

Evaluation des émissions polluantes en Andorre et analyse des secteurs à enjeu Année 2019

ETU-2024-214

Edition septembre 2025

www.atmo-occitanie.org

contact@atmo-occitanie.org

09 69 36 89 53 (Numéro CRISTAL – Appel non surtaxé)



CONDITIONS DE DIFFUSION

Atmo Occitanie est une association de type loi 1901 agréée (décret 98-361 du 6 mai 1998) pour assurer la surveillance de la qualité de l'air sur le territoire de la région Occitanie. Atmo Occitanie est adhérent de la Fédération Atmo France.

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

Atmo Occitanie met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur le site :

www.atmo-occitanie.org

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Occitanie.

Toute utilisation partielle ou totale de données ou d'un document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit obligatoirement faire référence à **Atmo Occitanie**.

Les données ne sont pas systématiquement rediffusées lors d'actualisations ultérieures à la date initiale de diffusion.

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

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec **Atmo Occitanie** par mail :

contact@atmo-occitanie.org

SOMMAIRE

EN UN COUP D'ŒIL.....	2
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	2
2. METHODOLOGIE	3
3. EMISSIONS POLLUANTES EN ANDORRE - 2019	4
3.1. CONTRIBUTION SECTORIELLE AUX EMISSIONS TOTALES DU TERRITOIRE - 2019.....	4
3.2. EMISSIONS PAR HABITANT - 2019.....	5
3.3. EMISSIONS PAR PAROISSE – 2019	5
4. FOCUS SUR LES PRINCIPAUX SECTEURS EMETTEURS.....	7
4.1. LES EMISSIONS POLLUANTES ASSOCIEES AUX TRANSPORTS	7
4.1.1. Eléments de contexte	7
4.1.2. Répartition des émissions polluantes par type de voies	7
4.1.3. Répartition des émissions polluantes par type de véhicules	8
4.1.4. Evolution 2019-2022.....	9
4.1.5. Emissions des lignes de transport en commun en 2022	11
4.2. LE CHAUFFAGE DES LOGEMENTS ET BATIMENTS	12
4.2.1. Eléments de contexte	12
4.2.2. Répartition des émissions polluantes par type d'énergie.....	12
4.2.3. Emissions par habitant des secteurs résidentiel et tertiaire – 2019	13
4.3. LES EMISSIONS INDUSTRIELLES ET DE TRAITEMENT DES DECHETS	14
5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	15
TABLE DES ANNEXES	15

EN UN COUP D'ŒIL

Les émissions polluantes en Andorre en 2019 sont principalement dues :

- au **transport routier**, dont les émissions se concentrent au niveau des axes principaux ;
- au **chauffage des bâtiments** tertiaires (essentiellement fioul domestique) et résidentiels (fioul domestique et bois de chauffage) ;

La **contribution du secteur industriel aux émissions est plus limitée**, à l'exception des gaz à effet de serre (27%). Les activités responsables des émissions polluantes sont principalement la valorisation énergétique des déchets et la combustion de fioul domestique ou gaz naturel pour satisfaire les besoins énergétiques des différentes industries.

Comparativement au département voisin de l'Ariège ou à la région Occitanie, **les émissions par habitant en Andorre sont plus faibles** pour l'ensemble des polluants suivis, à l'exception du SO₂. Cela s'explique d'une part par le **faible poids des secteurs "agricole" et "transport non-routier"** en Andorre, et d'autre part par la nature différente des combustibles utilisés pour satisfaire aux besoins énergétiques.

Entre 2019 et 2022, les émissions issues du transport routier sont en diminution pour les oxydes d'azote, les particules PM₁₀ et les particules PM_{2.5} (de -9% à -18%) en raison du remplacement progressif d'anciens véhicules par des nouveaux moins polluants, malgré une augmentation globale de la circulation d'environ 3%.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

L'inventaire des émissions polluantes fait partie des dispositifs essentiels dans la surveillance de la qualité de l'air : en effet, il permet de connaître la contribution des différentes activités aux émissions polluantes à l'échelle d'un territoire, et donc d'éclairer les politiques de réduction de la pollution.

La principauté d'Andorre a déjà disposé d'un inventaire des émissions ponctuel ou parcellaire par le passé. Dans le cadre du partenariat avec le gouvernement d'Andorre, Atmo Occitanie a mis en place un inventaire des émissions basé sur celui réalisé en Occitanie et conforme aux pratiques au niveau français. Il a été construit comme un dispositif pérenne de surveillance de la qualité de l'air, conçu pour être actualisé régulièrement et permettre l'accompagnement et le suivi des politiques en faveur de la qualité de l'air sur la principauté.

Ce rapport propose ici une vue d'ensemble des émissions sur Andorre et une série d'indicateurs relatifs aux émissions polluantes quantifiées sur le territoire ainsi que des éclairages par secteur d'activité.

2. METHODOLOGIE

Données utilisées : Les émissions polluantes pour les différents secteurs d'activité sont estimées à partir des données d'activité existantes sur la Principauté d'Andorre, selon les outils d'Atmo Occitanie et des méthodologies en vigueur en France au travers du guide élaboré par le Pole de Coordination des Inventaires Territoriaux (PCIT). Il couvrira tout le territoire de la principauté, avec un découpage des émissions par paroisse. Une présentation complète et un détail méthodologique par secteur est disponible en annexe.

Année de référence : La dernière année de référence couverte par l'ensemble des données d'entrée nécessaires est l'année 2019, après exclusion des années 2020 et 2021 particulièrement impactées par les restrictions liées au COVID-19. Un focus est cependant réalisé pour le secteur à enjeux du transport routier, avec également une estimation des émissions sur l'année 2022.

Polluants estimés : Les polluants et gaz à effet de serre pour lesquels les émissions sont estimées à l'échelle du territoire Andorran sont conformes à ceux produits par les outils d'inventaire régional des émissions polluantes sur l'Occitanie :

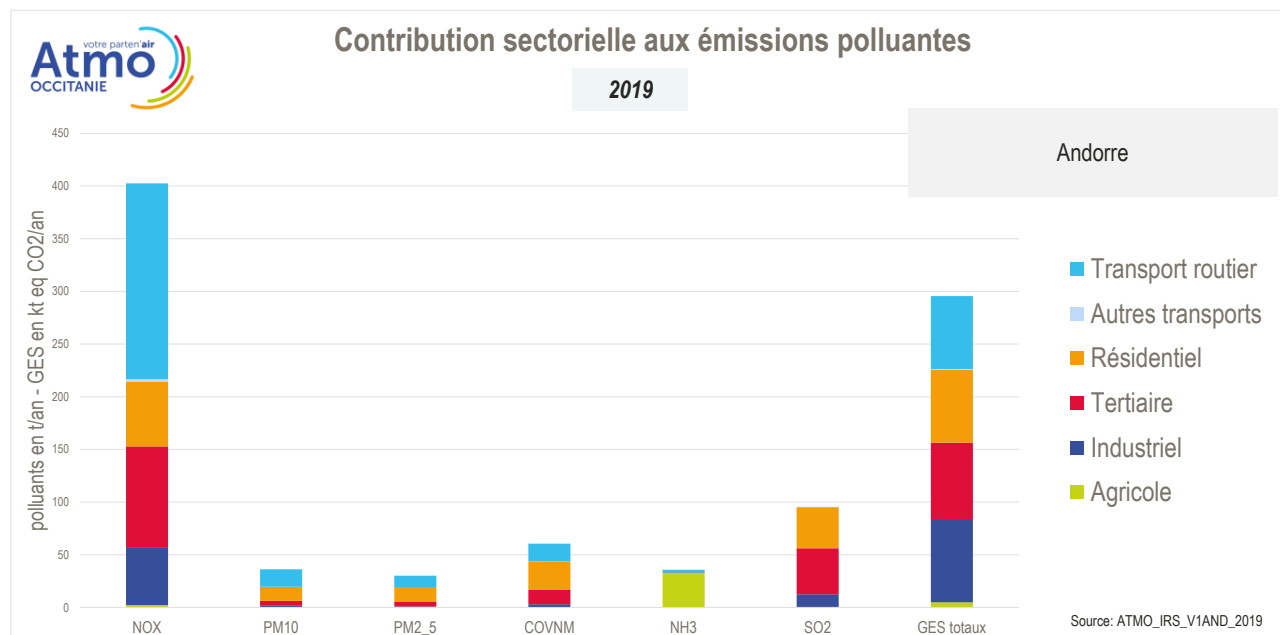
-  - Polluants atmosphériques : NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, COVNM, SO₂ et NH₃
-  - Gaz à effet de serre : CH₄, N₂O, CO₂ et GES totaux.

Version de l'inventaire des émissions et période de référence : Les données d'émissions présentées ici sont issues de la version de l'inventaire suivante :

ATMO_IRS_V1AND_2019

3. EMISSIONS POLLUANTES EN ANDORRE - 2019

3.1. Contribution sectorielle aux émissions totales du territoire - 2019



	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	COVNM	SO ₂	NH ₃	GES totaux	GES Hors CO ₂ Biomasse
Agricole	1%	1%	1%	0%	0%	92%	2%	2%
Industriel	14%	4%	2%	5%	13%	2%	27%	28%
Tertiaire	24%	13%	15%	23%	46%	0%	25%	25%
Résidentiel	15%	37%	43%	43%	41%	0%	23%	23%
Autres transports	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Transport routier	46%	46%	38%	28%	0%	6%	23%	22%

Premier contributeur

Deuxième contributeur

Réf: ATMO_IRS_V1AND_2019

Le transport routier est le premier contributeur aux émissions de NO_x et de particules en suspension PM₁₀ (46%) et représente une part importante des émissions de particules fines PM_{2.5} (38%) ainsi que de gaz à effet de serre (23%).

Les secteurs résidentiel et tertiaire représentent entre 39% et 87% des émissions des polluants suivis, à l'exception de l'ammoniac (NH₃). Pour ces deux secteurs, les émissions sont essentiellement liées à la consommation énergétique pour les besoins en chauffage.

Le secteur industriel, qui intègre dans ce graphique les émissions liées au traitement des déchets, est le principal contributeur aux émissions de gaz à effet de serre (27%).

Le secteur agricole émet la quasi-totalité des émissions d'ammoniac (NH₃). Sa contribution aux émissions des autres polluants émis est en revanche très faible.

La contribution du transport aérien, couvrant la totalité du **secteur des autres transports**, est très faible (<1%).

3.2. Emissions par habitant - 2019

		NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	COVNM	SO ₂	NH ₃	GES totaux	Pop 2019	ATMO_IRS_VIAND_2019
Unités		kg/hab						t eq CO ₂ /hab	Hab.	
Andorre	2019	5	0,5	0,4	0,8	1,2	0,5	3,8	77 543	
Ariège	2019	11	6,0	4,4	12	0,4	13	6,4	153 067	
Occitanie	2019	12	3,9	2,5	9,4	0,5	7,9	5,9	5 808 435	

En 2019, **les émissions par habitant en Andorre sont plus faibles que celles calculées à l'échelle de l'Ariège ou de l'Occitanie** pour l'ensemble des polluants suivis, à l'exception du SO₂.

Plusieurs facteurs expliquent ces résultats :

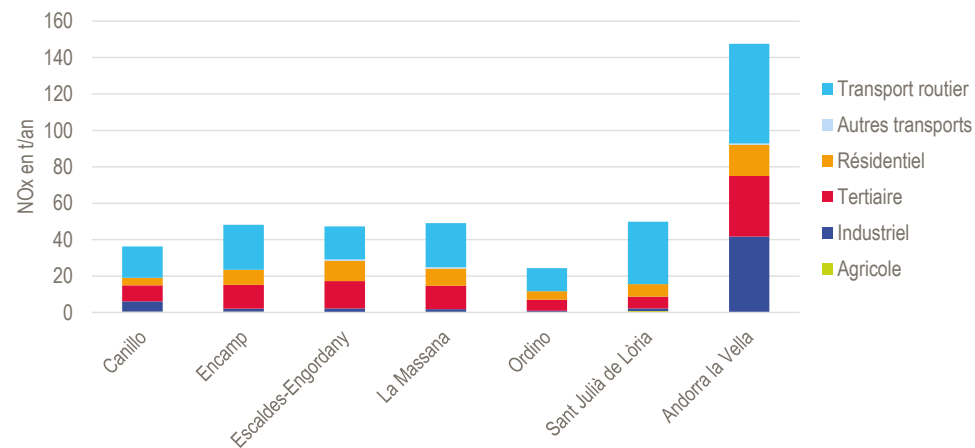
- Le **faible poids des activités agricoles et industrielles en Andorre** en comparaison de l'Ariège ou de l'Occitanie
- La **différence entre les combustibles utilisés pour satisfaire aux besoins énergétiques**, notamment pour le chauffage des bâtiments résidentiels ou tertiaires. Ainsi, le bois est particulièrement émissif en termes de particules et de COVNM (composés organiques volatils non méthaniques), mais est moins utilisé en Andorre qu'en Ariège. A l'inverse, le recours au fioul domestique, fortement émetteur de SO₂, est nettement plus fréquent en Andorre.

3.3. Emissions par paroisse – 2019

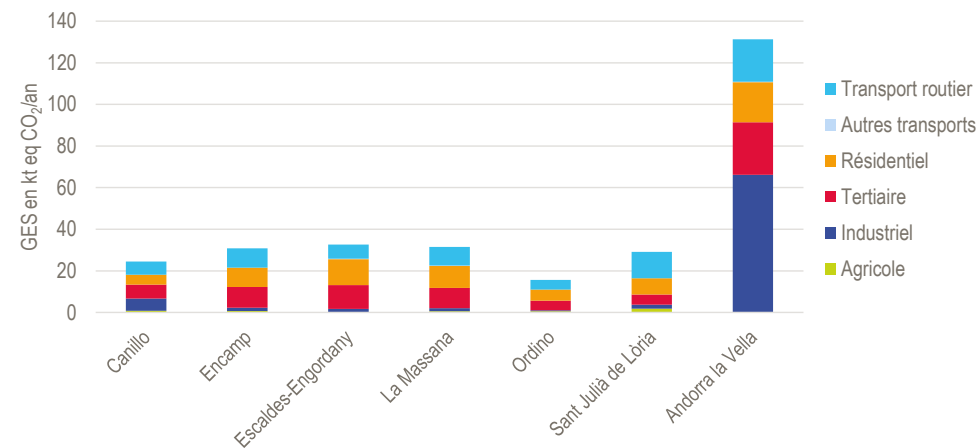
Selon le détail des données d'entrées sur la localisation des activités émettrices sur le territoire Andorran, il est possible d'estimer les émissions à l'échelle de la paroisse (voir page suivante). Cela permet de mieux visualiser quelles zones sont les plus concernées par les émissions des différents secteurs d'activité.



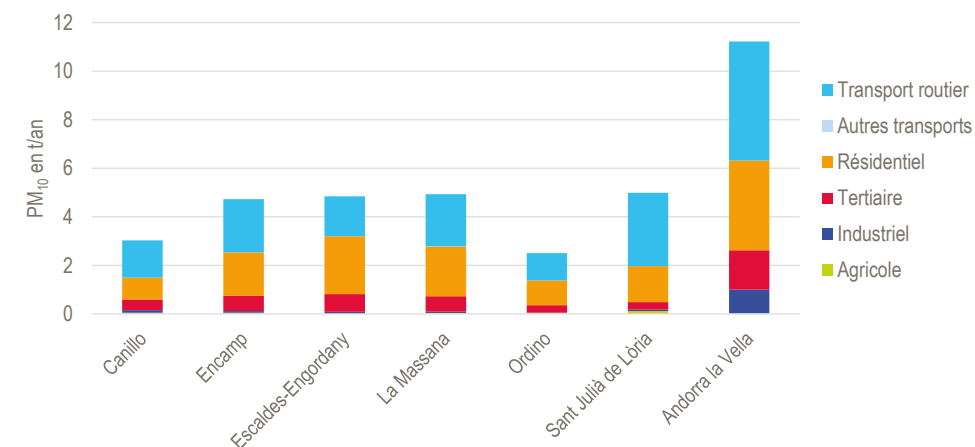
Emissions de NOx par paroisse
Andorre - 2019



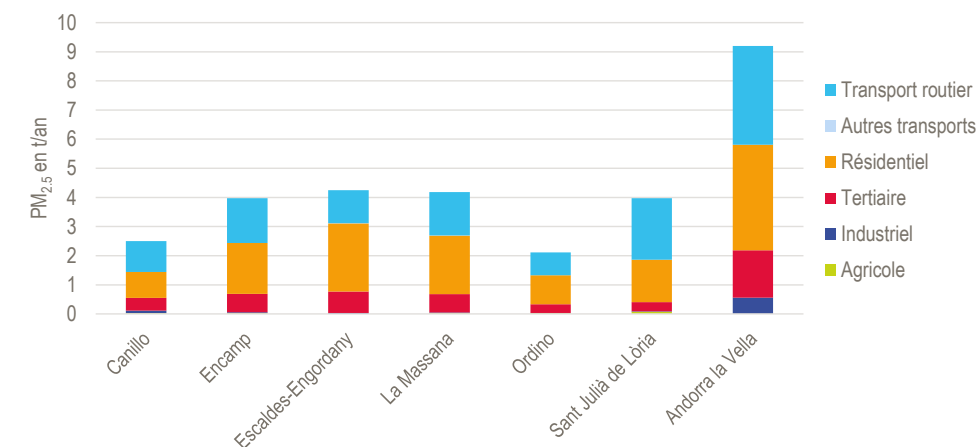
Emissions de GES par paroisse
Andorre - 2019



Emissions de PM₁₀ par paroisse
Andorre - 2019



Emissions de PM_{2.5} par paroisse
Andorre - 2019



4. FOCUS SUR LES PRINCIPAUX SECTEURS EMETTEURS

4.1. Les émissions polluantes associées aux transports

4.1.1. Eléments de contexte

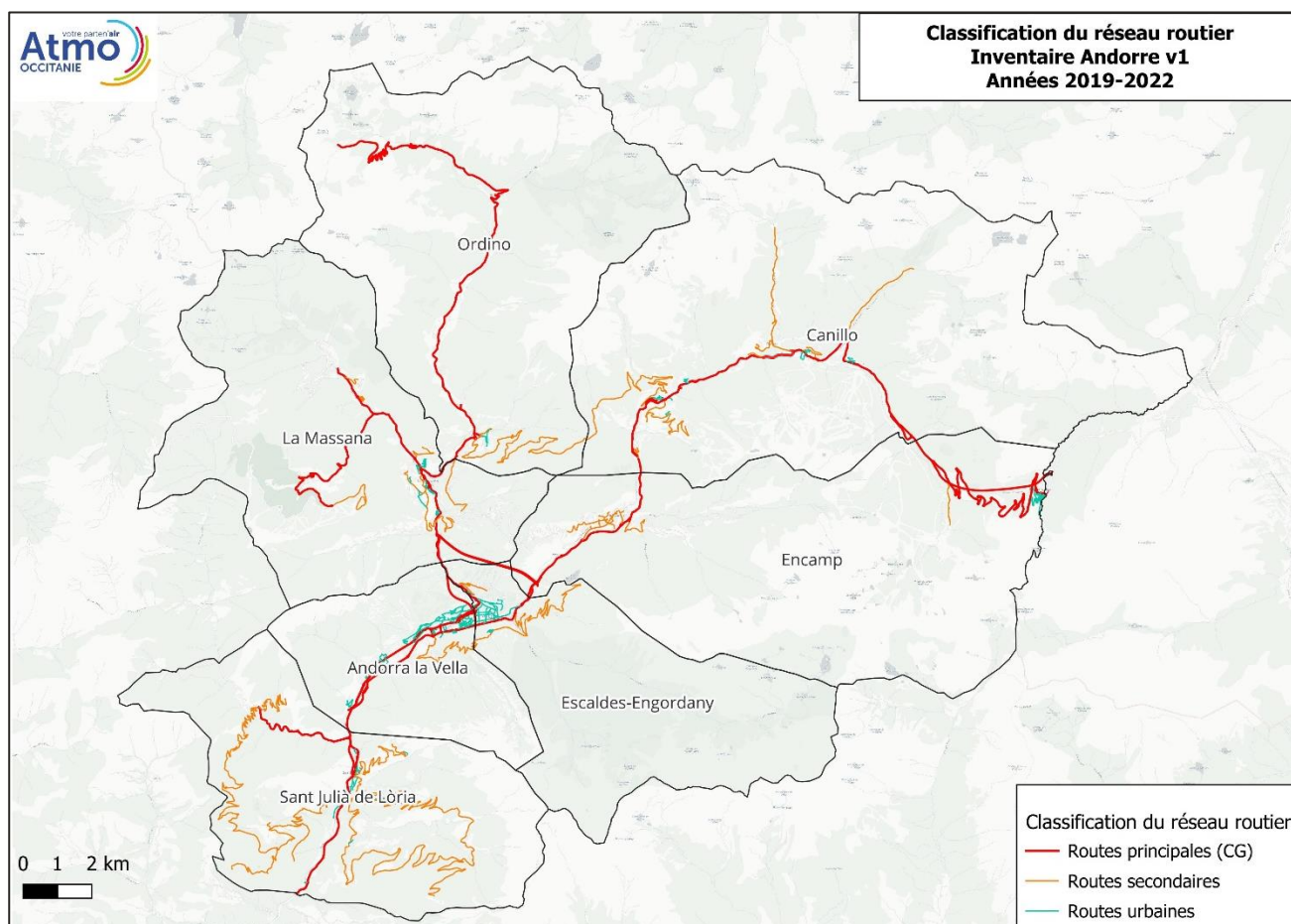
En Andorre, les transports sont réalisés presque exclusivement par voie routière. Les émissions associées au transport aérien, dont les déplacements en hélicoptère, sont très faibles en comparaison et ne seront pas détaillés.

Les émissions polluantes du transport routier sont issues :

- de la combustion du diesel ou de l'essence (émissions à l'échappement)
- de l'usure des routes et des pièces des véhicules (pneumatiques, freins...).

4.1.2. Répartition des émissions polluantes par type de voies

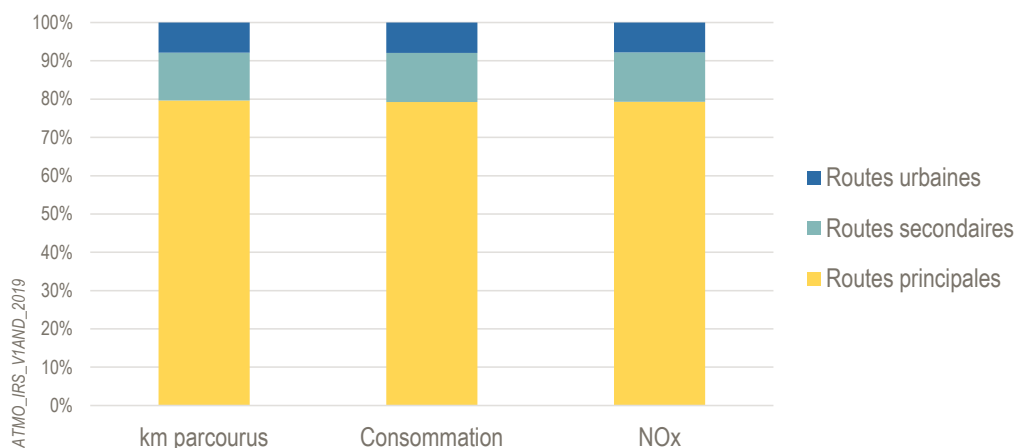
Le réseau routier en Andorre est classifié en trois catégories, présentées sur la carte ci-dessous.



Sur la principauté d'Andorre, environ 80% du transport routier circule via les routes principales, aussi bien en termes de km parcourus qu'en termes de consommation de carburant, contre 13% pour le réseau routier secondaire et 7% pour les routes urbaines, situés essentiellement dans la vallée centrale.



Répartition des km parcourus de la consommation et des émissions de NOx par type de route - Andorre - 2019



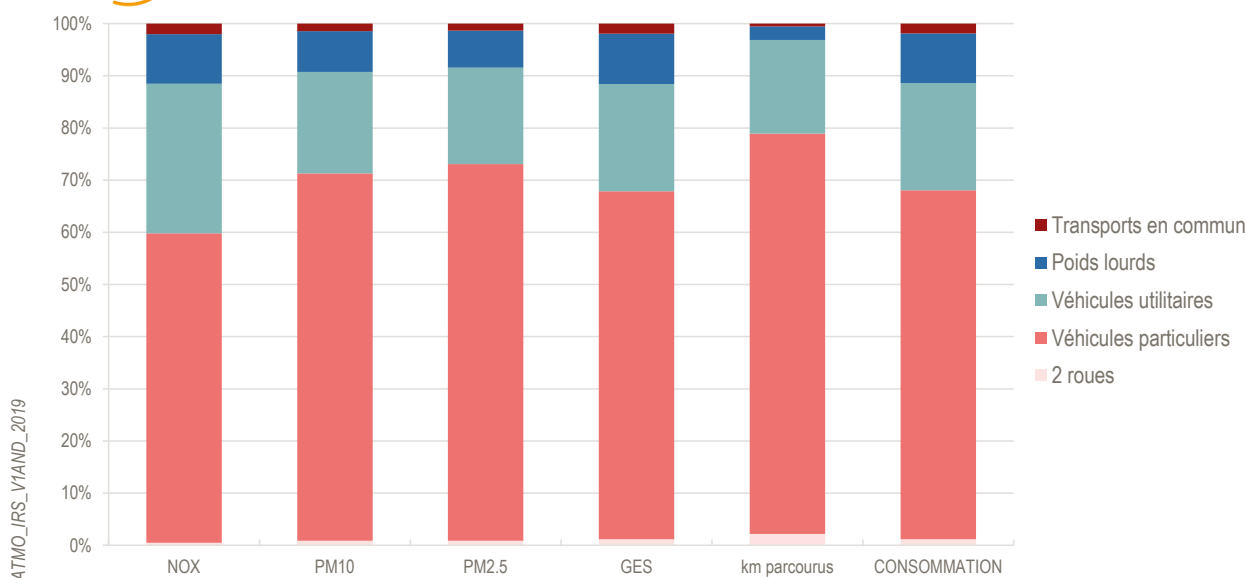
La répartition pour les émissions polluantes est similaire, comme illustré pour les oxydes d'azote sur le graphique ci-dessus.

4.1.3. Répartition des émissions polluantes par type de véhicules

Les émissions polluantes varient selon les véhicules, en fonction de leur type, leur motorisation ou encore le carburant utilisé. Le calcul des émissions du transport routier se base sur le parc *roulant*, prenant en compte le type de véhicule et le kilométrage annuel parcouru par chacun d'eux, contrairement au parc statique qui indique simplement le nombre de véhicules en circulation à l'échelle du territoire. Le parc roulant utilisé est ici celui produit par le CITEPA, à défaut de données spécifiques au territoire andorran.



Contribution aux émissions de polluants atmosphériques et GES par type de véhicule - Andorre - 2019

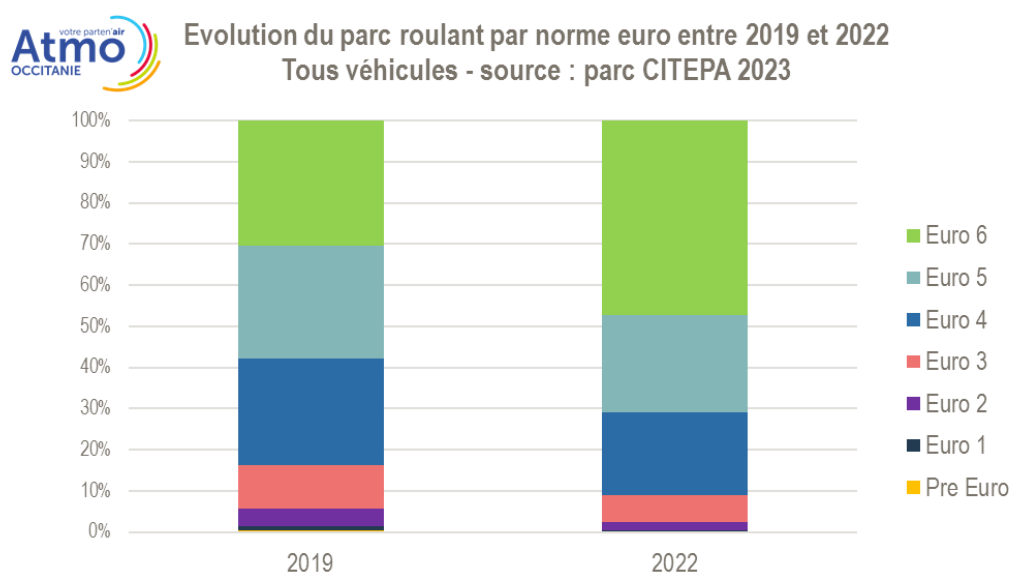


- 60% des émissions de NOx sont dues aux véhicules particuliers, contribution qui monte à plus de 70% pour les particules PM₁₀ et PM_{2.5}. Ces véhicules sont en effet ceux qui roulent le plus, avec 77% des km parcourus en Andorre, et environ 67% du carburant consommé.
- On remarque que la contribution des poids lourds, et dans une moindre mesure des véhicules utilitaires, aux émissions polluantes est plus importante que leur part de kilomètres parcourus.
- La part des 2 roues et du transport en commun reste marginale (<3%).

4.1.4. Evolution 2019-2022

Contrairement à d'autres secteurs d'activités, les données d'entrées nécessaires au calcul des émissions pour le transport routier étaient entièrement disponibles pour l'année 2022. Après les années 2020 et 2021 marquées par des restrictions de circulations et des flux frontaliers limités en raison de l'épidémie de COVID, 2022 marque un retour à la normale de la circulation. Une évolution entre 2019 et 2022 est ici présentée pour mettre en évidence des premières tendances.

4.1.4.1. Evolution du parc roulant

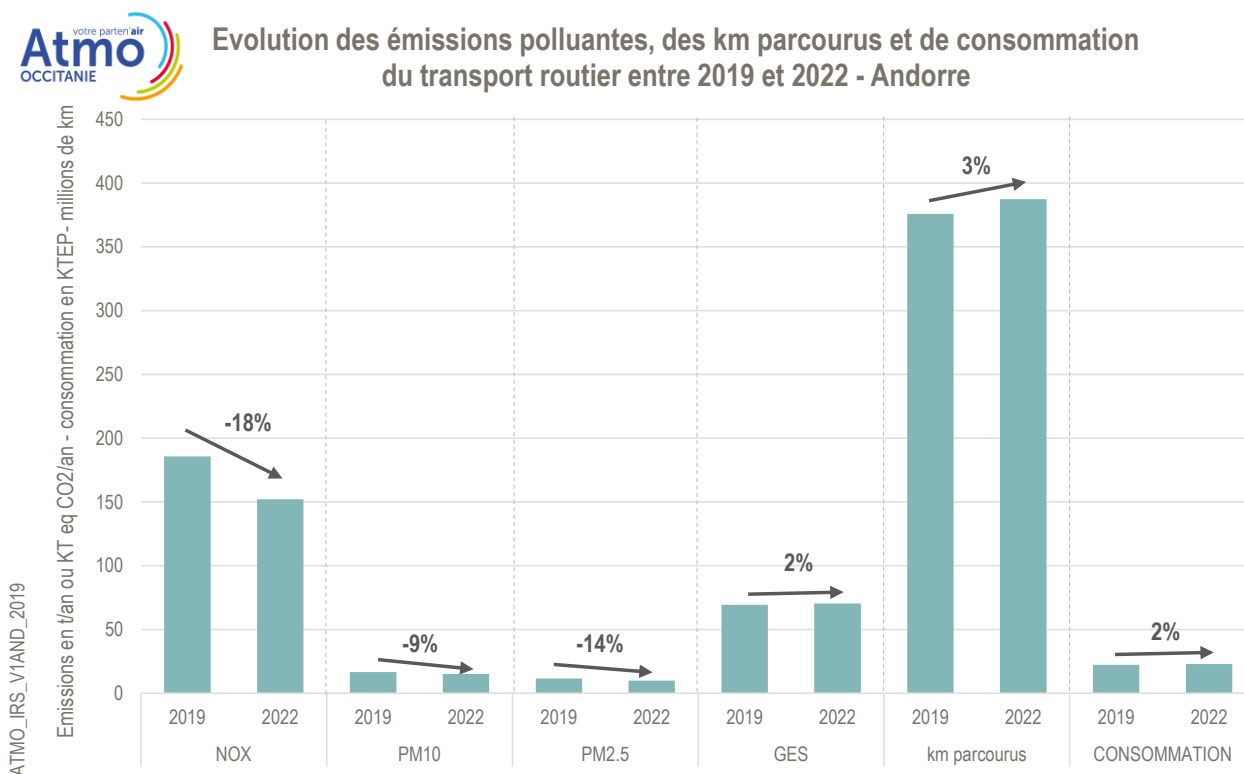


La Norme Euro correspond à une réglementation européenne fixant des limites d'émissions à ne pas dépasser pour les véhicules neufs. Mis en place depuis 1990, ces limites ont été progressivement abaissées, et la dernière en date, la norme Euro 6, s'impose à tous les véhicules neufs depuis le 1^{er} septembre 2015.

Le renouvellement du parc automobile avec les années permet de remplacer les véhicules anciens les plus émissifs par des véhicules récents moins polluants. Les émissions d'oxydes d'azote du trafic routier sont ainsi globalement en baisse à l'échelle de l'Occitanie, ou plus largement en France, malgré une circulation qui a tendance à augmenter.

Entre 2019 et 2022, la part des véhicules Euro 6 dans le parc roulant fourni par le CITEPA, toutes catégories confondues, passe de 30% à 47%.

4.1.4.2. Evolution des émissions du transport routier entre 2019 et 2022



Les émissions du transport routier diminuent entre 2019 et 2022 en Andorre pour la majorité des polluants, malgré une circulation en hausse de 3%. Cette baisse s'observe sur les émissions polluantes à l'échappement et est principalement liée au renouvellement progressif du parc de véhicules roulants moins polluants. Le renouvellement du parc roulant n'a pas d'influence sur les émissions de particules liées à l'usure de la route et des pièces des véhicules. La diminution des émissions totales de particules est donc moins marquée.

Les émissions de GES totaux sont en revanche directement corrélées à la consommation de carburant, qui a **augmenté de 2% entre 2019 et 2022.**

Cette tendance est comparable avec celle observée en Ariège ou en Occitanie, territoires où est observée une baisse des émissions polluantes, à l'exception des GES, malgré une circulation aussi importante entre 2019 et 2022.

		Territoire	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	GES totaux	Kilomètres parcourus	Population	ATMO_IRS_V1AND_2019
Evolution entre 2019 et 2022		Andorre	-18%	-9%	-14%	2%	3%	5,2%	
		Ariège	-20%	-14%	-19%	-1%	0%	1,5%	
		Occitanie	-20%	-11%	-17%	2%	0%	4,7%	

4.1.5. Emissions des lignes de transport en commun en 2022

Une estimation plus précise des émissions liées aux différentes lignes de transport en commun circulant en Andorre a été réalisée sur l'année 2022. Cette estimation se base sur la flotte de bus réelle et sur les kilomètres parcourus à l'année pour chaque ligne de bus.

	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	COVNM	GES totaux	Km parcourus	ATMO_IRS_VTAND_2019
Unités	kg/an				t eq CO ₂ /an	km	
Ligne 1	564	43	26	18	295	339 130	
Ligne 2	602	45	28	19	315	361 655	
Ligne 3	63	5	3	2	33	37 758	
Ligne 4	1 168	88	55	37	610	701 946	
Ligne 5	356	27	17	11	186	213 741	
Ligne 6	649	49	30	21	339	390 256	
Ligne express	123	9	6	4	64	73 749	
Ligne renfort	287	22	13	9	150	172 672	
Total	3 812	287	178	120	1 992	2 290 907	

Le total des **émissions du transport en commun** estimé de cette manière correspond bien à environ **1 à 2% des émissions du transport routier** calculées précédemment.

Bien que le poids des émissions du transport en commun reste faible, cette évaluation détaillée peut permettre d'accompagner la principauté dans l'évaluation des actions futures impactant le réseau de transport en commun.

4.2. Le chauffage des logements et bâtiments

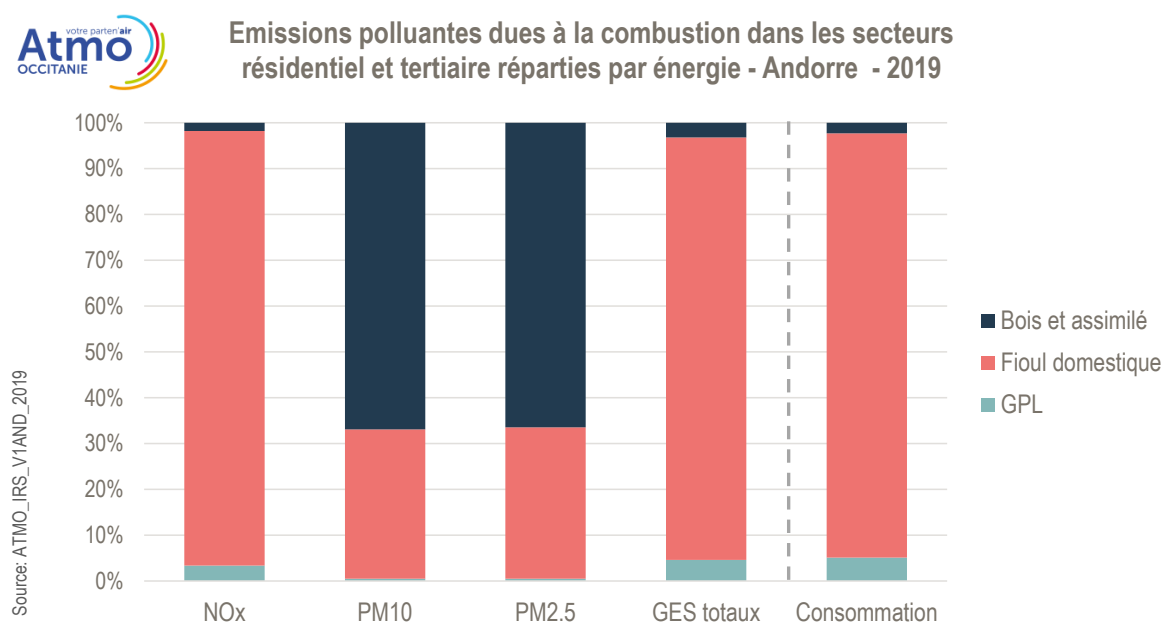
4.2.1. Eléments de contexte

Les émissions de polluants atmosphériques et GES des secteurs résidentiel et tertiaire sont très majoritairement dues à la consommation énergétique, notamment pour les besoins en termes de chauffage.

D'autres activités émettrices existent comme l'utilisation domestique de solvants, de peintures, de petits outillages des particuliers, ou encore le brûlage domestique de déchets verts... A l'exception des COVNM, leur contribution reste très faible en comparaison de la quantité totale. Par exemple, sur l'Occitanie, ces autres sous-secteurs représentent moins de 1% des émissions des principaux polluants estimés, seules les émissions de COVNM présentent une situation différente avec l'utilisation de solvants qui contribue à plus de 40% des émissions.

La contribution de ces sous-secteurs d'émissions est négligée dans les résultats présentés ici. En axe d'amélioration, il est prévu d'intégrer dans la prochaine version les émissions de COVNM liées à l'utilisation de solvant.

4.2.2. Répartition des émissions polluantes par type d'énergie



Les **émissions de NOx et de GES du secteur résidentiel sont très largement issues de la combustion du fioul domestique**. Ce résultat s'explique par le fait que, hors électricité – dont les émissions sont comptabilisées à la production dans le secteur industriel – le fioul domestique est la source énergétique majoritairement utilisée en Andorre pour les secteurs tertiaire et résidentiel, avec 92% de contribution contre respectivement 5% pour le GPL et 3% pour la combustion de biomasse (bois et assimilé).

En revanche, la **combustion de biomasse est fortement émettrice de particules PM₁₀ et PM_{2.5}** en comparaison aux autres sources énergétiques, et représentent 66% des émissions totales de ces deux secteurs.

Les quantités d'émissions de particules issues du chauffage au bois sont très variables selon les équipements. Une cheminée ouverte ou un poêle à bois relativement ancien sont ainsi nettement plus émissifs qu'un insert ou poêle à bois récent. Une modernisation du parc d'équipements de chauffage au bois, peu ainsi avoir un impact important sur les quantités de particules émises pour les besoins en chauffage.

4.2.3. Emissions par habitant des secteurs résidentiel et tertiaire – 2019

		NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	GES totaux	Pop. 2019	ATMO_IRS_V1AND_2019
Unités		kg/hab				t eq CO ₂ /hab	Hab.	
Andorre	2019	2,0	0,2	0,2	1,1	1,8	77 543	
Ariège	2019	1,4	2,6	2,5	0,2	1,9	153 067	
Occitanie	2019	1,0	1,3	1,3	0,2	1,2	5 808 435	

Les émissions par habitant des secteurs résidentiel et tertiaire en Andorre présentent plusieurs différences avec les résultats en Ariège et en Occitanie, principalement en raison de la différence dans la nature des sources énergétiques utilisées.

Ainsi, la part bien plus faible de l'utilisation de bois pour le chauffage conduit à des émissions par habitant nettement plus faibles de particules PM₁₀ et de PM_{2,5}. A l'inverse, l'utilisation relativement importante du fioul domestique en Andorre conduit à des émissions de SO₂ par habitant plus importantes.

Les données concernant les COVNM ne sont pas détaillées ci-dessus car les émissions liées à l'usage domestique de peintures et solvants ne sont pour le moment pas intégrées aux résultats, conduisant à une sous-estimation des émissions de COVNM du secteur résidentiel en Andorre.

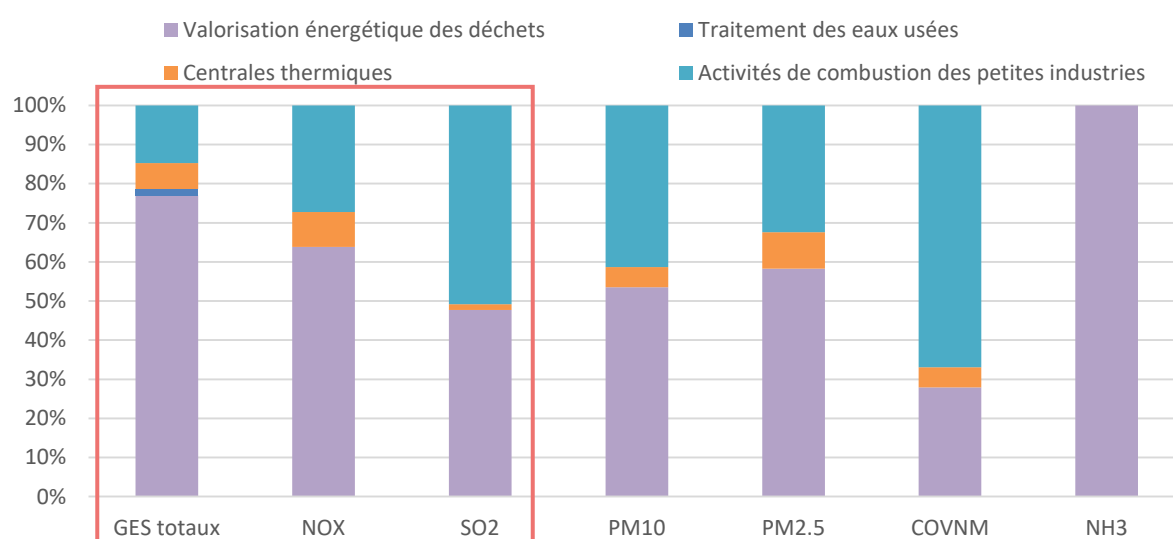
4.3. Les émissions industrielles et de traitement des déchets

L'estimation des émissions industrielles et de traitement des déchets en Andorre a été réalisée pour 4 grandes activités :

- La valorisation énergétique des déchets (CTRASA : Centre de Tractament de Residus d'Andorra) ;
- Le traitement des eaux usées ;
- Les centrales thermiques de cogénération (deux unités : Incles et la Comella) ;
- Les activités de combustion des petites industries.



Contribution aux émissions polluantes des secteurs industriel et traitement des déchets selon l'activité - Andorre - 2019



Pour rappel (cf. §3.1), la contribution du secteur industrie et traitement des déchets est significative pour les émissions de GES (27%), de NO_x (14%) et de SO₂ (13%), polluants encadrés en rouge sur le graphique ci-dessus.

Comme pour les secteurs résidentiel et tertiaire, les émissions des secteurs "industrie" et "traitement des déchets" proviennent très majoritairement des processus de combustion, aussi bien pour subvenir au besoin énergétique que pour traiter les déchets ménagers ou boues d'épuration par incinération. Ainsi, la majorité des émissions proviennent de l'unité de valorisation énergétique des déchets (CTRASA) et de celles dues à la combustion pour les plus petites industries présentes en Andorre.

Le traitement des eaux usées ou l'activité des centrales thermiques (consommatrices principalement de gaz naturel) représentent une part plus faible pour tous les polluants étudiés avec, moins de 10% des émissions du secteur.

Remarque : les émissions présentées ici ne sont pas différenciées selon l'origine biogénique ou non du combustible. Pour l'évaluation des émissions de GES dans certains plans ou programmes nationaux ou internationaux, il est possible que les émissions liées à la combustion de biomasse soient comptabilisées à part.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'évaluation des émissions polluantes pour les différents secteurs d'activité sur la principauté d'Andorre a permis de mettre en évidence et de quantifier le poids des principales sources de pollution locales. En particulier, le transport routier et la combustion de fioul domestique et de bois pour chauffer les bâtiments résidentiels ou tertiaires ressortent comme les secteurs cibles pour influencer significativement sur les émissions polluantes.

Cette évaluation sur l'année 2019 permet de dresser un premier diagnostic complet des émissions, qui pourra être actualisé au cours des prochaines années. Cet inventaire est amené à évoluer aussi bien pour tenir compte de l'évolution des pratiques et des méthodologies, mais également pour pouvoir intégrer des données d'entrées plus précises et détaillées sur les secteurs à enjeux.

En complément d'un diagnostic sur une année de référence passée, l'inventaire des émissions mis en place pourra permettre un accompagnement des politiques de réduction des émissions notamment au travers d'études de scénarii prospectifs. De plus, l'inventaire des émissions polluantes à l'échelle locale est une source de données indispensable à la réalisation de cartographies des concentrations de polluants via des outils de modélisation.

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Présentation des polluants suivis

ANNEXE 2 : Méthodologie de l'inventaire des émissions

ANNEXE 1 : PRESENTATION DES POLLUANTS SUIVIS

1. OXYDES D'AZOTE (NO_x)

1.1. Origine

Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) sont émis lors des phénomènes de combustion. Le monoxyde d'azote NO s'oxyde rapidement en NO₂ au contact des oxydants présents dans l'air, comme l'oxygène et l'ozone. Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion (centrales thermiques, chauffage...). Le pot catalytique a permis, depuis 1993, une diminution des émissions des véhicules à essence, mais l'effet reste encore peu perceptible compte tenu de la forte augmentation du trafic. Le NO₂ se rencontre également à l'intérieur des locaux où fonctionnent des appareils au gaz tels que gazinières, chauffe-eau...

1.2. Effets

Le NO₂ est un gaz irritant pour les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.

Le NO₂ participe aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique – dont il est l'un des précurseurs –, à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique et à l'effet de serre.

2. PARTICULES (PM₁₀, PM_{2.5},)

2.1. Origine

Les particules en suspension ont une très grande variété de tailles, de formes et de compositions. Les particules dont le diamètre est inférieur à 10 µm et 2,5 µm sont appelées respectivement PM₁₀ et PM_{2.5}.

Elles ont plusieurs origines :

- les émissions directes dans l'atmosphère, provenant de sources anthropiques (voir graphique ci-dessous) ou naturelles (érosion, poussières sahariennes, embruns marins...) ;
- les transformations chimiques à partir de polluants gazeux (particules secondaires). Par exemple, dans certaines conditions, le dioxyde d'azote associé à l'ammoniac pourra se transformer en particules de nitrates et le dioxyde de soufre en sulfates ;
- les remises en suspension des particules qui s'étaient déposées au sol sous l'action du vent ou par les véhicules le long des rues.

La taille des particules émises est fonction de la source d'émission et l'on distingue :

- les particules grossières (entre 2,5 et 10 μm), principalement émises par des processus physiques (érosion ou abrasion), ainsi que des sources naturelles (pollens, embruns...)
- les particules fines (entre 0,1 et 2,5 μm), provenant essentiellement des processus de combustion ou formés chimiquement dans l'atmosphère.

2.2. Effets

Selon leur taille (granulométrie), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.

Les particules ultrafines, actuellement les plus petites que l'on puisse mesurer et observer, ont ainsi été définies en 2018 par l'ANSES comme un des polluants prioritaires. Actuellement non réglementé, l'ANSES recommande de renforcer son suivi au niveau national.

3. DIOXYDE DE SOUFRE (SO_2)

3.1. Origine

Le dioxyde de soufre (SO_2) est issu de la combustion des énergies fossiles contenant des impuretés soufrées plus ou moins importantes : charbon, fioul. Ses principales sources en Occitanie sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles et les unités de chauffage individuel et collectif. Le trafic automobile (les véhicules diesel) ne constitue qu'une faible part des émissions totales (3% des émissions de l'Occitanie en 2019), surtout depuis que le taux de soufre dans le gasoil est passé de 0,2% à 0,05%.

Depuis une quinzaine d'années, le développement de l'énergie électronucléaire, la régression du fuel lourd et du charbon, une bonne maîtrise des consommations énergétiques et la réduction de la teneur en soufre des combustibles (et carburants) ont permis la diminution des concentrations ambiantes en SO_2 en moyenne de plus de 50%.

3.2. Effets

Ce gaz irritant agit en synergie avec d'autres substances, notamment les particules en suspension. Il provoque des irritations oculaires, cutanées et respiratoires.

L'exposition prolongée augmente l'incidence des pharyngites et bronchites chroniques. De nombreuses études épidémiologiques ont démontré que l'exposition au dioxyde de soufre à des concentrations d'environ 1 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ peut engendrer ou exacerber des affections respiratoires (toux chronique, dyspnée, augmentation

des infections) et entraîner une augmentation du taux de mortalité par maladie respiratoire ou cardio-vasculaire.

Le SO_2 se transforme en acide sulfurique au contact de l'humidité de l'air et participe au phénomène des pluies acides. Il contribue également à la dégradation de la pierre et des matériaux de nombreux monuments.

4. GAZ A EFFET DE SERRE (GES)

4.1. Origine

Les GES sont des composants gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et contribuent ainsi à l'effet de serre. Les principaux GES naturellement présents dans l'atmosphère sont : la vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde carbone (CO_2), le méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O) et l'ozone (O_3).

4.2. Effets

L'augmentation de leurs concentrations dans l'atmosphère terrestre est l'un des facteurs à l'origine du réchauffement climatique.

ANNEXE 2 : METHODOLOGIE DE L'INVENTAIRE DES EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES ET GES

1. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et GES sur le territoire de l'Andorre

1.1. Emissions directes et indirectes

Les émissions polluantes analysées dans cet état des lieux sont **les émissions directes de polluants atmosphériques et de GES**.

Pour rappel, on classe les émissions de GES en 3 catégories dites « Scope » (pour périmètre, en anglais).

- Scope 1 / Emissions directes : ce sont celles qui sont produites sur le territoire par les secteurs précisés dans l'arrêté relatif au PCAET : résidentiel, tertiaire, transport routier, autres transports, agricole, déchets, industrie, branche énergie hors production d'électricité, de chaleur et de froid. Elles sont le fait des activités qui sont localisées sur le territoire y compris celles occasionnelles (par exemple, les émissions liées aux transports à vocation touristique en période saisonnière, la production agricole du territoire, etc.). Les émissions associées à la consommation de gaz et de pétrole font partie du scope 1.
- Scope 2 / Émissions indirectes des différents secteurs liées à leur consommation d'énergie ; ce sont les émissions indirectes liées à la production d'électricité et aux réseaux de chaleur et de froid, générées sur ou en dehors du territoire mais dont la consommation est localisée à l'intérieur du territoire.
- Scope 3 / Émissions induites par les acteurs et activités du territoire ; elles peuvent faire l'objet d'une quantification complémentaire. Certains éléments du diagnostic portant sur les gaz à effet de serre peuvent faire l'objet d'une quantification complémentaire prenant plus largement en compte des effets indirects, y compris lorsque ces effets indirects n'interviennent pas sur le territoire considéré ou qu'ils ne sont pas immédiats.

1.2. Version des données d'inventaire

Les données d'émissions de polluants atmosphériques et GES analysées ici sont versionnées comme suit :

«ATMO_IRS_V1AND_2019»

Cette référence est à mentionner pour toute exploitation des données et diffusion de résultats associés.

1.3. Méthodologie générale

Dans le cadre de l'arrêté du 24 août 2011 relatif au Système National d'Inventaires d'Emissions et de Bilans dans l'Atmosphère (SNIEBA), le Pôle de Coordination nationale des Inventaires Territoriaux (PCIT) associant le Ministère en charge de l'Environnement, l'INERIS, le CITEPA et les Associations Agréées de Surveillance de Qualité de l'Air, a mis en place un guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques.

Ce guide constitue la référence nationale française en matière d'inventaire des émissions. Sur cette base et selon les missions qui lui sont ainsi attribuées, Atmo Occitanie réalise et maintient à jour un Inventaire Régional Spatialisé des émissions de polluants atmosphériques et GES sur l'ensemble de la région Occitanie.

En l'absence d'équivalent Andorran, c'est en s'appuyant sur cette référence que l'inventaire territorial 2019 des émissions de l'Andorre a été établi.

L'inventaire des émissions réalisé ici référence une dizaine de substances avec les principaux polluants réglementés (NO_x , particules en suspension, COVNM, SO_2 , NH_3) et les gaz à effet de serre (CO_2 , N_2O , CH_4).

Les quantités annuelles d'émissions de polluants atmosphériques et GES sont ainsi calculées pour l'ensemble de la principauté d'Andorre par paroisses pour les principaux secteurs et sous-secteurs d'activité.

La méthodologie de calcul des émissions consiste en un croisement entre des données primaires (statistiques socioéconomiques, agricoles, industrielles, données de trafic...) et des facteurs d'émissions issus de bibliographies nationales françaises et européennes.

$$E_{s,a,t} = A_{a,t} * F_{s,a}$$

Avec :

$E_{s,a,t}$: émission relative à la substance « s » et à l'activité « a » pendant le temps « t »

$A_{a,t}$: quantité d'activité relative à l'activité « a » pendant le temps « t »

$F_{s,a}$: facteur d'émission relatif à la substance « s » et à l'activité « a »

Ci-dessous un schéma de synthèse de l'organisation du calcul des émissions de polluants atmosphériques et GES :

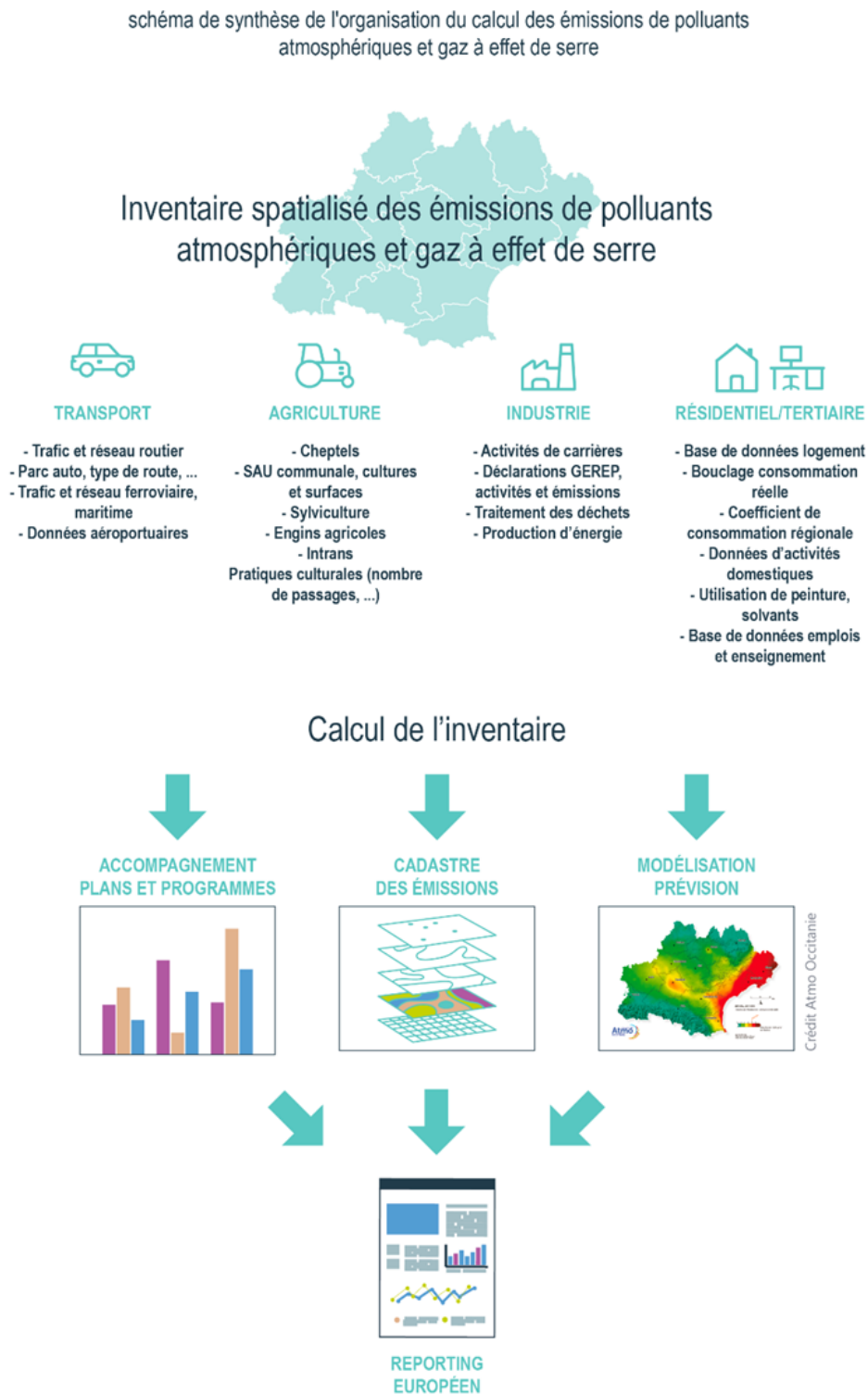


Figure 1 : L'inventaire des émissions réalisé par Atmo-Occitanie

2. Méthodologie par secteur d'activité

La méthodologie de la réalisation de l'inventaire des émissions s'appuie sur les données réelles d'activité de la principauté d'Andorre. Celles-ci nous ont été communiquées par le gouvernement Andorran.

La réalisation d'un inventaire des émissions nécessite l'identification et la spatialisation des sources d'émissions de polluants et de GES dans l'atmosphère pour les différentes activités émettrices. Les paragraphes ci-dessous détaillent par secteur les données disponibles et les hypothèses prises en compte pour aboutir à cette première version de l'inventaire des émissions sur l'Andorre.

Les principales données d'entrée ainsi que leurs sources sont précisées. Sauf mention contraire, les facteurs d'émissions sont ceux utilisés dans l'inventaire régional réalisé annuellement en Occitanie.

Les prochaines versions viseront à améliorer ces estimations, soit par l'intégration de nouvelles données, soit par une définition des hypothèses plus proches des activités réelles, notamment pour les postes d'émissions les plus importants.

2.1. Secteur transport routier

Calcul des émissions du secteur transport routier

Le calcul des émissions routières repose sur l'utilisation de la méthodologie COPERT (Computer Programme to Estimate Emissions from Road Transport), un outil européen de référence pour l'estimation des émissions liées au transport routier. Ce programme fournit des facteurs d'émission pour différents types de véhicules et polluants (NOx, PM, CO2, etc.) en fonction des caractéristiques du trafic (type de véhicule, vitesse moyenne, type de carburant utilisé).

Les sources d'émissions sont divisées en plusieurs catégories :

- Émissions à chaud : Produites par la combustion du carburant lorsque le véhicule est en fonctionnement normal.
- Émissions à froid : Elles correspondent aux surémissions lors des démarrages à froid, lorsque les moteurs fonctionnent à basse température.
- Évaporation : Émissions dues à l'évaporation des carburants dans les réservoirs.
- Usure des freins, des pneus et de la chaussée : Ces sources contribuent également aux émissions de particules dans l'atmosphère.

Les quantités annuelles d'émissions liées au secteur routier de la principauté d'Andorre sont calculées par tronçon de route, et agrégées à l'échelle des différentes paroisses et de la principauté.

Les données utilisées pour le calcul des émissions routières proviennent de plusieurs sources :

- **Caractéristiques réseau routier fixe spatialisé :**

Les émissions sont calculées en fonction des caractéristiques du réseau routier andorran, géo-référencé avec des coordonnées uniques pour chaque route. Ce réseau est classé en trois type de route : routes principales, secondaires et urbaines. Chaque tronçon routier est défini par une vitesse maximale, un nombre de voies et une capacité de circulation (nombre de véhicules maximum pouvant circuler de manière fluide sur une heure).

- **Comptages de trafic routier :**

Les données de comptage de trafic sont issues des relevés effectués sur le réseau routier andorran et sont utilisées pour déterminer les données d'activité. La méthode de calcul repose sur des données de trafic moyen journalier annuel (TMJA) – intensitat mitjana diària (IMD) en Catalan – fournies par le service mobilité du gouvernement Andorran. De plus, les données de comptages sur les axes routiers andorrans ont permis d'établir des profils horaires de débit et de vitesse des véhicules.

Les émissions sont estimées à partir des comptages disponibles ou, à défaut, par reconstitution du trafic. Ces données incluent une résolution horaire, ce qui permet de mieux caractériser les variations de trafic au cours de la journée et des saisons.

La part des poids lourds n'étant pas disponible à l'exception des données aux 2 postes frontières, une valeur par défaut est établie pour chacune des trois typologies de route, sur la base des données en Occitanie :

- 3% du trafic sur les axes principaux
- 2% sur les axes secondaires
- 0% sur les axes urbains

- **Données du parc automobile :**

Le parc routier utilisé dans cette étude est le parc routier national français (CITEPA v2023). Cette répartition inclut la classification des véhicules par type (voitures particulières, poids lourds, Car/Bus, véhicules utilitaires légers, deux-roues motorisés) et tient compte des normes Euro (Euro 4, Euro 5, Euro 6, etc.), ainsi que la motorisation (essence, diesel, électrique, GNV/GP).

- **Données concernant le transport en commun :**

Une estimation spécifique des émissions liées aux transports en commun sur la principauté est réalisée sur l'année 2022, à partir du parc de bus existant et des kilomètres parcourus par lignes sur l'année. Une vitesse moyenne de 25 km/h a été comme hypothèse.

Principales sources de données

Les données utilisées pour le calcul des émissions du secteur routier :

Données utilisées	Sources
Carte des trafic Moyen Journalier annuel (TMJA) entre 2017 et 2022	Mapa d'intensitat mitjana diària (IMD) a Andorra - Département mobilité du gouvernement Andorran
Réseau andorran spatialisé	
Données de comptage des véhicules : trafic moyen horaire, profils journaliers, mensuels et annuels.	Données ETD et Thermicams - Département mobilité du gouvernement Andorran
Caractéristiques réseau (vitesse , capacités des routes , nombre de voies)	OSM (OpenStreetMap)
Flotte et fréquence par ligne de transport en commun – Année 2022	Département Transports du gouvernement Andorran
Parc roulant : Répartition du trafic routier par type de véhicules	Parc CITEPA v2023 (Parc automobile Français)

2.2. Secteurs résidentiel – tertiaire

Émissions résidentielles

Les émissions liées au secteur résidentiel sont calculées à partir de données de détail logement. Ces données doivent indiquer le nombre de logement, le nombre de personnes, les surfaces, l'énergie utilisée, le type de chauffage (individuel et collectif), par année d'achèvement de construction du logement. Ces données combinées à des coefficients de consommations unitaires d'énergie (par unité de surface ou par personne habitant le logement), corrigées par des Degrés Jours Unifiés DJU, permettent d'estimer une consommation par paroisse, par année et par énergie. Cette consommation calculée est utilisée pour répartir par paroisse la consommation totale du secteur résidentiel, fournie par le partenaire, par combustible.

Pour compléter les données de détail logements nécessaires au calcul, des ratios sont calculés à partir des données des deux agglomérations françaises voisines du territoire Andorran (la CC de la Haute Ariège et la CC Pyrénées Cerdagne), exploitées dans l'inventaire régional en Occitanie.

Émissions tertiaires

Les émissions liées au secteur tertiaire sont calculées à partir des données d'effectifs par branche (transport, sport-loisirs, communautaire, bureaux, commerces, café-hôtel-restaurant, sante-social et enseignement). Ces données d'effectifs sont combinées à des coefficient de consommations unitaires d'énergie corrigées par les DJU, et des ratios d'énergie par découpage territorial calculés dans le secteur résidentiel (par paroisse pour l'Andorre) ; et permettent d'estimer une consommation par paroisse, par année et par énergie. Cette consommation calculée est utilisée pour répartir par paroisse la consommation totale du secteur tertiaire, fournie par le partenaire, par combustible.

Principales sources de données

Données utilisées	Sources
Nombre de logement par typologie et par paroisse	Département des statistiques du gouvernement Andorran
Nombre d'habitations résidentielles par classe de superficie et par paroisse	
Population par paroisse	
Effectifs d'étudiants dans les établissements d'enseignement, par paroisse	
Consommation de combustible par secteur	Premier rapport biennal sur la transparence d'Andorre – Gouvernement Andorran
Nombre d'établissements par secteurs d'activités et par paroisse	CAEA – Département des statistiques du gouvernement Andorran

Les données de consommations unitaires et de DJU sont celles utilisées dans l'inventaire régional réalisé annuellement en Occitanie.

2.3. Secteur industriel

Les émissions liées au secteur industriel de la principauté d'Andorre peuvent être classées selon deux catégories : les émissions issues des activités productrices d'énergie et les émissions provenant des industries dites manufacturières

Émissions des industries « productrices d'énergie »

Les principaux sites industriels sur la principauté concernent la production d'énergie. Une attention particulière a ainsi été accordée aux calculs des émissions associées à l'unité de valorisation des déchets ménagers CTRASA et aux centrales thermiques d'Inclès et de Comella.

Unité de valorisation des déchets ménagers

Les émissions associées à l'incinérateur de la CTRASA ont été calculées à partir des données de consommation de carburant (diesel) et du détail des quantités de déchets incinérées.

Centrales thermiques

Les émissions liées à l'activité des deux centrales thermiques reposent directement sur les quantités de GNL consommé par ces centrales. Pour l'inventaire de l'année 2019, afin de considérer spécifiquement l'activité de chacune d'elles, une hypothèse de consommation de GNL de 4% a été affectée à la centrale thermique de Comella ; le reste a été attribué à la centrale de cogénération d'Inclès. Cette affectation correspond à la répartition de carburant consommé par les centrales à gaz disponible pour l'année 2022.

Émissions des industries manufacturières

Les émissions industrielles associées aux **activités manufacturières sont également** prises en compte dans l'inventaire réalisé sur le territoire Andorran. Ces émissions ont été obtenues à partir des consommations de carburant (diesel et gaz) fournies pour le secteur industriel et réparties à la paroisse à partir des données d'activités des établissements transmises par le partenaire.

Principales sources de données

Données utilisées	Sources
Consommation du secteur industriel par combustible	Premier rapport biennal sur la transparence d'Andorre – Gouvernement Andorran
Consommation de gaz naturel par les centrales thermiques	FEDA
Quantité de diesel utilisée pour l'incinération et détails des typologies de déchets et quantités incinérées	CTRASA
Répartition des industries manufacturières par paroisses.	Département Statistiques – Gouvernement d'Andorre

2.4. Secteur traitement des déchets

Les émissions du secteur déchet considérées en 2019 pour le territoire Andorran sont essentiellement associées à l'activité de traitement des eaux usées.

Émissions des stations de traitement des eaux usées

En lien avec l'activité d'incinération, une partie des émissions de l'activité de traitement des eaux usées provient de la quantité de boues séchées incinérée. Le reste des émissions associées à cette activité a été calculé à partir des données d'activité des 4 stations d'épurations présentes sur le territoire. L'hypothèse d'un taux de raccordement de 100% a été appliquée, considérant ainsi l'absence d'autres infrastructures de traitement des eaux usées (traitement spécifique industriel ou fosse septique non raccordée) sur le territoire.

Principales sources de données

Données utilisées	Sources
Détails typologies de déchets et quantités incinérées	CTRASA
Détails des flux par stations d'épuration.	Département du milieu ambient et développement durable – Gouvernement Andorran

2.5. Secteur des autres transports

Sur la principauté d'Andorre, le secteur "autres transports" ne concerne que la circulation d'hélicoptères.

Emissions du transport aérien

Des émissions liées à la circulation d'hélicoptères peuvent être calculées à partir d'une donnée de consommation des aéronefs.

Trois héliports sont identifiés sur la principauté (Andorre-la-Vieille, Escaldes et La Massana). En l'absence de précisions sur la localisation des émissions, celles-ci sont réparties équitablement entre les 3 sites. En l'absence d'hypothèses sur la part de carburant consommé sur le territoire et en dehors, la totalité de la consommation fournie par le territoire est assimilée à celui-ci.

Principales sources de données

Données utilisées	Sources
Consommation de combustible par secteur - Aérien	Premier rapport biennal sur la transparence d'Andorre – Gouvernement Andorran

2.6. Secteur agricole

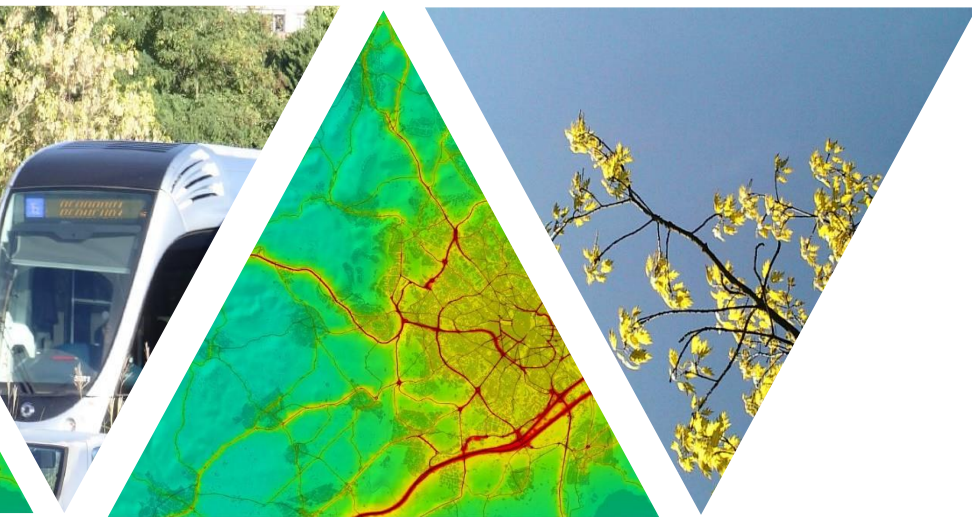
Sur la principauté d'Andorre, les activités culturelles sont peu importantes et seules les activités d'élevage sont considérées pour le calcul des émissions liées à ce secteur.

Emissions liées à l'élevage

Les émissions liées à l'élevage sont calculées à partir des effectifs de bétails recensés sur le territoire.

Principales sources de données

Données utilisées	Sources
Nombre de tête de bétail par grand type de cheptel et par paroisse	Premier rapport biennal sur la transparence d'Andorre – Gouvernement Andorran



L'information sur la qualité de l'air en Occitanie

www.atmo-occitanie.org



Agence de Montpellier
(Siège social)
10 rue Louis Lépine
Parc de la Méditerranée
34470 PEROLS

Agence de Toulouse
10bis chemin des Capelles
31300 TOULOUSE

Tel : 09.69.36.89.53
(Numéro CRISTAL – Appel non surtaxé)

Crédit photo : Atmo Occitanie