

PPA de la vallée de l'Arve

Impact du salage sur les concentrations de PM10



MESURES REALISEES EN 2013

www.air-rhonealpes.fr



Diffusion : Mai 2014

Siège social : 3 allée des Sorbiers – 69500 BRON

Tel : 09 72 26 48 90 - Fax : 09 72 15 65 64

contact@air-rhonealpes.fr





Air Rhône-Alpes est issu du rapprochement de 6 associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'Air (Air-APS, AMPASEL, ASCOPARG, ATMO Drôme-Ardèche, COPARLY, SUP'AIR). Cette régionalisation a eu lieu le 1^{er} janvier 2012 et a eu lieu suite aux orientations prises par le Grenelle de l'Environnement et transcrites par Décret Ministériel (2010-1268 du 22 octobre 2010).

CONDITIONS DE DIFFUSION

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

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

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

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

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Air Rhône-Alpes. Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : **© Air Rhône-Alpes - 2014 - PPA de la vallée de l'Arve – Impact du salage sur les concentrations de PM10** »

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

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

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

- depuis le formulaire de contact sur le site www.air-rhonealpes.fr
- par mail : contact@air-rhonealpes.fr
- par téléphone : 09 72 26 48 90

Un questionnaire de satisfaction est également disponible en ligne à l'adresse suivante <http://www.surveymonkey.com/s/ecrits> pour vous permettre de donner votre avis sur l'ensemble des informations mis à votre disposition par l'observatoire Air Rhône-Alpes.

Cette étude d'amélioration de connaissances a été rendue possible grâce à l'aide financière particulière de la DREAL Rhône-Alpes.

Toutefois, elle n'aurait pas pu être exploitée sans les données générales de l'observatoire, financé par l'ensemble des membres d'Air Rhône-Alpes.



Résumé



La situation rhônalpine est préoccupante vis-à-vis des valeurs limites de particules en suspension prévues par la Directive Européenne 2008/50/CE. Parmi les secteurs géographiques touchés par des dépassements des valeurs réglementaires, la vallée de l'Arve constitue un point noir en raison de sa topographie couplée à des émissions importantes (chauffage au bois, industrie et transport principalement).

Suite à des dépassements répétés de la valeur limite pour différents polluants dont les particules fines PM10, cette vallée bénéficie d'un Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) qui est le premier en France à ne pas concerner une agglomération de plus de 250 000 habitants. Ce PPA a été mis en place pour y apporter des éléments de remédiation.

Une première étude réalisée en 2012 en proximité de la Route Blanche (RN205) dans la Haute Vallée de l'Arve a montré que, dans certaines conditions, une part non négligeable des concentrations de PM10 pouvait être attribuée à la remise en suspension de sel épandu sur les chaussées en période hivernale. Ces conclusions portaient sur la proximité directe de la chaussée et n'étaient valables que sur ce périmètre géographique.

La présente étude a pour objectif principal **de déterminer la contribution des pratiques de salage dans l'Arve aux dépassements de la valeur limite journalière en fond urbain, lieu de dépassements récurrents de la valeur limite pour les PM10**, mais également de confirmer ces observations en proximité routière.

La station de fond de Passy a ainsi été instrumentée afin d'y estimer l'impact du sel sur les concentrations de PM10, un site de proximité routière a été étudié également dans ce même secteur. Des mesures ont été réalisées en continu sur l'ensemble des périodes propices aux dépassements de la valeur limite pour les PM10 en moyenne journalière : de janvier à mars et de novembre à décembre 2013.

L'étude réalisée en 2013 montre que les concentrations de sel dans l'air sur la station urbaine de Passy sont faibles. **Les jours de dépassement du seuil de la valeur limite journalière en PM10, la part du sel dans les PM10 représente en moyenne environ 2 % en fond urbain et 9 % en proximité de l'autoroute. Les jours les plus impactés par le sel, la part de celui-ci dans les PM10 est d'environ 10% maximum en fond urbain et jusqu'à 60% en proximité de l'autoroute.**

Il apparaît par ailleurs que :

- **sur les 58 jours de dépassements de la valeur limite journalière en 2013 mesurés à la station de fond de Passy, aucun ne peut être attribué à la remise en suspension du sel de route.**
- dans ce secteur, l'impact en proximité routière est également limité, **puisque 3 à 5 dépassements sont attribuables à cette source pour l'année 2013.**

Les campagnes de salage des routes dans la vallée de l'Arve n'impactent donc pas de manière significative les niveaux de PM10 des stations de fond.

Compte tenu de la faible baisse possible de niveau en soustrayant ce sel comme le prévoit la directive 2008/50/CE, et au regard du nombre des dépassements sur ce secteur, **des actions portant sur les pratiques de salage des routes ne seraient pas suffisamment efficaces au regard d'actions prévues ou entreprises dans le cadre du PPA sur le chauffage et sur les transports.** En d'autres termes, l'arrêt du salage des routes aurait un impact négligeable et ne permettrait donc pas à lui seul un respect des valeurs limites en particules dans la vallée de l'Arve.





Sommaire



1. Contexte et enjeux	7
2. Introduction	8
3. Méthodologie.....	8
3.1. Les sites de mesures	8
3.2. Périodes de mesures	9
3.3. Polluants mesurés	9
4. Résultats	11
4.1. Bilan météorologique	11
4.2. Bilan des jours de dépassement de la valeur limite journalière en PM10 en 2013	12
4.3. Trouve-t-on du sel dans les PM10 dans la zone urbaine de l'Arve ?	13
4.4. Des dépassements de la valeur limite journalière sont-ils attribuables à la remise en suspension du sel de route dans l'air ?.....	14
5. Conclusions	16



Annexes

ANNEXE 1 : IMPLANTATION DES SITES DE MESURES	17
ANNEXE 2 : CHOIX DE LA METHODE DE CALCUL DE LA CONCENTRATION DE SEL.....	19

Table des illustrations

FIGURE 1 : REPARTITION DES EMISSIONS DE PM10 DANS LA VALLEE DE L'ARVE (VERSION DU CADASTRE 2012-2)	7
FIGURE 2 : EVOLUTION DES STATISTIQUES REGLEMENTAIRES POUR LES PM10 DE 2007 A 2013	7
FIGURE 3 : SITE TEMPORAIRE EN BORDURE DE L'AUTOROUTE (A GAUCHE) ET SITE FIXE DE PASSY (A DROITE)	8
FIGURE 4 : BILAN DES TEMPERATURES DE L'AIR ET DU SOL DURANT LA CAMPAGNE 1 (A GAUCHE) ET 2 (A DROITE)	11
FIGURE 5 : PLANNING DE SALAGE DE LA RN205 DURANT LA CAMPAGNE 1 (A GAUCHE) ET 2 (A DROITE)	11
FIGURE 6 : CONCENTRATIONS JOURNALIERES EN PM10 SUR LES 2 SITES D'ETUDE PASSY (FOND URBAIN) ET FAYET (PROXIMITE ROUTIERE).....	12
FIGURE 7 : MODELISATION DU NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENTS DE LA VALEUR LIMITE JOURNALIERE EN PM10 EN 2012 SUR LE SECTEUR DE PASSY.....	12
FIGURE 8 : CROISEMENT DES CONCENTRATIONS DE SEL AVEC LES PLANNINGS DE SALAGE	13
FIGURE 9 : CONCENTRATIONS JOURNALIERES EN PM10 ET PART DU SEL A PASSY.....	14
FIGURE 10 : CONCENTRATIONS JOURNALIERES EN PM10 ET PART DU SEL AU FAYET.....	15
FIGURE 11 : RECAPITULATIF DES JOURS DE DEPASSEMENT ATTRIBUABLES AU SEL.....	15

1. Contexte et enjeux

La situation rhônalpine est préoccupante vis-à-vis des valeurs limites de particules en suspension. Parmi les secteurs touchés, la vallée de l'Arve constitue un point noir en raison de sa topographie couplée à des émissions importantes (chauffage au bois, industrie et transport principalement).

Cette vallée bénéficie depuis 2012 d'un Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) qui a la particularité d'être le premier en France à ne pas concerner une agglomération de plus de 250 000 habitants. Ce PPA a été mis en place après le contentieux européen sur les PM10 pour y apporter des éléments de remédiation.

Lors de la phase d'élaboration du PPA, Air Rhône-Alpes a réalisé un diagnostic de la qualité de l'air et des émissions polluantes sur ce secteur. Parmi les conclusions de ce travail préliminaire, il ressort que les particules fines PM10 proviennent aux deux tiers du chauffage au bois non performant, pour ¼ des transports et pour 13% des entreprises (Figure 1). Pour le dioxyde d'azote (NO₂), les ¾ sont liés aux transports, le reste se répartissant entre chauffage et entreprises.

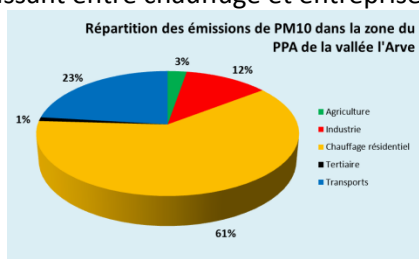


FIGURE 1 : REPARTITION DES EMISSIONS DE PM10 DANS LA VALLEE DE L'ARVE (ANNEE 2010 - VERSION DU CADASTRE 2012-2)

Les travaux de diagnostic initial et d'évaluation du PPA ont montré que la pollution atmosphérique de la vallée de l'Arve ne peut se résorber que par une action conjointe sur toutes les sources et que ne traiter qu'une source ne permettra pas de résoudre le problème à l'horizon du PPA en 2017.

Bilan 2007-2013 des concentrations de particules sur le territoire du PPA de la vallée de l'Arve

La sensibilité du territoire du PPA de la vallée de l'Arve est importante vis-à-vis des particules fines PM10. Pour ce polluant, la valeur limite sur la moyenne journalière prévue par la Directive 2008/50/CE est dépassée chaque année à la station de Passy de 2007 à 2013. La station de Chamonix est proche du seuil même si l'année 2013 a été légèrement favorable. En proximité routière, les concentrations de PM10 n'ont jamais dépassé la valeur limite (Figure 2).

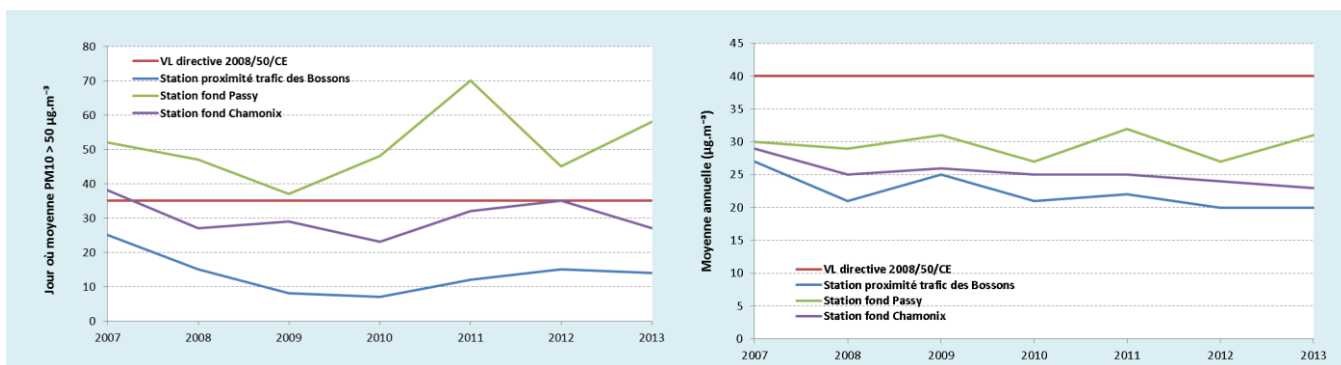


FIGURE 2 : EVOLUTION DES STATISTIQUES REGLEMENTAIRES POUR LES PM10 DE 2007 A 2013

Note : Avant 2007, les mesures n'étaient pas réalisées avec une méthode analogue et ne sont donc pas comparables à celles réalisées à partir de 2007.

2. Introduction

Une première étude réalisée en 2012 en proximité de la Route Blanche (au niveau de la station des Bossons) a montré que, dans certaines conditions, une part non négligeable des concentrations de PM10 pouvait être attribuée à la remise en suspension de sel épandu sur les chaussées en période hivernale.

Ces conclusions portent sur la bande d'impact direct de la chaussée qui est d'une dizaine de mètres et ne sont valables que sur ce périmètre géographique¹.

Afin d'étayer ces premières observations et savoir si certaines conclusions restent valables à distance des chaussées sur le secteur de la vallée de l'Arve, la DREAL a missionné Air Rhône-Alpes pour réaliser un suivi similaire dans le fond urbain de la vallée de l'Arve en 2013.

La présente étude a pour **objectif de déterminer la contribution des pratiques de salage dans l'Arve aux dépassements de la valeur limite journalière en fond urbain et en proximité autoroutière.**

Après la présentation de la méthodologie adoptée, le rapport expose les résultats de cette étude en répondant aux deux questions suivantes :

- Trouve-t-on du sel dans les particules fines PM10 dans la zone urbaine de l'Arve?
- Des dépassements de la valeur limite journalière pour les PM10 sont-ils attribuables au sel de route ?

3. Méthodologie

3.1. Les sites de mesures

Pour cette étude, deux sites ont été retenus pour l'évaluation de la part de sel dans les concentrations particulières (Figure 3) :

- La station fixe de fond urbain de Passy.
- Un site de proximité routière installé en bordure de l'autoroute, au niveau de l'aire de régulation des poids lourds du Fayet.



FIGURE 3 : SITE TEMPORAIRE EN BORDURE DE L'AUTOROUTE (A GAUCHE) ET SITE FIXE DE PASSY (A DROITE)

¹ Air Rhône-Alpes (2013) Impact des pratiques de viabilité hivernale sur les concentrations de PM10 <http://www.air-rhonealpes.fr/site/media/telecharger/686060>

3.2. Périodes de mesures

L'étude de 2012 ayant montré la difficulté à estimer les concentrations de sel par modélisation (statistique ou déterministe), les mesures ont eu lieu durant l'intégralité de la période froide de 2013, réparties sur deux campagnes :

- Campagne 1 : du 01/01/13 au 31/03/13
- Campagne 2 : du 01/11/13 au 31/12/13

3.3. Polluants mesurés

Compte tenu des objectifs de l'étude, les polluants mesurés sont :

- les particules en suspension (PM₁₀),
- la fraction ionique afin d'estimer les concentrations de sel. Les ions analysés sont : les **chlorures** (Cl⁻), **nitrate** (NO₃⁻), **sulfate** (SO₄²⁻), **sodium** (Na⁺), **ammonium** (NH₄⁺), **potassium** (K⁺), **magnésium** (Mg²⁺) et **calcium** (Ca²⁺).

Les concentrations de PM₁₀ ont été mesurées en continu à l'aide d'un analyseur TEOM-FDMS alors que les ions ont été analysés par l'intermédiaire de prélèvements sur filtre. Les prélèvements ont été réalisés par un Digitel DA80 à un débit de 30 m³.h⁻¹ de minuit à minuit chaque jour. Seuls les filtres des jours où la concentration de PM₁₀ est supérieure à 50 µg.m⁻³ sur l'un des deux sites de mesure devaient être analysés dans le protocole initial. Finalement, des analyses complémentaires ont pu être réalisées pour chaque jour sur le site de fond urbain.

Les analyses ont été réalisées par le **Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement de Grenoble**².

La part de sel dans les PM₁₀ peut être estimée selon différentes méthodes à partir des résultats des analyses chimiques.

Dans le cadre de l'application de la Directive 2008/50/CE et du rapportage des données, la commission européenne a commandité l'élaboration d'un guide méthodologique³ pour le calcul de ces contributions.

Ce guide préconise de :

- Collecter les informations sur les propriétés chimiques du sel épandu sur les routes à côté du site de mesures ;
- Réaliser l'analyse chimique du chlorure, ou des autres composés chimiques pertinents correspondant au sel épandu, dans les échantillons de PM₁₀ ;
- S'assurer que les concentrations élevées de ces composés ne proviennent pas d'autres sources ;
- Soustraire la fraction de sel ainsi calculée de la concentration de PM₁₀.

Le cas échéant, la part de sel marin doit être identifiée séparément. La région Rhône-Alpes, de par sa localisation, est peu exposée au sel d'origine marine. Les résultats de l'étude Particul'air⁴ montrent une décroissance nette de cette contribution d'ouest en est de la France. En Rhône-Alpes, la part de sel marin semble pouvoir être négligée.

² L'analyse de la fraction ionique des aérosols et des acides organiques légers a été réalisée sur la phase aqueuse par chromatographie ionique (modèle Dionex ICS 3000) avec une colonne CS16 pour l'analyse des cations et colonne AS11 HC pour l'analyse des anions. La calibration est réalisée tous les jours à partir de solutions standards certifiées. Le protocole analytique est conforme au projet de Norme du Comité Européen de Normalisation. (FprCEN/TR 16 269, 2011)

³ **European Commission (2011)** COMMISSION STAFF WORKING PAPER establishing guidelines for determination of contributions from the re-suspension of particulates following winter sanding or salting of roads under the Directive 2008/50/EC. SEC2011 – 207 final

⁴ **ADEME (2011)** PARTICULAIR – Etude inter-régionale de la pollution particulaire en zone rurale

La méthode de calcul retenue consiste à prendre en compte la composition chimique de référence de l'eau de mer et les concentrations de sodium et de chlorure mesurées. Elle fait également l'hypothèse que la totalité du sodium mesuré provient de la source « sel ».

$$\boxed{\begin{aligned} [sea\ salt] &= [Cl^-] + [Na^+] \times \left(1 + \left(K^+ / Na^+ \right)_{sw} + \left(Mg^{2+} / Na^+ \right)_{sw} + \left(Ca^{2+} / Na^+ \right)_{sw} + \left(SO_4^{2-} / Na^+ \right)_{sw} \right) \\ \Leftrightarrow [sea\ salt] &= [Cl^-] + [Na^+] \times 1,47 \end{aligned}}$$

avec $[Cl^-]$: concentration en chlorure mesurée

$[Na^+]$: concentration en sodium mesurée

et les ratios de concentrations de l'eau de mer : $(K^+/Na^+)_{sw}$, $(Mg^{2+}/Na^+)_{sw}$, $(Ca^{2+}/Na^+)_{sw}$, $(SO_4^{2-}/Na^+)_{sw}$

Cette méthode peut surestimer les concentrations de sel lorsqu'elles sont faibles. Pour l'interprétation des résultats, le ratio Cl^-/Na^+ est également utilisé. S'il est proche du ratio de l'eau de mer (1,79), les concentrations de sodium et de chlore traduisent bien la présence de sel. Les différentes méthodes de calcul de la concentration de sel à partir des concentrations en ions sont exposées en annexe 2.

4. Résultats

4.1. Bilan météorologique

Les conditions météorologiques ont un rôle majeur dans les concentrations de particules relevées. En effet, les périodes froides sont propices à l'accumulation des polluants et s'accompagnent d'une hausse des émissions (chauffage notamment). C'est également durant ces périodes que les opérations de salage des routes ont lieu.

Les graphiques suivants présentent l'évolution des températures durant les périodes de mesures ainsi que les jours de salage des routes (Figure 4 et Figure 5).

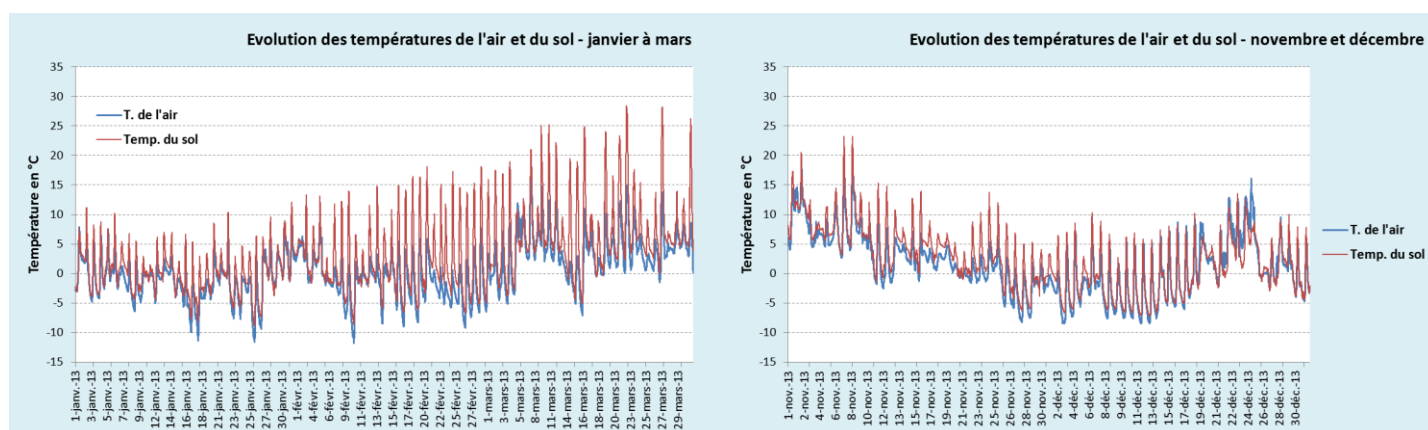


FIGURE 4 : BILAN DES TEMPÉRATURES DE L'AIR ET DU SOL DURANT LA CAMPAGNE 1 (A GAUCHE) ET 2 (A DROITE)

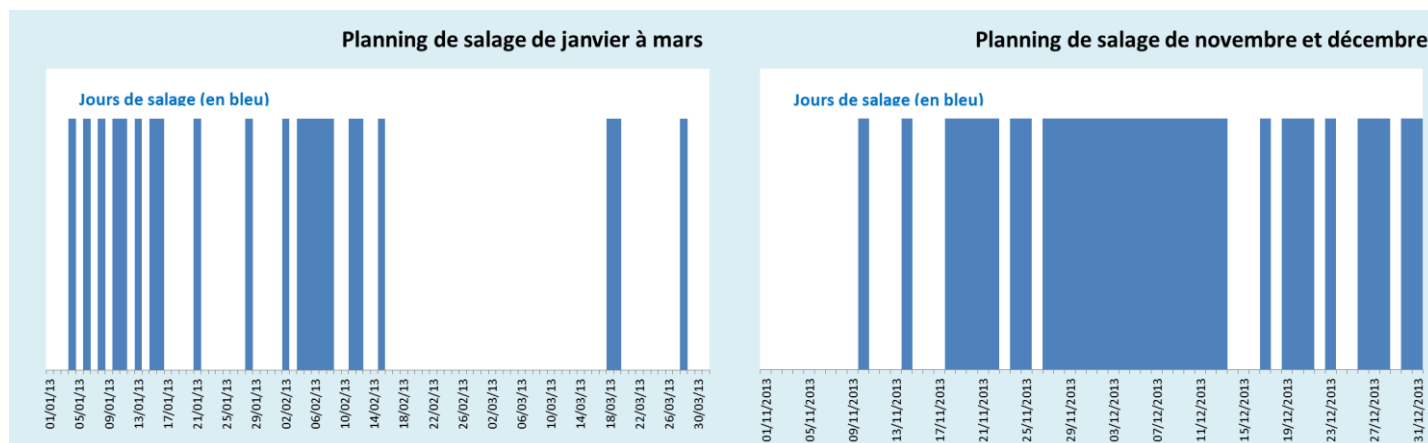


FIGURE 5 : PLANNING DE SALAGE DE LA RN205 DURANT LA CAMPAGNE 1 (A GAUCHE) ET 2 (A DROITE)

Deux périodes de grand froid ont été enregistrées en 2013 : l'une de la mi-janvier jusqu'à la fin février, l'autre à partir du 20 novembre jusqu'à la mi-décembre. Les opérations de salage ont principalement eu lieu en janvier et à partir de la mi-novembre jusqu'à la fin de l'année. Selon l'exploitant de l'autoroute, les quantités épandues sont faibles comparativement à 2012, ceci est particulièrement vrai pour la période novembre/décembre.

4.2. Bilan des jours de dépassement de la valeur limite journalière en PM10 en 2013

La valeur limite annuelle en PM10 est de 35 jours de dépassements du seuil de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (en moyenne journalière). Durant les deux campagnes de mesures, **53 jours de dépassements ont été enregistrés sur le site de fond urbain à Passy et 31 sur le site en proximité routière du Fayet.**

Sur l'année complète à Passy, la valeur limite a été dépassée à 58 reprises : 5 jours de dépassement consécutifs ont été observés en dehors de la période d'étude : du 3 au 7 avril 2013.

La Figure 6 montre une bonne corrélation entre les deux sites et met en lumière que les concentrations de PM10 sont plus élevées en fond urbain que sur le site de proximité routière ; ce qui était déjà constaté dans la haute vallée de l'Arve.

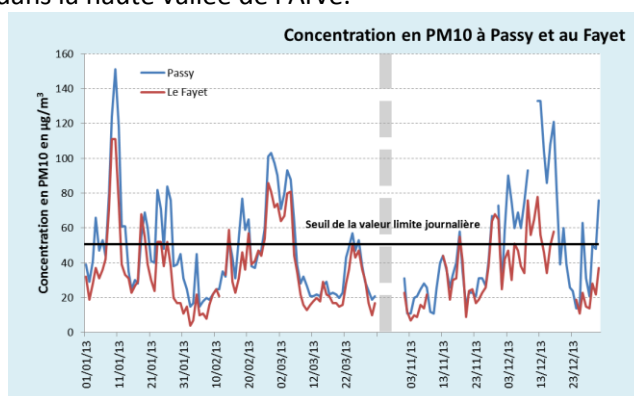


FIGURE 6 : CONCENTRATIONS JOURNALIERES EN PM10 SUR LES 2 SITES D'ETUDE PASSY (FOND URBAIN) ET FAYET (PROXIMITE ROUTIERE)

Ce constat confirme la carte de modélisation de la pollution aux PM10 du secteur (cf. Figure 7) Ceci est vrai uniquement dans le cas des particules qui ont des sources multiples et nombreuses notamment en zone résidentielle. Pour les oxydes d'azote, polluants majoritairement d'origine automobile, les concentrations sont plus élevées en proximité routière.

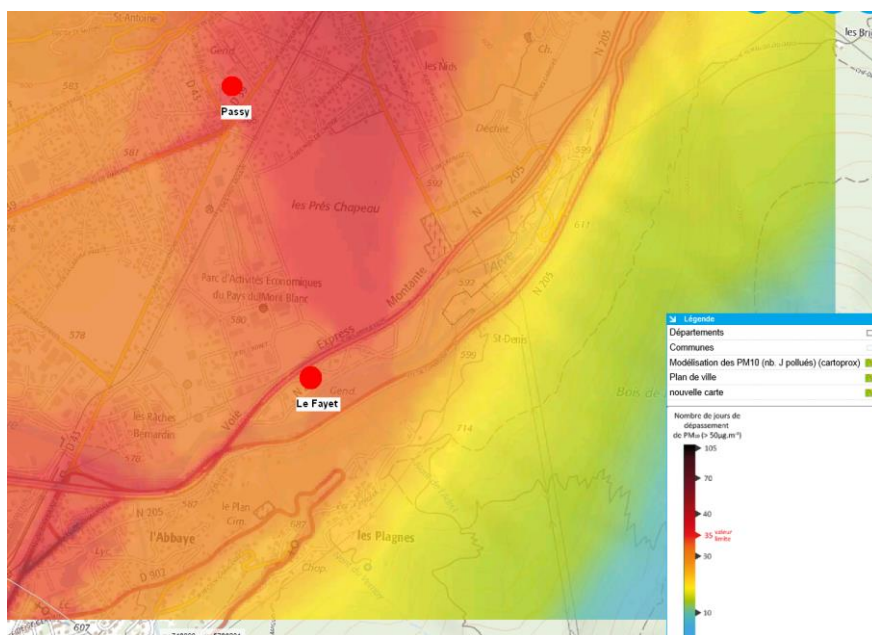


FIGURE 7 : MODELISATION DU NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENTS DE LA VALEUR LIMITE JOURNALIERE EN PM10 EN 2012 SUR LE SECTEUR DE PASSY

4.3. Trouve-t-on du sel dans les PM10 dans la zone urbaine de l'Arve ?

Les analyses réalisées en 2013 montrent que **certaines jours du sel est identifié dans les poussières PM10 présentes dans l'air de l'agglomération de Passy.**

Les concentrations de sel varient de :

- 0 à 6 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en fond urbain
- 0 à 41 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur le site de proximité routière.

les jours de dépassement du seuil de la valeur limite journalière en PM10, la part du sel dans les PM10 représente en moyenne environ 2 % en fond urbain et 9 % en proximité de l'autoroute. Les jours les plus impactés par le sel, la part de celui-ci dans les PM10 est d'environ 10% maximum en fond urbain et jusqu'à 60% en proximité de l'autoroute.

Les résultats peuvent être comparés à ceux obtenus sur les sites de l'étude 2012. En proximité de l'autoroute, les niveaux relevés au Fayet sont en moyenne inférieurs à ceux observés au niveau des Bossons, en revanche la concentration maximale est du même ordre de grandeur. Les niveaux enregistrés sur le site de fond urbain sont supérieurs à ceux observés en fond urbain dans l'agglomération grenobloise, la concentration maximale de sel est de l'ordre de la concentration maximale enregistrée en proximité de la Rocade Sud de Grenoble.

Globalement, il faut donc noter que les concentrations de sel restent faibles en fond urbain à Passy et que des concentrations plus importantes sont relevées ponctuellement sur le site de proximité du Fayet, ce qui est attendu du fait de la proximité des opérations de salage. La variabilité est également plus grande sur ce dernier site.

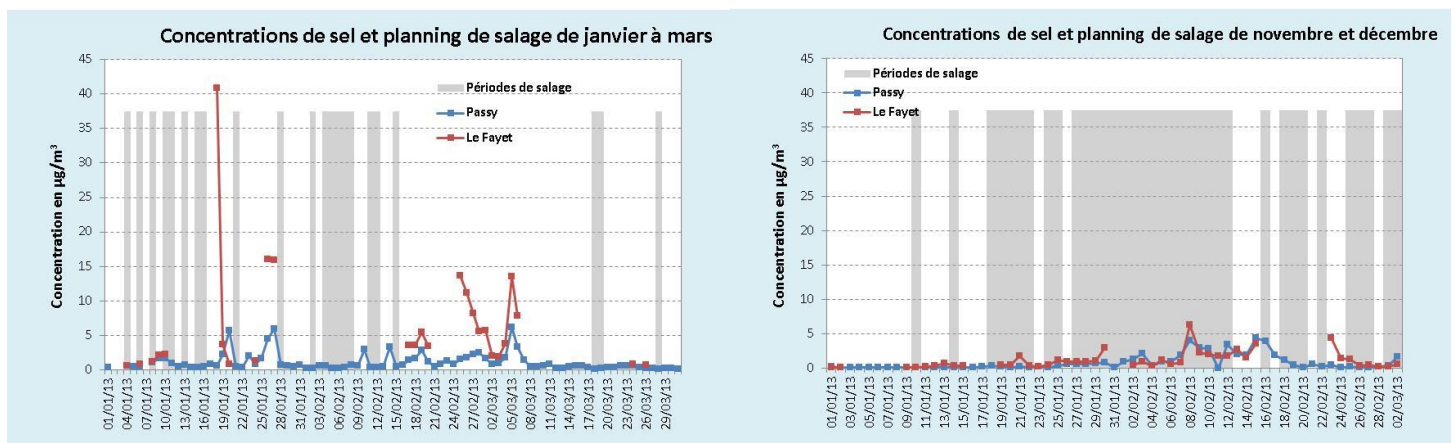


FIGURE 8 : CROISEMENT DES CONCENTRATIONS DE SEL AVEC LES PLANNINGS DE SALAGE

En superposant les concentrations de sel calculées et les périodes de salage, il apparaît que les opérations de viabilité hivernale ne sont pas forcément corrélées aux plus fortes concentrations (Figure 8). Ce constat avait déjà été fait lors de la précédente étude, les opérations de salage ont généralement lieu durant des conditions climatiques peu propices aux fortes concentrations de particules dans l'air (période de précipitations).

Par ailleurs, les niveaux observés en proximité routière sont de manière générale plus élevés en fin de saison hivernale qu'en début.

4.4. Des dépassements de la valeur limite journalière sont-ils attribuables à la remise en suspension du sel de route dans l'air ?

La méthode retenue dans ce rapport a permis d'estimer la quantité de sel présent dans les particules en suspension. Le but est maintenant de déterminer si certaines journées de dépassement de la valeur limite sont attribuables aux opérations de salage des routes.

Pour cela, la concentration de sel est soustraite à la concentration totale de PM10 afin de voir si la concentration de PM10 (sans le sel) est inférieure à $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Si c'est le cas, d'autres paramètres sont analysés comme le ratio Cl^-/Na^+ afin d'attribuer définitivement le dépassement à la pratique du salage ou non.

→ En fond urbain ?

53 jours de dépassements ont été enregistrés en fond urbain à Passy durant les deux campagnes de mesures. La Figure 9 montre la part attribuable au sel durant chaque journée. Il apparaît que sa contribution est très faible. Après soustraction, le nombre de jours de dépassement reste inchangé.

Ceci signifie que les opérations de viabilité routière hivernale ont une influence très faible sur les concentrations de particules fines PM10 en fond urbain, et aucune sur l'aspect réglementaire.

Bien qu'aucune mesure de la concentration de sel n'ait été réalisée en avril 2013, les concentrations relevées sur les autres périodes laissent à penser que les dépassements à cette date ne sont pas liés non plus à la présence de sel dans l'air.

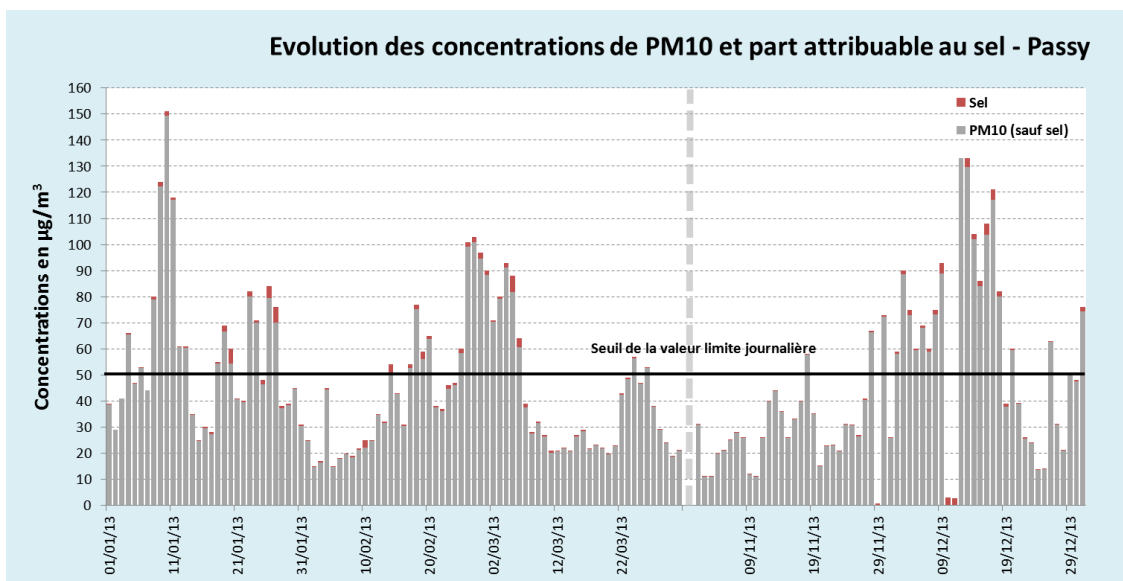


FIGURE 9 : CONCENTRATIONS JOURNALIERES EN PM10 ET PART DU SEL A PASSY

→ En proximité routière ?

Durant la période froide, 31 jours de dépassements ont été observés au Fayet. En lien avec des problèmes techniques, seuls 27 jours de dépassement ont pu être analysés. Logiquement, il est apparu que la part du sel est plus importante sur ce site qu'en fond urbain. Par exemple, pour la journée du 18 janvier, 60% de la masse de PM10 mesurée était due au sel.

En soustrayant la part du sel, 3 jours de dépassements sont attribuables à la remise en suspension du sel de route durant cette période sur la trentaine de jours de dépassement (Figure 10). Sur les journées de dépassement manquantes (11 et 23 janvier, 14 février et 18 novembre), on peut estimer que 1 à 2 dépassements supplémentaires pourraient être associés à la remise en suspension du sel (23 janvier et 14 février).

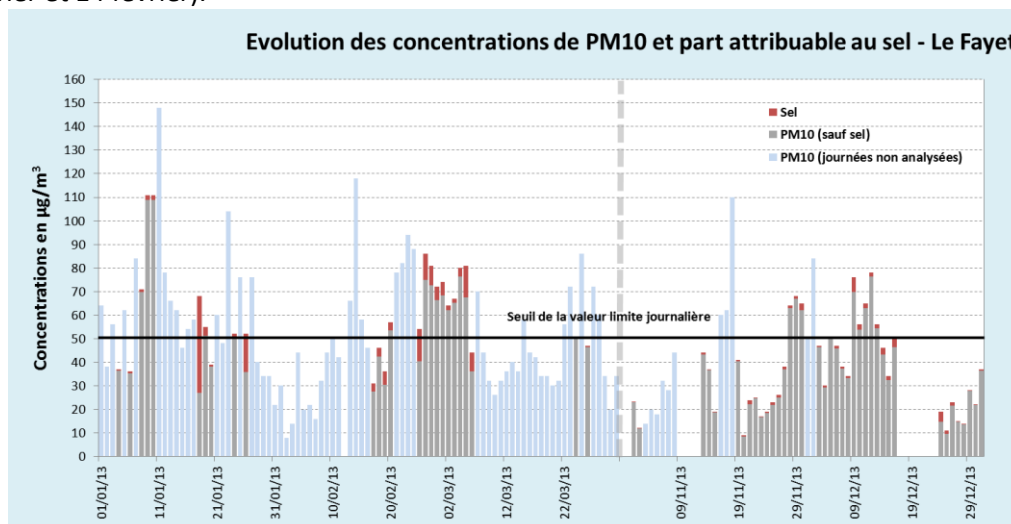


FIGURE 10 : CONCENTRATIONS JOURNALIERES EN PM10 ET PART DU SEL AU FAYET

Les premières investigations sur les opérations de salage réalisées en 2012 avaient conclu que près de la moitié des dépassements étaient attribuables au sel en bordure de la Route Blanche (secteur des Bossons), ce qui faisait de cette source un contributeur majeur à la pollution particulaire.

La présente étude minimise ces conclusions en attribuant entre 10 et 15% des dépassements au sel dans le secteur du Fayet (Figure 11) qui apparaît donc moins touché que les Bossons.

	Nombre de jours de dépassement durant l'étude	Nombre de dépassements attribuables au sel durant l'étude
Passy (urbain)	53	0
Le Fayet (proximité routière)	31	3 à 5

FIGURE 11 : RECAPITULATIF DES JOURS DE DEPASSEMENT ATTRIBUABLES AU SEL

>> En conclusion, sur le secteur de l'agglomération de Passy, le nombre de dépassements du seuil de la valeur limite journalière de PM10 attribuable à la remise en suspension du sel de route est très faible :

- aucun dépassement n'est attribuable à cette source dans la zone urbaine.
- de 3 à 5 dépassements sont attribuables en proximité routière pour l'année 2013, mais ce secteur respecte toujours la valeur limite (< 35 jours/an).

Même si cette contribution pourrait être plus élevée certaines années en proximité routière en fonction des opérations de salage, il est probable que les conclusions restent inchangées en zone urbaine pour d'autres années.

5. Conclusions

Cette étude fait suite aux conclusions du suivi de 2012 selon lesquelles seuls les sites en proximité routière pouvaient être impactés par les opérations de salage des routes de sel. Cette précédente étude avait montré qu'un grand nombre de jours de dépassement du seuil de la valeur limite en particules fines PM10 pouvait être attribué à la remise en suspension du sel en proximité de la Route Blanche (au niveau des Bossons dans la Haute Vallée de l'Arve), alors que ce n'était pas le cas dans une agglomération comme Grenoble.

L'objectif de cette seconde phase de mesures était de déterminer si les précédentes conclusions pouvaient être transposées sur le fond urbain de la vallée de l'Arve.

Les mesures font apparaître que des concentrations de sel de quelques $\mu\text{g.m}^{-3}$ peuvent être mises en évidence certains jours sur la station urbaine de Passy. **La part du sel dans les PM10 représente environ 2 % en moyenne sur l'hiver et pour les jours les plus impactés, au maximum 10%.**

Sur la totalité des jours de dépassements du seuil de la valeur limite journalière de $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ (à ne pas dépasser plus de 35 jours par an) enregistrés en 2013, aucun ne peut être attribué à la remise en suspension du sel de route dans l'air. Les opérations de viabilité hivernale des routes dans la vallée de l'Arve n'impactent donc pas de manière significative les niveaux de PM10 des stations de fond. En proximité routière (quelque mètres du bord des grandes routes), 3 à 5 dépassements sont attribuables à la présence de sel pour l'année 2013, mais ce secteur respecte toujours la valeur limite pour les PM10 de 35 jours par an.

Compte tenu de la faible baisse possible de niveau en soustrayant ce sel comme le prévoit la directive 2008/50/CE, et au regard du nombre des dépassements sur ce secteur, **des actions portant sur les pratiques de salage des routes ne seraient pas suffisamment efficaces comparées aux actions prévues ou entreprises dans le cadre du PPA de la vallée de l'Arve sur le chauffage et sur les transports.** En d'autres termes, l'arrêt du salage des routes aurait un impact négligeable et ne permettrait donc pas à lui seul un respect des valeurs limites en particules dans la vallée de l'Arve.

Annexes

ANNEXE 1 : Implantation des sites de mesures





ANNEXE 2 : Choix de la méthode de calcul de la concentration de sel

Trois méthodes différentes sont proposées dans la littérature pour obtenir la teneur en sels marins des aérosols. L'hypothèse est faite que le sodium et le chlorure proviennent uniquement des émissions de sels marins.

Méthode 1 (Chan et al. 1997) :

$$[sea\ salt] = [Na^+] \times 2,54$$

avec $[Na^+]$: concentration en sodium

Le facteur 2,54 est le ratio entre la masse molaire du chlorure de sodium et la masse molaire du sodium. Cette méthode est basée sur l'hypothèse que les sels marins sont constitués majoritairement de chlorure de sodium. Les autres composés sont alors négligés.

Méthode 2 (Putaud et al. 2010) :

Cette méthode proposée dans un premier temps par Eriksson (1957), prend en compte les autres ions formant les sels marins et la composition chimique de référence de l'eau de mer. La formule est la suivante :

$$[sea\ salt] = [Na^+] \times \left(1 + \left(\frac{K^+}{Na^+} \right)_{sw} + \left(\frac{Mg^{2+}}{Na^+} \right)_{sw} + \left(\frac{Ca^{2+}}{Na^+} \right)_{sw} + \left(\frac{Cl^-}{Na^+} \right)_{sw} + \left(\frac{SO_4^{2-}}{Na^+} \right)_{sw} \right)$$
$$\Leftrightarrow [sea\ salt] = [Na^+] \times 3,25$$

avec $[Na^+]$: concentration en sodium mesurée
et les ratios de concentrations massiques de l'eau de mer : $(K^+/Na^+)_{sw}$, $(Mg^{2+}/Na^+)_{sw}$, $(Ca^{2+}/Na^+)_{sw}$, $(Cl^-/Na^+)_{sw}$, $(SO_4^{2-}/Na^+)_{sw}$

Ces deux méthodes ne prennent pas en compte la perte en chlorure pouvant avoir lieu lors du prélèvement des aérosols, et qui peut affecter une très grande fraction de cet ion (Jaffrezo, 1987).

Méthode 3 (Putaud et al. 2010) :

Cette méthode, s'appuie sur la composition chimique de référence de l'eau de mer et les concentrations en sodium et en chlorure mesurées. La formule utilisée est la suivante :

$$[sea\ salt] = [Cl^-] + [Na^+] \times \left(1 + \left(\frac{K^+}{Na^+} \right)_{sw} + \left(\frac{Mg^{2+}}{Na^+} \right)_{sw} + \left(\frac{Ca^{2+}}{Na^+} \right)_{sw} + \left(\frac{SO_4^{2-}}{Na^+} \right)_{sw} \right)$$
$$\Leftrightarrow [sea\ salt] = [Cl^-] + [Na^+] \times 1,47$$

METHODE 3

avec $[Cl^-]$: concentration en chlorure mesurée
 $[Na^+]$: concentration en sodium mesurée
et les ratios de concentrations de l'eau de mer : $(K^+/Na^+)_{sw}$, $(Mg^{2+}/Na^+)_{sw}$, $(Ca^{2+}/Na^+)_{sw}$, $(SO_4^{2-}/Na^+)_{sw}$

Deux autres méthodes ont été testées dans le cadre du travail effectué en 2012. La comparaison des différentes méthodes d'estimation testées avait montré des résultats relativement proches sur les échantillons de données disponibles.