



QUALITÉ DE L'AIR EN VALAIS

■ RAPPORT 2021



Département de la mobilité, du territoire et de l'environnement
Service de l'environnement

Departement für Mobilität, Raumentwicklung und Umwelt
Dienststelle für Umwelt

CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

PRÉAMBULE

En Suisse, la qualité de l'air n'a cessé de s'améliorer depuis les années 1980, notamment sous l'impulsion du cadre légal renforcé en la matière et grâce aux mesures prises dans les domaines des transports, des chauffages et de l'industrie. En Valais, cette tendance se confirme également. Par ailleurs, sur l'ensemble du territoire, la qualité de l'air y est une valeur très appréciée, aussi bien par la population valaisanne que par les hôtes de passage.

Pourtant, dans des contrées aux particularités topographiques, accueillant une activité industrielle et économique très active, ce résultat ne va pas de soi. Il est le fruit d'efforts importants consentis sur une bien longue durée et je tiens à les saluer ici.

Dès lors, un autre défi est à relever : celui de maintenir ces résultats, contributeurs de la bonne la qualité de la vie et de l'environnement en Valais. Le mot vous paraît-il trop fort ? Il est pourtant approprié car il affiche la nécessité de composer avec l'évolution climatique, cet enjeu majeur qui exige de notre environnement et de notre société de trouver les meilleures réponses. Le canton du Valais s'y attèle activement dans le cadre de son Plan climat, faisant partie intégrante de la « Stratégie de développement durable à l'horizon 2030 » adoptée par le Conseil d'État.

Le rapport que vous tenez entre vos mains reflète la minutie que requiert le travail de surveillance de la qualité de l'air au quotidien.

Cette qualité dépend d'innombrables facteurs : des caprices ou cadeaux météorologiques à la manière d'exploiter nos infrastructures, en passant par les particularités régionales et altimétriques. Garantir cette surveillance est l'une des missions du Service de l'environnement et doit avant tout permettre d'alerter et de protéger la population lorsqu'un événement particulier, pouvant lui nuire, se produit. Le plus emblématique en 2021 est celui des incursions du sable du Sahara qui – même si le phénomène n'est pas nouveau – reste l'un des plus impressionnants aux yeux de toutes et tous. Deux épisodes ont d'ailleurs marqué les esprits en début d'année.

Fait beaucoup moins visible mais tout aussi marquant, la pollution à l'ozone reste en tête de liste des plus problématiques pour la qualité de l'air du Valais bien que l'impact sanitaire de ce polluant soit moins critique que celui des particules fines. En 2021, comme pour les années précédentes, les valeurs limites pour ce polluant ont en effet été dépassées sur l'ensemble du territoire de mars à septembre.

« Défi » reste donc bien le qualificatif le plus pertinent en matière de protection de l'air. Mon service poursuivra son action en ce sens, afin de garantir durablement au Valais, à ses habitants, à ses visiteurs et à son environnement un air le plus vivifiant et bien-faisant possible.



Christine Genolet-Leubin
Cheffe de service

TABLE DES MATIÈRES

L'ESSENTIEL	7
1. PROTECTION DE L'AIR ET MESURES DE PRÉVENTION	8
2. FACTEURS MÉTÉOROLOGIQUES ET POLLUTION DE L'AIR	10
2.1. Le temps au fil de l'an 2021	12
3. RESIVAL	15
4. OZONE – O₃	16
4.1. Portrait	16
4.2. Résultats 2021	17
4.3. Evolution des immissions	19
4.4. AOT 40	21
5. POUSSIÈRES FINES - PM₁₀	22
5.1. Portrait	22
5.2. Résultats 2021	23
5.3. Evolution des immissions	24
6. POUSSIÈRES FINES - PM_{2.5}	28
6.1. Portrait	28
6.2. Résultats 2021	29
6.3. Evolution des immissions	29
7. CARBONE ÉLÉMENTAIRE (SUIES)	31
8. DIOXYDE D'AZOTE – NO₂	33
8.1. Portrait	33
8.2. Résultats 2021	34
8.3. Evolution des immissions	35
9. AMMONIAC – NH₃	38
9.1. Portrait	38
9.2. Immissions d'ammoniac et d'azote	39
9.3. Evolution des immissions	39
10. RETOMBÉES DE POUSSIÈRES GROSSIÈRES	42
10.1. Portrait	42
10.2. Résultats 2021	43
10.3. Evolution des immissions	44
11. COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS – COV	47
11.1. Portrait	47
11.2. Résultats 2021 et évolution des immissions	48
11.3. COV cancérigènes dans le Haut-Valais	52
LITTÉRATURE	54
ABRÉVIATIONS, UNITÉS ET SYMBOLES	55
ANNEXES	58

FIGURES

FIGURE 1	- Stations de mesure du Resival	15
FIGURE 2	- O3, dépassements de la norme horaire	18
FIGURE 3	- O3, nombre d'heures >120 µg/m3 par mois et percentiles 98 mensuels	18
FIGURE 4	- O3, nombre d'heures supérieures à 120 µg/m3, maximum régional	19
FIGURE 5	- O3, nombre de jours avec des heures >120 µg/m3, moyennes régionales	20
FIGURE 6	- O3, pointes horaires maximales annuelles	20
FIGURE 7	- AOT 40 pour les années 1990 à 2020, moyennes régionales	21
FIGURE 8	- Emissions de PM10 primaires en Valais en 2020	22
FIGURE 9	- PM10, moyennes annuelles et régionales de 1999 à 2021	25
FIGURE 10	- PM10, nombre de jours > 50 µg/m3, maxima régionaux (trait rouge, tolérance de 3 j)	25
FIGURE 11	- Plomb en ng/m3 dans les PM10 de 2001 à 2021, moyennes régionales	26
FIGURE 12	- Cadmium en ng/m3 dans les PM10 de 2001 à 2021, moyennes régionales	27
FIGURE 13	- Résultats 2014 - 2020 pour les HAP et le Benzo(a)pyrène à la station Nabel de Sion	27
FIGURE 14	- Emissions de PM2.5 primaires en Valais en 2020	28
FIGURE 15	- PM2.5 2018-2021, moyennes annuelles et régionales en µg/m3	30
FIGURE 16	- CE, moyennes annuelles de 2008 à 2021 en µg/m3	31
FIGURE 17	- CE en 2021 à Massongex	32
FIGURE 18	- PM10 PM2.5 en 2021 à Massongex	32
FIGURE 19	- NOx, émissions en 2020 en Valais	33
FIGURE 20	- NO2, moyennes journalières à Sion et Brigerbad en 2021	35
FIGURE 21	- NO2 moyennes annuelles et régionales de 1990 à 2021	36
FIGURE 22	- NO2, nombre de dépassements de la norme journalière de 2000 à 2021, maximum régional	37
FIGURE 23	- NH3, émissions en 2020 en Valais	38
FIGURE 24	- Cartographie des niveaux critiques sur l'ammoniac gazeux en Suisse en 2015	40
FIGURE 25	- Cartographie des charges critiques sur les dépôts d'azote en Suisse en 2015	41
FIGURE 26	- Retombées de poussières de 1991 à 2021, moyennes régionales annuelles	44
FIGURE 27	- Plomb dans les retombées de poussières de 1991 à 2021, moyennes régionales	45
FIGURE 28	- Cadmium dans les retombées de poussières de 1991 à 2021, moyennes régionales	46
FIGURE 29	- Zinc dans les retombées de poussières de 1991 à 2021, moyennes régionales	46
FIGURE 30	- Emissions de COVNM (COV excepté méthane) en Valais en 2020	47
FIGURE 31	- Benzène, moyennes annuelles	48
FIGURE 32	- Benzène, moyennes mensuelles 2021	48
FIGURE 33	- Valeurs journalières de benzène en 2021 auprès des 4 stations de plaine	49
FIGURE 34	- Immissions de benzène à la station de Brigerbad en 2021	50
FIGURE 35	- Immissions de benzène à la station de Massongex en 2021	50
FIGURE 36	- Toluène, moyennes annuelles	51
FIGURE 37	- Toluène, moyennes mensuelles 2021	51
FIGURE 38	- Immissions de COV cancérigènes en plaine du Haut-Valais en 2021	53

TABLEAUX

TABLEAU 1 - Portée des mesures sur les principaux polluants atmosphériques	9
TABLEAU 2 - Valeurs météorologiques pour Sion	12
TABLEAU 3 - O3, résultats 2021	17
TABLEAU 4 - PM10, résultats 2021	23
TABLEAU 5 - PM2.5, résultats 2021	29
TABLEAU 6 - Carbone élémentaire (CE), résultats 2021	31
TABLEAU 7 - NO2 résultats 2021	34
TABLEAU 8 - Retombées de poussières grossières et teneurs en métaux, en moyennes annuelles 2021	43
TABLEAU 9 - Benzène et toluène, résultats 2021	48

L'ESSENTIEL

L'ozone (O₃): La pollution à l'ozone affecte les organismes vivants et même des matières inertes. Elle est principalement exprimée en nombre de dépassements de la limitation horaire. Après une diminution de 1990 jusqu'en 2002, les niveaux stagnent avec quelques hausses annuelles marquées surtout en 2003, 2015 et 2018. Ces années ont connu des phases estivales fort ensoleillées et chaudes à caniculaires. Comme l'année 2020, l'année 2021 apporte au contraire de bas niveaux. Les conditions météorologiques n'ont que peu favorisé une production soutenue de ce polluant, formé dans l'air à partir de gaz précurseurs et à l'aide du rayonnement solaire.

Le dioxyde d'azote (NO₂): Les concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) ont progressivement baissé de 42 à 51% selon les régions en 2021 au regard de 2006. Depuis 2013 la valeur limite annuelle de 30 µg/m³ est nettement respectée auprès des stations Resival. À la station fédérale Nabel de Sion aéroport-A9 elle l'est pour la troisième fois depuis 2019. Les dépassements de la limitation journalière sont devenus rares. Avec les COV, les NOx sont des précurseurs de l'ozone et participent à des pollutions complémentaires (acidification des pluies, eutrophisation, etc.).

Les particules fines (PM10, PM2.5): Les PM10 et leur fraction plus fine, les PM2.5, sont les polluants aux répercussions les plus importantes sur la santé publique. Pour les PM10 une baisse régulière des moyennes annuelles a été observée depuis 2006 avec une diminution de 37 à 47% sur toutes les régions jusqu'en 2021. Les niveaux stagnent depuis 2016 en altitude et depuis 2018 en plaine. Ces huit dernières années la valeur limite annuelle est respectée à toutes les stations du réseau valaisan Resival. En 2020 et 2021, les dépassements de la limitation journalière proviennent surtout d'incursions de sables du Sahara. Les valeurs annuelles de PM2.5 exposent une situation plus critique. Elle est à la limite OPair pour la région rurale de plaine et le centre urbain en 2021.

Les retombées de poussières: Après une anomalie en 2019 en région rurale de plaine, les normes de qualité de l'air sont à nouveau respectées pour les retombées de poussières.

LA QUALITÉ DE L'AIR EN UN CLIN D'ŒIL

Région type	Ozone (O ₃)	Poussières fines		Dioxyde d'azote (NO ₂)	Retombées de poussières
		PM10	PM2.5		
RÉGION RURALE D'ALTITUDE					
RÉGION RURALE DE PLAINE					
CENTRE URBAIN					
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE					

Le tableau ci-dessus (l'annexe 4 explique les pictogrammes) montre qu'hormis sur l'ozone dans tout le canton et les poussières fines PM2.5, la situation sur la qualité de l'air en Valais est bonne en 2021 par rapport aux limitations OPair à long terme. Elles sont fixées pour prévenir les effets d'une exposition chronique à la pollution atmosphérique. Leurs impacts sanitaires sont plus problé-

matiques que lors d'une exposition ponctuelle de courte durée. Excepté l'O₃ et les PM2.5 les immissions excessives sont devenues rares depuis 2014, quoique des nuisances locales surviennent parfois. Les efforts engagés sont à poursuivre pour assurer **en tout temps et durablement** un air de qualité optimale à l'ensemble de la population valaisanne.

1. PROTECTION DE L'AIR ET MESURES DE PRÉVENTION

Afin d'agir contre les immissions excédant les limitations fixées dans l'Ordonnance sur la protection de l'air (OPair, RS 814.318.142.1), celle-ci exige qu'un plan de mesures soit établi et mis en œuvre. Son intention est d'abaisser les niveaux de pollution en agissant aux sources les rejetant dans l'air. Le plan reste en vigueur tant que les valeurs limites de l'annexe 7 OPair ne sont pas respectées. Lors de son adoption en 2009, les niveaux annuels de PM10 et de NO₂ en Valais dépassaient les maxima autorisés par l'Ordonnance. Des dépassements de limitation étaient aussi constatés sur l'ozone lors des pics de pollution du printemps et de l'été. Le tableau 1 en page suivante montre les effets visés par le plan valaisan de 2009 et l'accent principal mis sur la réduction de la pollution due aux NO_x, à l'O₃ et surtout aux PM10. Onze mesures visent principalement ce dernier type de polluant. En effet, les poussières fines (PM10 et PM2.5) sont le polluant avec les répercussions les plus importantes en termes de santé publique. En 2013, le Centre international de Recherche sur le cancer (IARC) a classé cancérigène la pollution de l'air majoritairement à cause de leur présence.

Les objectifs du plan cantonal sont atteints depuis 2014 concernant les niveaux de dioxyde d'azote (NO₂) et de PM10. Des dépassements des limitations OPair continuent d'avoir lieu sur l'ozone.

Cette pollution est toutefois nettement moins critique en termes d'impacts sur la santé publique que celle aux poussières fines. De plus, elle survient sporadiquement dans le temps en fonction des conditions météorologiques et est limitée à la période allant de mars à septembre.

Les nouvelles valeurs cibles édictées en 2021 par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) remettent par ailleurs en question les objectifs atteints sur les PM10 et le NO₂ en Valais. Les niveaux maxima à ne pas dépasser seraient abaissés en moyennes annuelles de 20 à 15 µg/m³ pour les poussières fines PM10 et de 30 à 10 µg/m³ pour le NO₂. Les résultats pour 2021 montrent que ce nouveau plafond est respecté pour les PM10 mais à la limite en centre urbain tandis que, pour le NO₂, seules les stations Resival rurales d'altitude ne l'excèdent pas. Concernant les poussières fines PM2.5 l'OMS souhaite réduire la limitation annuelle de 10 à 5 µg/m³. En 2021 aucune des stations Resival ne respecte cet objectif alternatif.

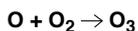
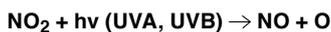
TABLEAU 1 - PORTÉE DES MESURES SUR LES PRINCIPAUX POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

MESURE SELON PLAN CANTONAL OPAIR	POLLUANTS DE L'AIR				
	O ₃	PM10	NO _x	SO ₂	COV
5.1.1 Sensibilisation et information générale		+	+	+	+
5.1.2 Sentiers thématiques, autres manifestations sur le thème de l'air	+	+	+	+	+
5.1.3 Information aux communes des mesures relevant de leur compétence	+	+	+	+	+
5.1.4 Commission cantonale sur l'hygiène de l'air	+	+	+	+	+
5.2.1 Lutte contre les feux de déchets en plein air		+++	+		
5.2.2 Mesures d'information et d'intervention en cas de smog hivernal		+++	+		
5.2.3 Mesures d'information en cas de smog estival	+		+		+
5.3.1 Renforcement des contrôles	+	+++	+++	+++	+++
5.3.2 Limitations plus sévères pour les grands émetteurs	+	+++	+++	+++	
5.3.3 Vérification de conformité environnementale d'une entreprise avant l'octroi d'un allègement fiscal	+	+	+	+	+
5.4.1 Nouveaux véhicules et autres engins diesel de l'Etat équipés d'un filtre à particules et d'un système de réduction des émissions d'oxydes d'azote	+	+++	+++		
5.4.2 Impôt sur les véhicules à moteur	+	+++	+++		
5.4.3 Cours de conduite de type Eco-Drive	+	+++	+++		+
5.4.4 Subventionnement de filtres à particules pour les engins diesel agricoles et sylvicoles		+++			
5.5.1 Assainissements des chauffages et isolation thermique des bâtiments		+	+++		
5.5.2 Subventions selon la loi sur l'énergie aux installations les moins polluantes		+++	+		
5.5.3 Raccourcissement des délais d'assainissement et renforcement des normes pour les chauffages à bois		+++			
5.5.4 Subventionnement de filtres à particules sur les chauffages à bois		+++			

+++ principaux polluants visés par la mesure + polluants dont la baisse est favorisée par la mesure

2. FACTEURS MÉTÉOROLOGIQUES ET POLLUTION DE L'AIR

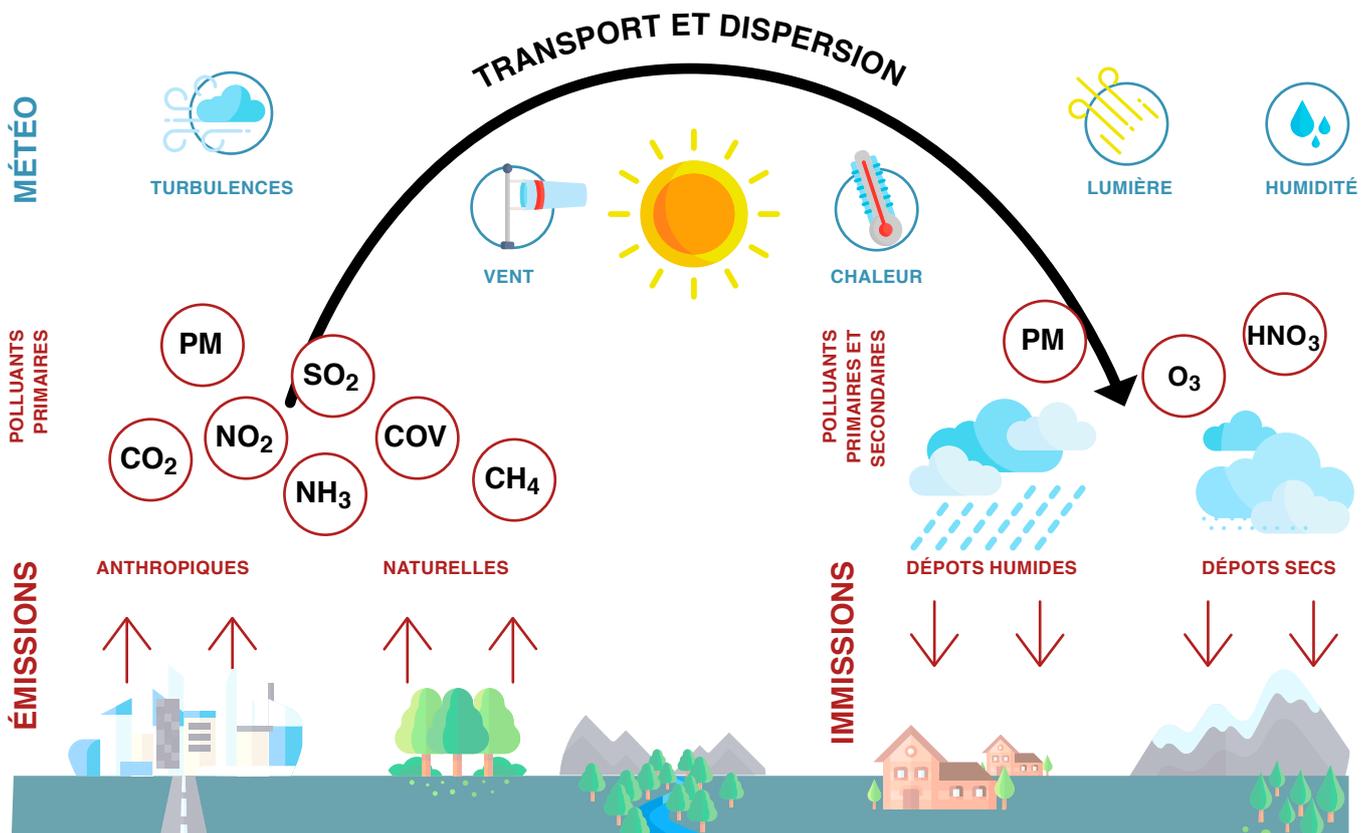
Les émissions des polluants atmosphériques rejetés à l'air libre sont soumises à de multiples facteurs influençant leurs concentrations aux endroits où ces polluants déploient leurs effets, c'est-à-dire aux immissions. Leur transport et leur dispersion dépendent des conditions météorologiques telles que le vent, son intensité et sa direction, l'humidité et les précipitations, la température de l'air et la stabilité atmosphérique. D'autres facteurs influencent directement la chimie de l'air et ses transformations. En particulier l'ensoleillement (symbolisé par $h\nu$) est à l'origine de la production diurne d'ozone (O_3) via la photolyse du dioxyde d'azote (NO_2). Les réactions clés à cet effet sont :



La réaction globale $NO_2 + O_2 \rightarrow NO + O_3$ résulte d'une première étape de photodissociation du NO_2 sous l'effet du rayonnement solaire ultra-violet (UV), immédiatement suivie d'une seconde étape

de liaison de l'oxygène atomique (O) libéré avec l'oxygène moléculaire (O_2) de l'atmosphère pour produire de l'ozone. Ces deux substances polluantes sont traitées par l'OPair. L'une respecte bien ses limitations (NO_2), l'autre non (O_3). Cela provient notamment de l'action catalytique des NO_x ($NO + NO_2$) dans la formation d' O_3 en présence de composés organiques volatils (COV). Du moment que le NO_2 est régénéré après avoir été dissocié et cela sans consommer d'ozone, de relativement faibles concentrations dans l'air suffisent à efficacement produire ce polluant secondaire. Du fait de la photochimie à l'œuvre, l'ensoleillement joue également un rôle fondamental dans cette production. Par grand beau temps et lors d'épisodes prolongés de chaudes journées estivales, les plus hauts niveaux d' O_3 sont favorisés. Ce processus explique les dépassements répétés depuis de nombreuses années des limitations de l'OPair sur l'ozone.

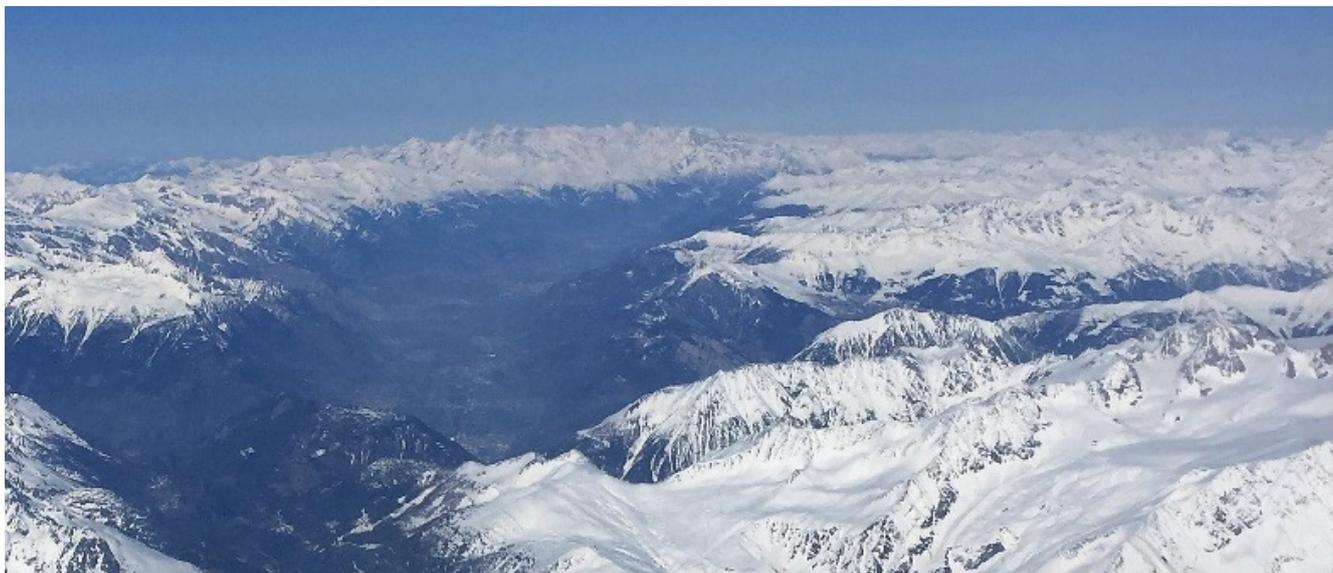
L'illustration ci-dessous montre les principales influences des conditions météorologiques sur la pollution de l'air.



Le Valais géographique se compose d'une grande vallée centrale coudée et cernée de hautes montagnes franchissant les 3000 m d'altitude qu'entailent des vallées latérales. Ces reliefs sont parcourus de vents aux dynamiques variables et parfois très locales. La météorologie distingue deux vallées à fœhn dans le canton. La première va approximativement de Brig à Sierre, la seconde de Martigny au Bouveret. Quand les vents sont faibles le Valais est un creuset où la pollution de l'air est surtout gouvernée par les sources régionales des polluants et par la chimie atmosphérique. Mais lors de forts vents, des apports importants de pollution continentale et transalpine surviennent. Dans les cas de très longue portée ils sont transcontinentaux. Les contributions d'ozone et de ses précurseurs provenant d'outre Atlantique et les sables du Sahara véhiculés depuis l'Afrique du nord sous forme de poussières atmosphériques en hautes altitudes, sont des phénomènes de ce type. Le réchauffement climatique peut augmenter l'intensité de ces événements du fait de masses d'air plus aisément et plus fortement mises en mouvement par la plus grande énergie présente dans le système atmosphérique.

Les stations Resival qualifient la qualité de l'air dans la couche limite atmosphérique (CLA). Elle s'étend typiquement du sol jusqu'à

une hauteur d'environ 1500 m. Elle est surmontée par l'atmosphère libre (AL), plus précisément la troposphère libre, qui monte jusqu'à la tropopause située vers une altitude de 10'000 à 12'000 m.s.m. Dans la masse d'air d'une situation météorologique donnée, la température est presque constante dans l'AL alors que dans la CLA elle varie sensiblement avec le cycle des jours et des nuits. C'est essentiellement la variation du flux turbulent de chaleur générée au niveau du sol qui provoque les larges changements journaliers de température dans la couche limite. Le jour, les sols sont réchauffés par le rayonnement solaire et cette chaleur est renvoyée dans la CLA. La nuit, le sol se refroidit en émettant du rayonnement infrarouge, la chaleur diffusée est fortement affaiblie et par le contact avec le relief plus froid la température de l'air en basse couche diminue. Le refroidissement nocturne est maximal lors de nuits sèches, dégagées et sans vent. La photo ci-après, prise en avril 2019 à peu près au droit de Chamonix en France, illustre la zone de CLA dans laquelle le réseau Resival mesure la pollution de l'air. Ce mois-là, le manteau neigeux commençait à environ 1800 m.s.m. La région libre de neige en-dessous de ce niveau est celle dont les stations cantonales mesurent la qualité de l'air.



La stabilité de la CLA détermine fortement si l'accumulation de polluants atmosphériques sera favorisée ou, au contraire, si leur dispersion et leur dilution seront prédominantes. Les situations provoquant des inversions de température engendrent une couche limite très stable dès la base d'inversion. À partir de ce niveau, la température augmente avec l'altitude. Puis elle s'infléchit à une certaine hauteur pour retrouver un gradient négatif ordinaire où elle décroît avec l'altitude. En Valais les bases d'inversion se situent typiquement entre 700 et 1000 m.s.m. Les plus forts effets de stabilisation de l'air surviennent lors d'épisodes anticycloniques hivernaux. Les polluants émis dans l'air s'accumulent alors facilement et c'est lors

de ces journées que les plus hautes concentrations de polluants atmosphériques sont d'ordinaire observées.

La turbulence tient un rôle de premier plan dans le brassage des polluants atmosphériques. L'air sec du Valais privilégie des atmosphères stables. Elles sont compromises par deux types de turbulence, la turbulence thermique précédemment évoquée en termes de flux de chaleur à partir du sol et la turbulence dynamique intimement associée aux régimes des vents. Quand la production thermique de turbulence est négative elle stabilise la CLA, par exemple lors des inversions de basse couche. Par contre, le

vent génère toujours de la turbulence provoquant la dispersion horizontale et verticale des polluants. Ces effets combinés déterminent la hauteur de mélange, c'est-à-dire l'altitude plafonnant le volume dans lequel les polluants émis au sol sont efficacement brassés. Elle évolue au cours de la journée et peut aller d'un à deux cents mètres jusqu'à 2000 m sur sol. Les stations Resival de plaine sont en permanence dans la hauteur de mélange, tandis que celles d'altitude peuvent ne l'être qu'épisodiquement. Quand ce n'est pas le cas, elles sont exposées principalement à la pollution apportée par le vent géostrophique. Il circule dans l'AL et n'est perturbé ni par les effets de surface, ni par la turbulence de la couche de mélange. Il est essentiellement défini par l'équilibrage des gradients de pression et de la force de Coriolis.

L'examen des facteurs météorologiques clés permet d'apprécier dans quel sens une concentration de polluant atmosphérique est influencée : à la hausse ou à la baisse. Mais il ne quantifie pas l'ampleur de cette influence. Pour cela et pour évaluer les effets combinés de ces facteurs, il faut des systèmes utilisant de très puissantes ressources informatiques et la modélisation des phénomènes complexes de l'atmosphère. L'examen ci-dessous, relatif au temps qu'il a fait l'année passée, discute les principaux paramètres météorologiques et commente qualitativement leurs incidences majeures sur la pollution atmosphérique.

TABLEAU 2 - VALEURS MÉTÉOROLOGIQUES POUR SION*

Paramètre météo	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Température moyenne [°C]	11.4	11.0	10.5	11.8	11.5	11.2	11.4	12.5	11.8	11.6	10.3
Durée d'ensoleillement [h]	2427	2212	2067	2022	2249	2086	2231	2271	2174	2279	2181
Précipitations [mm]	485	615	568	530	500	587	567	633	608	545	696

* Valeurs annuelles mesurées à la station MétéoSuisse de Sion (altitude : 482 m.s.m.), indicatives pour la plaine du Valais central (source : Bulletin climatologique annuel de MétéoSuisse).

2.1. Le temps au fil de l'an 2021

2.1.1 SUR TOUTE L'ANNÉE

Selon le bulletin climatologique de MétéoSuisse pour l'année 2021, la température annuelle moyenne de 5.6°C en Suisse a connu un écart positif de 0.3°C par rapport à la norme 1981-2010 (moyenne sur 30 ans). Depuis le début des mesures en 1864 les six années les plus chaudes ont été mesurées après 2010: 2011 6.6°C, 2014 6.5°C, 2015 6.6°C, 2018 6.9°C, 2019 6.5°C, 2020 6.9°C. Le phénomène du réchauffement climatique a connu une trêve en termes de températures nationales en 2021. Par rapport à la norme 1991–2020 qui sera utilisée à partir de 2022, la moyenne annuelle de l'année précédente a montré une anomalie légèrement négative de -0.2°C. La moyenne annuelle à Sion se situe entre 4 et 6°C au-dessus de la valeur nationale. Cette observation est dictée par sa situation géographique. Au contraire des températures, l'élément météorologique déterminant en Suisse en 2021 aura été de nombreuses précipitations. Dans les Alpes en général, les valeurs se sont situées entre 90 et 115% de la norme ce qui n'a pas particulièrement favorisé la réduction de la pollution atmosphérique

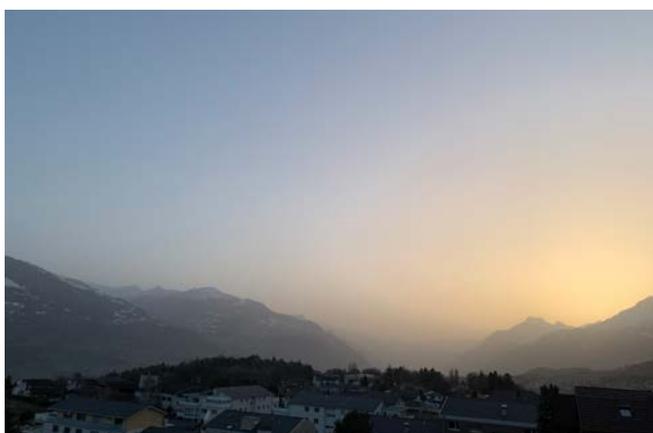
par déposition humide (effet de lessivage). Mais à Sion, les précipitations en 2021 équivalent à 121% de la moyenne sur les 11 dernières années. Quant à l'ensoleillement, sa valeur annuelle dans le pays s'est souvent située entre 100 et 110 % de la norme 1981-2010, alors qu'à Sion il représentait 99% de la moyenne 2011-2021.

2.1.2 DE JANVIER À MARS

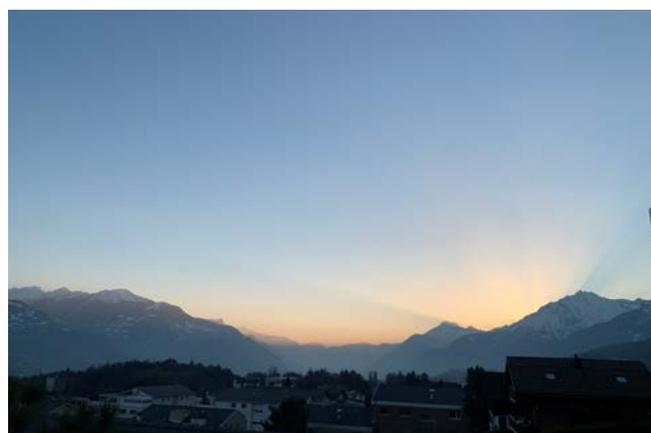
Le mois de janvier s'est révélé être le plus humide depuis au moins 60 ans sur de nombreux sites du pays. En Valais, février fut le quatrième mois le plus doux depuis le début des mesures en 1864. De nombreuses journées avec des températures bien au-dessus de la normale ont été compensées par une courte vague de froid. Ce mois-là, de la poussière du Sahara a été transportée vers la Suisse en deux vagues, la première le 6 février et la seconde du 22 au 25 février. Elles ont provoqué une inhabituelle opacité de l'atmosphère qui fut même massive lors du premier épisode. Les photos ci-après en témoignent.



Poussières du Sahara sur le Valais le 6 février en matinée (DR)



Opacité de l'atmosphère le 23 février à 17h50
Vue vers Martigny depuis Grimisuat, Valais central (DR)



Même perspective le 28 février à 17h55 (DR)

Ces apports de sables ont connu une troisième vague du 3 au 4 mars. Le 6 février, la plus haute valeur journalière de PM10 de Resival était enregistrée aux Giettes avec $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Celle de la station fédérale du Jungfrauoch à 3580 m d'altitude a alors atteint un record de $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La seconde vague a duré quatre jours et a eu lieu lors d'une des quatre périodes de situations anticycloniques hivernales, accompagnées d'inversions thermiques modérées à fortes survenues en Romandie pendant le premier trimestre. Elle a produit les plus hautes valeurs de poussières fines observées par les stations Resival. Le 24 février, elles accusaient toutes un dépassement de la limitation OPair avec des valeurs s'échelonnant de $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Les Giettes) à $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Brigerbad). Sur la photo du 23 février, les stations du Valais central enregistraient de 60 à $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10. Le 28 février elles étaient de 19 à $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cet épisode s'inscrit dans une situation météorologique exceptionnelle. Un centre de haute pression de grande amplitude et très stable sur l'Europe de l'Ouest a poussé un panache de poussières du Sahara jusque dans nos régions par la dynamique générée par le centre dépressionnaire flanquant son bord occidental. L'inversion

thermique a piégé les particules de sable dans la CLA valaisanne jusqu'au 25 février. Lors de la deuxième vague, la plus haute valeur journalière au Jungfrauoch a culminé à $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lors du troisième épisode, seule la valeur journalière du 4 mars de Brigerbad a dépassé la limitation journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ parmi Resival, tandis qu'à la station fédérale de haute montagne elle était de $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant les deux jours. Tous les dépassements de la limitation journalière OPair sur les PM10 (voir tableau 4, résultats 2021) sont dus aux trois vagues de sables du Sahara, excepté celui du 21 mars à Saxon. Ce jour-là, les valeurs étaient nettement en dessous de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aux autres stations Resival tandis que du 20 au 22 mars les niveaux au Jungfrauoch se sont maintenus à maximum $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ signe qu'aucune pollution aux poussières n'était véhiculée en haute altitude. La source de pollution à Saxon provenait d'activités au sol. De fait, la lutte contre le gel instaurée en arboriculture du Valais central lors de la nuit du 20 au 21 mars a fait usage de chaufferettes à paraffine. Les immissions de suies de combustion sous forme de PM10 n'ont pas échappé à la station Resival rurale de plaine, entourée de champs d'arbres de cultures fruitières.

2.1.3 D'AVRIL À JUIN

Après un mois de mars légèrement plus doux que la normale, le froid est arrivé en avril, qui fut le plus froid de ces 20 dernières années au niveau national, et s'est maintenu en mai. Ce mois a sonné le début d'une période de trois mois exceptionnellement pluvieuse. La production régionale d'ozone est empêchée lors des journées nuageuses déversant des précipitations. Mais il suffit de quelques jours de beau temps pour qu'elle se rétablisse rapidement. Dès avril, des dépassements marqués des percentiles mensuels à 98% sur l'ozone sont donc observés (figure 3 sur le seuil à 50 ppb) ainsi que sur la limitation horaire à 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (60 ppb, voir figure 2). Lors de la journée ensoleillée du 24 avril, toutes les stations Resival ont enregistré un dépassement de la limitation horaire à 60 ppb de 15h à 17h. Les concentrations d'ozone avaient graduellement augmenté lors des 4 jours précédents. Les niveaux clairement plus bas des dépassements en mai reflètent cependant la pluviométrie nettement supérieure à la normale qui a alors sévi dans tout le Valais. En juin, ils sont remontés mais il n'y a plus eu de journée marquée par des franchissements généralisés à tout le canton.

2.1.4 DE JUILLET À SEPTEMBRE

La température en juillet et en août est restée inférieure à la norme 1981-2010. Alors que les étés très chauds de 2015, 2017, 2018 et 2019 ont fourni entre 20 et plus de 30 journées tropicales en Suisse, sans rivaliser avec l'été 2003 qui a connu 40 à 50 journées tropicales en régions du Valais comme ailleurs dans le pays, celui de 2021 en a connu nettement moins de 10. Ces observations se traduisent par les pics de 2003, 2015 et de 2017 à 2019 sur les figures 4, 5 et 7. De mi-mai à mi-août, les longues journées se prêtent au mieux à la production photochimique d'ozone quand le soleil brille de tous ses feux. L'absence de dépassement sur les limitations en juillet jusqu'au 21, reflète la pluviométrie très supérieure à la normale qui a sévi ce mois-là dans tout le Valais. Le mois de septembre a connu un temps généralement doux et ensoleillé et peu arrosé, qui a pu maintenir les percentiles mensuels à 98% sur l'ozone à des niveaux proches de ceux des mois précédents (figure 3) malgré le déclin alors prononcé des heures diurnes d'ensoleillement journalier avec le franchissement de l'équinoxe d'automne. Des pics franchissant les 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ont encore eu lieu du 2 au 9 septembre, une période bien ensoleillée et pratiquement sans précipitations.

2.1.5 D'OCTOBRE À DÉCEMBRE

Le mois ensoleillé d'octobre et celui de novembre souvent assombri de stratus furent peu pluvieux. Les niveaux de PM10 n'ont cependant pas connu de dépassement de la limitation journalière lors du dernier trimestre, même lors de l'épisode anticyclonique du 13 au 24 décembre ayant favorisé l'accumulation de polluants dans l'air. Les concentrations journalières de PM10 en plaine étaient alors en moyenne 2.4 fois plus élevées que pour le reste du dernier mois. La rétention de pollution a aussi provoqué une situation critique au sens de l'art. 30 OPair sur les COV cancérigènes le 13 décembre. L'analyseur de la station de Brigerbad a alors mesuré une concentration de chlorure de vinyle et de 1,4-dichlorobenzène excédant le seuil maximal voulu à 12.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3. RESIVAL

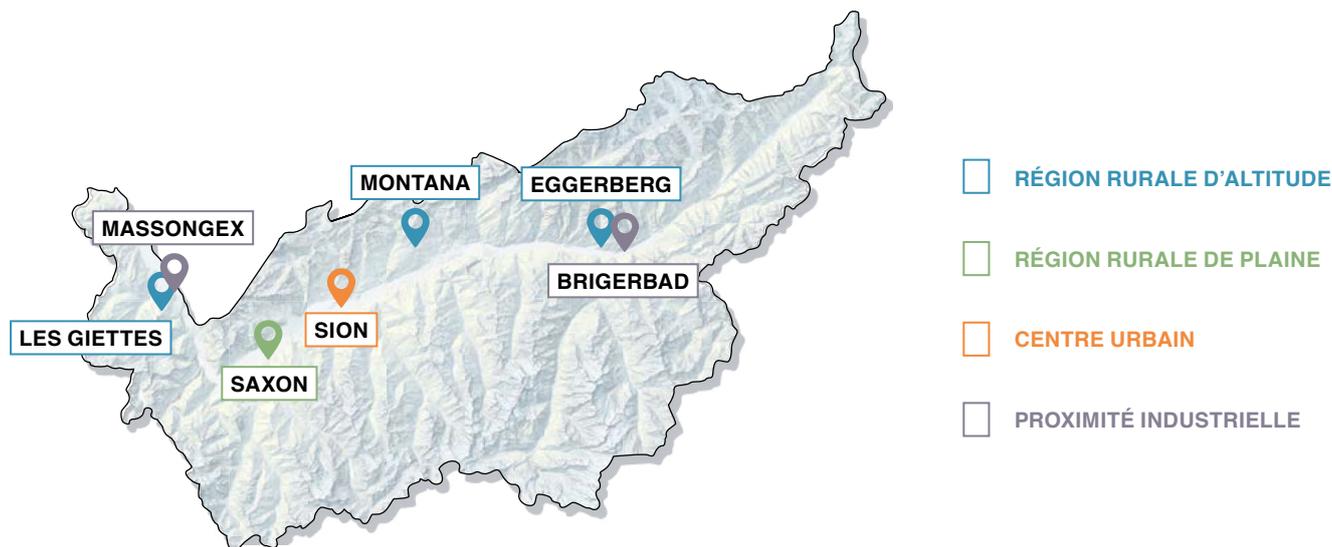
Le réseau de mesure Resival (figure 1) doit permettre une appréciation objective du niveau des polluants sur l'ensemble du territoire cantonal. La station de Montana était originellement dédiée spécifiquement à l'étude nationale Sapaldia. D'entente avec la direction de ce programme, le canton a décidé en 2015 de l'intégrer officiellement au réseau cantonal et de publier dès lors ses valeurs de mesure.

Chacune des stations représente une situation valaisanne type: rurale d'altitude, rurale de plaine, proximité industrielle et centre urbain. Le réseau veut caractériser le niveau de pollution de régions de référence. Cette surveillance sert en effet la mission d'intérêt public et général de l'art. 27 OPair. Le plus grand défi dans ce sens revient à la station de Saxon qui représente, sur la base d'une

analyse de redondances entre les précédentes stations rurales de plaine, l'ensemble de ces régions dans le canton. Les régions rurales sont très étendues en Valais et certains résultats montrent les limites de cette intention. Ils ne l'invalident toutefois pas. Quand ceux de Saxon représentent surtout une situation locale, il faut les apprécier avec prudence et les relativiser par rapport aux autres régions rurales de la plaine du Rhône. Les chapitres ci-après sur la qualité de l'air en informant au besoin le lecteur.

Chaque année, les données du Valais, des cantons de Genève et de Vaud, sont compilées et analysées avec celles du Val d'Aoste et de la France voisine (Haute-Savoie, Savoie et Ain). Ces données sont disponibles sur le [portail Transalpair](http://transalpair.eu) (transalpair.eu).

FIGURE 1 - STATIONS DE MESURE DU RESIVAL



4. OZONE – O₃

4.1. Portrait

La problématique de l'ozone dans notre environnement intervient de deux manières distinctes :

- Dans la stratosphère, à une altitude supérieure à 10-12 km, l'ozone se forme par absorption du rayonnement solaire. Cette couche qui nous protège des rayons ultraviolets les plus agressifs est appauvrie par les émissions de produits chimiques contenant du chlore ou du brome. Les «trous d'ozone» observés depuis 1979 sur les pôles et une diminution globale modérée en sont la conséquence.
- Dans l'air ambiant que nous respirons et à la lumière du jour, l'ozone se forme à partir d'oxydes d'azote (NOx) et de composés organiques volatiles (COV). Constituant principal du smog estival, cet ozone troposphérique est nuisible et est traité dans ce chapitre.

De par ses fortes propriétés oxydantes, l'ozone est nocif pour les tissus humains, animaux et végétaux. Il porte atteinte aux voies respiratoires et au système cardio-vasculaire. Ce gaz irritant parvient jusqu'au plus profond des poumons, les alvéoles, y déclenchant des réactions inflammatoires. Les symptômes les plus nets sur l'homme apparaissent au-dessus de 120 µg/m³ avec pour conséquences notoires : toux, crises d'asthme, difficulté à soutenir un exercice physique. Les matériaux subissent également ses agressions, notamment par décoloration.

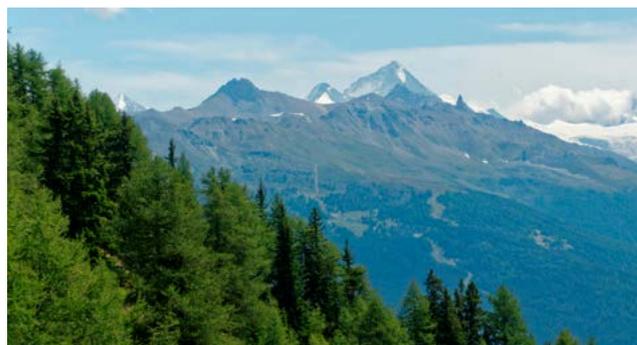
Les COV précurseurs de l'ozone proviennent d'une part de l'activité humaine et d'autre part de sources naturelles. En Valais, ces dernières sont prépondérantes (voir figure 30).

L'ozone est un polluant secondaire formé à partir de précurseurs émis en part importante par l'activité humaine, notamment les émissions anthropiques de NOx provenant des processus de combustion. Le lieu où il déploie ses effets peut se trouver à grande distance des sources de polluants atmosphériques à son origine. Les journées à fort ensoleillement atteignant des températures élevées, connaissent les plus hautes concentrations d'O₃. En Valais, une diminution drastique des NOx pourrait assurer le respect des valeurs limites OPair.

La problématique de l'ozone est continentale et même transcontinentale. À cette échelle, le monoxyde de carbone (CO) et le méthane (CH₄) jouent aussi un rôle dans sa production déterminant principalement les concentrations de fond.

À proximité du sol, l'ozone est détruit par sa déposition de surface et par la réaction de titration avec le NO émis par des sources locales. Elle forme du NO₂ (NO + O₃ → NO₂ + O₂). Sous l'effet des rayons solaires et par photolyse du NO₂, cette réaction est globalement réversible. L'équilibre alors établi entre NO, NO₂ et O₃ pour une intensité de rayonnement donnée, s'appelle l'état photo-stationnaire.

OZONE - LA QUALITÉ DE L'AIR EN UN CLIN D'ŒIL	
RÉGION RURALE D'ALTITUDE	 Mauvaise
RÉGION RURALE DE PLAINE	 Mauvaise
CENTRE URBAIN	 Mauvaise
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	 Mauvaise



En Valais les COV naturels émis par la végétation sont des précurseurs majeurs de l'O₃.

4.2. RÉSULTATS 2021

Les immissions d’ozone affectent l’ensemble du territoire cantonal et les valeurs limites sont dépassées aussi bien en ville qu’à la campagne, en plaine comme en altitude.

Les valeurs limites de l’OPair qualifient les pointes de concentration avec la valeur limite horaire de 120 µg/m³ (60 ppb) à ne pas dépasser plus d’une fois par année tandis que la fréquence cumulée à 98% mensuelle (P98) ne doit pas excéder 100 µg/m³ (50 ppb). Le percentile mensuel à 98% (P98) donne le seuil de concentration qui est dépassé pendant près de 15 heures, consécutives ou non, en l’espace d’un mois. Ce résultat est un bon indicateur des charges répétées d’ozone. Avec plus de 2 mois par an, soit de 4 à 8 mois en 2021, et plus de 10 heures par an, soit de 16 à 140 heures en 2021, en dépassement des limitations OPair dans toutes les régions (tableau 3) **la qualité de l’air est nettement insuffisante concernant l’ozone**, tout particulièrement par rapport au percentile mensuel à 98%.

Au regard du nombre de dépassements de la limite horaire, les régions rurales d’altitude connaissent les plus hauts niveaux avec 140 dépassements à Montana et 105 à Eggerberg. Les stations de plaine étant plus proches d’importantes sources de NO, tel le trafic routier et de grands chauffages, les niveaux d’ozone sont

typiquement diminués à cause de la réaction de titration. Les valeurs d’Eggerberg sont parfois influencées, selon les conditions météorologiques, par des remontées de NO en provenance du site industriel et de la localité de Viège environ 200 m en contrebas. En 2021, les valeurs horaires en dépassement de la limitation OPair se situent de 120 à 140 µg/m³ excepté à Montana où 4 valeurs sont entre 140 et 160 µg/m³ (figure 2).

Il importe de souligner que les résultats sur l’ozone sont exprimés pour des concentrations rapportées au niveau de la mer avec une pression de l’air à 1013 mbar. Pour une température donnée, plus la station est élevée en altitude plus la concentration massique ramenée à ce niveau est augmentée. Le premier dépassement de la limitation horaire est apparu au mois de mars à Massongex (figure 3). En avril, toutes les stations et régions connaissaient des dépassements, en juin aussi. Lors des mois pluvieux de mai et de juillet, la station de Sion n’en a connu aucun. Dès octobre et le raccourcissement drastique de la durée diurne des jours il n’y a plus eu de dépassement de la valeur à 120 µg/m³. La plus haute valeur horaire a atteint 145 µg/m³ et a été mesurée 23 juillet 2021 de 17h à 18h à Montana. Bien que ce mois fut généralement pluvieux, le Valais central a connu des journées chaudes et ensoleillées entre le 18 et le 24 juillet.

TABLEAU 3 - O₃, RÉSULTATS 2021

RÉGIONS	STATIONS	O ₃				
		Nb heures > 120 µg/m ³	Nb jours avec heure >120 µg/m ³	Valeur horaire maximale [µg/m ³]	Nb mois avec P98 >100 µg/m ³	P98% mensuel maximal [µg/m ³]
RÉGION RURALE D'ALTITUDE	Les Giettes	36	10	140	4	125
	Eggerberg	105	26	136	8	128
	Montana	140	30	145	8	131
RÉGION RURALE DE PLAINE	Saxon	27	8	133	5	121
CENTRE URBAIN	Sion	16	4	129	6	117
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	Massongex	17	8	130	4	120
	Brigerbad	88	19	137	7	125
NORME OPAIR		1		120	0	100

FIGURE 2 - O₃, DÉPASSEMENTS DE LA NORME HORAIRE

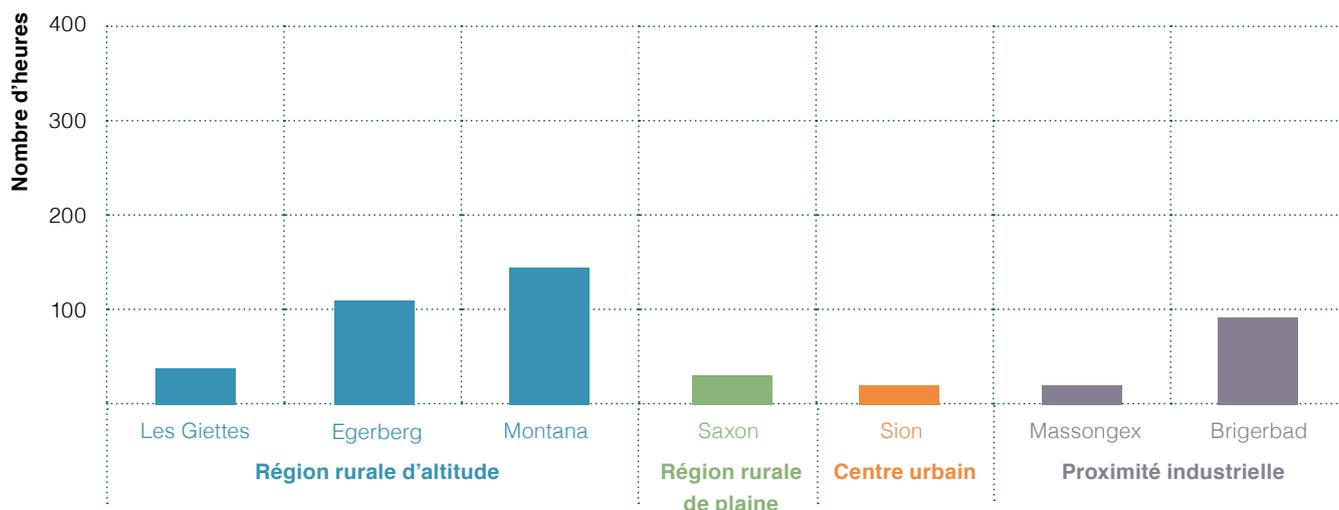
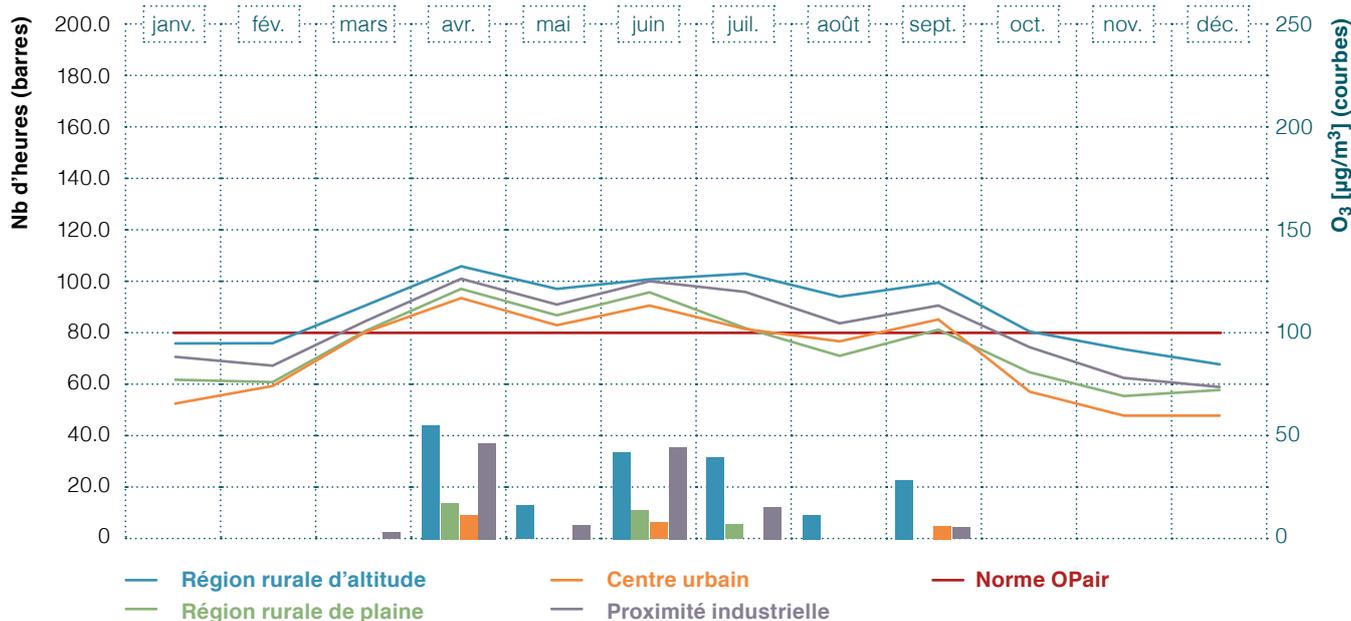


FIGURE 3 - O₃, NOMBRE D'HEURES >120 µg/m³ PAR MOIS ET PERCENTILES 98 MENSUELS



Les percentiles mensuels à 98% sont nettement supérieurs aux exigences législatives de mars à septembre (figure 3). Les plus hautes valeurs sont enregistrées en avril, excepté pour les deux stations du Chablais où elles sont enregistrées en juin (Les Giettes, Massongex). Cette région n'a connu que quatre mois avec des dépassements alors que le Haut-Valais et le Valais central en accusent 5 à 8. Les valeurs P98 respectent la limitation OPAir pendant les deux premiers mois et lors du quatrième trimestre quand le rayonnement du soleil nécessaire à la formation photochimique du polluant est à sa plus faible intensité. L'ozone suit un parcours annuel opposé à celui des autres polluants de l'air dont

les concentrations mesurées en hiver sont d'ordinaire plus élevées qu'en été. La hausse abrupte des niveaux d'ozone en avril est renforcée par les épisodes de foehn. Ils apportent à proximité du sol les plus hautes concentrations prévalant en altitude notamment par le transport stratosphérique d'O₃ des tropiques jusqu'à nos latitudes lors du premier trimestre (circulation de Brewer-Dobson). Ses incursions dans la troposphère augmentent les teneurs en ce polluant dans les masses d'air printanières. MétéoSuisse n'a rapporté aucune journée à foehn pour avril à Aigle contre 4 à 12 pour les stations valaisannes. Cette observation va dans le sens des moindres dépassements dans le Chablais.

4.3. EVOLUTION DES IMMISSIONS

Les résultats 2021 sont approximativement semblables à ceux de 2020. À la station de Saxon, ils présentent les plus basses valeurs de région rurale de plaine depuis le début des mesures en 1990 en termes de dépassement de la limitation horaire. En centre urbain à Sion, c'est le plus petit nombre de jours avec de tels dépassements lors des 32 années passées.

Les nombres d'heures supérieures à 120 µg/m³ se situent dans la lignée de ceux de 2020 qui avaient montré une chute marquée par rapport aux années 2018 et 2019 (figure 4). Au contraire des autres régions, celle rurale d'altitude poursuit une légère tendance à la hausse. Elle est due à la station de Montana mais s'estompe nettement par rapport aux années précédentes.

Une évolution similaire est constatée pour le nombre de jours avec des valeurs horaires supérieures à 120 µg/m³ qui atteint en 2021 un minimum historique pour les stations de Saxon et de Sion pour la région rurale de plaine et le centre urbain (figure 5). Depuis 2005, bien que le milieu urbain continue de compter parmi les plus basses valeurs d'ozone, ses niveaux ont rejoint ceux d'autres régions. La station de centre urbain enregistre par contre les taux les plus élevés de NO₂ (figure 21) formé principalement par la réaction entre O₃ et NO. Seule la région rurale d'altitude maintient une tendance à la hausse sur le nombre de jours connaissant des dépassements de la limitation horaire. Comme pour la figure 4 elle est principalement influencée par la station de Montana et s'affaiblit nettement depuis 2020.

Excepté en centre urbain où il était émis autrefois plus de NO détruisant l'O₃, les niveaux atteints en 2003 avec son épisode estival caniculaire exceptionnellement long demeurent les plus élevés ces vingt dernières années pour les nombres de jours et d'heures avec des dépassements de la limitation horaire.

Concernant les valeurs horaires maximales d'ozone (figure 6) l'année 2021 apporte des records historiques pour les régions de proximité industrielle et rurale de plaine. Avec 137 et 133 µg/m³ respectivement, leurs valeurs sont les plus basses depuis 1990. En région rurale d'altitude, le plus bas résultat de 137 µg/m³ date de 2020 et reste proche en 2021. En centre urbain la valeur de 129 µg/m³ égale presque le minimum de 127 µg/m³ atteint en 1997. Depuis 2019, une tendance à la baisse de valeurs horaires maximales d'ozone s'observe sur toutes les régions.

L'accroissement des hautes concentrations dans la haute troposphère lié à son transport et à celui de gaz précurseurs depuis l'Amérique du Nord ou même d'Asie du Sud-Est est cependant susceptible d'aggraver la pollution de l'air à proximité du sol, à cause de l'échange d'ozone entre les couches d'air basses et élevées favorisée par les montagnes de l'arc alpin.

FIGURE 4 - O₃, NOMBRE D'HEURES SUPÉRIEURES À 120 µg/m³, MAXIMUM RÉGIONAL

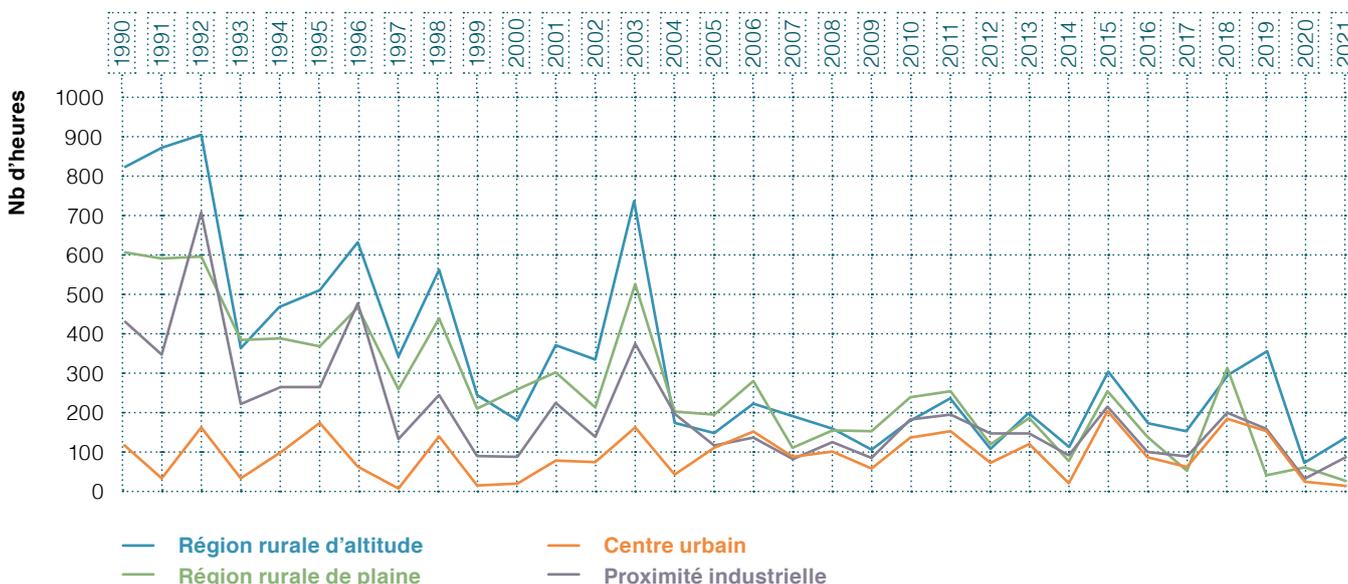


FIGURE 5 - O₃, NOMBRE DE JOURS AVEC DES HEURES >120 µg/m³, MOYENNES RÉGIONALES

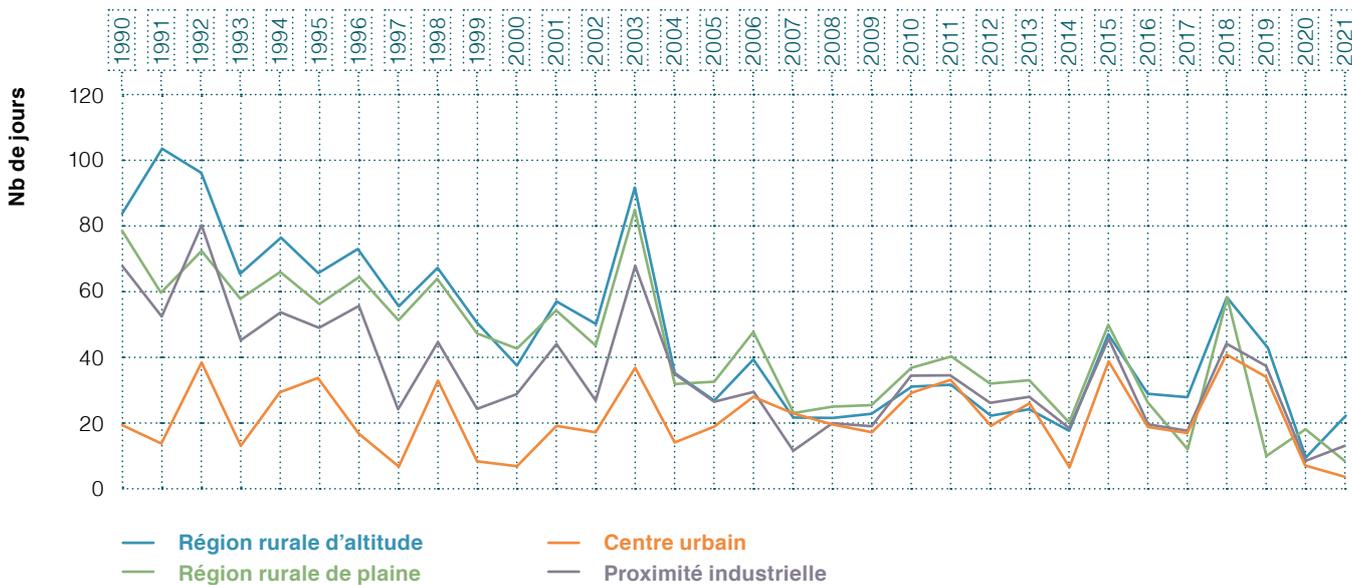
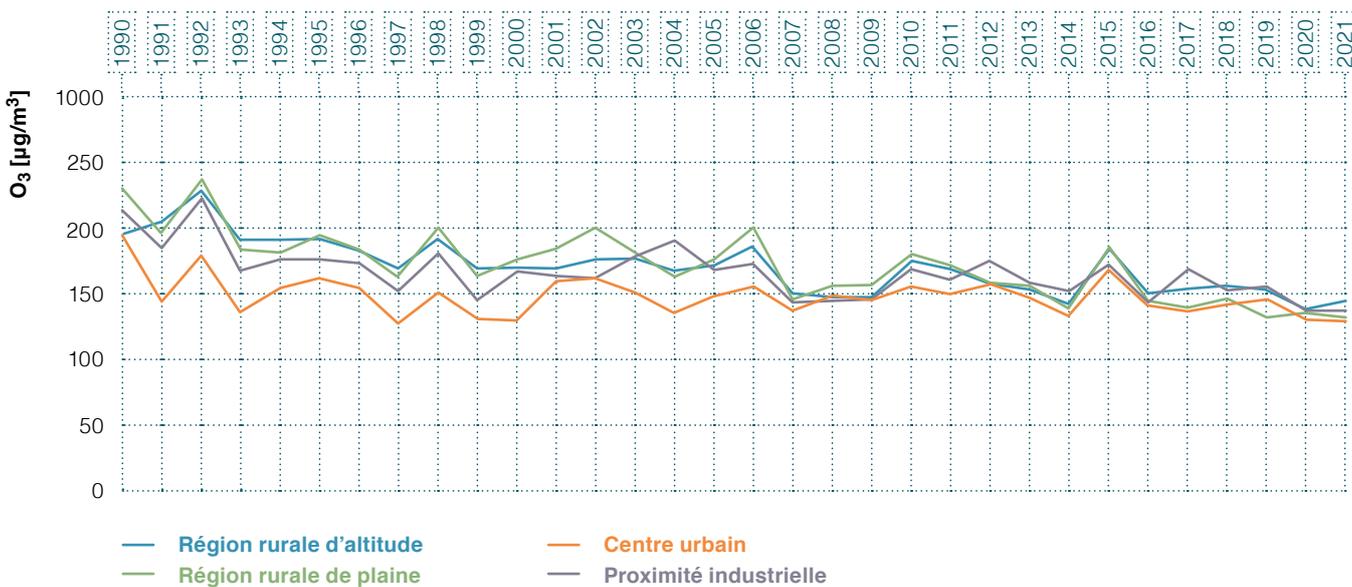


FIGURE 6 - O₃, POINTES HORAIRES MAXIMALES ANNUELLES



L'ozone est également un gaz à effet de serre. Sa capacité à absorber les rayons infrarouges dans la troposphère contribue à ce phénomène. À cause de sa relativement courte durée de vie, il n'influence significativement le climat qu'épisodiquement, quand ses concentrations sont élevées dans l'air.

4.4. AOT 40

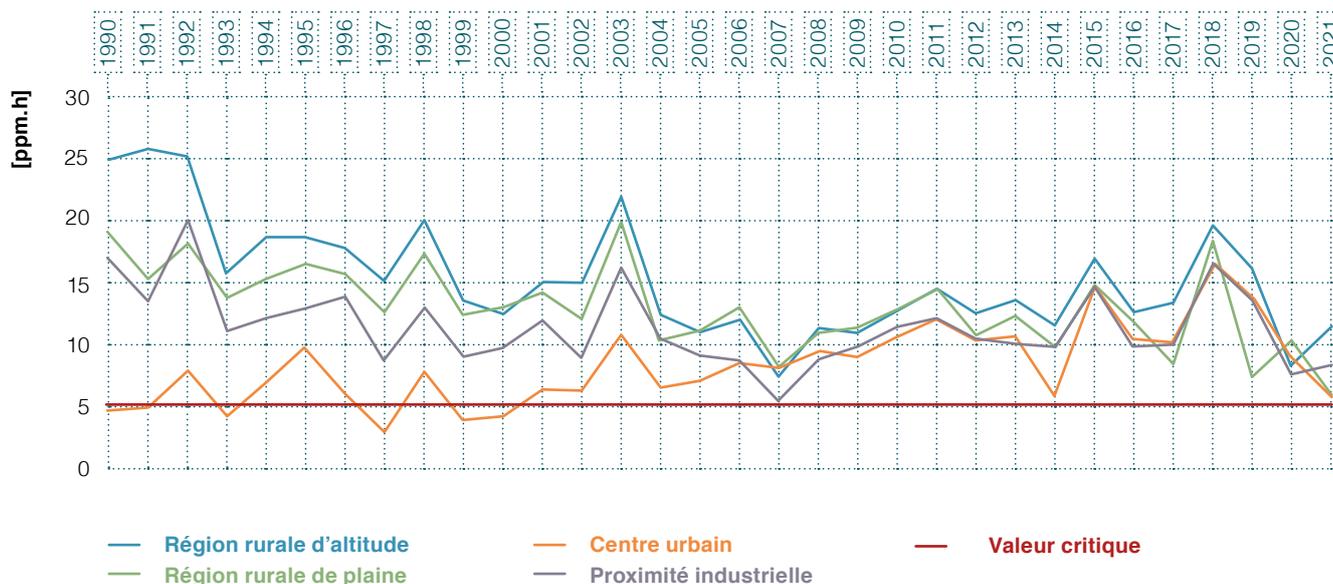
L'effet de l'ozone sur la végétation dépend de la concentration de ce polluant durant la période de croissance allant du début du printemps à la fin de l'été. Il est estimé à l'aide de l'AOT 40 correspondant à l'exposition cumulée au-dessus du seuil de 40 ppb sur la période d'avril à septembre.

La valeur critique pour la protection des forêts, et par extension des cultures, se situe à 5 ppmxh. Au-delà la végétation souffre: nécrose sur les feuilles, réduction des rendements des récoltes, fragilisation des forêts. Avec l'ammoniaque et les oxydes d'azote, l'ozone est le polluant atmosphérique le plus néfaste pour les écosystèmes. La pollution par l'ozone entraîne des baisses de rendement pour l'agriculture. En 2019, l'OFEV situait les pertes de récolte entre 5% et 15% en fonction de la région et de la culture. Pour le blé, l'Office fédéral se basant sur une étude de l'Agroscope, a

précisé une diminution de rendement moyenne de 3% en Suisse [1]. De hauts niveaux d'ozone affectent également la biodiversité. Ils impactent la composition des communautés végétales et modifient la floraison et la production de graines.

En 2021, les niveaux s'échelonnent de 5.6 à 11.4 ppmxh (figure 7). La baisse générale de 2020 déjà présente en 2019 en région rurale de plaine se confirme. Les niveaux sur 2020 et 2021 sont à peu près à la moitié de ceux de 2018 et 2019. Le seuil critique est dépassé dans toutes les typologies de site comme chaque année depuis 2001. Mais en région rurale de plaine et en centre urbain, les valeurs 2021 touchent presque la limitation. Les cultures de plaine du Valais central ont alors nettement moins pâti de l'ozone que lors des années précédentes.

FIGURE 7 - AOT 40 POUR LES ANNÉES 1990 À 2021, MOYENNES RÉGIONALES



Les résultats les plus élevés découlent des épisodes de pollution marquée à l'ozone, rencontrés lors des saisons estivales très ensoleillées et chaudes ou avec de fortes vagues de chaleur assez prolongées, soit 2003, 2015, 2018 et 2019. Pour la région rurale de plaine, la valeur 2021 de 5.6 ppmxh est la plus basse enregistrée depuis le début des mesures. Celle de la région rurale d'altitude renoue avec le fréquent constat la situant au premier rang des régions à la végétation la plus affectée. Globalement, cette nuisance a connu l'année passée son accalmie la plus prononcée depuis 2008.

5. POUSSIÈRES FINES - PM10

5.1. Portrait

Les poussières fines restent durablement en suspension dans l'air et représentent un enjeu principal de la protection de l'air. Le terme PM10 désigne les particules fines dont le diamètre est inférieur à dix micromètres (< 10 µm). Il y a les particules primaires issues directement de sources comme la combustion ou l'abrasion et les particules secondaires formées dans l'air à partir de gaz précurseurs par des processus de nucléation, condensation et coagulation. Ces poussières de petite taille pénètrent profondément dans les voies respiratoires. Celles de diamètre entre 2.5 et 10 µm vont jusqu'aux bronches.

La liste des nuisances sur la santé de cette pollution est longue. Bronchites, toux, dyspnées et asthme comptent parmi les affections des voies respiratoires qu'elle cause. Des concentrations de PM10 élevées augmentent le taux de mortalité par des cancers et des maladies cardiaques. En 2013, une étude suisse a montré que leur augmentation de 10 µg/m³ sur une moyenne de 2 à 4 jours entraîne des hospitalisations d'urgence pour des troubles cardiovasculaires et des problèmes médicaux généraux. Elles apparaissent avec un délai d'au moins 2 jours concernant les affections pulmonaires.

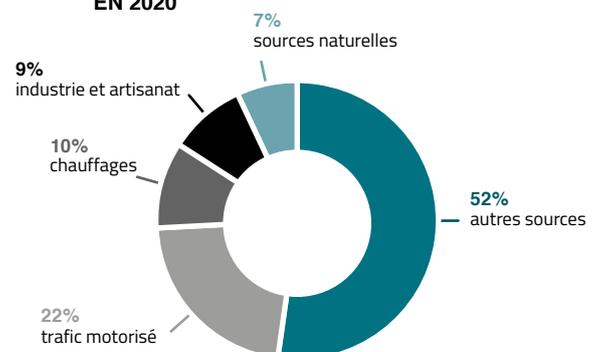
En Valais, les émissions de particules primaires de PM10 représentent 459 tonnes en 2020. Le trafic motorisé contribue avec 22% des émissions, les chauffages avec 10%, l'industrie et l'artisanat avec 9%, la nature et les cheptels avec 7%. Les autres sources, principalement les activités agricoles, sylvicoles, de construction et le trafic ferroviaire participent avec 52% (figure 8).

Près de la moitié de la charge de PM10 dans l'air est composée de particules fines secondaires aussi appelées aérosols secondaires [1]. Les poussières fines contiennent de nombreux composants chimiques: sels inorganiques (sulfates, nitrates, ammonium, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Cl⁻), matière organique et carbone élémentaire – dont les hydrocarbures aromatiques polycycliques cancérigènes –, métaux (Cd cancérigène, Pb neurotoxique chronique, Fe, Cr, Zn, etc.).



Les activités du secteur non-routier (offroad) dégagent des poussières d'engins diesel et d'abrasion

FIGURE 8 - EMISSIONS DE PM10 PRIMAIRES EN VALAIS EN 2020



Autres sources: secteur offroad (e.g. machines de chantier, outils et engins motorisés en agriculture et sylviculture, trafic aérien et ferroviaire), séchage de l'herbe, feux en plein air, feux d'artifice et solvants, incinération illégale de déchets. Données: cadastre cantonal des émissions (Cadero).

PARTICULES FINES PM10 - EN UN CLIN D'ŒIL

RÉGION RURALE D'ALTITUDE	👍 Bonne
RÉGION RURALE DE PLAINE	👍 Bonne
CENTRE URBAIN	👍 Bonne
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	👍 Bonne

5.2. RÉSULTATS 2021

Plusieurs méthodes analytiques sont utilisées pour quantifier les concentrations de PM10 dans l'air ambiant en Valais : la gravimétrie de haut débit volumique (HVS), l'absorption beta et le comptage optique du nombre de particules (voir annexe 2, tableaux 3 et 4). Afin d'assurer des chiffres comparables d'une année à l'autre, les résultats sont établis en calibrant les valeurs fournies par les analyseurs en continu (absorption beta, comptage optique) au moyen des échantillons journaliers obtenus par gravimétrie HVS. Cette procédure de correction a été validée par l'EMPA.

La valeur limite annuelle de 20 µg/m³ a été nettement respectée dans toutes les régions types (tableau 4). Par contre, la valeur limite

journalière de 50 µg/m³ a connu plusieurs dépassements en 2021. Ils étaient tous associés à des incursions de sables du Sahara sauf un des quatre à Saxon. Pour cette station et celle de Brigerbad, et par conséquent pour les régions rurales de plaine et de proximité industrielle, **la situation OPair est non-conforme à la limitation**. À la station de Saxon c'est le dépassement enregistré le 21 mars qui la provoque. Il ne provient pas de sables sahariens. Lors de l'épisode de gel survenu dans la nuit du 20 au 21 mars, l'utilisation de chaufferettes à paraffine pour protéger les arbres fruitiers des températures nocturnes glaciales a généré des suies de combustions à l'origine des concentrations excessives de poussières fines mesurées sur la journée en plaine du Valais central.

TABLEAU 4 - PM10, RÉSULTATS 2021

RÉGIONS	STATIONS	PM10			Plomb Moyennes annuelles Pb [ng/m ³]	Cadmium Moyennes annuelles Cd [ng/m ³]
		Moyenne annuelle [µg/m ³]	Nombre jours > 50 µg/m ³	Valeur journalière maximale [µg/m ³]		
RÉGION RURALE D'ALTITUDE	Les Giettes	7.2	3	68	1	0.04
	Eggerberg	11	3	103	2	0.04
	Montana	10	3	95	1	0.02
RÉGION RURALE DE PLAINE	Saxon	14	4	75	2	0.05
CENTRE URBAIN	Sion	15	3	82	2	0.05
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	Massongex	14	3	79	3	0.06
	Brigerbad	13	4	117	3	0.07
NORME OPAIR		20	3	50	500	1.5

Les plus basses moyennes annuelles reviennent aux stations d'altitude localisées en-dessus des niveaux d'inversion thermique qui piègent la pollution et qui vont en hiver jusqu'à environ 1000 m.s.m. Celle des Giettes est régulièrement la plus basse. Située à une altitude de 1140 m, la station rurale est à l'écart d'importantes sources locales de poussières fines et représente la qualité de l'air de fond en altitude. Les moyennes de 10 et 11 µg/m³ pour Montana et Eggerberg sont un peu plus élevées. La première station borde une destination touristique comprenant un nombre significatif de sources de pollution générant notamment des poussières fines. La seconde posée à 840 m.s.m. dans le Haut-Valais n'est pas toujours à l'abri des effets favorisant l'accumulation de polluants lors de situations d'inversion thermique. Elle accuse une valeur légè-

ment supérieure à celle de Montana. En 2021, la pollution de l'air aux poussières fines peut être qualifiée de faible pour les régions rurales d'altitude alors qu'elle est modérée dans les autres régions valaisannes.

La représentation des niveaux de pollution aux PM10 diffère des conclusions ci-avant, quand on considère les valeurs journalières. Leur intervalle pour les maxima s'étend de 68 à 103 µg/m³ en altitude et de 75 à 117 µg/m³ en plaine. Dans le même ordre d'idée, le nombre de jours ayant connu un dépassement de la limitation journalière va de trois à quatre pour toutes les régions. À cette résolution la qualité de l'air n'est pas clairement meilleure en montagne. Cette observation s'explique par l'origine des valeurs dépassant la

limitation. Elles sont toutes associées à des incursions de sables du Sahara. Sur les 23 dépassements journaliers constatés en 2021 auprès des stations Resival, 22 le sont dus. Cette pollution vient par le haut depuis l'atmosphère libre et les régions d'altitude n'en sont pas mieux abritées.

Depuis 2014, seule l'année 2018 a connu une trêve dans la lutte contre le gel printanier dommageable à la production de fruits en Valais. Les conditions météorologiques permettant d'éviter ces mesures de protection en mars et en avril n'ont été favorables qu'une année sur huit. En 2021, deux nuits ont provoqué des pollutions aux PM10 marquées enregistrées par Resival, celles du 20-21 mars et du 7-8 avril. Seul le poste de Saxon qualifiant les régions rurales de plaine a alors connu des niveaux menant à une non-conformité OPair. La sonde de température de la station située à 2 m sur sol a mesuré -4.2°C le 21 mars à 6h30 du matin et -2°C le 8 avril à la même heure. C'est lors du gel le plus intense que les plus hautes concentrations de poussières fines ont été mesurées avec un pic culminant à $510 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à 5h du matin. Le 8 avril leur maximum a atteint $193 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les chaufferettes à paraffine mobilisées en mars, lors de la période de floraison défavorable à l'usage extensif de l'arrosage surtout sur les coteaux, ont conduit à la non-conformité qui s'est finalement traduite en fin du dimanche 21 mars par une valeur journalière de pollution aux PM10 de $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.3. EVOLUTION DES IMMISSIONS

Toutes les valeurs depuis 1999 sont établies sur la base de la méthode gravimétrique de référence (voir chapitre précédent) et sont donc directement comparables. Globalement, les immissions de PM10 n'ont que peu changé entre 1999 et 2006. Depuis 2006, une claire évolution à la baisse de la moyenne annuelle est observée pour toutes les régions types (figure 9) comme au niveau suisse (voir résultats du Nabel [1]). La baisse significative observée en 2021 par rapport à 2006 va de 37% en région rurale d'altitude pour la plus modérée à 47% en proximité industrielle pour celle de plus grande ampleur. En 2021 et depuis 2014 la limitation annuelle, autrement dit la valeur limite à long-terme, a été respectée sur l'ensemble du canton pour la huitième année consécutive. Toutefois, les niveaux stagnent en altitude depuis 2016 et le font également en plaine depuis 2018. Excepté en proximité industrielle, les plus récentes valeurs marquent une légère hausse par rapport à l'année précédente. Les très hauts niveaux de février liés aux incursions de sables du Sahara sont une source majeure de cette augmentation s'échelonnant de $+0.5$ à $+1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les moyennes annuelles par région en 2021 au regard de 2020.

Le nombre de dépassements journaliers avait connu un regain d'importance en 2017 à cause d'épisodes d'inversion thermique fréquents en janvier et février. En 2019 et pour la première fois depuis le début des mesures en 1999, aucune des stations Resival

Les fumées des chaufferettes à paraffine sont connues pour contenir des suies cancérigènes. Fort de ce constat et afin de réduire les émissions polluantes, le Service cantonal de l'agriculture a élaboré un prototype de chaufferettes à pellets. Il a mandaté le SEN pour réaliser des mesures. L'étude a en particulier déterminé un débit massique d'émission de poussières par chaufferette de 1 g par heure dans le meilleur des cas (tube à pellets de bois) et jusqu'à 7 g par heure dans les moins bons (chaufferettes à paraffines issues de coupes pétrolières mais aussi de cires de bougies artisanales). Considérant un strict minimum de 200 bougies antigel par hectare pour lutter avec quelques chances de succès contre le gel, les émissions de poussières se montent au moins à 200 g par heure et par hectare. Ce niveau d'émissions est semblable aux rejets horaires de PM10 émis par 2 à 4 grandes centrales de chauffage à bois modernes de 3 à 6 MW chacune. Alors que la chaleur largement plus importante produite par ces dernières est acheminée avec des pertes thermiques minimales à ses bénéficiaires, celle des chaufferettes de terrain accuse des déperditions énormes. Compte tenu de l'efficacité aléatoire des chaufferettes à paraffine et du faible rapport de leurs bénéfices sur les impacts environnementaux, une meilleure qualité de l'air lors des épisodes de lutte contre le gel printanier demeure un objectif à atteindre.

n'avait présenté de valeur journalière excédant la norme. L'année 2020 n'a pas reproduit cet excellent résultat mais le nombre de dépassements par station et par région type se situait dans la tolérance de maximum 3 jours existante depuis l'OPair de 2018. L'année 2021 marque le retour de non-conformités à la limitation journalière de l'Ordonnance, les deux stations de Saxon et de Brigerbad ayant connu 4 jours de dépassements (figure 10). Bien que les apports de sables du Sahara soient d'origine naturelle leur présence en excès constitue une pollution tangible. Formés de microscopiques grains de quartz, ils sont principalement composés de silicium et d'oxygène. Ils provoquent des atteintes à la santé par des inflammations des voies respiratoires. Ces particules présentent des tailles excédant la limite de $10 \mu\text{m}$ pour les PM10. Elles vont jusqu'à $100 \mu\text{m}$ pour le sable fin et provoquent une forte opacité visible de l'atmosphère, l'œil humain distinguant les aérosols à partir de 10 à $40 \mu\text{m}$ de diamètre. Les trois vagues de février et mars 2021 représentent un événement probablement exceptionnel. La fréquence de fortes incursions de sables du Sahara pourrait cependant augmenter avec le réchauffement climatique, du fait de transports intercontinentaux de poussières favorisés par la plus grande énergie présente dans l'atmosphère. Les émissions des sources anthropiques de gaz à effet de serre sont la contribution des activités humaines à ce phénomène.

FIGURE 9 - PM10, MOYENNES ANNUELLES ET RÉGIONALES DE 1999 À 2021

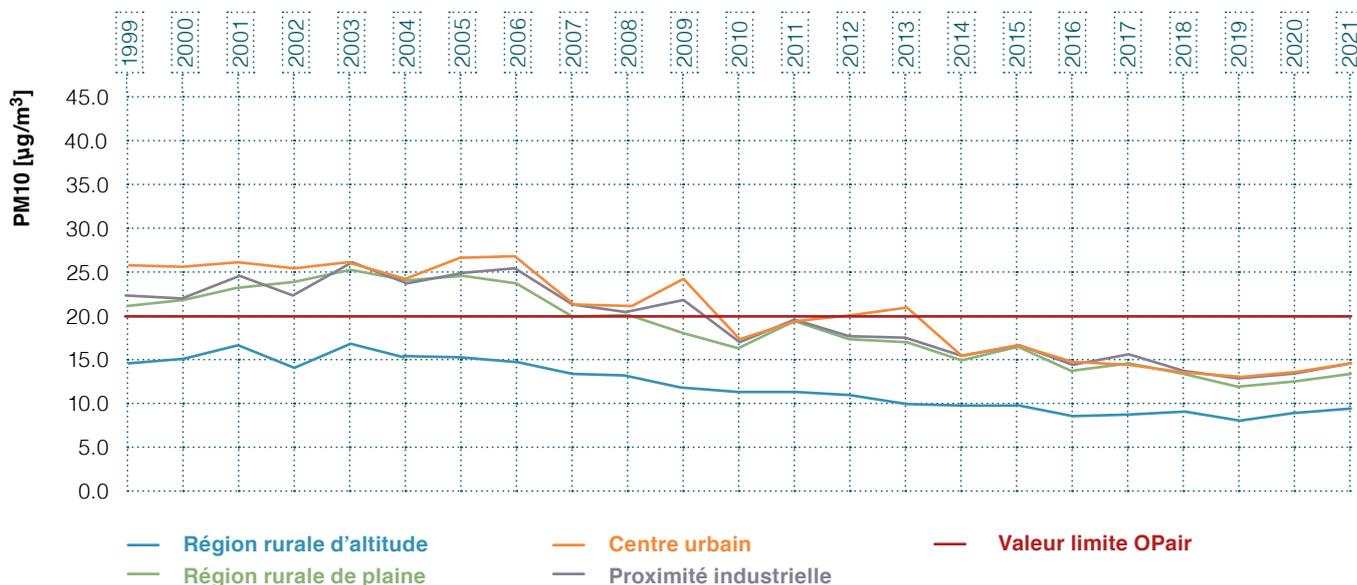
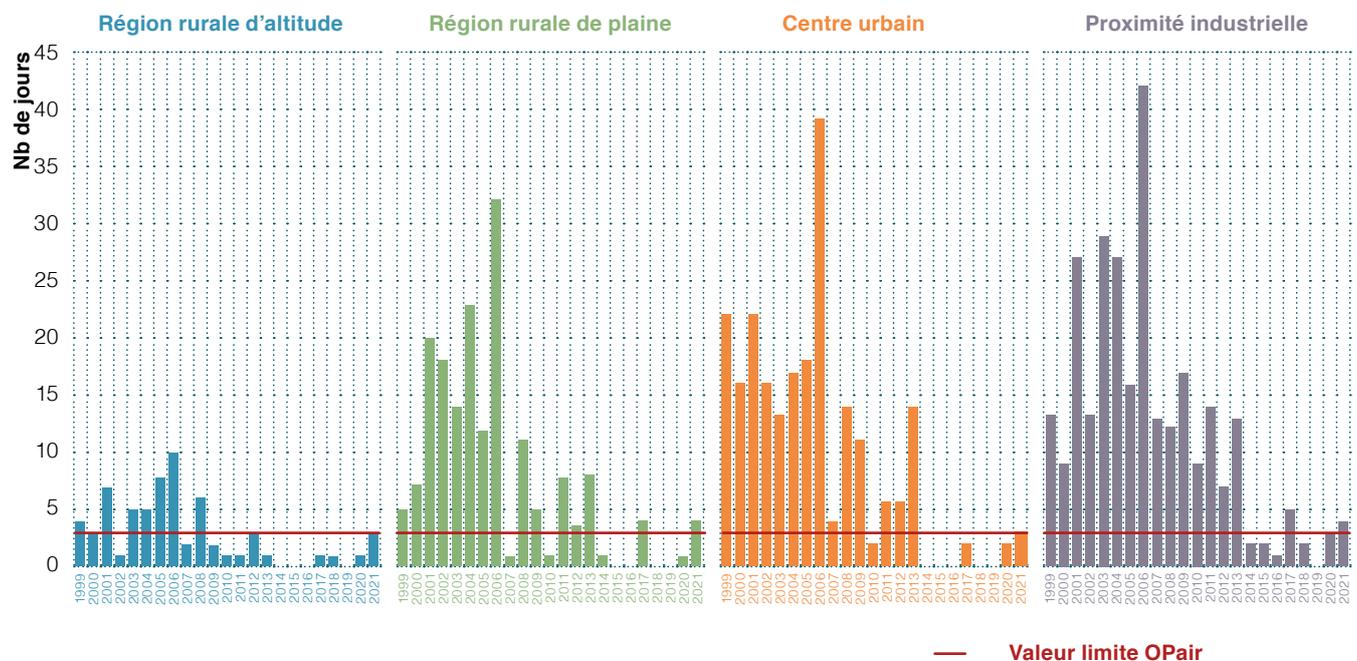


FIGURE 10 - PM10, NOMBRE DE JOURS > 50 µg/m³, MAXIMA RÉGIONAUX (TRAIT ROUGE, TOLÉRANCE DE 3 J)



Selon le cadastre d'émissions, 41% des quantités de particules fines primaires émises en 2020 dans le canton proviennent principalement des activités du secteur non-routier (offroad) par exemple sur chantiers, en agriculture, sylviculture, carrières et gravières. Il est inclus dans le domaine 'autres sources' à la figure 8. Un pourcentage prédominant c.-à-d. 58% des charges de PM10 primaires provient des émissions causées par divers phénomènes abrasifs telle l'usure des freins et des pneumatiques. Deux secteurs sont impliqués: le domaine non-routier et le trafic routier, représentant 67% et 33% respectivement des rejets totaux des particules d'abrasion. En 2020, les principales sources de PM10 primaires hors processus d'abrasion étaient les chauffages (24%) dont 97% des émissions sont dues à ceux alimentés au bois, l'industrie (22%), la nature et les cheptels (16%), le solde (25%) provenant surtout de divers solvants, du séchage de l'herbe et même de feux interdits. L'importance de limiter autant que possible les rejets atmosphériques des chauffages à bois provient surtout des suies cancérigènes véhiculées par les particules imbrûlées émises par les combustions ordinaires de ce combustible.

Les particules secondaires de PM10 sont formées à partir de gaz précurseurs, surtout les oxydes de soufre (SOx) et d'azote (NOx) et l'ammoniac (NH₃). Ils réagissent dans l'atmosphère pour produire des composés de sulfate, de nitrate et d'ammonium, en d'autres termes des aérosols inorganiques secondaires. L'oxydation de composés organiques volatils (COV) produit des composés moins volatils, soit des aérosols organiques secondaires. En plaine les niveaux de pollution ambiante entre villes et campagnes sont plus proches pour les PM10 (figure 9) que pour le dioxyde d'azote (figure 21). Cette observation est due aux particules secondaires qui se forment plus lentement et à plus grande distance des sources que le NO₂ puis qui se dispersent à plus large échelle grâce à une durée de vie supérieure.

La baisse des niveaux de PM10 depuis quinze ans s'explique à la source par des améliorations de l'état de la technique sur les processus générant des particules atmosphériques. Par exemple, les véhicules et les machines à moteurs à combustion sont fabriqués selon des normes renforcées pour les réduire aux gaz d'échappement. L'Ordonnance sur la protection de l'air a favorisé et au besoin imposé ces progrès par des dispositions graduellement plus restrictives depuis 2007. Toutes les sources de pollution ont été visées, en particulier les chauffages à bois, les moteurs stationnaires, les machines diesel mobiles de chantier ou d'autres exploitations. Quand les mesures mises en œuvres ne réduisent pas suffisamment les émissions de poussières au niveau d'un foyer ou d'un moteur, diverses techniques d'épuration des effluents gazeux sont disponibles, par exemple toute la gamme des filtres à particules du marché.

Les principales réductions des composants des PM10 ces vingt dernières années valent pour les sulfates et les suies cancérigènes constituées de carbone élémentaire [2]. Elles sont attribuables aux teneurs en soufre réduites dans les carburants et les combustibles, à l'introduction des filtres à particules sur les moteurs diesel et aux moindres émissions des chauffages à bois. Inversement, les parts relatives de poussières fines organiques ont augmenté ainsi que celle des particules minérales. Ces dernières trouvent leur origine dans les tourbillons de poussières provoqués par le trafic routier et l'usure des freins et des routes mais aussi dans la nature avec l'abrasion éolienne de roches.

Les niveaux des métaux lourds, plomb et cadmium, dans les PM10 sont très largement en-dessous des valeurs limites annuelles (figures 11 et 12). Sauf quelques hausses modérées comme en 2010 pour le cadmium les concentrations ne varient que peu d'année en année.

FIGURE 11 - PLOMB EN ng/m³ DANS LES PM10 DE 2001 À 2021, MOYENNES RÉGIONALES

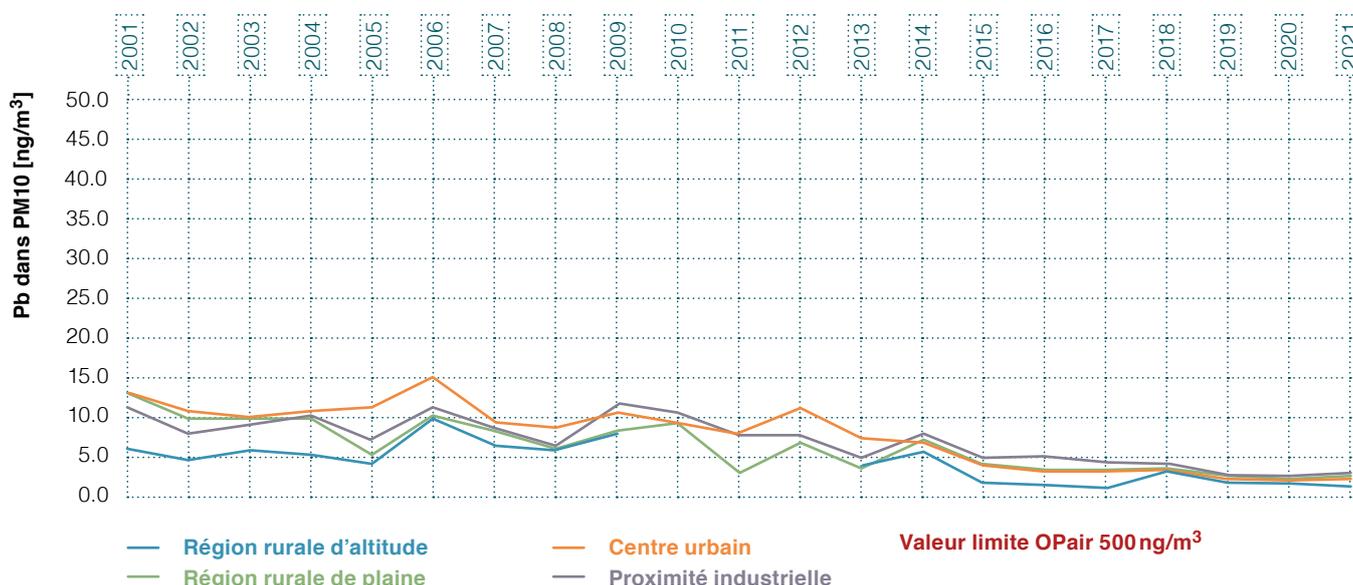
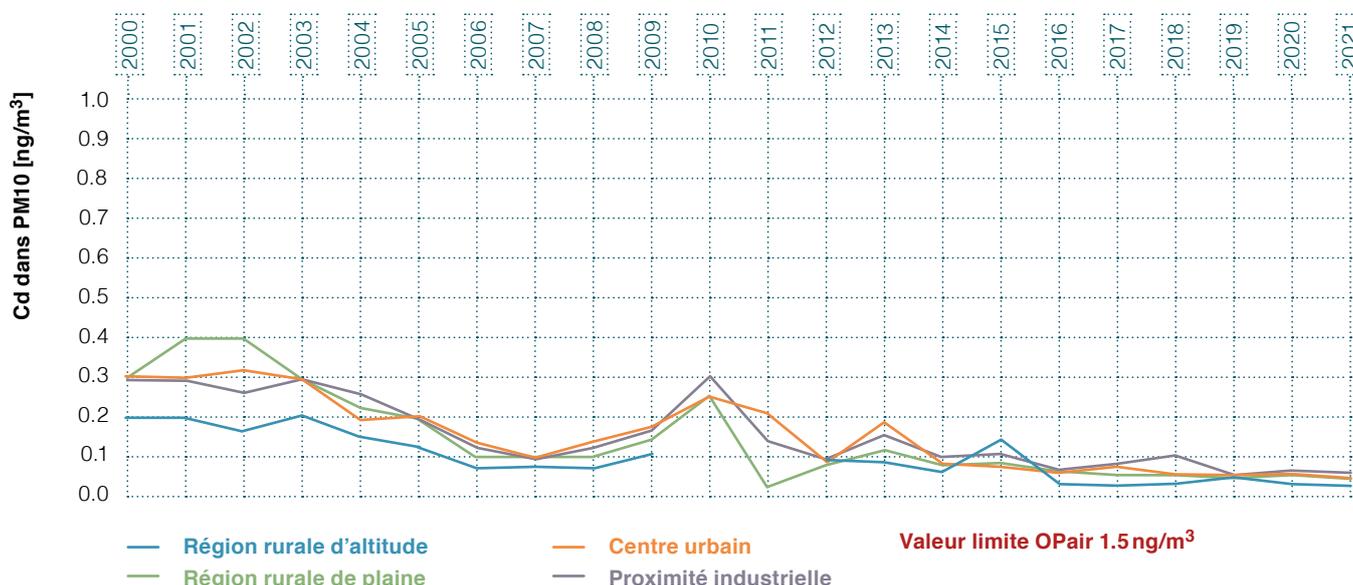


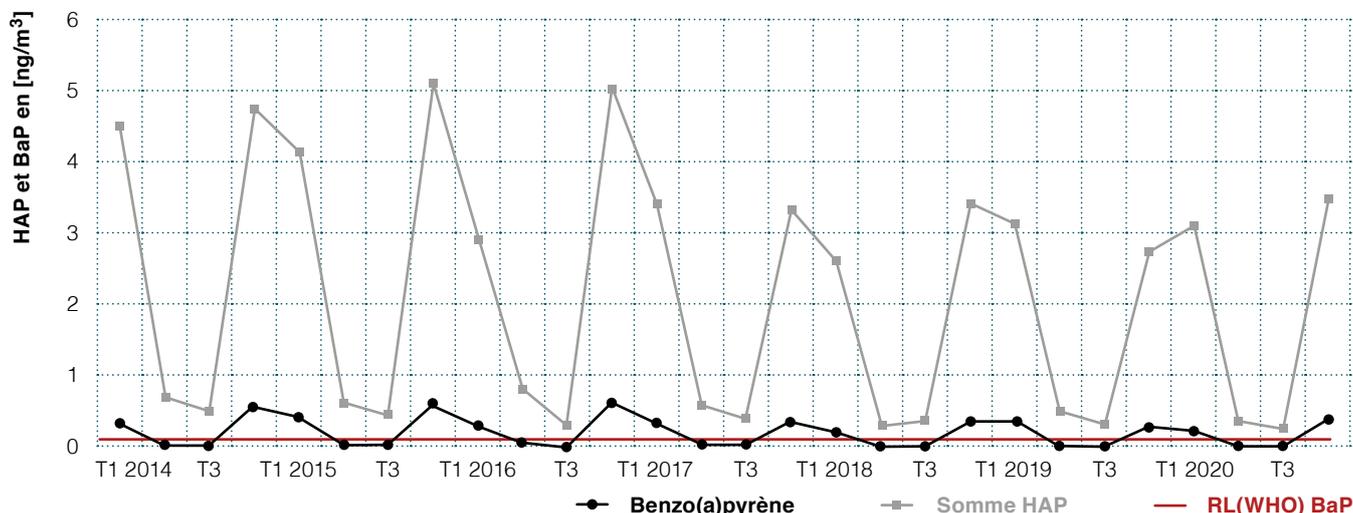
FIGURE 12 - CADMIUM EN ng/m³ DANS LES PM10 DE 2001 À 2021, MOYENNES RÉGIONALES



Des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) principalement produits par la combustion incomplète de matières organiques comme le bois, l'essence, le diesel et le mazout sont présents dans les poussières fines. L'EMPA caractérise annuellement 11 HAP séparément depuis 2006 à la station fédérale de Sion [3]. Les deux HAP limités en classe cancérigène dans l'OPair, le dibenzo(a,h)anthracène (DahA) et surtout le benzo(a)pyrène (BaP) contribuent pour 65% à 70% à la toxicité globale des HAP dans les PM10. Une valeur limite annuelle de 1 ng/m³ a été proposée pour le BaP (directive européenne 2004/107/EC). Elle est respectée depuis le début des mesures.

L'OMS a fixé le niveau de référence (RL) du BaP à 0.12 ng/m³ sur une année. Il définit le niveau au-dessus duquel le risque de provoquer un cancer chez un individu lors d'une espérance de vie standard excède celui toléré d'environ 1 personne sur 100'000. Depuis 2017, à Sion, ce niveau est modérément dépassé. Les résultats stagnent entre 25% et 50% en plus de la norme. En 2020, la valeur de 0.16 ng/m³ est en excès de 33%. La figure 13 montre que ce sont les teneurs hivernales d'octobre à mars qui provoquent le dépassement. La concentration annuelle de HAP dans les poussières fines était de 1.78 ng/m³ pour une moyenne annuelle de 15 µg/m³ de PM10 à la station Nabel (Resival Sion 2020: 13 µg PM10/m³). Il y a donc 0.012%-masse de HAP dans les PM10. Cette proportion est à peu près constante ces dernières années.

FIGURE 13 - RÉSULTATS 2014 - 2020 POUR LES HAP ET LE BENZO(A)PYRÈNE À LA STATION NABEL DE SION



6. POUSSIÈRES FINES - PM2.5

6.1. Portrait

Les poussières fines PM2.5 ont un diamètre inférieur à 2.5 micromètres (< 2.5 µm). De plus petite taille que les PM10 pour une densité semblable, ce polluant est moins soumis à la force d'attraction de la gravité terrestre et reste d'autant plus aisément en suspension dans l'air. Il se compose aussi de particules primaires directement rejetées dans l'air et de particules secondaires formées à partir de gaz précurseurs. Il représente mieux les sources de combustion car elles génèrent des particules n'excédant guère 1 µm.

Les PM2.5 représentent un enjeu sanitaire plus marqué que les PM10. Outre des réactions inflammatoires, ils sont estimés être à l'origine d'environ 3500 décès annuels prématurés en Suisse pour une concentration entre 7.5 et 10 µg/m³. En Valais c'est une centaine de cas chaque an. Sans cette nuisance, les instances de santé publique évaluent de 13 à 14 ans la prolongation moyenne de leur vie. Les PM2.5 affectent davantage le système cardio-vasculaire et pénètrent plus profondément dans les poumons, jusque dans les alvéoles. La fraction des particules ultrafines (< 0.1 µm) peut traverser la barrière air-tissu et aboutir dans le sang. Quand elle franchit la barrière hémato-encéphalique entre le système sanguin et le cerveau, des atteintes cérébrales peuvent s'ensuivre.

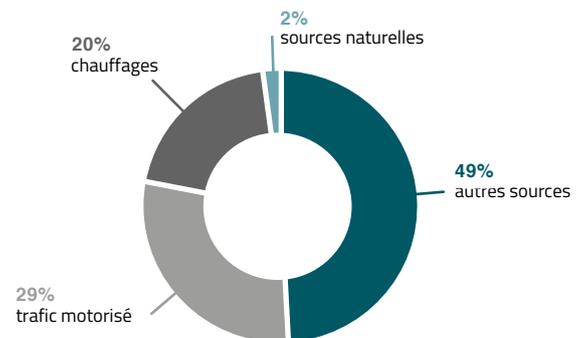
En Valais, les émissions de particules primaires de PM2.5 représentent 154 tonnes en 2020, soit 34% des rejets de PM10. Le trafic motorisé contribue avec 29% des émissions, les chauffages avec 20%, les autres sources avec 49% (figure 14). Ces domaines sont dotés d'installations, de machines et de véhicules fonctionnant à l'aide de processus de combustion. L'absence du secteur industriel ne signifie pas qu'il en est exempt; ses émissions de poussières sont comptabilisées en charges de PM10.

La composition chimique des PM2.5 est similaire à celle des PM10 mais la part relative des poussières secondaires est plus élevée car elles se lient davantage à la fraction plus fine des particules. Par contre, la contribution relative des poussières minérales est plus importante dans les PM10.



Les feux en plein air et les petits chauffages à bois brûlant principalement des bûches émettent de grandes quantités de PM2.5

FIGURE 14 - ÉMISSIONS DE PM2.5 PRIMAIRES EN VALAIS EN 2020



Autres sources: secteur offroad (e.g. machines de chantier, outils et engins motorisés en agriculture et sylviculture, trafic aérien et ferroviaire), séchage de l'herbe, feux en plein air, feux d'artifice et solvants, incinération illégale de déchets. Données: cadastre cantonal des émissions (Cadero).

PARTICULES FINES PM2.5 - EN UN CLIN D'ŒIL

RÉGION RURALE D'ALTITUDE	👍 Bonne
RÉGION RURALE DE PLAINE	👉 Moyenne
CENTRE URBAIN	👉 Moyenne
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	👍 Bonne

6.2. RÉSULTATS 2021

De 2015 à 2017, les particules fines PM2.5 ont été mesurées à Montana au moyen de la méthode de référence par gravimétrie HVS. En juin 2018, l'OPair a mis en vigueur une valeur limite d'immissions (VLI) annuelle sur ce polluant. Elle reprend celle fixée par l'OMS et est fixée à 10 µg/m³. L'organisation mondiale prescrit de surcroît une limitation journalière à 25 µg/m³ à ne pas dépasser plus de trois jours par année. Après une phase transitoire en 2018 les mesures de PM2.5 se font depuis 2019 à l'aide de la gravimétrie HVS et d'analyseurs en continu aux stations fixes de Resival

sauf celles des Giettes et d' Eggerberg. Ces dernières n'ont pas compris de préleveurs HVS dédiés aux PM2.5 jusqu'en août 2021. Et les mesures en continu se font seulement sur les PM10. Dans ces deux cas, la moyenne annuelle est une évaluation indicative obtenue à l'aide d'autres résultats de Resival (voir le commentaire au tableau 5). La limitation OPair est respectée à toutes les stations en 2020 quoiqu'**à la limite pour la station de Saxon** qualifiant la région rurale de plaine (tableau 5). En termes de valeurs journalières, les limitations indicatives de l'OMS sont dépassées partout.

TABLEAU 5 - PM2.5, RÉSULTATS 2021

RÉGIONS	STATIONS	PM2.5		
		Moyenne annuelle [µg/m ³]	Nombre jours > 25 µg/m ³	Valeur journalière maximale [µg/m ³]
RÉGION RURALE D'ALTITUDE	Les Giettes	4.3*	-	-
	Eggerberg	6.3*	-	-
	Montana	6.1	6	37
RÉGION RURALE DE PLAINE	Saxon	10	15	83
CENTRE URBAIN	Sion	9.3	8	42
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	Massongex	8.5	5	34
	Brigerbad	8.9	14	47
NORME OPAIR		10		
NORME OMS		10	3	25

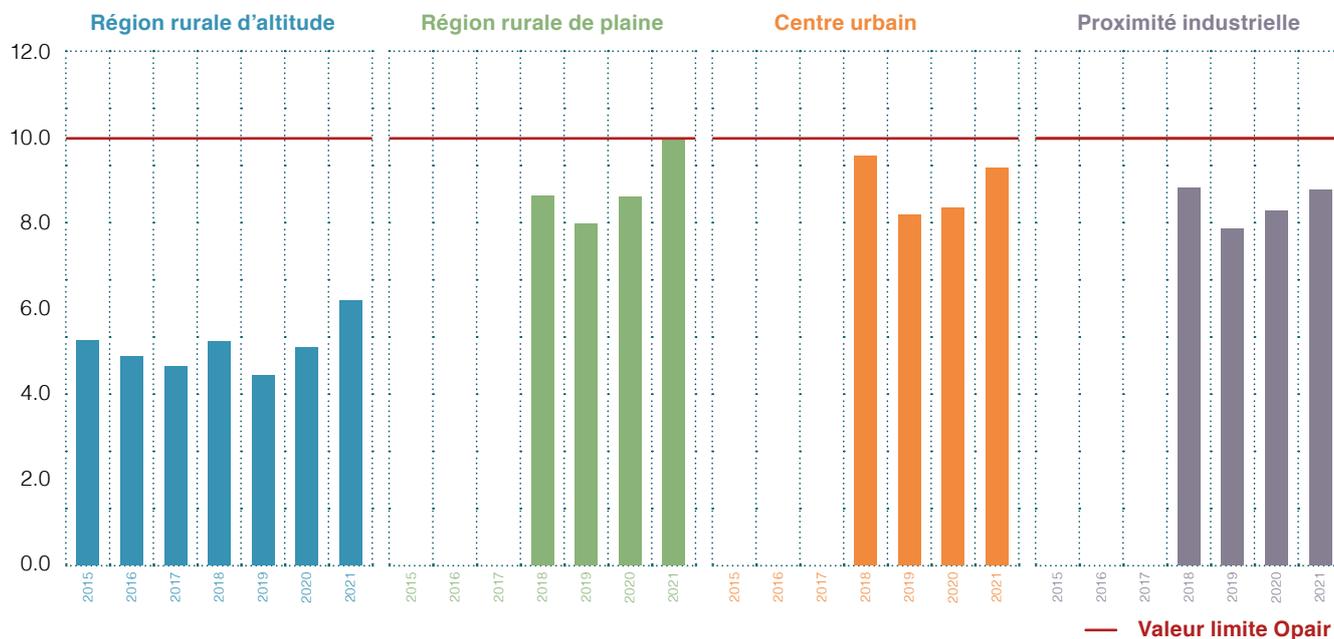
* Valeur estimée basée sur la valeur annuelle de PM10 et sur une évaluation du ratio PM2.5/PM10 pour la station, en fonction des résultats de mesure par la méthode de référence à Montana, Massongex et Brigerbad

6.3. EVOLUTION DES IMMISSIONS

Alors que les mesures préliminaires à Montana en prévision de la nouvelle limitation annuelle OPair introduite en 2018 montraient un large respect de celle-ci, les résultats de 2018 à 2021 sur l'ensemble du territoire cantonal caractérisent une réalité moins réjouissante (figure 15). La limitation annuelle est respectée sur toutes les régions, quoique la pollution n'est modérée qu'en altitude. En milieu urbain, rural de plaine et en proximité industrielle le niveau de pollution est significatif. En 2018, il était à la limite OPair à Massongex alors qu'en 2021 c'est à Saxon qu'il l'est.

Concernant les normes journalières de l'OMS, elles ne sont pas respectées en 2021 tout comme en 2018 et 2020 aux stations de plaine. En 2019, elles étaient par contre partout en conformité, compte tenu de la tolérance de 3 jours par an en dépassement de la valeur limite à 25 µg/m³. Cette année-là a été la moins chargée en PM2.5 depuis 2018. Les résultats de ces quatre dernières années indiquent que les niveaux de PM2.5 sont relativement stagnants. En plaine, la pollution est toujours significative et elle l'est devenue en 2021 pour certains jours en altitude.

FIGURE 15 - PM2.5 2018-2021, MOYENNES ANNUELLES ET RÉGIONALES EN µg/m³



L'évaluation du ratio annuel [PM2.5] / [PM10] s'est poursuivie en 2021. À cet effet, la gravimétrie HVS est utilisée à raison de deux appareils par station munis chacun d'une tête filtrante discriminant l'une ou l'autre des fractions et les déterminant simultanément. À Montana, le ratio est en moyenne annuelle: 0.51 (± 0.04), 0.58 (± 0.04), 0.62 (± 0.05), 0.60 (± 0.05), 0.52 (± 0.04), 0.60 (± 0.04), 0.61 (± 0.05) de 2015 à 2021. L'incertitude élargie, associée aux résultats, vaut pour un intervalle de confiance de 99%. Elle est toujours inférieure à ±10%. La même méthode a déterminé des ratios annuels [PM2.5] / [PM10] à Massongex, Sion, Saxon et Brigerbad depuis 2017, 2018 et 2019 respectivement.

Par année ils vont de 0.58 à 0.73 et s'échelonnent en moyennes sur les périodes de mesure de 0.61 à 0.69. Le rapport général obtenu pour les 5 stations valaisannes est [PM2.5] / [PM10] = 0.63. Pour comparaison, un ratio annuel moyen de 0.71 vaut pour les mesures effectuées entre 1998 et 2011 auprès de stations du Nabel en Suisse. Un environnement minéral régulièrement soumis à l'abrasion éolienne et prépondérant en Valais ainsi que des conditions plus sèches qu'ailleurs en Suisse favorisent davantage la part des poussières grossières entre 2.5 et 10 µm de diamètre (37% contre 29% sur l'ensemble du pays).

7. CARBONE ÉLÉMENTAIRE (suies)

Les suies issues de combustions incomplètes contiennent essentiellement du carbone élémentaire (CE) ou du black carbon (BC). Le BC est défini optiquement et comprend surtout du CE mais aussi de la matière organique lourde. Les moteurs diesel en sont des sources importantes. Leurs gaz d'échappement étaient noirs et opaques au siècle passé. Depuis les années 2000, l'amélioration de la combustion et des systèmes d'épuration des gaz (filtres à particules) ont fortement réduit cette pollution. Les particules microscopiques de suie respirée pénètrent au plus profond de nos poumons et passent dans notre système sanguin. Elles engendrent des maladies des voies respiratoires et des perturbations du système cardio-vasculaire. Dans les agglomérations, se sont les suies de diesel qui contribuent le plus au risque de cancer en raison des molécules organiques, notamment des HAP, qu'elles véhiculent.

Les valeurs de CE publiées jusqu'au rapport pour 2017 étaient basées sur les résultats de BC vu la méthode d'analyse utilisée. Le BC dans les PM1 était déterminé en continu à l'aide d'un photomètre d'absorption multi-angle (MAAP) puis transposé en valeurs CE à l'aide d'un facteur de conversion. À cet effet, des concentrations de CE prélevées périodiquement sur des filtres PM10 exposés pendant 24h ont été déterminées par une méthode thermo-optique (méthode TOT). Le MAAP étant irrémédiablement hors service depuis l'automne 2017, cette méthode a été abandonnée. Elle avait l'avantage de produire des valeurs journalières mais le désavantage d'une calibration directe impossible et de nécessiter une conversion peu fiable. La valeur cible d'hygiène de l'air étant une moyenne annuelle, une méthode plus favorable a été mise en œuvre depuis 2018. Elle combine le prélèvement en continu des

poussières en suspension sur des filtres en quartz à l'aide de l'analyseur optique mesurant les poussières fines avec la détermination du CE faite au moyen de la méthode TOT par un laboratoire spécialisé. Ce protocole permet d'obtenir des moyennes sur environ 15 jours et une moyenne annuelle. Les résultats correspondants sont inscrits dans le tableau 6 ci-après.



Les gaz d'échappement non épurés des moteurs diesel sont des sources majeures de BC

TABLEAU 6 - CARBONE ÉLÉMENTAIRE (CE), RÉSULTATS 2021

RÉGIONS	STATIONS	Carbone élémentaire (CE)	
		Moyenne annuelle [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valeur ~semi-mensuelle maximale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	Massongex	0.39	0.69

FIGURE 16 - CE, MOYENNES ANNUELLES DE 2008 À 2021 EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$

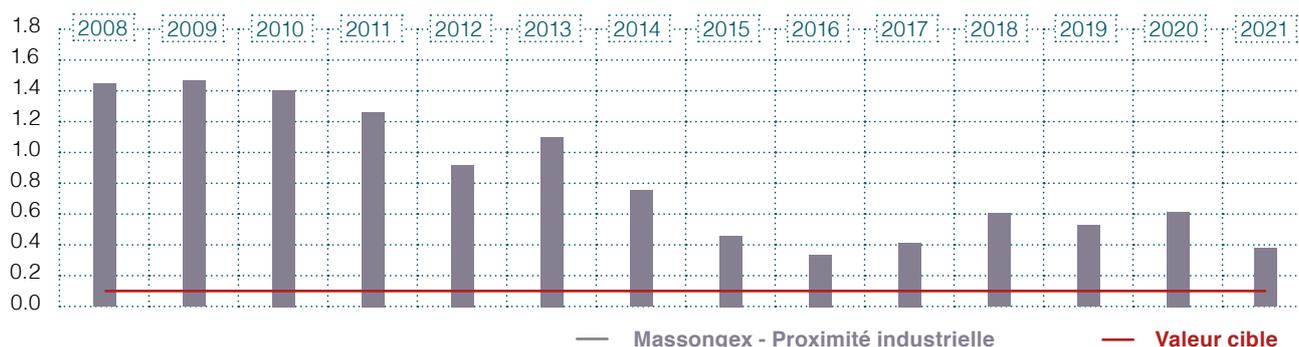


FIGURE 17 - CE EN 2021 À MASSONGEX

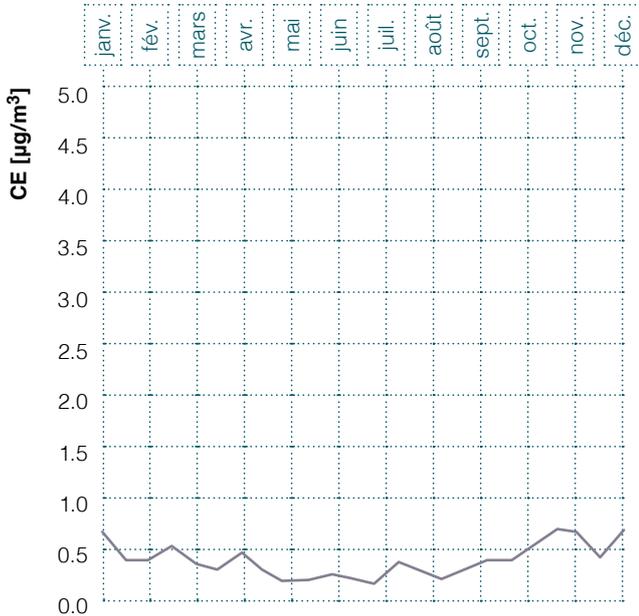
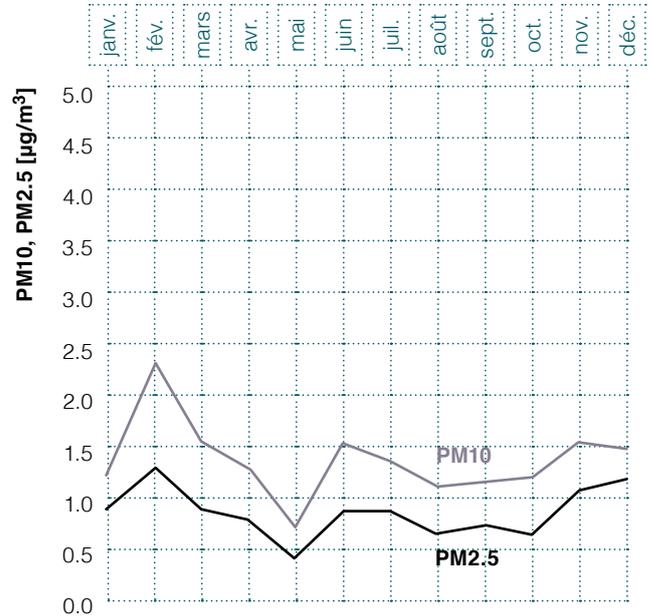


FIGURE 18 - PM10 PM2.5 EN 2021 À MASSONGEX



Un examen des séries temporelles en 2021 pour le CE en valeurs semi-mensuelles (figure 17) et pour les PM10 et PM2.5 en moyennes mensuelles (figure 18) montre une assez bonne similitude de comportement pour les trois derniers trimestres. Le creux le plus marqué pour toutes les fractions s'observe en mai, qui fut un mois pluvieux. Puis les concentrations remontent graduellement pour rejoindre les plus hauts niveaux en novembre et en décembre avec des valeurs similaires à celles de janvier. Par contre les niveaux de PM10 et de PM2.5 en février dépassent nettement ceux des mois de janvier et de mars. Ce comportement est absent pour le CE. Cette observation est liée aux incursions de sables du Sahara les 6 puis du 22 à 27 février et du 2 au 4 mars. Ces particules minérales n'apportent aucune charge de CE, constitué essentiellement de carbone, aux PM10 et aux PM2.5. Par contre, elles augmentent les concentrations de poussières fines. Ce constat est illustré par le rapport CE/PM2.5 de février et de mars qui était de 3.5% et 3.6% respectivement, alors qu'en moyenne annuelle il est de 4.6% sur 2021. Pourtant, les mois d'octobre à mars connaissent d'ordinaire les plus hauts pourcentages. Le rapport PM2.5/PM10 s'est situé pour sa part de 53% à 80% avec les plus hautes valeurs en janvier, novembre et décembre. Une explication à la moindre contribution de la fraction grossière allant de 2.5 à 10 µm provient du manteau neigeux minimisant l'abrasion éolienne des roches nues. Quant aux mois tel celui d'avril soumis à un fœhn fréquent, ils connaissent des abaissements provisoires mais répétés des niveaux de poussières fines à cause du brassage des masses d'air avec celles d'altitude qui sont très peu polluées en poussières, excepté lors d'apports de sables du Sahara.

Selon l'étude de 2013 de la CFHA [4], la concentration en CE ne devrait pas dépasser 0.1 µg/m³ en moyenne sur l'année. Après une évolution à la baisse jusqu'en 2016 à Massongex, les résultats tendent à stagner vers 0.4 à 0.6 µg/m³ ces quatre dernières années (figure 16). Les moyennes annuelles ont toujours été au moins 3 fois supérieures à la valeur cible de 0.1 µg/m³. La CFHA recommande de réduire d'ici 2023 les concentrations de suies à proximité des sources d'émissions à maximum 20% de leurs valeurs pour 2013. Pour le site de Massongex qui accusait une concentration de 1.1 µg/m³ cette année-là, le but serait d'atteindre une valeur maximale de 0.22 µg/m³ en 2023. Le résultat pour 2021 est 1.8 fois supérieur à ce plafond. Les routes fortement fréquentées sont une source principale de suies qui représentent une part d'environ 8% à 12% des concentrations massiques de PM2.5 mesurées à proximité. Le ratio CE/PM2.5 à Massongex a connu un maximum mensuel de 7.2% en octobre. Ce résultat indique que la station Resival n'est pas directement exposée à un fort trafic routier et n'est pas qualifiée de manière optimale pour répondre à l'objectif de la CFHA. Les conditions de dispersion de la pollution entre l'autoroute A9 distante de 835 m et l'endroit de mesure amenuisent fortement les concentrations de CE déterminées. Leur intérêt est juste indicatif.

8. Dioxyde d'azote – NO₂

8.1. Portrait

Le terme d'oxydes d'azote (NOx) regroupe le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Le NO est un gaz incolore, inodore et insipide, alors qu'à haute concentration le NO₂ se présente sous forme d'un gaz rougeâtre irritant et d'odeur piquante.

Les NOx résultent des combustions à hautes températures contenant typiquement de 5 à 10% de NO₂. Leurs sources englobent les installations de chauffage, d'incinération de déchets et les véhicules à moteur thermique. Le NO émis se transforme rapidement en NO₂ au contact des oxydants de l'air ambiant, surtout l'ozone.

Des NOx c'est le NO₂ qui produit les effets atmosphériques les plus nuisibles pour l'homme et l'environnement. Il cause des inflammations des voies respiratoires et irrite les tissus en renforçant l'action d'allergènes. L'exposition à long terme au NO₂ conjointement à d'autres gaz irritants réduit la fonction pulmonaire et accroît ses affections – bronchite, toux – notamment chez les enfants. Lors d'épisodes de pollution élevée, ce polluant provoque une hausse des hospitalisations et des décès liés à des troubles pulmonaires et du rythme cardiaque. Les instances sanitaires européennes attribuent environ 270 morts prématurées par an à la Suisse pour une concentration annuelle de NO₂ proche de 18 µg/m³.

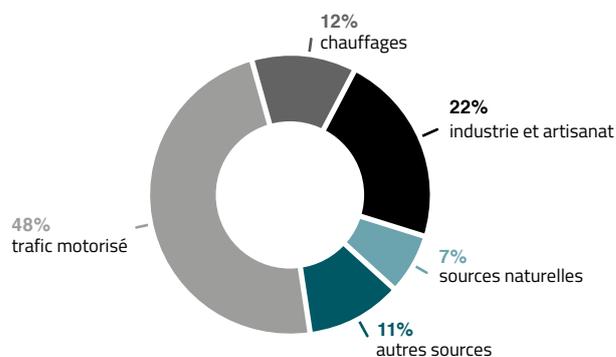
Les oxydes d'azote associés aux COV participent à la formation photochimique de l'ozone proche du sol. Ils acidifient les retombées humides et contribuent à la formation de particules fines secondaires par des réactions chimiques conduisant à la formation de nitrates. Avec l'ammoniac ils contribuent à l'eutrophisation (sur-fumure) des écosystèmes.

Selon le cadastre cantonal les émissions de NOx se montaient à 2284 tonnes en 2020 (figure 19). Les brûleurs low-NOx, les chaudières à condensation, l'assainissement d'installations de combustion, l'abandon des énergies fossiles, le pot catalytique trois voies sur les moteurs, oxydant le CO et réduisant les NOx, favorisent la baisse des émissions de NOx.



Le trafic motorisé constitue 48% des émissions de NOx

FIGURE 19 - NOx, ÉMISSIONS EN 2020 EN VALAIS



Autres sources: secteur offroad (e.g. machines de chantier, outils et engins motorisés en agriculture et sylviculture, trafic aérien et ferroviaire), séchage de l'herbe, feux en plein air, feux d'artifice et solvants, incinération illégale de déchets. Données: cadastre cantonal des émissions (Cadero).

NO ₂ - EN UN CLIN D'ŒIL	
RÉGION RURALE D'ALTITUDE	👍 Bonne
RÉGION RURALE DE PLAINE	👍 Bonne
CENTRE URBAIN	👍 Bonne
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	👍 Bonne

8.2. RÉSULTATS 2021

La valeur limite OPair pour la moyenne annuelle fixée à 30 µg/m³ est clairement respectée à toutes les stations Resival (tableau 7). En Valais, les concentrations les plus élevées sont observées à la station fédérale Nabel située entre l'aérodrome de Sion et l'autoroute à 25 m de cette dernière. La moyenne annoncée sur 2021 est de 26 µg/m³ comme pour l'année 2020. De 2016 à 2019, les valeurs journalières de la station fédérale étaient toujours plus élevées que celles de la station Resival située en centre-ville de Sion. C'est encore la plupart du temps le cas en 2020 et 2021. Par contre, la moyenne annuelle se rapproche entre les deux stations sédunoises. Celle du Resival était de 66 à 69% de la valeur Nabel de 2016 à 2019 puis représente de 73 à 74% en 2020 et 2021. En 2020 une réduction de trafic plus marquée sur l'autoroute qu'en ville lors des mesures de confinement sanitaire sur la pandémie est susceptible d'avoir expliqué cette évolution. Le rapprochement assez mineur des niveaux maintient toutefois la commune urbaine de Sion au premier rang des endroits les plus chargés en NO₂ en Valais avec une moyenne annuelle de 19 µg/m³ en 2021 auprès de Resival. Ailleurs en plaine et surtout en altitude, l'air cantonal est nettement moins affecté par ce polluant.

Les résultats sur la fréquence cumulée à 95% qui disqualifie les plus hautes pointes de pollution pour fixer un plafond autorisé à 100 µg/m³ à la grande majorité (95%) des valeurs semi-horaires

mesurées dans l'année, respectent largement la valeur limite. Les valeurs de Sion et de Brigerbad, respectivement de 51 et 54 µg/m³, sont comme d'ordinaire les plus élevées. Les deux autres stations de plaine ont des valeurs de 35 et 44 µg/m³ supérieures à celles des stations d'altitude échelonnées de 9 à 31 µg/m³. La plus basse valeur revient aux Giettes qui est le poste le plus à l'écart de sources majeures de NOx. Eggerberg, station située deux cents mètres en dessus de la localité de Viège où se trouve une importante zone d'industrie chimique, accuse un niveau augmenté à 26 µg/m³. La cabine de mesure de Montana distante d'une vingtaine de mètres d'une route cantonale et proche d'une grande station touristique valaisanne détient la plus haute valeur d'altitude avec 31 µg/m³.

L'OPair comporte également une valeur journalière maximale de 80 µg/m³ à ne pas dépasser plus d'une fois par année. Elle n'a été franchie à aucune station (tableau 7) comme depuis 2018. l'OFEV annonce un dépassement de la valeur limite journalière à la station Nabel de Sion-Aéroport-A9 en 2021. Compte tenu de la tolérance d'un jour d'excès, les normes OPair sur les immissions de NO₂ sont intégralement respectées en Valais en 2020 et 2021 tant auprès de Resival qu'à la station fédérale proche de l'autoroute.

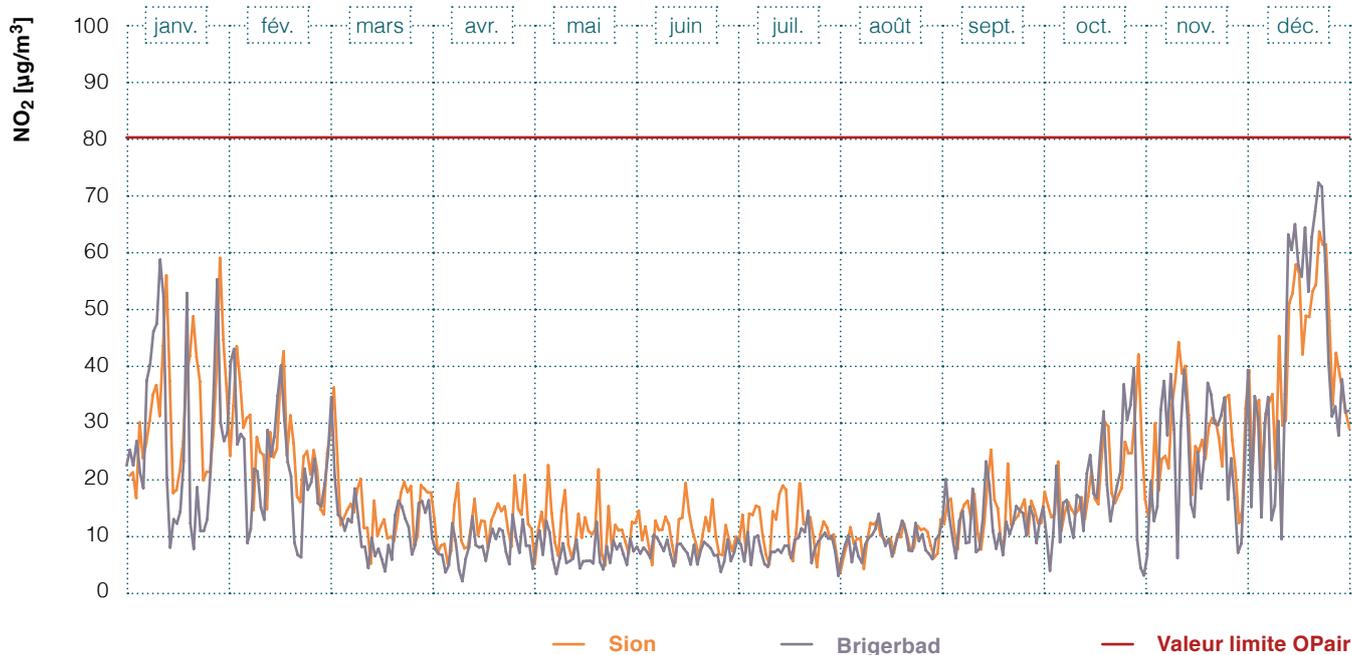
TABLEAU 7 - NO₂ RÉSULTATS 2021

RÉGIONS	STATIONS	NO ₂			
		Moyenne annuelle [µg/m ³]	Valeur à 95% [µg/m ³]	Nombre de jours > 80 µg/m ³	Valeur journalière maximale [µg/m ³]
RÉGION RURALE D'ALTITUDE	Les Giettes	3.0	9	0	19
	Eggerberg	9.8	26	0	46
	Montana	10	31	0	36
RÉGION RURALE DE PLAINE	Saxon	14	44	0	54
CENTRE URBAIN	Sion	19	51	0	64
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	Massongex	13	35	0	43
	Brigerbad	17	54	0	72
NORME OPAIR		30	100	1	80

La figure 20 montre le net respect de la valeur limite l'année passée auprès des deux stations Resival ayant connu les plus hautes concentrations journalières. Les stations de Sion et de Brigerbad présentent en effet les valeurs les plus élevées sur toutes les normes OPair relatives aux immissions de NO₂ (tableau 7). À la station urbaine, les émissions du trafic routier et des chauffages à combustion de la capitale qui sont parmi les plus denses du canton participent à ce résultat. À la station de proximité industrielle du Haut-Valais, l'effet des situations météorologiques anticycloniques hivernales provoquant des inversions thermiques de

basse couche est renforcé en plaine de Brigue à Viège. Du fait des montagnes alentours, les rayons du soleil n'atteignent plus le sol dans une grande partie de cette région de novembre à février. Par conséquent la stabilité des lacs d'air froid n'est plus perturbée par la chaleur renvoyée du sol. Le dôme d'air formant une chappe et piégeant la pollution atmosphérique et les mauvaises odeurs est alors particulièrement efficace. Une longue période anticyclonique avec de très faibles vents ayant sévi du 13 au 25 décembre 2021 en plaine du Haut-Valais, la station de Brigerbad présente les plus hauts niveaux journaliers de NO₂ dans cette période (figure 20).

FIGURE 20 - NO₂, MOYENNES JOURNALIÈRES À SION ET BRIGERBAD EN 2021



8.3. EVOLUTION DES IMMISSIONS

La moyenne annuelle de dioxyde d'azote apporte en 2021 un nouveau record de qualité de l'air. La valeur de proximité industrielle est la plus basse depuis le début des mesures en 1990. Dans les autres régions types, les minimas ont été atteints en 2020. Les valeurs 2021 sont très proches (figure 21). Les niveaux de pollution sont désormais faibles en toutes régions, excepté en centre urbain où ils sont modérés. À Sion, c'est depuis 2011 qu'une forte évolution à la baisse est observée. Les averses éliminent les oxydes d'azote dans l'air, comme d'autres polluants, par déposition humide dans l'environnement. Les quantités annuelles de précipitations ces onze dernières années à Sion (voir le tableau météo en page 12) ont augmenté en moyenne de 21%. Ce constat va dans

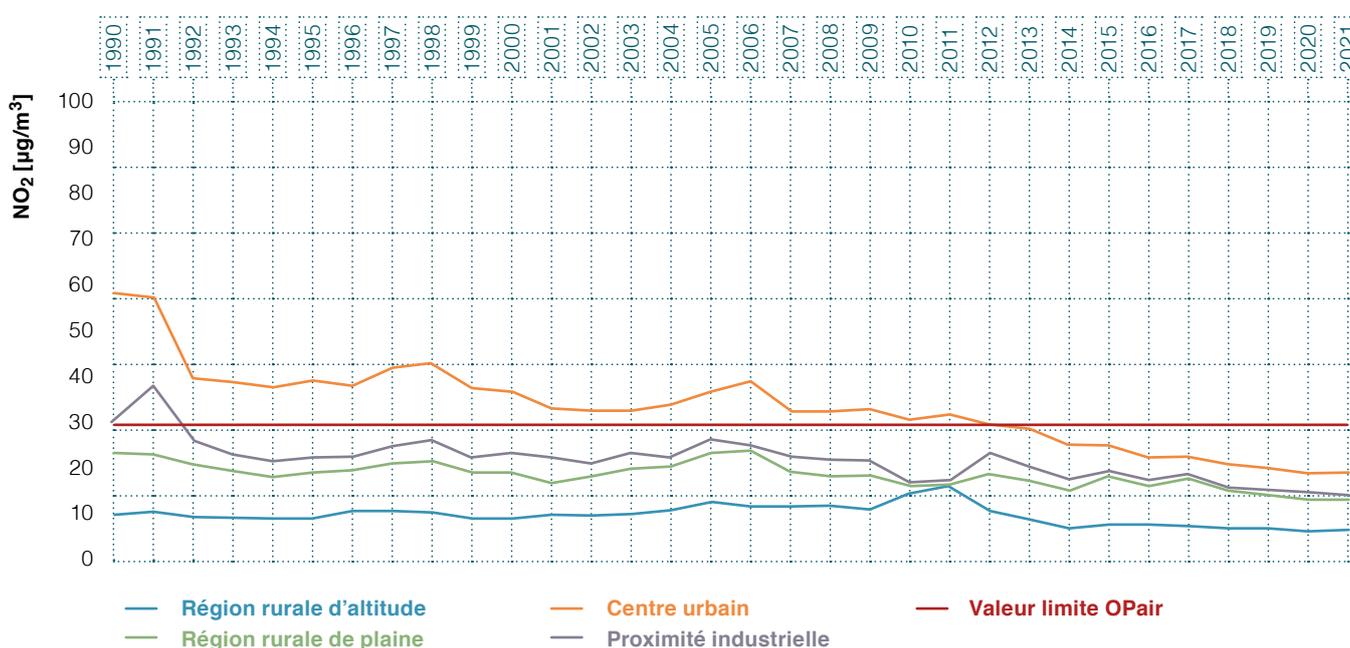
le sens d'un effet du réchauffement climatique réputé augmenter l'ampleur des averses hivernales. Or, c'est d'ordinaire en hiver que les plus hautes concentrations de NO₂ s'observent. Sa solubilisation dans l'eau de pluie, surtout via sa transformation en acide nitrique, est alors un puit important. La progression pluviométrique observée à Sion n'est cependant pas proportionnée à la diminution de 40% des niveaux de NO₂ à la station urbaine en 2021 au regard de 2011. Elle ne suffit pas à expliquer la moindre pollution qui doit donc trouver une origine majeure dans une réduction des émissions aux sources. Sur l'ensemble des régions types, les diminutions s'échelonnent pour 2021 par rapport à 2006, marquant le début des diminutions importantes, de 42% en proximité industrielle

à 51% en centre urbain. Les tendances à la baisse se maintiennent jusqu'en 2021 excepté en région rurale d'altitude où les niveaux stagnent ces trois dernières années.

Ces baisses s'expliquent, selon le cadastre cantonal d'émissions, principalement par l'importante diminution des quantités de NOx émises aux sources. La baisse globale de près de 2200 tonnes de NOx émis en moins en 2020 par rapport à 2006, soit une diminu-

tion de 49%, provient pour 81% des rejets industriels (-64%, soit -878 t) et du trafic routier (-45%, soit -909 t). L'arrêt des activités de la raffinerie de Collombey au printemps 2015 a fortement contribué au taux important de baisse dans le domaine industriel. Le secteur non-routier (offroad) a connu 58% de quantités émises en moins en 2020 par rapport à 2006 (-304 t) tandis que la baisse des émissions des chauffages (-111 t) contribue pour 5% aux diminutions globales.

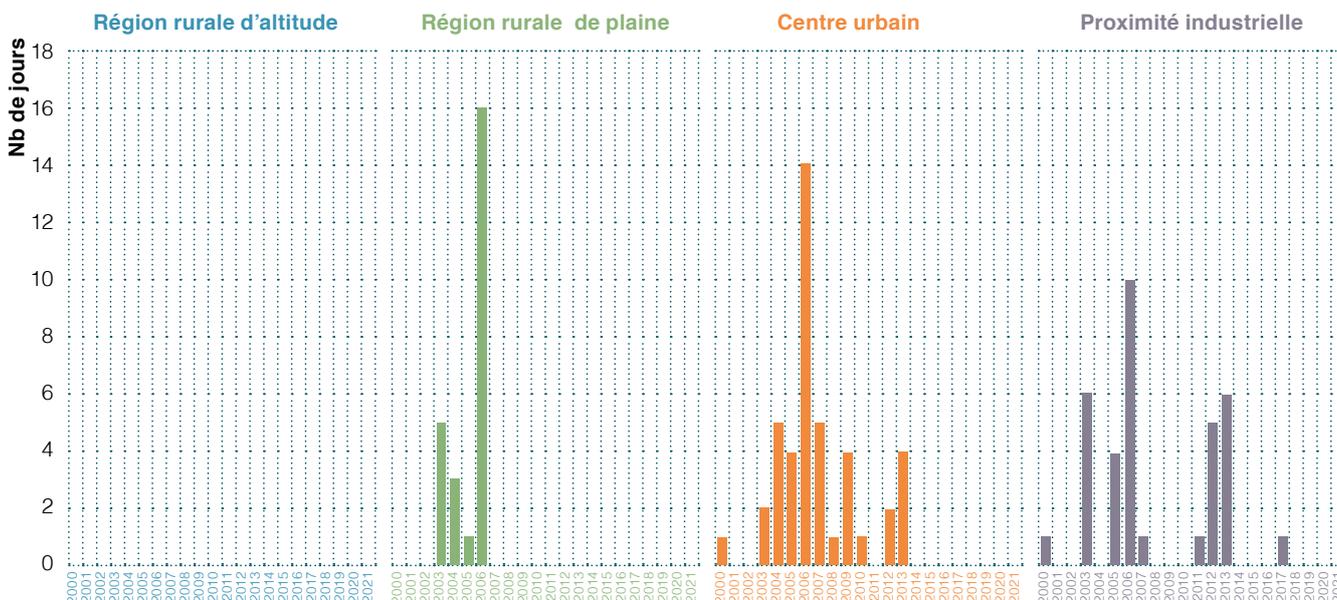
FIGURE 21 - NO₂ MOYENNES ANNUELLES ET RÉGIONALES DE 1990 À 2021



Pour réduire davantage les concentrations de NO₂ dans l'air ambiant, les mesures les plus significatives sont à prendre dans le domaine du trafic routier. Le cadastre d'émissions incorpore depuis 2021 une nouvelle version des coefficients d'émission (MICET4.1) rendant mieux compte des quantités réelles d'oxydes d'azote aux gaz d'échappement. Par rapport aux versions précédentes, la seule catégorie qui échappe aux révisions à la hausse est celle des normes Euro 6d-TEMP et Euro 6d entrées en vigueur en septembre 2019 et janvier 2021 pour les véhicules légers commercialisés. Elles sont réputées en règle et sont vérifiées par les nouveaux protocoles WLTP et RDE. Le WLTP est utilisé depuis la norme Euro 6c de septembre 2017 devenue contraignante en septembre 2018. Les émissions routières de NOx largement dominées par les véhicules diesel diminuent progressivement depuis 2016 grâce au meilleur respect des normes assuré suite à l'arrivée d'Euro 6b en septembre 2015 puis d'Euro 6c.

L'année 2006 demeure la plus chargée depuis l'an 2000 en nombre de dépassements de la valeur limite journalière sur le NO₂ (figure 22). Cette année fut caractérisée par une situation météorologique stable et prolongée en janvier et février ayant favorisé des niveaux inhabituellement hauts de pollution au NO₂ et aux PM10. L'Arrêté cantonal sur le smog hivernal de novembre 2006 (814.103) se fonde notamment sur cet épisode. Depuis 2014, le réseau Resival n'a plus connu de franchissement de cette limitation excepté en 2017 avec un jour. Cet unique excès annuel est toutefois toléré par l'O'Pair et la norme est donc respectée depuis huit ans.

FIGURE 22 - NO₂, NOMBRE DE DÉPASSEMENTS DE LA NORME JOURNALIÈRE DE 2000 À 2021, MAXIMUM RÉGIONAL



Les réductions de NOx peuvent contribuer à réduire les niveaux d'ozone à condition que la région affectée soit caractérisée par un régime chimique NOx-limité. En été, les niveaux des NOx pré-curseurs en Valais se situent typiquement de l'aube jusqu'à midi dans le régime NOx-saturé (COV-limité) pour lequel une diminution des oxydes d'azote favorise au contraire une augmentation de la production d'ozone. Aux environs de midi et jusqu'en fin d'après-midi les niveaux descendent dans le régime NOx-limité, sauf en centre urbain où ils se trouvent dans une zone intermédiaire. Il faudrait diminuer les niveaux de NOx d'au moins 90%, soit nettement en-dessous d'environ 5 ppb, pour qu'ils ne soient jamais en

régime NOx-saturé. Ceci assurerait bien un respect des limitations OPair sur l'ozone en limitation horaire (60 ppb) et en P98 mensuel (50 ppb). À cet égard, les biocarburants, les biocombustibles et les solutions de type « Power-to-gas » (excepté la propulsion à l'hydrogène au moyen de piles à combustible) aurait un effet positif contre le réchauffement climatique (CO₂ neutre) mais n'améliorerait guère la situation en termes d'émissions d'oxydes d'azote s'ils ne sont pas éliminés des effluents gazeux. En effet, les NOx continuent alors de se former dans les moteurs thermiques et les chaudières à combustion du fait de la présence d'azote et d'oxygène dans l'air comburant.

9. Ammoniac – NH₃

9.1. Portrait

L'ammoniac (NH₃) sous forme gazeuse est incolore et a une odeur âcre typique. En fortes concentrations, il inflige de graves dommages à la végétation. Il participe à l'acidification et à la sur-fertilisation du sol, néfastes aux écosystèmes. Il est de plus un précurseur important dans la formation des aérosols secondaires composés d'ammonium dans les poussières fines.

Dans les régions rurales, la source principale du NH₃ atmosphérique est l'élevage d'animaux de rente surtout par le stockage et l'épandage d'engrais de ferme. Les procédés industriels peuvent également dégager des quantités importantes de ce polluant.

Le NH₃ est un des composants des dépôts azotés. Ces derniers comprennent les dépôts sous forme gazeuse d'ammoniac, d'oxydes d'azote et d'acide nitrique et sous forme d'aérosols ou gravitationnelle d'ammonium et de nitrate. La pluie, la neige, la grêle et les poussières sédimentées sont des vecteurs de ces retombées. Les dépôts d'azote sont encore trop importants dans certains écosystèmes et menacent la biodiversité dans ces zones.

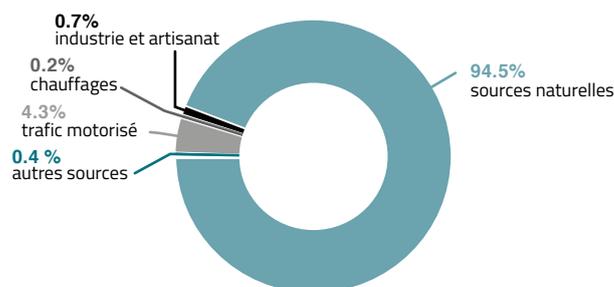
La Suisse a ratifié en 2005 le protocole de Göteborg. Il a défini des charges et des niveaux critiques sur les dépôts d'azote (critical loads) et sur les concentrations d'ammoniac dans l'air (critical levels). Ils dépendent des écosystèmes considérés. Le niveau annuel critique du NH₃ est de 1 µg/m³ pour les lichens et les mousses du fait de leur plus grande sensibilité à ce polluant. Pour les plantes supérieures il se situe entre 2 et 4 µg/m³. Si les concentrations atmosphériques de NH₃ sont supérieures aux niveaux critiques, il y a immissions excessives selon l'art. 2 al. 5 OPair.

Selon le cadastre cantonal, les émissions de NH₃ se montaient à 836 tonnes en 2020 (figure 23). Avec 5.8 tonnes, les rejets industriels sont très minoritaires. Les quantités les plus significatives sont déclarées par certaines grandes entreprises chimiques et par les usines d'incinération de déchets et de valorisation de la biomasse.



L'ammoniac est issu en majeure partie de l'élevage et des engrais de ferme

FIGURE 23 - NH₃, ÉMISSIONS EN 2020 EN VALAIS



Autres sources : secteur offroad (e.g. machines de chantier, outils et engins motorisés en agriculture et sylviculture, trafic aérien et ferroviaire), séchage de l'herbe, feux en plein air, feux d'artifice et solvants, incinération illégale de déchets. Données : cadastre cantonal des émissions (Cadero).

NH₃ POUR LES PLANTES SUPÉRIEURES - EN UN CLIN D'ŒIL

Sion (zone A9-aéroport, 2020)		Moyenne
Viège (zone rurale, 2019)		Bonne

9.2. IMMISSIONS D'AMMONIAC ET D'AZOTE

Les sources d'ammoniac dans l'air sont très majoritairement le domaine de l'agriculture avec les élevages d'animaux, mais aussi le trafic routier et les industries. Les rejets de ces derniers découlent principalement des techniques d'épuration des oxydes d'azote dans les effluents gazeux. L'ammoniac est un agent réducteur de NOx assez courant dans les dispositifs industriels SCR et SNCR de dénitrification (DeNOx). La part qui n'a pas réagi s'échappe des cheminées. Dans le trafic routier, l'usage de l'AdBlue, un additif composé à près d'un tiers d'urée et de deux tiers d'eau, sert le même but. Sous l'effet de la chaleur des gaz du moteur l'urée se décompose en NH₃. Comme il n'est pas totalement transformé en azote moléculaire (N₂) et en eau (H₂O) selon l'effet voulu, il participe alors aux charges atmosphériques d'ammoniac. Sa concentration au pot d'échappement n'excède toutefois pas 0.3%, une valeur assurant notamment l'absence de risque d'inflammabilité. Cependant, c'est surtout la diminution de l'ammoniac en provenance de l'agriculture qui importe pour réduire ses charges atmosphériques, tout comme celles des poussières fines constituées pour environ 10% d'ammonium. À cet effet, des installations d'épuration sont répandues dans les grands élevages par exemple à l'aide de biofiltres ou de filtres chimiques. Concernant l'entreposage d'engrais de ferme, l'OPair introduit depuis 2022 des exigences pour couvrir les fosses à purin. Elle réglementera aussi les techniques d'épandage pour minimiser les émissions. En Valais, les immissions d'ammoniac ne sont pas mesurées par le réseau Resival. Deux postes les déterminent régulièrement.

Le premier est localisé en région rurale de Sion à proximité de l'autoroute A9. Le capteur est à 3.5 m sur sol. Il est intégré à la station du réseau fédéral Nabel pour un type d'immissions caractéristique de l'environnement de 3-5 µg/m³ de NH₃. La moyenne annuelle de ce polluant dans l'air est de 4.0 µg/m³ en 2020 selon le plus récent rapport du mandataire contracté par l'OFEV [5]. La moyenne pluriannuelle sur la période 2016 à 2020 est de 3.9 µg/m³. Cette valeur excède le niveau de référence de 3 µg/m³ pour le niveau

critique moyen envers les plantes supérieures mais se trouve dans la tolérance allant de 2 à 4 µg/m³. La plus haute valeur annuelle enregistrée à Sion depuis le début des mesures est de 4.8 µg/m³. Elle a été atteinte en 2000 et en 2003. Concernant les mousses et les lichens le niveau annuel critique de 1 µg/m³ est dépassé d'au moins 3.8 fois lors de ces vingt dernières années.

Le second poste se situe à proximité de Viège dans une clairière de forêt de résineux. Des mesures de dépôts d'azote ont été réalisées en 2014 et en 2019. Selon le plus récent rapport du laboratoire ayant conduit ces campagnes à l'aide de capteurs passifs [6], les moyennes annuelles des concentrations de NH₃ gazeux furent de 1.6 et 1.5 µg/m³ respectivement. Alors que le niveau critique pour les plantes supérieures n'est pas dépassé à cet endroit, il l'est toujours pour les mousses et les lichens. Les prélèvements à cette station déterminent également les dépôts généraux d'azote par la détection de sept composés azotés réduits (ammoniac et ammonium) et oxydés (dioxyde d'azote, acide nitrique et nitrate). L'ammonium (NH₄⁺) et le nitrate (NO₃⁻) sont captés par déposition gravitationnelle dans des pots collecteurs ou par interception d'aérosols sur des filtres. Un but essentiel de l'étude est la détermination de la charge d'azote dans l'écosystème sensible de cette région au regard des charges critiques (CLN, critical loads for nitrogen) correspondantes. La plage à ne pas dépasser va de 5 à 15 kg N·ha⁻¹·a⁻¹ (kg par hectare et par an) pour la forêt de résineux alentours. Les résultats obtenus par le laboratoire pour les années 2014 et 2019 sont de 24.4 et de 21.2 kg N·ha⁻¹·a⁻¹ respectivement. C'est 2.4 et 2.1 fois plus haut que le niveau de référence moyen de 10 kg N·ha⁻¹·a⁻¹ à ne pas dépasser pour cet écosystème. Cet excès est dû pour près de 52% aux concentrations d'ammoniac gazeux dans l'air. Ce polluant est le principal agent nuisible aussi en termes de charge d'azote. En la diminuant d'environ deux tiers, il serait possible de ramener les dépôts d'azote dans la marge de tolérance pour l'écosystème de Viège.

9.3. EVOLUTION DES IMMISSIONS

Les dépôts d'azote nuisent aux écosystèmes sensibles et menacent la biodiversité. Leurs seuils critiques sont dépassés sur près de 90% de la surface forestière suisse. Ils portent atteinte à la vitalité des arbres et à leur accroissement là où les charges excèdent 30 kg N·ha⁻¹·a⁻¹. Ce seuil menaçant la production du bois-énergie n'est pas franchi au poste de Viège mais le niveau

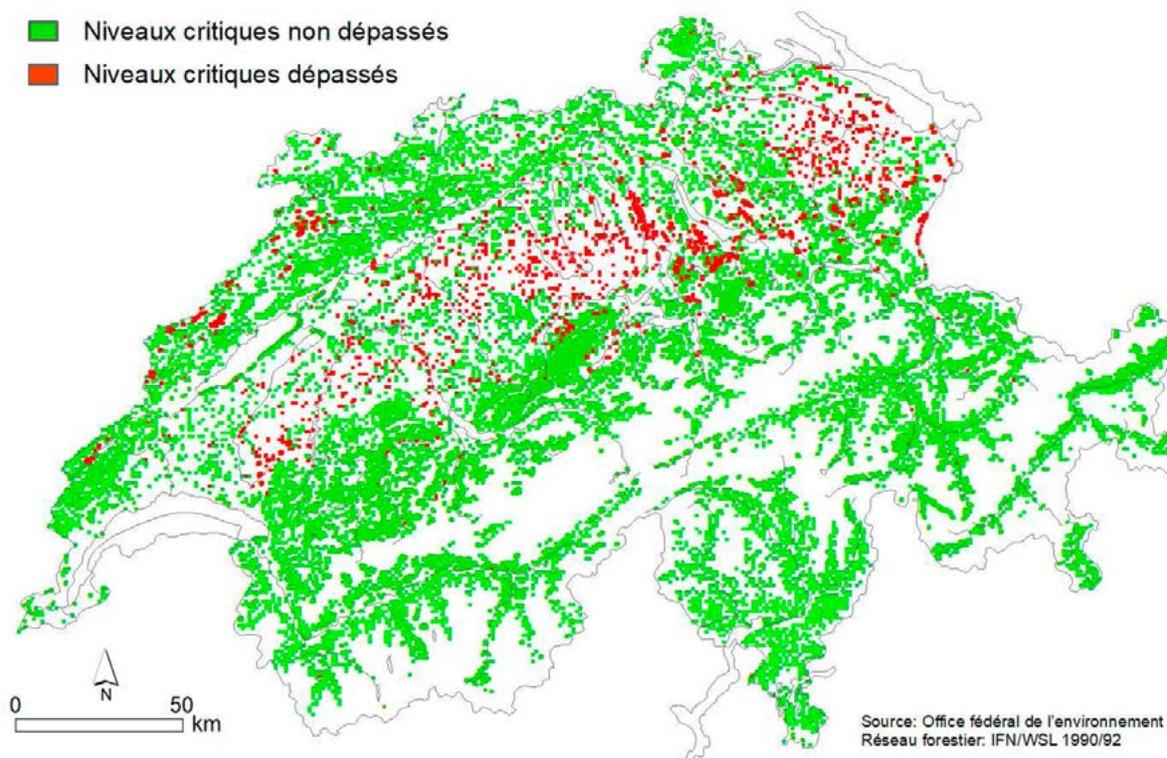
atteint prévient qu'il faut veiller à réduire autant que possible les charges d'azote. Vu les concentrations d'ammoniac gazeux atteintes à Sion, c'est assez vraisemblable que les dépôts d'azote excèdent aussi à cet endroit les seuils critiques pour les forêts de résineux (5 à 15 kg N·ha⁻¹·a⁻¹) et même de feuillus (10 à 20 kg N·ha⁻¹·a⁻¹).

9.3.1 NIVEAUX CRITIQUES

La Confédération produit des cartes à l'attention des autorités cantonales pour qu'elles puissent évaluer leurs situations particulières. Selon les plus récentes estimations pour le Valais, les concentrations d'ammoniac n'excéderaient pas les niveaux critiques (année de référence 2015, figure 24). Pourtant les résultats des mesures de Sion montrent qu'ils le sont toujours pour les mousses et les lichens et parfois pour les plantes supérieures. En effet, de 2000 à

2006, puis en 2009, 2011 et 2015 les valeurs annuelles ont excédé $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Afin de mieux cerner les niveaux d'ammoniac en Valais le SEN a initié en décembre 2021 une campagne de mesure dans le Chablais en bordure d'un écosystème sensible à proximité de Vionnaz. Il s'agit d'un bas-marais acide comprenant une roselière. Des champs de culture qualifiés d'agriculture intensive bordent la zone.

FIGURE 24 - CARTOGRAPHIE DES NIVEAUX CRITIQUES SUR L'AMMONIAC GAZEUX EN SUISSE EN 2015



9.3.2 CHARGES CRITIQUES

Les cartes sur les dépôts de composés azotés montrent que les charges critiques pour l'azote sont par endroit dépassées en plaine du Rhône et dans certaines vallées latérales (figure 25). La liste des écosystèmes vulnérables à cette situation est longue: forêts, bas- et haut-marais, prairies, pelouses, bords d'étangs et de lacs. Bien que le Valais ne pratique guère l'élevage intensif, les rejets atmosphériques d'ammoniac des cheptels du domaine agricole sont en première ligne des sources menant à ce constat, corroboré par les mesures de Viège. Les dépositions sont calculées par modélisation à partir des déterminations d'ammoniac et d'oxydes d'azote sous forme gazeuse et des autres composés azotés sous forme de dépôts humides et secs.

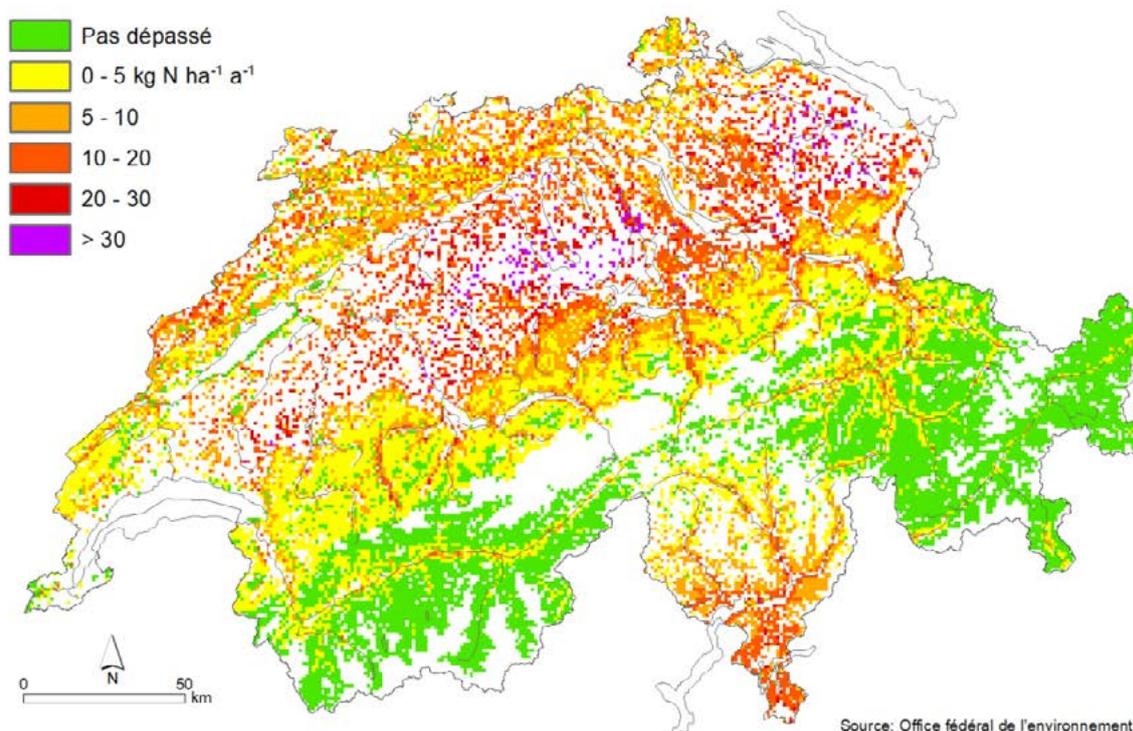
Les dépassements constatés à Viège en 2014 provenaient pour 51% d'ammoniac gazeux, pour 25% de NO_2 gazeux et pour 10% des dépôts gravitationnels de composés d'ammonium (NH_4^+) et de nitrate (NO_3^-). Lors de la campagne de 2019 financée par le canton, les excès provenaient pour 53% d'ammoniac gazeux, pour 15% de NO_2 gazeux et pour 15% des dépôts gravitationnels de composés d'ammonium (NH_4^+) et de nitrate (NO_3^-). Le solde se compose de divers dépôts humides d'acide nitrique et de composés de nitrate et d'ammonium. Cinq ans après, on constate que la contribution du NO_2 gazeux a sensiblement diminué tandis que celle des dépôts gravitationnels a augmenté. C'est surtout la part d'ammonium qui a pris le plus d'ampleur passant de 4.6% en 2014

à 7.7% en 2019. Les baisses sur le NH_3 et le NO_2 gazeux sont de 9% et de 41% respectivement sur ces deux années. La très nette amélioration des immissions de dioxyde d'azote, documentée par ailleurs dans ce rapport, ne suffit pas à assurer le respect des limitations sur les charges d'azote en plaine du Haut-Valais.

Les polluants atmosphériques azotés préjudiciables à la santé et à la biodiversité proviennent à 70% de l'agriculture, à 18% des transports et à 9% d'activités industrielles et de l'artisanat. Les émissions agricoles dégagent deux tiers de l'azote rejeté dans l'air sous forme d'ammoniac. Il est issu pour près de 90% de l'élevage d'animaux. Le tiers restant provient de processus de combustion et est émis sous forme de NO_x . C'est pourquoi les mesures à prendre à la source pour réduire les apports excessifs d'azote visent surtout le domaine agricole des élevages d'animaux, mais aussi les transports, l'industrie et l'artisanat.

Les émissions problématiques d'azote concernent de plus l'oxyde nitreux (N_2O , protoxyde d'azote). Il n'est pas un polluant au sens de l'OPair mais représente essentiellement un puissant gaz à effet de serre (GES). Il constitue environ 6% des GES émis en Suisse et résulte pour deux tiers des activités agricoles par les pratiques de fertilisation et d'exploitation d'engrais de ferme. Le pourcentage semble modeste. Sachant que 1 kg de N_2O correspond à 298 kg d'équivalent CO_2 et que sa durée de vie dans l'atmosphère est d'environ 120 années, sa contribution au réchauffement climatique est cependant parmi les plus importantes.

FIGURE 25 - CARTOGRAPHIE DES CHARGES CRITIQUES SUR LES DÉPÔTS D'AZOTE EN SUISSE EN 2015



10. Retombées de poussières grossières

10.1. Portrait

La mesure mensuelle des retombées de poussières grossières recueille toutes les retombées aériennes, sèches ou humides, à l'aide d'une boîte exposée en permanence. Contrairement aux PM10, ces poussières ont une taille trop importante pour demeurer longtemps en suspension dans l'air. En l'absence de forts vents, inférieurs à environ 15 km/h, les particules d'un diamètre supérieur à 100 µm ont une distance de sédimentation n'excédant pas 30 m pour les rejets proches du sol. Outre la teneur totale en poussières, les métaux lourds plomb, cadmium et zinc sont également analysés.

Le vent qui érode la roche, les tourbillons d'air qui soulèvent les poussières du sol et les remettent en circulation dans l'atmosphère, les travaux de chantier et de terrassement sont autant de sources de retombées de poussières. Les changements de conditions météorologiques les influencent fortement : la sécheresse les favorise, la pluie les cloue au sol. En Valais, les concentrations de retombées de poussières augmentent typiquement au printemps et ont connu les plus hauts niveaux en avril et en juin (voir tableau des résultats mensuels 2021 en annexe 3). Du fait des apports de sables du Sahara, des valeurs élevées ont déjà été observées en février 2021. Par contre, elles dépendent parfois aussi d'évènements très locaux et connaissent de nombreux interférents (insectes, mouches, feuilles, etc.).

Les métaux lourds toxiques contenus dans les poussières comme le plomb, le cadmium ou le zinc, peuvent être intégrés dans la chaîne alimentaire (champignons, légumes, etc.). L'analyse de ces polluants en laboratoire se fait annuellement à partir des prélèvements mensuels. Des dépôts importants de métaux lourds peuvent s'observer à proximité d'industries métallurgiques. La surveillance se concentre toutefois sur le respect à la source des limitations d'émissions conformément à l'OPair.

RETOMBÉES DE POUSSIÈRES GROSSIÈRES - EN UN CLIN D'ŒIL

RÉGION RURALE D'ALTITUDE	👍 Bonne
RÉGION RURALE DE PLAINE	👍 Bonne
CENTRE URBAIN	👍 Bonne
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	👍 Bonne



Appareil de prélèvement Bergerhoff

10.2. RÉSULTATS 2021

Tous les sites de Resival respectent la valeur limite pour les retombées de poussières grossières exprimées en milligrammes par mètre carré et par jour (tableau 8). Les retombées à la moyenne annuelle la plus forte ont été mesurées à 101 mg/(m²xd) au poste de région rurale de plaine soit 49% en-dessous de la limitation à 200 mg/(m²xd). Les autres valeurs annuelles sont toutes inférieures d'au moins 50% à la limitation et qualifient un faible niveau de pollution.

Les quantités annuelles de métaux lourds contenus dans les retombées de poussières, plomb, cadmium, zinc exprimées en microgrammes par mètre carré et par jour respectent nettement les valeurs limites annuelles de l'OPair, à l'exception du cadmium aux Giettes. La quantité maximale de plomb a été mesurée aux Giettes avec 42 µg/(m²xd) soit 58% en-dessous de la limitation. Les valeurs pour le zinc sont toutes plus de dix fois inférieures à la norme de 400 µg/(m²xd). La pollution due à ces deux métaux lourds dans les retombées de poussières en 2021 est qualifiée de faible.

Les quantités annuelles de cadmium, métal classé cancérigène dans l'OPair sous forme respirable, accusent 2.1 µg/(m²xd) aux Giettes. **Elles représentent une non-conformité à la limitation.** Aux autres stations, les teneurs de Cd respectent largement la valeur limite fixée à 2 µg/(m²xd) et le niveau annuel de pollution est faible, excepté à Massongex où il est modéré. En janvier 2021, les deux stations Resival du Chablais valaisan ont connu des apports exceptionnellement forts de ce métal. Alors qu'à Massongex les autres mois n'ont plus subi cette nuisance, elle s'est répétée aux Giettes avec des valeurs mensuelles nettement supérieures à 2 µg/(m²xd) en mai, juin et décembre. Ces répétitions ont mené au franchissement observé sur la limitation OPair. Un tel résultat n'a jamais été enregistré depuis le début des mesures en 1991. Le niveau annuel de pollution a toujours été faible à cette station sauf en 1992 quand il a été modéré avec 1.1 µg/(m²xd). La trafic aérien n'est pas une source connue de rejets atmosphériques de ce métal. Considérant la station de Massongex qui a été la plupart du temps à l'abri de cette pollution, au contraire de celle des Giettes, une provenance par voie aérienne d'altitude n'est cependant pas exclue.

TABLEAU 8 - RETOMBÉES DE POUSSIÈRES GROSSIÈRES ET TENEURS EN MÉTAUX, EN MOYENNES ANNUELLES 2021

RÉGIONS	STATIONS	Moyenne annuelle [mg/m ² xd]	Plomb (Pb) [µg/m ² xd]	Cadmium (Cd) [µg/m ² xd]	Zinc (Zn) [µg/m ² xd]
RÉGION RURALE D'ALTITUDE	Les Giettes	67	42	2.07	20
	Eggerberg	96	10	0.27	18
	Montana	68	16	0.71	19
RÉGION RURALE DE PLAINE	Saxon	101	14	0.57	38
CENTRE URBAIN	Sion	71	14	0.57	38
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	Massongex	79	21	1.07	26
	Brigerbad	50	18	0.19	22
NORME OPAIR		200	100	2	400

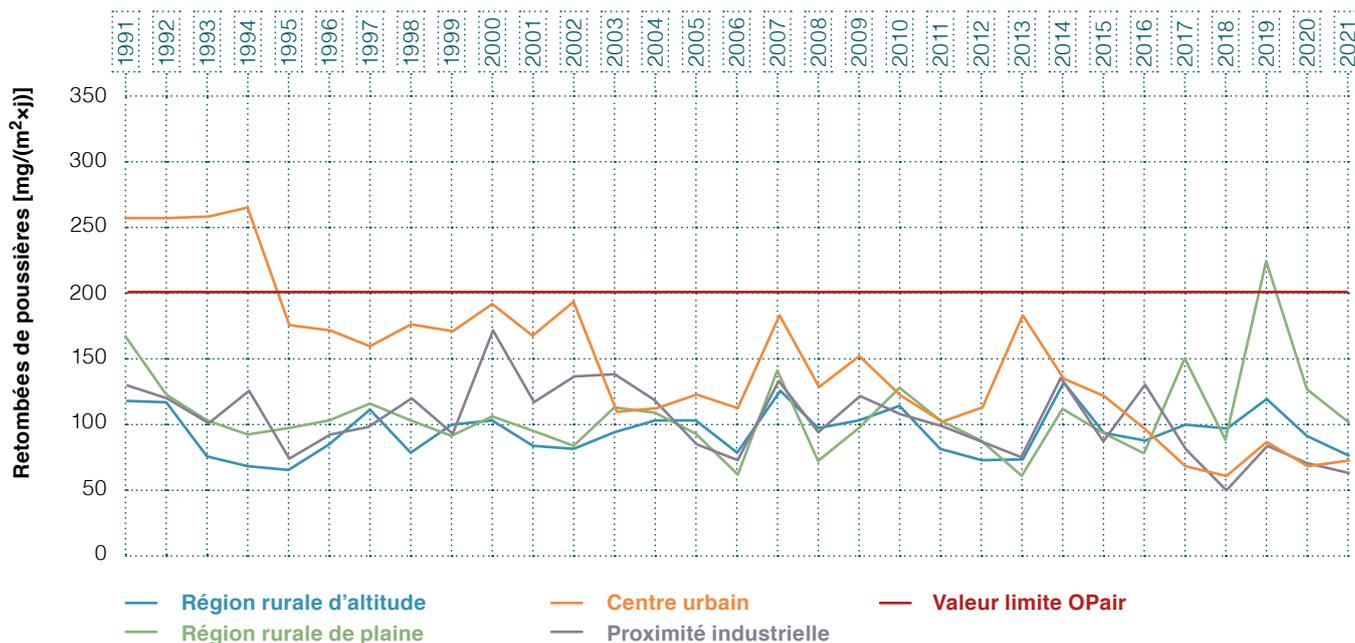
10.3. ÉVOLUTION DES IMMISSIONS

Depuis 1995, les retombées de poussières grossières ont toujours satisfait aux exigences de l'OPair sauf en 2019 en région rurale (figure 26). Les variations d'une année et d'un endroit aux autres des conditions météorologiques et de l'intensité des sources expliquent l'assez forte variabilité des résultats. Les interférences aléatoires des contaminations par des corps étrangers (insectes, mouches, abeilles, feuilles, fientes, etc.) contribuent également à ce comportement. Ces biais sont corrigés en les éliminant le plus possible des échantillons dans le processus analytique. Il est parfois difficile de les supprimer systématiquement malgré le strict protocole mis en œuvre.

Excepté pour le milieu urbain, les quantités ont fluctué de 2003 à 2020 autour d'environ 100 mg/(m²·x) pour les régions rurales et

de proximité industrielle. Des valeurs plus élevées avec des pics s'approchant de la valeur limite en 2007 et en 2013 étaient parfois observés à Sion. Depuis 2017 une nette tendance à la baisse s'y observe, et aussi en proximité industrielle. Elle n'existe pas en régions rurales. Pour celle de plaine que qualifie la station de Saxon, la tendance à la hausse amorcée en 2018 a été renforcée par l'anomalie de 2019 ayant provoqué une non-conformité à la limitation OPair. Des sources locales sont très vraisemblablement à l'origine de ce dépassement: machines et travaux agricoles et de cultures fruitières, trafic général d'exploitations, chantiers. Les plus hautes valeurs mensuelles constituant la non-conformité ont été obtenues pour les mois d'avril à juillet. Ils couvrent une grande partie de la période la plus active sur ces activités.

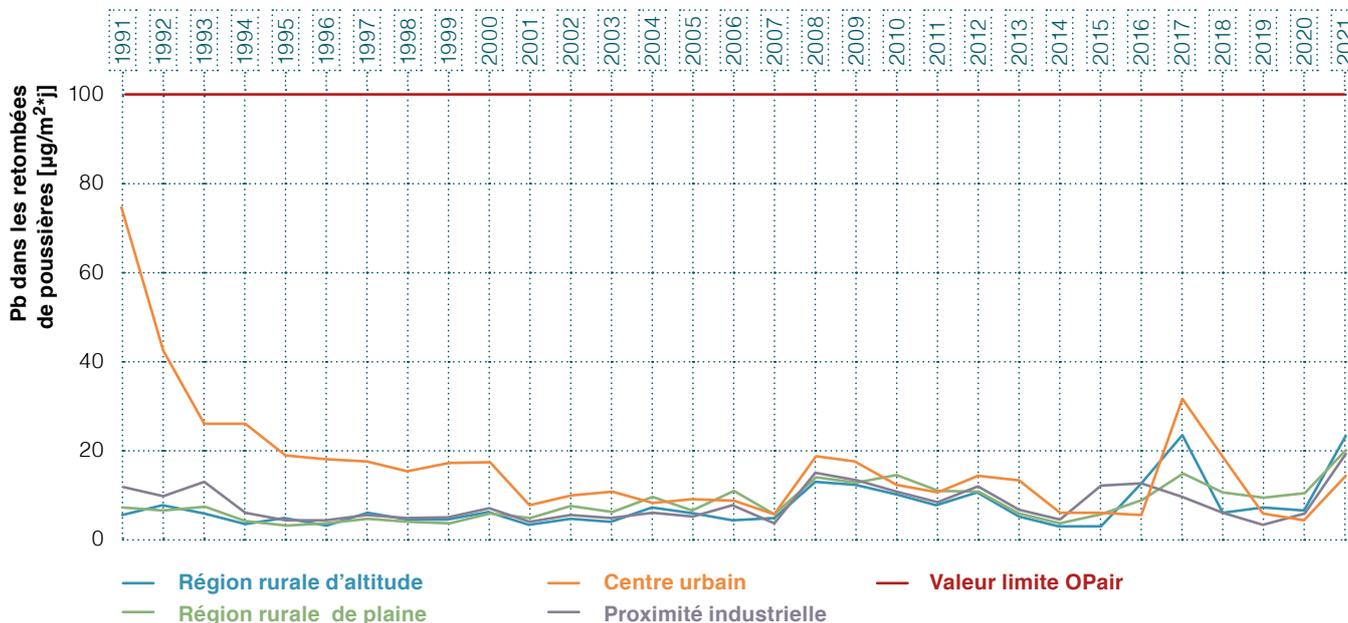
FIGURE 26 - RETOMBÉES DE POUSSIÈRES DE 1991 À 2021, MOYENNES RÉGIONALES ANNUELLES



La figure 27 présente l'évolution des niveaux annuels du plomb dans les retombées de poussières grossières. Après la période de 2001 à 2016 ayant régulièrement affiché de très basses valeurs, des hausses ont été observées dans diverses régions. La plus marquée a eu lieu en 2017 en centre urbain et en région rurale d'altitude. À Sion le résultat annuel a été cinq fois et demi plus élevé que lors des trois années précédentes. Depuis 2018, les valeurs ont chuté et ont retrouvé des niveaux proches de ceux d'avant 2017. Celle de 2020 avec 4.1 µg/(m²·x) est la plus basse enregistrée depuis le début des mesures en milieu urbain, tandis qu'en région de proximité industrielle c'est celle de 2019 qui l'est avec 3.1 µg/(m²·x).

Les résultats pour 2021 indiquent une remontée prononcée des niveaux. Les valeurs annuelles en proximité industrielle et en région rurale de plaine sont les plus hautes obtenues depuis le début des mesures. Les niveaux de pollution demeurent toutefois faibles au regard de la limitation. L'évolution la plus significative reste la forte baisse des teneurs en plomb dans les poussières observée en ville de 1991 à 2001 (figure 27). Elle est liée à l'encouragement formulé depuis 1985 d'utiliser de l'essence sans plomb, qui était aussi une condition nécessaire au fonctionnement des pots catalytiques, puis à l'interdiction promulguée par le Conseil Fédéral de commercialiser dès l'an 2000 l'essence pour moteur contenant du plomb qui s'appelait la super.

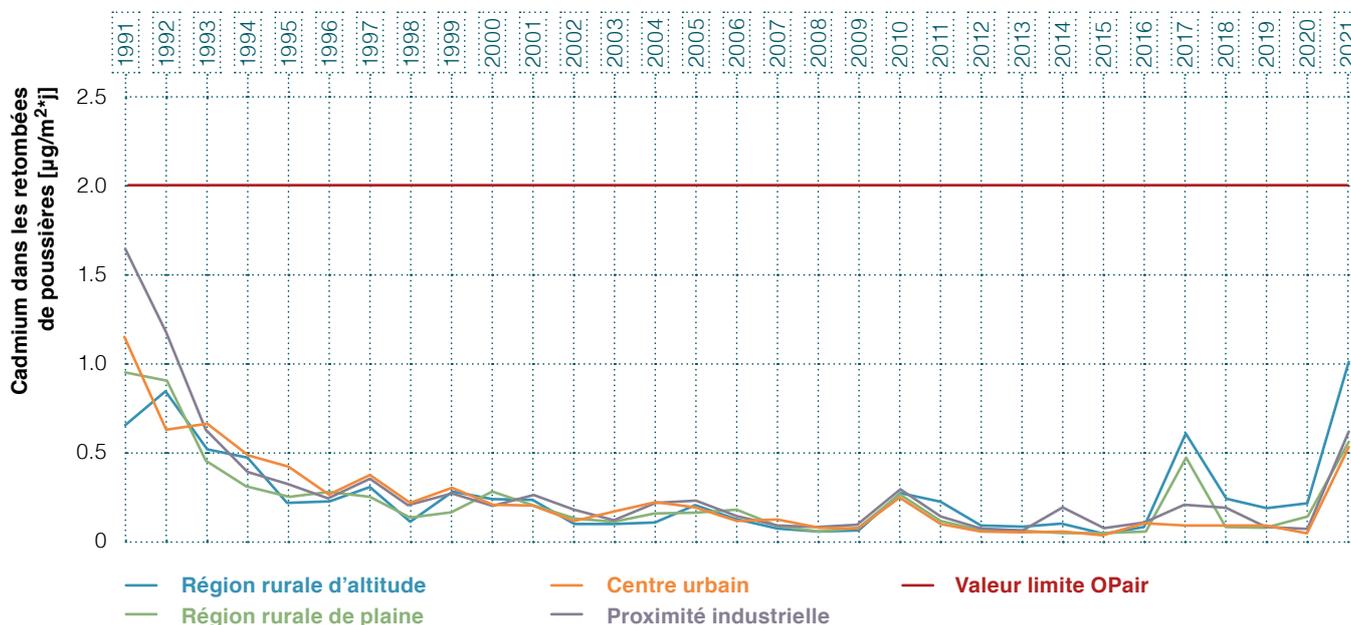
FIGURE 27 - PLOMB DANS LES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES DE 1991 À 2021, MOYENNES RÉGIONALES



La figure 28 présente l'évolution des niveaux annuels du cadmium dans les retombées de poussières. Comme pour le plomb, la période de 2001 à 2016 a régulièrement affiché de très basses valeurs, les années 2013 et 2015 comprenant les plus basses. L'année 2017 a connu des hausses marquées en régions rurales et moindres mais néanmoins significatives aux autres stations, excepté le centre urbain. Lors des trois années suivantes, les niveaux ont retrouvé un cours plus ordinaire. Puis ils repartent nettement à la hausse. En termes de moyennes régionales, la limitation OPAir à 2 µg/(m²×d) est tout de même respectée en 2021. Mais la valeur de 1 µg/(m²×d) pour la région rurale d'altitude ne vaut pas pour la situation propre à la station des Giettes. Celle-ci connaît la non-conformité spécifique inscrite au tableau 8. C'est du fait des valeurs grandement inférieures observées à Montana et à Eggeberg que le niveau global sur les régions d'altitude respecte la norme OPAir.

Depuis 1991, les charges en cadmium dans les poussières ont en général fortement diminué notamment grâce à la mise en place de dispositifs d'épuration des fumées, par exemple ceux mis en œuvre auprès des usines d'incinération de déchets, et à l'élimination de ce métal dans de nombreux produits. Une mesure d'émissions a été réalisée en cheminée de l'UVTD de Monthey (Satom) en juin 2021. Un débit massique de 90 mg/h pour les émissions de Cd a été déterminé. Il était de 220 et de 150 mg/h lors des mesures de mai 2017 et de juin 2019 respectivement. Aucune anomalie n'est donc constatée sur cette source majeure de rejets de cadmium qui pourrait corroborer le résultat de la station Resival des Giettes particulier à l'année 2021. La distance à vol d'oiseau entre celle-ci et l'usine d'incinération est de 5.8 km pour une différence altimétrique de 750 m.

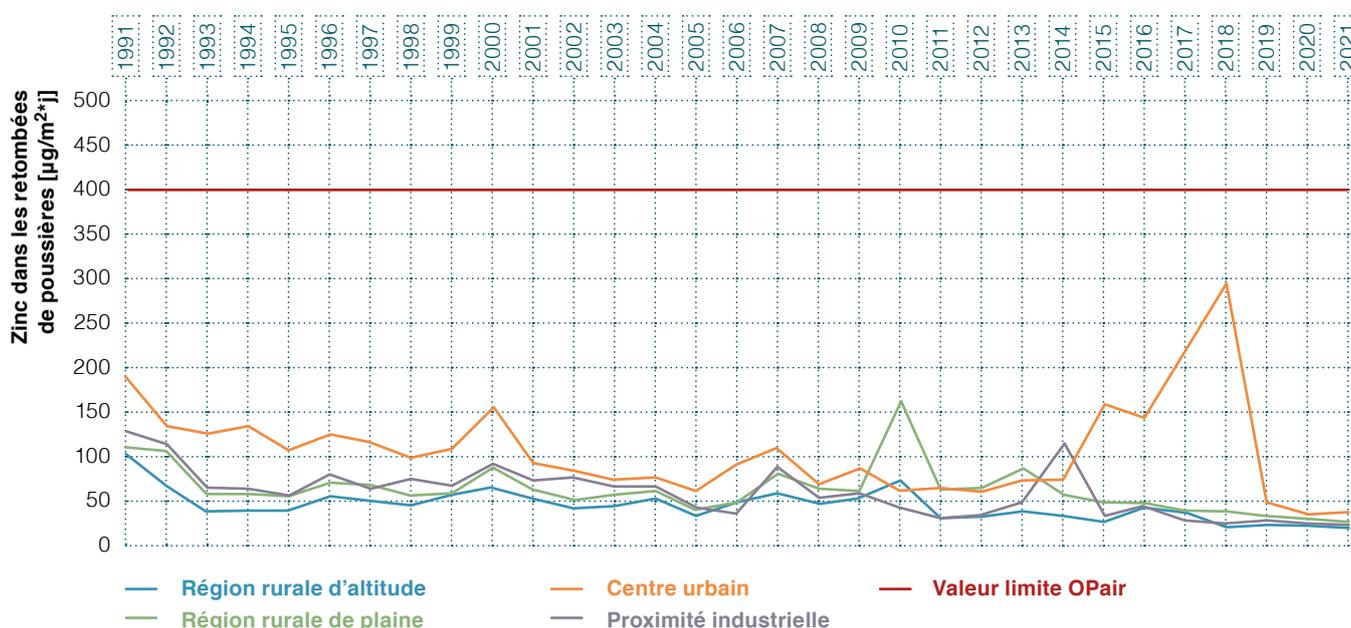
FIGURE 28 - CADMIUM DANS LES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES DE 1991 À 2021, MOYENNES RÉGIONALES



Jusqu'en 2014, les niveaux de zinc stagnaient tout en montrant une légère baisse globale. Cette progression s'est poursuivie depuis 2015 sauf en centre urbain où une hausse marquée a alors été initiée (figure 29). Elle a culminé à 293 µg/(m²×d) en 2018, la plus haute valeur observée depuis le début des mesures. Suite au changement d'emplacement de la station de Sion au printemps 2014, les niveaux ont augmenté de 70 µg/(m²×d) en moyenne sur 2012 à 2014 à près du quadruple en 2018. À son nouvel emplacement, le capteur était posé contre une clôture métallique. Ces grillages contiennent typiquement du zinc prolongeant leur durée de vie. Des particules métalliques ont pu s'en détacher, être mises

en suspension dans l'air et retomber dans l'échantillonneur à proximité. Pour éviter cette influence trop spécifique, le pot de collecte a été changé d'endroit en février 2019. Il a été éloigné du treillis métallique. Depuis lors, une franche diminution des niveaux annuels de zinc est observée en centre urbain. Ils ont rejoint ceux des autres régions. Leurs valeurs les plus basses depuis le début des mesures en 1991 sont enregistrées en 2021, alors qu'à Sion c'est en 2020 qu'elle l'a été. Cette évolution est réjouissante au vu des effets toxiques du Zn en forte concentration et de ses effets nuisibles sur les plantes, notamment celles qui agrémentent la ville de leur végétation.

FIGURE 29 - ZINC DANS LES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES DE 1991 À 2021, MOYENNES RÉGIONALES



11. Composés organiques volatils – COV

11.1. Portrait

Les composés organiques volatils (COV) forment une grande famille de molécules organiques contenant toutes du carbone. Les plus simples sont les hydrocarbures formés exclusivement de carbone et d'hydrogène. D'autres, par exemple les aldéhydes et les cétones, contiennent de l'oxygène; et d'autres du chlore ou du fluor, des halogènes, tels le trichloréthylène cancérigène et le perchloréthylène suspecté cancérigène ou le F134a (CH_2FCF_3) un fluide réfrigérant, un composant d'isolants et un GES selon le Protocole de Kyoto.

Ces molécules proviennent en particulier des carburants et combustibles fossiles, des solvants, peintures, détachants, colles ou cosmétiques, mais aussi de sources naturelles telles que les forêts et les prairies. En Valais, les sources naturelles sont à l'origine d'environ 82% des émissions de COVNM qui se montent au total à 12'740 tonnes en 2020 (figure 30). Les COV d'origine naturelle ne sont pas nuisibles, alors que ceux dus à l'activité humaine ont des effets nocifs sur la santé. Par contre, tous les COV participent à la formation d'ozone et de poussières fines par les aérosols organiques secondaires. Les autres sources de COVNM sont principalement, pour 10% des émissions annuelles, les solvants domestiques et de constructions utilisés notamment pour les vêtements.

Les composés aromatiques tels que le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les isomères du xylène (BTEX) se trouvent dans l'air ambiant. Ils sont présents dans l'essence pour moteurs. Le benzène possède des propriétés cancérigènes. En l'an 2000, sa teneur maximale dans l'essence a été abaissée de 5 à 1%. Il est émis par la combustion incomplète de combustibles et carburants. Il est aussi produit dans le processus de combustion des moteurs thermiques. En Valais, l'industrie chimique a pu être une source importante de ce polluant. L'une d'elle a déclaré en avoir émis de

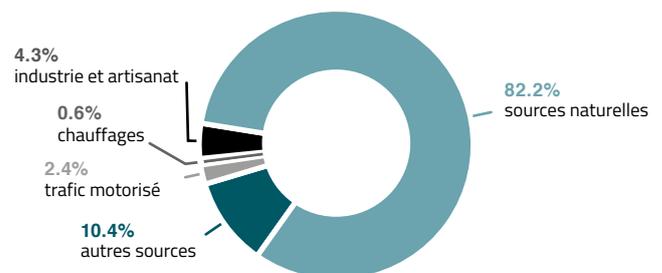
1.6 à 3 tonnes par an, représentant près de 0.3% des émissions annuelles totales de benzène en Suisse en 2010 soit environ 700 t.

La mesure des COV se fait au moyen d'un matériel analytique sophistiqué. La séparation est effectuée par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire et leur détermination par des détecteurs à photo-ionisation (PID) ou à ionisation de flamme (FID).



Le transvasement et le stockage d'hydrocarbures rejette plusieurs dizaines de tonnes par an de benzène

FIGURE 30 - EMISSIONS DE COVNM (COV EXCEPTÉ MÉTHANE) EN VALAIS EN 2020



Autres sources: secteur offroad (e.g. machines de chantier, outils et engins motorisés en agriculture et sylviculture, trafic aérien et ferroviaire), séchage de l'herbe, feux en plein air, feux d'artifice et solvants, incinération illégale de déchets. Données: cadastre cantonal des émissions (Cadero).

COV - EN UN CLIN D'ŒIL

CENTRE URBAIN	Moyenne
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	Moyenne

11.2. RÉSULTATS 2021 ET ÉVOLUTION DES IMMISSIONS

Le benzène fait partie des polluants atmosphériques cancérigènes et génotoxiques pour lesquels il n'y a pas de seuil au-dessous duquel il n'existe aucun danger pour la santé. L'OPair ne fixe pas de valeur limite d'immissions. Son principe veut que les émissions des substances cancérigènes soient limitées, indépendamment de la charge nuisible qu'elles engendrent, au plus bas possible dans la mesure où le permettent la technique et l'exploitation et où cela est économiquement supportable (annexe 1 ch. 8 OPair).

Les principales sources de benzène sont le trafic routier, les procédés de combustion des chauffages, l'évaporation de produits issus du pétrole aux stations-services et entrepôts de stockage et sur un plan plus individuel la fumée du tabac. Jusqu'à 3 à 5% des émissions de benzène sont toutefois d'origine naturelle. L'Union européenne a fixé une valeur limite annuelle indicative à 5 µg/m³ (directive 2000/69/CE). Le niveau de référence de l'OMS (RL) est situé à 1.7 µg/m³ en moyenne annuelle.

TABLEAU 9 - BENZÈNE ET TOLUÈNE, RÉSULTATS 2021

RÉGIONS	STATIONS	Benzène		Toluène	
		Moyenne annuelle [µg/m ³]	Valeur journalière maximale [µg/m ³]	Moyenne annuelle [µg/m ³]	Valeur journalière maximale [µg/m ³]
CENTRE URBAIN	Sion	0.7	5.7	3.4	26.6
PROXIMITÉ INDUSTRIELLE	Massongex	0.5	2.4	2.3	21.3
	Brigerbad	0.9	6.7	2.7	19.7
	Baltschieder	1.2	14	4.9	34.9

FIGURE 31 - BENZÈNE, MOYENNES ANNUELLES

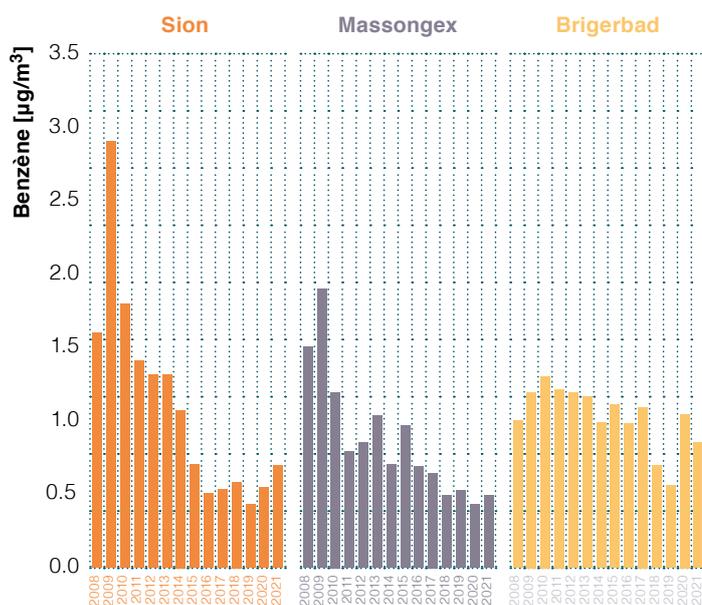


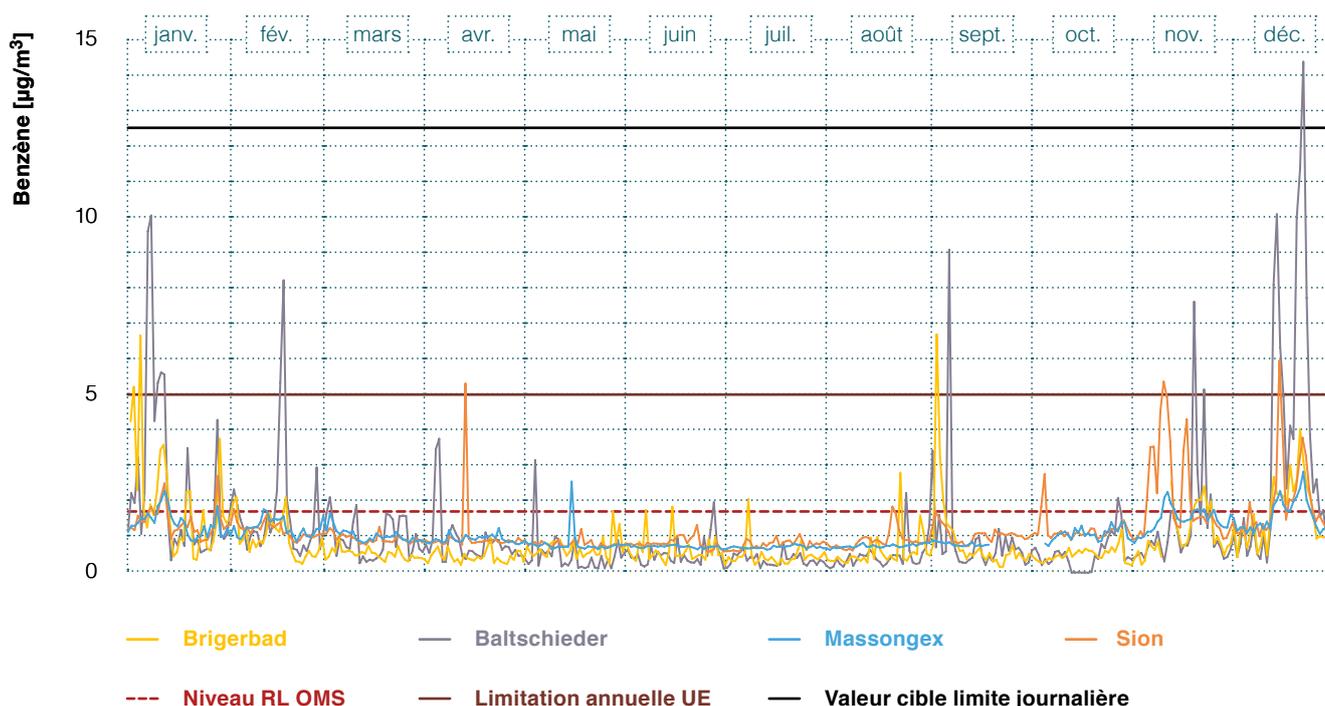
FIGURE 32 - BENZÈNE, MOYENNES MENSUELLES 2021



Les valeurs annuelles de benzène mesurées par Resival à Sion, Massongex et Brigerbad, présentées au tableau 9, sont largement inférieures à la valeur limite de l'Union européenne. Elles sont aussi bien inférieures au niveau RL de l'OMS. En Valais, le risque de provoquer un cancer à cause des teneurs en benzène dans l'air ambiant n'excède donc pas une occurrence sur 100'000 personnes, soit moins de 3.5 cas par an pour les environ 350'000 habitants que compte le canton. La figure 31 présente l'évolution des quatorze dernières années. Depuis le début des mesures en 2008, les taux annuels de benzène montrent une nette évolution à la baisse à Sion et à Massongex. La valeur de 0.42 µg/m³ est la plus basse enregistrée à ces deux stations, l'une en 2019, l'autre en 2020. À Brigerbad, la diminution est beaucoup plus modeste, excepté en 2018 et en 2019 avec les minima de 0.69 µg/m³ et de 0.55 µg/m³. Alors que dans le Valais romand l'air connaît une amélioration persistante de qualité au regard des charges en benzène, elle n'est guère présente dans le Haut-Valais. Les valeurs mensuelles les plus basses se trouvent pendant le semestre d'été d'avril à septembre (figure 32). Lors de la saison froide, les polluants sont moins aisément dispersés et dilués car le brassage de l'air est généralement moins vigoureux.

En 2021, des valeurs journalières de benzène ont dépassé la valeur limite annuelle européenne fixée à 5 µg/m³ (tableau 9). Ces journées sont qualifiées de critiques car les niveaux d'immissions mènent à un dépassement de la limitation s'ils persistent sur la durée. Brigerbad en a connu 3, Sion 2 et la station mobile de Baltschieder 18. Quant au niveau RL de l'OMS il a été dépassé en 2021 lors de 52 jours à Baltschieder, de 44 jours à Brigerbad, de 21 jours à Sion et de 6 jours à Massongex. Les deux stations du Haut-Valais à proximité de Viège, avec son site chimique et sa circulation routière concentrée, ont connu 30 fois simultanément des franchissements journaliers du niveau RL en 2021. La figure 33 montre qu'ils ont principalement eu lieu en janvier, février, novembre et décembre, soit quand les masses d'air sont plus calmes et lors d'épisodes anticycloniques. Ces jours-là, la pollution est dispersée de façon assez homogène en plaine et sur des kilomètres. Les deux stations du Haut-Valais situées à l'Ouest et à l'Est de la localité de Viège en rendent compte. Les niveaux atteints à l'Ouest de Viège sont souvent nettement plus importants. En général, les pics de benzène sont assez disparates sur l'année. La station de Sion a connu du 6 au 17 novembre des niveaux inhabituellement élevés de benzène avec un franchissement du niveau à 5 µg/m³ le 10 novembre. Les dépassements du niveau RL du 13 au 24 décembre sont associés à une période anticyclonique étendue sur tout le Valais.

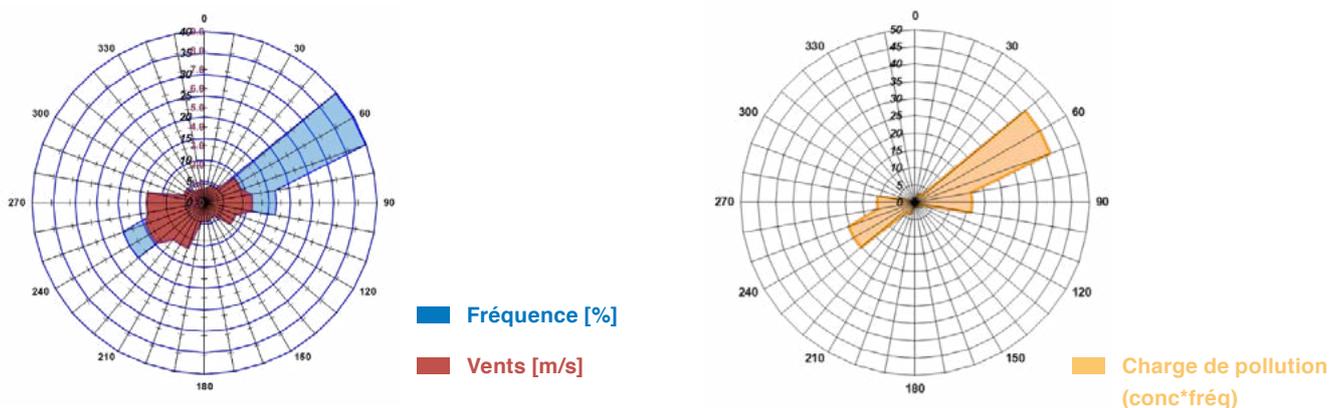
FIGURE 33 - VALEURS JOURNALIÈRES DE BENZÈNE EN 2021 AUPRÈS DES 4 STATIONS DE PLAINE



La figure 34 montre que sur l'année 2021 il a beaucoup plus fréquemment soufflé de l'Est quand du benzène était déterminé hors intervalles de vent faible ou inexistant. C'est en accord avec la météorologie locale qui connaît régulièrement des épisodes de fœhn qui se traduisent par un vent d'Est en plaine, et des brises thermiques en dehors de l'hiver qui soufflent de l'Ouest surtout l'après-midi alors que du soir jusqu'à midi elles s'écoulent des

sommets vers l'aval de la plaine. L'endroit de mesure à Brigerbad détermine majoritairement la pollution sous le vent du secteur Est. Des réservoirs, une usine d'incinération et le trafic routier régional de Brig à Viège s'y trouvent. La station est plus fréquemment masquée des émissions ayant lieu dans la région de Viège du fait du vent les éloignant de la station.

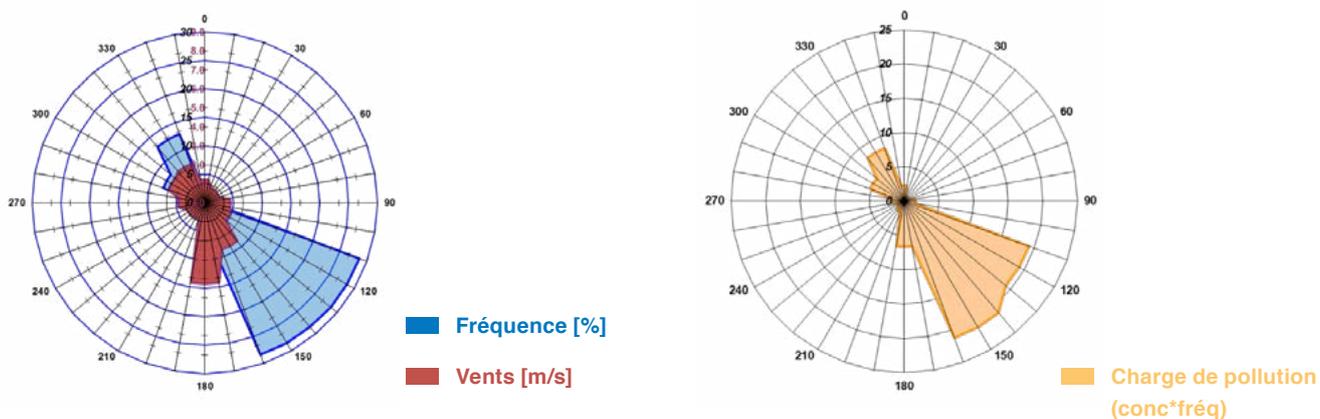
FIGURE 34 - IMMISSIONS DE BENZÈNE À LA STATION DE BRIGERBAD EN 2021



La station de Massongex, à proximité du site chimique au Nord, est également moins souvent sous le vent des sources industrielles dont elle veut déterminer la pollution. La rose des vents pour cette station (figure 35) montre qu'il a plus fréquemment soufflé du secteur Sud quand du benzène était déterminé hors des intervalles de vent insignifiant (< 0.5 m/s). Quand il souffle des sommets vers le lac Léman le vent est généralement plus intense. Cet endroit se trouve aussi dans une vallée à fœhn. Il la parcourt du Sud au

Nord. C'est alors majoritairement la pollution du secteur dépourvu de grande industrie qui est caractérisée. Le benzène en tant que solvant a été largement abandonné depuis des années dans l'industrie et ses produits. Par conséquent, les graphes des charges de benzène aux figures 34 et 35 indiquent que le trafic routier est principalement en cause. À Brigerbad il est toutefois impossible d'exclure une contribution industrielle significative pour les apports venant de l'Ouest.

FIGURE 35 - IMMISSIONS DE BENZÈNE À LA STATION DE MASSONGEX EN 2021



Aucune valeur limite n'est définie pour les immissions de toluène. Les résultats 2021 figurent au tableau 9. Les valeurs annuelles pour 2021 renouent avec un niveau proche de ceux des années 2015 à 2016 à Sion, tandis qu'à Massongex il stagne vers le minimum depuis 2018. À Brigerbad le résultat est le plus bas enregistré depuis le début des mesures en 2008. Une nette amélioration de la qualité de l'air s'observe à Massongex et à Brigerbad mais elle semble ne pas être durablement acquise à Sion (figure 36). Le mois de décembre ayant connu de longues conditions anticycloniques favorisant, surtout dans le Haut-Valais, l'accumulation de pollution atmosphérique Brigerbad montre ce mois-là le plus haut niveau annuel (figure 37). Parmi les BTEX le toluène est le com-

posé qui connaît les plus grandes concentrations moyennes. Le rapport annuel sur 2019 a présenté les résultats sur la campagne réalisée en proximités industrielles du Valais. Les niveaux de toluène étaient plus de 2 à 4.5 fois supérieurs à ceux des autres COV aromatiques. En termes d'émissions, le toluène est avec les xylènes en classe 2 OPair sur les substances organiques, tandis que l'éthylbenzène est en classe 1. Les émissions sont plus sévèrement limitées en classe une car elle contient des substances dont on a de bonnes raisons de croire qu'elles peuvent être cancérigènes. Ce n'est pas le cas du toluène, au contraire du benzène dont les propriétés cancérigènes sont avérées.

FIGURE 36 - TOLUÈNE, MOYENNES ANNUELLES

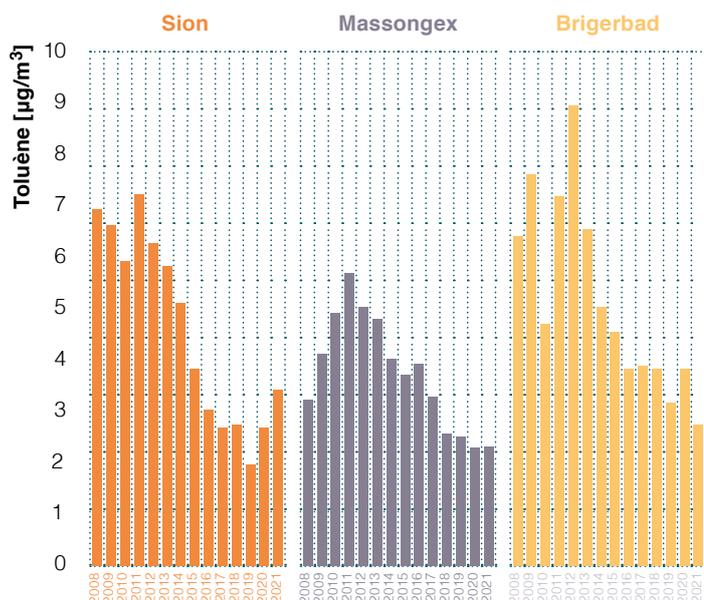


FIGURE 37 - TOLUÈNE, MOYENNES MENSUELLES 2021



Les sources reconnues pour le toluène sont le trafic routier, l'industrie et l'artisanat ainsi que les ménages. Ces trois origines sont présentes dans les environs des stations de mesure en plaine du Haut-Valais. Lors de l'épisode anticyclonique du 13 au 24 décembre 2021 la station mobile de Baltschieder a enregistré des concentrations journalières de toluène supérieures à 25 µg/m³ pendant 4 jours. La situation de cette station, nettement plus proche du site chimique de Viège, contribue à cette observation par rapport à celle de Brigerbad dont les plus hautes concentrations ont été mesurées sur 2 jours, à 16.5 respectivement 19.7 µg/m³, les 17 et 18 décembre.

Les COV, dont la réactivité est très grande, tels les composés naturels isoprène, α-pinène et limonène sont responsables de l'apparition de pics d'ozone à court terme aux environs des émissions. La grande prépondérance des sources naturelles en Valais (figure 30) favorise ces processus. Ceux dont la réactivité est plus faible tels le benzène, le toluène, l'éthanol et le méthane, contribuent en

revanche à l'élévation du taux d'ozone de fond sur de vastes étendues. À ce titre, une réduction de tous les COV est bénéfique à une diminution des charges d'ozone quoique sur des échelles de temps différentes et dans le respect des émissions naturelles. Afin de minimiser les rejets dus aux activités humaines l'application de l'Ordonnance sur la taxe d'incitation sur les COV (OCO) est avec les contrôles d'émissions sur les limitations de l'OPair une mesure majeure.

Le méthane (CH₄) est aussi un COV. Ses rejets dans l'air ont été revus à la baisse dans la dernière version du cadastre valaisan. Auparavant proches des environ 12'700 tonnes annuelles d'émissions de composés organiques volatils sans méthane (COVNM) ils sont à présent établis à environ 6800 tonnes/an. Bien que participant à la production d'ozone le CH₄ est surtout préoccupant pour ses effets persistants en tant que gaz à effet de serre (GES). Avec le dioxyde de carbone (CO₂) et le protoxyde d'azote (N₂O) ils forment les principaux agents atmosphériques provoquant le

réchauffement climatique. Ces trois GES ne sont pas limités dans l'OPair, ni aux émissions ni aux immissions, en raison notamment de leur faible écotoxicité aux concentrations que nous respirons. Pour l'exemple, le CO₂ ne représente pas de danger sur la santé humaine en-dessous de 1000 ppm (norme SN546382/1). La qualité de l'air correspondante est alors qualifiée d'élevée à moyenne. Ses concentrations dans l'atmosphère sont à présent proches de 420 ppm. En l'an 2000 elles étaient à près de 370 ppm. À ce rythme, le niveau de CO₂ en 2100 sera à 620 ppm si la hausse perdure. L'OPair pourrait alors s'attacher à limiter les rejets at-

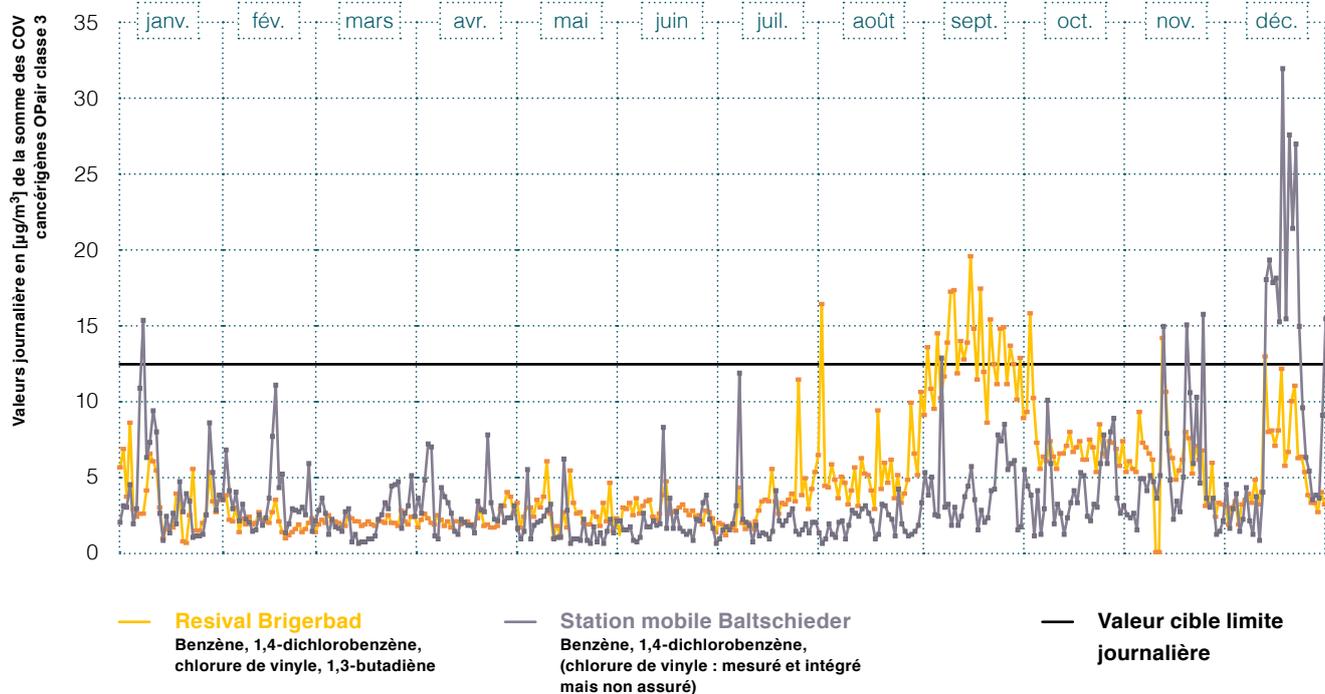
mosphériques de GES de sorte à éviter les effets nuisibles ou incommodes sur la population et les écosystèmes. Les stratégies différenciées entre les réductions des émissions de polluants atmosphériques et celles des GES reflètent les divergences sur les leviers d'intervention et les politiques à mettre en place. Elles tiennent compte du fait qu'au contraire des polluants réglés par l'OPair, les GES manifestent des temps de résidence très longs dans l'atmosphère, allant de 12 ans pour le CH₄ à 150 ans pour le CO₂, des distributions spatiales étendues à l'échelle planétaire et des impacts sanitaires relativement faibles.

11.3. COV cancérigènes dans le Haut-Valais

En 2019, une station de mesure mobile a été installée en plaine du Haut-Valais, à Baltschieder à l'Ouest de Viège. Les niveaux de pollution observés à Brigerbad sont régulièrement les seconds plus élevés du Valais sur les polluants courants. Pour la période 2019 à 2021 la moyenne pluriannuelle y était à 13 µg/m³ sur les poussières fines PM10 (max. VS : 14 µg/m³ à Sion), à 8.2 µg/m³ sur les PM2.5 (max. VS : 8.8 µg/m³ à Saxon), à 17 µg/m³ sur le NO₂ (max. VS : 20 µg/m³ à Sion). En termes de valeur horaire maximale d'ozone, le résultat de Brigerbad de l'année 2019 à 147 µg/m³ le place à la 3ème position des maxima observés ces trois dernières années avec le palmarès aux Giettes et à Massongex (155 µg/m³) et à Montana (149 µg/m³) en 2019, année ayant connu une vague de chaleur d'une dizaine de jours vers fin juin. Ajouter une station mobile supplémentaire apparaissait dès lors justifié pour mieux cerner les impacts spécifiques des sources multiples de pollution à Viège, dans sa commune et dans sa région limitrophe. Elles comprennent des sites industriels, un trafic et une densité d'habitations d'importance majeure pour une situation parmi les plus confinées du canton. Et de fait, les valeurs pour 2021 à Baltschieder sont une moyenne annuelle à 15 µg/m³ pour les PM10 et à 17 µg/m³ pour le NO₂ contre une valeur horaire maximale d'ozone à 100 µg/m³. C'est le plus haut résultat valaisan sur les PM10, le second plus élevé sur le NO₂ à égalité avec Brigerbad, mais le plus bas sur les maxima d'ozone. Les hauts niveaux d'oxydes d'azote ne sont pas étrangers à ce dernier constat pour cause de réaction du NO avec l'O₃. Cependant c'est surtout pour mieux caractériser les niveaux de COV que la station a été installée à Baltschieder. Cela permet de s'affranchir de la direction du vent pour mesurer la dispersion à l'Ouest comme à l'Est de la pollution provenant de la commune de Viège. Dans un cas c'est la station de Brigerbad qui est sous le vent, dans l'autre c'est celle de Baltschieder. Quand l'air est calme les deux stations enregistrent en même temps les niveaux régionaux de pollution. Elles sont toutes deux équipées d'analyseurs GC-FID configurés pour déterminer les COV présents dans l'air ambiant. Le dispositif de Brigerbad est plus sophistiqué car un module spécialement conçu pour mesurer les COV très volatils comme le 1,3-butadiène et le chlorure de vinyle le complète.

L'OPair liste à son annexe 1 ch. 8 sur les substances cancérigènes 5 composés que les analyseurs savent détecter : le benzène, le trichloroéthylène (TRI), le chlorure de vinyle (CV), le 1,4-dichlorobenzène (1,4DCB), le 1,3-butadiène (1,3BuD). La détermination du TRI s'avère toutefois impossible avec le système en place car cette substance ne peut pas être distinguée de l'iso-octane. Ce dernier polluant aussi nommé 2,2,4-triméthylpentane (TMP) provient principalement du trafic routier. Du fait de l'intensité des mouvements de véhicules à Viège il joue certainement un rôle majeur dans les valeurs de TRI combinées au TMP. Des 4 COV cancérigènes retenus – benzène, CV, 1,4DCB, 1,3BuD – aucun n'est totalement à l'abri de co-élutions car le mix de COV dans l'air ambiant varie avec le temps. À défaut d'une détermination complémentaire par spectrométrie de masse, les résultats de mesure sur ces composés doivent toujours être appréciés avec précaution. À Brigerbad leurs moyennes annuelles sont de 0.86, 0.87, 1.1 et 1.8 µg/m³ respectivement, tandis qu'à Baltschieder elles sont de 1.2, 2.2, 0.23 µg/m³ sans le 1,3BuD. La valeur de CV 2.2 est inscrite en italique car la configuration matérielle de base n'est pas conçue pour cette mesure. Tous ces niveaux sont en-dessous de la valeur limite UE de 5 µg/m³. Cette information est robuste. Par contre les valeurs annuelles de 1,3BuD à Brigerbad et de CV à Baltschieder sont supérieures au niveau RL de l'OMS à 1.7 µg/m³. Un ou deux cancers par an dans le Haut-Valais peuvent donc leur être attribué. Compte tenu de la toxicité similaire des 4 COV cancérigènes examinés, une limitation journalière sur leur concentrations cumulées a été proposée dans les précédents rapports annuels. Elle est évaluée à 12.5 µg/m³ et constitue une valeur cible qu'il ne faudrait pas dépasser. À cet égard, la figure 38 ci-dessous montre les résultats pour l'année 2021 aux deux stations de plaine du Haut-Valais. La limitation journalière n'est dépassée qu'une fois en janvier à Baltschieder; le benzène est principalement en cause. En septembre à Brigerbad elle l'est de nombreuses fois; le 1,4DCB et le 1,3BuD sont les principaux contributeurs. Les dépassements assez fréquents des deux derniers mois à Baltschieder n'existeraient pas sans les hautes valeurs de CV enregistrées, excepté le 22 décembre quand la concentration de benzène de 14.4 µg/m³ suffit à cela. Vu les fortes incertitudes sur ces mesures, il faut apprécier avec prudence les dépassements journaliers sur la valeur cible de 12.5 µg/m³.

FIGURE 38 - IMMISSIONS DE COV CANCÉRIGÈNES EN PLAINE DU HAUT-VALAIS EN 2021



LITTÉRATURE

- [1] OFEV, 2021 : La qualité de l'air en 2020. Résultats du Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL). Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement no 2114 : 29 p.
- [2] Empa, Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik, 8600 Dübendorf, Avril 2021 : Chemical characterisation and source identification of PM10 and PM2.5 in Switzerland, Project report. C. Hüglin ans S. K. Grange.
- [3] Empa, Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik, 8600 Dübendorf, Oktober 2021 : Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe im PM10 an ausgewählten Stationen des NABEL sowie der Kantone, Messbericht 2020. A. Fischer und C. Hüglin.
- [4] Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA), 2013: Les poussières fines en Suisse 2013. Berne 66 p.
- [5] Forschungsstelle für Umweltbeobachtung (FUB), Rapperswil, Juni 2021, 80 S. : Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2020. Messbericht. Seitler E., Meier M.
- [6] Seitler E., Meier M., Ehrenmann Z., 2021: Atmosphärische Stickstoff-Deposition in der Schweiz 2000 bis 2019. FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung, Rapperswil. 131 S.

ABRÉVIATIONS, UNITÉS, ET SYMBOLES

AEE	Agence européenne pour l'environnement. E: EEA - European Environment Agency
AINTS	Association inspectorat du nettoyage des textiles en Suisse (textilpflege.ch). D: VKTS, Verein Kontrollstelle Textilreinigung Schweiz
ASF	Association Suisse du froid (www.asf-froid.ch). D: SVK, Schweizerischer Verband für Kältetechnik
AVE	Association valaisanne des entrepreneurs du bâtiment et du génie civil (www.ave-wbv.ch). D: WBV, Walliser Baumeisterverband
AVMR	Association valaisanne des maîtres ramoneurs
BC	Black carbon. Il est défini optiquement par son absorption de la lumière. Il contient surtout du CE et est accessoirement composé de matière organique lourde
BTEX	Benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (COV aromatiques)
CAD	Chauffage à distance
Cadéro	Cadastre d'émissions atmosphériques romand (Genève, Vaud, Valais)
CCHA	Commission cantonale sur l'hygiène de l'air (canton du Valais)
Cd	Cadmium
CE	Carbone élémentaire, graphite. Il est défini chimiquement. E: Elementary carbon (EC)
Cercl'Air	Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air (https://cerclair.ch)
CFHA	Commission fédérale d'hygiène de l'air
CH₄	Méthane
CLN	Critical loads for nitrogen (charges critiques de dépôts d'azote)
CO	Monoxyde de carbone
CO₂	Dioxyde de carbone
COV	Composés organiques volatils
COVNM	Composés organiques volatils excepté le méthane (COV non-méthane)
DFE	Département des finances et de l'énergie (Etat du Valais)
DMTE	Département de la mobilité, du territoire et de l'environnement (Etat du Valais)
EMPA	Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, www.empa.ch)
FAP	Filtre à particules
FDDM	Fondation pour le développement durable des régions de montagne (www.fddm.ch)

GES	Gaz à effet de serre (principalement CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (parfois nommés polybenzènes)
H2	Hydrogène moléculaire
IARC	International Agency for Research on cancer. F : Centre international de Recherche sur le cancer (une agence de l'OMS)
IPL	Indice de pollution de l'air à long terme. Système suisse de communication prenant en compte les effets sur la santé. La recommandation Cercl'Air n° 27b le détaille.
kW	Kilowatt (10 ³ Watt, unité de puissance énergétique en [J/s] dans le SI)
kWh	Kilowatt-heure (unité d'énergie, grandeur exprimée en [J] dans le SI ; un générateur de 1 kW (1000 W) fonctionnant en continu pendant une heure fournit 1 kWh d'énergie soit 3.6 MJ (1000 [J/s] × 3600 [s] = 3.6 [MJ])
LPE	Loi fédérale sur la protection de l'environnement du 7 octobre 1983 (RS 814.01)
MICET	Manuel informatisé des coefficients d'émission du trafic routier (E : Handbook Emission Factors for Road Transport – HBEFA)
µg/m³	Microgramme par mètre cube (parfois abrégé en ug/m ³). Exprimée ainsi une concentration représente le nombre absolu de molécules dans un mètre cube compte tenu de leur masse spécifique. Elle varie avec l'altitude du fait de l'expansion ou de la compression de l'air.
mg/m³	Milligramme par mètre cube (nombre absolu de molécules dans un mètre cube compte tenu de leur masse spécifique)
µg/(m²×d)	Microgramme par mètre carré et par jour (parfois abrégé en µg/(m ² ×j))
mg/(m²×d)	Milligramme par mètre carré et par jour (parfois abrégé en mg/(m ² ×j))
MW	Mégawatt (10 ⁶ Watt, unité de puissance énergétique en [J/s] dans le SI)
MWh	Mégawatt-heure (unité d'énergie, grandeur exprimée en [J] dans le SI ; 1 MWh = 3.6 GJ)
N₂O	Protoxyde d'azote, oxyde nitreux, gaz hilarant
NH₃	Ammoniaque
NO	Monoxyde d'azote (1 ppb égale 1.25 ug/m ³ à 293.15 K (20°C) et 1013.25 hPa (mbar))
NO₂	Dioxyde d'azote (1 ppb égale 1.91 ug/m ³ à 293.15 K (20°C) et 1013.25 hPa (mbar))
NOx	Oxydes d'azote (NO + NO ₂)
O₃	Ozone (1 ppb égale 2 ug/m ³ à 293.15 K (20°C) et 1013.25 hPa (mbar))
OCOV	Ordonnance sur la taxe d'incitation sur les composés organiques volatils du 12 novembre 1997 (RS 814.018)
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OFS	Office fédéral de la statistique
OMM	Organisation météorologique mondiale. E : World Meteorological Organization (WMO)
OMS	Organisation mondiale de la santé. E : World Health Organisation (WHO)
OPair	Ordonnance sur la protection de l'air du 16 décembre 1985 (RS 814.318.142.1)
ORRChim	Ordonnance sur la réduction des risques liés à l'utilisation de substances, de préparations et d'objets particulièrement dangereux ou Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (RS 814.81)
Pb	Plomb

PM	Poussières totales
PM2.5	Poussières fines d'un diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 2.5 micromètres (µm ou um)
PM10	Poussières fines d'un diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 micromètres (µm ou um)
ppb	Une partie par milliard. Exprimée ainsi une concentration est relative à un milliard de molécules quel que soit le volume qu'elles occupent et est invariante avec l'altitude.
ppm	Une partie par million. Exprimée ainsi une concentration est relative à un million de molécules quel que soit le volume qu'elles occupent.
PSI	Paul Scherrer Institut (Institut Paul Scherrer, https://www.psi.ch)
RL	Reference level (niveau de référence). L'OMS le définit en tant que niveau au-dessus duquel le risque de provoquer un cancer chez un individu lors d'une espérance de vie standard excède celui toléré d'une personne sur 100'000.
RTS	Radio Télévision Suisse (entreprise de service public, www.rts.ch)
SAS	Service d'accréditation suisse (www.sas.admin.ch/sas)
SCAV	Service de la consommation et des affaires vétérinaires (www.vs.ch/web/scav)
SCN	Service de la circulation routière et de la navigation (www.vs.ch/web/scn)
SDM	Service de la mobilité (www.vs.ch/web/sdm)
SEFH	Service de l'énergie et des forces hydrauliques (www.vs.ch/web/sefh)
SEN	Service de l'environnement (www.vs.ch/web/sen)
SETI	Service de l'économie, du tourisme et de l'innovation (www.vs.ch/web/seti)
SFNP	Service des forêts, de la nature et du paysage (www.vs.ch/web/sfnp) (anciennement SFCEP, Service des forêts, des cours d'eau et du paysage)
SI	Système international d'unités
SMQ	Système de management de la qualité
SNL	Section Nuisances et laboratoire (intégrée au SEN)
SO₂	Dioxyde de soufre
SRH	Service des ressources humaines (www.vs.ch/web/srh)
Swiss TPH	Swiss Tropical and Public Health Institute (www.swisstph.ch)
TCS	Touring Club Suisse (www.tcs.ch)
UPSA	Union professionnelle suisse de l'automobile (www.agvs-upsa.ch). D : AGVS, Auto Gewerbe Verband Schweiz
UVTD	Usine de valorisation thermique des déchets (ex-UIOM, usine d'incinération d'ordures ménagères)
VLE	Valeur limite d'émission
VLI	Valeur limite d'immission
Zn	Zinc

ANNEXES

ANNEXE 1 Plan cantonal de mesures pour la protection de l'air (plan OPair)

ANNEXE 2 Resival : Généralités

ANNEXE 3 Resival : Résultats par stations

ANNEXE 4 Resival, Pictogrammes de qualité de l'air

ANNEXE 5 Qualité de l'air et mesures de prévention