie sur un arrêté interpréfectoral, qui a pour objectif de limiter l'exposition des populations lors des épisodes de pollution (détails sur les sites internet d'ATMO Auvergne-Rhône-Alpes et de la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes). Il vient en complément de mesures pérennes, telles que décrites dans les PPA. Il existe 2 niveaux gradués de gestion : le niveau d'information et de recommandations et le niveau d'alerte. Quatre polluants sont concernés par ce dispositif : le SO₂, le NO₂, les PM10 et l'ozone.

Il existe 3 niveaux de vigilance :

- Vigilance jaune : dépassement ponctuel (1 jour, à J ou J+1) seuil information
- Vigilance orange : dépassement ponctuel (1 jour, à J ou J+1) seuil alerte premier niveau ou dépassement persistant (2 ou 3 jours consécutifs) seuil information, de J-2 à J+1
- Vigilance rouge : dépassement ponctuel (1 jour, à J ou J+1) seuils alerte deuxième ou troisième niveau, ou dépassement persistant (2 jours consécutifs ou plus) seuil alerte premier niveau, ou dépassement persistant (4 jours consécutifs ou plus) seuil information, de J-2 à J+1

Le passage du jaune à l'orange puis au rouge indique une dégradation. Le niveau de vigilance est fonction du seuil dépassé, information ou alerte, donc de l'intensité des taux de pollution, mais aussi de la persistance des dépassements.

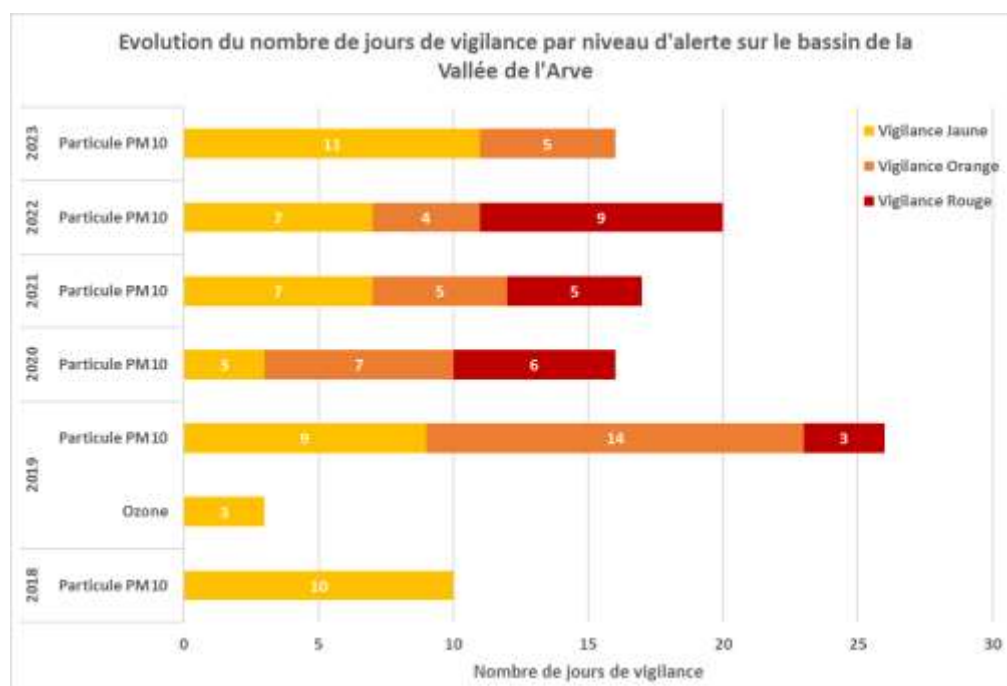


Figure 205 : Évolution du nombre de jours de vigilance par niveau d'alerte sur le bassin de la Vallée de l'Arve (Source : Atmo AuRA)

La Figure 205 donne le nombre de déclenchement d'un épisode de pollution sur la Vallée de l'Arve entre 2018 et 2023 en fonction du niveau de vigilance. Hormis 3 déclenchements d'épisodes de pollution liés à l'ozone en 2019, la quasi-totalité des épisodes de pollution sur le territoire de la Vallée de l'Arve sont dus aux particules PM10.

2.7 Quels enjeux perdurent sur le territoire ?

L'année 2023 confirme la tendance à l'amélioration de la qualité de l'air sur le territoire du PPA de la Vallée de l'Arve. Concernant le NO₂ et les particules fines (PM10 et PM2,5), les valeurs réglementaires sont respectées.

Les objectifs de réduction des concentrations définis dans le PPA2 sont atteints en 2023 pour le dioxyde d'azote et les PM10, pas encore pour les PM2.5.

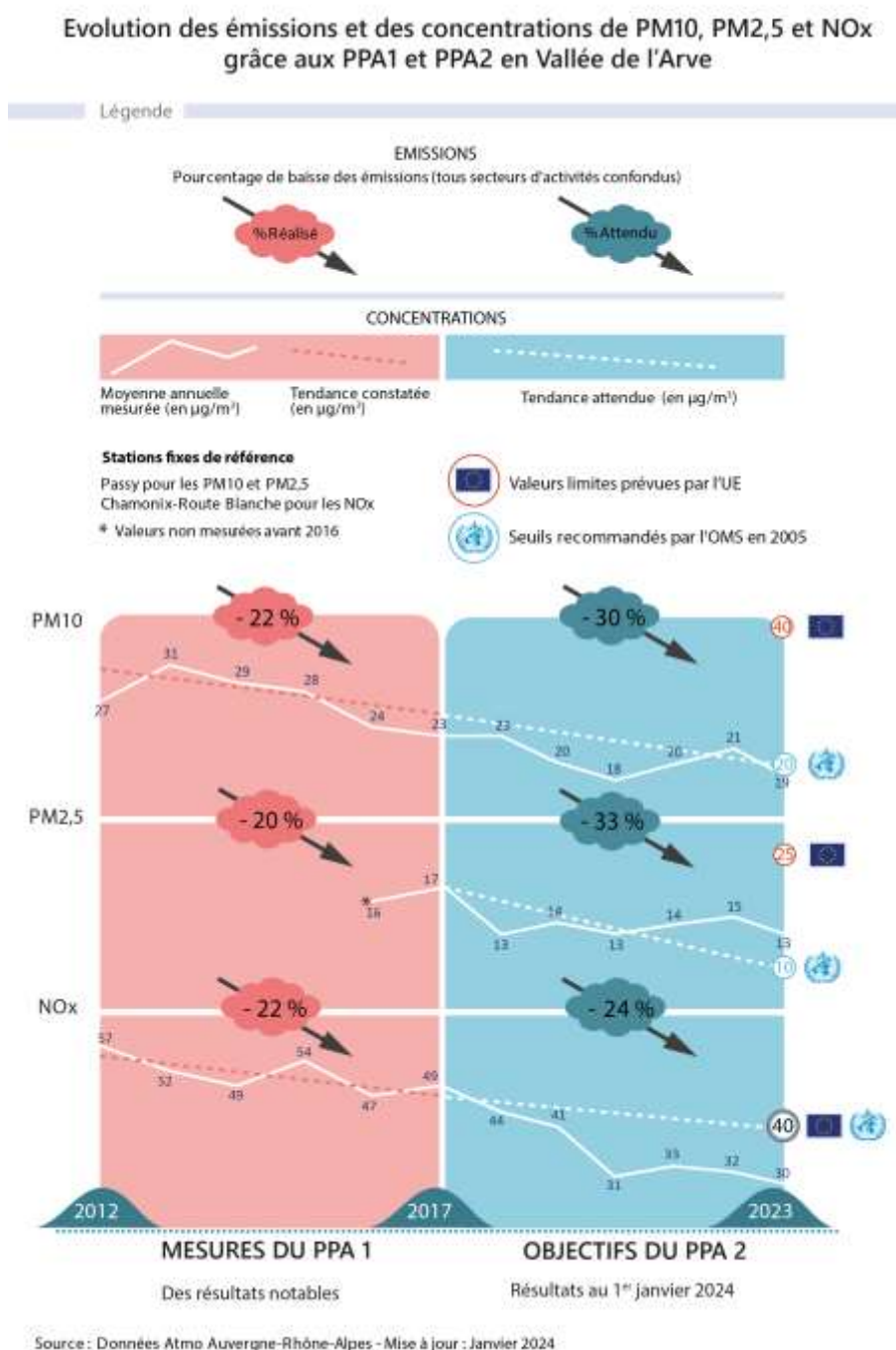


Figure 216 : Évolution des émissions et des concentrations de PM10, PM2.5 et NOx grâce aux PPA1 et PPA2 en Vallée de l'Arve

Malgré cette amélioration, une grande partie de la population est soumise à un dépassement des seuils de l'OMS établis en 2021 pour le dioxyde d'azote et les particules fines :

- 150 600 habitants pour le NO₂ (niveau > 10 µg/m³ en moyenne annuelle) ;
- 96 600 habitants pour les PM10 (niveau > 15 µg/m³ en moyenne annuelle) ;
- 157 700 habitants pour les PM2,5 (niveaux > 5 µg/m³ en moyenne annuelle).

Pour l'ozone, polluant secondaire estival, les concentrations sont dans les mêmes ordres de grandeurs depuis 2018, avec des fluctuations annuelles notamment dues aux conditions météorologiques estivales. Cependant depuis 2021, le nombre de jours de dépassement de la valeur cible est en très forte diminution, et aucun habitant n'est exposé à un dépassement de celle-ci sur le territoire.

Concernant le Benzo[a]Pyrène, les mesures effectuées à la station « Passy », en continu entre 2018 et 2023, montrent des concentrations qui restent globalement légèrement supérieures à la valeur cible annuelle de 1 ng/m³.

3. Evaluation quantitative des actions

Cette partie présente les résultats de l'évaluation quantitative des actions du PPA :

- d'abord les résultats en émissions de polluants atmosphériques,
- dans un second temps l'analyse des niveaux de concentrations dans l'air auxquels les populations sont exposées.

3.1 Quelles sont les réductions d'émissions obtenues grâce aux actions du PPA ?

3.1.1 Calcul des émissions : méthode générale

L'évaluation du PPA de l'Arve a pour objectif de quantifier, avec le maximum de précision possible, l'impact du plan en termes d'émissions de polluants à effet sanitaire, complété par les trois principaux gaz à effet de serre (CO₂, CH₄ et N₂O).

La première étape consiste à construire un inventaire pour l'année 2022 à partir de la dernière version d'inventaire disponible qui recense les émissions jusqu'à l'année 2021 (inventaire Atmo AuRA V2023). L'inventaire relatif à l'année 2022 reprend l'inventaire de l'année 2021 avec plusieurs ajustements sur la base des données disponibles pour l'année 2022. L'inventaire produit correspond à celui du scénario PPA en vigueur et sert ensuite de base pour estimer les émissions du scénario tendanciel « virtuel » sans actions PPA.

L'évaluation des actions est effectuée sur la base des données disponibles. Les résultats de cette évaluation (émissions évitées en 2022 grâce aux actions du PPA) servent ensuite à ajuster l'inventaire tendanciel.

Plusieurs ajustements sont à distinguer parmi les actions du PPA :

- les actions déjà prises en compte dans l'inventaire 2022 PPA : Fonds Air Bois (FAB), Fonds Air Véhicules (FAV), etc. Dans ce cas, l'inventaire 2022 PPA n'est pas impacté. En revanche, on « compense » les gains des actions dans l'inventaire 2022 tendanciel. Par exemple, si le Fonds Air Bois permet d'économiser 100t de PM10 par an, alors on ajoute 100t de PM10 dans l'inventaire tendanciel. Cela revient à supposer que ces actions n'auraient pas eu lieu sans le PPA ;
- les actions qui n'ont pas été modélisées dans l'inventaire en 2021 : l'arrêté préfectoral du 3 décembre 2019 interdisant l'utilisation de tout dispositif de chauffage au bois à foyer ouvert (FO) rentrant en vigueur le 1er janvier 2022, cette action n'est pas intégrée dans l'inventaire 2021. Dans ce cas, on intègre l'impact de l'action dans l'inventaire 2022 PPA et on laisse le tendanciel inchangé ;
- le cas particulier des émissions du décolletage (PM), des petites chaufferies collectives biomasse et des émissions induites par la fraude des poids lourds à l'AdBlue qui n'étaient jusqu'à présent pas considérées dans les inventaires : dans ce cas, les émissions associées sont ajoutées aux deux scénarios 2022.

Gains	Action	Part attribuable au PPA	Imputation
Mobilité	FAV	100%	Sc Tend (Hausse)
	Mobilité cyclable	50%	Sc Tend (Hausse)
	Bornes GNV/GNC	100%	Sc Tend (Hausse)

Résidentiel	Fraude AdBlue	100%	Sc Tend/PPA (Hausse)
	FAB 2019-2022 (4 ans)	100%	Sc Tend (Hausse)
	FAB 2023	100%	Sc PPA (Baisse)
	Interdiction des FO	100%	Sc PPA (Baisse)
	Rénovation énergétique résidentiel	50%	Sc Tend (Hausse)
	Interdiction totale du brûlage des déchets végétaux	100%	Sc Tend (Hausse)
Tertiaire	Petites chaufferies biomasse	0%	Sc Tend/PPA (Hausse)
	FAE gites/locations meublées/chauffage	100%	Sc Tend (Hausse)
	Rénovation énergétique tertiaire	50%	Sc Tend (Hausse)
Industrie	FAE Décolletage	100%	Sc Tend/PPA (Hausse)
	Carrières		Non pris en compte

Figure 227 : Par attribuable aux différentes actions dans le PPA

La méthode de réalisation d'un inventaire est détaillée à l'annexe 4.

3.1.2 Scenarii modélisés et polluants considérés

Scenarii

L'exercice consiste à comparer deux scénarios :

- Un scénario 2022 dit « tendanciel » pour lequel le PPA du territoire n'aurait pas été mis en œuvre. Ce scénario tient compte de toutes les autres actions présentes sur la région ;
- Un scénario 2022 dit « action » (appelé aussi « PPA » dans la suite du document) pour lequel les actions du PPA s'ajoutent au scénario tendanciel. On considère que ce scénario correspond à la situation réelle du territoire en 2022.

Estimation des émissions 2022

L'inventaire 2022 reprend l'inventaire de l'année 2021 avec plusieurs ajustements sur la base des données disponibles pour l'année 2022 :

- Mise à jour des émissions des établissements industriels importants à partir des déclarations GERP ;
- Mise à jour du secteur résidentiel tenant compte des constructions neuves issues de la base SITADEL, de la rigueur climatique 2022 ainsi que des primes Air Bois instruites jusqu'au 13 décembre 2023 ;
- Mise à jour du secteur tertiaire en tenant compte des données météo 2022 ;
- Mise à jour du secteur routier à partir des données de comptages 2022.

L'année 2022 est proche de l'année 2018 au niveau de la rigueur climatique.

Les émissions ont été calculées à climat normalisé pour annuler l'effet de la rigueur climatique quand on compare plusieurs années.

Polluants évalués

En plus de la consommation d'énergie, voici la liste des polluants couverts :

- les polluants du Plan National de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) : NO_x, PM2.5, COVNM, NH₃ et SO_x ;
- les particules PM10 et le BaP ;
- les trois principaux gaz à effet de serre (CO₂, CH₄ et N₂O).

Estimation des émissions en dehors du territoire PPA

Un inventaire des émissions sur l'ensemble de la région est nécessaire pour la modélisation des concentrations de polluants. L'inventaire hors du territoire PPA sur la région est construit selon la même méthode que l'inventaire du territoire PPA.

3.1.3 Méthodologie détaillée de l'évaluation des réductions d'émissions des actions PPA prises en compte

3.1.3.1 Actions relatives au secteur résidentiel

Fonds Air Bois

Les données reçues et prises en compte s'étalent de début 2019 jusqu'au 13 décembre 2023.

Le calcul des consommations et des émissions s'appuie, pour chacun des dossiers, sur :

- La commune,
- Le type de logement (maison/appartement),
- Les caractéristiques de l'appareil remplacé et de l'appareil de remplacement,
- Les usages avant/après (base/appoint/agrément),
- Les facteurs d'émissions CITEPA V2023 (intégrant la dernière mise à jour nationale sur le chauffage au bois).

Les émissions considérées pour l'évaluation du PPA de l'Arve sont calculées à climat normalisé sachant que 100% des gains permis par les FAB sont attribuable au PPA.

Interdiction de l'usage des foyers ouverts

Cette mesure effective depuis le 1^{er} janvier 2022 a été considérée comme étant respectée à 75% en s'appuyant sur une enquête indiquant que 80% de la population avait connaissance de cette mesure d'interdiction et que près de 95% de ces personnes respectent la mesure.

Renforcement de l'interdiction du brulage des déchets végétaux

L'interdiction du brulage à l'air libre des déchets végétaux est effective dès le PPA1, toutefois cette pratique subsistait en 2018 à l'issue du PPA1. Le renforcement des campagnes de sensibilisation ont conduit à prendre les hypothèses suivantes :

- Scénario tendanciel 2022 : interdiction respectée à 50%,
- Scénario PPA 2022 : interdiction respectée à 90%.

Rénovation énergétique des bâtiments

Les travaux de rénovation du secteur résidentiel ont été évalués via le dispositif MaPrimeRenov. Les données ont été fournies par EPCI à partir des informations suivantes :

- Nombre de dossiers engagés ;
- Nombre de travaux engagés ;

- Type de travaux : ils comprennent essentiellement :
 - o L'installation de pompe à chaleur,
 - o L'installation de chauffe-eau solaire,
 - o L'isolation des murs par l'extérieur,
 - o Le remplacement des fenêtres,
 - o L'achat de poêle à granulés/bûches : les remplacements étant déjà évalués dans le cadre du Fonds Air Bois, ils ne sont par conséquent pas évalués ici.

L'évaluation est effectuée en deux temps :

- L'estimation moyenne par type de travaux des kWh économisés par logement est issue des données nationales SDES : https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2023-10/rapport_09_onre_renovations_energetiques_aidees_maprimerenov_2020_2022_octobre2023.pdf p.13
- Ces gains énergétiques sont ensuite convertis en gains d'émissions sur la base du mix énergétique de chauffage moyen observé sur chaque EPCI.

3.1.3.2 Actions relatives au secteur tertiaire

Rénovation énergétique des bâtiments

Les données fournies rassemblent différents projets de rénovation énergétique dans le secteur tertiaire. Différentes informations ont été fournies par projet et commune :

- une estimation de gains de consommation en kWh par an ;
- le pourcentage de gains de consommation ;
- la surface concernée en m² ;
- le nombre d'usagers des locaux concernés par le projet.

Les actions de rénovation sont considérées comme déjà prises en compte dans l'inventaire d'Atmo AuRA pour l'année 2022 (qui correspond au scénario PPA). Les gains d'émission calculés sont donc ajoutés au scénario tendanciel. Autrement dit, on considère que ces travaux n'auraient pas eu lieu sans la mise en œuvre du PPA. Le gain se calcule comme suit :

$$gain_{\text{émission}} = gain_{\text{conso}} * FE_{\text{moyen}}$$

Les données de gains de consommation – utilisées pour l'évaluation – sont incomplètes (seules 47% des lignes contiennent des éléments) et aucune méthode n'a permis de reconstituer les données manquantes de façon fiable. En effet, les informations de surface ou de nombre d'usagers sont trop variables d'un projet à l'autre pour pouvoir extrapoler.

Faute d'information sur l'énergie utilisée dans les locaux, l'évaluation a utilisé un facteur d'émission par défaut qui correspond au mix énergétique moyen sur la zone PPA de la vallée de l'Arve (source : inventaire Atmo AuRA v2023).

Fonds Air Entreprises

Cette action concerne des gîtes, campings, locations saisonnières, bureaux et petites entreprises du bois :

- Sur la CCVCMB, 7 dossiers de remplacement de systèmes de chauffage anciens par des systèmes de chauffage performants (appareils bois anciens vers appareils bois récents, chaudières fioul anciennes vers chaudières gaz, etc.) ont été recensés sur la période 2020-2021.
- Sur la CCPMB, 28 dossiers de remplacement de systèmes de chauffage anciens par des systèmes de chauffage performants (appareils bois anciens vers appareils bois récents, chaudières fioul anciennes

vers chaudières gaz ou bois performantes ou vers des pompes à chaleur) ont été identifiés sur la période 2019-2022.

3.1.3.3 Actions relatives au transport routier

Fonds Air Véhicules

Le Fonds Air Véhicules de la vallée de l'Arve a permis le renouvellement ou l'acquisition de 130 véhicules neufs à faibles émissions, les véhicules renouvelés étant à 93% des VUL. Les véhicules renouvelés ont été considérés comme roulant entre 7000 km/an et 12500 km/an (selon les données transmises par les EPCI).

Installation de bornes GNV/GNC

Les consommations de GNV ont été collectées pour les stations suivantes :

- Saint Pierre en Faucigny (station publique),
- Passy, Demi-Quartier, Marnaz (stations privées : Borini, SAT, Jacquet).

La conversion des consommations en kilomètres roulés a été réalisée selon le profil moyen de vitesse des poids lourds modélisé sur la vallée de l'Arve. Les gains en émissions ont été calculés par soustraction des émissions des poids lourds roulant au GNV et de poids lourds Euro VI équivalents qui auraient roulé au gazole.

Fraude à l'AdBlue

Cette action concerne une diminution de la fraude à l'AdBlue des PL circulant sur le territoire, de 10% en situation de référence 2018 et tendanciel 2022 à 4% avec le PPA.

Les facteurs d'émissions issues de COPERT des PL ne distinguent pas si le véhicule fraude à l'AdBlue ou non. Afin d'évaluer cette action, des émissions supplémentaires dues à cette fraude sont ajoutées aux émissions de COPERT par l'application de l'évolution des facteurs d'émissions HBEFA des PL avec et sans fraude aux émissions des PL issues de COPERT.

Maintien de l'abaissement de vitesse en hiver sur A40/N205

Cette mesure qui faisait déjà partie du PPA1 a été considérée de la façon suivante dans le PPA2 :

- scénario tendanciel 2022 : retour à 130 km/h toute l'année,
- scénario PPA 2022 : maintien de l'abaissement de début novembre à fin mars (5 mois).

A noter que cette mesure n'impacte pas les poids lourds dont la vitesse reste inchangée quel que soit le scénario.

3.1.3.4 Actions relatives à la mobilité cyclable

Mobilité cyclable

Pour chaque type d'infrastructure ou de service, les sources et les méthodes diffèrent mais l'objectif reste de calculer les distances évitées en voiture pour ainsi en déduire des gains d'émissions.

Les facteurs d'émissions utilisés sont des facteurs d'émissions moyens propres à chaque EPCI, considérant un véhicule moyen (VP) roulant sur le territoire.

On considère que 50% des gains permis par les infrastructures et services vélos calculés ici sont attribuables au PPA.

Linéaire cyclable

Pour chacune des EPCI présentes sur la vallée de l'Arve, il a été estimé une évolution des linéaires cyclables entre 2018 et 2022 en se référant au site géovélo¹.

¹ <https://www.amenagements-cyclables.fr/fr/facilities/stats>

On calcule des kms parcourus à vélo en considérant une fréquentation moyenne de 100 personnes par jour sur la longueur (en km) de l'ensemble du réseau cyclable, puis on calcule la distance totale parcourue à vélo. Les gains correspondent au report modal de la voiture vers le vélo, c'est à dire les kms parcourus à vélo sur ces voies cyclables qui n'ont pas été réalisés en voiture. On prend l'hypothèse que 66% de la distance parcourue à vélo aurait été parcourue en voiture (c'est la part modale moyenne de la voiture sur les trajets courts - de 2 à 5 km).

Primes d'aide à l'achat d'un vélo

L'évaluation des kms évités en voiture permis par les primes d'aide à l'achat de vélo se fait en utilisant des chiffres de report modal fournis par une étude² (ADEME/INDDIGO) de 2020.

Cette étude fournit pour chaque type de vélo financé (classique/VAE/cargo etc.) une estimation des km évités en VP.

Location de vélos en libre-service

Les kms évités en véhicule particulier (VP) ont été calculés en utilisant les distances parcourus à vélo pour chaque service (fournies par les territoires) et en considérant une hypothèse de report modal depuis le VP de 43% pour les vélos classiques (part modale VP moyenne pour trajet de 1 à 2km) et de 66% pour les VAE (part modale VP moyenne pour trajet de 2 à 5km).

Location de vélos longue-durée

Les kms évités en VP ont été calculés en utilisant les distances parcourues à vélo pour chaque service (fournies par les territoires) et en considérant une hypothèse de report modal depuis le VP de 66% pour les vélos classiques (part modale VP moyenne pour trajet de 2 à 5km) et de 75% pour les VAE (part modale VP moyenne pour trajet de 5 à 10km).

Stationnements vélos sécurisés

L'évaluation des kms évités en voiture permis par les stationnements sécurisés se fait en utilisant des chiffres de report modal fournis par une étude (ADEME/INDDIGO) de 2020.

Cette étude fournit pour chaque type de stationnement sécurisé (intermodal/autres) une estimation des km évités en VP.

3.1.3.5 Actions relatives au secteur industriel

Action décolletage

Les gains d'émissions sont estimés à partir d'une étude effectuée par le CETIM qui comprend un échantillon de 10 entreprises divisé en classe d'effectif salarial. Pour chaque entreprise, des données de mesures de rejets atmosphériques et de débits sont accessibles. Une moyenne d'émission annuelle de polluant peut ainsi être estimée à partir de la durée de fonctionnement moyen issue de l'échantillon.

Les gains d'émissions sont calculés à partir de paramètres estimés ou mesurés avant/après renouvellement ou modernisation de systèmes de filtrations :

- Données de mesure des rejets à l'atmosphères en sortie des groupes de filtration canalisés,
- Des données de débit des groupes de filtration en entrée et en sortie,
- Du temps de fonctionnement des processus industriels et donc des systèmes de filtration. (par exemple 24h/24, 250 jours/an),
- Des flux de particules lorsque ceux-ci sont estimés par l'exploitant ou par un bureau d'étude.

L'agrégation des données d'émissions des entreprises du décolletage a permis une prise en compte de ce secteur d'activité dans l'inventaire.

² <https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/4934-diagnostic-d-evaluation-des-services-velos.html>

Action SGL sur le BaP

SGL a réalisé différentes actions favorables à la réduction des émissions canalisées et diffuses de polluants atmosphériques sur la période 2018-2022 :

- Installation de nouveaux systèmes de traitement des fumées issues des halls de graphitation,
- Traitement des odeurs par filtre à charbon actif,
- Travaux et procédures de maintenance préventive,
- Vérifications et remise en état de circuits d'aspiration,
- Remplacement d'équipements en fin de vie.

SGL Carbone a réalisé également des mesures à l'émission sur les émissions non canalisées, ce qui a permis une meilleure connaissance des émissions et prise en compte dans l'inventaire.

Action carrières

En l'absence de données précises de la part des carrières, de la complexité de la méthodologie et des incertitudes associées, cette action n'a pas été quantifiée.

3.1.4 Emissions de polluants atmosphériques des différents scénarii

Le graphe suivant synthétise les émissions pour différents polluants, en 2018, 2022 tendanciel et 2022 PPA.

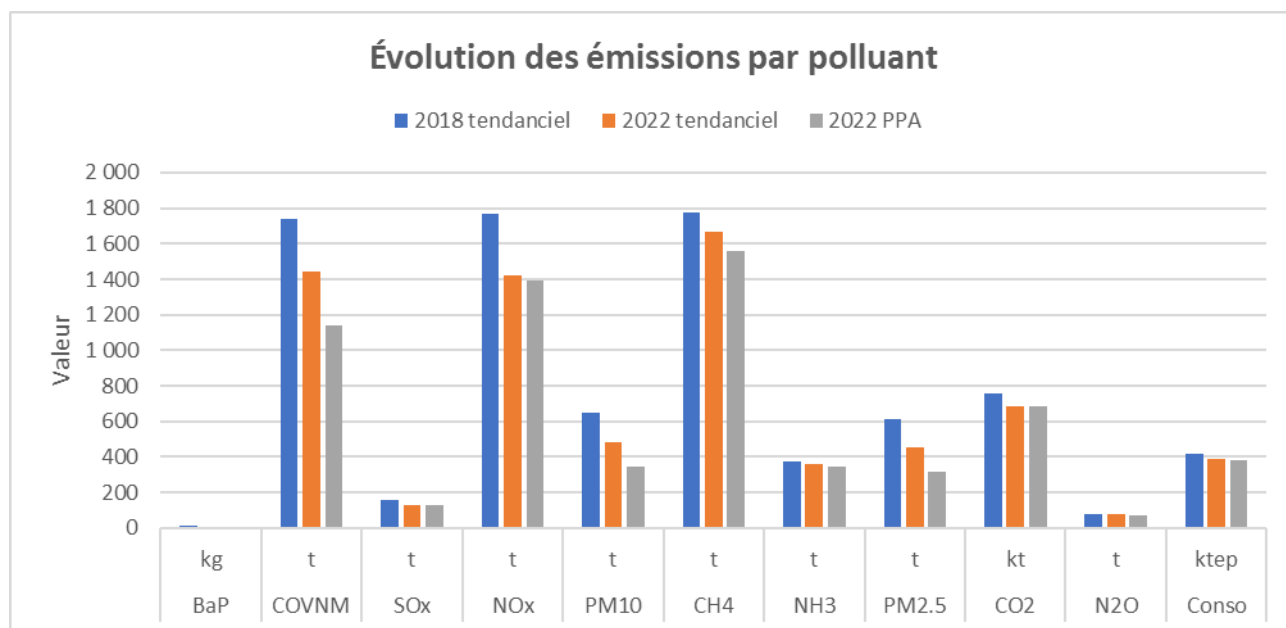


Figure 238 - Emissions par polluant et par année selon les scénarios

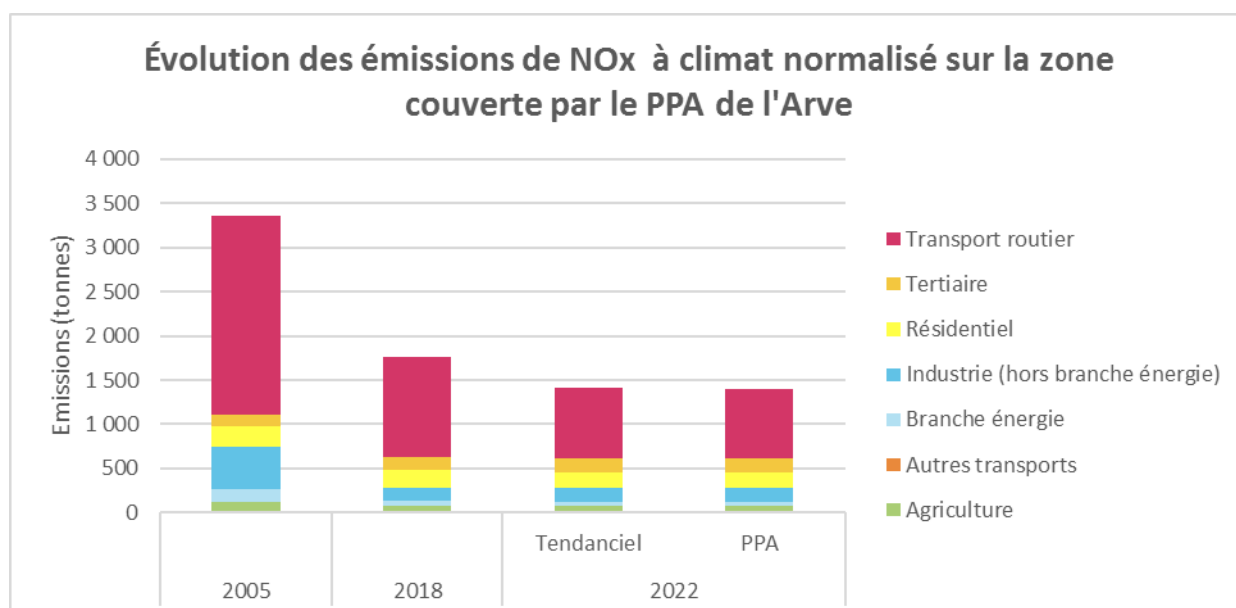


Figure 249 : Émissions de NOx à climat normalisé (en tonnes) sur la zone PPA de la Vallée de l'Arve pour les différents scénarii

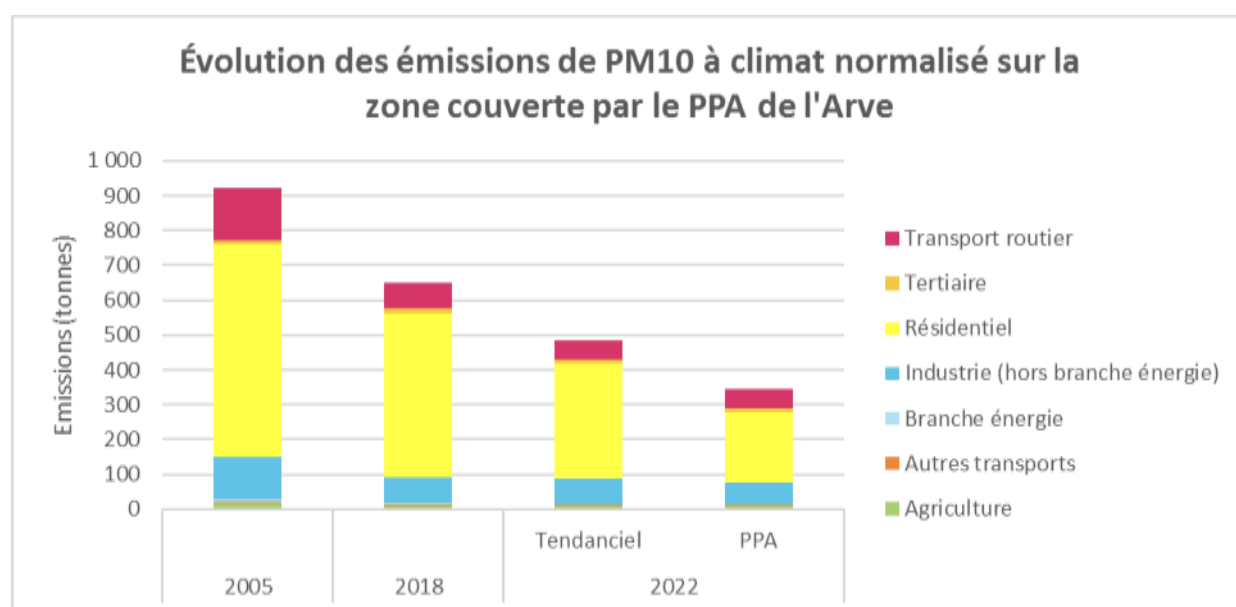


Figure 30 - Émissions de PM10 à climat normalisé (en tonnes) sur la zone PPA de la Vallée de l'Arve pour les différents scénarii

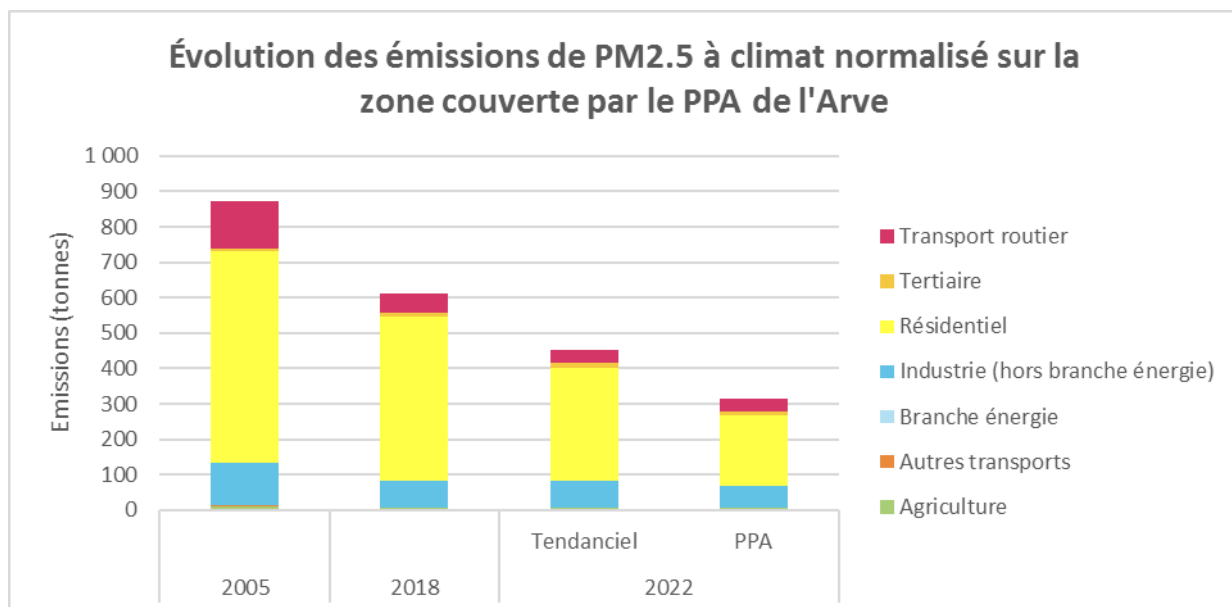


Figure 251 - Émissions de PM2.5 à climat normalisé (en tonnes) sur la zone PPA de la Vallée de l'Arve pour les différents scenarii

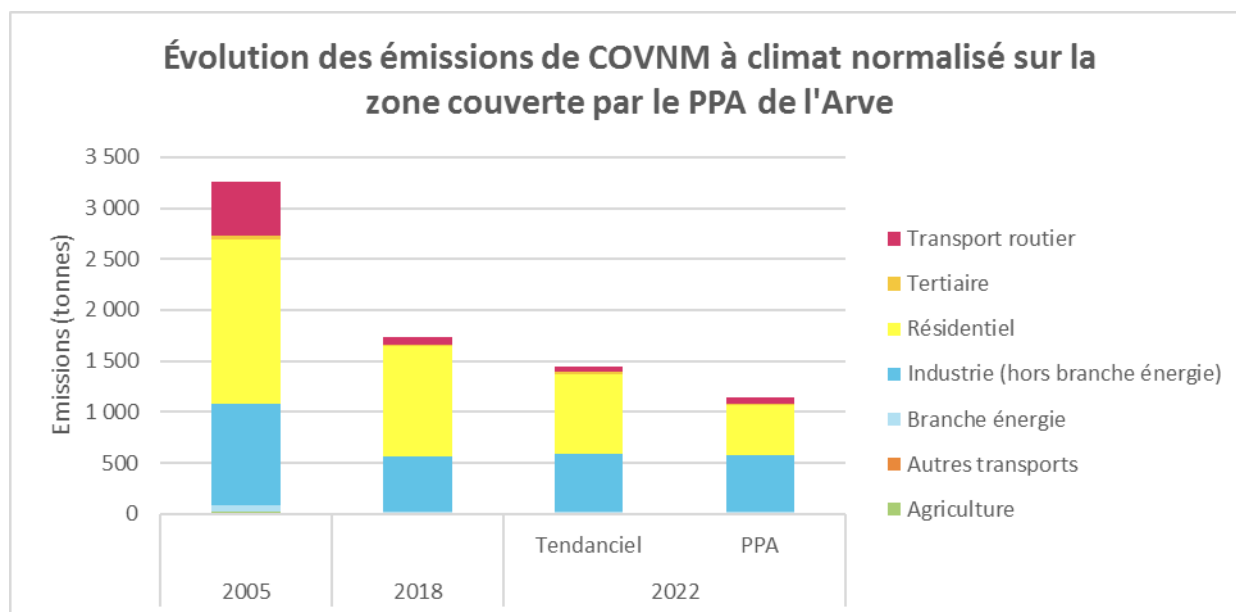


Figure 262 - Émissions de COVNM à climat normalisé (en tonnes) sur la zone PPA de la Vallée de l'Arve pour les différents scenarii

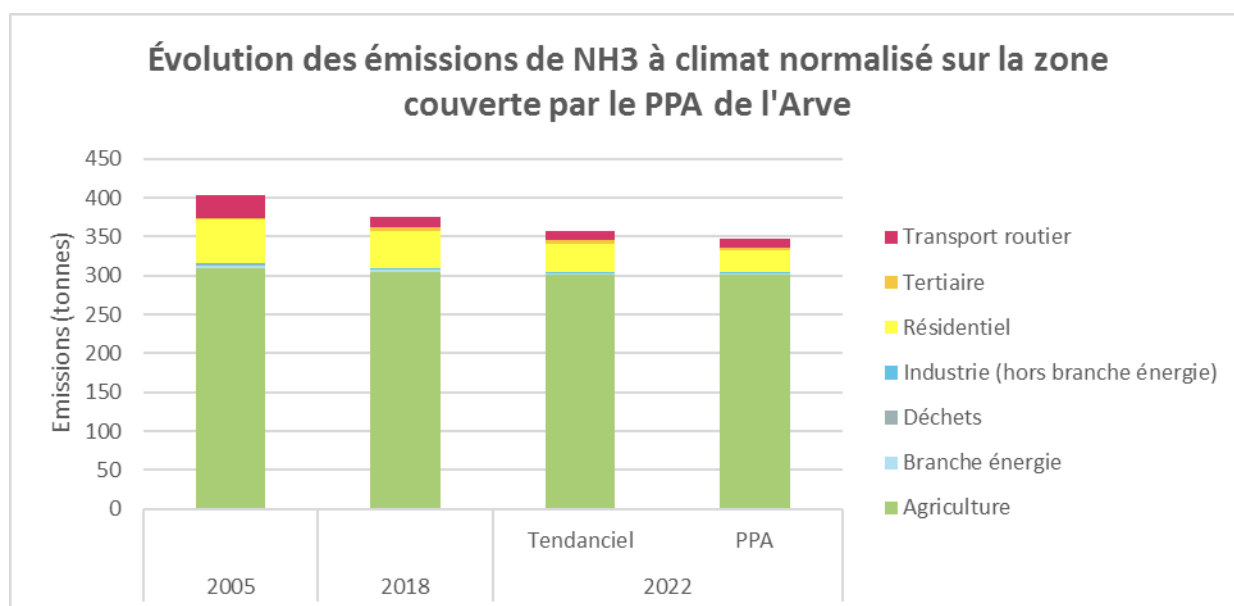


Figure 273 - Émissions de NH₃ à climat normalisé (en tonnes) sur la zone PPA de la Vallée de l'Arve pour les différents scénarii

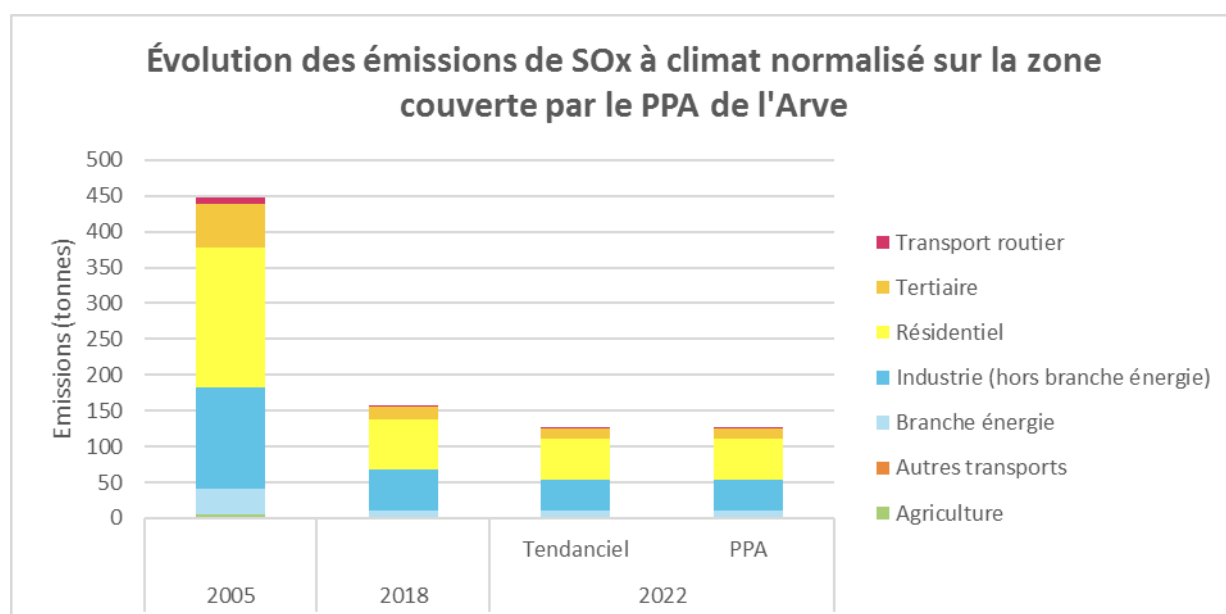


Figure 284 - Émissions de SO_x à climat normalisé (en tonnes) sur la zone PPA de la Vallée de l'Arve pour les différents scénarii

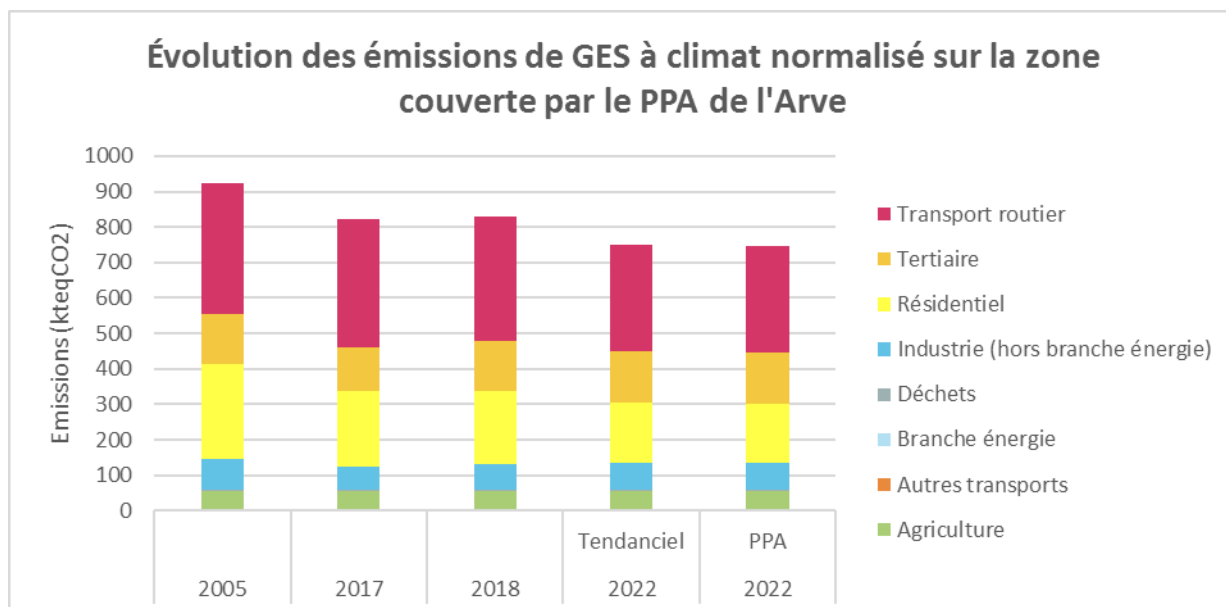


Figure 295- Émissions de GES à climat normalisé (en tonnes) sur la zone PPA de la Vallée de l'Arve pour les différents scenarii

La contribution des actions du PPA versus l'évolution tendancielle est présentée dans le graphe suivant.

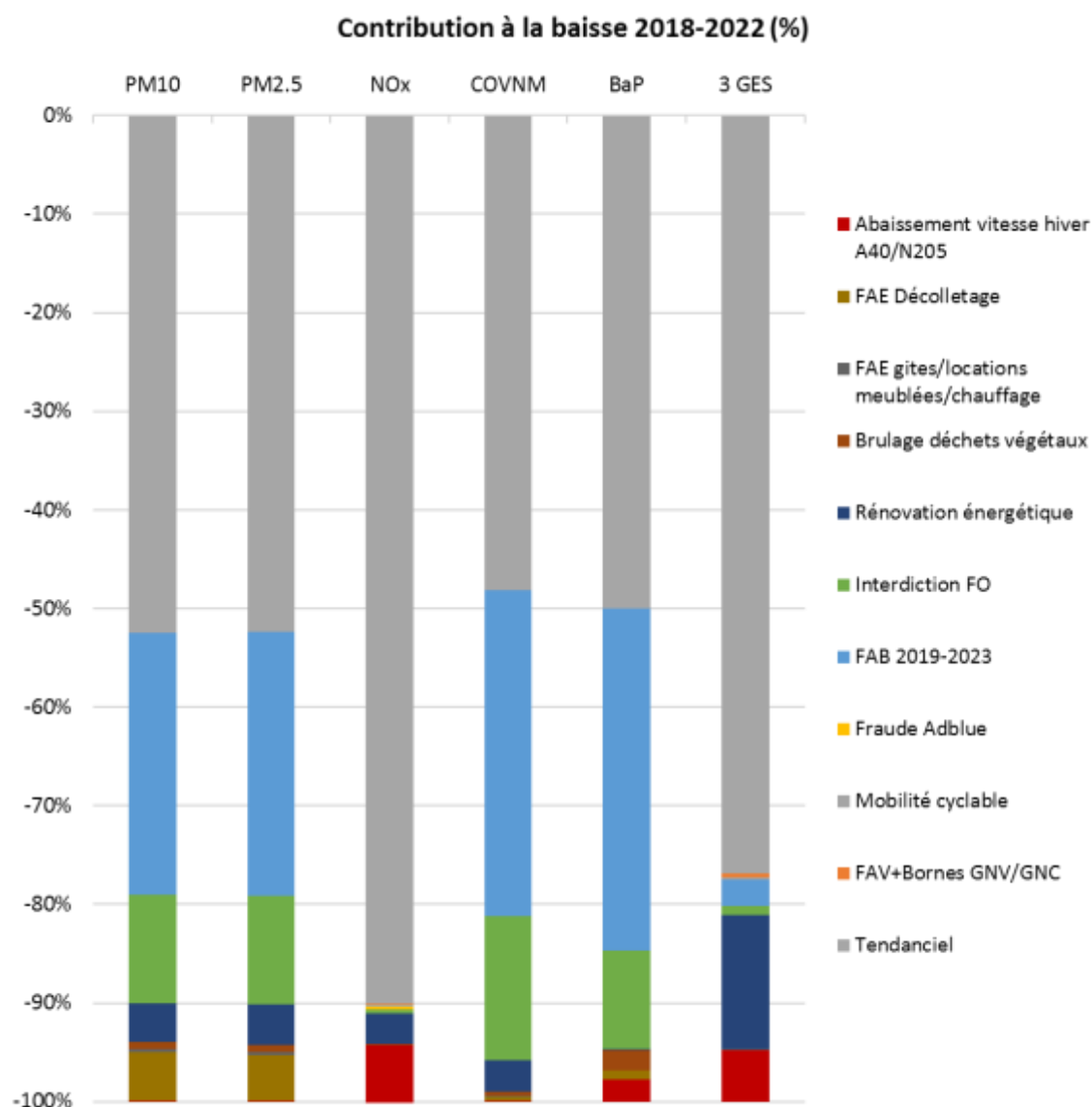


Figure 306- Contribution du tendanciel et des actions sur la période 2018-2022 sur la Vallée de l'Arve (en % de baisse d'émissions)

Le tableau suivant synthétise pour les quatre principaux polluants l'évolution 2018-2022 des émissions entre les scenarii.

Emissions de polluants	Tendanciel 2018-2022	Tendanciel 2022 - PPA 2022
COVNM	-17%	-21%
NH ₃	-5%	-3%
NO _x	-20%	-2%
PM10	-25%	-29%
PM2.5	-26%	-30%
SO _x	-19%	-1%
GES	-9%	-1%

Figure 317 - Synthèse des gains en émissions de polluants période 2018-2022 (gain dû au tendanciel / gain lié à la mise en œuvre des actions PPA)

L'évolution des émissions du territoire entre 2018 et 2022 (sans PPA) est marquée par une baisse notable pour les COVNM, NO_x, PM10, PM2.5, SO_x et GES.

Le gain lié spécifiquement aux actions du PPA en 2022 est également important pour les COVNM (21%) et les particules (environ 30 %) alors qu'il est faible pour les autres polluants.

Concernant les PM10/PM2.5 :

- L'évolution tendancielle contribue pour environ 50% aux gains entre 2018 et 2022.
- Les actions relatives au chauffage au bois sont les plus efficaces et permettent un gain sur l'ensemble du territoire.
- L'action décolletage est intéressante, car elle concentre les gains d'émissions sur des zones géographiques réduites.

Concernant les NO_x :

- L'évolution tendancielle contribue pour 90% des gains.
- L'abaissement de vitesse en hiver sur l'A40 et la N205 est la mesure la plus efficace.
- L'action de rénovation énergétique est intéressante.
- Les surémissions liées au fonds air bois sont négligeables.

Concernant les COVNM :

- L'évolution tendancielle contribue pour 48% aux gains entre 2018 et 2022.
- Les actions chauffage au bois sont les plus efficaces.
- L'action de rénovation énergétique est intéressante.

Concernant le BaP :

- L'évolution tendancielle contribue pour 50% aux gains entre 2018 et 2022.
- Les actions relatives au chauffage au bois sont les plus efficaces.
- L'interdiction du brûlage des déchets végétaux est une action également intéressante.
- SGL Carbon a poursuivi son programme de réduction des émissions avec des travaux importants en 2018 : amélioration du traitement des fumées des halls de graphitisation, ajout d'équipements de mesures en continu ou encore modification des procédés de production.

Concernant les 3 principaux GES :

- L'évolution tendancielle contribue pour 95% aux gains entre 2018 et 2022.
- L'action rénovation énergétique est la plus efficace.
- L'effet de l'action d'abaissement hivernal de vitesse pourrait être amplifiée en cas d'abaissement permanent.

3.1.5 Les objectifs de réduction des émissions fixés dans le PPA sont-ils atteints ?

Le PPA2, couvrant la période 2018-2022, fixait des objectifs de réduction en émissions pour les NO_x ainsi que les particules PM10 et PM2.5 Le graphique ci-dessous compare les évolutions d'émission entre 2018 et 2022 pour chaque scénario avec l'objectif fixé par le PPA2.

Les objectifs fixés par le territoire sont largement atteints pour les particules mais il n'est pas tout à fait atteint pour les NO_x (toutefois l'objectif en concentration de NO₂ est atteint).

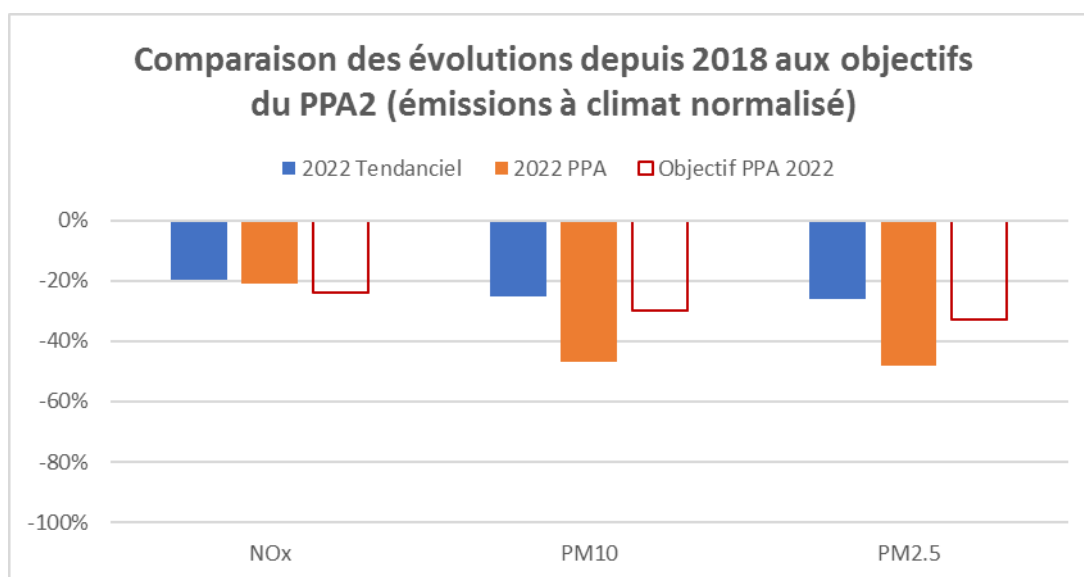


Figure 328 - Comparaison des évolutions d'émission depuis 2018 aux objectifs du PPA2

Ce constat s'explique principalement par le fait que les actions du PPA ont un faible impact sur l'évolution des émissions par rapport au scénario tendanciel. Pour les particules au contraire, les actions du PPA contribuent pour la moitié des baisses d'émissions.

3.1.6 Les objectifs de réduction des émissions du PREPA sont-ils déjà atteints ?

Le Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) fixe la stratégie de l'Etat français pour réduire les émissions de polluants atmosphériques au niveau national et respecter les exigences européennes. Il vise à réduire les émissions de polluants atmosphériques pour améliorer la qualité de l'air et réduire ainsi l'exposition des populations à la pollution. Il fixe les objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques à horizon 2020, 2025 et 2030.

Le territoire a déjà atteint ou est sur la bonne trajectoire pour atteindre les objectifs 2030 du PREPA. Les baisses d'émissions vont déjà au-delà des objectifs fixés pour les COVNM, le NH₃ et les PM2.5. Ils sont également proches d'être atteints pour les NO_x et les SO_x.

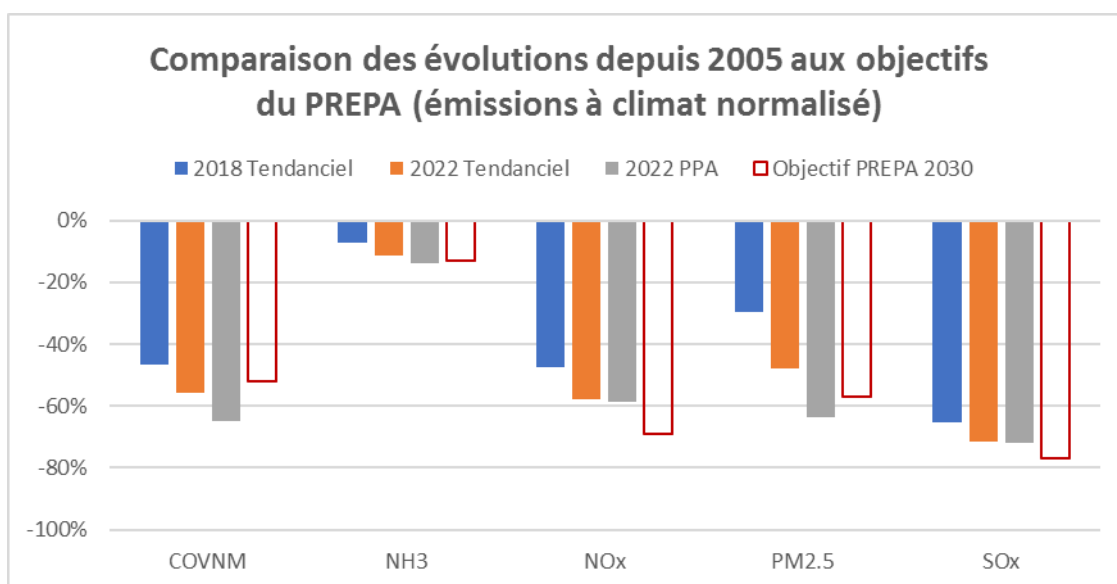


Figure 339 - Comparaison des évolutions d'émissions depuis 2005 aux objectifs du PREPA

Le scénario tendanciel contribue très fortement aux évolutions observées entre 2005 et 2022. : environ 85% pour les COVNM et le NH₃ et presque 100% pour les NO_x et les SO_x. Les particules font exception du fait du fort impact des actions sur le chauffage au bois domestique : le tendanciel ne contribue ici qu'à 75% de la baisse.

3.1.7 Les objectifs de réduction des émissions du Plan Bois sont-ils atteints ?

Le plan d'action national chauffage au bois vise à réduire de 50% les émissions de particules du chauffage au bois domestique entre 2020 et 2030 en favorisant l'utilisation d'équipements performants et de combustible de qualité.

Les émissions du secteur ont diminué depuis 2020, mais il est cependant prématuré de les comparer aux objectifs du plan. Un recul sur plusieurs années est nécessaire pour limiter les variations dues à la rigueur hivernale.

3.1.8 Perspectives

L'évaluation des émissions sur le territoire du PPA de la vallée de l'Arve a été réalisée avec les meilleures connaissances disponibles à ce jour.

Différentes actions secondaires n'ont pas pu être évaluées ou ont été regroupées avec d'autres, faute de données suffisamment disponibles et pertinentes.

Dans le futur, il pourrait être intéressant pour l'évaluation d'un plan d'actions :

- de prévoir du temps de travail partenarial lors de la constitution des fiches actions afin de définir des indicateurs pertinents, fiables et collectables,
- d'assurer annuellement une collecte et un suivi de ces indicateurs pour faciliter l'évaluation quinquennale.

Pour atteindre les objectifs de réduction des émissions du « Plan Bois » les actions entreprises sur le chauffage au bois doivent se poursuivre.

3.2 Quels sont les effets sur l'exposition des populations ?

3.2.1 Méthodologie

La chaîne de modélisation utilisée pour évaluer les actions du PPA est une chaîne intégrant plusieurs échelles spatiales. La méthode développée par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes combine ainsi 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 de réalisation des bilans annuels d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes 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 le 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 topographie, la description des rues et du bâti, les mesures de polluants sur le terrain, les processus chimiques, ...

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 sur la base de la population communale INSEE 2018. L'affectation des populations résidentes à chaque bâtiment a été réalisée par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA)³.

Une analyse détaillée de la chaîne de modélisation est présentée en annexe 3.

Afin d'évaluer l'impact des actions du PPA sur les concentrations, trois scénarios correspondant aux scénarios d'émissions précédemment décrits ont été modélisés avec la météo correspondant à l'année de référence (année 2018) :

- Référence 2018 : avant mise en œuvre du PPA, scénario qui prend en compte les émissions 2018 et la météo 2018,
- Tendanciel 2022 : scénario tendanciel sans PPA qui prend en compte les émissions 2022 sans mise en œuvre des actions du PPA et la météo 2018,
- Scénario avec PPA 2022 : scénario avec actions PPA qui prend en compte les émissions 2022 avec mise en œuvre des actions du PPA et la météo 2018.

³ https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/drc-15-15237401704a_utilisation_donnees_population_majic_vf.pdf

Des cartographies de chaque scénario ont été réalisées pour chaque polluant modélisé et pour chaque valeur réglementaire. Les indicateurs d'exposition associés sont également calculés. Dans la suite du document, seules les cartes de gains entre les différents scénarios sont affichées, les cartes des concentrations annuelles NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} et de nombre de jours de dépassement PM₁₀ sont disponibles en annexe 5.

Les scénarios 2022 avec et sans PPA correspondent à une année fictive dont les émissions sont celles de l'année 2022 et la météo utilisée celle de 2018. Les cartes et l'exposition de la population correspondantes présentées dans la suite du document ne sont donc pas comparables aux bilans de la qualité de l'air de l'année 2022.

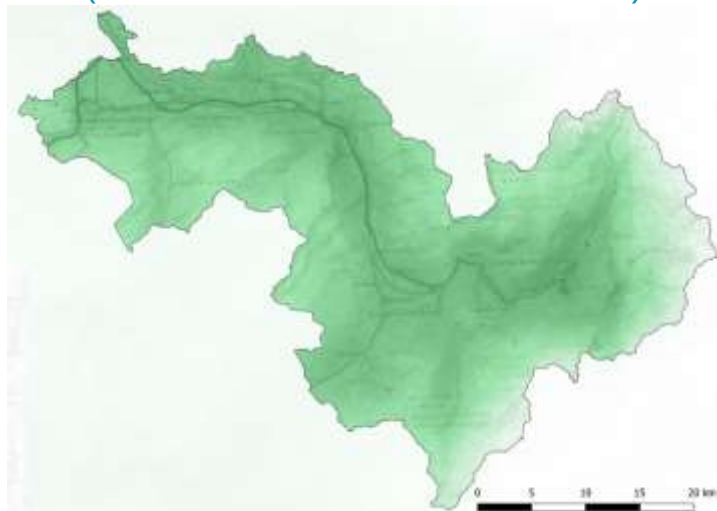
Pour bien distinguer les scénarios de la situation réelle 2022, ils sont notés 2022* tendanciel et 2022* avec PPA dans la suite du document.

3.2.2 Impact des actions du PPA en moyenne sur l'année pour le dioxyde d'azote

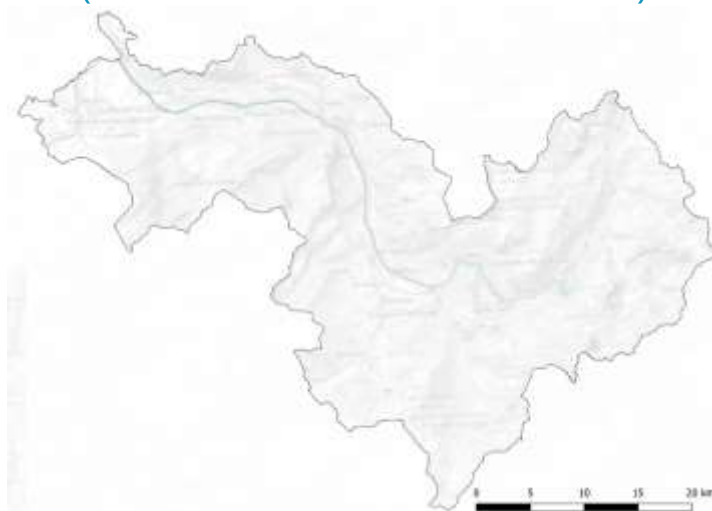
Entre 2018 et 2022*, les évolutions tendanciennes des émissions entraînent une baisse de 2 à 3 µg/m³ des concentrations annuelles de dioxyde d'azote NO₂ modélisées en situation de fond sur le territoire de la vallée de l'Arve. Cette baisse est supérieure aux abords des autoroutes, pouvant atteindre 6 µg/m³ localement.

Les actions du PPA ont un impact très faible sur les concentrations de NO₂ par rapport à la situation tendancielle 2022*, l'impact étant uniquement localisé sur les axes routiers principaux de la vallée (Figure 403440). Elles entraînent ainsi une diminution des concentrations annuelles inférieure à 2 µg/m³ sur l'autoroute A40 et la N 205, en particulier dans la basse vallée de l'Arve, due à l'abaissement de la vitesse à 110 km/h en hiver sur ces axes. Aucun effet du PPA n'est observé hors de ces axes.

GAINS DE CONCENTRATIONS NO₂ TENDANCIELLES (ENTRE 2018 REFERENCE ET 2022* TENDANCIEL)



GAINS DE CONCENTRATIONS NO₂ DUES AU PPA (ENTRE 2022* TENDANCIEL ET 2022* AVEC PPA)



GAINS DE CONCENTRATIONS NO₂ ENTRE LA REFERENCE 2018 ET LE SCENARIO PPA 2022*

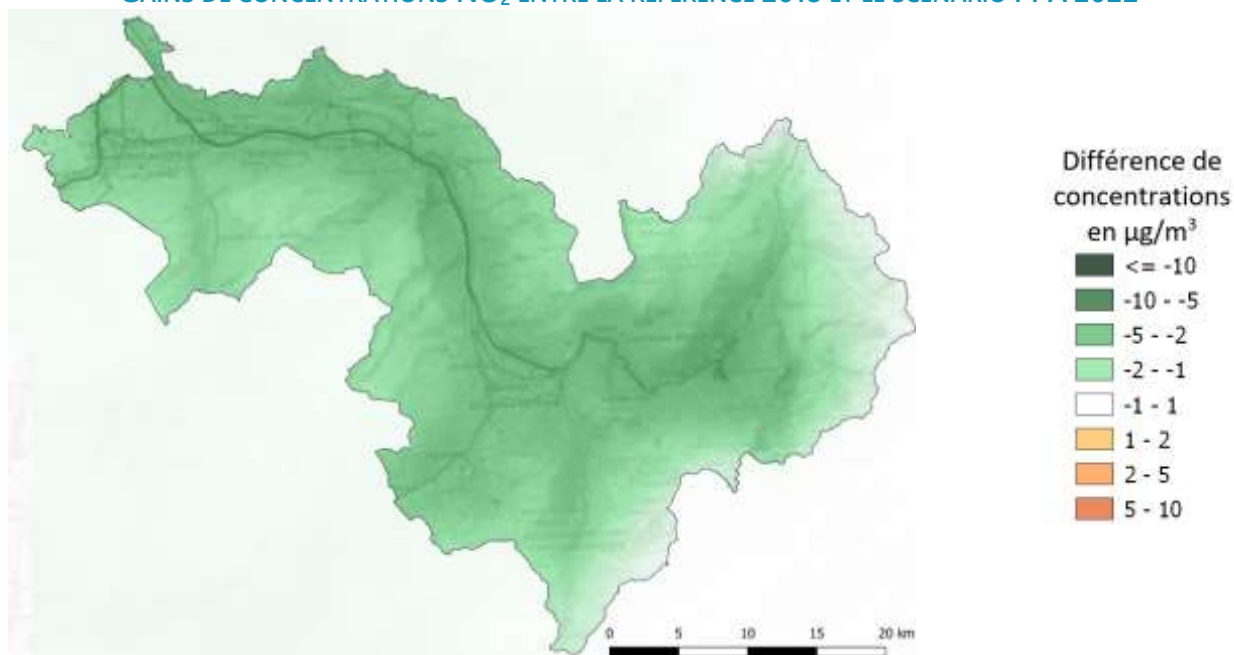


Figure 4034 : Différence des concentrations moyennes annuelles NO₂ en µg/m³ modélisées entre les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022* sur le PPA de la vallée de l'Arve

Les actions du PPA ont un impact très faible sur l'exposition des populations au dioxyde d'azote par rapport au tendanciel 2022* (Figure 41). L'exposition moyenne des habitants du périmètre du PPA diminue tendanciuellement entre 2018 et 2022* de 2.7 µg/m³, les actions du PPA n'améliorent pas de manière significative cette baisse.

Aucun habitant de la vallée de l'Arve n'est exposé à des dépassements de la valeur réglementaire actuelle pour le NO₂ (40 µg/m³) dans tous les scénarios (Figure 42). En 2022*, moins de 200 habitants restent soumis à des dépassements de la valeur cible OMS 2005 et future valeur réglementaire 2030 (20 µg/m³). Ces habitants sont situés aux abords des axes routiers à trafic important à Chamonix et Bonneville. Le PPA n'a quasiment pas d'impact sur l'exposition au NO₂ de ces habitants. Les objectifs du PPA sont cependant atteints (aucun habitant exposé à des dépassement de la valeur limite) grâce à l'évolution tendancielle des concentrations.

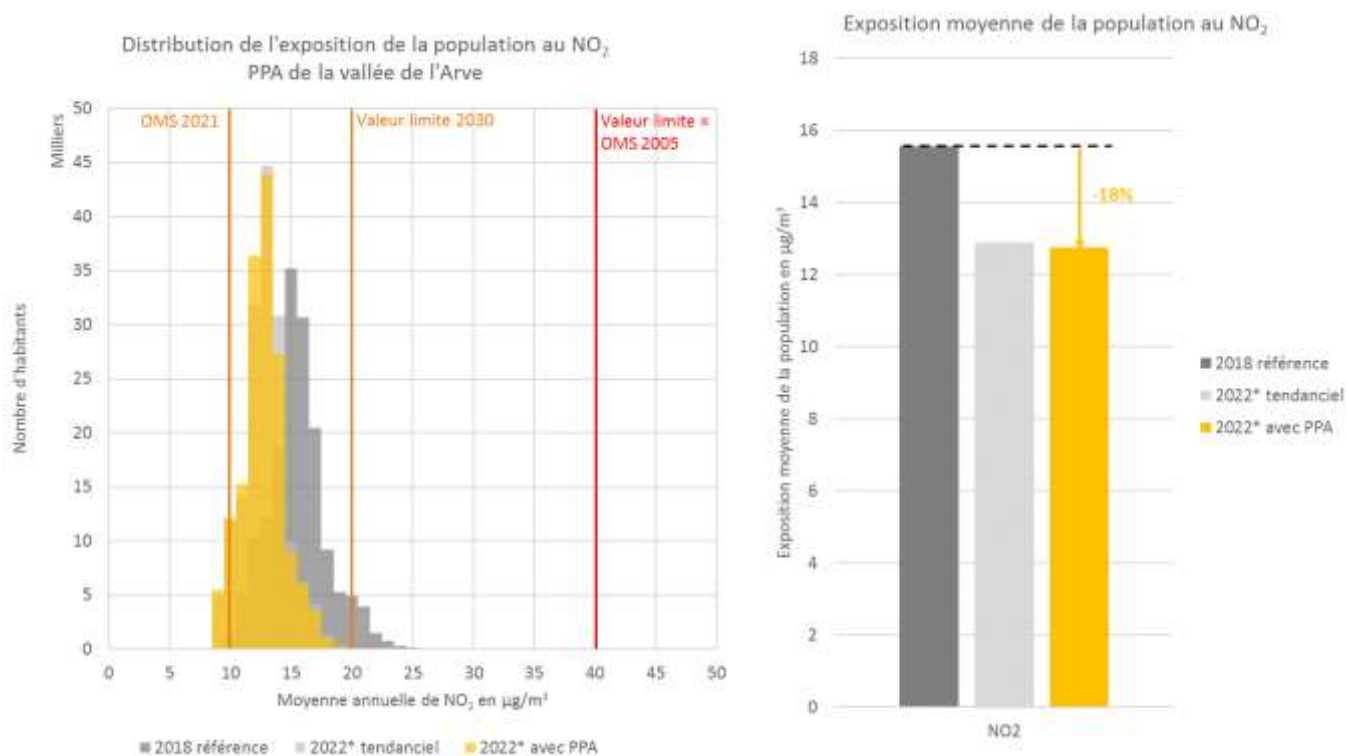


Figure 41 : Distribution de l'exposition (à gauche) et exposition moyenne (à droite) de la population de la vallée de l'Arve au NO₂ pour les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022*

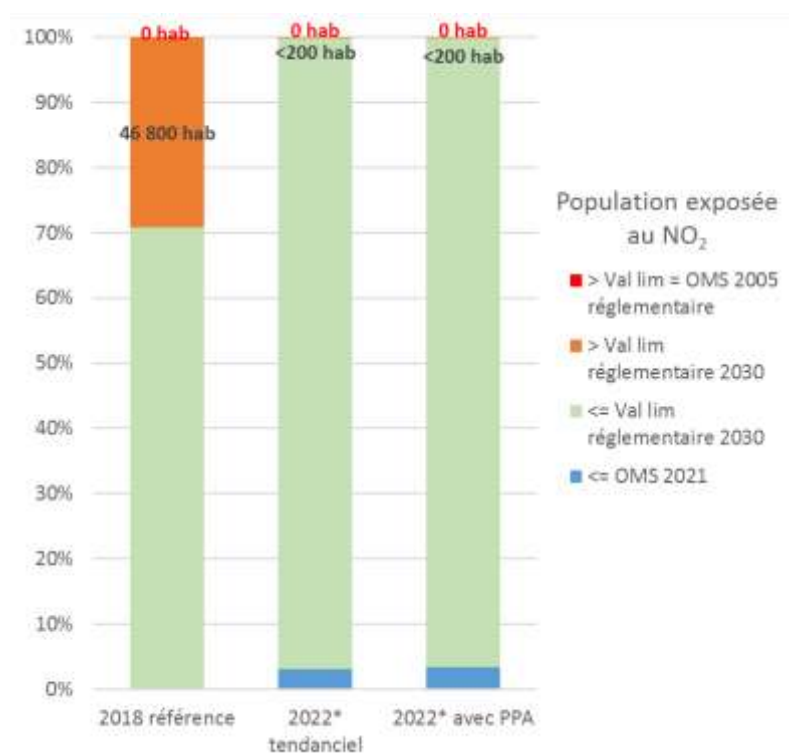


Figure 42 : Population exposées aux différents seuils de dépassements en NO₂ modélisées pour les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022* sur le PPA de la vallée de l'Arve

Les concentrations annuelles de NO₂ modélisées à la station de référence Chamonix-Route-Blanche (sous influence du trafic routier) diminuent de 28% avec le PPA en 2022* par rapport à la situation de référence 2018 (Figure 353). L'objectif du PPA2 d'une réduction de 24% des concentrations annuelles de NO₂ par rapport à 2018 est donc atteint, grâce à l'évolution tendancielle des émissions davantage qu'aux actions du PPA.

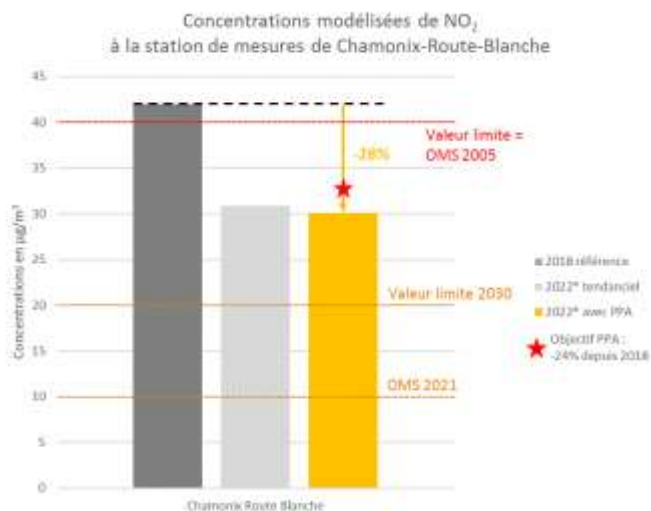


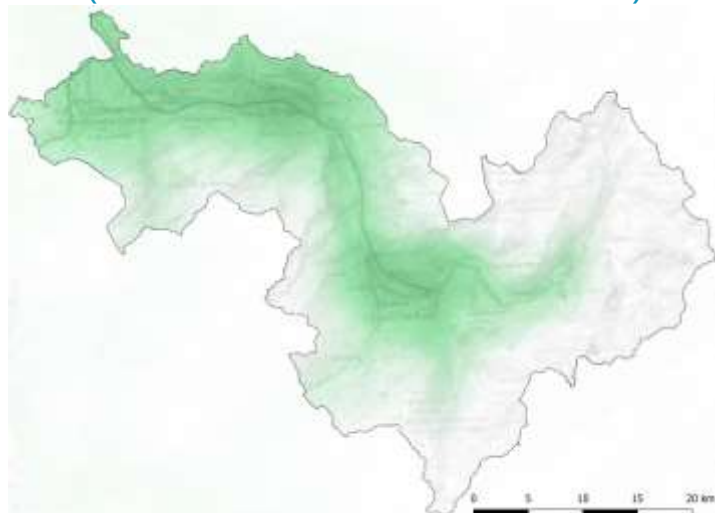
Figure 353 : Concentrations de NO₂ modélisées à la station de Chamonix-Route-Blanche par rapport à l'objectif du PPA

3.2.3 Impact des actions du PPA en moyenne sur l'année pour les particules PM_{2.5}

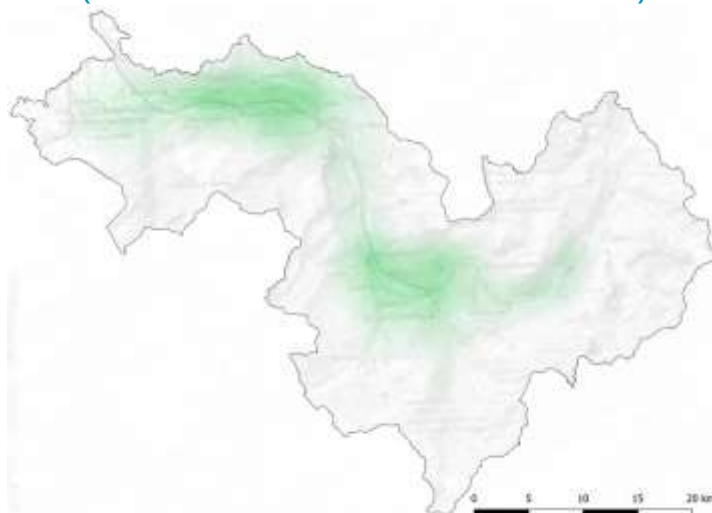
Les variations tendancielle de concentrations de moyennes annuelles de PM_{2.5} entre 2018 et 2022* sont faibles (entre 1 et 2 µg/m³) et centrée sur les zones urbanisées de la vallée (Figure 364).

La mise en place du PPA entraîne une faible baisse supplémentaire des concentrations d'environ 1 µg/m³, notamment sur Cluses/Bonneville et Passy/Sallanches.

GAINS DE CONCENTRATIONS PM2.5 TENDANCIELLES (ENTRE 2018 REFERENCE ET 2022* TENDANCIEL)



GAINS DE CONCENTRATIONS PM2.5 DUES AU PPA (ENTRE 2022* TENDANCIEL ET 2022* AVEC PPA)



GAINS DE CONCENTRATIONS PM2.5 ENTRE LA REFERENCE 2018 ET LE SCENARIO PPA 2022*

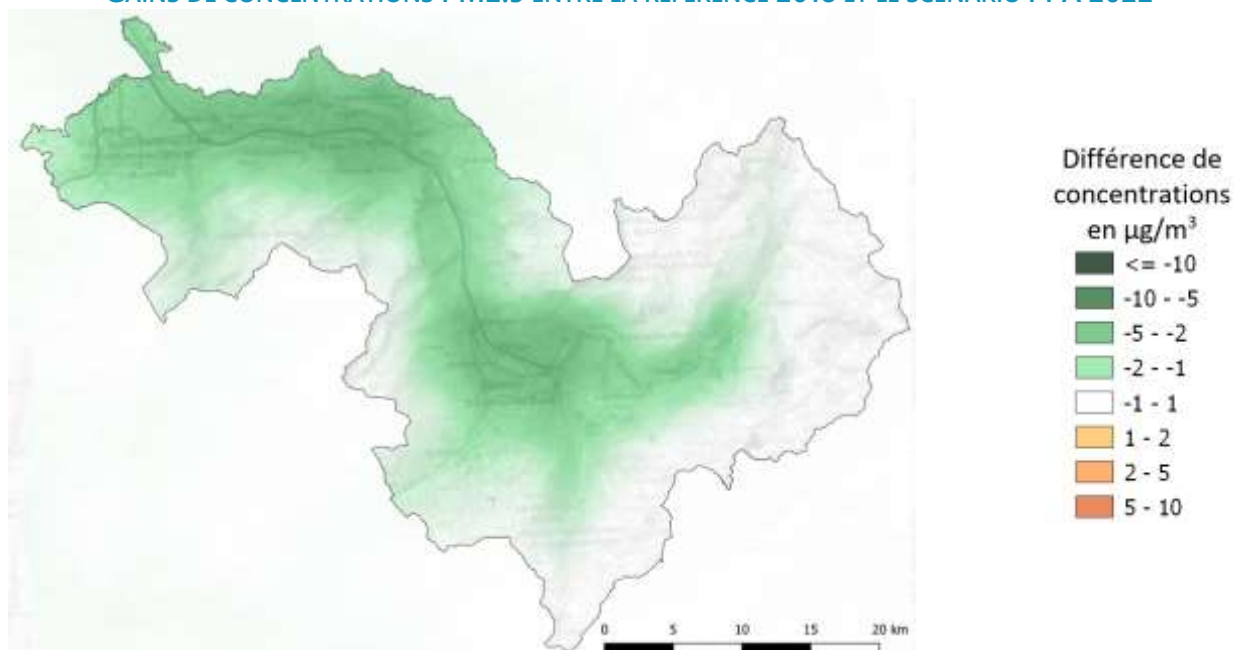


Figure 364 : Différence des concentrations moyennes annuelles PM2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ modélisées entre les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022* sur le PPA de la vallée de l'Arve

Les actions du PPA permettent de baisser l'exposition aux particules PM2.5 des habitants de la vallée de l'Arve (Figure 375). L'exposition moyenne des habitants diminue ainsi de près de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par rapport à la situation tendancielle 2022*.

En termes de dépassement des différents seuils, aucun habitant n'est soumis à des dépassements de la valeur limite réglementaire actuelle ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 2018 et 2022* (Figure 386). Plus de 70% de la population reste soumise à un dépassement de la valeur cible OMS 2005 et future valeur réglementaire 2030 ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 2018, et 20% en situation tendancielle 2022*. La mise en place des actions du PPA permet qu'environ 30 000 habitants de la vallée de l'Arve passent sous ce seuil. Moins de 200 habitants restent exposés, situés à Bonneville, Cluses et Passy.

Tous les habitants sont soumis à des concentrations de PM2.5 supérieures à la valeur cible recommandée par l'OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

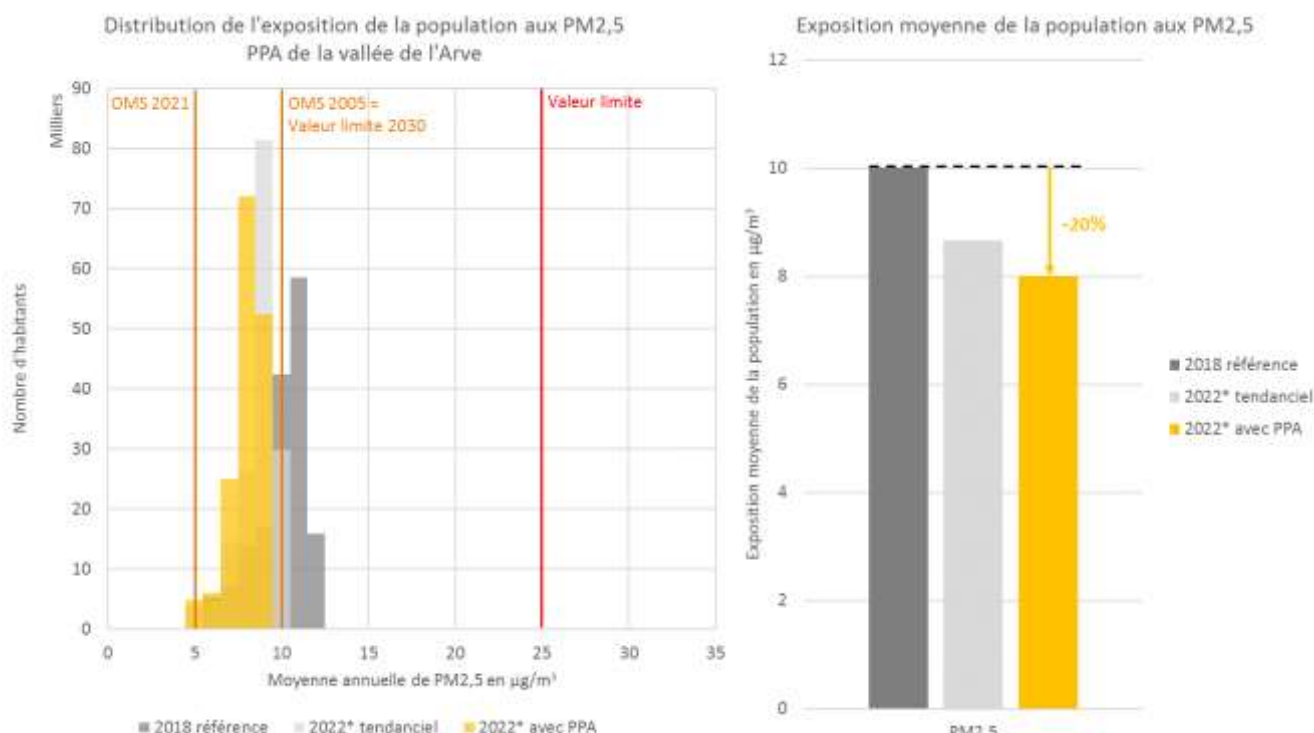


Figure 375 : Distribution de l'exposition (à gauche) et exposition moyenne (à droite) de la population de la vallée de l'Arve aux PM2.5 pour les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022*

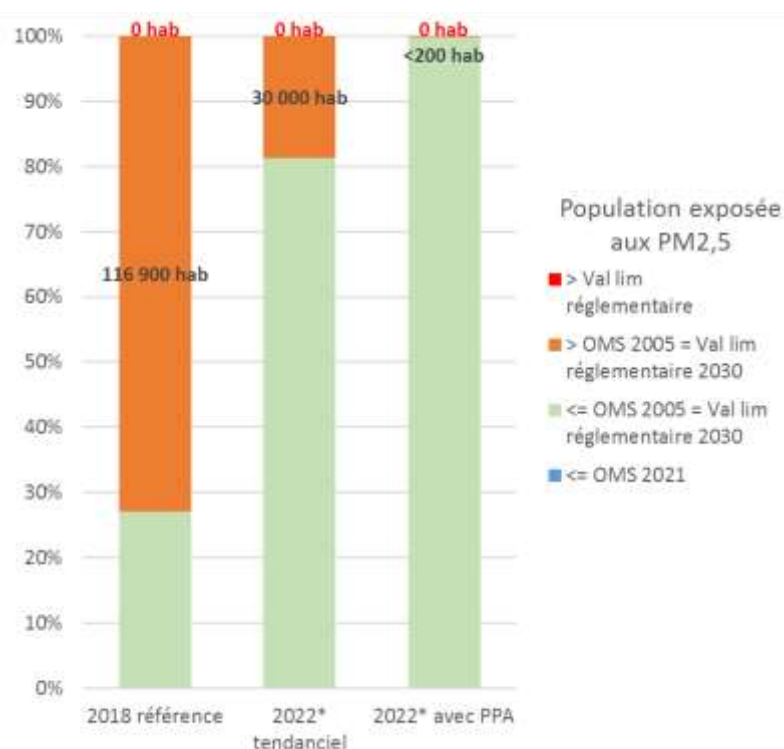


Figure 38 : Population exposées aux différents seuils de dépassements en PM2.5 modélisées pour les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022* sur le PPA de la vallée de l'Arve

Les concentrations annuelles de PM2,5 modélisées à la station de référence Passy diminuent de 19% avec le PPA en 2022* par rapport à la situation de référence 2018 (Figure 397). Les actions PPA ne permettent pas

d'atteindre les objectifs du PPA2 d'une réduction de 30% des concentrations annuelles de PM_{2,5} par rapport à 2018. Les concentrations modélisées avec le PPA atteignent cependant 10 µg/m³, soit le seuil OMS 2005 et la future valeur limite réglementaire 2030.

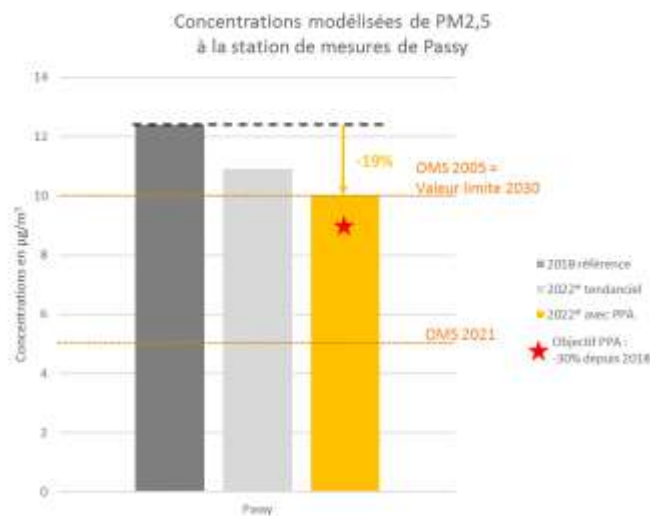
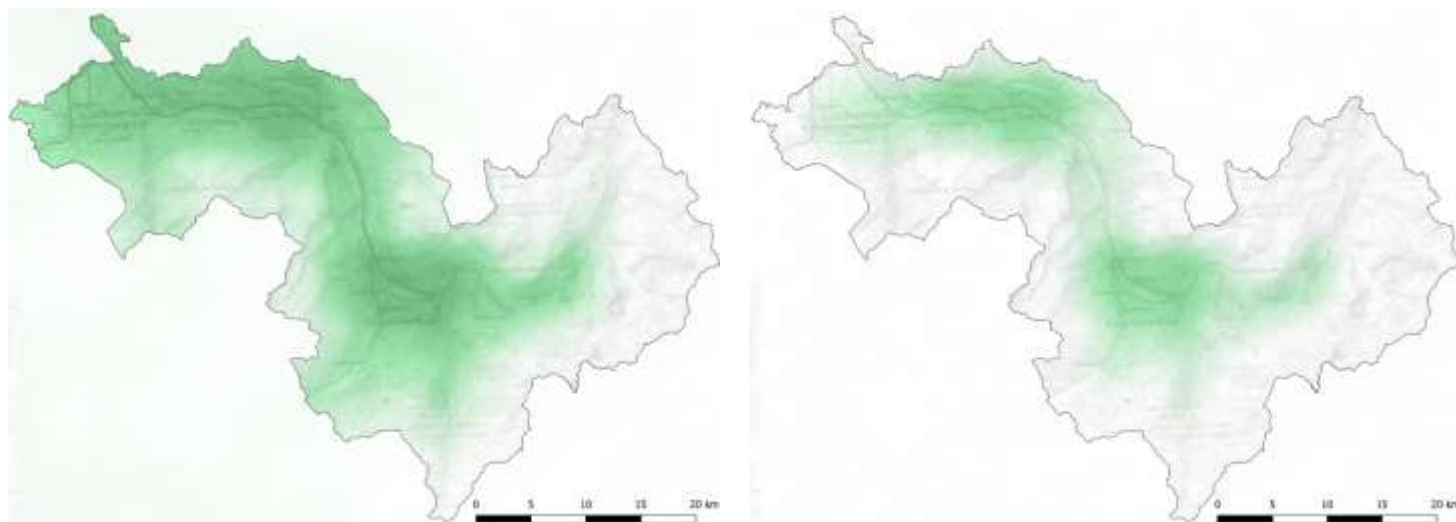


Figure 397 : Concentrations de PM_{2,5} modélisées à la station de Passy par rapport à l'objectif du PPA

3.2.4 Impact des actions du PPA en moyenne sur l'année pour les particules PM₁₀

Comme pour les particules PM_{2,5}, les variations tendanciellées de concentrations de moyennes annuelles de PM₁₀ entre 2018 et 2022* sont faibles (entre 1 et 3 µg/m³) et centrée sur les zones urbanisées de la vallée (Figure 8).

La mise en place du PPA entraîne une faible baisse supplémentaire des concentrations d'environ 1.5 µg/m³, notamment sur Cluses/Bonneville et Passy/Sallanches.



GAINS DE CONCENTRATIONS PM10 ENTRE LA REFERENCE 2018 ET LE SCENARIO PPA 2022*

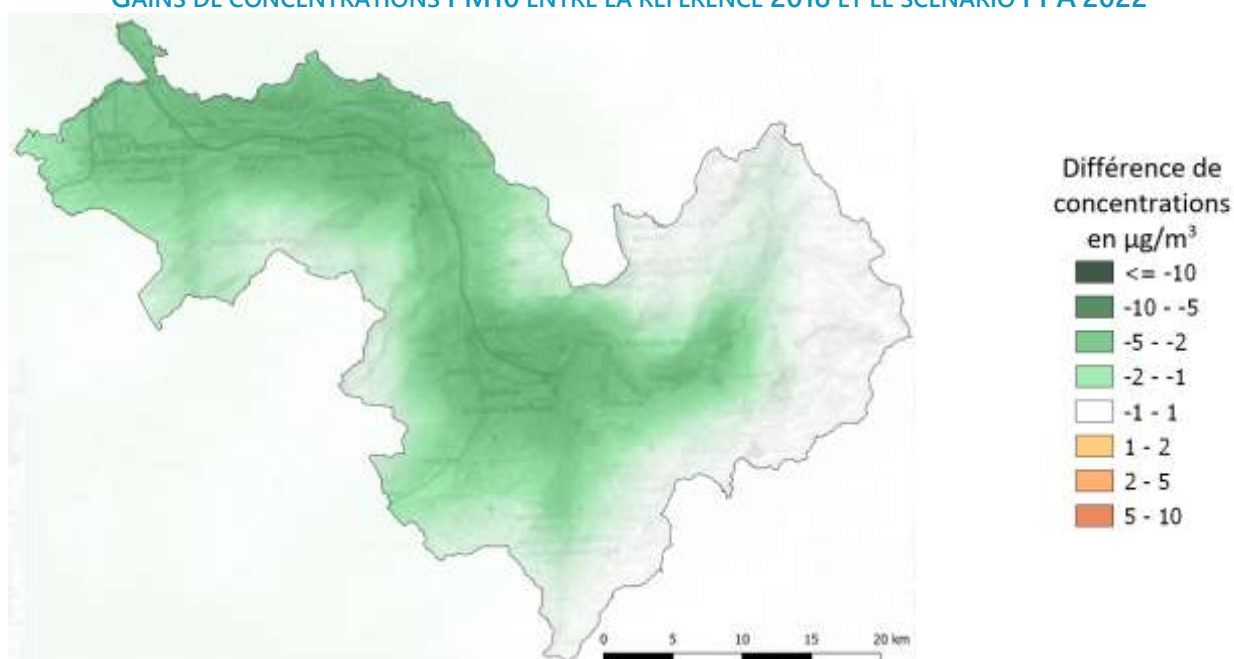


Figure 48: Différence des concentrations moyennes annuelles PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ modélisées entre les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022* sur le PPA de la vallée de l'Arve

Les actions du PPA permettent de baisser l'exposition aux particules PM10 des habitants de la vallée de l'Arve (Figure 409). L'exposition moyenne des habitants diminue ainsi de près de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par rapport à la situation tendancielle 2022*.

En termes de dépassement des différents seuils, aucun habitant n'est soumis à des dépassement de la valeur limite réglementaire actuelle ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et future ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 2018 et 2022* (Figure 50). La mise en place du PPA permet qu'en 2022* environ 38 500 habitants passent sous le seuil de recommandation de l'OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

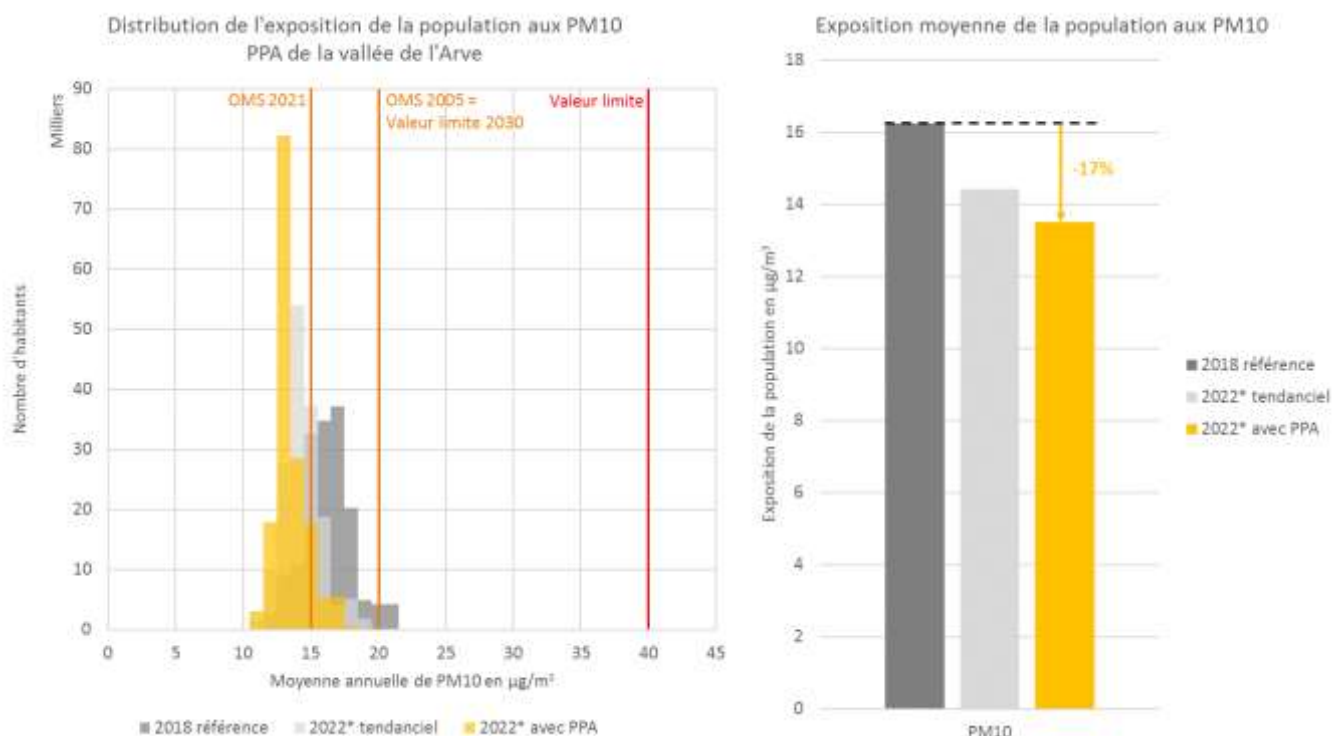


Figure 409 : Distribution de l'exposition (à gauche) et exposition moyenne (à droite) de la population de la vallée de l'Arve aux PM10 pour les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022*



Figure 50 : Population exposées aux différents seuils de dépassements en PM10 modélisées pour les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022* sur le PPA de la vallée de l'Arve

Les concentrations annuelles de PM10 modélisées à la station de référence Passy diminuent de 17% avec le PPA en 2022* par rapport à la situation de référence 2018 (51). Les actions PPA ne permettent pas d'atteindre les objectifs du PPA2 d'une réduction de 30% des concentrations annuelles de PM10 par rapport à 2018. Les concentrations modélisées sont cependant inférieures à 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, soit inférieures au seuil OMS 2005 et à la future valeur limite réglementaire 2030.

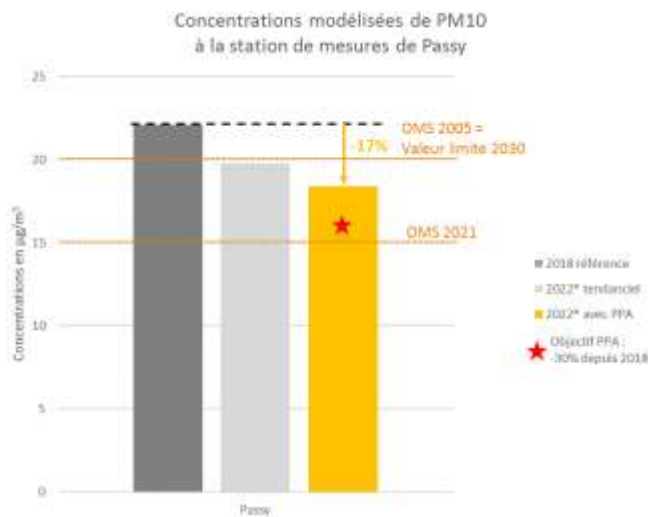


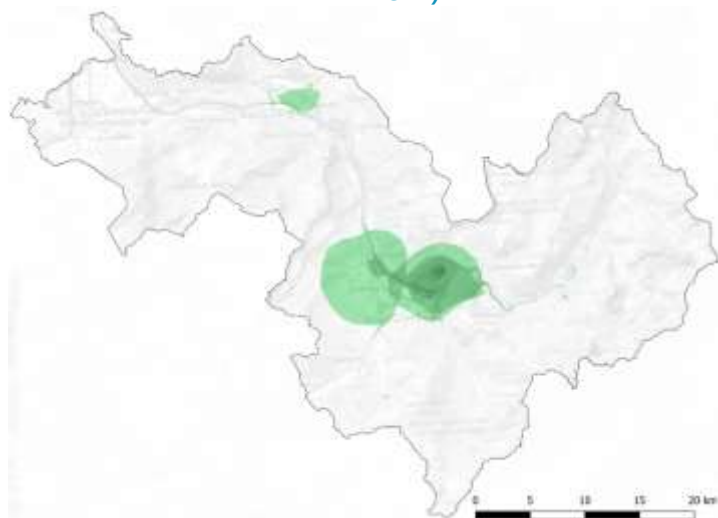
Figure 51 : Concentrations de PM10 modélisées à la station de Passy par rapport à l'objectif du PPA

3.2.5 Impact des actions du PPA en nombre de jours de dépassement pour les particules PM10

En situation 2018, le nombre de jours de dépassement de la moyenne journalière PM10 de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en situation de référence 2018 est faible : au maximum, une dizaine de jours de dépassement sont modélisées autour de Passy, moins de 3 jours sur le reste de la vallée de l'Arve. En situation tendancielle 2022*, seulement quelques jours de dépassement sont encore modélisés à Passy. La mise en place du PPA permet de faire disparaître ces dépassements PM10 dans la vallée de l'Arve (Figure 52).

Aucun habitant de la vallée de l'Arve n'est donc exposé à des dépassements de cette statistique (35 jours avec des concentrations journalières PM10 supérieures à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

**GAINS DE NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT PM10
TENDANCIELLES (ENTRE 2018 REFERENCE ET 2022*
TENDANCIEL)**



**GAINS DE NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT PM10 DUES
AU PPA (ENTRE 2022* TENDANCIEL ET 2022* AVEC PPA)**



GAINS DE NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT PM10 ENTRE LA REFERENCE 2018 ET LE SCENARIO PPA 2022*

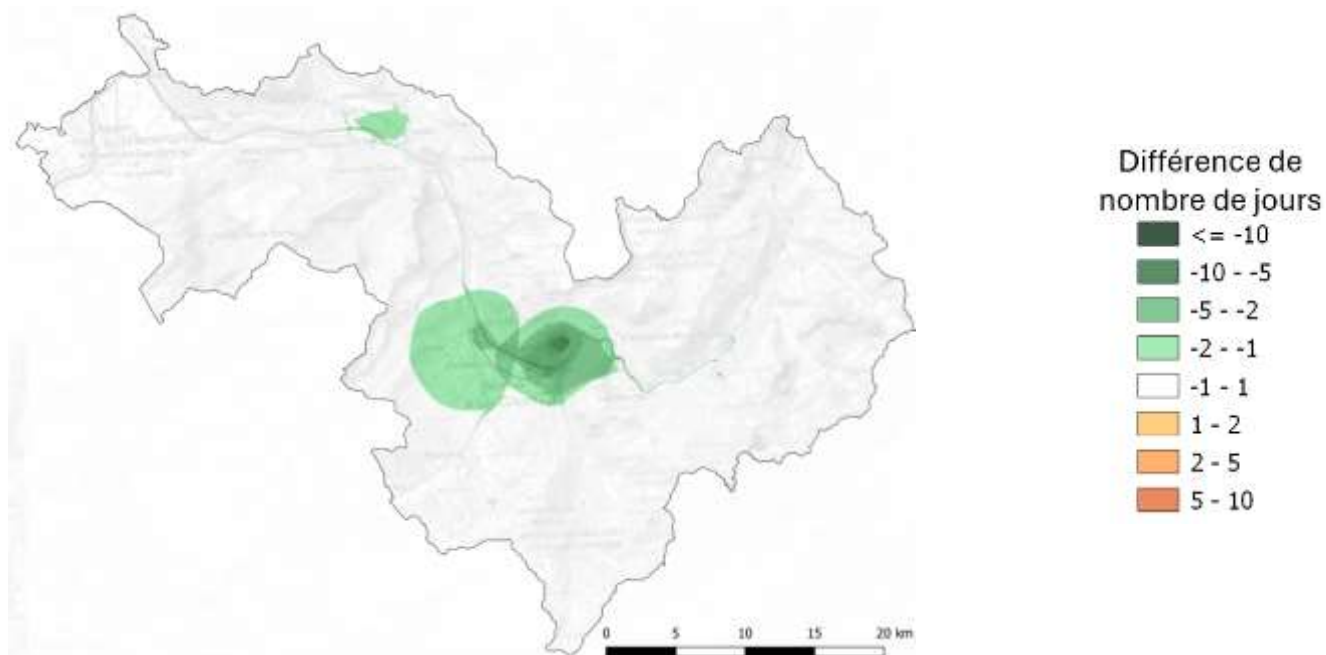


Figure 52 : Différence de nombre de jours dépassement de la moyenne journalière $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 modélisé entre les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022* sur le PPA de la vallée de l'Arve

3.2.6 Synthèse des résultats

La mise en place des actions du PPA, associée aux effets tendanciels, a contribué à réduire, entre 2018 et 2022 :

- modérément la concentration annuelle moyenne de NO₂ (baisse de 2 à 3 µg/m³ en situation de fond, pouvant atteindre 6 µg/m³ en proximité routière) et l'exposition moyenne des habitants de 2,7 µg/m³,
- significativement la concentration annuelle moyenne de particules fines PM2.5 et PM10 (baisse de 2 à 10 µg/m³) et l'exposition moyenne d'environ 3 à 4 µg/m³,
- significativement le nombre jours pollués en particules PM10 (passage de 10 jours de pics à moins de 3 jours).

Pour le NO₂, aucun habitant de la vallée de l'Arve n'est exposé à des dépassements de la valeur réglementaire actuelle (40 µg/m³). En 2022*, moins de 200 habitants restent soumis à des dépassements de la valeur cible OMS 2005 et future valeur réglementaire 2030 (20 µg/m³).

Pour les PM10, aucun habitant n'est soumis à des dépassements de la valeur limite réglementaire actuelle (40 µg/m³) et future (20 µg/m³) en 2018 et 2022*. La mise en place du PPA permet qu'en 2022* environ 38 500 habitants passent sous le seuil de recommandation de l'OMS (15 µg/m³).

Pour les PM2,5, aucun habitant n'est soumis à des dépassements de la valeur limite réglementaire actuelle (25 µg/m³) en 2018 et 2022*. Plus de 70% de la population reste soumise à un dépassement de la valeur cible OMS 2005 et future valeur réglementaire 2030 (10 µg/m³) en situation 2018, et 20% en situation tendancielle 2022*. La mise en place des actions du PPA permet qu'environ 30 000 habitants de la vallée de l'Arve passent sous ce seuil.

4 – Conclusions

Le territoire du PPA de la vallée de l'Arve constitue un territoire sensible vis-à-vis de l'exposition chronique au dioxyde d'azote et aux particules.

Afin d'identifier les effets de la mise en œuvre du PPA2 sur la qualité de l'air, ATMO Auvergne-Rhône-Alpes a réalisé une évaluation quantitative des émissions et des concentrations de polluants dans l'air ambiant par modélisation.

Trois situations ont été analysées : scénario 2018 de référence, scénario 2022* tendanciel, scénario 2022* avec les actions PPA (* : les émissions ont été évaluées par modélisation en prenant une année météorologique identique, celle de 2018, pour tous les scénarii afin de permettre les comparaisons).

L'évaluation quantitative a porté sur les oxydes d'azote et les particules.

L'analyse de l'évolution des émissions (Figure 53) montre que la baisse tendancielle est notable avec des gains pour les actions PPA qui sont du même ordre de grandeur pour les particules. Le gain des actions PPA pour les oxydes d'azote est globalement beaucoup plus modéré que le tendanciel.

Les actions apportant proportionnellement le plus de gain sont :

- au niveau des NO_x, les actions du secteur des transports et plus particulièrement l'action d'abaissement de la vitesse en période hivernale sur l'A40/N205,
- pour les PM10 et PM2.5 : la mise en œuvre du fonds air bois, l'interdiction d'utilisation des foyers ouverts et la rénovation énergétique sont les 3 actions les plus efficaces.

NOx		PM10		PM2.5	
Tendanciel 2018-2022	Gain actions PPA (2022 avec PPA - 2022 sans PPA)	Tendanciel 2018-2022	Gain actions PPA (2022 avec PPA - 2022 sans PPA)	Tendanciel 2018-2022	Gain actions PPA (2022 avec PPA - 2022 sans PPA)
-20%	-2%	-25%	-29%	-26%	-30%

Figure 53 : synthèse des gains en émissions de polluants période 2013-2018 (gain dû au tendanciel / gain lié à la mise en œuvre des actions PPA)

Différentes actions secondaires n'ont pas pu être évaluées ou ont été regroupées avec d'autres, faute de données suffisamment disponibles et pertinentes, ce qui est une piste de travail pour l'avenir dans la définition amont des indicateurs et de leur collecte.

Pour le calcul des concentrations et l'exposition des populations :

-Pour le NO₂, aucun habitant de la vallée de l'Arve n'est exposé à des dépassements de la valeur réglementaire actuelle (40 µg/m³). En 2022*, moins de 200 habitants restent soumis à des dépassements de la valeur cible OMS 2005 et future valeur réglementaire 2030 (20 µg/m³).

-Pour les PM10, aucun habitant n'est soumis à des dépassements de la valeur limite réglementaire actuelle (40 µg/m³) et future (20 µg/m³) en 2018 et 2022*. La mise en place du PPA permet qu'en 2022* environ 38 500 habitants passent sous le seuil de recommandation de l'OMS (15 µg/m³). Le nombre de jours pollués en particules PM10 est également significativement réduit.

-Pour les PM2,5, aucun habitant n'est soumis à des dépassements de la valeur limite réglementaire actuelle (25 µg/m³) en 2018 et 2022*. Plus de 70% de la population reste soumise à un dépassement de la valeur cible OMS 2005 et future valeur réglementaire 2030 (10 µg/m³) en situation 2018, et 20% en situation tendancielle 2022*. La mise en place des actions du PPA permet qu'environ 30 000 habitants de la vallée de l'Arve passent sous ce seuil.

Au niveau des objectifs du PPA (Figures 2 et 3 dans la partie 1) :

-Pour les NOx, les objectifs étaient d'atteindre -24% en émissions de NOx, pour atteindre 40 µg/m³ sur la station de proximité trafic des Bossons. Avec une baisse de 22% des émissions et une mesure à 30 µg/m³ aux Bossons en moyenne annuelle, les objectifs sont atteints pour ce polluant.

-Pour les PM10, les objectifs étaient d'atteindre une baisse de 30% des émissions, aucun dépassement journalier du seuil des 50 µg/m³ et tendre vers une moyenne annuelle de 20 µg/m³. Avec une baisse de 54% des émissions, 3 jours de pics de pollution et une moyenne annuelle de 19 µg/m³, les objectifs réglementaires sont atteints, mais les objectifs PPA ne sont pas encore totalement atteints sur les jours de pics.

-Pour les PM2.5, les objectifs étaient d'atteindre une baisse de 33% des émissions et tendre vers 10 µg/m³ en moyenne annuelle. Avec une baisse de 56% des émissions, mais une moyenne annuelle de 13 µg/m³, les objectifs réglementaires sont atteints, mais les objectifs PPA ne sont pas encore totalement atteints.

-Pour le BaP, l'objectif était une réduction d'un tiers des concentrations en moyenne annuelle et ne plus avoir de dépassement de la valeur cible. Avec une valeur mesurée de 1,11 ng/m³ en 2018 et 1,05 ng/m³ en 2023, la valeur cible n'est réglementairement pas dépassée mais les niveaux de concentrations sont restés stables, ne remplissant donc que partiellement l'objectif.

Ces différents éléments plaident pour la poursuite des actions d'amélioration de la qualité de l'air et en particulier les actions autour du chauffage au bois pour atteindre les objectifs fixés par le « Plan Bois ».

Glossaire

Glossaire des polluants atmosphériques

As : arsenic

Ni : nickel

Zn : zinc

Cd : cadmium

Pb : plomb

B(a)P : Benzo(a)Pyrène

C₆H₆ : benzène

CO : monoxyde de carbone

CO₂ : dioxyde de carbone

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

ML : Métaux Lourds

NO₂ : dioxyde d'azote

NO_x : oxydes d'azote

O₃ : ozone

PM₁₀ : particules fines de diamètre inférieur à 10 µm.

PM_{2.5} : particules fines de diamètre inférieur à 2.5 µm.

SO₂ : dioxyde de soufre

COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

CH₄ : méthane

Glossaire des abréviations

FIBOIS : Interprofession de la filière forêt-bois. Fibois Auvergne-Rhône-Alpes est née le 01 janvier 2018, de la fusion de FIBRA, interprofession de la Région Rhône-Alpes et Auvergne Promobois son homologue auvergnat.

BDREP : Base de Données du Registre des Emissions Polluantes

CEREN : Centre d'Etudes et de Recherches Economiques sur l'Energie

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

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique :
<https://www.citepa.org/fr/le-citepa/presentation>

COPERT : COmputer Program to Estimate Road Transport Emissions - <http://emisia.com/products/copert>

DGEC : Direction Générale de l'Energie et du Climat

DIRCE : Direction Interdépartementale des Routes Centre Est

DJU18 : Degré Jour Unifié base 18 °C : il s'agit du cumul des écarts, par rapport à 18°C, de toutes les températures moyennes journalières inférieures à 18°C.

EEA : Agence Européenne pour l'Environnement : <https://www.eea.europa.eu/fr>

FAB : Fond Air Bois pour l'aide au renouvellement des anciens appareils de chauffage au bois

FAE : Fonds Air Entreprises

FAV : Fonds Air Véhicules

FE : Facteur d'Emission

MTES : Ministère de la Transition Ecologie et Solidaire

OMINEA : Organisation des Méthodes d'Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques

PCIT : Pôle de Coordination des Inventaires Territoriaux

PREPA : Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques

SINDRA : Observatoire des déchets en Auvergne-Rhône-Alpes

SMTC : Syndicat Mixte des Transports en Commun

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel

VLE : Valeur Limite à l'Emission

VRU : Voie Rapide Urbaine

WRF : modèle de prévisions météorologiques - National Center for Atmospheric Research : <http://www.wrf-model.org/>

Bibliographie

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes : Méthode d'élaboration de l'inventaire régional des émissions atmosphériques en Auvergne-Rhône-Alpes :

<https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/publications/inventaire-des-emissions-atmospheriques-en-auvergne-rhone-alpes>

Direction Générale de l'Energie et du Climat – Sous-Direction du Climat et de la Qualité de l'Air – Bureau de la Qualité de l'Air - Guide PCIT : Méthode d'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques – Juin 2018

https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/MTES_Guide_methodo_elaboration_inventaires_PCIT_mars2019.pdf

CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique) - OMINEA 2019 Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France –

<https://www.citepa.org/fr/ominea/>

EEA (European Environment Agency) – EMEP/EEA : Air pollutant emission inventory guidebook

<https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>

CITEPA, INERIS (2017) : Évaluation ex-ante des émissions, concentrations et impacts sanitaires du projet de PREPA (Plan National de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques)

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/Evaluation_ex_ante_du_PREPA%5B1%5D.pdf

Annexes

Annexe 1 : tableau des normes de qualité de l'air

Les différents seuils qualité de l'air impliqués par les directives et s'appliquant en France sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Normes de la qualité de l'air

Polluants	Type de norme	Type de moyenne	Valeurs à ne pas dépasser	Date d'application
SO ₂	Valeur limite	Horaire	350 µg/m ³ avec 24h/an de dépassement autorisé	1 ^{er} janvier 2005
		Journalière	125 µg/m ³ avec 3 jours/an de dépassement autorisé	
	Objectif de qualité	Annuel	50 µg/m ³	
	Seuil d'information	Horaire	300 µg/m ³	
	Seuil d'alerte	Horaire	500 µg/m ³ sur 3h	
PM ₁₀	Valeur limite	Annuelle	40 µg/m ³	1er janvier 2005
		Journalière	50 µg/m ³ avec 35 jours/an de dépassements autorisés	
	Objectif de qualité	Annuel	30 µg/m ³	
	Seuil d'information	Journalière	50 µg/m ³	
	Seuil d'alerte	Journalière	80 µg/m ³	
NO ₂	Valeur limite	Annuelle	40 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2010
		Horaire	200 µg/m ³ avec 18h/an de dépassement autorisé	
	Seuil d'information	Horaire	200 µg/m ³	
	Seuil d'alerte	Horaire	400 µg/m ³	
O ₃	Valeur cible	Sur 8h	120 µg/m ³ avec 25j/an de dépassement autorisé	1er janvier 2010
	Seuil d'information	Horaire	180 µg/m ³	
	Seuil d'alerte	Horaire	240 µg/m ³	
CO	Valeur limite	Sur 8 heures	10 000 µg/m ³	15 février 2002
Pb	Valeur limite	Annuelle	0.5 µg/m ³	1er janvier 2002
	Objectif de qualité	Annuel	0.25 µg/m ³	
COV (benzène)	Valeur limite	Annuelle	5 µg/m ³	1er janvier 2010
	Objectif de qualité	Annuel	2 µg/m ³	
HAP (B(a)P)			1 ng/m ³	
Arsenic			6 ng/m ³	
Cadmium	Valeur cible	Annuelle	5 ng/m ³	31 décembre 2012
Nickel			20 ng/m ³	
PM _{2,5}	Obligation concentration relative à l'exposition (IEM)	Annuelle	20 µg/m ³	2015
	Valeur cible	Annuelle	20 µg/m ³	1er janvier 2010
	Valeur limite	Annuelle	25 µg/m ³	1er janvier 2015

Valeur cible : un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

Valeur limite : un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Objectif de qualité : un niveau 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 dans son ensemble.

Seuil d'information et de recommandation : un niveau 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 nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

Seuil d'alerte : un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Obligation en matière de concentration relative à l'exposition : le niveau fixé sur la base de l'indicateur d'exposition moyenne et devant être atteint dans un délai donné, afin de réduire les effets nocifs sur la santé humaine.

Indicateur d'Exposition Moyenne (IEM) : une concentration moyenne à laquelle est exposée la population et qui est calculée pour une année donnée à partir des mesures effectuées sur trois années civiles consécutives dans des lieux caractéristiques de la pollution de fond urbaine répartis sur l'ensemble du territoire.

Annexe 2 : système national de classification des stations de mesures

https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/lcsqa2016-guide_stations_surveillance_qa.pdf

	Type de station	Objectifs
Environnement d'implantation	Station urbaine	Surveillance de l'exposition de la population à la pollution de fond ou de proximité dans les centres urbains.
	Station périurbaine	Surveillance de l'exposition de la population à la pollution de fond ou de proximité à la périphérie des centres urbains ou dans des zones bâties.
	Station rurale proche d'une zone urbaine	Surveillance dans les zones rurales sous influence potentielle de panache urbain de l'exposition de la population et des écosystèmes à la pollution atmosphérique de fond.
	Station rurale régionale	Surveillance dans les zones rurales de l'exposition de la population et des écosystèmes à la pollution atmosphérique de fond, notamment photochimique, à l'échelle régionale.
	Station rurale nationale	Surveillance dans les zones rurales de la pollution atmosphérique de fond issue des transports de masses d'air à longue distance, notamment transfrontalières.
Type d'influence	Fond	Mesure de niveaux de pollution représentatifs de l'exposition moyenne d'une cible spécifique (ex : population générale, végétation, écosystèmes naturels) dans la zone de surveillance. Le niveau de pollution ne doit pas être dominé par un seul type de source (ex : trafic), sauf si ce type de source est caractéristique de la zone entière. Il est recommandé que la station soit représentative d'une surface d'au moins plusieurs km ² .
	Industrielle	Mesure des concentrations maximales auxquelles la population résidant près d'une source fixe est susceptible d'être exposée, du fait des phénomènes de panache ou d'accumulation.
	Trafic	Mesure des concentrations maximales auxquelles la population résidant près d'une infrastructure routière est susceptible d'être exposée.

Annexe 3 : la chaîne de modélisation : méthodologie détaillée et analyse des écarts modèle/mesures

Méthodologie

La chaîne de modélisation utilisée pour évaluer les actions du PPA est une chaîne intégrant plusieurs échelles. La méthode développée par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes combine ainsi les résultats de modèles à l'échelle de la région et à l'échelle de la rue. Pour ce faire, il existe 2 étapes.

Une première étape calcule les concentrations à l'échelle régionale à partir de modèles dits méso-échelles et géostatistiques. La spatialisation des polluants obtenue à l'échelle régionale est dite de fond, c'est-à-dire à l'échelle du kilomètre. Plusieurs modèles de références dans la communauté scientifique météorologique et de dispersion atmosphérique sont utilisés comme le modèle météorologique WRF et le modèle de chimie transport CHIMERE⁴. WRF permet de calculer les conditions météorologiques (direction du vent, pression, températures, ...) avec une résolution horaire. CHIMERE permet, à partir des données WRF et d'une spatialisation complexe des émissions issue d'une méthodologie spécifique développée à Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, de modéliser le transport atmosphérique des polluants à l'échelle horaire. CHIMERE prend en compte les processus chimiques complexes, les effets du relief, ainsi que les concentrations de fond liées aux émissions hors de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Ces deux modèles sont utilisés à des résolutions spatiales de 3km sur la région Auvergne-Rhône-Alpes. La correction des concentrations avec des mesures dites de fond (stations hors stations industrielles et de trafic) est réalisée par une méthode géostatistique appelé krigeage. Cette dernière permet de corriger les écarts par rapport aux observations temporellement et spatialement.

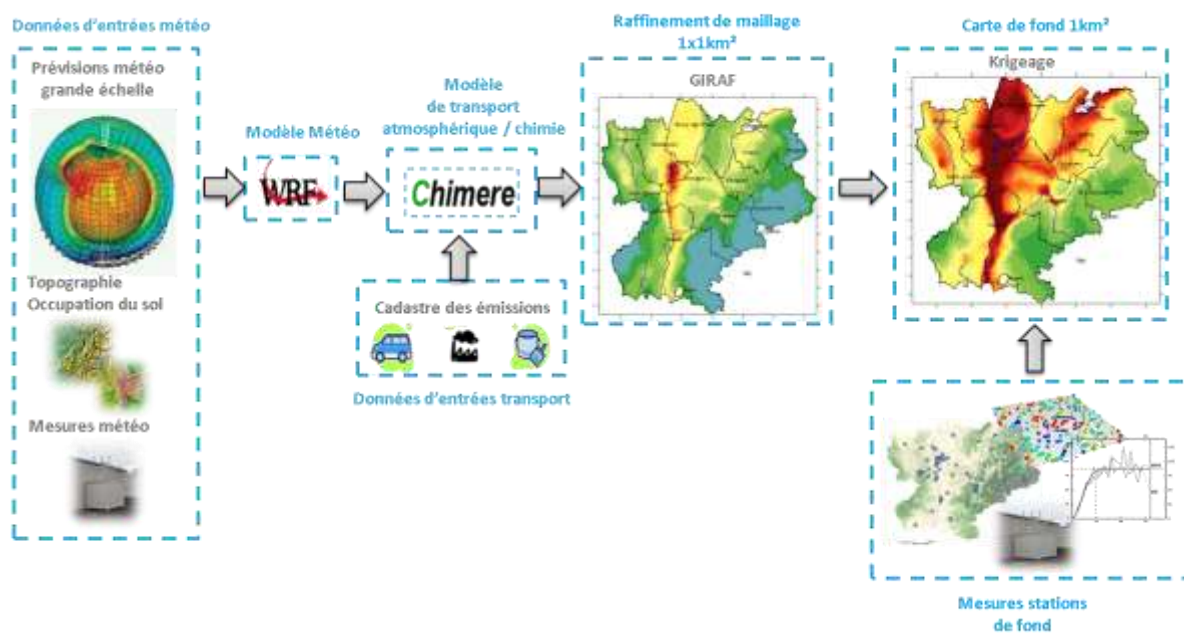


Schéma de mise en œuvre de la chaîne de modélisation régionale

⁴ CHIMERE : Institut Pierre-Simon Laplace, INERIS, CNRS <http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere/chimere.php>

La seconde cartographie à l'échelle de la rue est issue du modèle SIRANE⁵, développé par l'Ecole Centrale de Lyon. Ce modèle permet de calculer les concentrations de polluants à partir d'un réseau de rues prenant en compte le bâti. Il est validé pour des échelles de l'ordre de la centaine à la dizaine de mètres. Dans cet outil, SIRANE modélise le transport dû aux émissions de trafic à l'échelle de la dizaine de mètres pour les agglomérations et à proximité des routes principales de la région. SIRANE fonctionne avec des domaines d'emprise maximum de 30km² sur une grille régulière de résolution de 10mx10m.

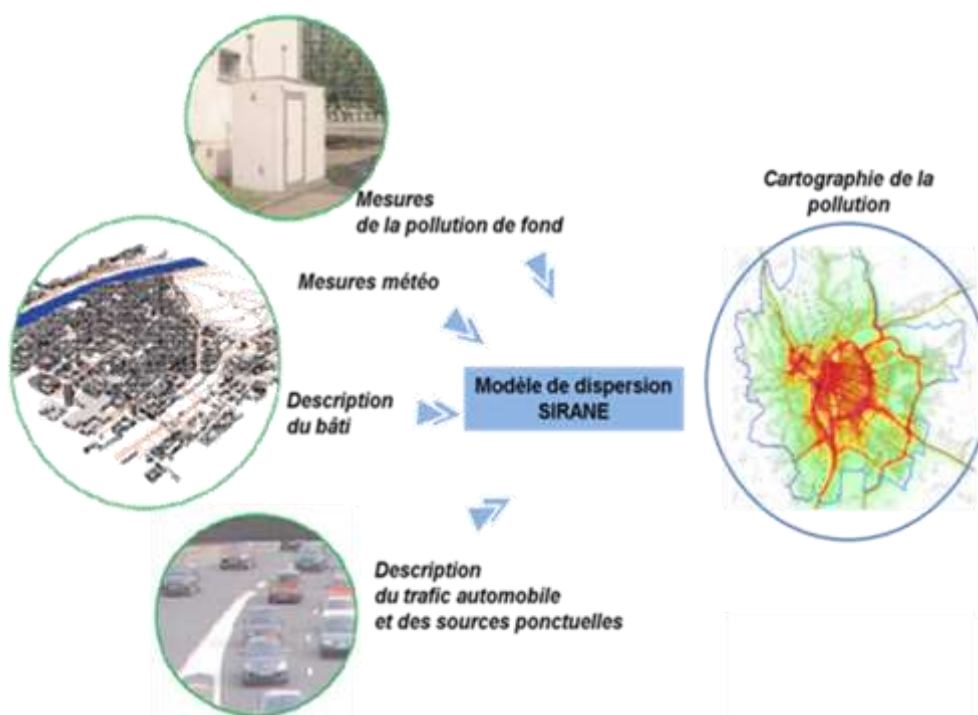


Schéma de mise en œuvre de la modélisation fine échelle (SIRANE)

A l'échelle de la rue (100m à 10m), le modèle de proximité SIRANE utilise une approche par réseau de rues. L'utilisation de ce modèle à partir des émissions du trafic est adaptée au transport des polluants en proximité urbaine. En revanche, un calcul SIRANE avec une résolution de 10m sur un domaine unique couvrant plus de 30 km² est impossible actuellement pour des raisons de temps de calculs et de mémoire. Son utilisation seule sans fond régional ne serait pas adaptée non plus. En effet, les hypothèses de transport atmosphérique proposées par SIRANE sont valables en proximité des rues, mais pas à l'échelle régionale. Les processus chimiques sont aussi simplifiés, ce qui est valable en proximité urbaine mais difficilement envisageable pour de longs transports.

⁵ Soulhac L, Salizzoni P, Cierco FX, Perkins R. (2011). The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion ; Part I : Presentation of the model. Atmos Environ, n° 45(39), p. 79-95.

Soulhac L, Salizzoni P, Mejean P et al. (2012). The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion ; Part II : Validation of the model on a real case study. Atmos Environ, n° 49(0), p. 320-337.

La cartographie régionale finale des polluants à fine échelle est alors calculée en combinant la cartographie de proximité avec la cartographie de fond. Dans le cas de plusieurs domaines SIRANE, ces derniers sont indépendamment combinés avec le fond régional pour fournir une cartographie finale à 10m de la zone d'intérêt. La combinaison des deux approches permet de prendre en compte de manière séparée différentes échelles de transport, puis de les associer.

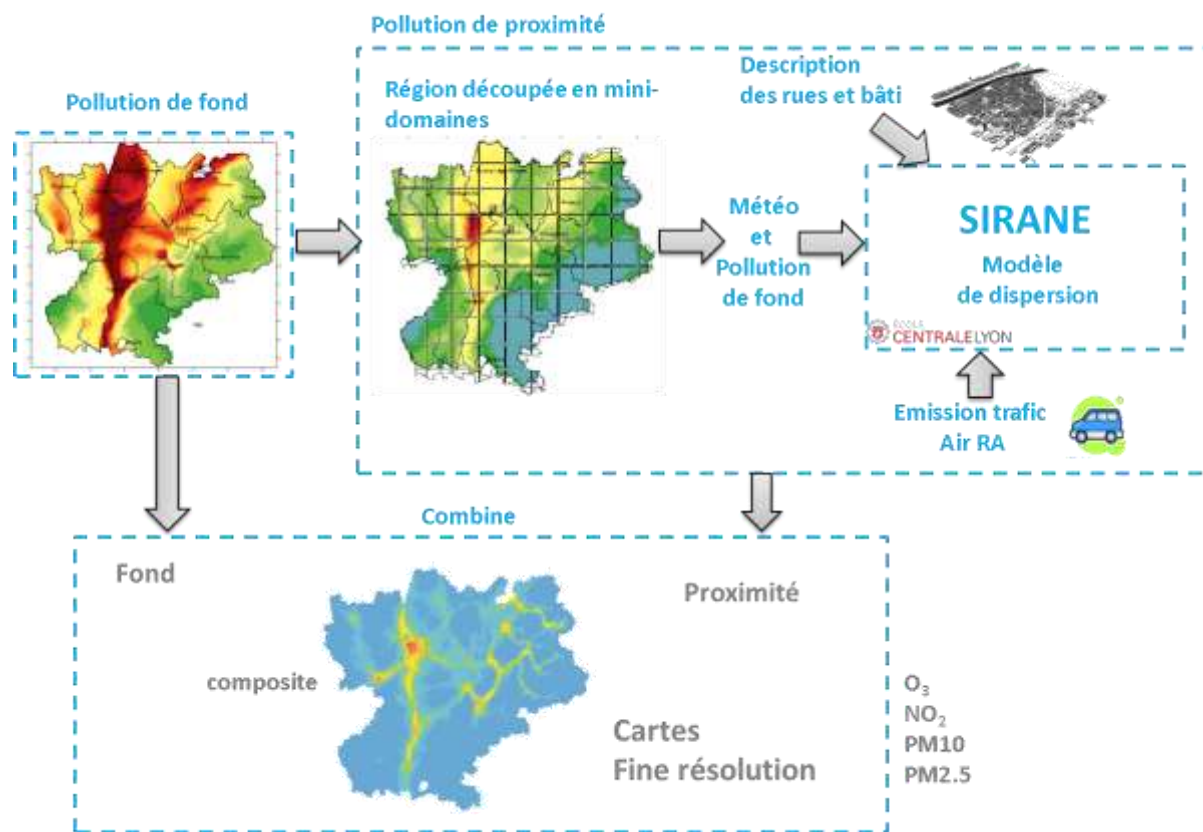


Schéma de principe de combinaison des modèles régionaux et fine échelle

Application de la méthode dans le cas d'une modélisation prospective

L'évaluation de scénarios d'actions est toujours réalisée à partir d'un cas test de référence sur une année météorologique de référence. Les émissions associées aux scénarios d'actions sont alors utilisées dans une nouvelle simulation pour en estimer l'impact.

La difficulté pour un scénario prospectif est principalement liée à la correction géostatistique avec les mesures. En effet, pour des scénarios prospectifs, ces mesures n'existent pas, les scénarios décrivent une situation hypothétique. La correction des valeurs modélisées aux stations ne peut être a priori connue. De plus, la correction géostatistique induit aussi des changements sur les valeurs modélisées en dehors du périmètre des stations de mesures.

Pour pallier ce problème tout en conservant une certaine homogénéité entre la cartographie de référence et la prospective, l'hypothèse est basée sur la supposition que les erreurs entre la modélisation de référence et la modélisation prospective sont identiques de manière relative. En d'autres termes, l'écart relatif entre la modélisation non corrigée de l'année de référence et celle de l'année prospective (représentant l'évolution liée aux changements d'émissions) est imposée en tous points à la modélisation corrigée de référence afin d'obtenir la situation corrigée prospective. Cette conservation peut être illustrée sous forme de formule (année de référence 2018 et année prospective 2022) :

$$\frac{(MOD\ corrigée_{(2018)}^i - MOD\ corrigée_{(2022)}^i)}{MOD\ corrigée_{(2018)}^i} = \frac{(MOD\ brut_{(2018)}^i - MOD\ brut_{(2022)}^i)}{MOD\ brut_{(2018)}^i}$$

Avec :

$MOD\ corrigée_{(2018)}^i$: Concentration corrigée par krigeage des mesures en 2018 à la maille i

$MOD\ corrigée_{(2022)}^i$: Concentration corrigée en 2022 à la maille i

$MOD\ brut_{(2018)}^i$: Concentration brute modélisée en 2018 à la maille i

$MOD\ brut_{(2022)}^i$: Concentration brute modélisée en 2022 à la maille i

On en déduit la relation suivante pour calculer la valeur corrigée à la maille i sur l'année prospective :

$$MOD\ corrigée_{(2022)}^i = MOD\ corrigée_{(2018)}^i * \frac{MOD\ brut_{(2022)}^i}{MOD\ brut_{(2018)}^i}$$

Annexe 4 : les inventaires d'émissions : application à l'évaluation du PPA

Généralités sur les inventaires d'émissions

A quoi sert un inventaire des émissions ?

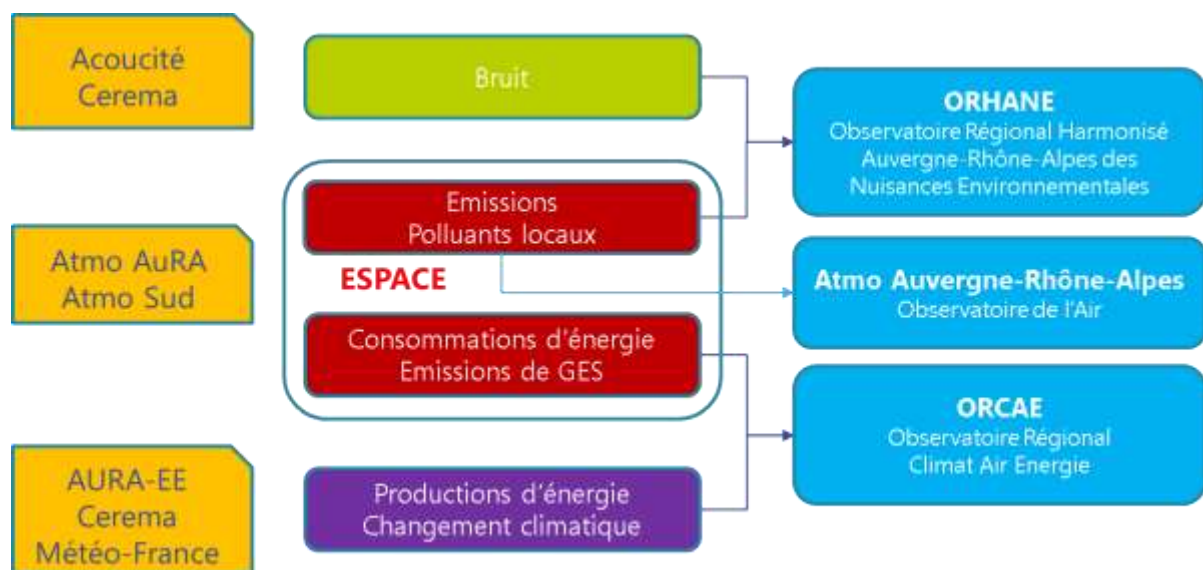
Atmo Auvergne-Rhône-Alpes développe et enrichit en continu depuis près de vingt ans un inventaire régional des émissions qui répond à différents besoins :

- Donnée d'entrée pour les modèles d'évaluation de la qualité de l'air (CHIMERE, SIRANE) ;
- Alimentation des observatoires (Air, ORCAE, ORHANE) ;
- Évaluation des enjeux d'un territoire et alimentation des plans d'actions, comme les Plans de Protection de l'Atmosphère, les Plans de Déplacements Urbains, les Plans Climat Air Energie Territoriaux.

Les méthodes utilisées pour élaborer cet inventaire d'émissions suivent les guides méthodologiques européens (EMEP/EEA), nationaux (CITEPA/OMINEA) et régionaux (guide méthodologique du Pôle de Coordination des Inventaires Territoriaux).

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.



Interactions autour de l'inventaire des émissions

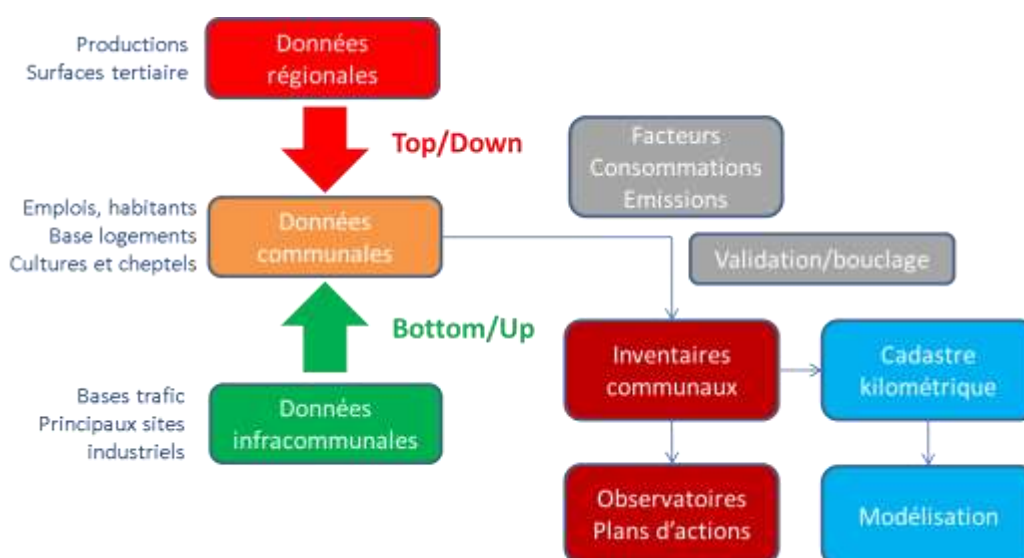
Exigences d'un inventaire

Tout inventaire des émissions obéit à certains critères :

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

Approche top/down et bottom/up

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 d'appareils 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 Rhône-Alpes (population, emplois...). Les données sont aussi ajustées en partie avec les données réelles fournies par les partenaires de l'ORCAE.



Principales étapes de la réalisation d'un inventaire d'émissions

Assurance et contrôle qualité

Un certain nombre de critères onusiens MRV (Mesurable, Rapportable Vérifiable) applicables aux inventaires d'émissions et mis en œuvre dans le cadre du projet MRV GES Grand Lyon en 2014 ont été étendus à l'inventaire régional :

- tenue d'un catalogue de sources de données afin de renforcer la traçabilité entre serveur et base de données ;
- tous les facteurs d'émissions sont sourcés et exprimés en unité native pour faciliter leur mise à jour ;
- traçabilité de la date de calcul pour assurer la cohérence de l'ordre des traitements ;
- documentation technique interne étoffée pour un meilleur partage des méthodes ;
- veille réglementaire formalisée ;
- tenue d'un plan d'amélioration de l'inventaire pour mieux formaliser les axes de progrès et leur exécution ;
- renforcement des procédures de validation sectorielle :
- comparaison systématique avec la version précédente ;
- vérification de la cohérence temporelle ;
- validation à l'échelle de plusieurs territoires (a minima région et agglos) ;
- analyse par activité fine, énergie, usage, ... ;
- détection et suppression des valeurs négatives ;
- conservation des mêmes émissions tout au long de la chaîne ;
- assurance qualité : validation renforcée avec AURA-EE ;
- bilans ;
- classifications (secteurs, énergies).

Tableaux chiffrés associés aux graphiques sur les émissions de polluants atmosphériques

Polluant	An	Scnr	Unite	Agriculture	Autres transports	Branche énergie	Déchets	Industrie (hors branche énergie)	Résidentiel	Tertiaire	Transport routier
BaP	2005	Tenda nciel	kg	0	0	0		37	25	0	2
BaP	2017	Tenda nciel	kg	0	0	0		1	12	0	2
BaP	2018	Tenda nciel	kg	0	0	0		1	11	0	2
BaP	2022	Tenda nciel	kg		0	0		1	7	0	2
BaP	2022	PPA	kg		0	0		1	3	0	2
CH4	2005	Tenda nciel	t	1 323	0	28	11	5	641	12	41
CH4	2017	Tenda nciel	t	1 373	0	36	35	2	349	10	11
CH4	2018	Tenda nciel	t	1 385	0	36	38	2	297	10	11
CH4	2022	Tenda nciel	t	1 403	0	36	39	2	164	11	9
CH4	2022	PPA	t	1 403	0	36	39	2	58	11	9
CO2	2005	Tenda nciel	kt	5	2		1	84	249	138	365
CO2	2017	Tenda nciel	kt	4	1		1	63	203	122	355
CO2	2018	Tenda nciel	kt	4	1		1	69	197	139	349
CO2	2022	Tenda nciel	kt	4	1		1	73	166	142	299
CO2	2022	PPA	kt	4	1		1	73	164	142	299
Conso d'énergie	2005	Tenda nciel	ktep	2	1		1	46	128	81	119
Conso d'énergie	2017	Tenda nciel	ktep	2	1		1	59	134	88	123
Conso d'énergie	2018	Tenda nciel	ktep	2	1		2	65	128	103	121
Conso d'énergie	2022	Tenda nciel	ktep	2	1		1	54	124	100	105
Conso d'énergie	2022	PPA	ktep	2	1		1	54	122	100	105
COVNM	2005	Tenda nciel	t	25	1	53		999	1 616	32	528
COVNM	2017	Tenda nciel	t	5	0	17		385	1 104	13	84
COVNM	2018	Tenda nciel	t	5	0	18		538	1 087	15	78
COVNM	2022	Tenda nciel	t	4	0	18		561	792	14	57
COVNM	2022	PPA	t	4	0	18		558	491	14	56
N2O	2005	Tenda nciel	t	45	0		1	14	9	1	12
N2O	2017	Tenda nciel	t	43	0		1	8	9	1	15
N2O	2018	Tenda nciel	t	43	0		1	9	9	2	14
N2O	2022	Tenda nciel	t	43	0		1	10	8	2	12
N2O	2022	PPA	t	43	0		1	10	7	2	12
NH3	2005	Tenda nciel	t	310		4	2	1	57	2	29
NH3	2017	Tenda nciel	t	305		3	1	0	47	2	13
NH3	2018	Tenda nciel	t	304		3	1	1	49	4	13

NH3	2022	Tenda nciel	t	302		1	1	1	37	4	11
NH3	2022	PPA	t	302		1	1	1	28	4	11
NOX	2005	Tenda nciel	t	119	4	143		479	236	127	2 250
NOX	2017	Tenda nciel	t	82	4	52		142	198	122	1 194
NOX	2018	Tenda nciel	t	79	4	44		154	204	149	1 131
NOX	2022	Tenda nciel	t	69	1	47		158	183	157	804
NOX	2022	PPA	t	69	1	47		158	181	157	778
PM10	2005	Tenda nciel	t	17	6	6		123	610	11	149
PM10	2017	Tenda nciel	t	11	5	2		44	468	9	80
PM10	2018	Tenda nciel	t	11	4	1		74	473	13	73
PM10	2022	Tenda nciel	t	10	4	1		75	328	14	54
PM10	2022	PPA	t	10	4	1		61	202	14	54
PM2.5	2005	Tenda nciel	t	10	2	3		118	598	10	131
PM2.5	2017	Tenda nciel	t	6	2	1		46	458	8	61
PM2.5	2018	Tenda nciel	t	5	2	1		75	464	12	54
PM2.5	2022	Tenda nciel	t	5	1	0		75	321	13	37
PM2.5	2022	PPA	t	5	1	0		62	198	12	37
SOx	2005	Tenda nciel	t	5	0	36		141	196	60	9
SOx	2017	Tenda nciel	t	0	0	23		51	68	17	1
SOx	2018	Tenda nciel	t	0	0	9		59	69	17	1
SOx	2022	Tenda nciel	t	0	0	11		42	57	15	1
SOx	2022	PPA	t	0	0	11		42	56	15	1

Emissions par polluant, scénario et macro-secteurs d'activités (en tonnes) – PPA de la vallée de l'Arve

Comparaison objectifs PPA				
		NOx	PM10	PM2.5
2022	Tendanciel	-21%	-22%	-22%
2022	PPA	-22%	-44%	-46%
Objectif PPA 2022		-24%	-30%	-33%

Comparaison de l'évolution des émissions depuis 2005 aux objectifs du PPA2

Comparaison objectifs PREPA						
		COVNM	NH3	NOx	PM2.5	SOx
2018	Tendanciel	-47%	-7%	-47%	-30%	-65%
2022	Tendanciel	-56%	-11%	-58%	-48%	-72%
2022	PPA	-65%	-14%	-59%	-64%	-72%
Objectif PREPA 2030		-52%	-13%	-69%	-57%	-77%

Comparaison de l'évolution des émissions depuis 2017 aux objectifs du PPA2

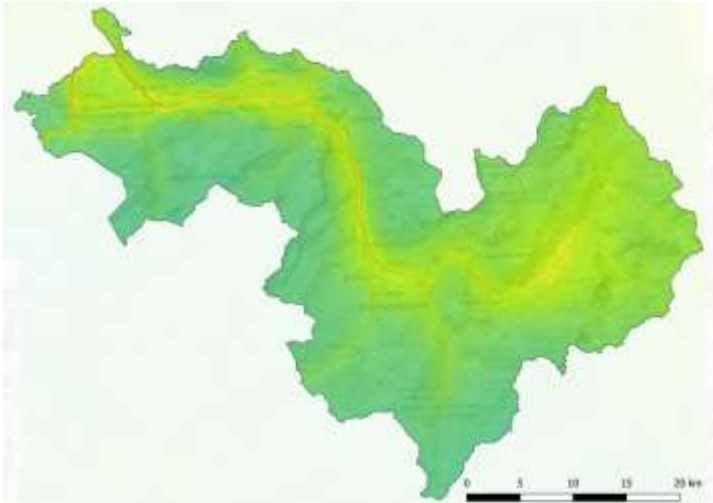
Comparaison objectifs Plan Bois			
		PM10	PM25
2022	Tendanciel	-27%	-27%
2022	PPA	-38%	-38%
Objectif Plan Bois 2030		-50%	-50%

Comparaison de l'évolution des émissions depuis 2020 aux objectifs du Plan Bois

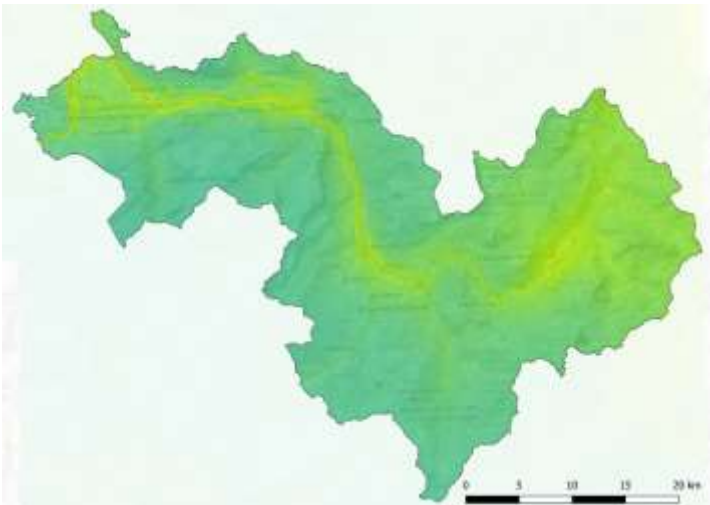
Annexe 5 : Cartographies des moyennes annuelles NO₂, PM10 et PM2.5 et des nombres de jours de dépassement PM10 modélisées

Moyennes annuelles des concentrations NO₂ en µg/m³ modélisées pour les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022* sur le PPA de la vallée de l’Arve

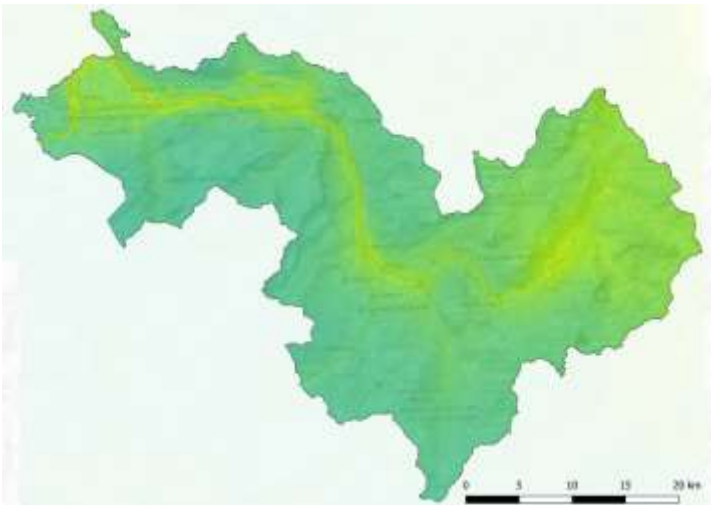
2018 REFERENCE



2022* TENDANCIEL

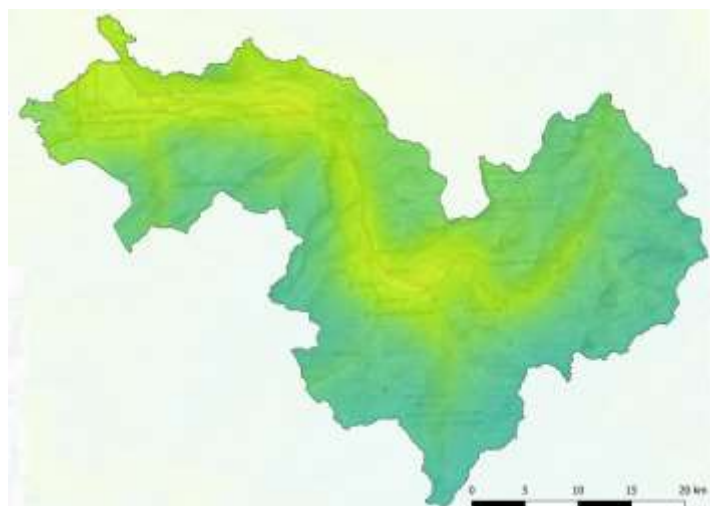


2022* AVEC PPA

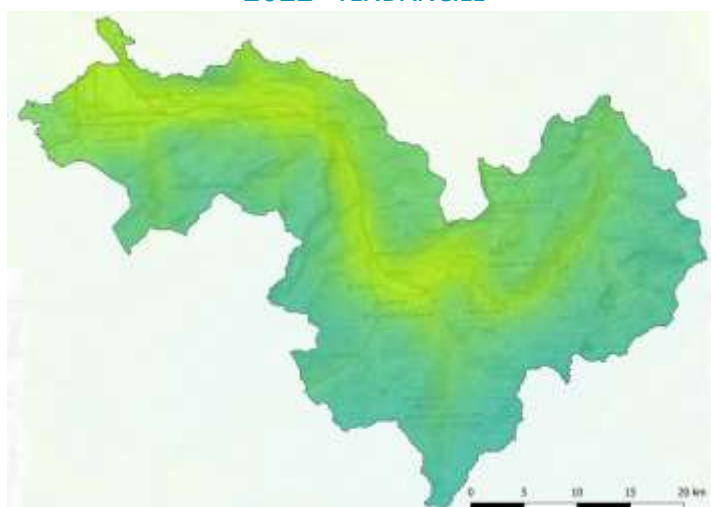


Moyennes annuelles des concentrations PM2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ modélisées pour les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022* sur le PPA de la vallée de l'Arve

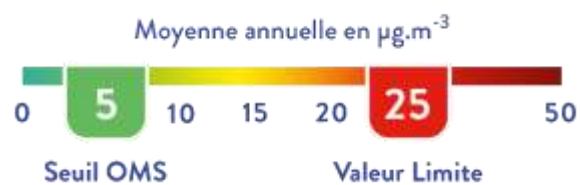
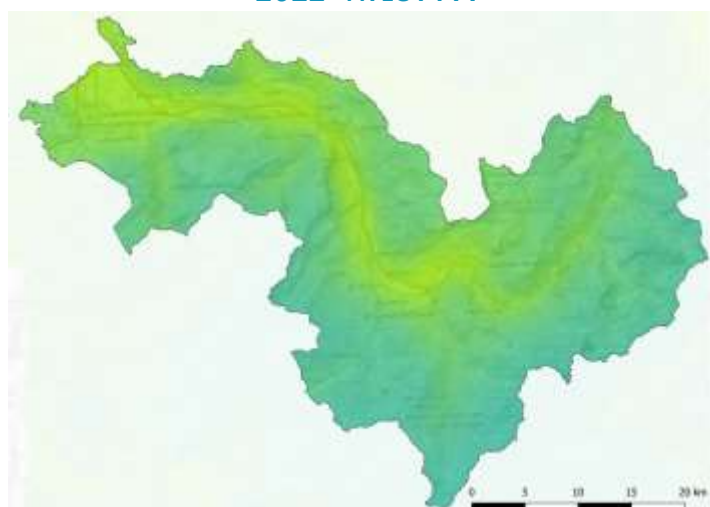
2018 REFERENCE



2022* TENDANCIEL

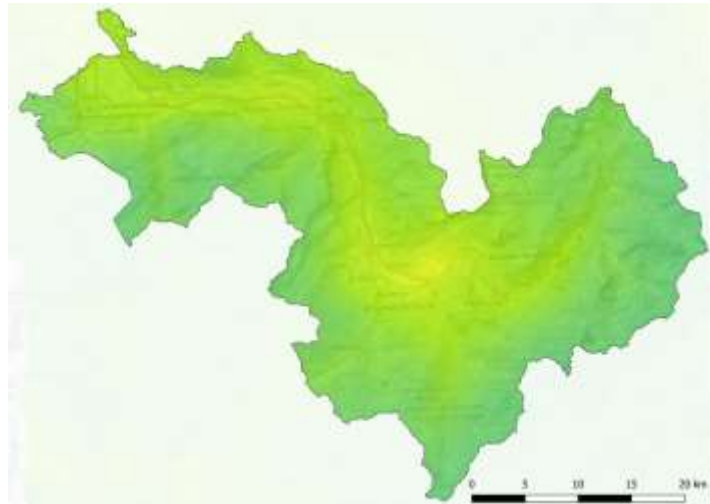


2022* AVEC PPA

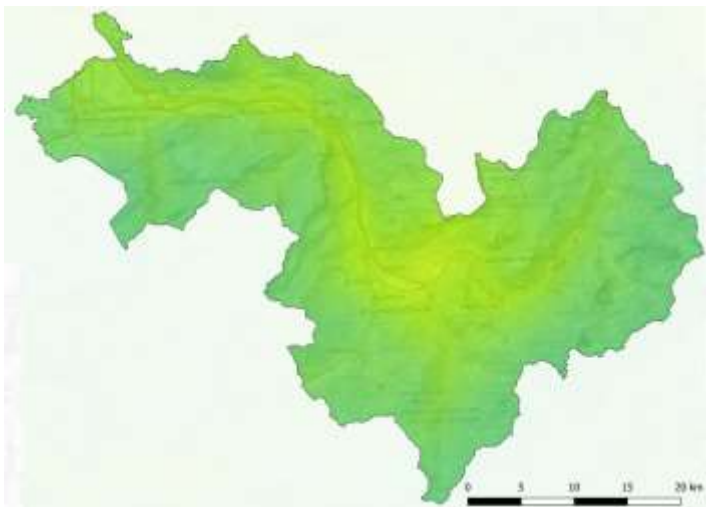


Moyennes annuelles des concentrations en PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ modélisées pour les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022* sur le PPA de la vallée de l'Arve

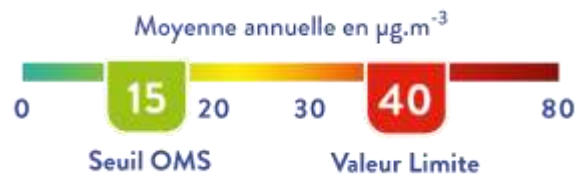
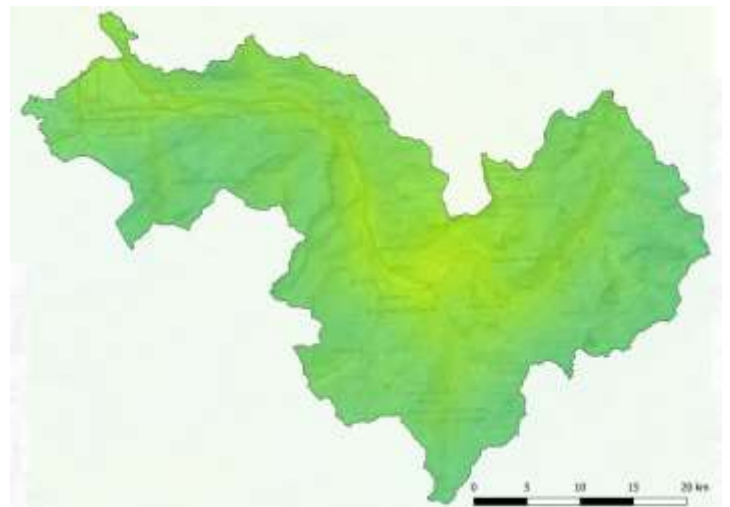
2018 REFERENCE



2022* TENDANCIEL

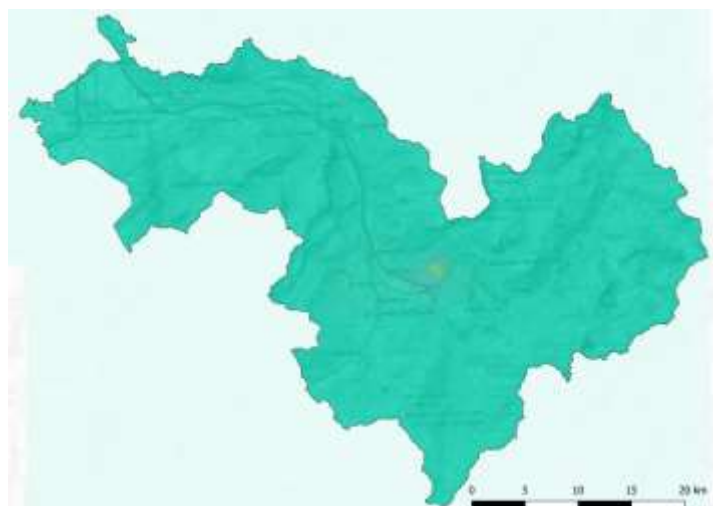


2022* AVEC PPA

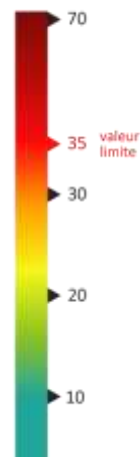


Nombre de jours dépassement de la moyenne journalière $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} modélisé pour les situations de référence 2018, tendancielle 2022* et avec actions PPA 2022* sur le PPA de la vallée de l'Arve

2018 REFERENCE



Nombre de jours de dépassement de PM_{10} ($> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)



2022* TENDANCIEL



2022* AVEC PPA

